

# 土木研究所資料

第 174 号

小貝川福岡堰模型実験報告書

昭和 41 年 6 月

建設省土木研究所

## 目 次

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1. ま え が き .....         | 1   |
| 2. 小 貝 川 の 概 要 .....     | 1   |
| 3. 福岡堰の改築計画 .....        | 1   |
| 4. 模 型 実 験 .....         | 3   |
| 4. 1 模 型 実 験 の 目 的 ..... | 3   |
| 4. 2 模 型 実 験 .....       | 3   |
| 〔1〕 相 似 律 .....          | 3   |
| 〔2〕 実 験 条 件 .....        | 3   |
| 〔3〕 実 験 方 法 .....        | 4   |
| 〔4〕 検 証 実 験 .....        | 5   |
| 〔5〕 現堰に関する実験 .....       | 5   |
| 〔6〕 計画堰に関する実験 .....      | 60  |
| 〔7〕 実験結果に対する考察 .....     | 108 |
| 5. 結 論 .....             | 116 |
| 6. あ と が き .....         | 117 |

## 1. ま え が き

本書は土木研究所が関東地方建設局より依頼を受けて、昭和38年度及び39年度に実施した、茨城県小貝川の福岡改築計画に関する実験結果の報告書である。

その内容は、福岡堰の現状に対するものと、これを改築した場合の堰を越える流れについて、模型を用いて水工学的に検討を行い、堰改築の設計資料とするものである。

## 2. 小貝川の概要

本川はその源を栃木県那須郡南那須村大赤根の山地に発し茨城県北相馬郡利根町打付新田地先にて利根川に合流している。流路延長11.4 Km，流域面積1,014 Km<sup>2</sup>で流域の71% (720 Km<sup>2</sup>)は平地にして内65,800 haは豊沃なる耕地である。灌漑面積は2県4市8郡に亘る約2,800 haに及び、これに伴って施設されている用水池は59ヶ所、用排水樋管は253ヶ所、用排水機所は21ヶ所の多きを教えている。

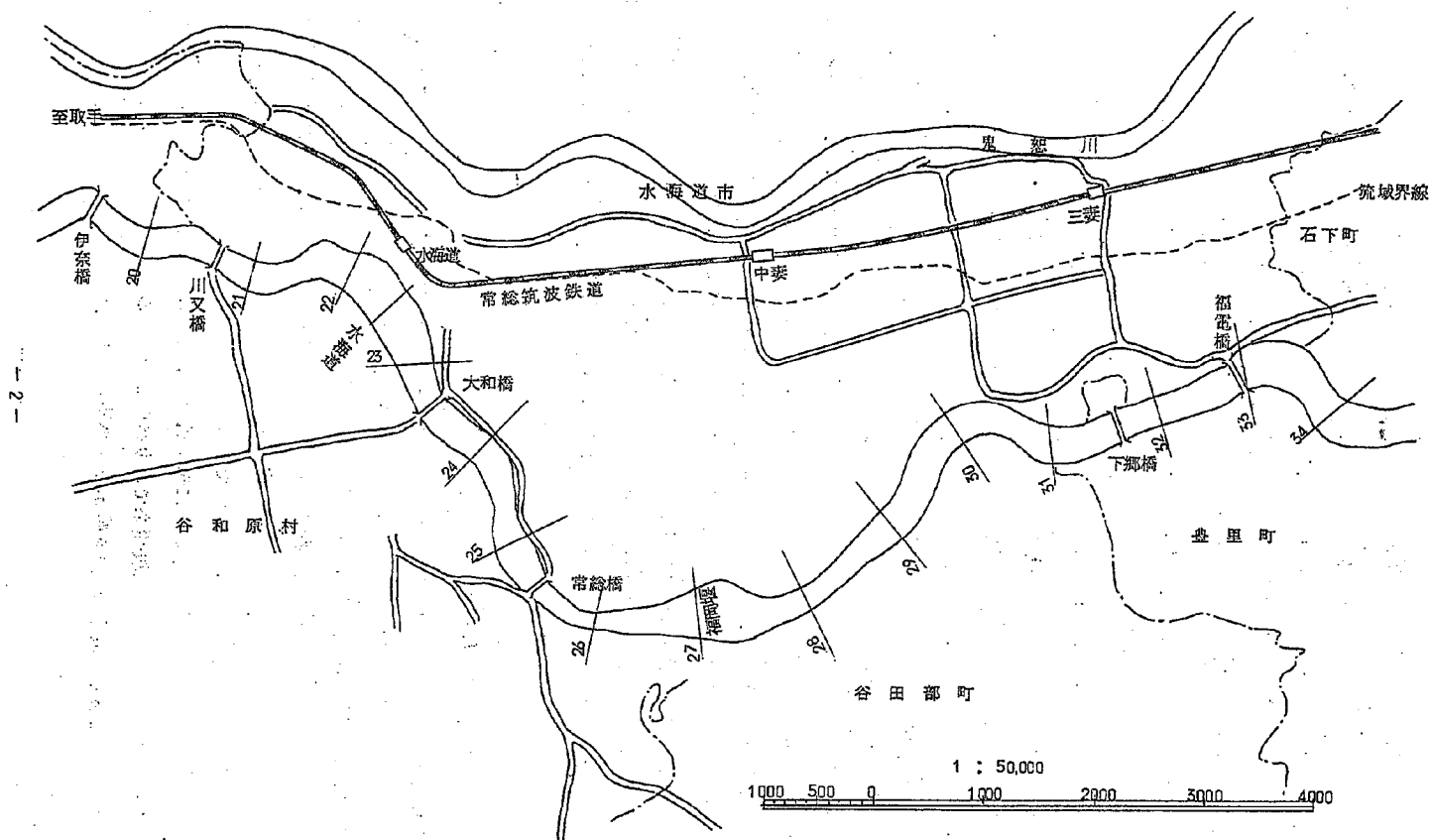
実験区域附近の川巾は約200 mで河川は砂礫より泥土に変わり、河床勾配は $1/4,000$ 程度であり、全川を通じて湾曲部が多いが、土砂の移動は少なく、河床は稍々安定している。尚洪水時の利根川の逆流の影響は岡堰(10 Km附近)までである。一方改修の姿遷をみると、昭和8年、当初計画高水流量(文巻橋0 Km附近)  $450 \text{ m}^3/\text{sec}$ をもって立案され改修区域も僅かに下流部8 Kmで着工された。その後昭和10年に至り4.2 Kmに延長され、昭和13年6、7月の大洪水に際して、川又流量観測所(21 Km附近)で最大流量  $521 \text{ m}^3/\text{sec}$ を観測し、計画高水流量の再検討が行なわれた結果  $750 \text{ m}^3/\text{sec}$ (黒子橋5.3 Km附近より下流)に改訂された。その後4.2 Kmより上流部の小貝川上流改修計画が立案され、昭和17年9月に計画高水流量を  $850 \text{ m}^3/\text{sec}$ と再改訂した。

## 3. 福岡堰の改築計画

福岡堰改築計画は、現在が大正13年に築造され、当時の計画高水流量は前述したように  $450 \text{ m}^3/\text{sec}$ を下まわったものであると考えられること。改修が進むにつれて洪水流量の増加等により堰の老朽化が著しく、出水のたびに多額の補修費を費やして堰の維持がなされ、一方流量が  $450 \text{ m}^3/\text{sec}$ 前後になると固定堰を溢流水門操作が困難となること。昭和33年度に17 Km下流に岡堰が改築されたこと等が原因となって、治水上の問題あるいは利水上の問題を含み、福岡堰土地改良組合の強い要請もあり改築するものである。

計画堰の概略は図53、55、56に示す通りで、現堰より下流200 m地点2.7 Km地先に改築する計画である。堰の構造は堰建案であり径間20 m×3の可動堰及び20 m×10の固定堰に管理橋を含むものである。取水量は  $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、取水位は14.9 mである。

圖 1 小貝川平面図



## 4. 模 型 実 験

### 4.1 模型実験の目的

福岡堰の改築に当り、まず現堰についての水理的特性を調べ、流量増に伴って生じた欠陥を明らかにし、これを新しい堰の設計資料とすることが望ましい。このために、まず現況に対する模型実験を行って、流量の変化に対応する流況の変化と、堰を越える流水の流速分布を求めることに重点をおいて調べた。計画堰に対しては、河道を計画河道に改め、堰建より提示された、設計に基き同様に流布分布の測定を中心にして、流況の把握に務め、また水門操作の基礎資料として二次元模型実験により水門の流量係数を求めた。

### 4.2 模 型 実 験

#### (1) 相 似 律

模型は水深、流速、実験場の諸施設との関係などを考慮して、水平、鉛直両方向とも  $1/50$  の縮とした。

模型範囲は、現況で 2.6.2 Km より 2.7.8 Km にわたる区間でその全域は図 7 に示す。計画堰は 25.6 Km より 2.7.8 Km にわたる区間でその全域も図 5.3 に示す。

模型の相似律はフルード法則によった。すなわち重力、および慣性力に比して粘性力を無視し、模型と実物のフルード数のみを合わせることにした。

表 1 は模型縮尺率を表わす。

表 1 模 型 縮 率

| 諸 元     | 次 元          | 縮 率       |
|---------|--------------|-----------|
| 長さ、水深   | L            | n         |
| 時 間     | T            | $n^{1/2}$ |
| 流 速     | $L T^{-1}$   | $n^{1/2}$ |
| 流 量     | $L^3 T^{-1}$ | $n^{5/2}$ |
| 粗 度 係 数 | $L^{-1/6}$   | $n^{1/6}$ |

#### (2) 実 験 条 件

##### (1) 下 流 端 条 件

水位流量曲線は模型区域内での観測資料がないので、下流の川又流量観測所（2.1 Km 附近）の資料をもとに堰直下の 2.7 Km の断面までを不等流計算により求めた。なお計算に先だち与えられた計画水理量は次の通りである。

- (a) 計画高水量  $Q = 850 \text{ m}^3/\text{sec}$
- (b) 計画高水位  $YP + 1.638 \text{ m}$  (27 km 地点で)
- (c) 粗度係数  $n = 0.030$  及び  $n = 0.035$
- (d) 出発水位 図2参照

上記の出発水位については過去の洪水記録(昭和23~33年)5ケースをもとに作成したもので、観測地は上記の川又流量観測所(21 km 附近)である。

## (2) 粗度係数

粗度係数については実測値がないので、 $n = 0.030$  及び  $n = 0.035$  について不等流計算を行い、その結果を水海道(22.4 km~22.6 km 間)及び現堰下流端(27.1 km)の水位観測値と、川又流量観測所の流量を時差なしで図上にプロットしたものにあてはめて検討を行なった結果より  $n = 0.030$  としたものである。(図3及び図4参照)

尚地建においては水位流量曲線を上記洪水記録の中から高いものの標本を8~10個選び出して、川又流量観測所及び現堰下流端でH-Q曲線を作成し、その関係より  $n = 0.035$  として不等流計算を行い、そのH-Q曲線で実験することを望んでいるので、それについても資料とした。(図5参照)

## [3] 実験方法

4.2 [1] 相似律で述べたような範囲と縮尺で、河床をモルタル仕上げの固定河床として模型を製作した。この模型は、平面的位置は航空写真による図化平面図より、横断的形状は横断面図より設定した。現状に於ては横断的形状を2.68 Km~2.7.6 Km間は50 m 間隔とし、その他は100 m 間隔で横断線を決め、これら各断面を1:4のモルタルで撃い仕上げられている。堰は21本の断面線により可動堰は木造で、固定堰はモルタルで仕上げた。

計画堰は、模型を改造して、図5.3.5.5.6に示すように27 Km 地点に設け可動堰を中央より左岸よりに設置し、その両端に固定堰をもつ構造とした。下流端は25.6 Km~26.2 Km 間を延長し図の通りとした。斜線部分が改造した所で、2.68 Km~2.7.4 Kmまでは全断面を計画断面とし、2.6.7 Km~2.6.8 Km間は低水路を現状にすりつけ、2.7.4 Km~2.7.8 Km 間は低水路のみ計画断面に改造した。

尚二次元の模型は幅60.5 cmのガラス張水路に、可動堰及び固定堰を設置し実験を行なった。測定方法は次の如くである。

流量……量水槽に堰幅1.0 mの4角堰を設け、これにより流量測定を行った。

水位……ポイントゲージにより測定。横断方向に低水路3点、高水路2点以上に、径1.6 mmの平頭銅線を埋設し、その頂高を精測しておいて各点の水深をポイントゲージによって測定し水位を計算する。

流速……ピトー管により測定

流向……河床に5 m間隔のペンキを塗り、アルミ粉を流しスケッチした。

下流端の水位調節は模型流末にせき上板を設け、図6に示すH-Q曲線により調節する。

#### [4] 検証実験

粗度を $n=0.030$ とするためには、モルタル河床のままでは粗度が不足する。このため径10～15mmの砂利にセメントペーストをまぶし、これを河床に均等に散布して粗度を調節する。

この場合流量は $650 \text{ m}^3/\text{sec}$ とし、粗度係数 $n=0.030$ 及び $n=0.035$ とした時の不等流計算結果の各断面水位に一致するように調整を行なった。

#### [5] 現堰に関する実験

小貝川の平面形状は湾曲しており、その上堰附近で広がりを持ち、横断的にも複雑な形状である。

##### (1) 流量

流量は計画高水流量以下4種類とし、次のとおりである。 $Q=850 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $Q=650 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $Q=450 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $Q=350 \text{ m}^3/\text{sec}$  (可動堰の流速のみ測定)。

##### (2) 水位

水位の測定結果は、図-9に示したとおりで、 $n=0.030$ 及び $n=0.035$ の場合、いずれも計画高水位以下で安全である。最も水位の高いのは、 $n=0.035$ ,  $Q=850 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合で、そのときの実験水位は次のとおりである。

表-2 実験水位表

|           | 26.4 <sup>Km</sup> | 26.6   | 26.8   | 27.0   | 27.2   | 27.4   | 27.6   | 27.8 <sup>Km</sup> |
|-----------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|
| (A) 計画高水位 | 16,241             | 16,297 | 16,342 | 16,380 | 16,421 | 16,467 | 16,524 | 16,579             |
| (B) 実験水位  | 15,918             | 15,912 | 15,928 | 16,031 | 16,017 | 16,211 | 16,236 | 16,343             |
| (A) - (B) | 0.323              | 0.385  | 0.414  | 0.349  | 0.404  | 0.256  | 0.288  | 0.236              |

堰は27.2Km～27.4Kmの間にある。

図-8及び表-2で見られるとおり、いずれの場合でも堰上流端よりの流入によって堰下流端では水面低下の現象が表われていることが判明している。又堰上、下流端の落差は流量が小さい程セキ上げ高は大きく、 $Q=850 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $n=0.035$ )で20cm,  $Q=450 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $n=0.030$ )では94cmである。その上 $Q=450 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上になると、所によっては固定堰を水深20cm以上で溢流し、水門操作に行けなくなることも判明した。

尙取水路への流入は0として実験を行なった。

##### (3) 流速

流速測定結果は図10～51に示したとおりで、堰下流端では複雑な流れをしている。測定は堰

についてのみ行なったが、各測定での流量の変化に伴う最高流速は表-3のとおりである。

表-3 実験最高流速表

| 粗度<br>流量                       | n=0.035 | n=0.030 | 摘 要  |                                | n=0.035 | n=0.030 | 摘 要 |
|--------------------------------|---------|---------|------|--------------------------------|---------|---------|-----|
| $Q=850 \text{ m}^3/\text{sec}$ | 流 速     | 流 速     |      | $Q=650 \text{ m}^3/\text{sec}$ | 流 速     | 流 速     |     |
| 右岸より                           |         |         |      |                                |         |         |     |
| A                              | 1.40    | 3.17    | 固定堰  | A                              | 2.41    | 2.05    | 可動堰 |
| B                              | 2.94    | 3.50    | "    | B                              | 3.61    | 3.47    |     |
| C                              | 2.30    | 3.90    | "    | C                              | 2.84    | 3.30    |     |
| D                              | 2.78    | 3.64    | 可動堰  | D                              | 3.86    | 4.29    |     |
| E                              | 2.58    | 3.77    | 固定堰  | E                              | 2.19    | 3.04    |     |
| F                              | 2.49    | 3.65    | "    | F                              | 2.18    | 2.89    |     |
| G                              | 1.98    | 3.28    | "    | G                              | 2.71    | 2.82    |     |
| $Q=450 \text{ m}^3/\text{sec}$ |         |         |      | $Q=350 \text{ m}^3/\text{sec}$ |         |         |     |
| A                              | —       | —       | 溢流なし | D                              | 5.99    | 6.13    | 可動堰 |
| B                              | 3.04    | 2.17    | 可動堰  |                                |         |         |     |
| C                              | 2.21    | 1.47    |      |                                |         |         |     |
| D                              | 5.88    | 5.74    |      |                                |         |         |     |
| E                              | 4.08    | 3.96    |      |                                |         |         |     |
| F                              | 2.60    | 3.19    |      |                                |         |         |     |
| G                              | 2.54    | 1.83    |      |                                |         |         |     |

上表に於ける流速測定位置は平面的には固定堰は堰頂で、可動堰は直下であるが、固定堰のE点のみは $Q=450 \text{ m}^3/\text{sec}$ で堰頂をはずれて下流になっている。又図から見られるように、鉛直面的には固定堰では水面流速が最大であり、可動堰は流量の大・小によって河床から水面へと最大流速の起きる点が移動する。すなわち大流量では河床附近に最大流速が起り、小流量では水面に最大流速が起きる。

一方流量に関しては上表および図から見られるように、固定堰に於ては流量が増す程、又下流端水位の低い程流速は大きくなり、固定堰に対する危険度は増す。すなわち $Q=850 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $n=0.030$ )で最大である。可動堰に於ては流量の小さい程、あるいは下流端水位の低い程流速は増す。すなわち $Q=350 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $n=0.030$ )で最高であった。これは前述した表面流である。

#### (4) 流 向

流向の測定結果は図52に示したとおりであり、堰下流端の広幅部の右岸に、遊水池的なものが表われている。これは小流量程大きな面積を示している。又堰下流端150cm位は、かなり複雑な流れをしている。

図2 川又地先H-Q曲線

昭和39年1月10日送付

観測最大流量表より作成す。

(昭和23~33年, 5ケースより)

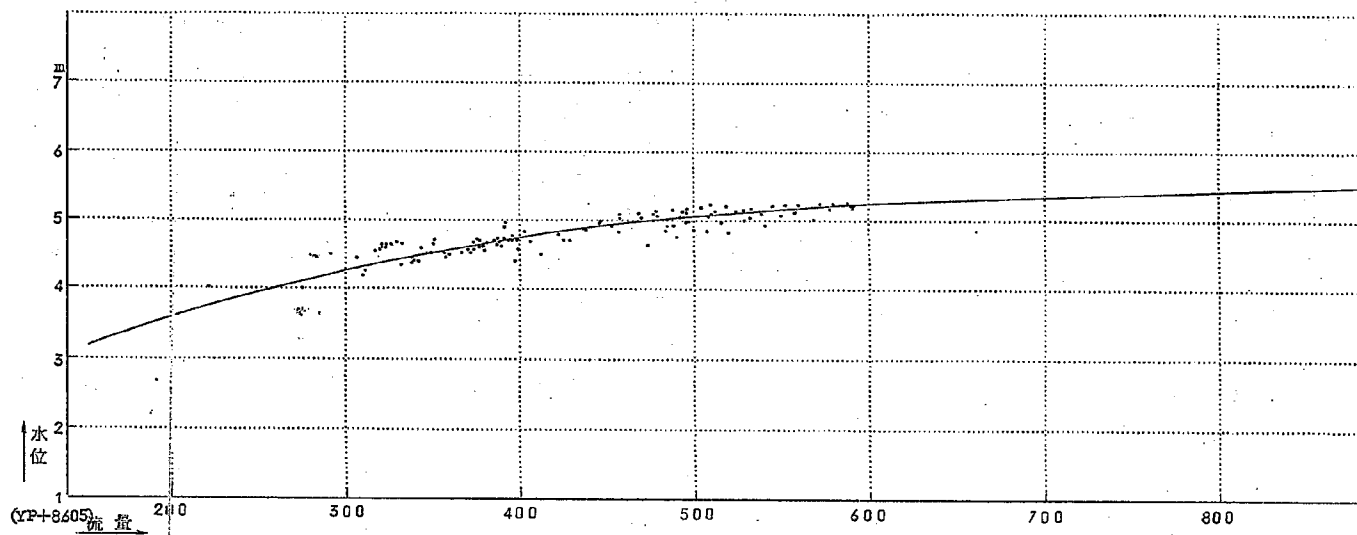


表-4 川又 - 27.0 Km 不等流計算書

n = 0.030

| 断面番号  | 単距離 | 追加距離 | 水位 Q=450 | 水位 Q=650 | 水位 Q=850 |
|-------|-----|------|----------|----------|----------|
|       |     |      | 13.545   | 13.905   | 14.100   |
| 2 1.2 | 345 | 345  | 13.680   | 14.105   | 14.391   |
| 4     | 200 | 545  | 13.722   | 14.164   | 14.470   |
| 6     | "   | 745  | 13.762   | 14.222   | 14.528   |
| 8     | "   | 945  | 13.811   | 14.293   | 14.622   |
| 2 2.0 | "   | 1145 | 13.831   | 14.319   | 14.655   |
| 2     | "   | 1345 | 13.850   | 14.341   | 14.681   |
| 4     | "   | 1545 | 13.877   | 14.372   | 14.716   |
| 6     | "   | 1745 | 13.905   | 14.402   | 14.753   |
| 8     | "   | 1945 | 13.927   | 14.425   | 14.784   |
| 2 3.0 | "   | 2145 | 13.941   | 14.441   | 14.803   |
| 2     | "   | 2345 | 13.963   | 14.465   | 14.824   |
| 4     | "   | 2545 | 13.991   | 14.498   | 14.853   |
| 6     | "   | 2745 | 14.016   | 14.529   | 14.891   |
| 8     | "   | 2945 | 14.039   | 14.555   | 14.922   |
| 2 4.0 | "   | 3145 | 14.070   | 14.590   | 14.966   |
| 2     | "   | 3345 | 14.097   | 14.621   | 15.002   |
| 4     | "   | 3545 | 14.118   | 14.645   | 15.029   |
| 6     | "   | 3745 | 14.149   | 14.683   | 15.073   |
| 8     | "   | 3945 | 14.190   | 14.735   | 15.136   |
| 2 5.0 | "   | 4145 | 14.212   | 14.762   | 15.169   |
| 2     | "   | 4345 | 14.226   | 14.778   | 15.188   |
| 4     | "   | 4545 | 14.250   | 14.800   | 15.218   |
| 6     | "   | 4745 | 14.284   | 14.830   | 15.256   |
| 8     | "   | 4945 | 14.309   | 14.860   | 15.291   |
| 2 6.0 | "   | 5145 | 14.336   | 14.895   | 15.333   |
| 2     | "   | 5345 | 14.359   | 14.923   | 15.365   |
| 4     | "   | 5545 | 14.385   | 14.952   | 15.397   |
| 6     | "   | 5745 | 14.412   | 14.981   | 15.430   |
| 8     | "   | 5945 | 14.443   | 15.012   | 15.463   |
| 2 7.0 | "   | 6145 | 14.460   | 15.032   | 15.485   |

図 2 水海道 H - Q

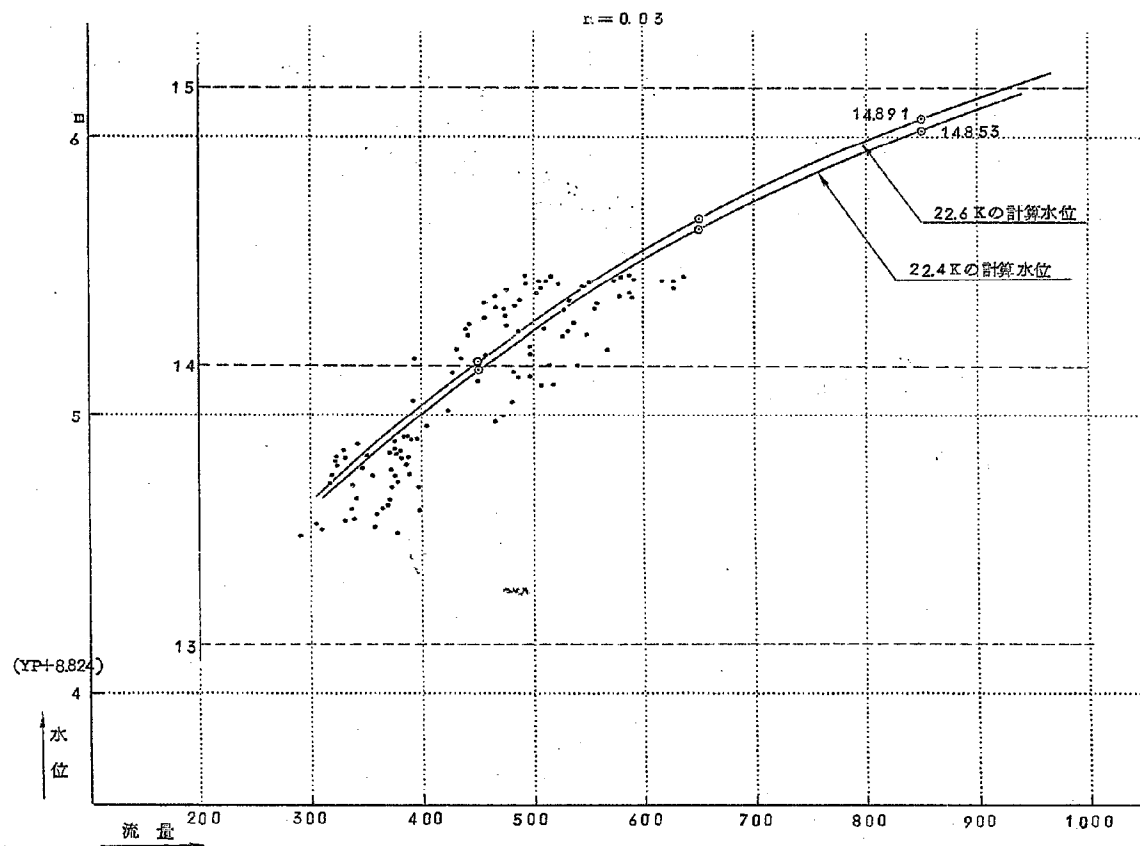


图4 福岡北(下) H-Q

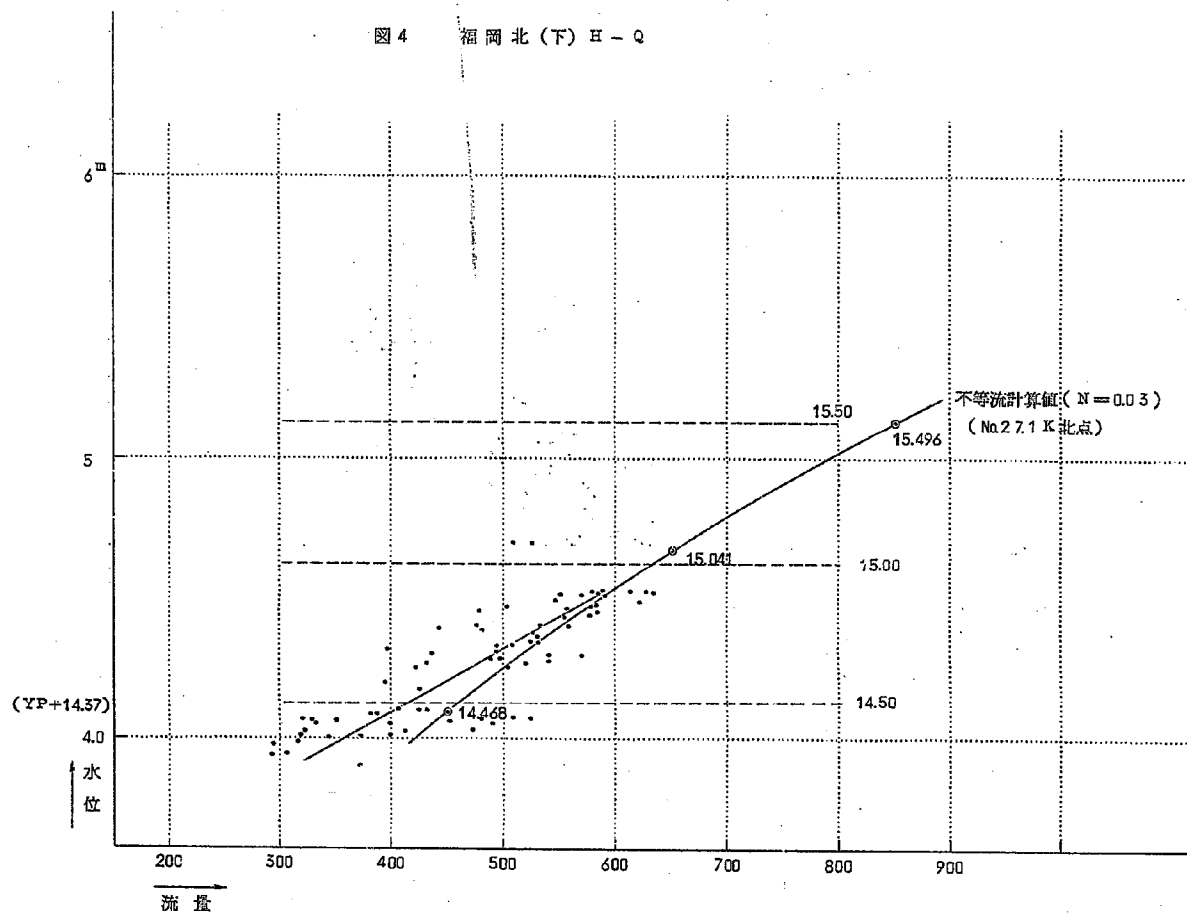


图5 川 叉 H - Q

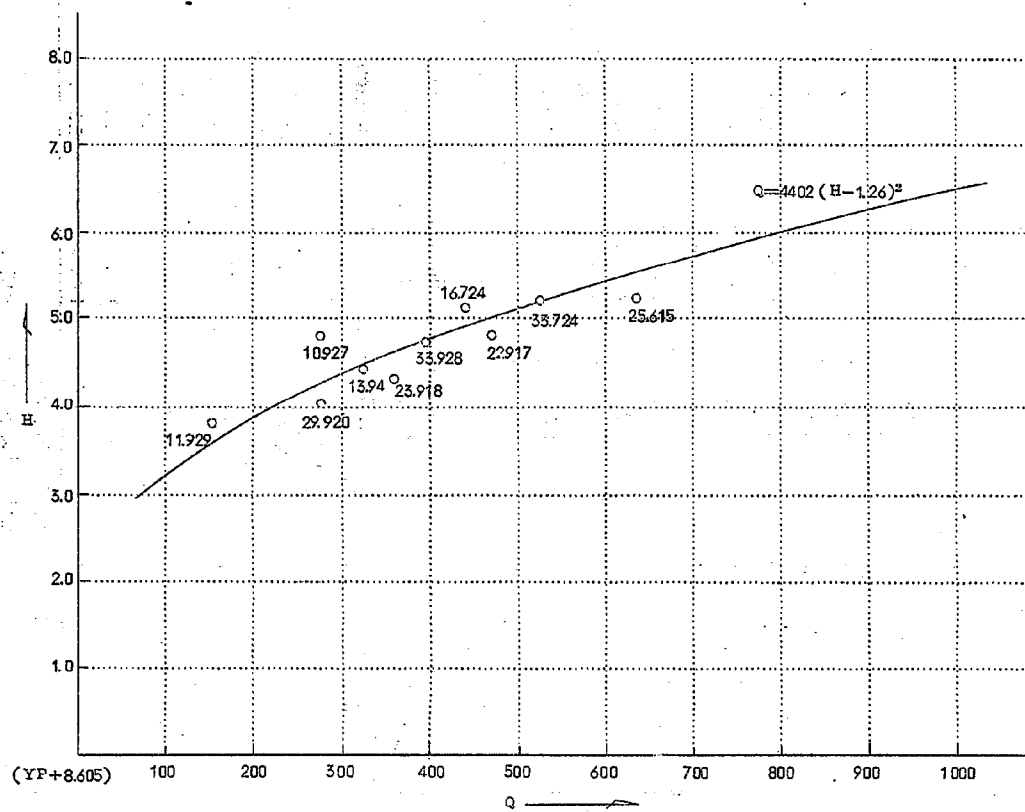


表-5 川又 ~ 27.2 KM 不等流計算値

n = 0.035

| 断面番号 | 距 離 | 追 加 距 離 | 水位 Q=450<br>YP+ 13.549 | 水位 Q=650<br>YP+ 14.194 | 水位 Q=850<br>YP+ 14.745 |
|------|-----|---------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 21.0 | 126 | 126     | 13.602                 | 14.254                 | 14.855                 |
| 2    | 200 | 326     | 13.682                 | 14.344                 | 14.974                 |
| 4    | "   | 526     | 13.762                 | 14.444                 | 15.089                 |
| 6    | "   | 726     | 13.792                 | 14.479                 | 15.129                 |
| 8    | "   | 926     | 13.882                 | 14.619                 | 15.288                 |
| 22.0 | "   | 1126    | 13.967                 | 14.556                 | 15.327                 |
| 2    | "   | 1326    | 13.987                 | 14.676                 | 15.344                 |
| 4    | "   | 1526    | 14.017                 | 14.701                 | 15.366                 |
| 6    | "   | 1726    | 14.047                 | 14.728                 | 15.390                 |
| 8    | "   | 1926    | 14.082                 | 14.763                 | 15.425                 |
| 23.0 | "   | 2126    | 14.097                 | 14.778                 | 15.439                 |
| 2    | "   | 2326    | 14.112                 | 14.790                 | 15.447                 |
| 4    | "   | 2526    | 14.137                 | 14.810                 | 15.461                 |
| 6    | "   | 2726    | 14.177                 | 14.860                 | 15.515                 |
| 8    | "   | 2926    | 14.187                 | 14.868                 | 15.511                 |
| 24.0 | "   | 3126    | 14.227                 | 14.911                 | 15.558                 |
| 2    | "   | 3226    | 14.267                 | 14.954                 | 15.608                 |
| 4    | "   | 3526    | 14.287                 | 14.969                 | 15.618                 |
| 6    | "   | 3726    | 14.292                 | 14.962                 | 15.589                 |
| 8    | "   | 3926    | 14.362                 | 15.047                 | 15.690                 |
| 25.0 | "   | 4126    | 14.402                 | 15.097                 | 15.739                 |
| 2    | "   | 4326    | 14.417                 | 15.112                 | 15.754                 |
| 4    | "   | 4526    | 14.432                 | 15.127                 | 15.764                 |
| 6    | "   | 4726    | 14.457                 | 15.167                 | 15.799                 |
| 8    | "   | 4926    | 14.472                 | 15.182                 | 15.811                 |
| 26.0 | "   | 5126    | 14.517                 | 15.232                 | 15.871                 |
| 2    | "   | 5326    | 14.542                 | 15.257                 | 15.898                 |
| 4    | "   | 5526    | 14.572                 | 15.287                 | 15.928                 |
| 6    | "   | 5726    | 14.602                 | 15.317                 | 15.958                 |
| 8    | "   | 5926    | 14.637                 | 15.352                 | 15.992                 |
| 27.0 | "   | 6126    | 14.667                 | 15.382                 | 16.025                 |
| 2    | "   | 6326    | 14.677                 | 15.392                 | 16.037                 |

但し 断面は38年度実測  
出発点は川又観測所H-Qを使用

图 6 26.4 K 地先 H - Q 曲线

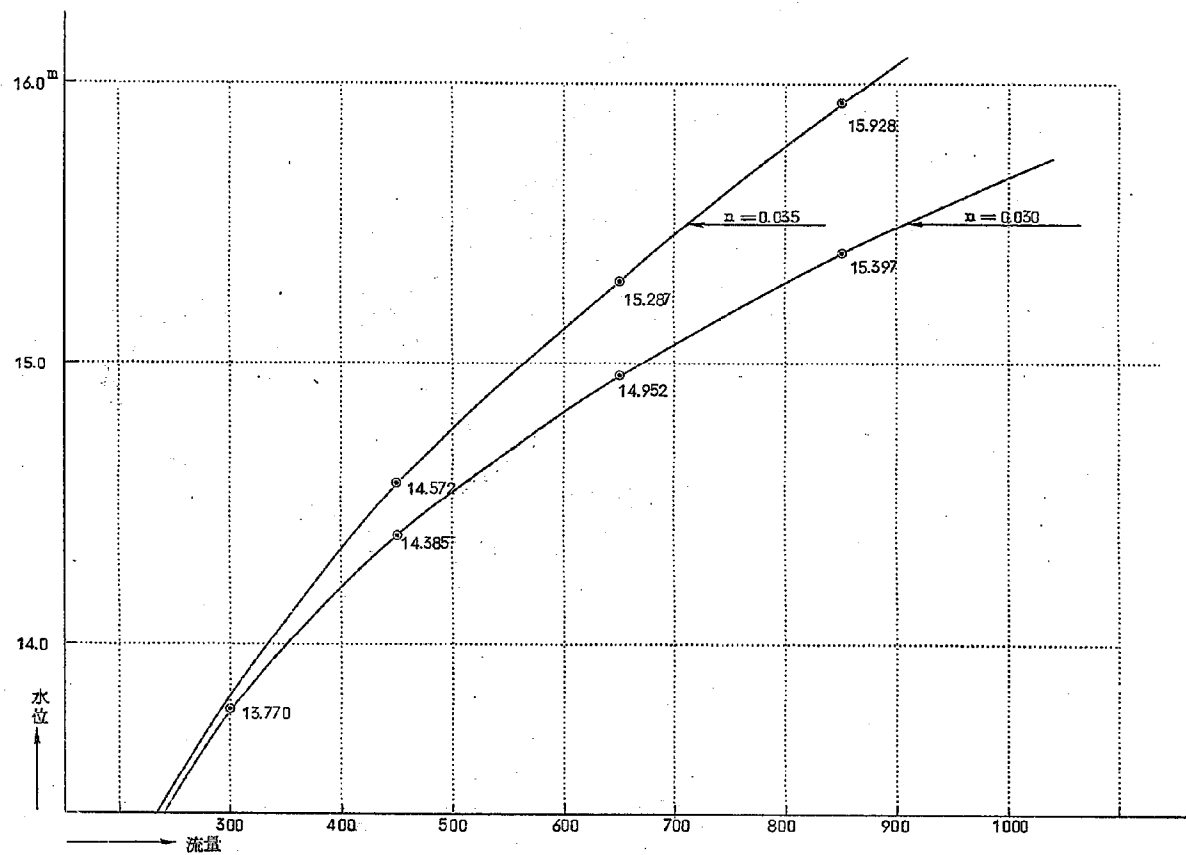
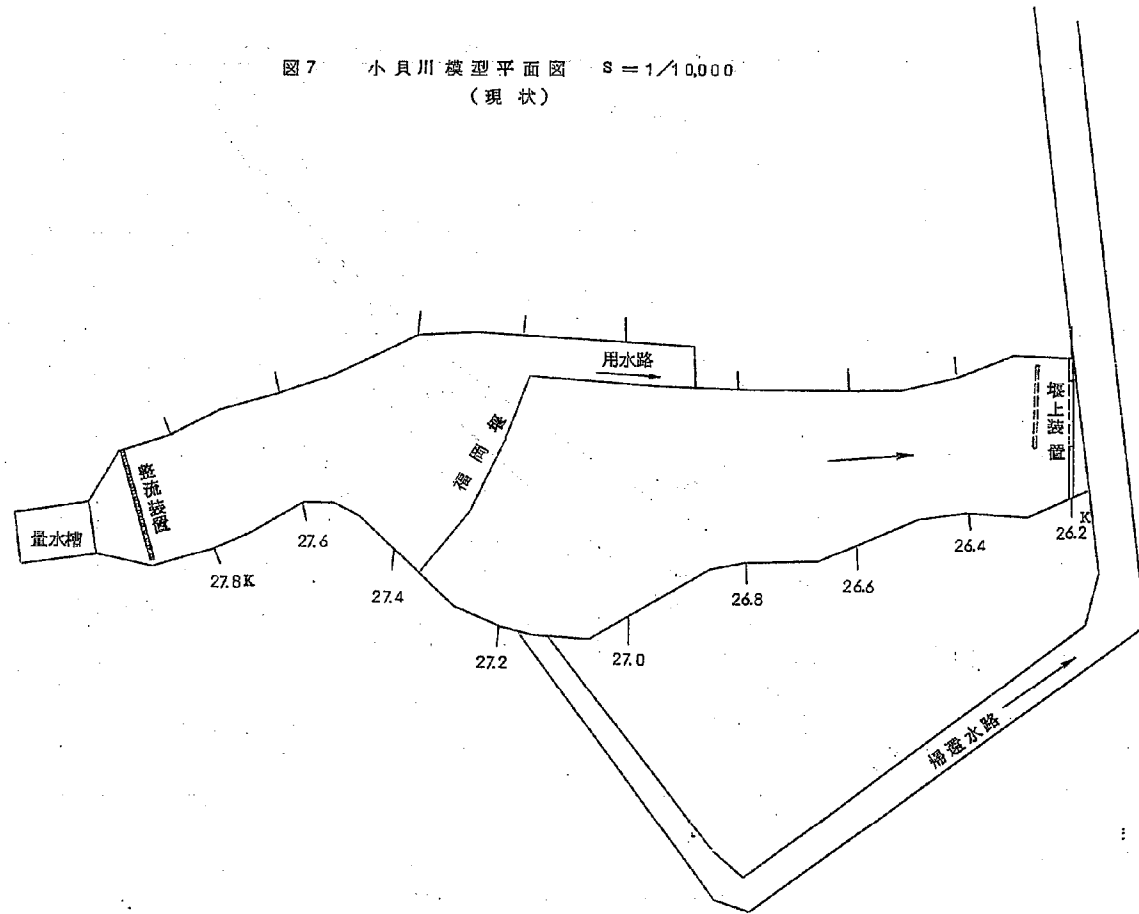
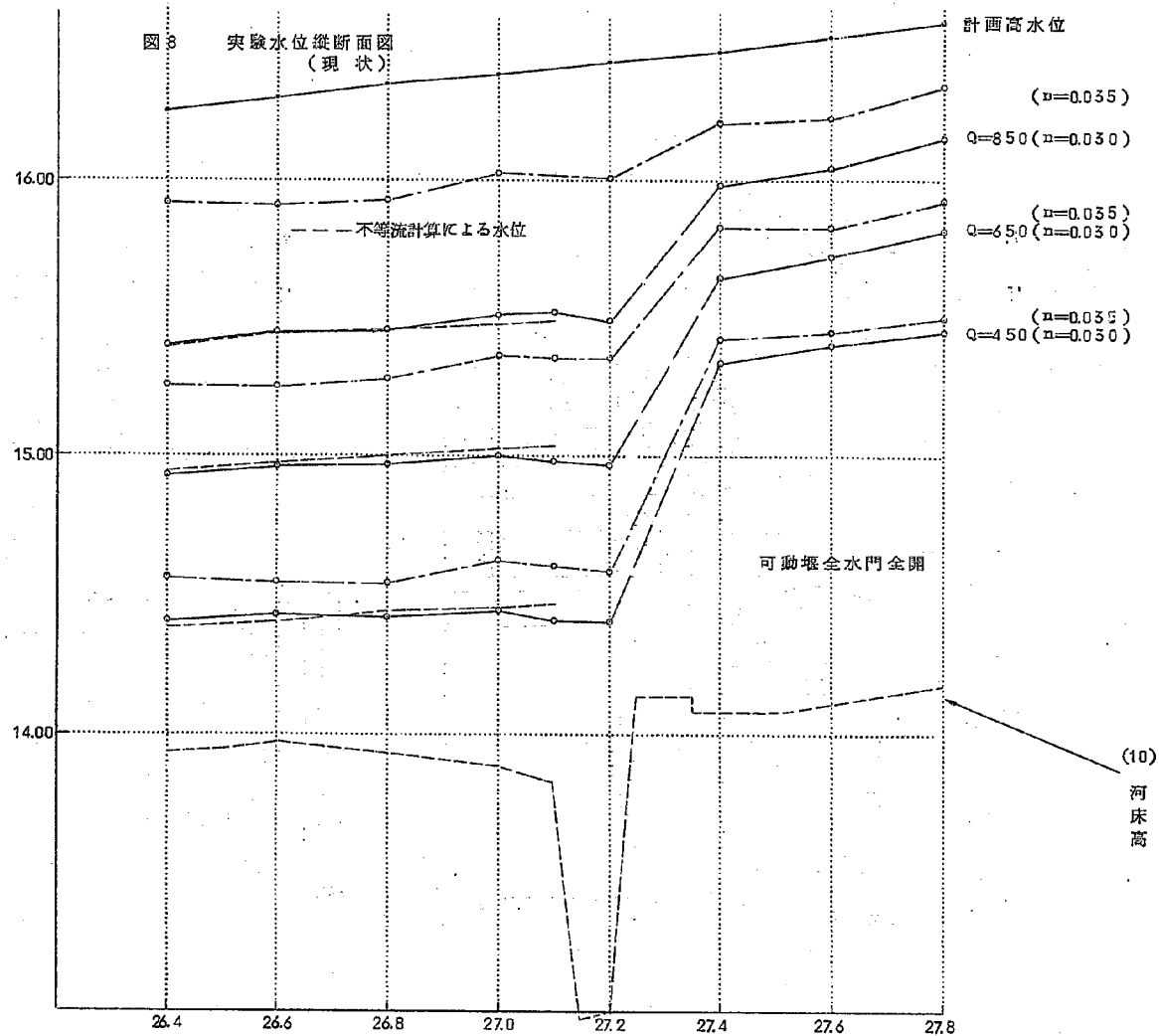


図7 小貝川模型平面図  $S=1/10,000$   
(現 状)





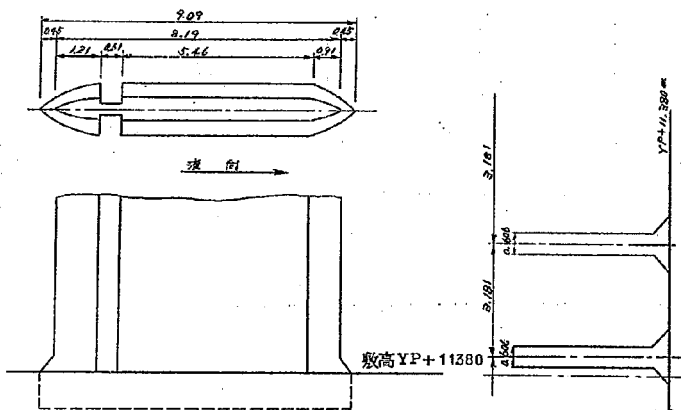
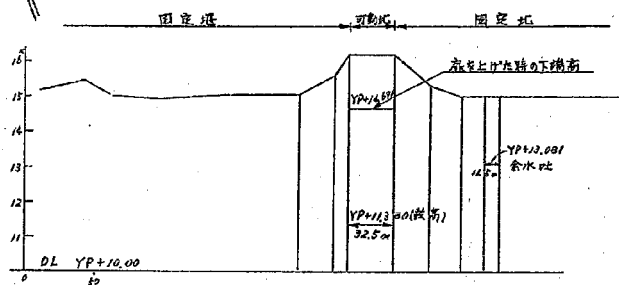


圖 10 A - A 流速分布圖

$Q = 850 \text{ m}^3$   
( $n = 0.035$ )

流速縮尺  
0 1 2 3 4 5 m

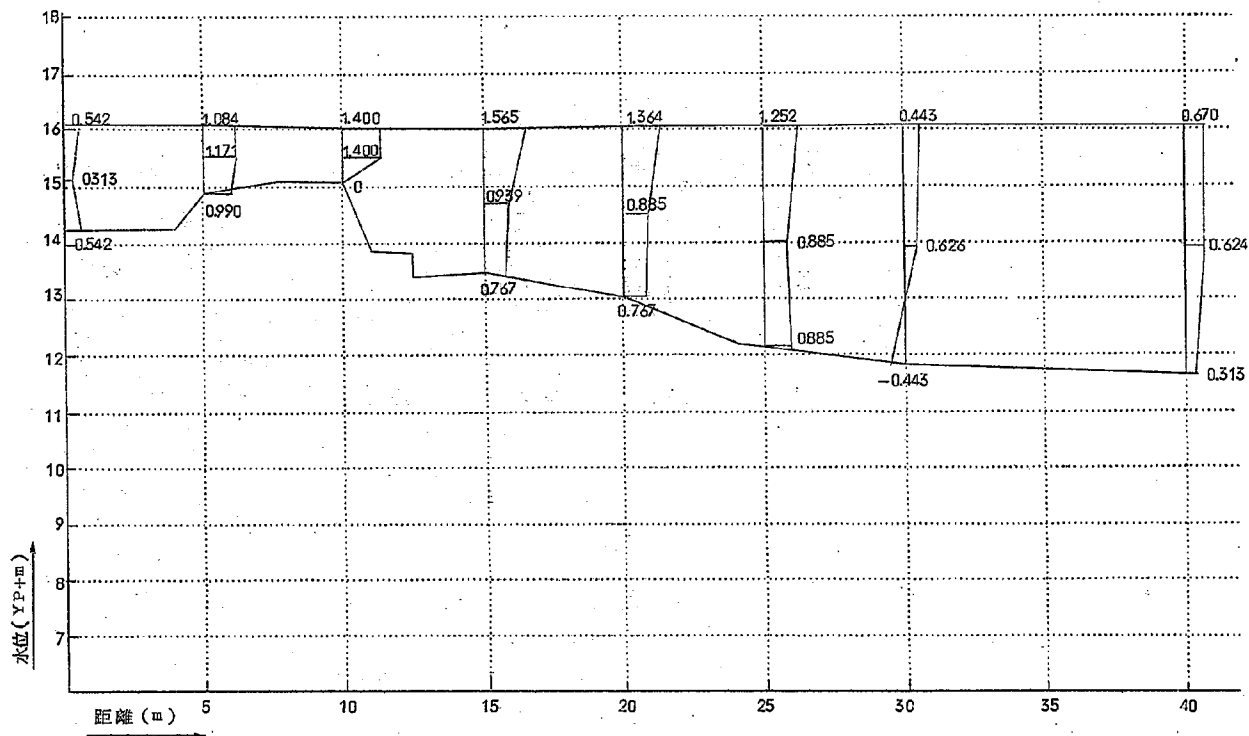


图 11 B - B 流速分布图

$Q=850 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $n=0.035$ )

流速 厘米  
0 1 2 3 4 5

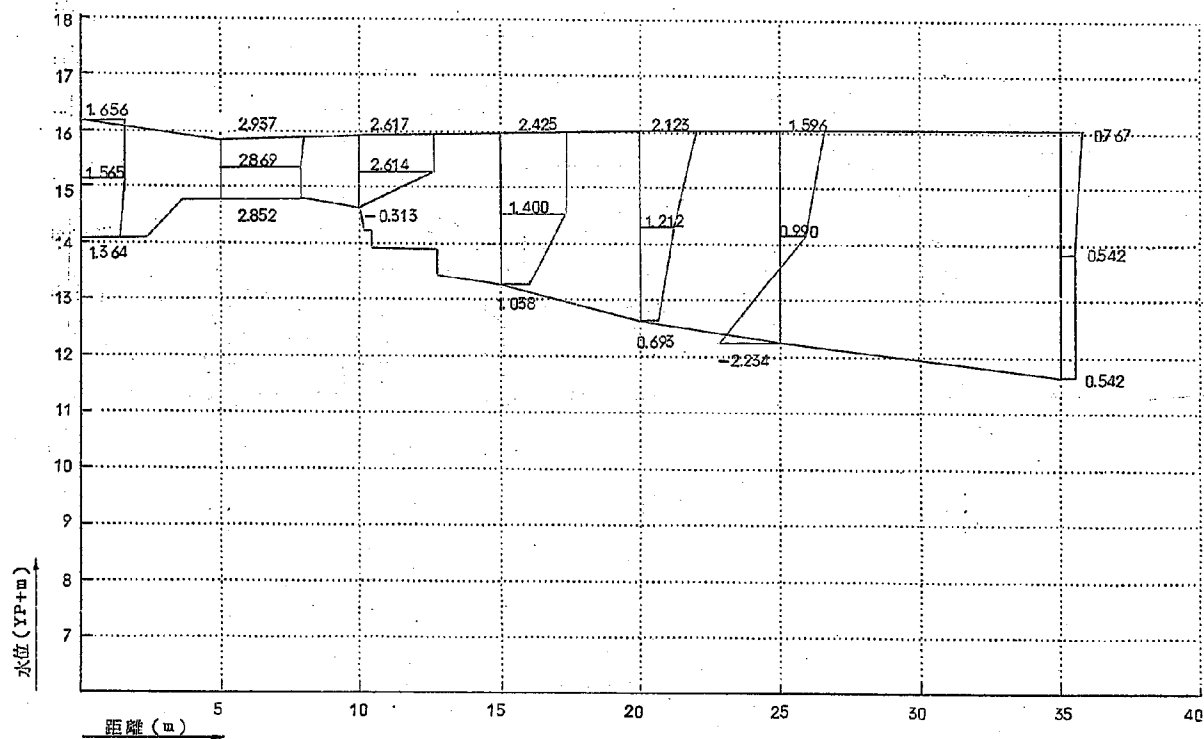


圖 1.2      ○ — ○ 流速分布圖

$Q=850 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $\alpha=0.035$ )

流速縮尺  
0 1 2 3 4 5

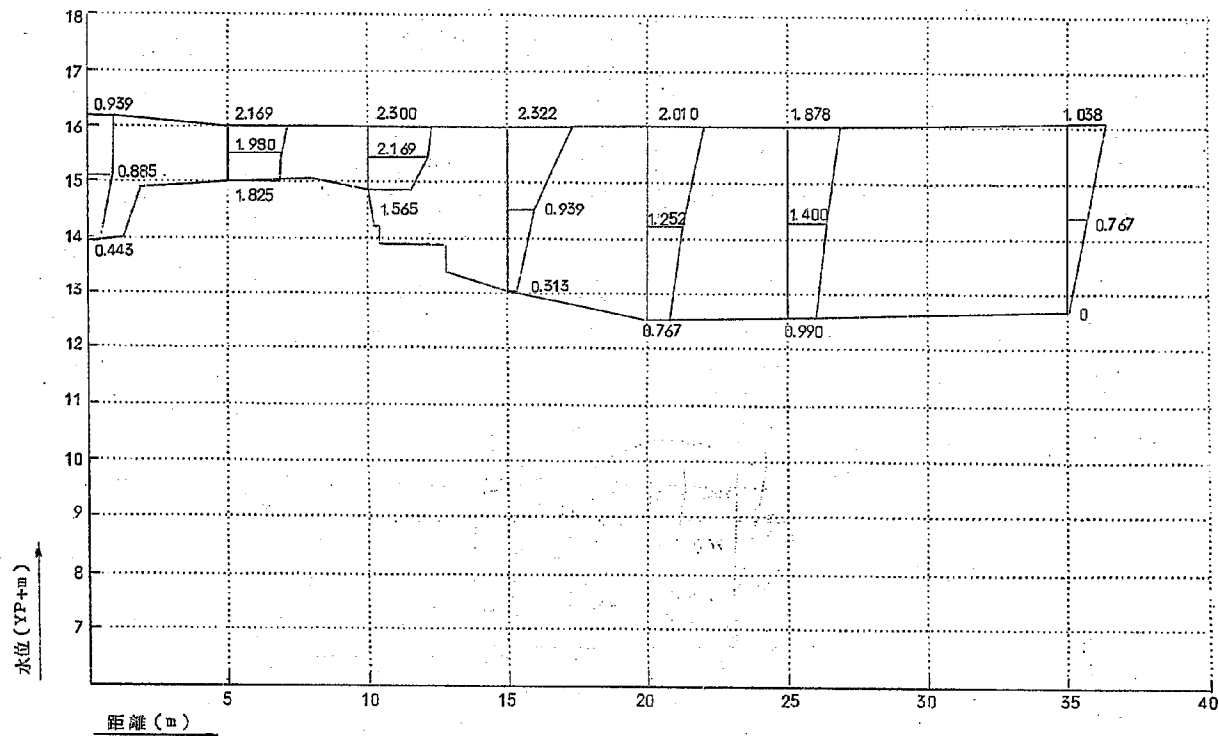


图 13 D - D 流速分布图

$Q=850 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $n=0.035$ )

流速范围  
0 1 2 3 4 5

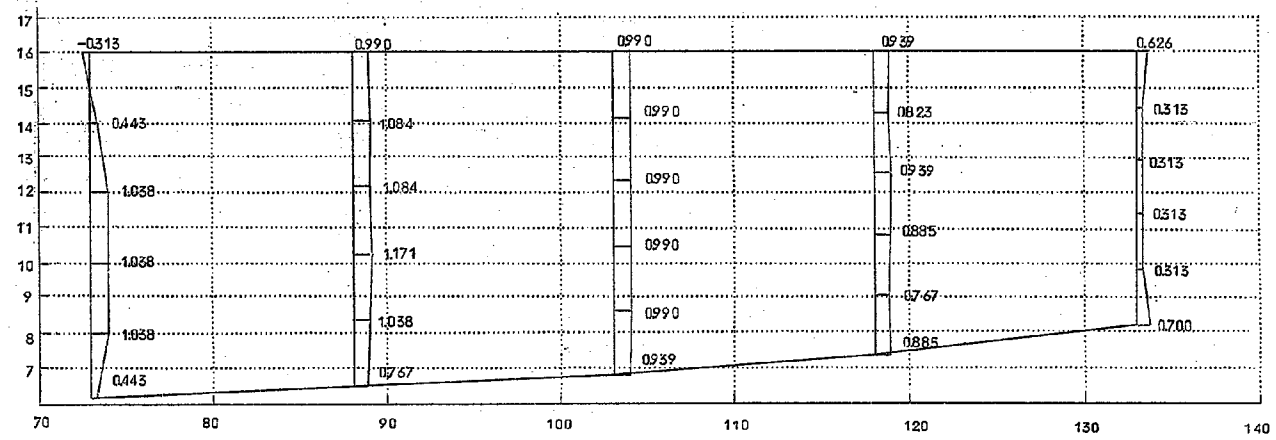
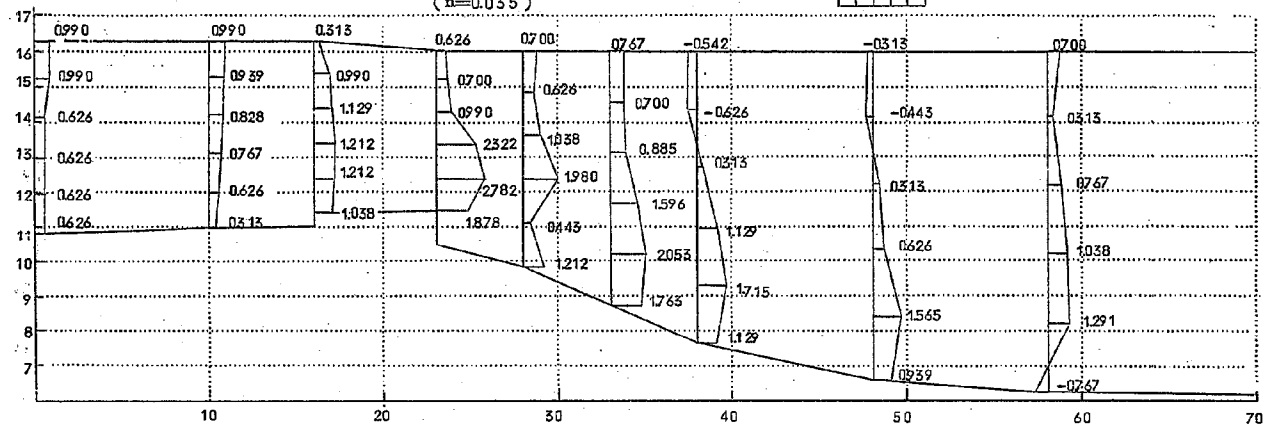


图 14 B-B 流速分布图

$Q=850\text{ m}^3$   
( $v=0.035$ )

流速 箱尺  
0 1 2 3 4 5

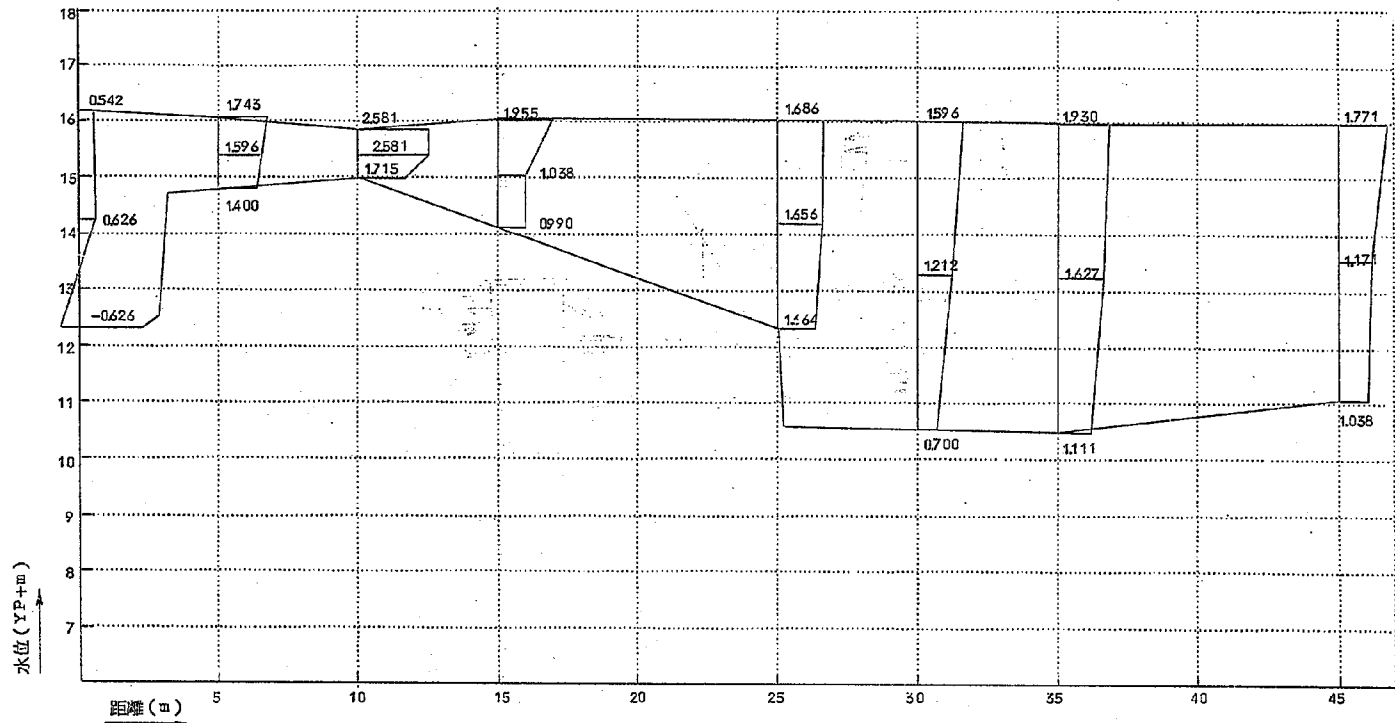


圖 15 F - F 流速分布圖

$Q=850 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $n=0.035$ )

流速縮尺  
0 1 2 3 4 5

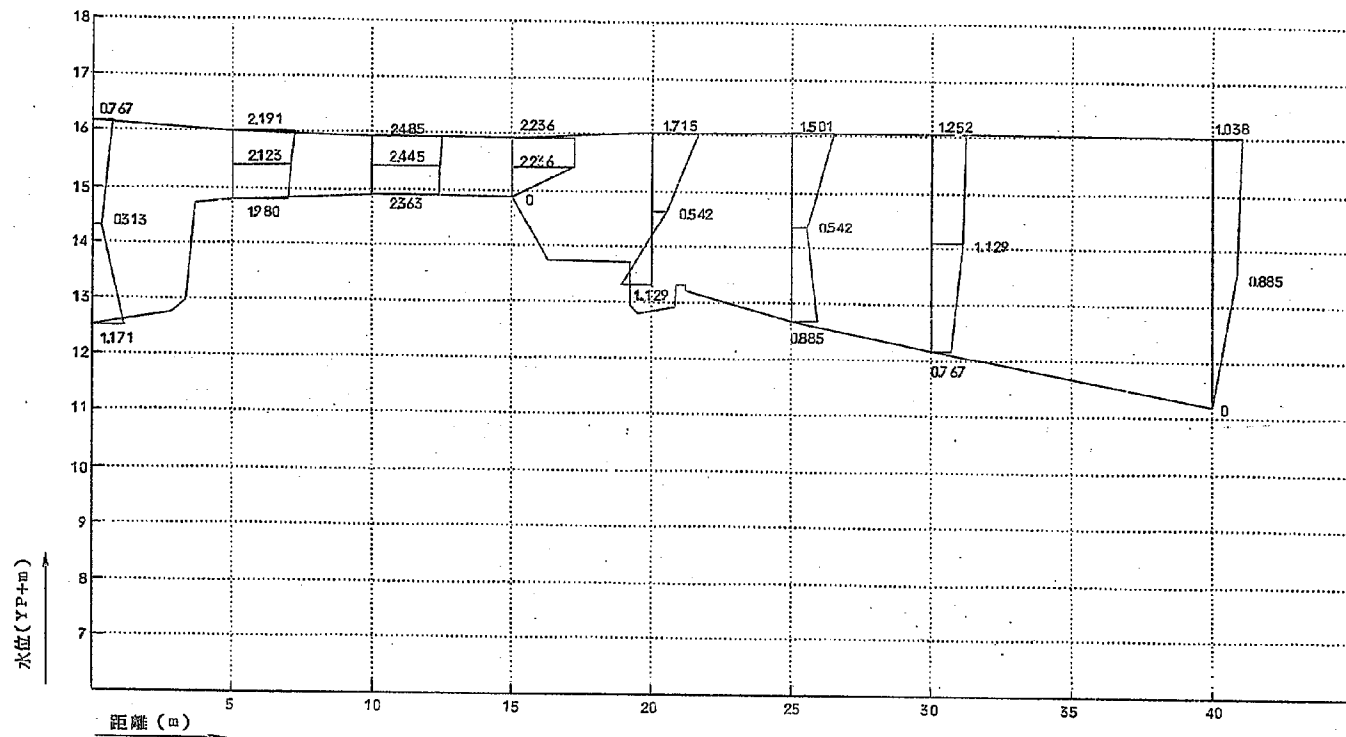


图 1.6 C - C 流速分布图

$Q = 850 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $n = 0.035$ )

流速 公尺  
0 1 2 3 4 5

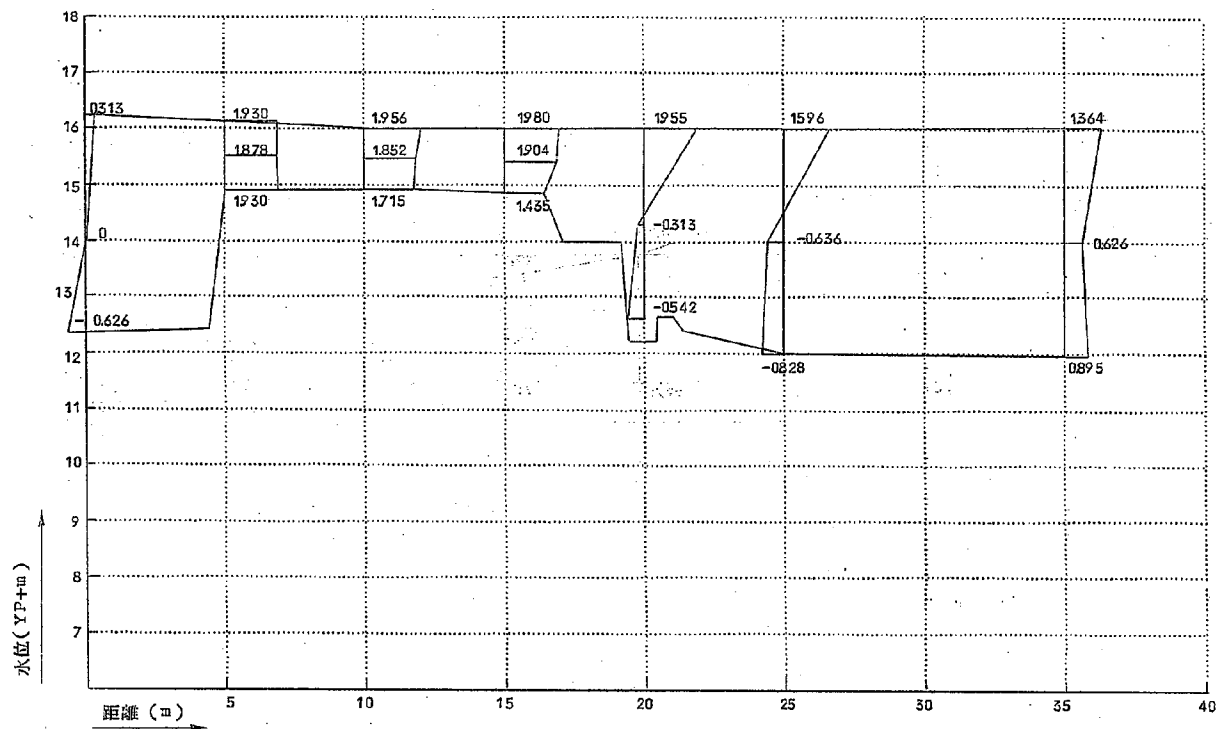


图17 A-A 流速分布图

$Q=650 m^3/s$   
( $n=0.035$ )

流速缩尺  
0 1 2 3 4 5

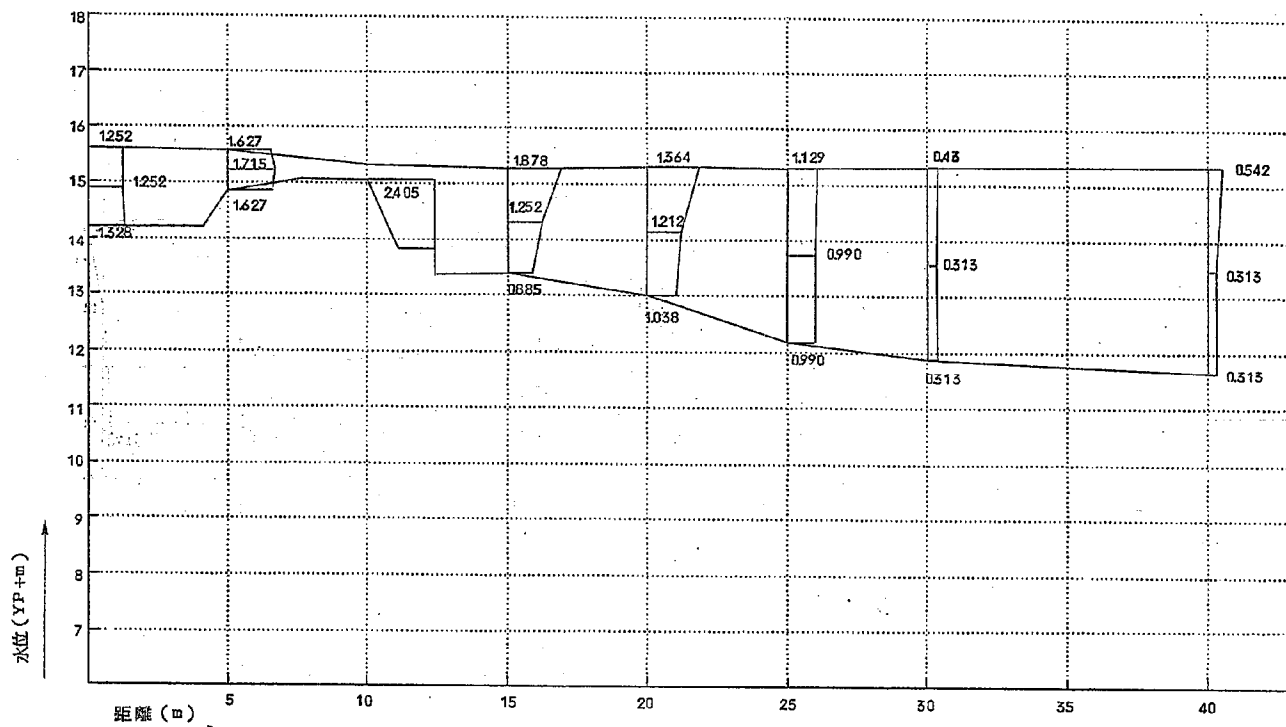


图18 B-B流速分布图

$Q=6.50 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $n=0.035$ )

流速缩尺  
0 1 2 3 4 5

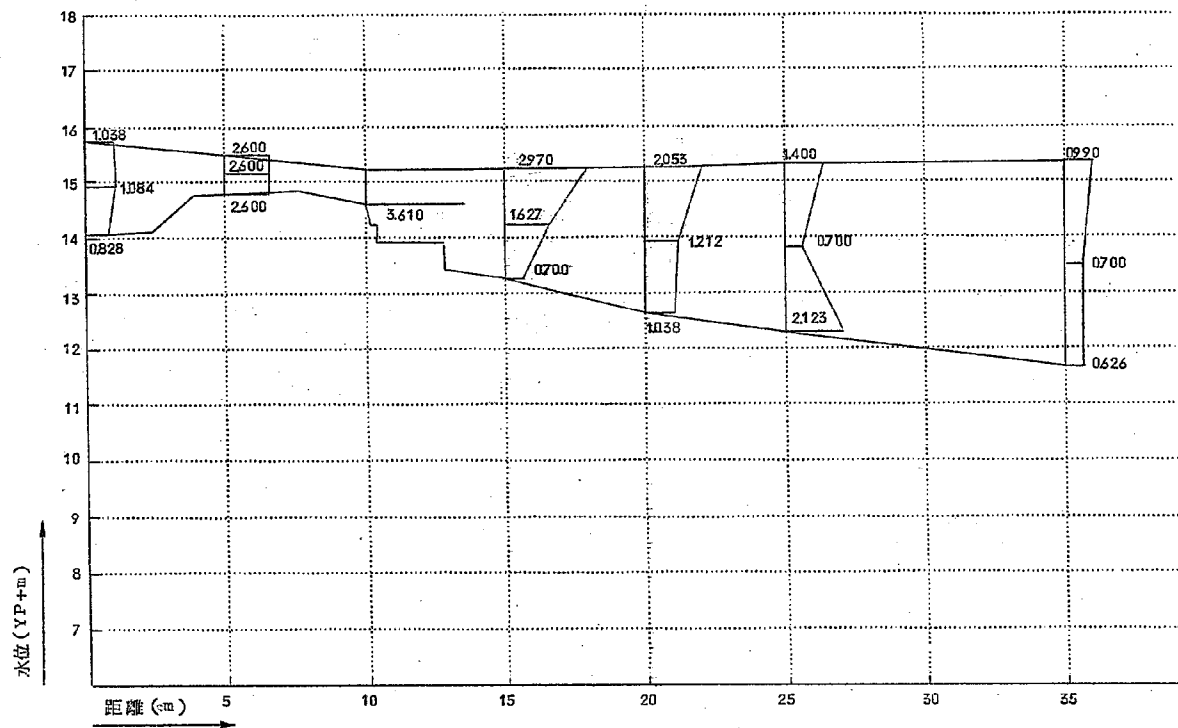


图 19 ○—○ 流速分布图

$Q=650 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $v=0.035$ )

流速缩尺  
0 1 2 3 4 5

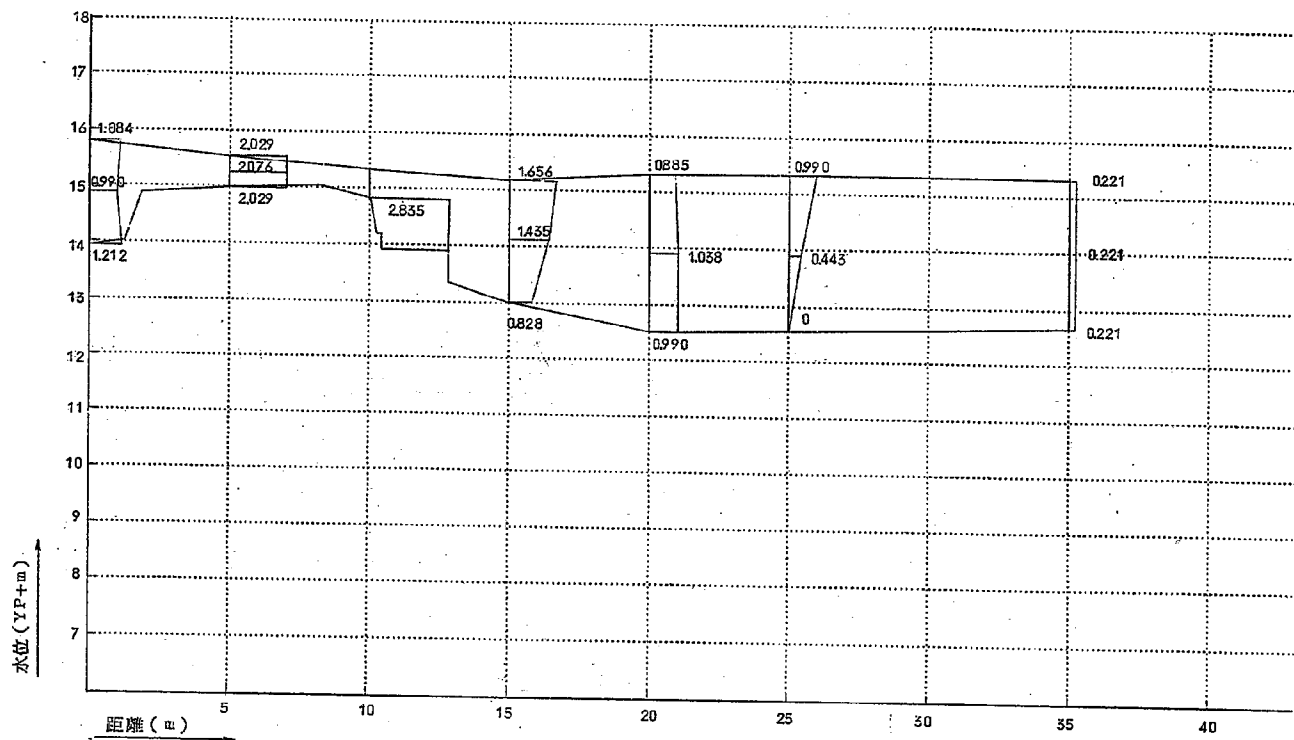


圖 20 D - D 流速分布圖

$Q = 650 \text{ m}^3/\text{s}$

( $\alpha = 0.035$ )

流速縮尺

0 1 2 3 4 5

1 1 1 1 1

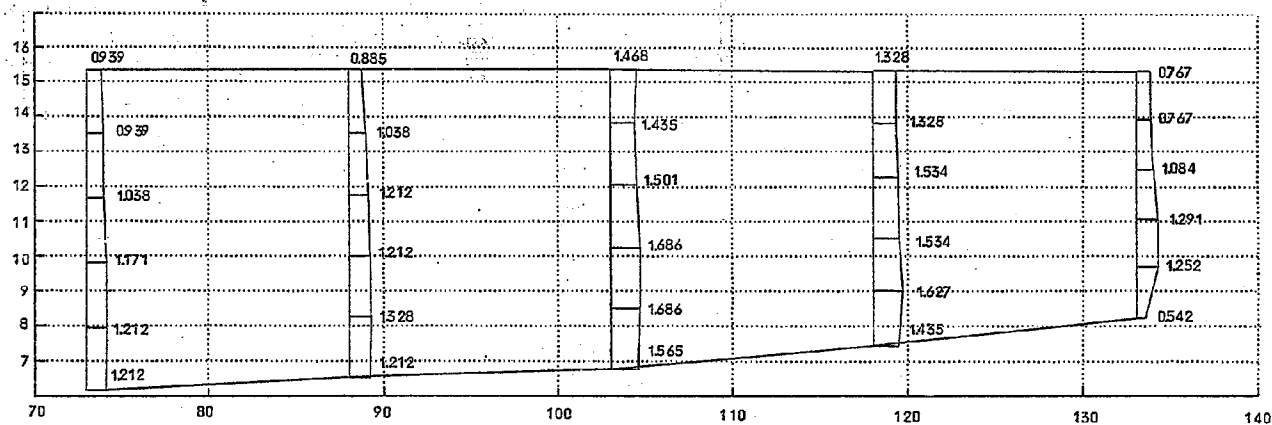
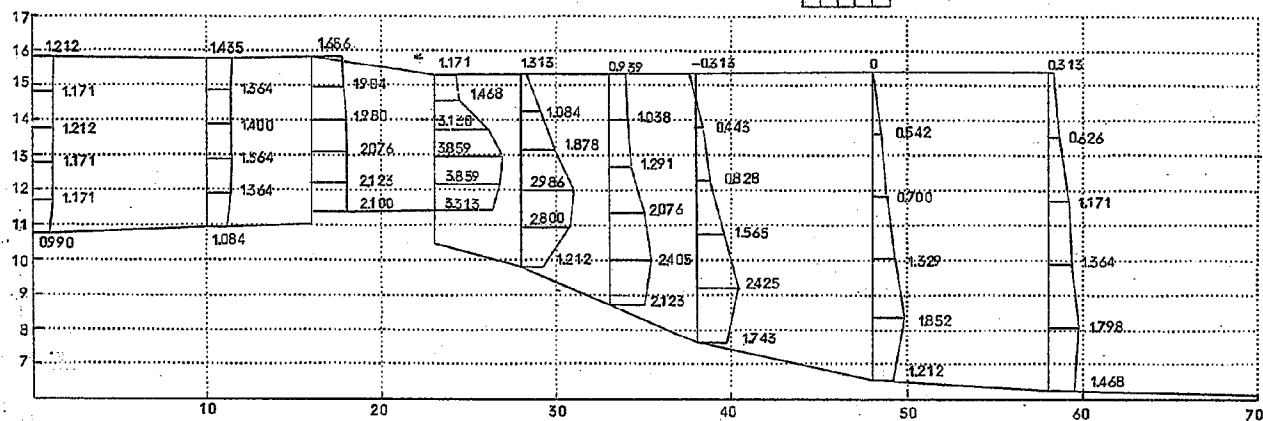


圖 21

B - B 流 速 分 布 圖

$Q = 650 \text{ m}^3/\text{s}$

( $n = 0.035$ )

流 速 縮 尺

0 1 2 3 4 5

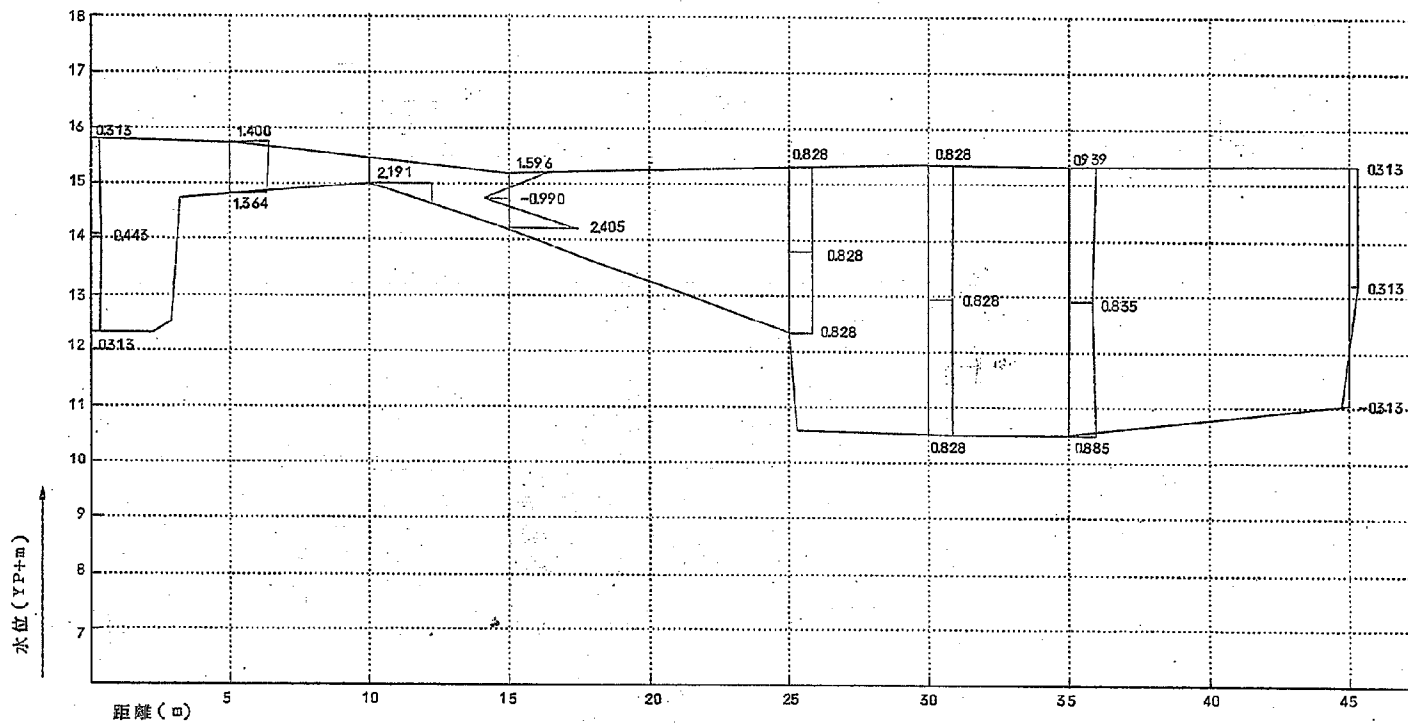


图 2.2 F - F 流速分布图

$Q = 65 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $n = 0.035$ )

流速 厘米  
0 1 2 3 4 5

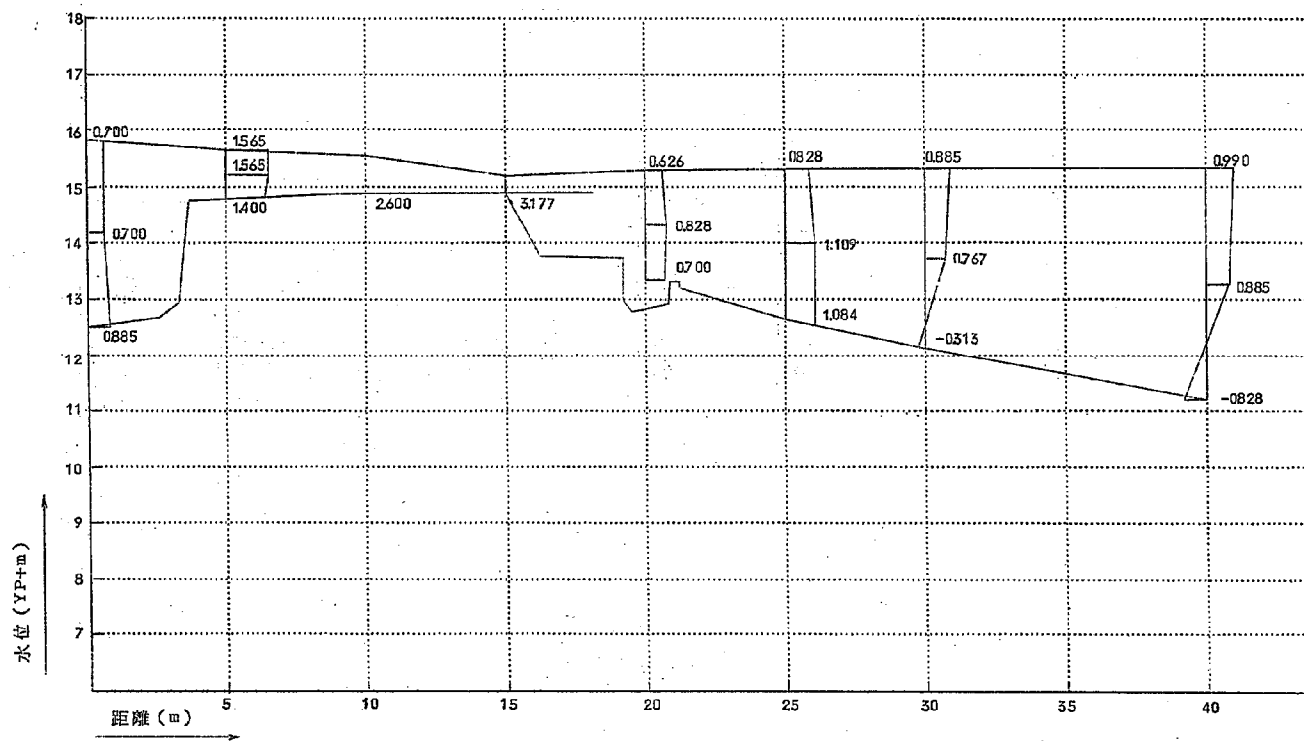


图 23 Q - Q 流速分布图

$Q = 650 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $n = 0.035$ )

流速 縮尺  
0 1 2 3 4 5

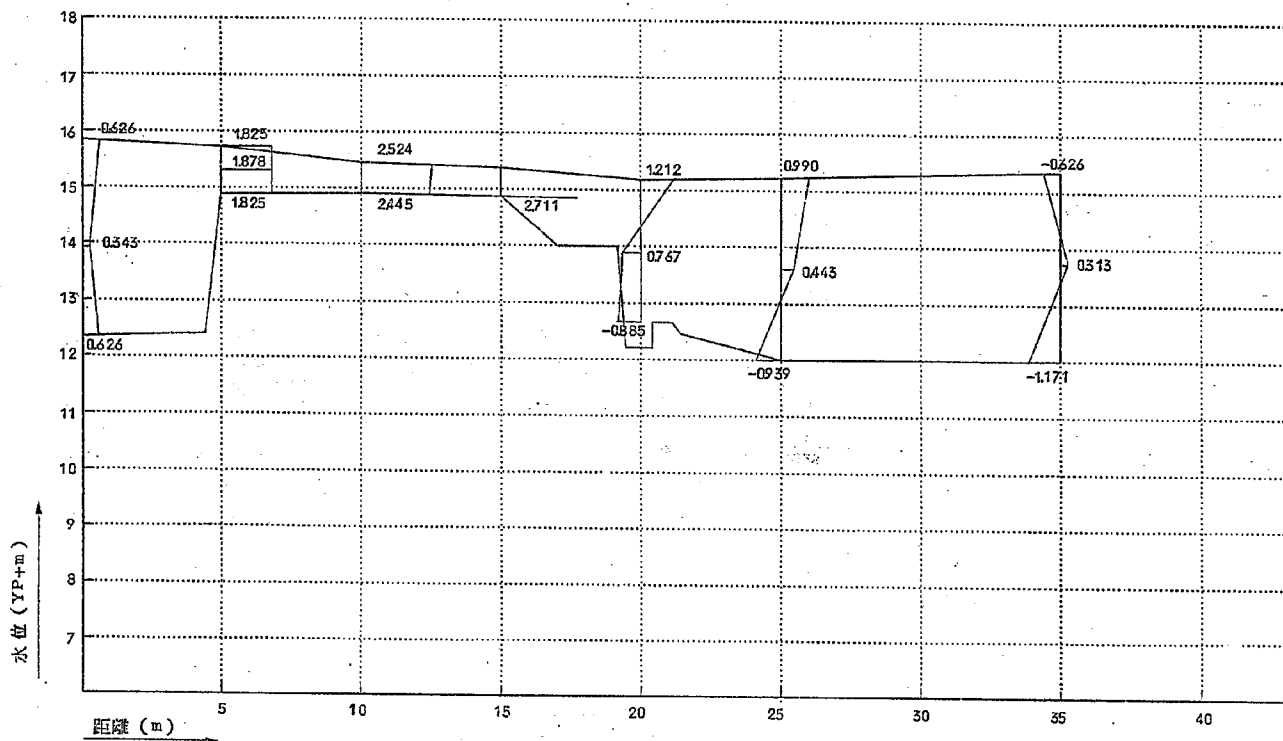


图 24 B-B 流速分布图.

$Q=450 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $n=0.035$ )

流速 厘米  
0 1 2 3 4 5

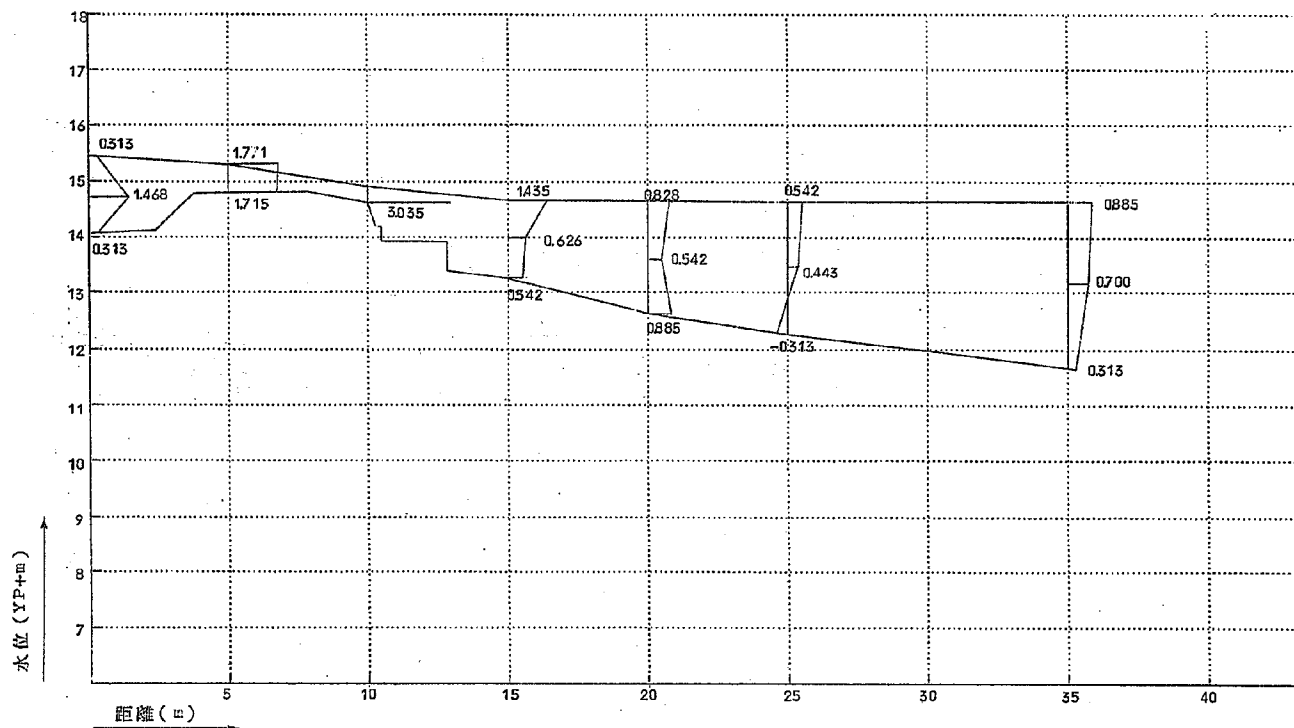
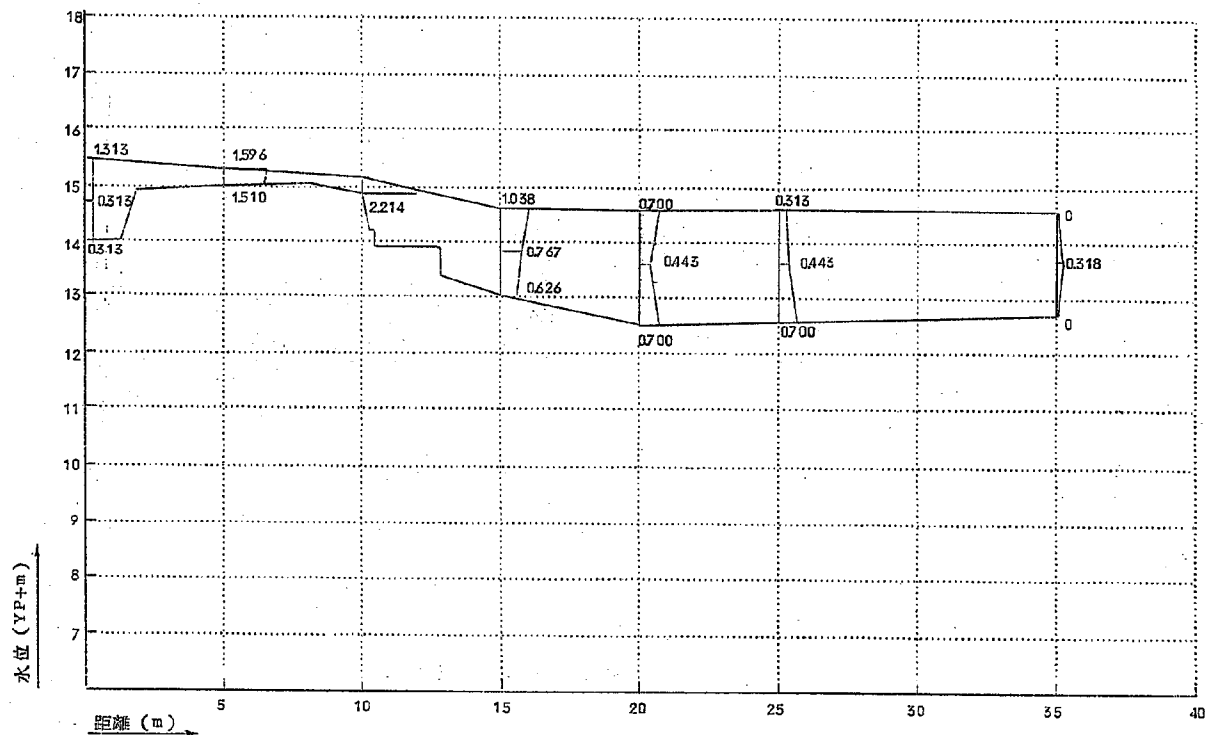


圖 25 C - C 流速分布圖

$Q = 450 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $v = 0.035$ )

流速箱尺  
0 1 2 3 4 5



流速縮尺

0 1 2 3 4 5

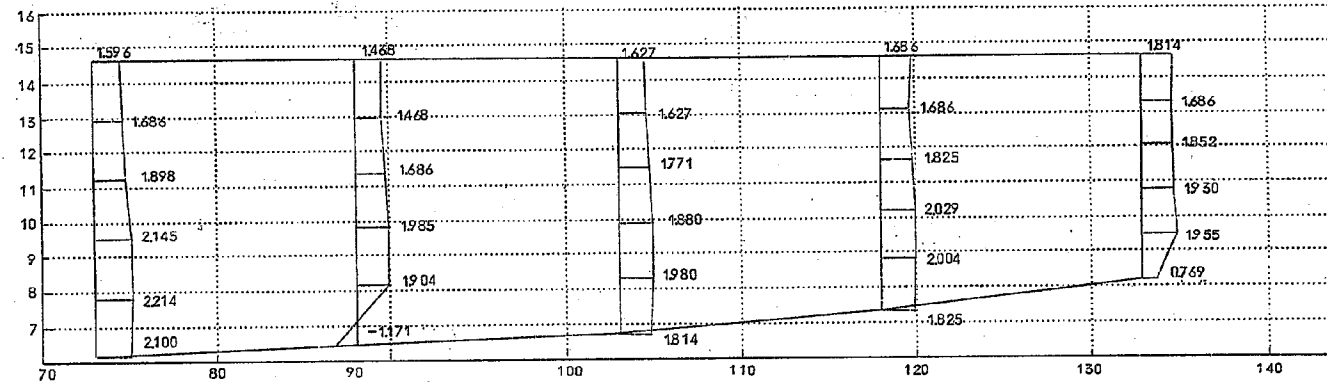


图 27 B - B 流速分布图

$Q=450 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $n=0.035$ )

流速标尺  
0 1 2 3 4 5

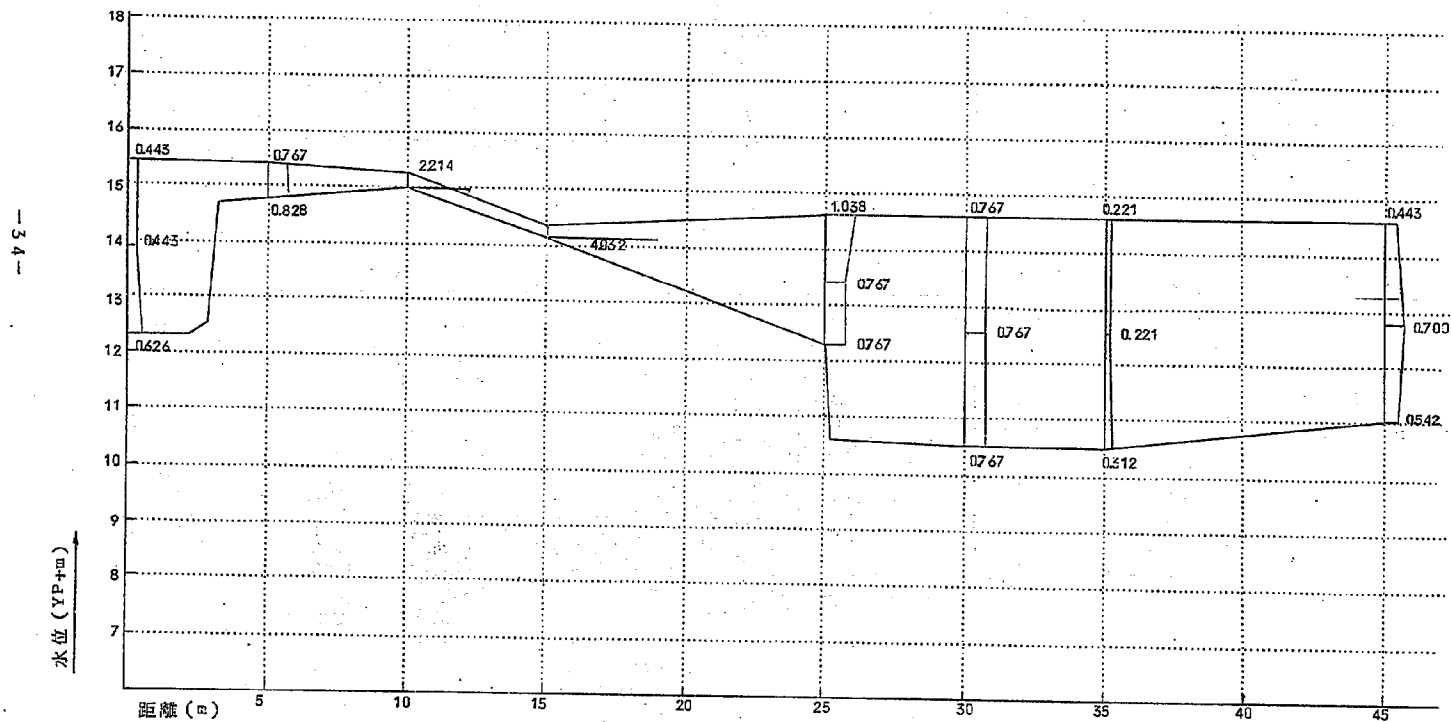


图 28 F-F 流速分布图

$$Q = 450 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.035)$$

流速缩尺

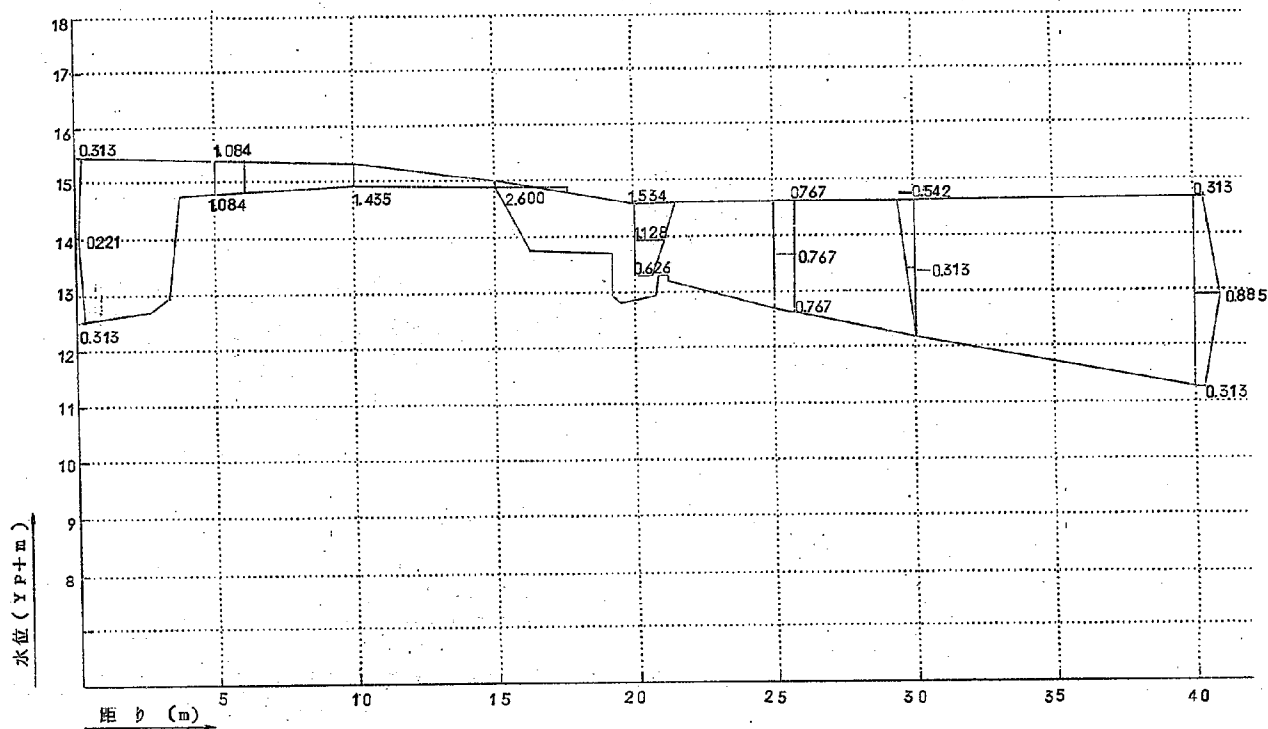
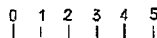


图 29 Q-Q 流速分布图

$$Q = 450 \text{ m}^3$$

$$(n=0.035)$$

流速缩尺

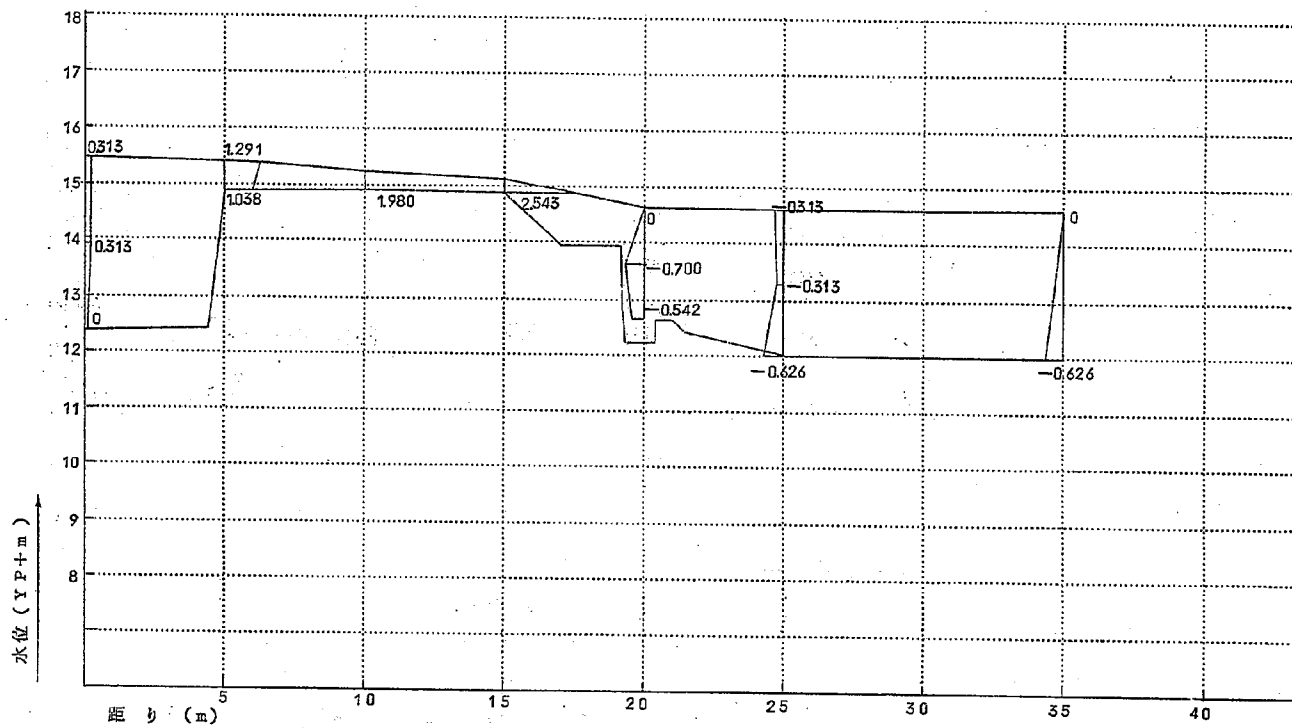
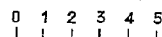


图 3 0 D-D 流 速 分 布 图

$Q = 350 \text{ m}^3$   
( $n = 0.035$ )

流 速 缩 尺

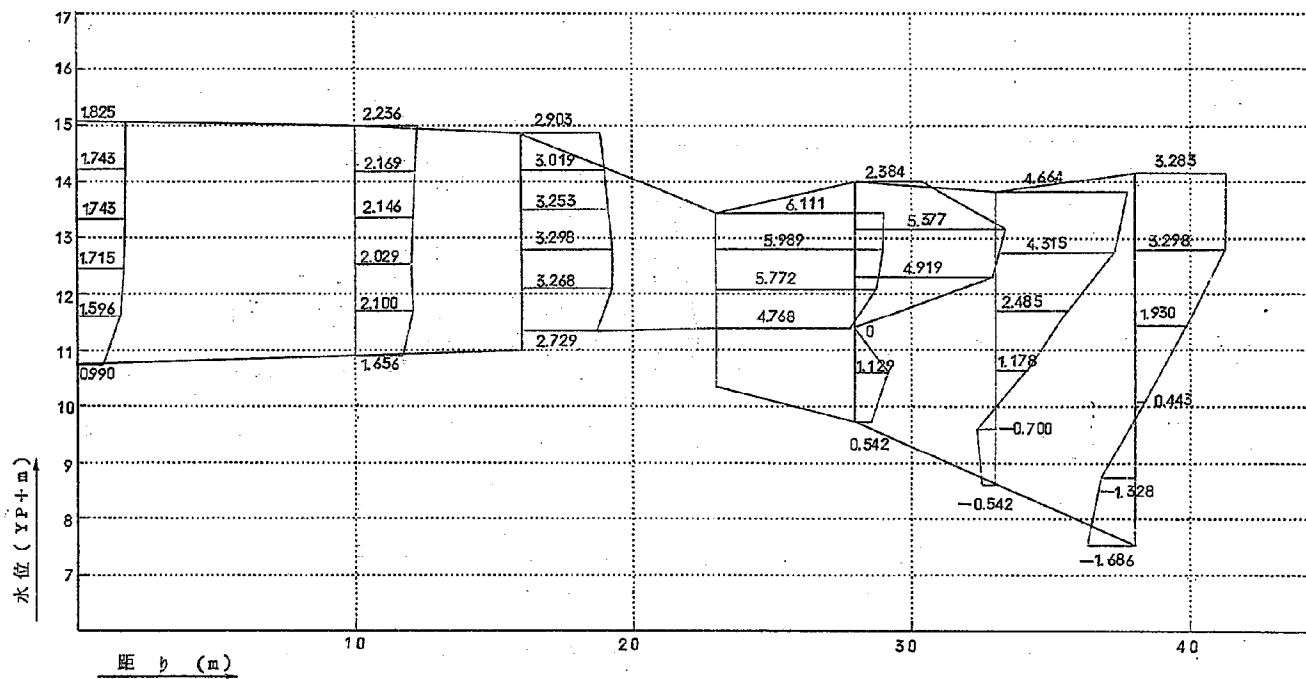
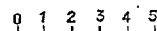


图 3 1 A - A 流 速 分 布 图

$$Q = 850 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

流速缩尺

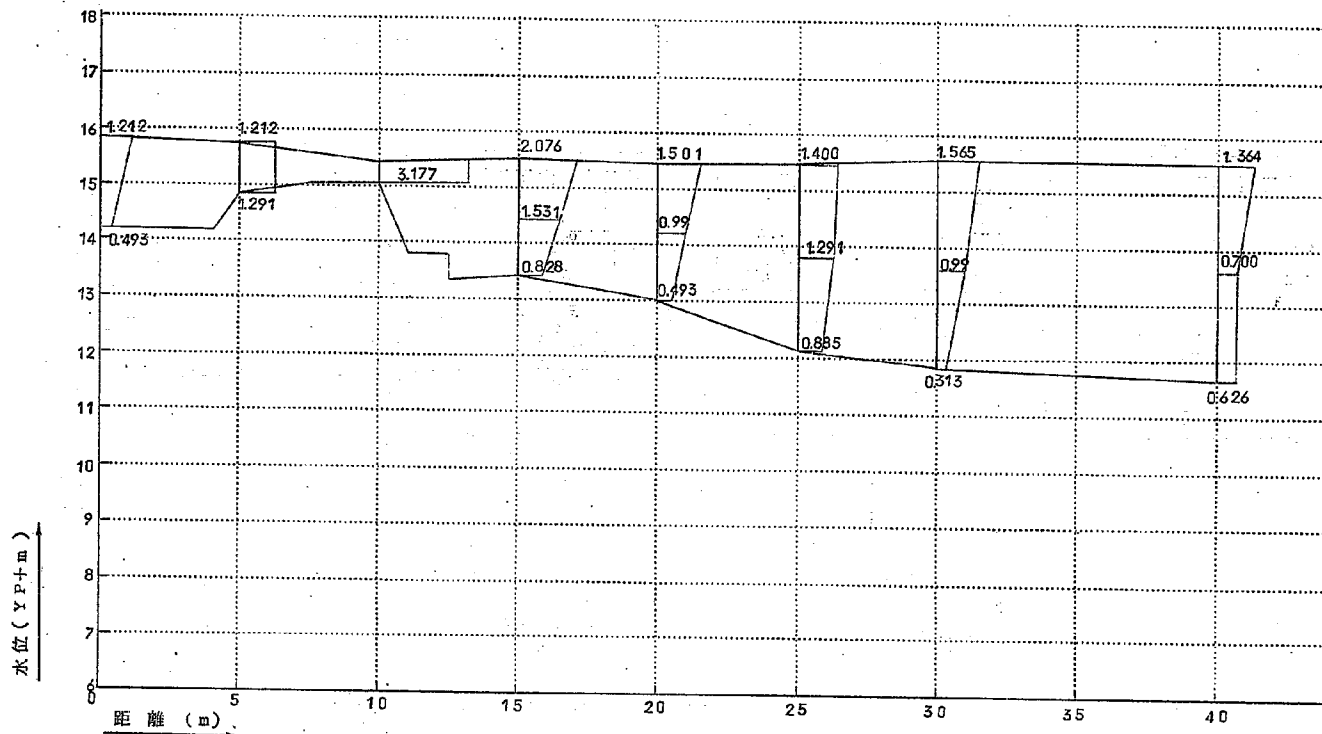
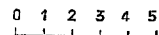


圖 3 2 B - B 流 速 分 布 圖

$Q = 650 \text{ m}^3$   
( $n = 0.030$ )

流 速 縮 尺

0 1 2 3 4 5 m

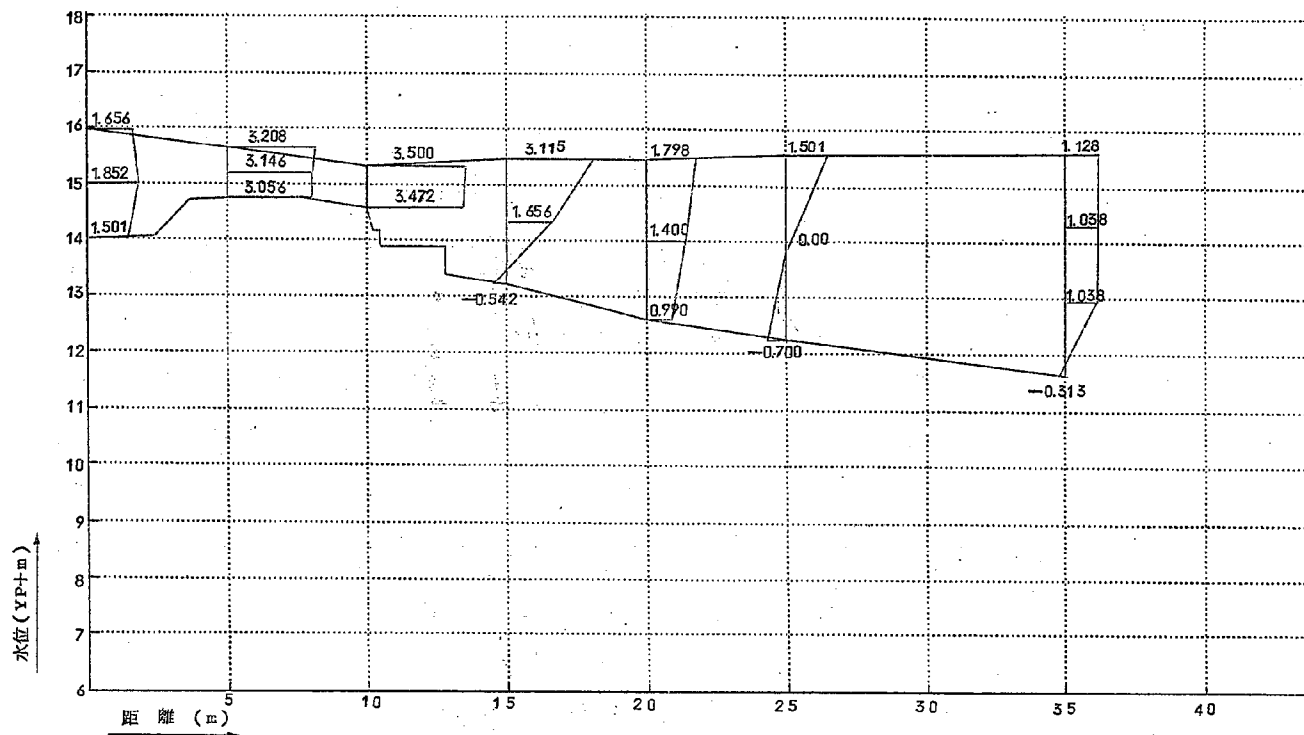


图 3 3 C - C 流 速 分 布 图

$Q = 850 \text{ m}^3$

( $n=0.030$ )

流 速 缩 尺

0 1 2 3 4 5 6 m

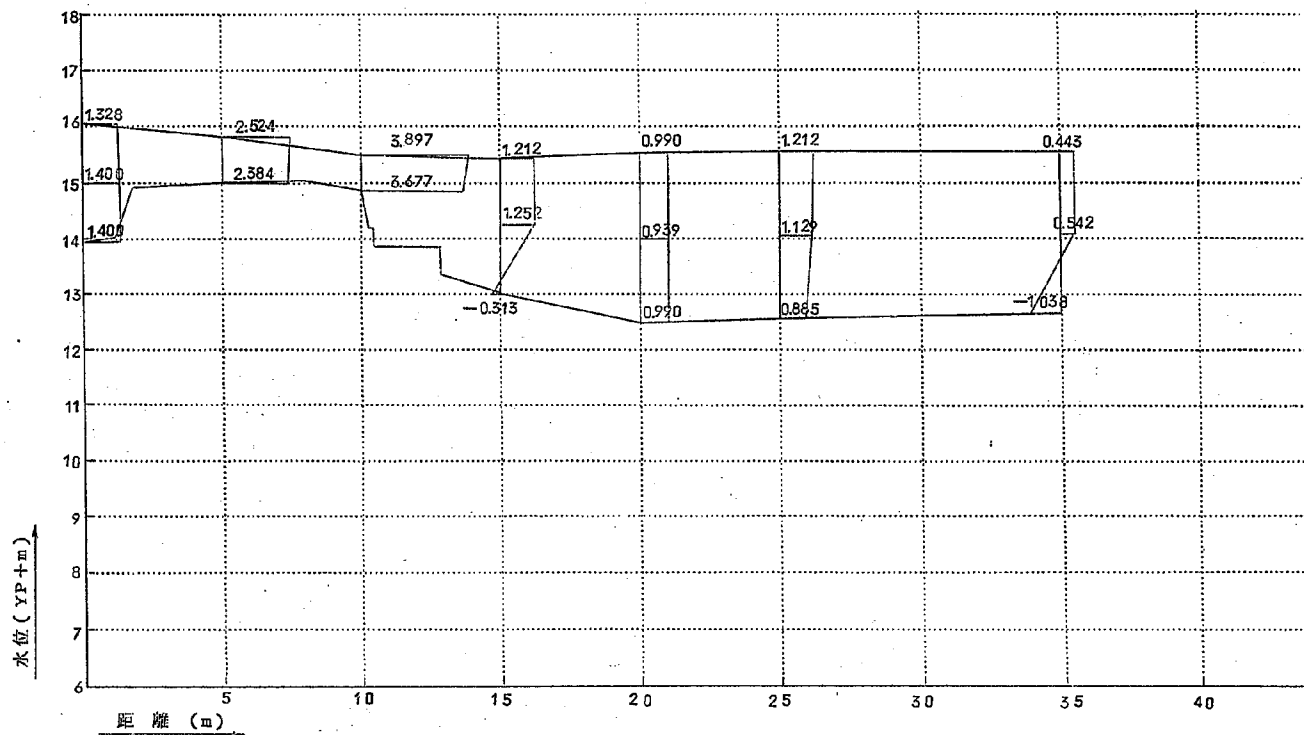


圖 3 4 D-D 流 速 圖

$Q = 850 \text{ m}^3$

( $n = 0.030$ )

流速縮尺

0 1 2 3 4 5 m

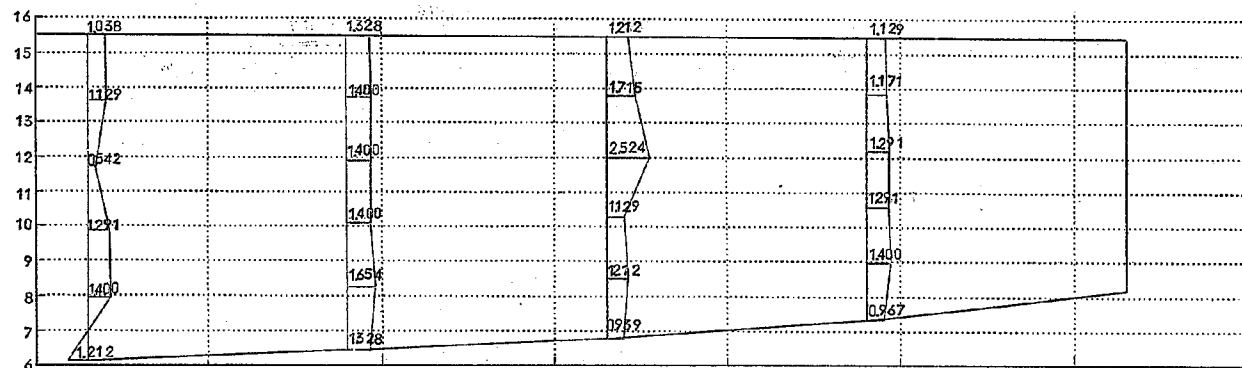
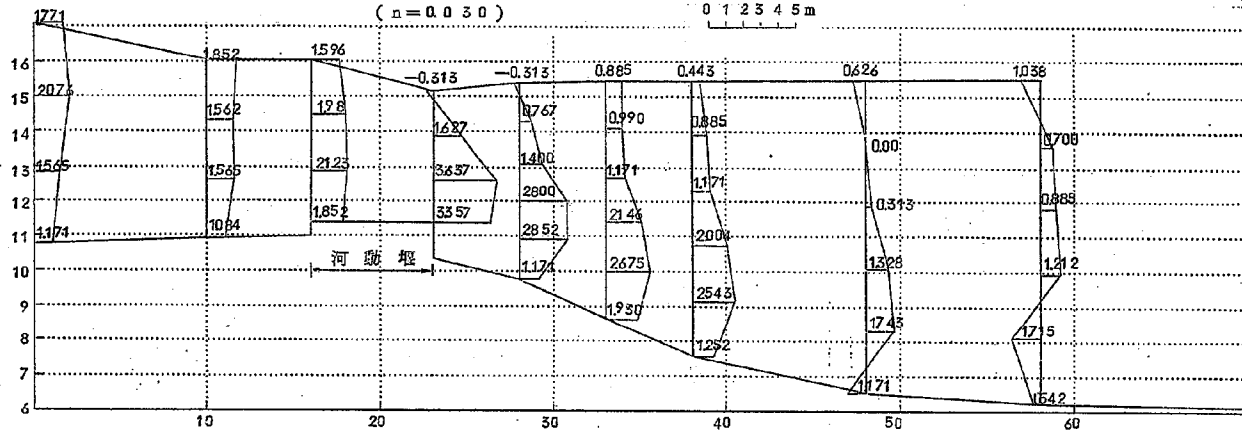


图 35 B—B 流速分布图

$Q = 850 \text{ m}^3$   
( $\Delta = 0.030$ )

流速缩尺

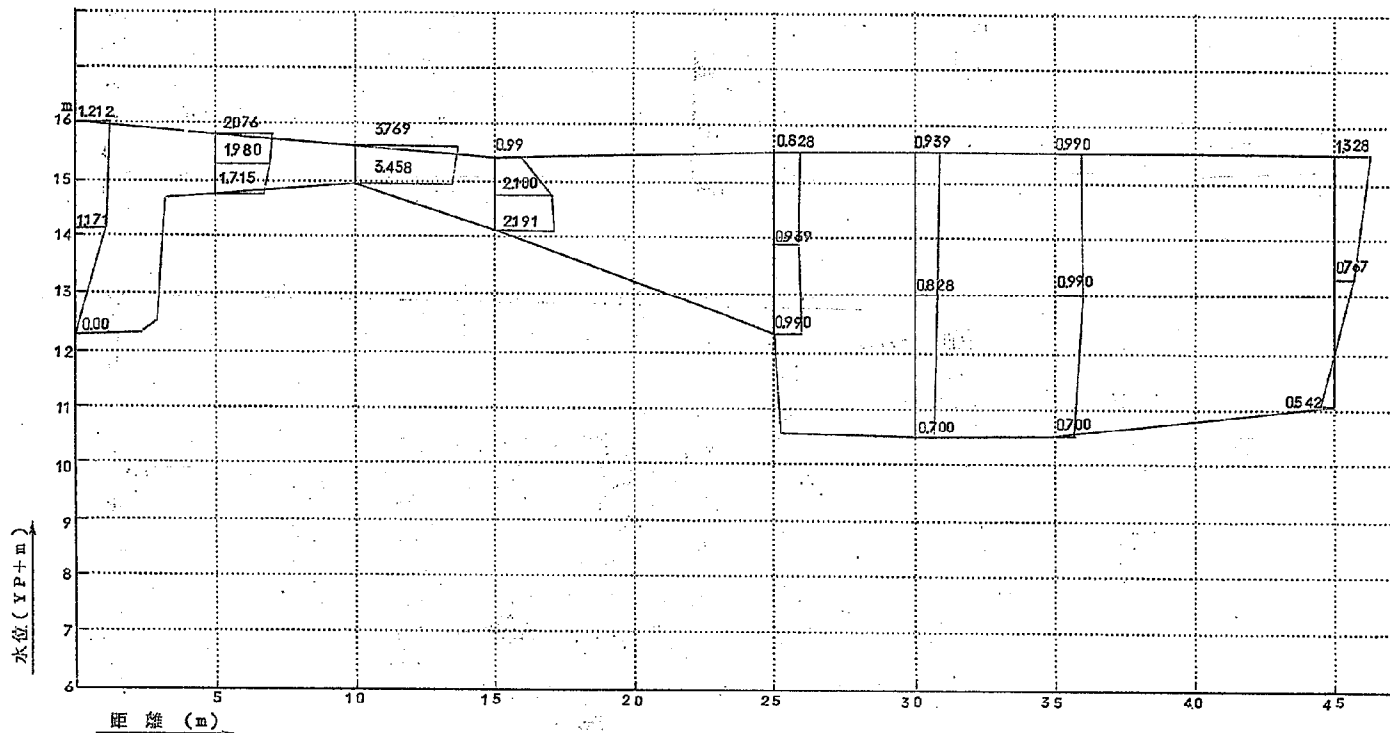
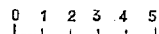


图 3 6 F - F 流 速 分 布 图

$$Q = 850 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

流 速 缩 尺

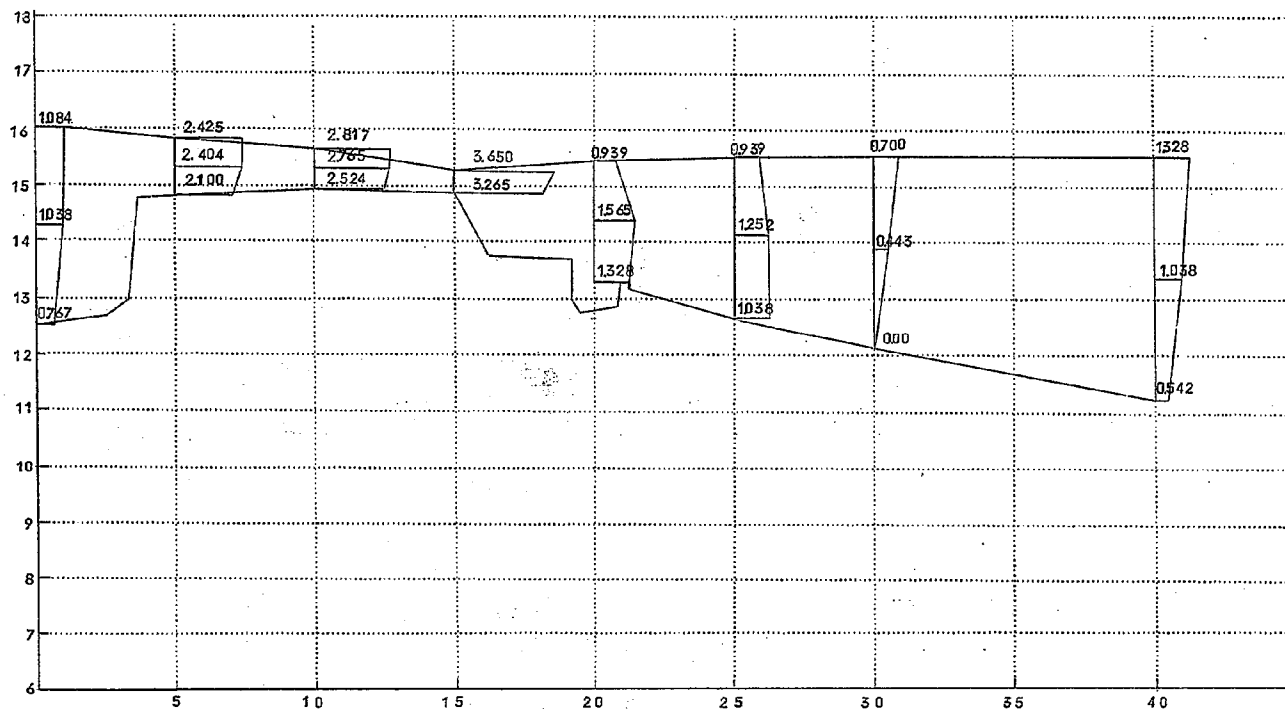
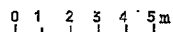


圖 3 7 G - G 流 速 分 布 圖

$$Q = 850 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

流 速 縮 尺

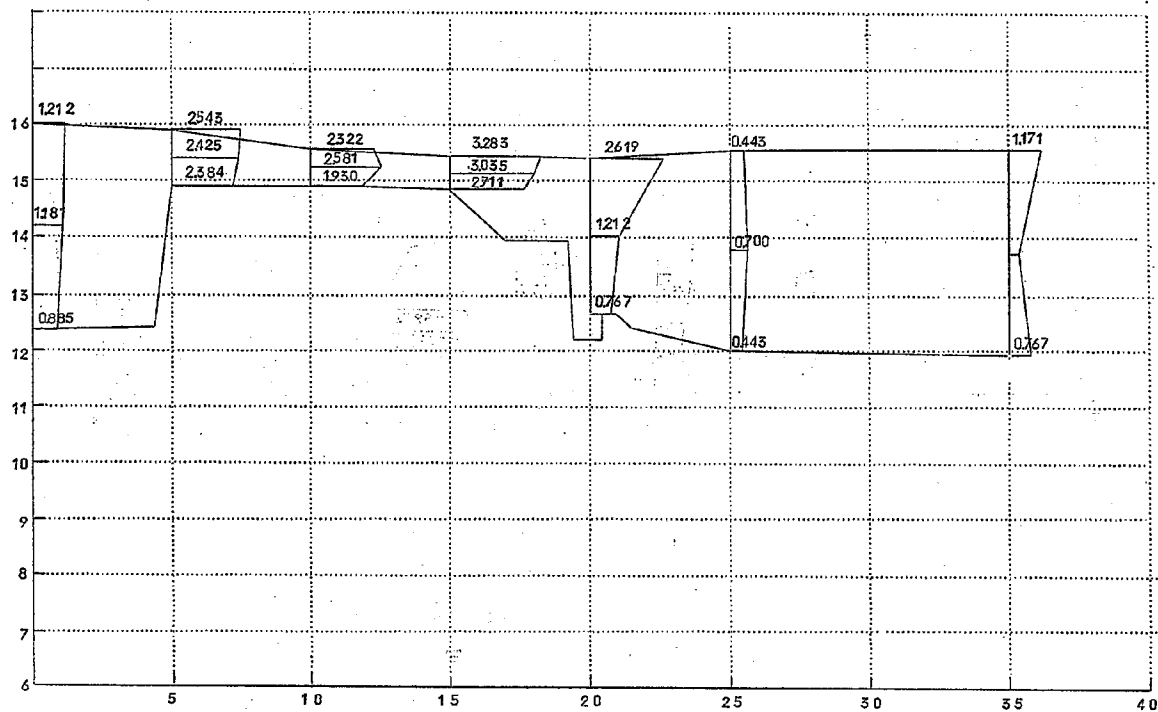
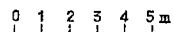


图-3.8 A-A 流速分布图

$$Q = 650 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

流速缩尺

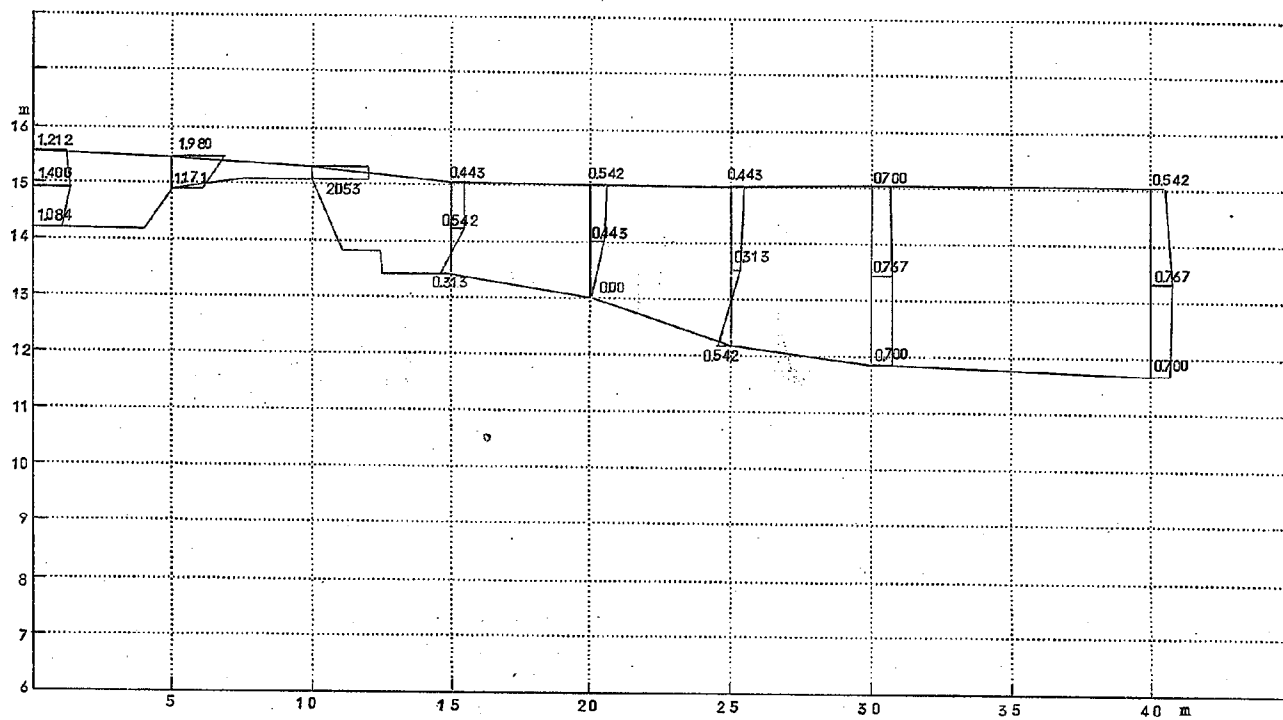
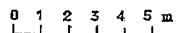


图 3 9 B—B 流 速 分 布 图

$Q = 650 \text{ m}$

(  $n = 0.030$  )

流速縮尺

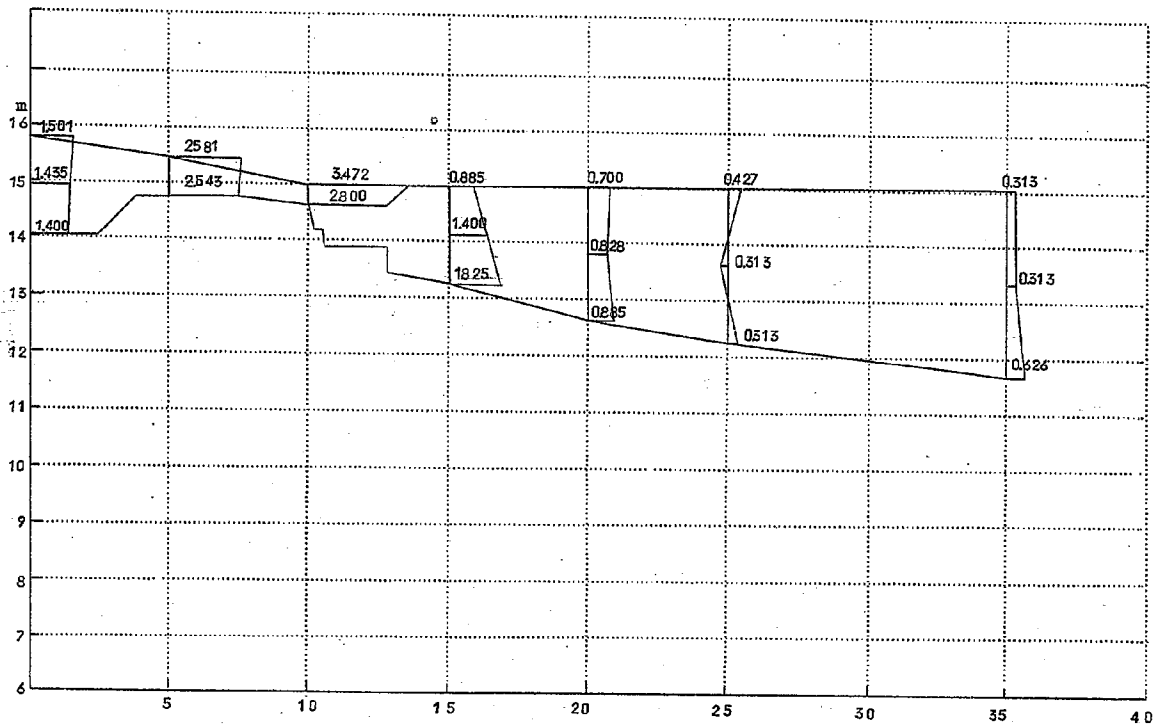
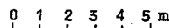


图 40 C-C 流速分布图

$$Q = 450 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

流速缩尺

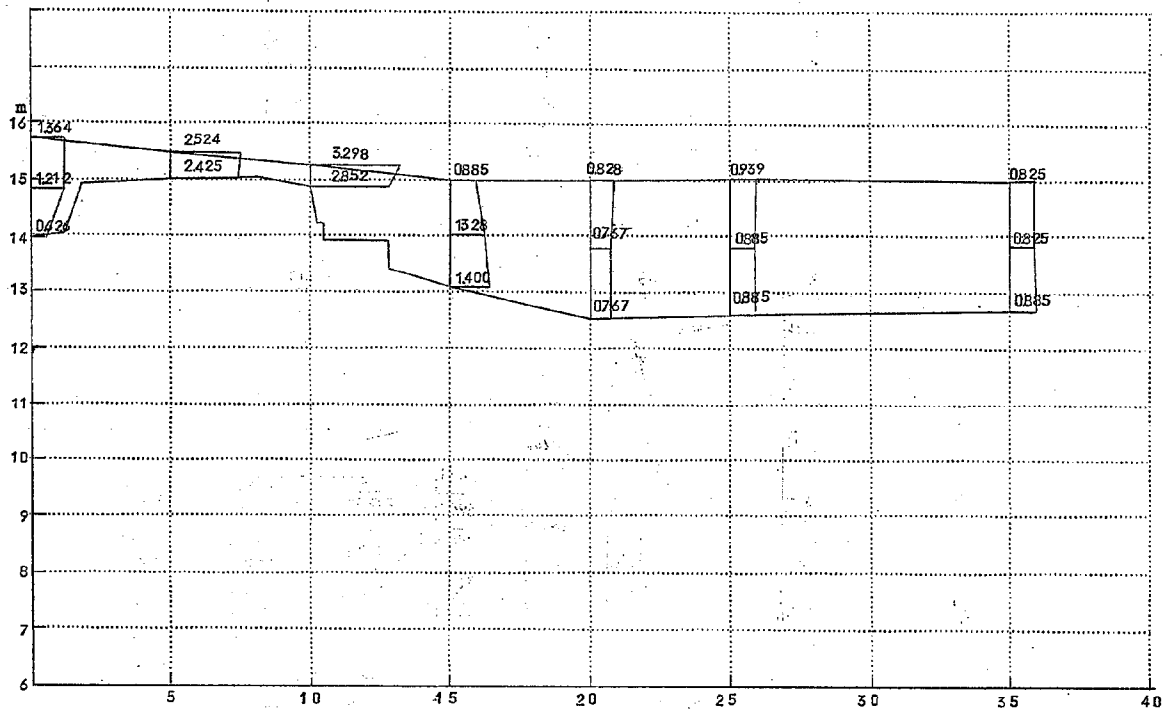
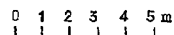


图 4-1 D-D 流速图

流速缩尺

$$Q = 650 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

0 1 2 3 4 5 m

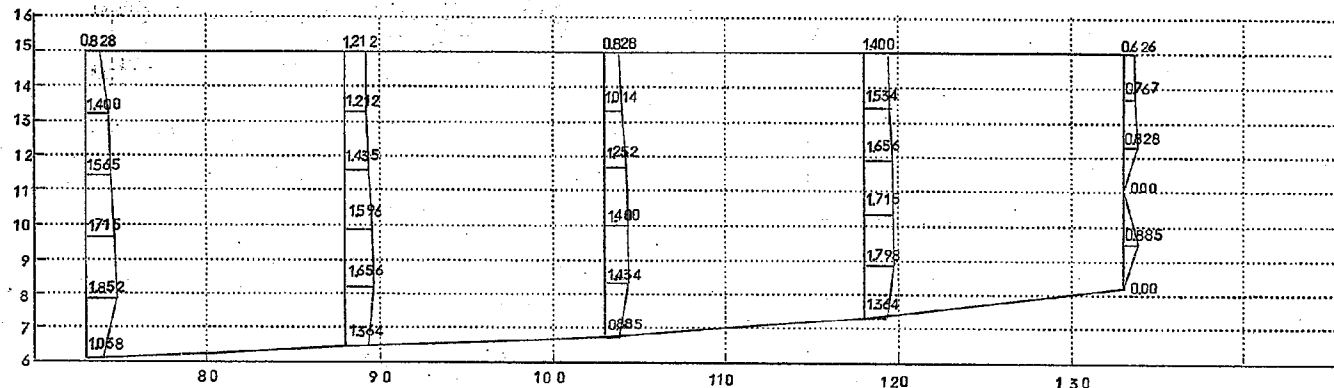
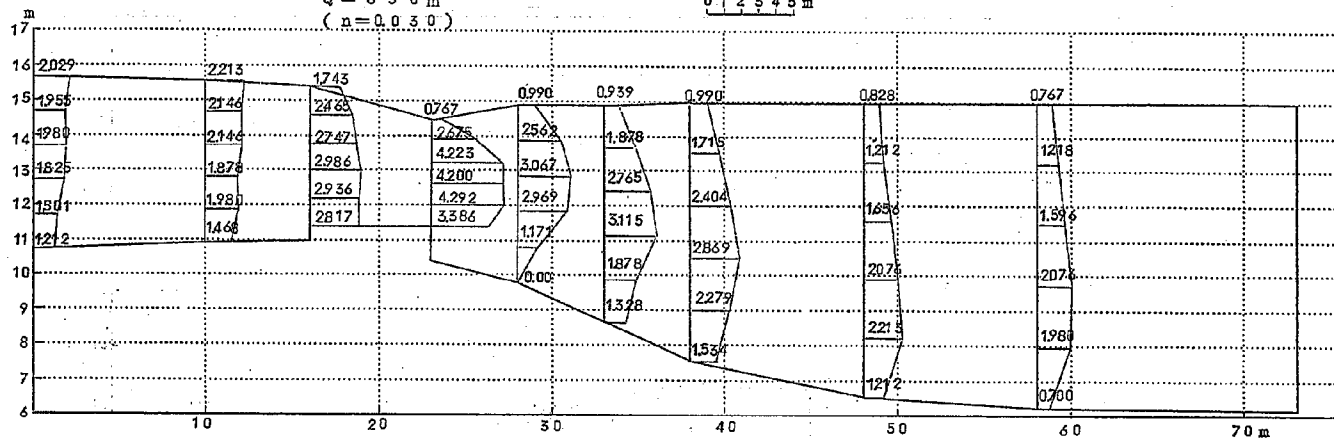


图 4 2 B-E 流速分布图

$$Q = 650 \text{ m}^3$$

$$(n=0.030)$$

流速缩尺

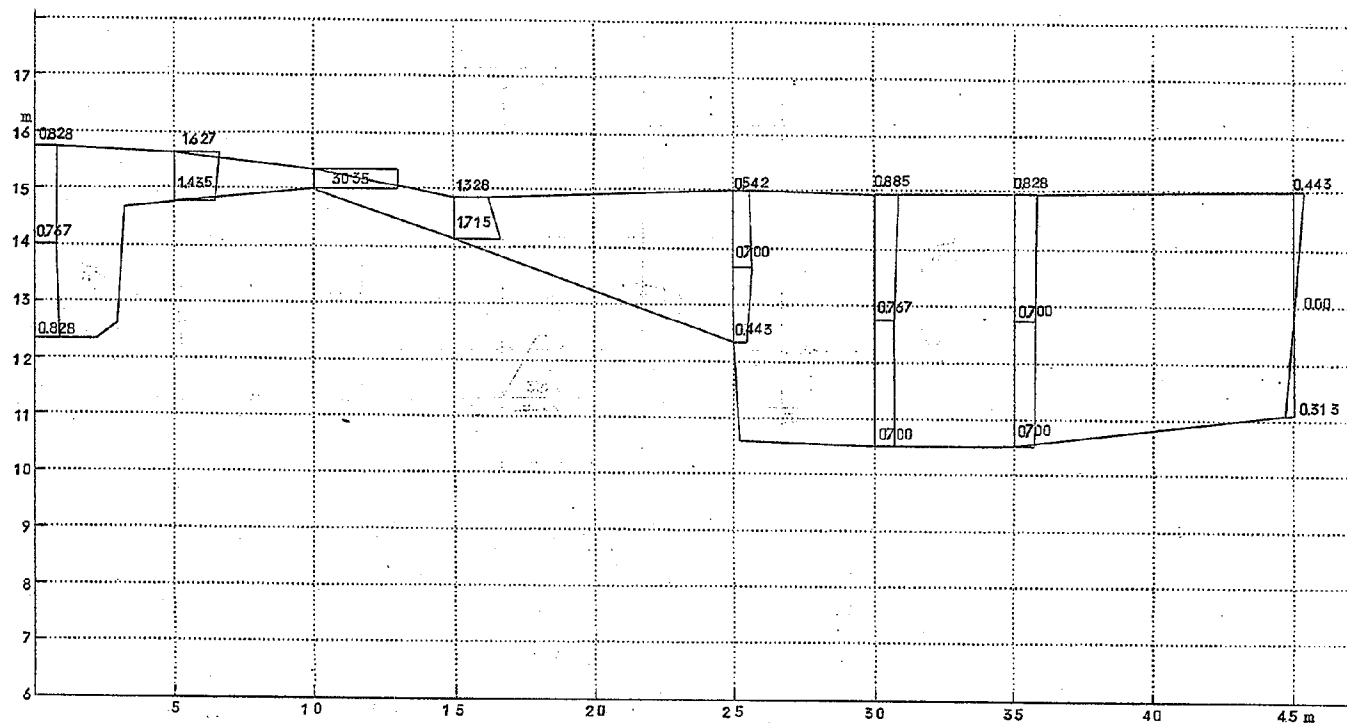
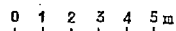


图 4-3 F-F 流速分布图

$Q = 650 \text{ m}^3$

( $n=0.030$ )

流速缩尺

0 1 2 3 4 5 m

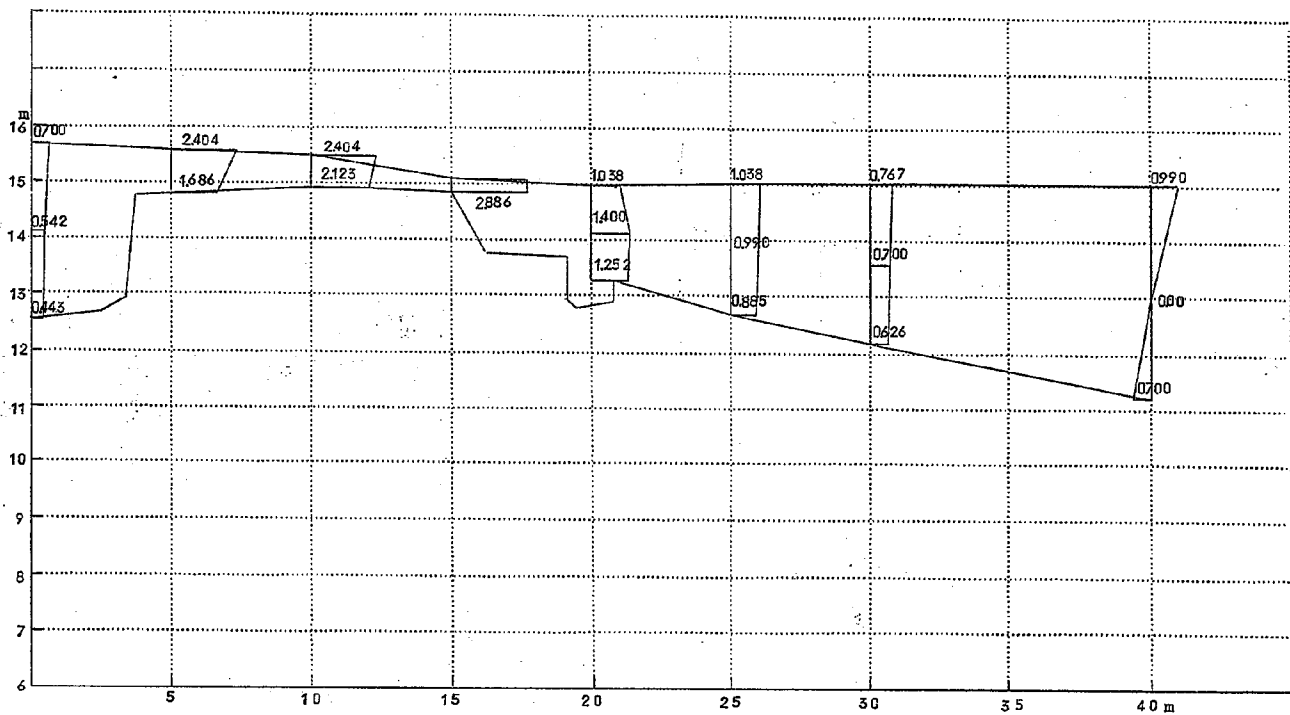


图 4.4 G-G 流速分布图

$$Q = 650 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.050)$$

流速缩尺

0 1 2 3 4 5 m

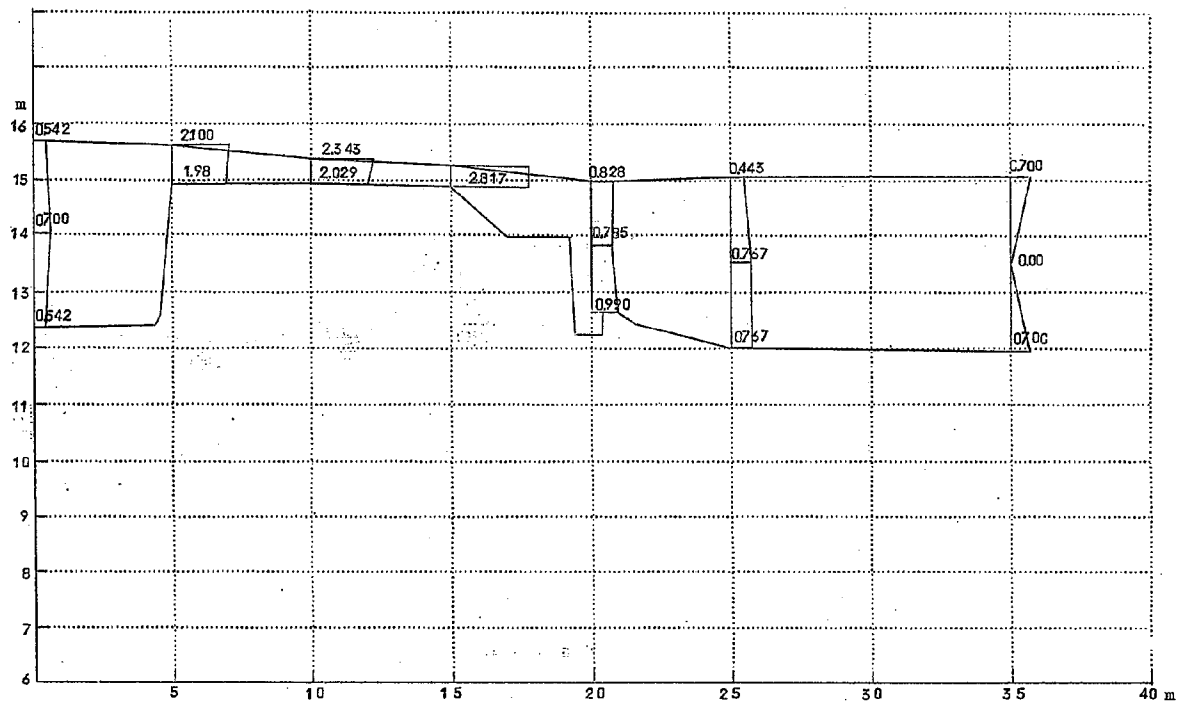


图 4 5 B - B 流 速 分 布 图

$$Q = 450 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(n = 0.030)$$

流速缩尺

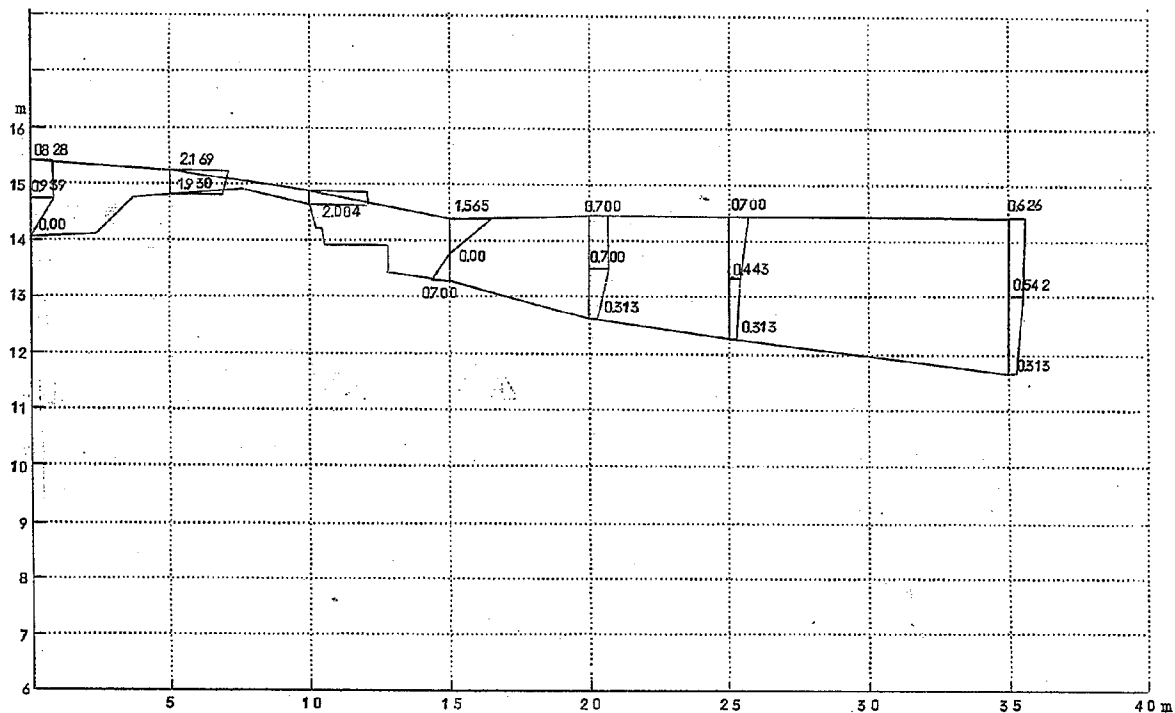
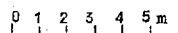


图 4 6 c - o 流 速 分 布 图

$$Q = 450 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

流 速 缩 尺

0 1 2 3 4 5 m

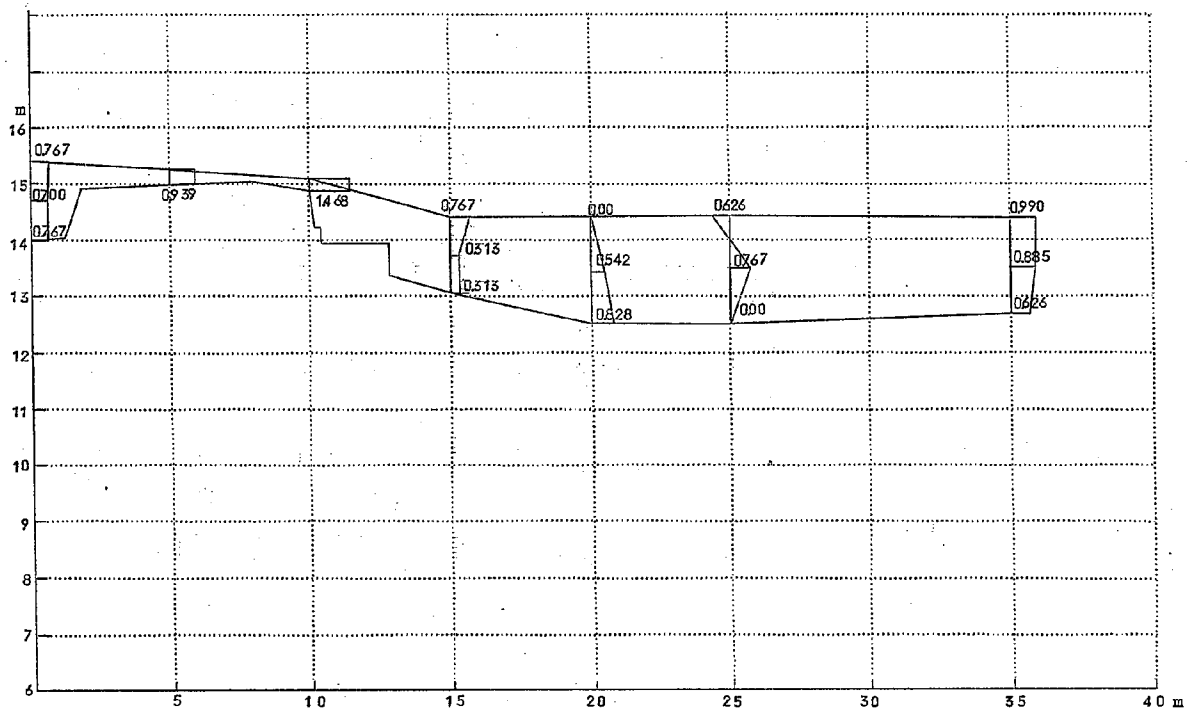


图 47  $Q = 450 m^3$   
( $n=0.035$ )

流速縮尺  
0 1 2 3 4 5

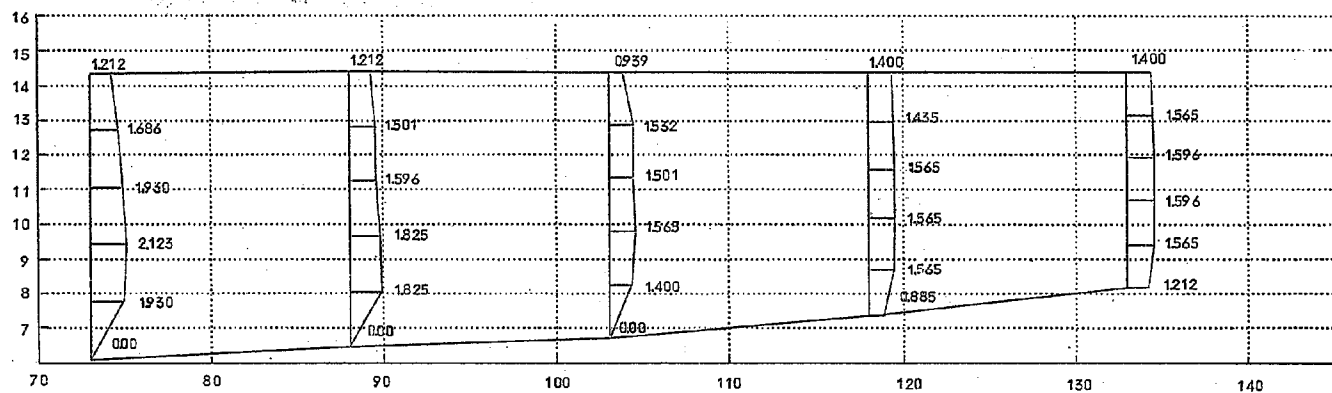
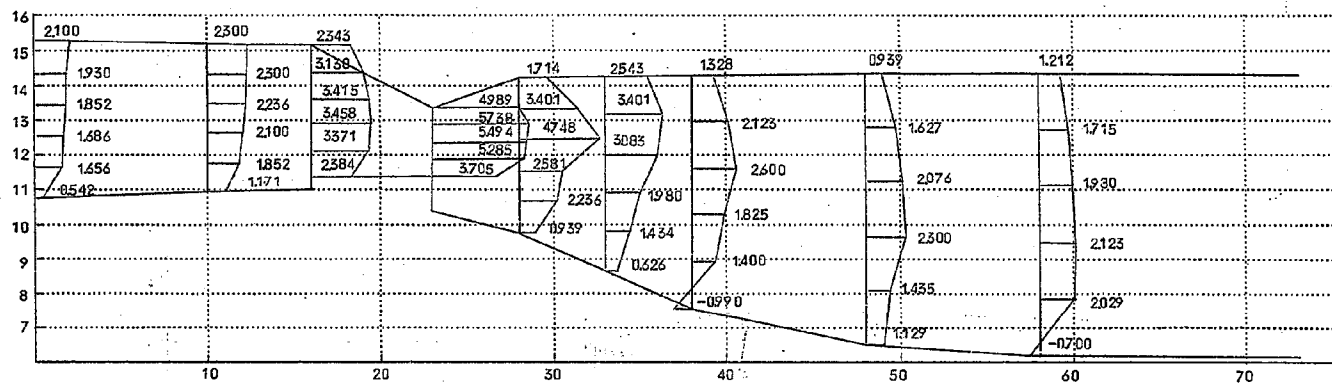


图 4.8 E-E 流速分布图

$$Q = 450 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

流速缩尺

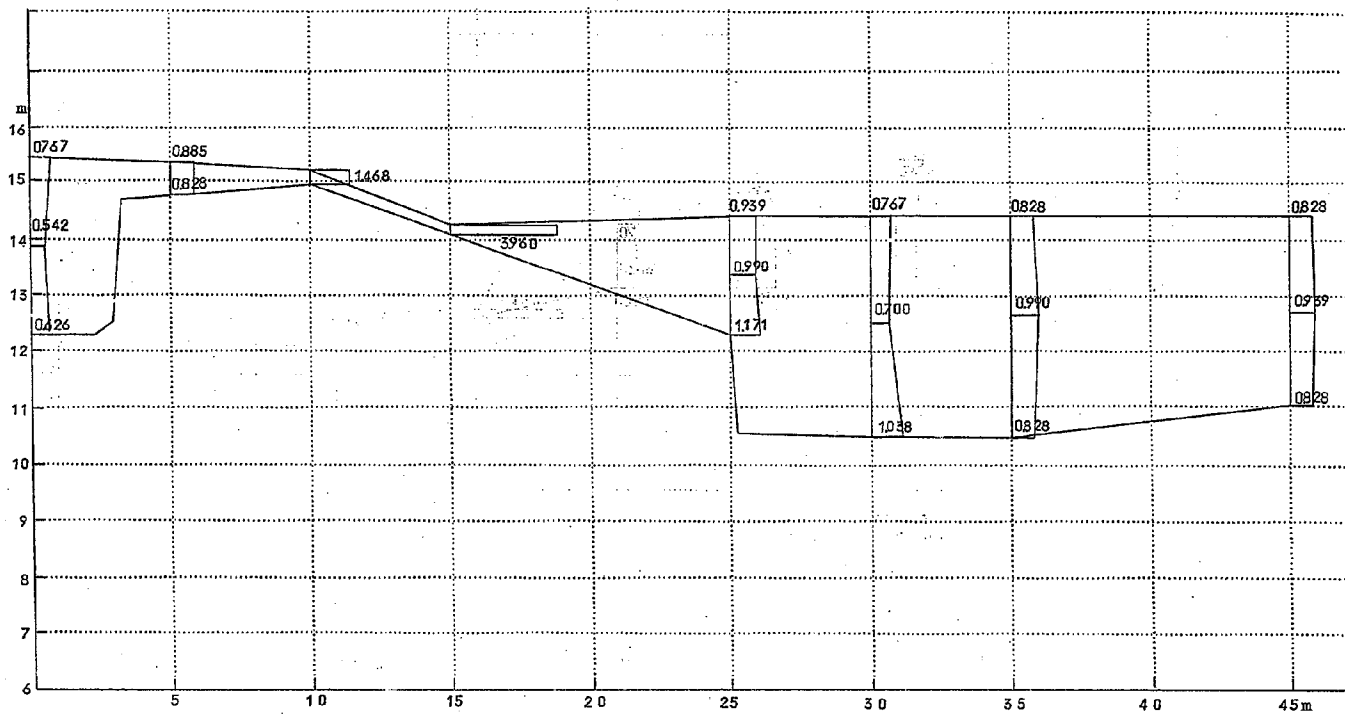
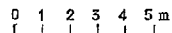


图 4 9 F - F 流 速 分 布 图

$$Q = 450 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

流 速 缩 尺

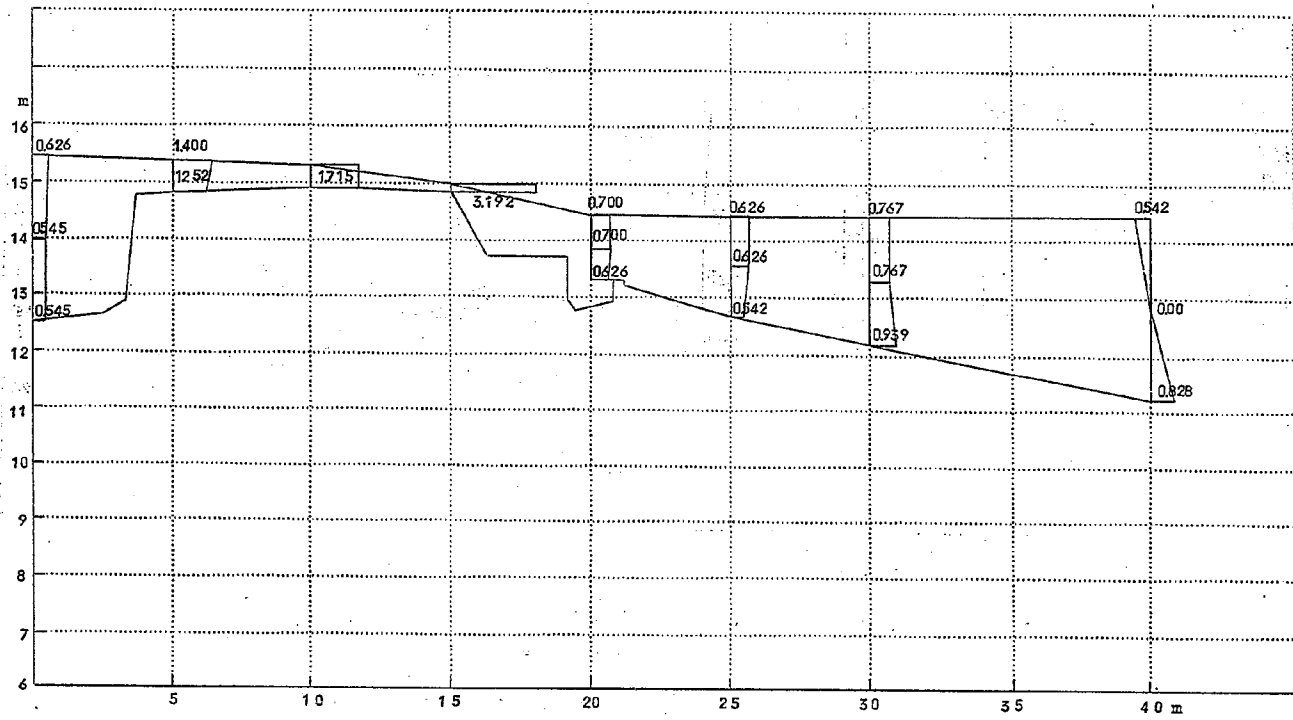
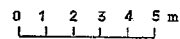


图 5.0 Q-G 流速分布图

$$Q = 450 \text{ m}^3$$

$$(n = 0.030)$$

流速标尺

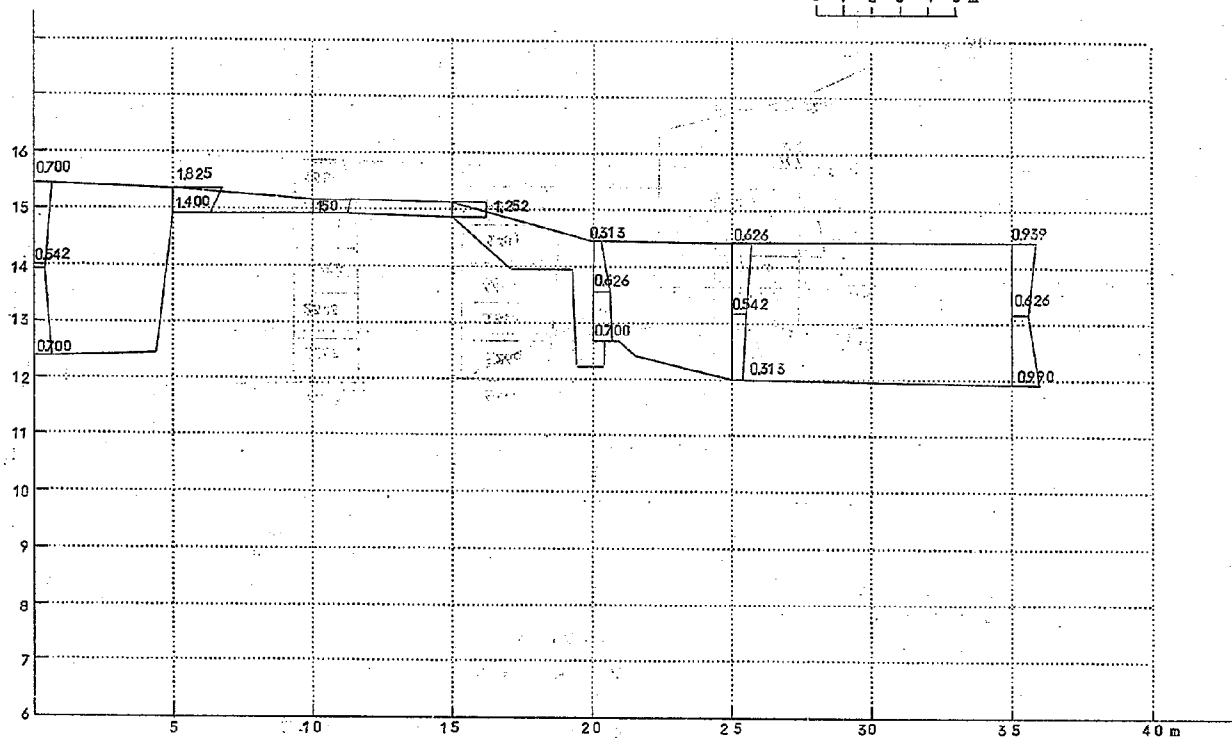
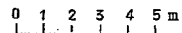


图 5 1 D - D 流 速 图

$Q = 350 \text{ m}^3$

( $\alpha = 0.030$ )

流速缩尺

0 1 2 3 4 5 m

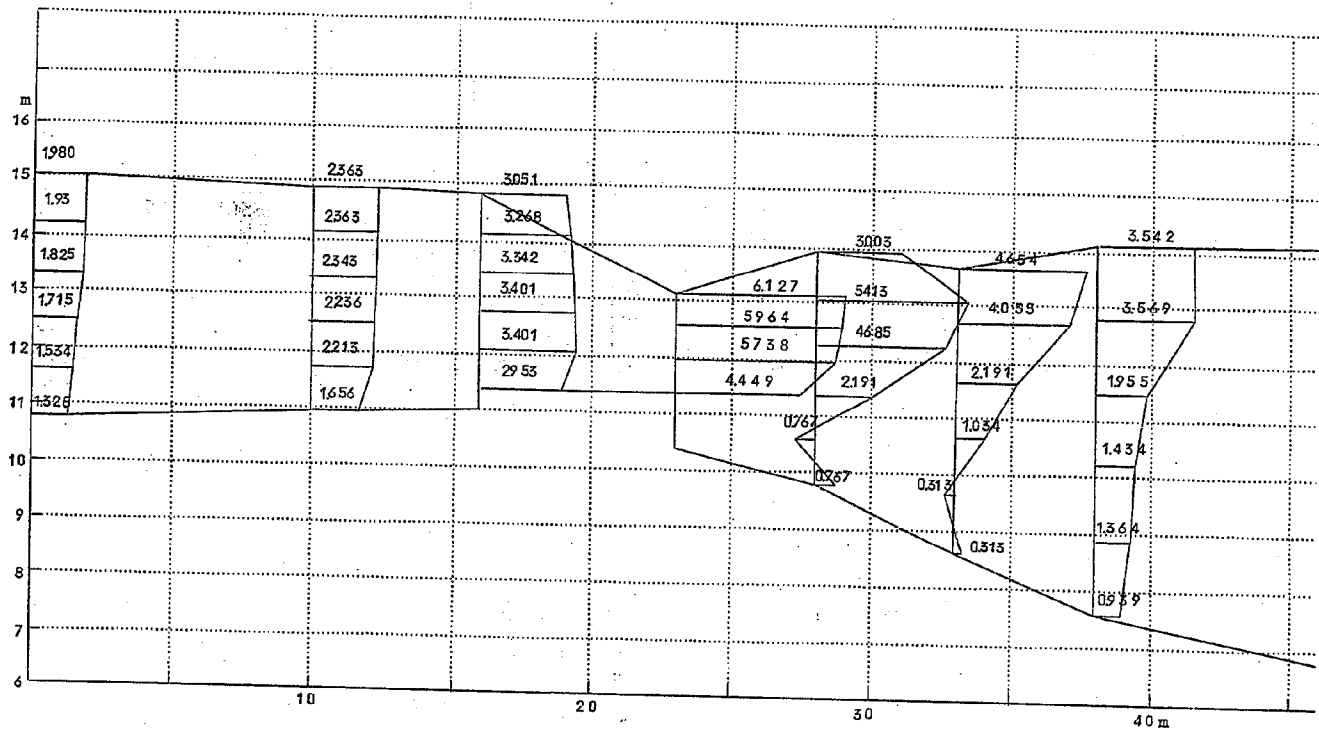
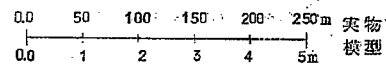


図 5 2 流 跡 線 ス ケ ッ チ 図

福 岡 堰 地 点

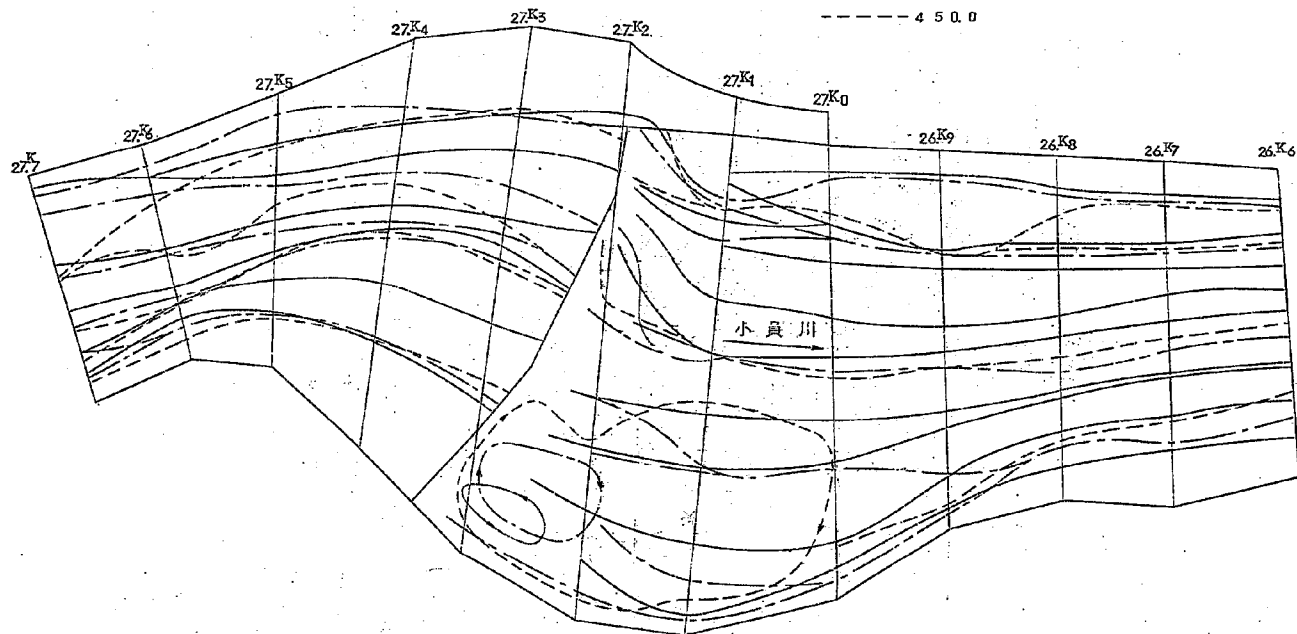


流 跡 線 流量 ( $m^3/sec$ )

— 8 5 0.0

— 6 5 0.0

- - - 4 5 0.0



## 〔6〕計画堰に関する実験

### (1) 実験流量

現状実験と同様  $Q = 850 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $Q = 650 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $Q = 450 \text{ m}^3/\text{sec}$  の3種類である。

### (2) 水位

水位測定結果は図54に示すとおりで、 $n = 0.035$  及び  $n = 0.030$  の場合、いずれも計画高水位以下で安全である。模型区域内で最も計画高水位に接近している  $n = 0.035$  で  $Q = 850 \text{ m}^3/\text{sec}$  の実験水位は次のとおりで、これは可動堰の全水門を全開したときのものである。

表-6 実験水位表

|           | 25.8 <sup>Km</sup> | 26.0  | 26.2  | 26.4  | 26.6  | 26.8  | 27.0  |
|-----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (A) 計画高水位 | 16090              | 16136 | 16182 | 16241 | 16291 | 16342 | 16380 |
| (B) 実験水位  | 15870              | 15117 | 15935 | 15946 | 15970 | 15970 | —     |
| (A) - (B) | 0220               | 0219  | 0247  | 0295  | 0327  | 0372  | —     |
|           | 27.2 <sup>Km</sup> | 27.4  | 27.6  | 27.8  |       |       |       |
| (A) 計画高水位 | 16421              | 16467 | 16524 | 16579 |       |       |       |
| (B) 実験水位  | 16074              | 16066 | 16084 | 16104 |       |       |       |
| (A) - (B) | 0347               | 0401  | 0440  | 0475  |       |       |       |

前述の図及び表でみられるとおり、いずれの場合でも堰上端流よりの流入により堰下流端では水面低下の現象が表われている。又堰上、下流端の落差は、 $Q = 850 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $n = 0.035$ ) で  $8 \text{ cm}$ ,  $Q = 450 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $n = 0.030$ ) で  $23 \text{ cm}$  である。

固定堰を溢流するのは、可動堰の全水門を全開した場合、 $Q = 520 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $n = 0.030$ ) 以上の流量である。

堰の上流では、現状で低水路に相当するものが小さかったのに比して、計画では低水路を作ったことによって、水面勾配が著しく小さくなっている。これは低水路を作ったことにより  $27.4 \text{ Km}$  から上流側は流量の大半が低水路を流れるようになったためである。反面堰下流は低水路を作ったことによる、水面勾配の変化が見られなかったのは、断面漸縮によるヤキ上げが影響しているものである。

### (3) 流速

流速測定結果は図57~86に示したとおりであり、固定堰の下流端では河床流は小さい。測定は堰についてのみ行なったが、各測定での流量の変化に伴う最高流速は次表のとおりである。

この表に於ける流速測定位置は平面的には堰頂すなわち27.0Kmの線上である。上述の図及び表で見られるとおり固定堰においては、流量の増加、及び下流端水位の低い程流速が増す。すなわち $Q=850\text{ m}^3/\text{sec}$  ( $n=0.030$ ) で最高である。可動堰に於ては $Q=650\text{ m}^3/\text{sec}$  ( $n=0.030$ ) で最大流速が見られた。しかし流量の変化に伴う流速の変化は小さく、ほぼ一定であるとみてさしつかえない。一方、現状実験で現われたような河床附近で最大流速の現われる、底面に沿った流れは見られなかった。

#### (4) その他

固定堰下流端には、低い副ダムを設けて、エネルギーを減殺して河床の安定をはかるようにしてあるが、可動堰の全水門を全開した場合はその機能を發揮しない。その理由は堰の下流に滞水して固定堰頂、 $YP+14.9\text{ m}$ 、にほぼ等しくなってから溢流するからである。従って、副ダムがその機能を發揮するのは、①洪水時に水門を閉めてある場合か、水門の開度不足のとき、或は②急激な出水で下流端が滞水不足の場合が考えられる。②の場合を想定して流量を0から急激に $850\text{ m}^3/\text{sec}$ に増大させる実験を行なったがその機能を發揮するまでにいたらなかった。

表-7 実験最高流速表

| 流速<br>粗度<br>$Q=850\text{ m}^3/\text{sec}$ | $n=0.035$ | $n=0.030$ | 摘 要  |
|-------------------------------------------|-----------|-----------|------|
| 右岸より                                      |           |           |      |
| A                                         | 2.00      | 2.69      | 固定堰  |
| B                                         | 2.12      | 2.43      | "    |
| C                                         | 1.85      | 2.62      | 可動堰  |
| D                                         | 2.08      | 2.64      | "    |
| E                                         | 1.93      | 2.43      | "    |
| F                                         | 2.08      | 2.64      | 固定堰  |
| $Q=650\text{ m}^3/\text{sec}$             |           |           |      |
| A                                         | 2.00      | 1.80      |      |
| B                                         | 1.63      | 0.89      |      |
| C                                         | 2.34      | 2.76      |      |
| D                                         | 2.24      | 2.80      |      |
| E                                         | 2.15      | 2.56      |      |
| F                                         | 2.43      | 2.10      |      |
| $Q=450\text{ m}^3/\text{sec}$             |           |           |      |
| A                                         | —         | —         | 溢流せず |
| B                                         | —         | —         | "    |
| C                                         | 2.32      | 2.43      |      |
| D                                         | 2.30      | 2.69      |      |
| E                                         | 2.21      | 2.24      |      |
| F                                         | —         | —         | 溢流せず |

図53 小貝川福岡堰実験模型図

$S = 1/10,000$

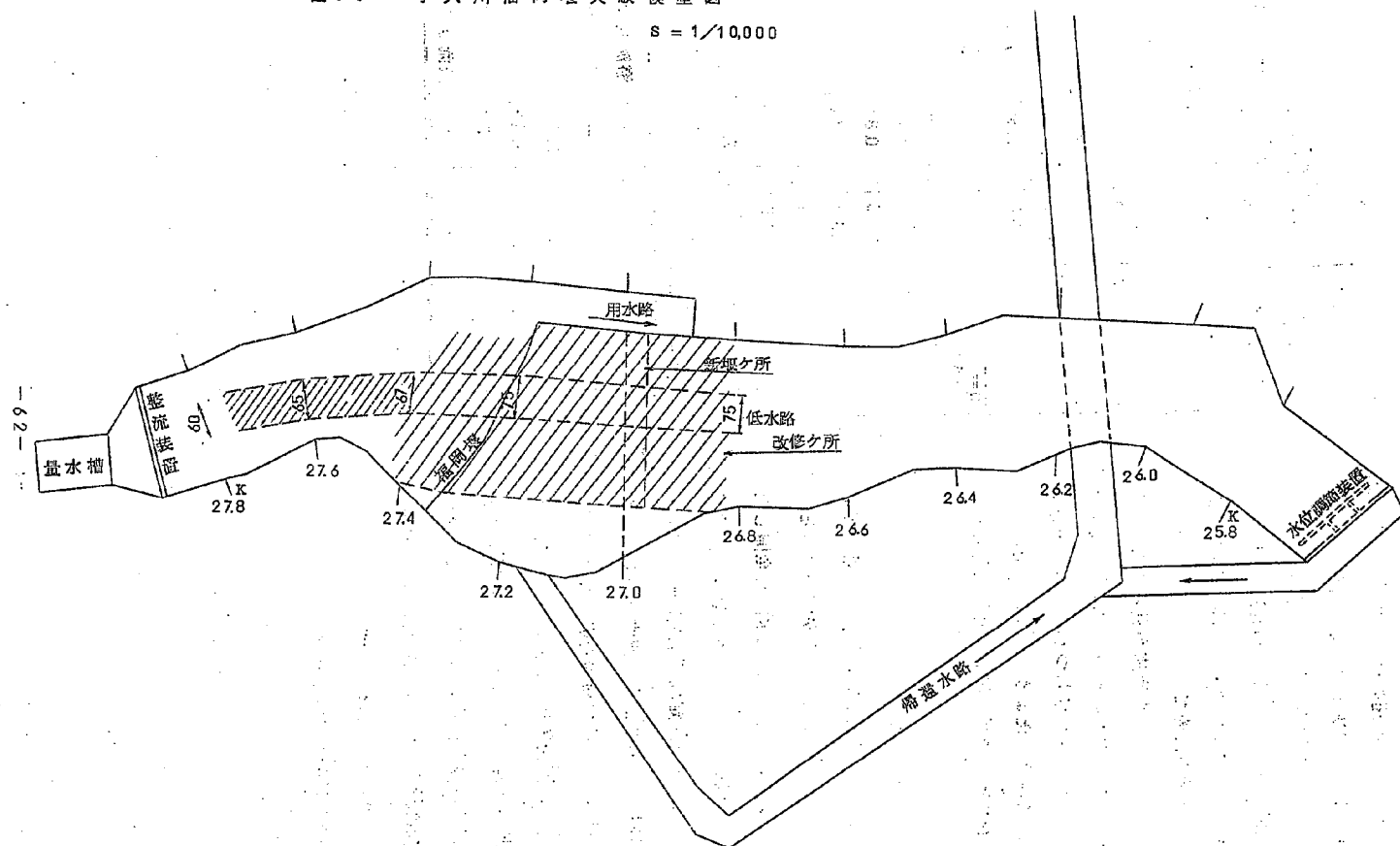


図 5.4 小貝川水位縦断面図（堰改築後）

可動堰全水門全開

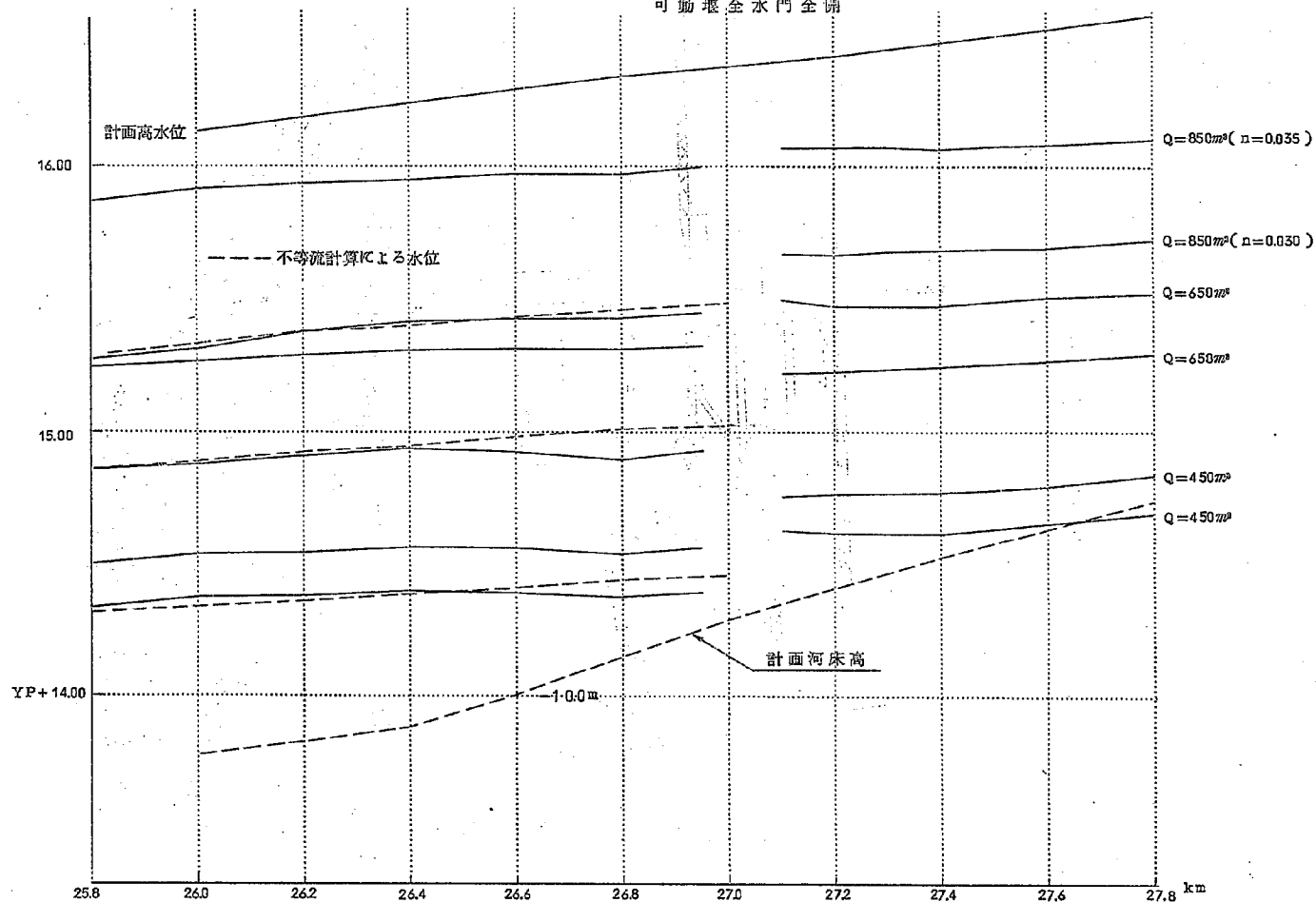


图 5 5 新福阿堰流速测定位置图

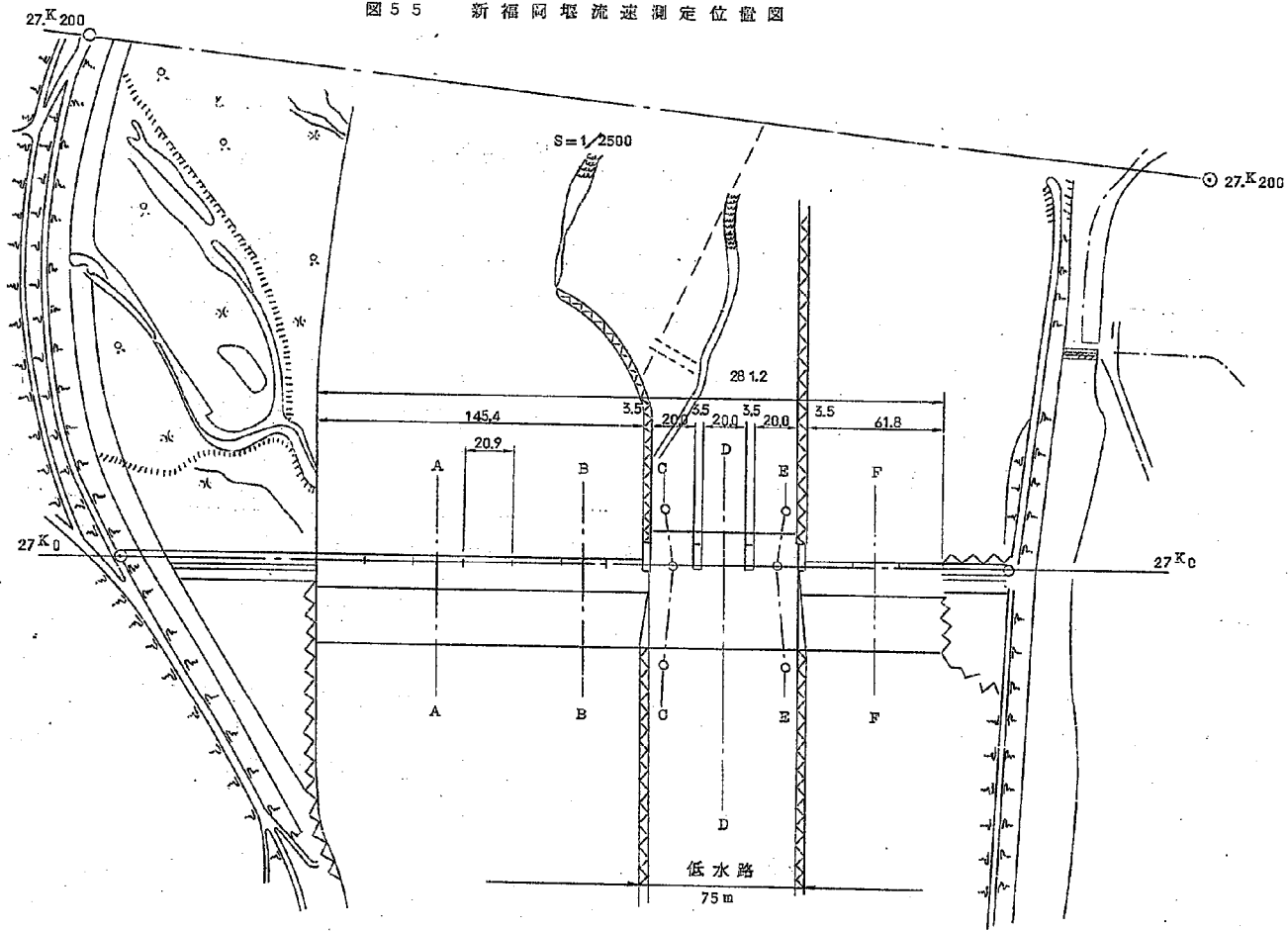


図 5 6 橋脚平面および側面図

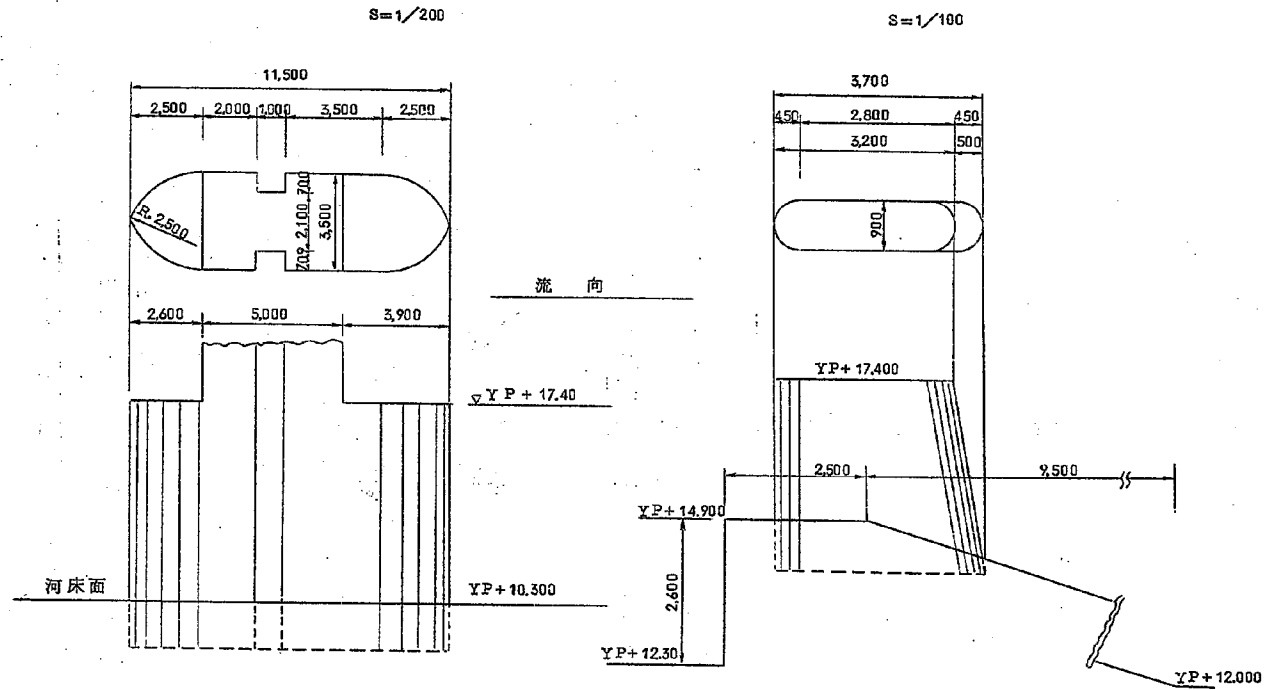


图 5 7 A — A 流 速 分 布 图

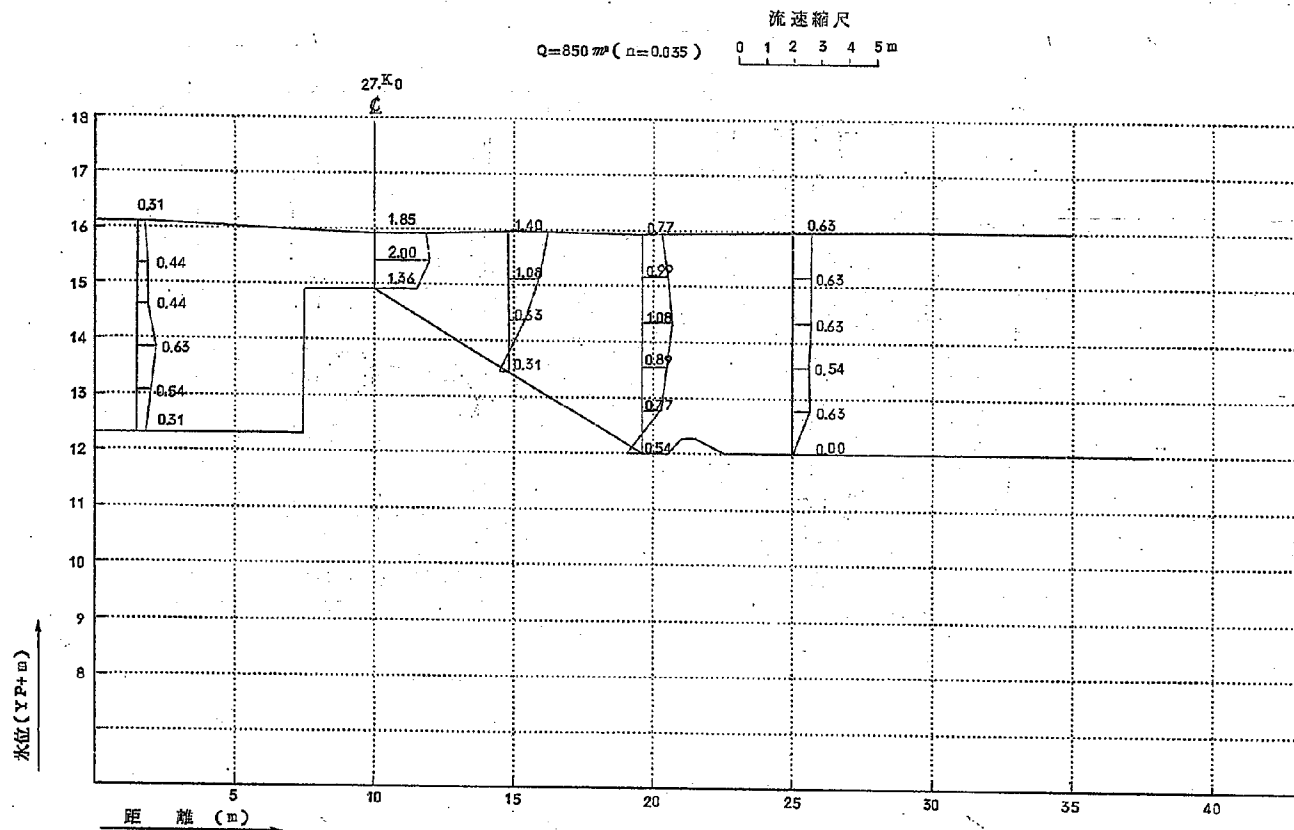


图 5 8 B — B 流 速 图

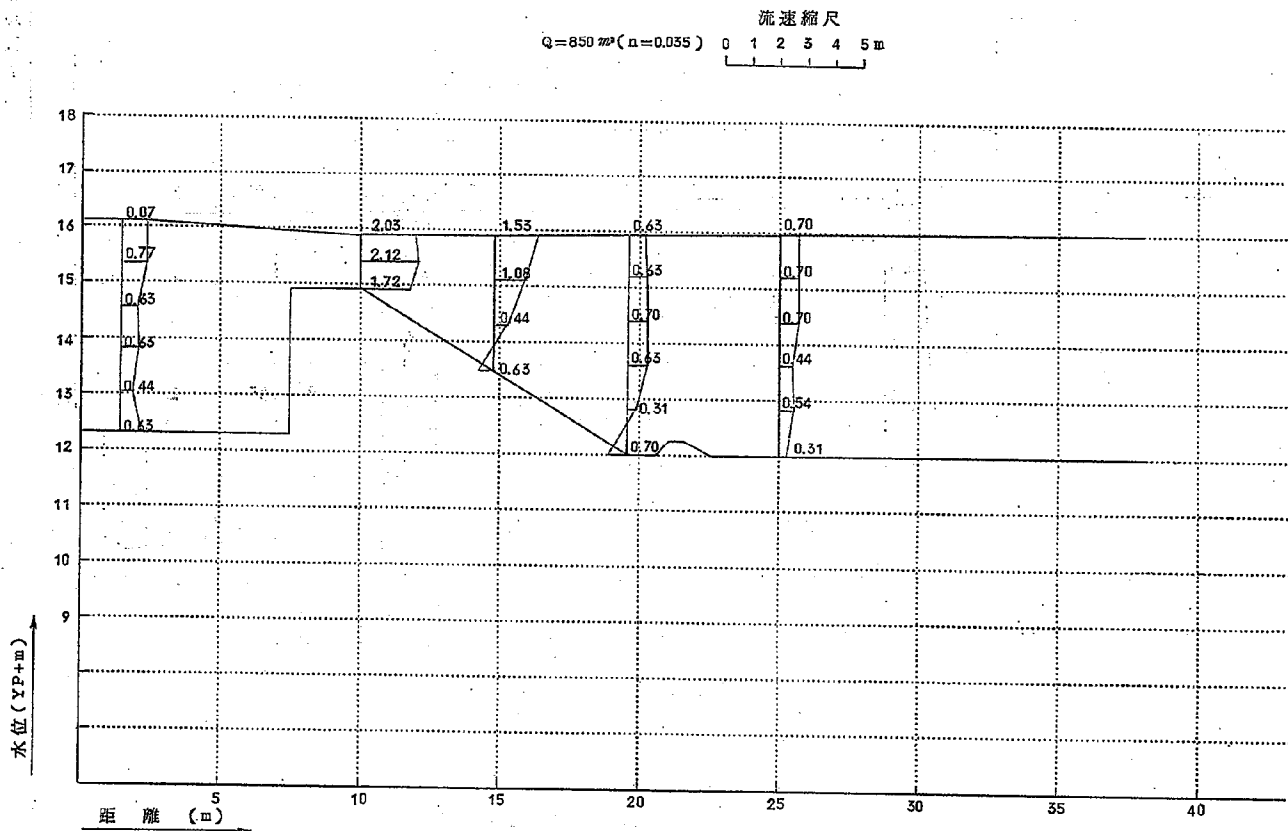


图 59 c-c 流速图

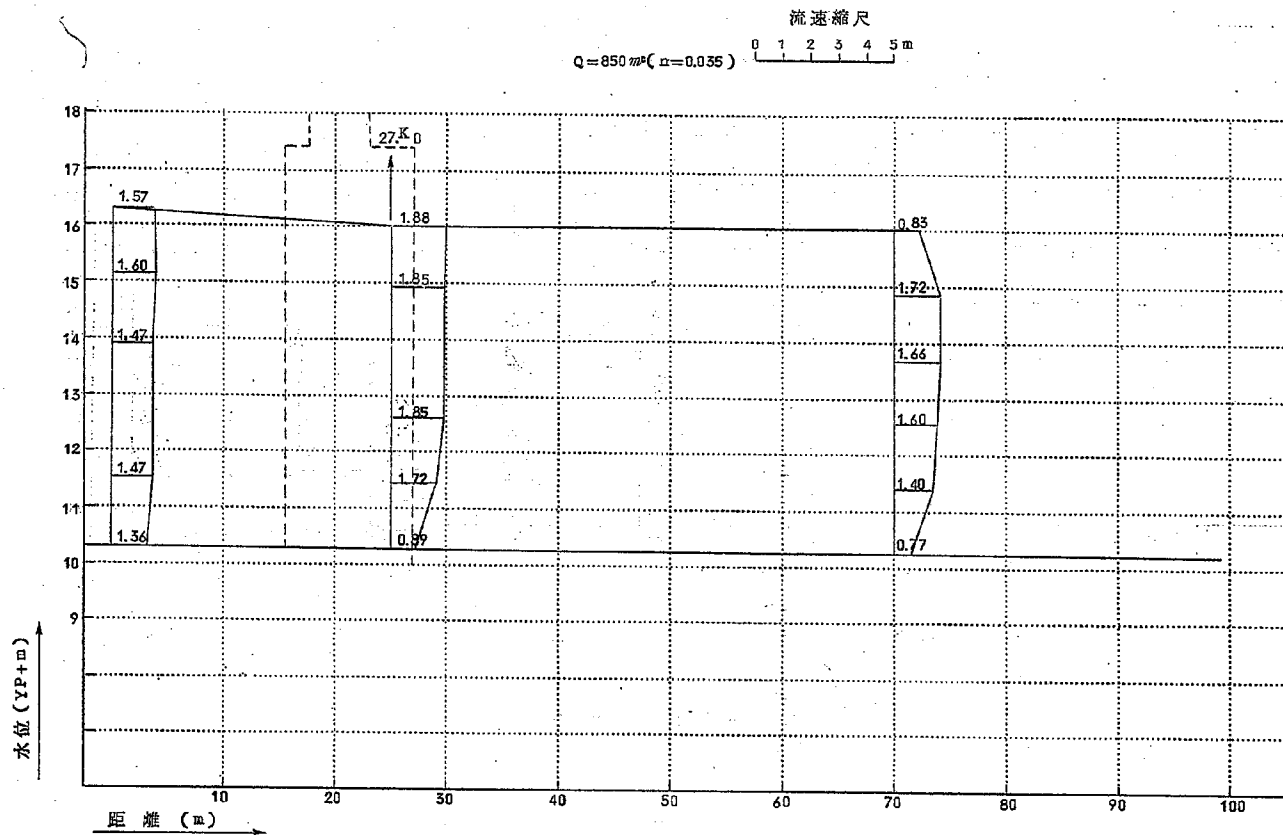


图 60 D - D 流速图

$Q = 850 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $v = 0.055$ )

流速箱尺  
0 1 2 3 4 5

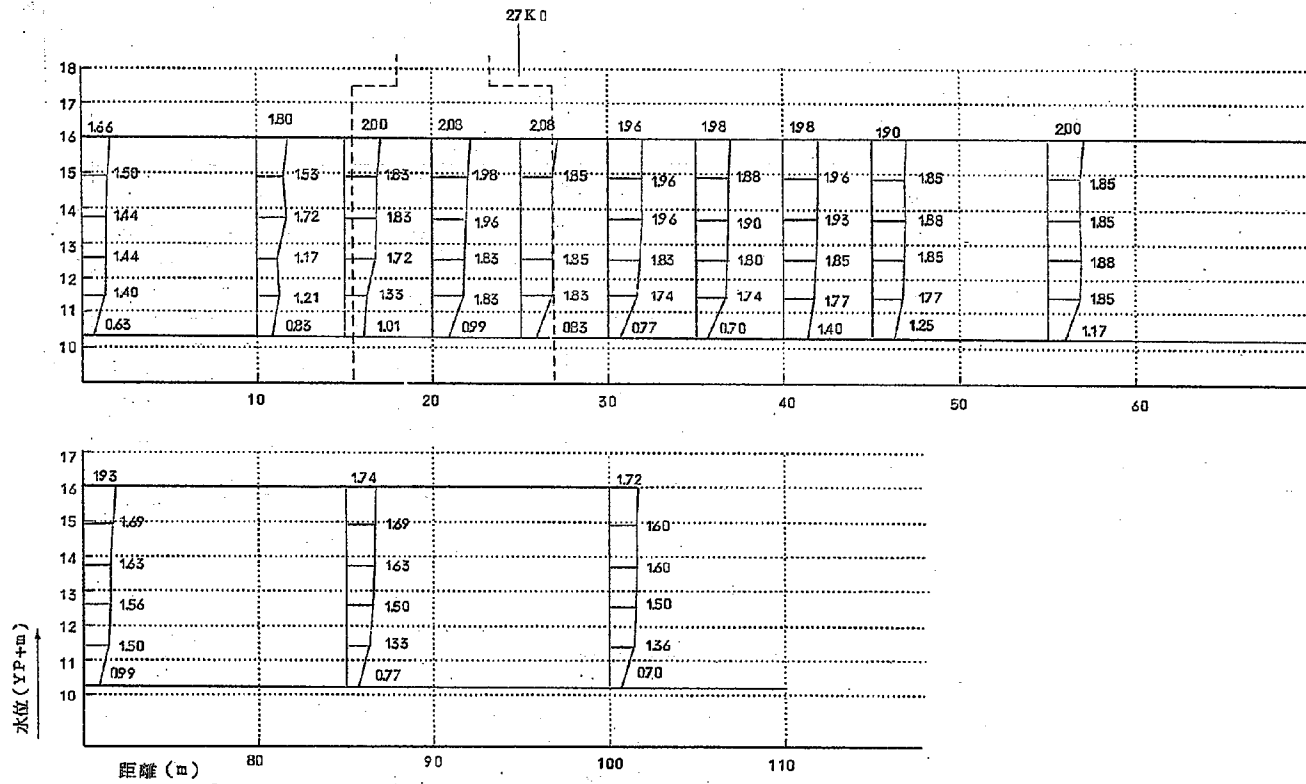


图 6-1 E-E 流速图

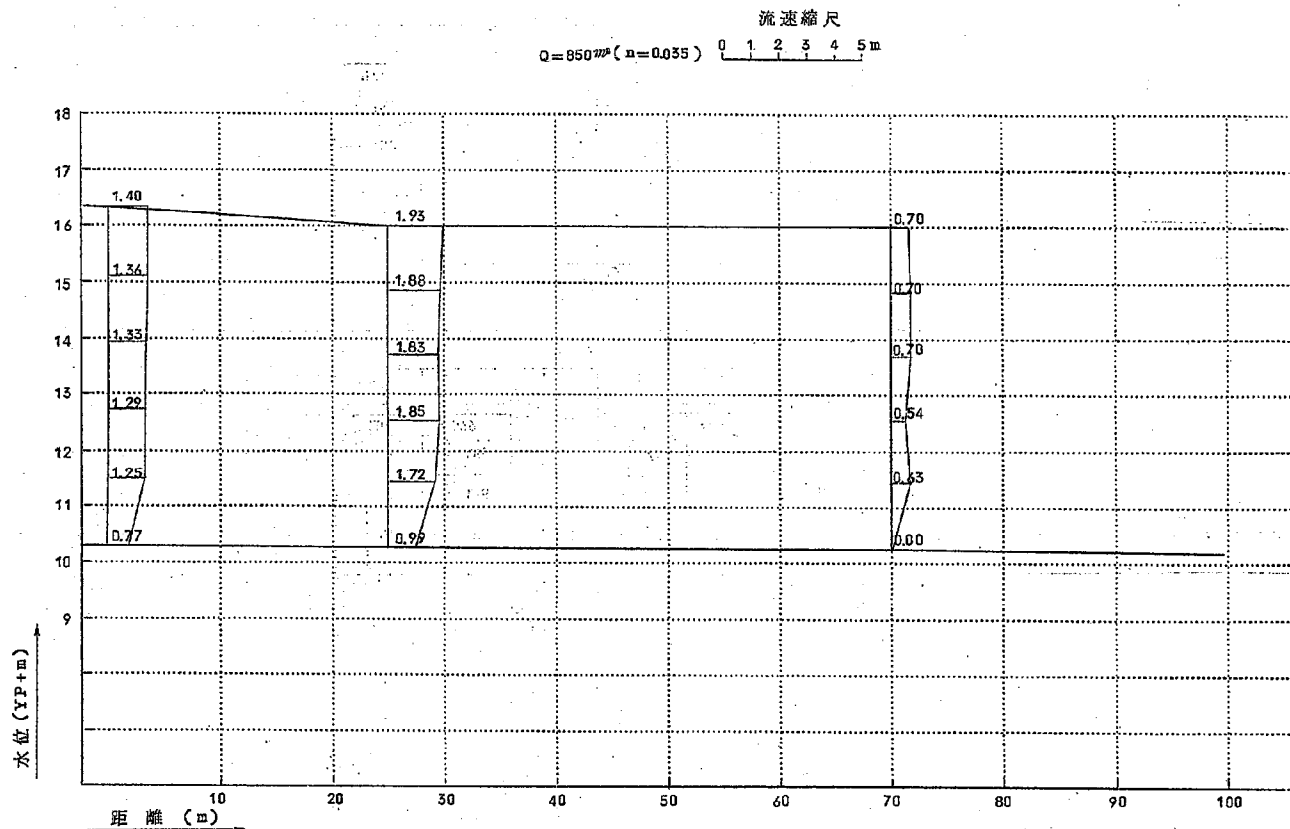


图 6.2 F-F 流速图

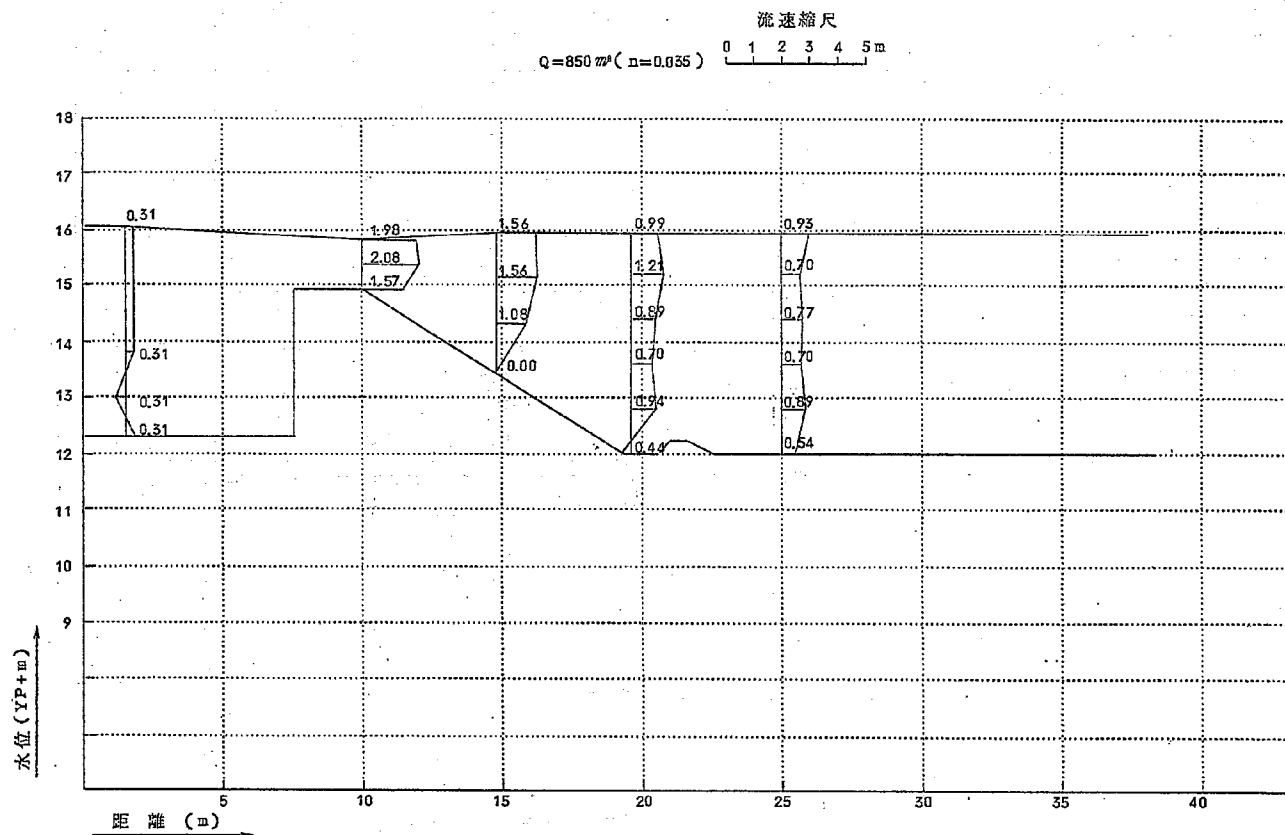


图 6 3 A — A 流 速 图

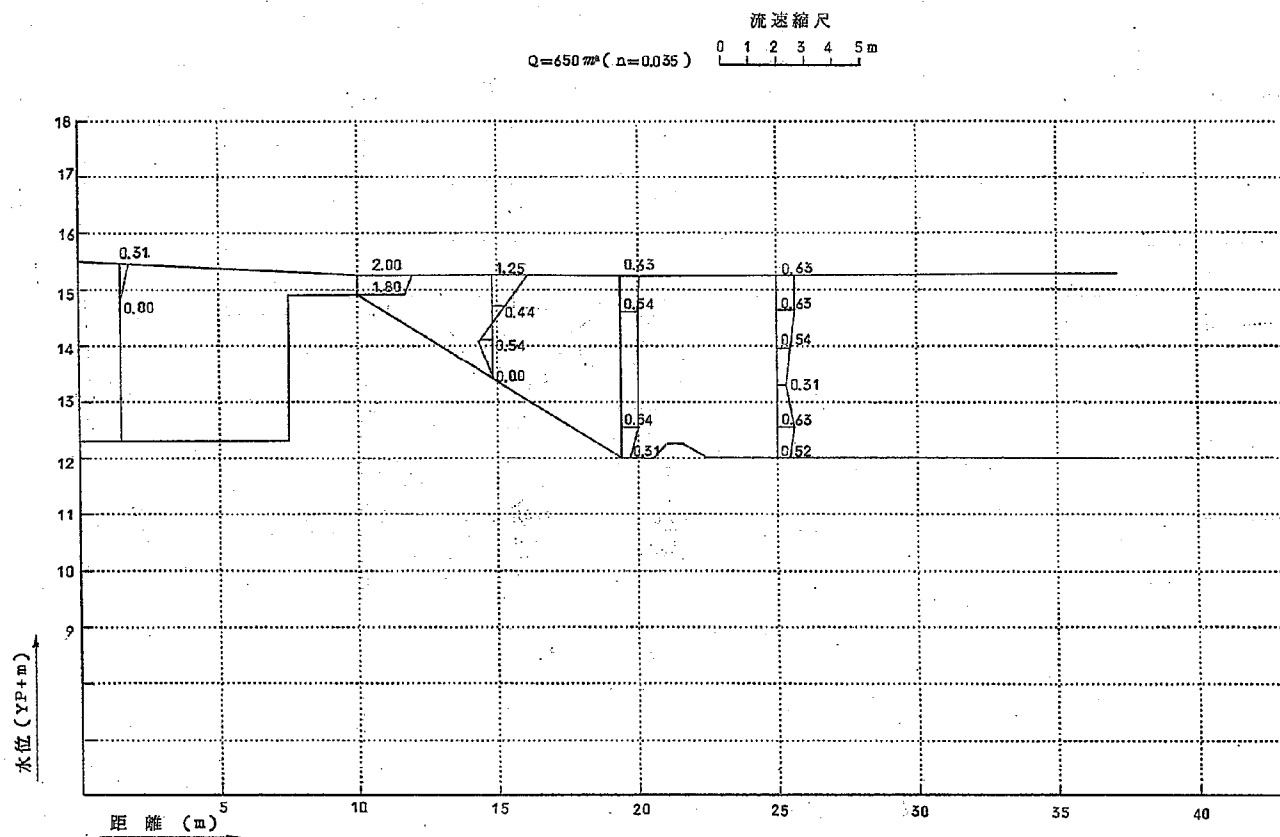


圖 6 4 B - B 流 速 圖

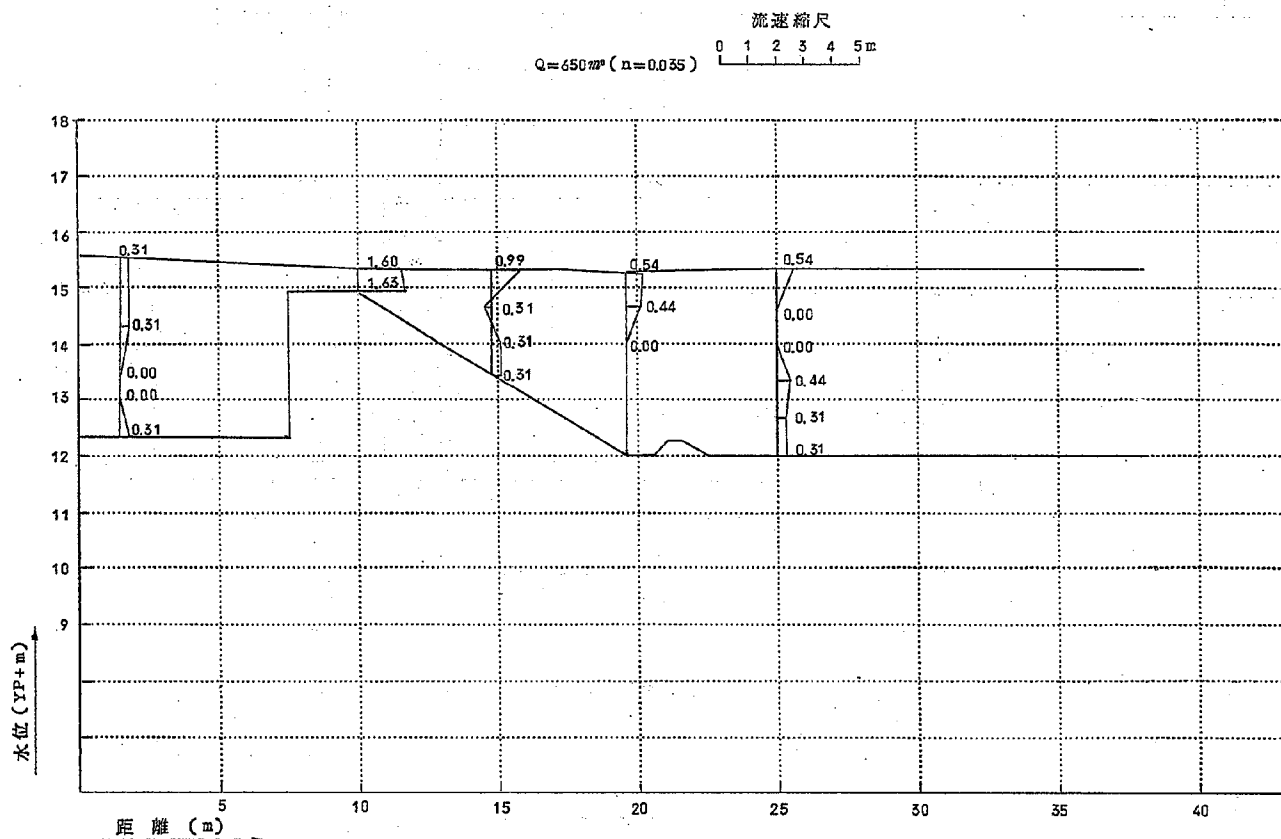


图 6 5 C - C 流速图

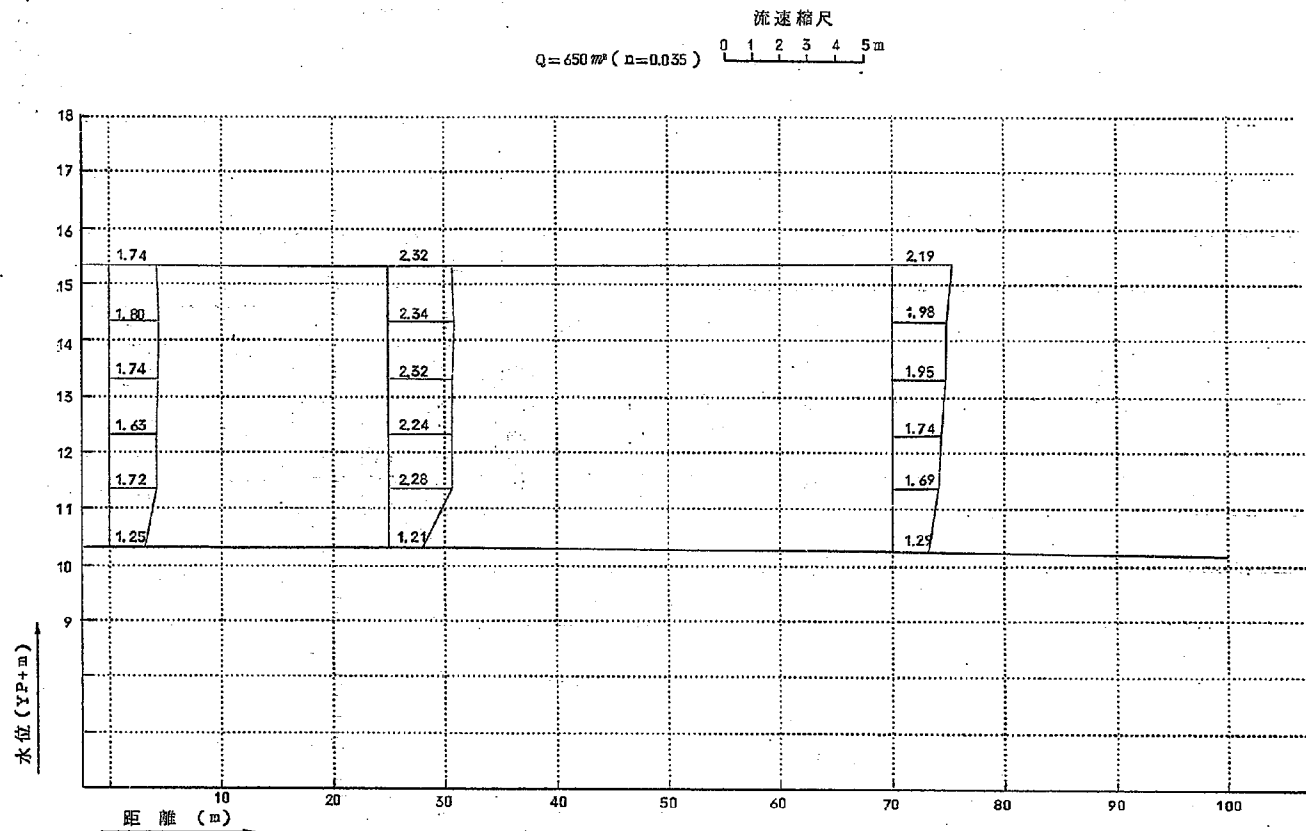


圖 6.6 D - D 流速圖

$Q = 650 \text{ m}^3/\text{s}$   
( $\mu = 0.035$ )

流速縮尺  
0 1 2 3 4 5

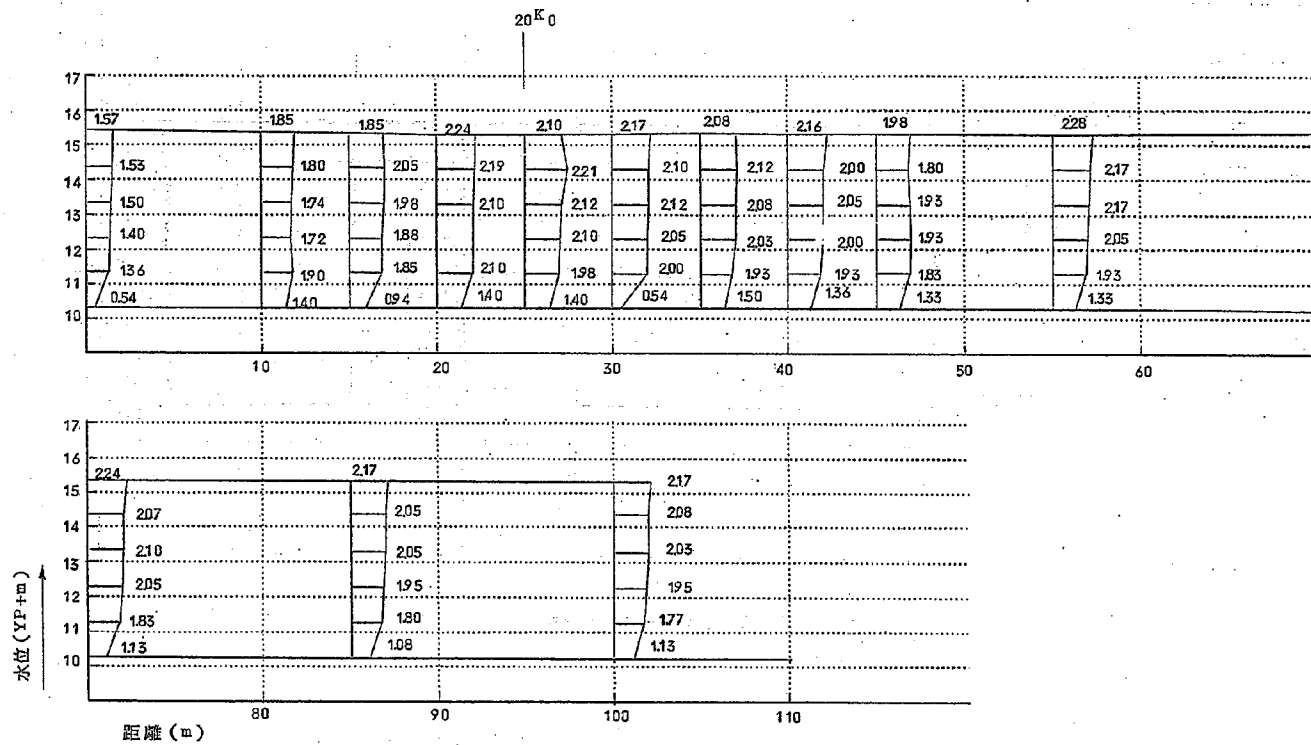


图 6 7 E - E 流 速 图

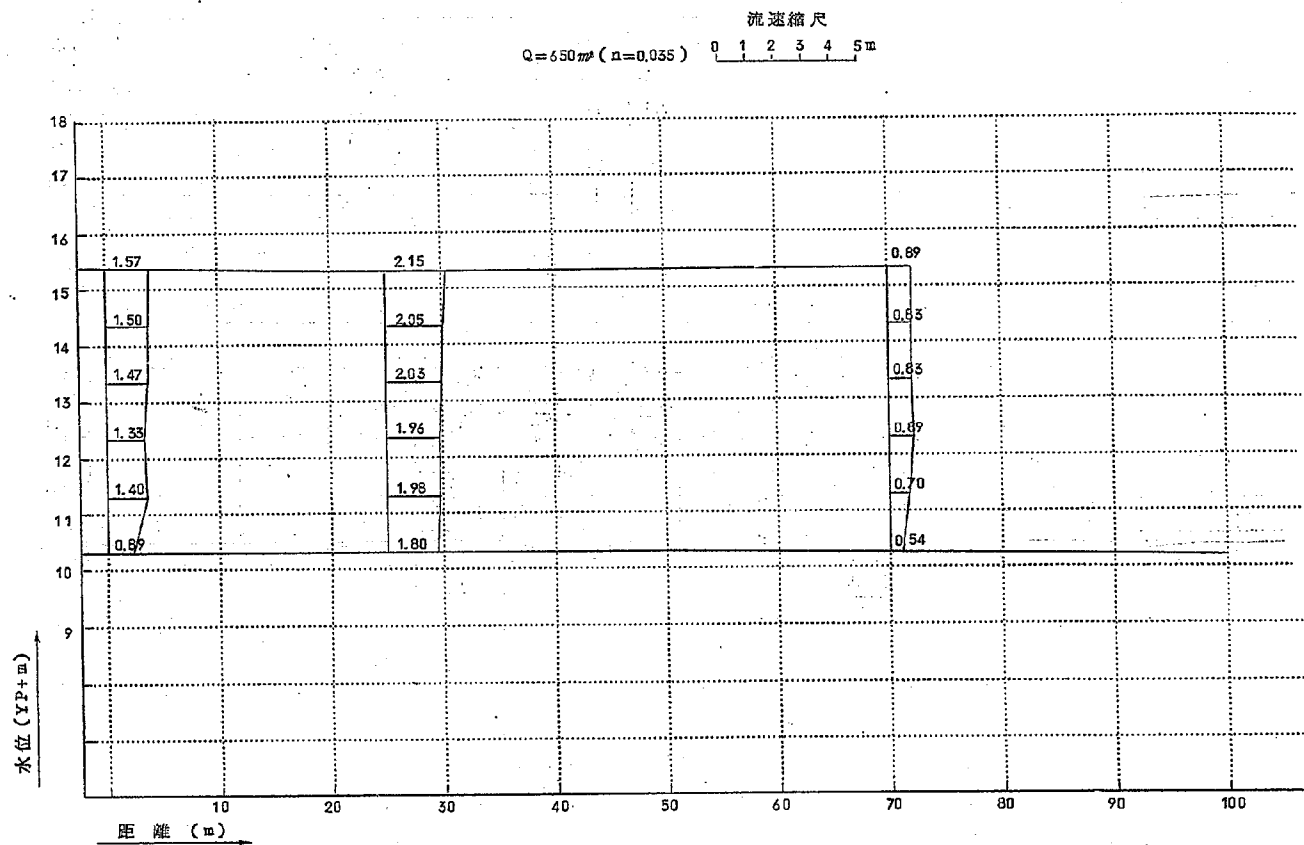


图 6 8 F—F 流速图

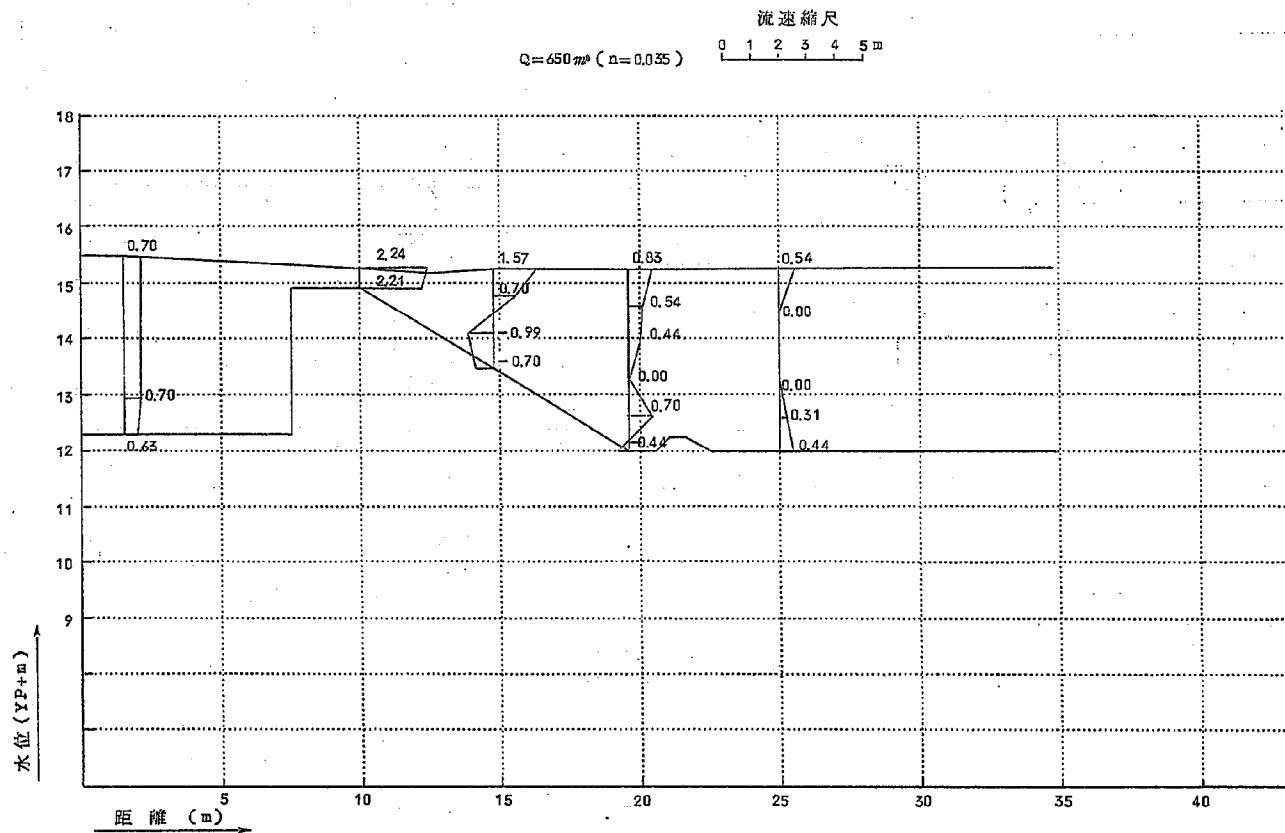


图 6.9 C—C 流速图

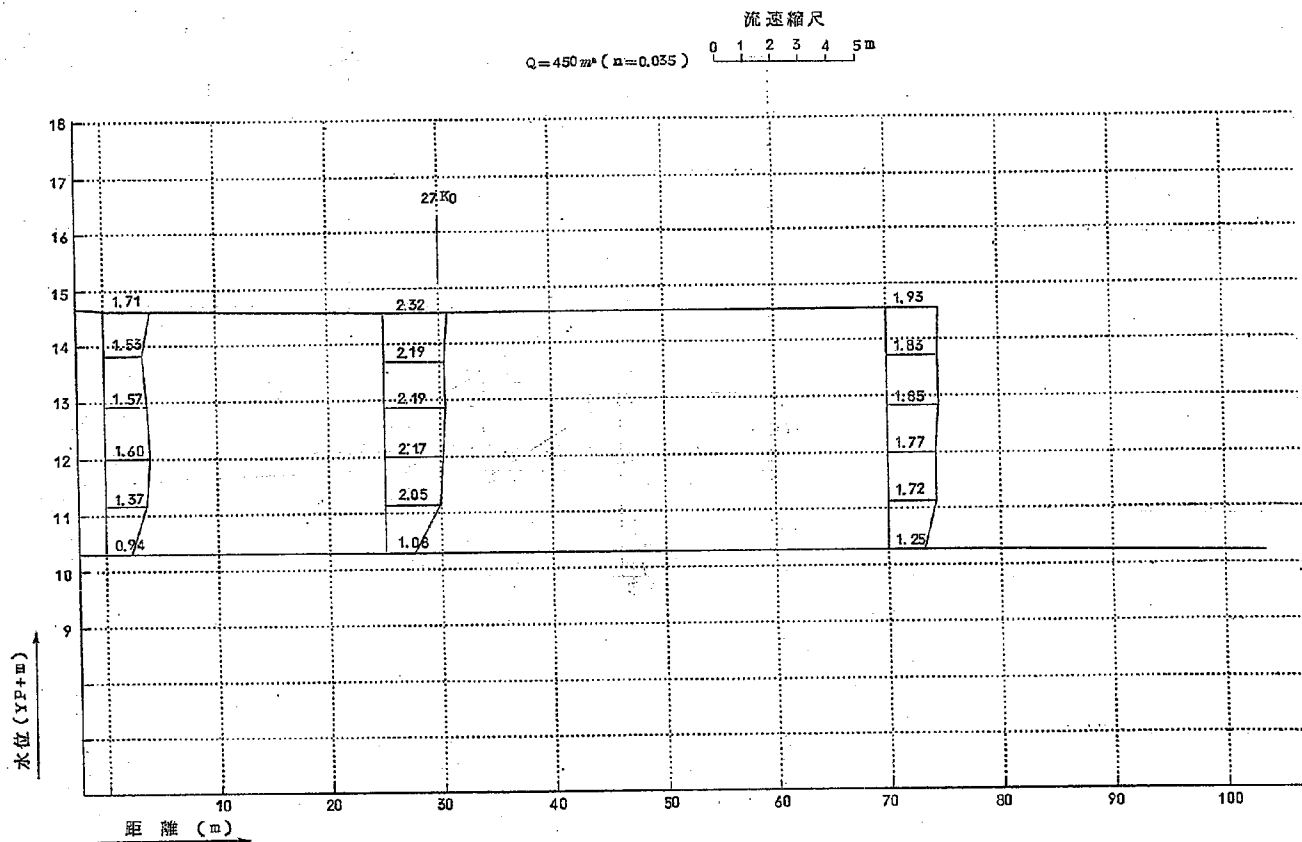


图 7 0 D - D 流 速 图

$$Q = 450 \text{ m}^3 (\text{s} = 0.035)$$

流速缩尺  
0 1 2 3 4 5 m

2.7K0

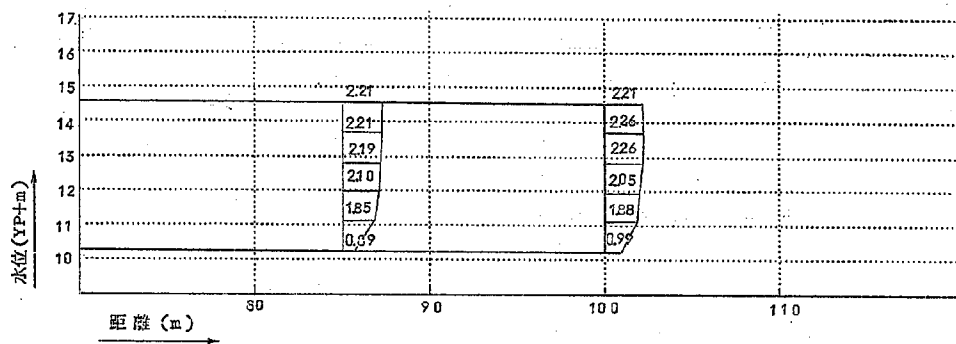
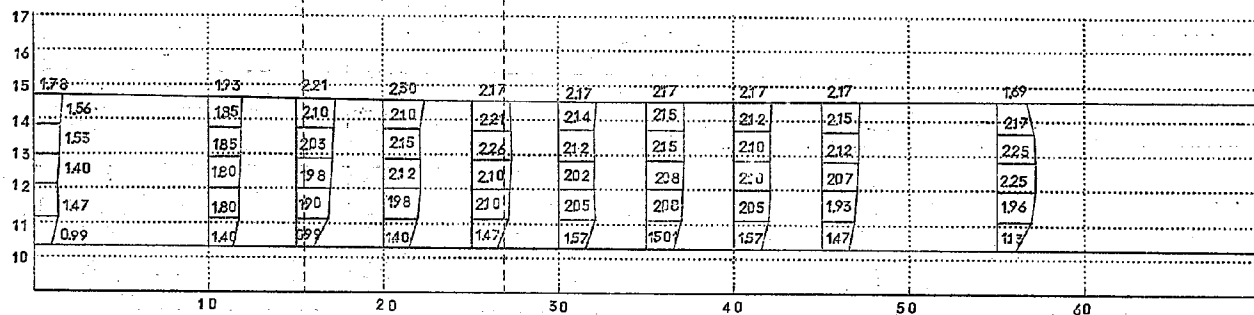


图 7 1 E - E 流 速 图

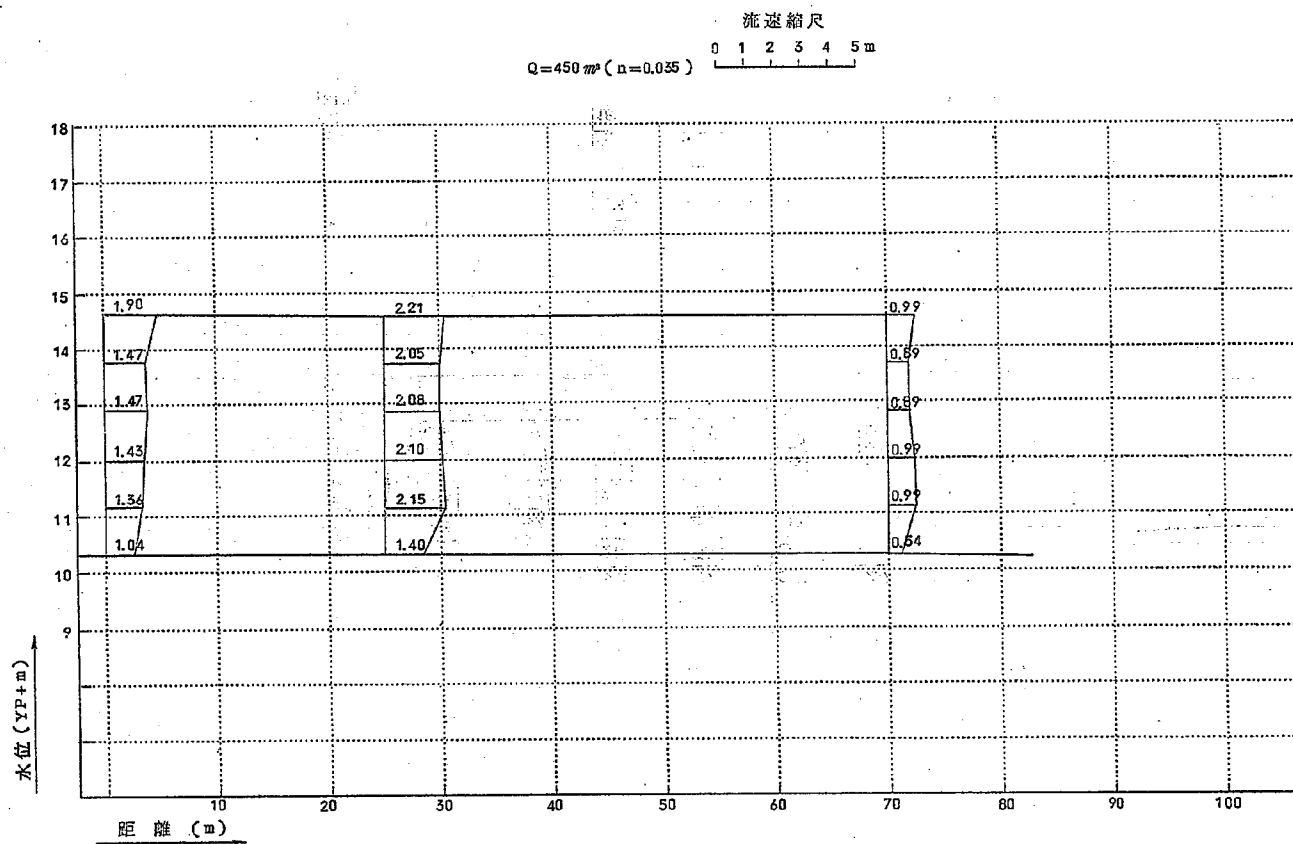


图 7 2 A—A 流速图

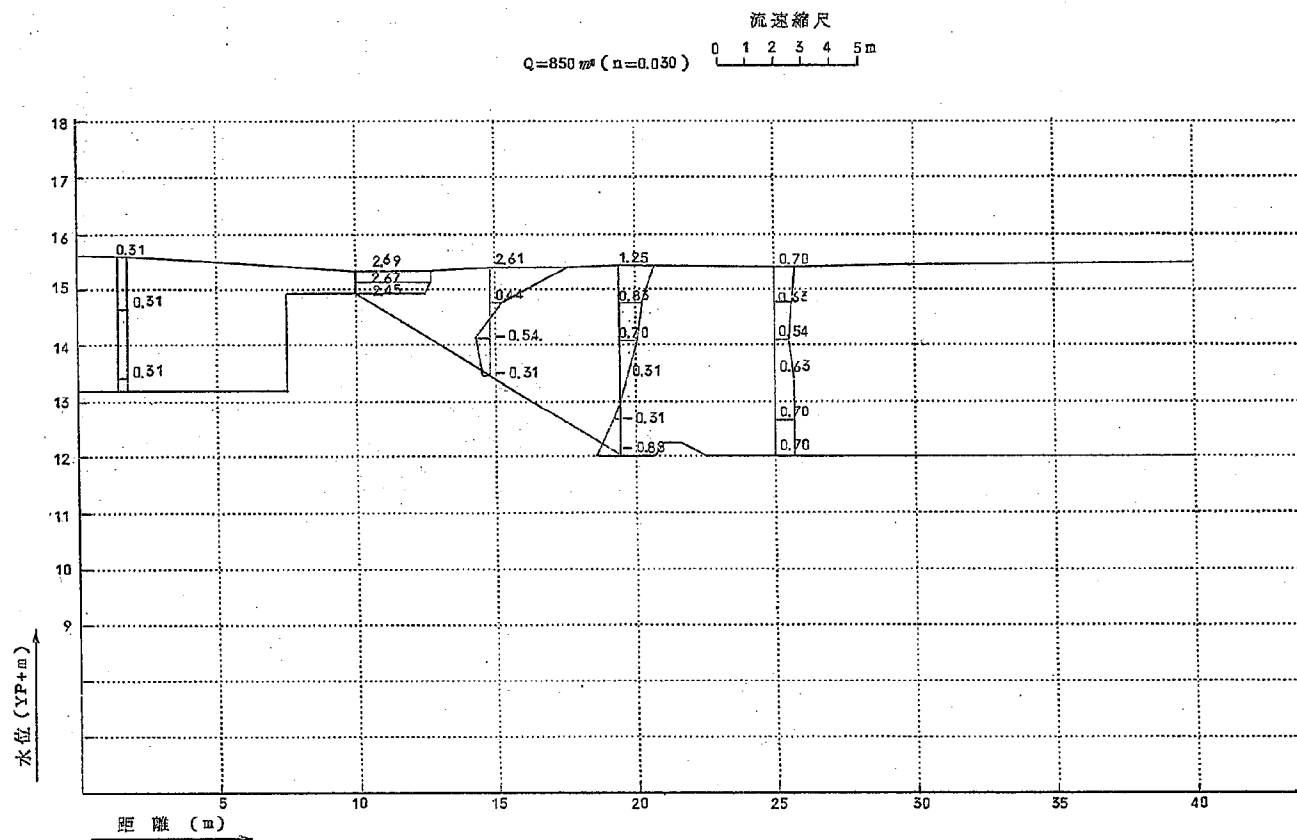


图 7 3 B — B 流 速 图

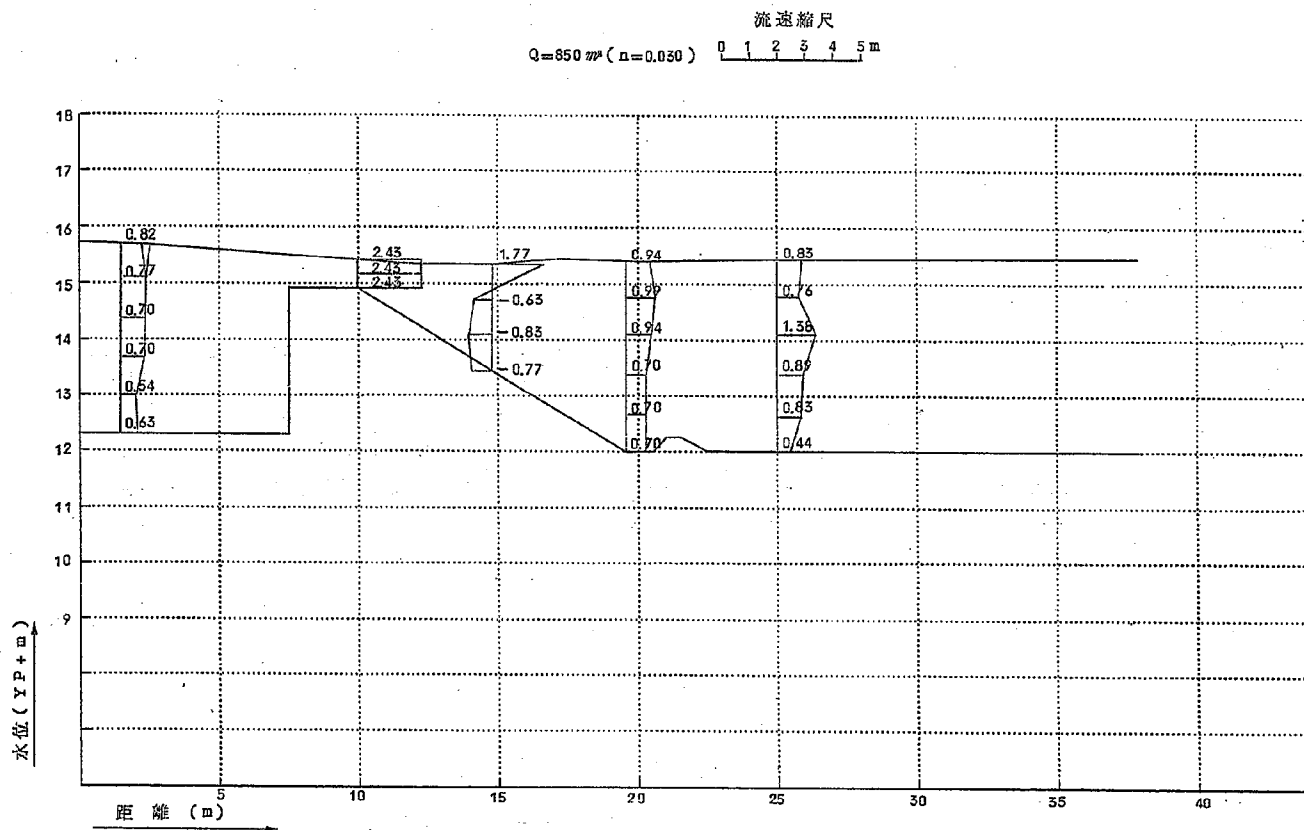


图 7 4      □ — □ 流 速 图

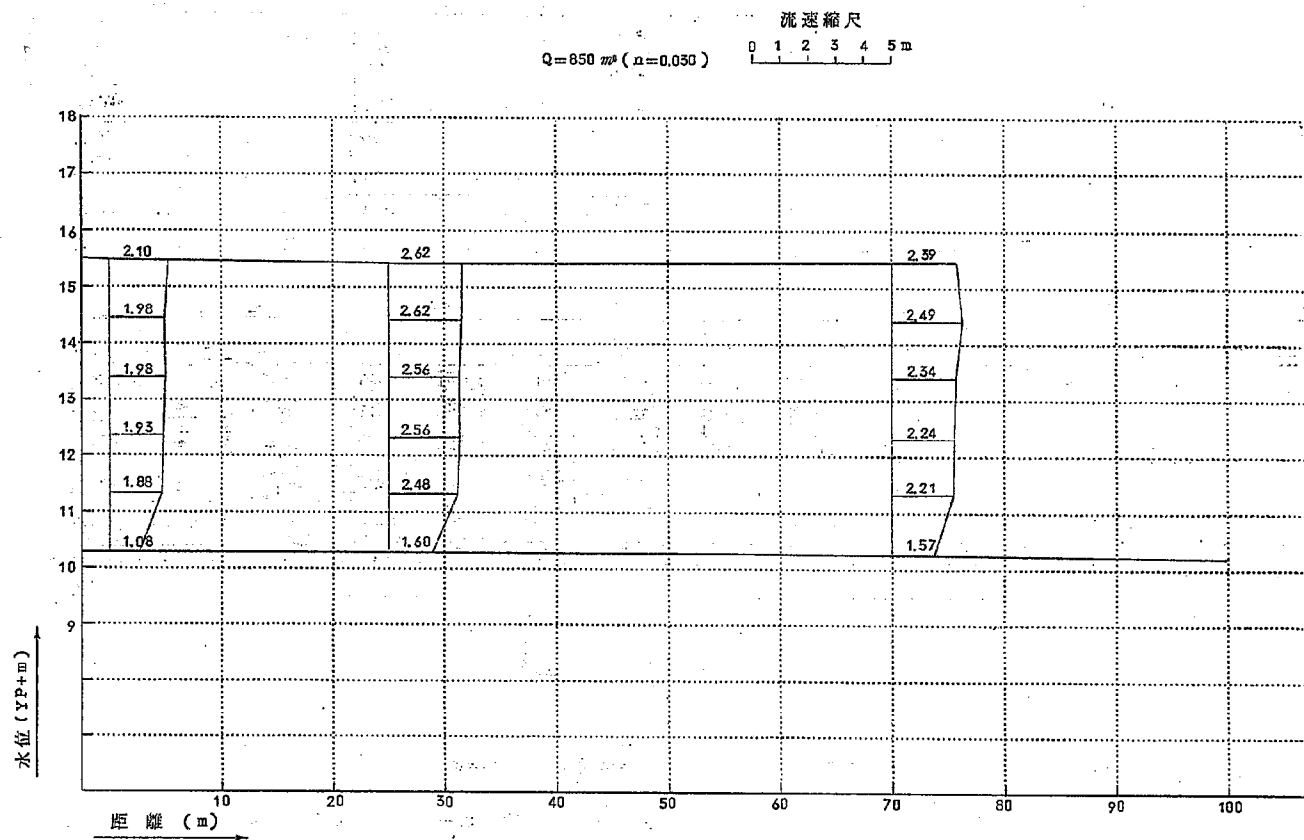


图 7 5 D - D 流 速 图

$$Q = 850 \text{ m}^3 (\text{s} = 0.030)$$

流速缩尺

0 1 2 3 4 5 m

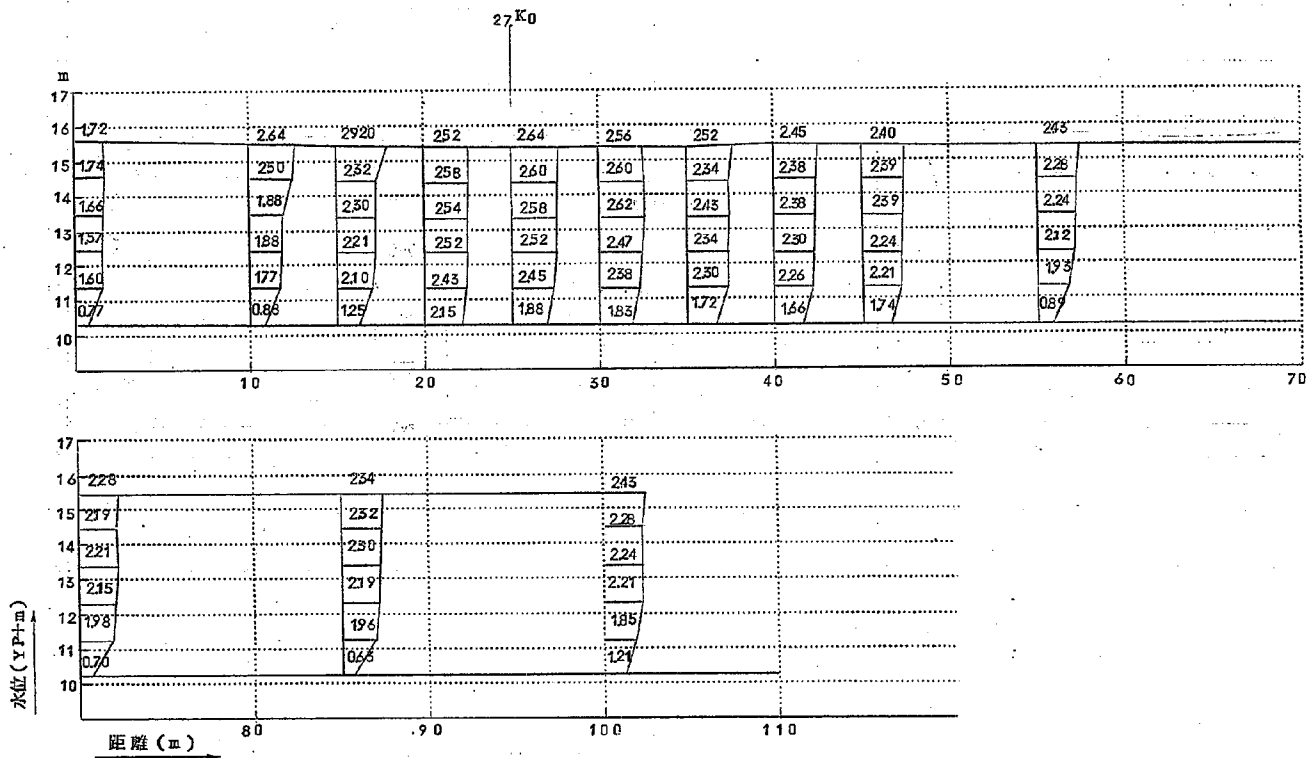


图 7.6 E-E 流速图

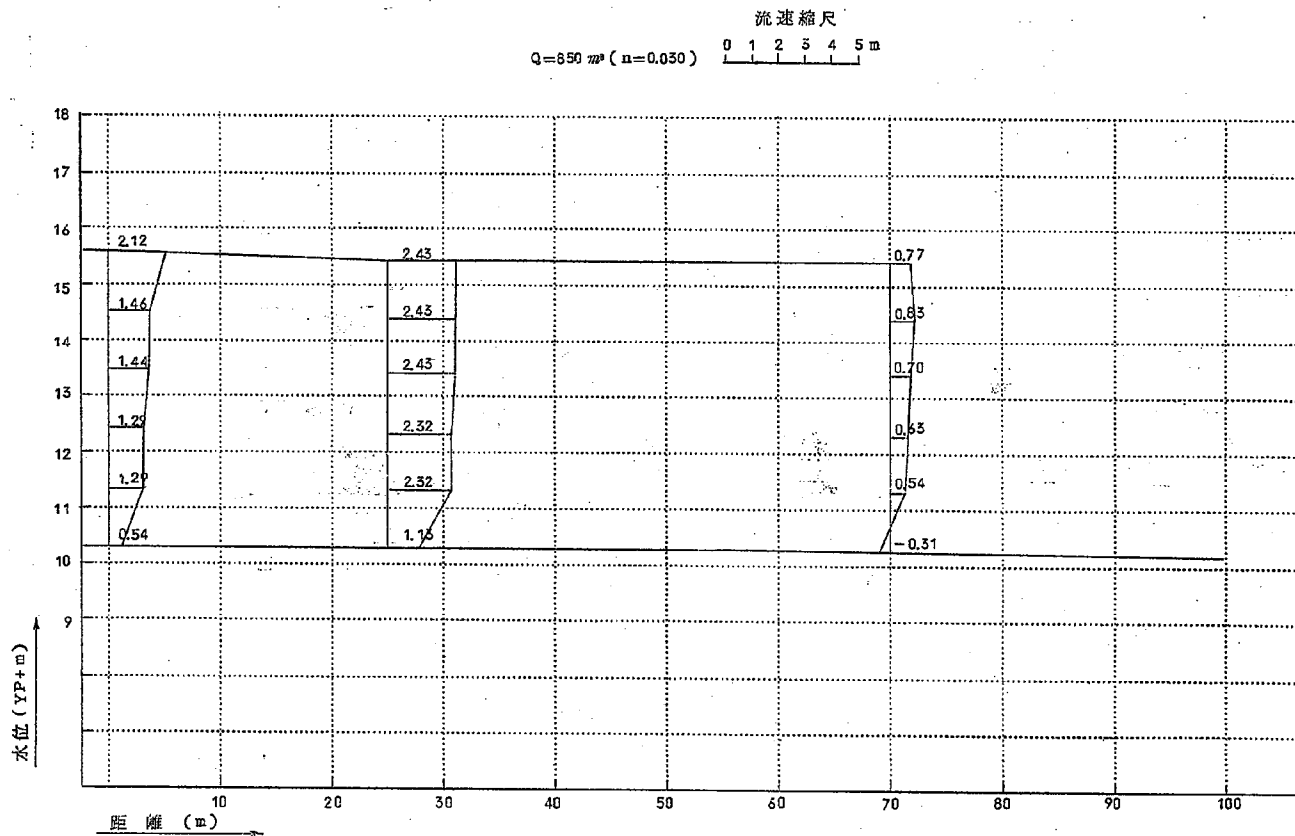


图 7 7 F - F 流速图

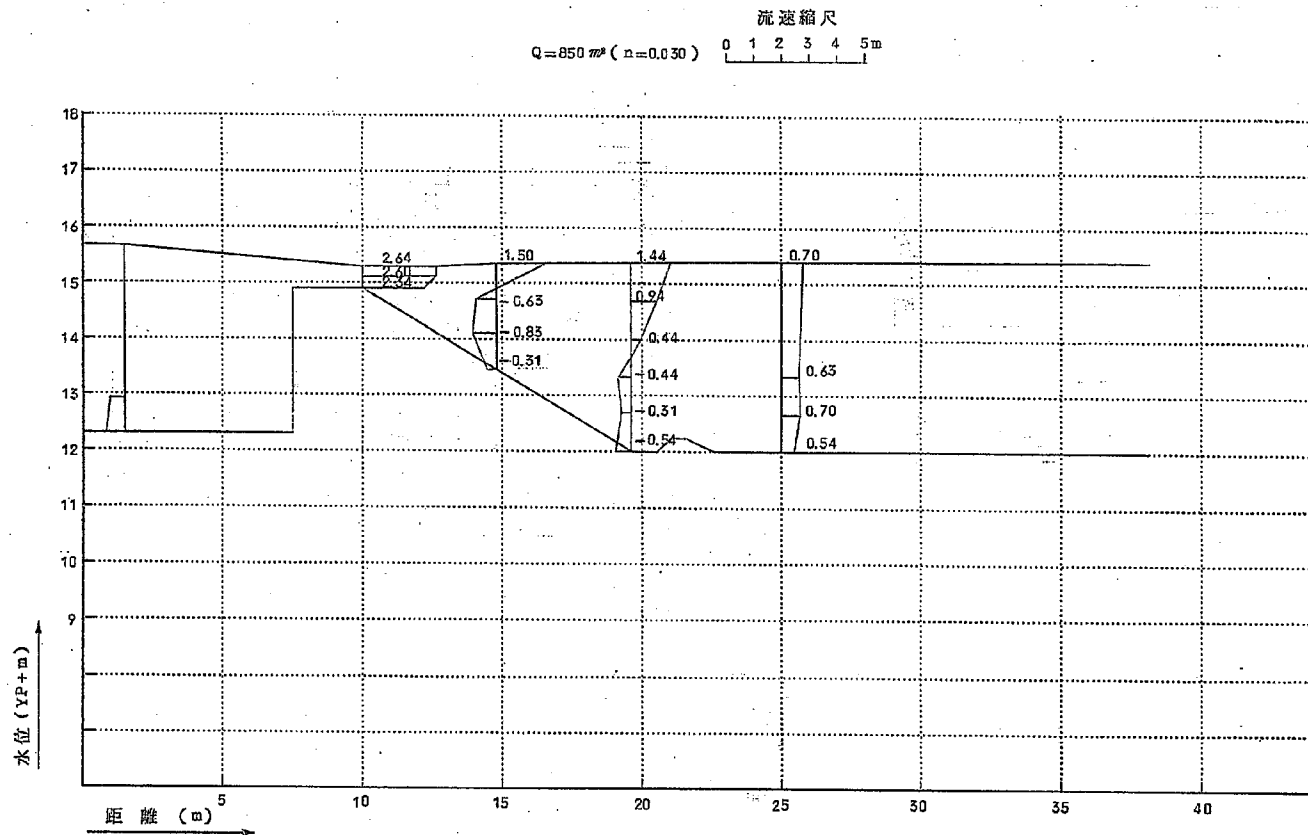


图 7 8 A — A 流 速 图

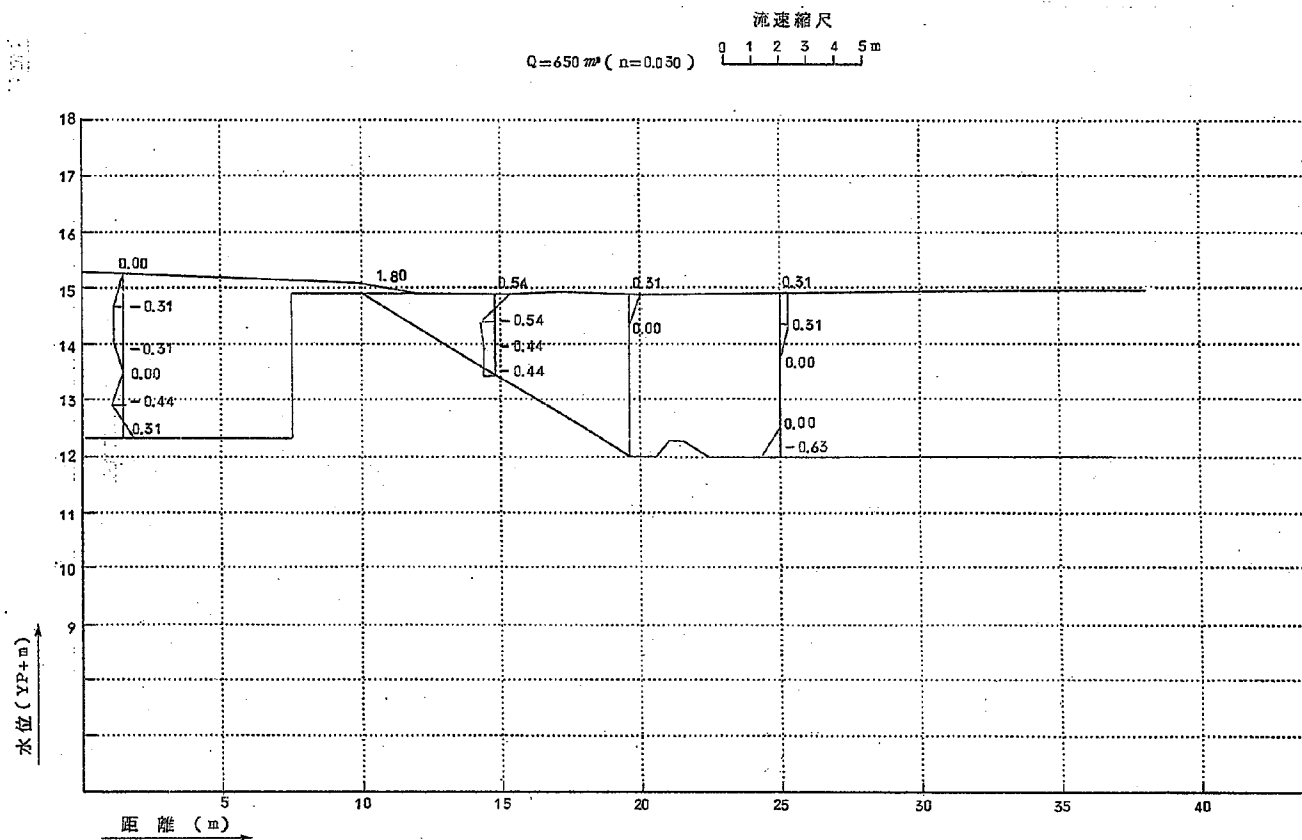


图 7 9 B - B 流 速 图

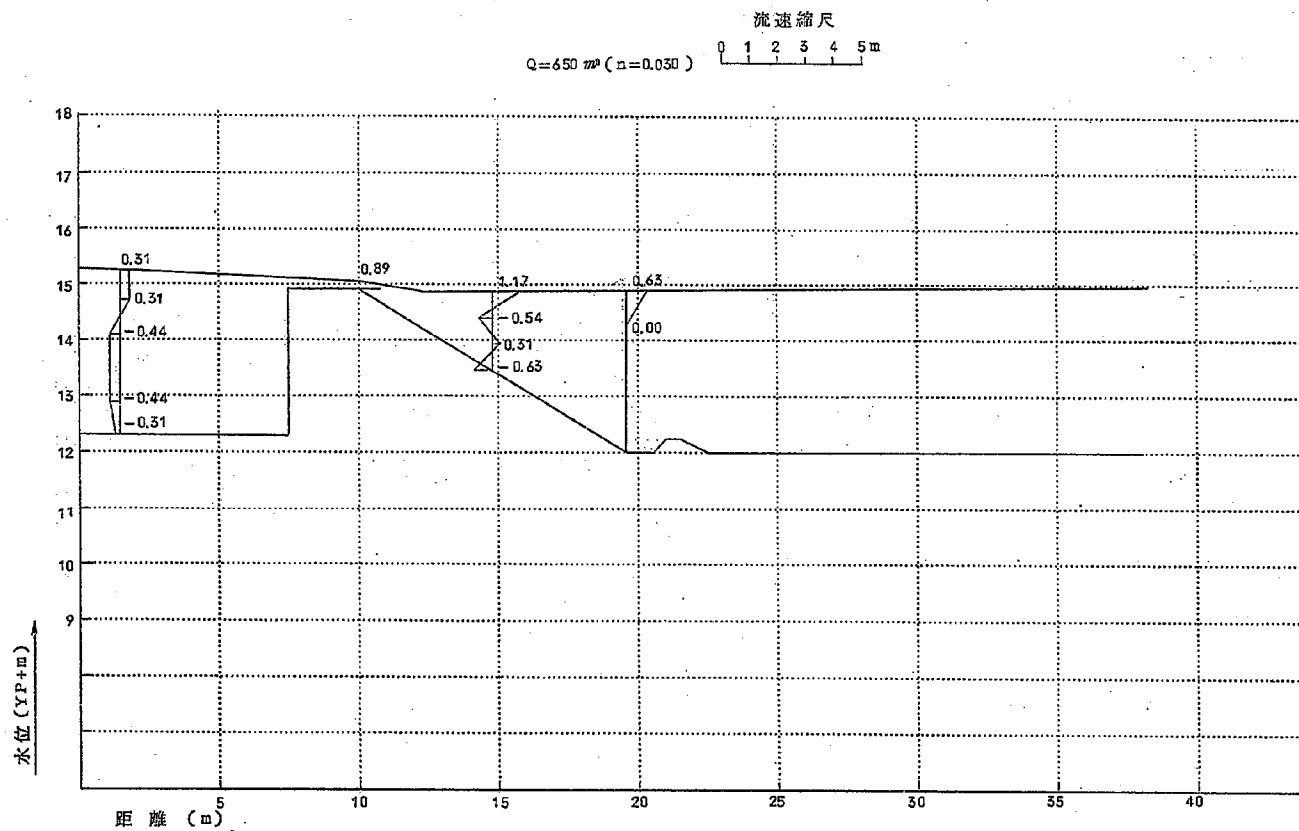


图 80 C-C 流速图

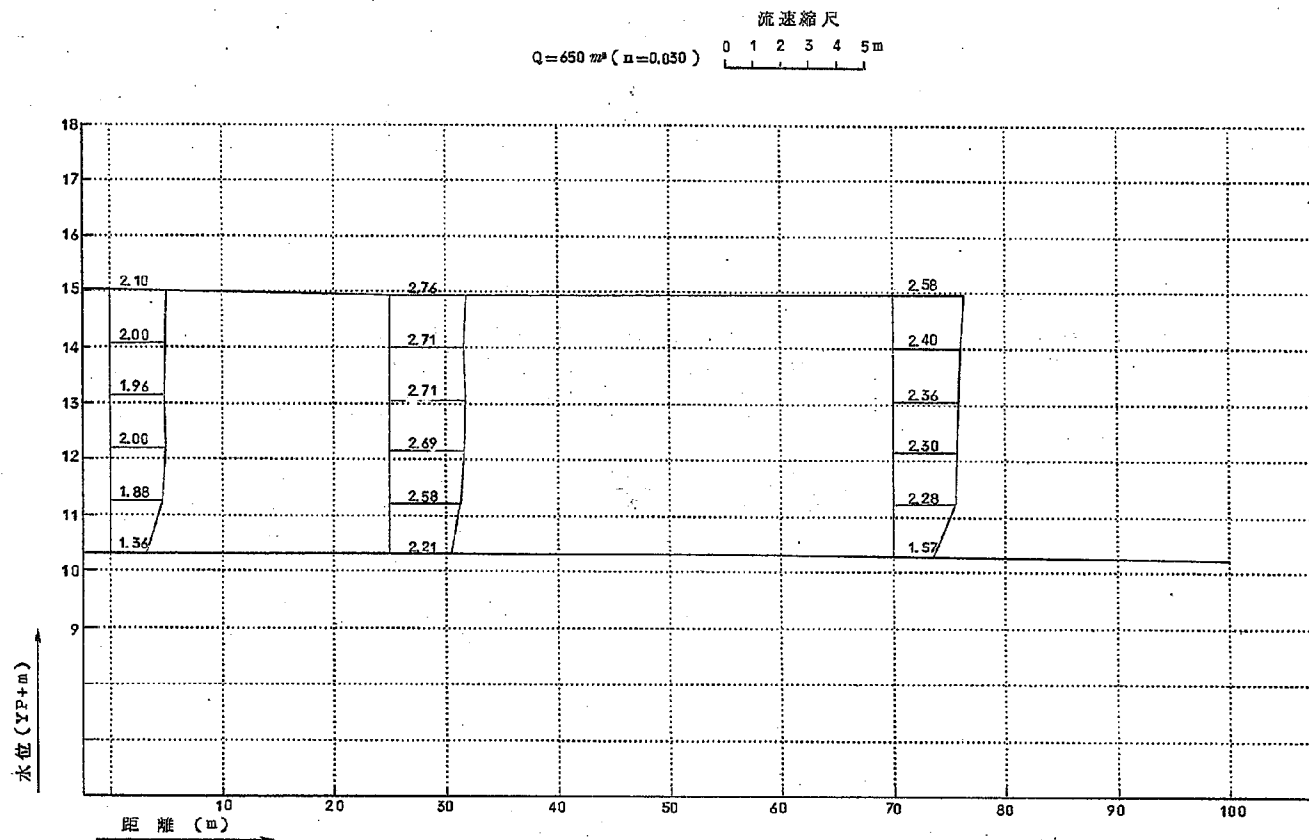


圖 81 D - D 流速圖

$$Q = 6.50 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(\alpha = 0.035)$$

流速縮尺

0 1 2 3 4 5

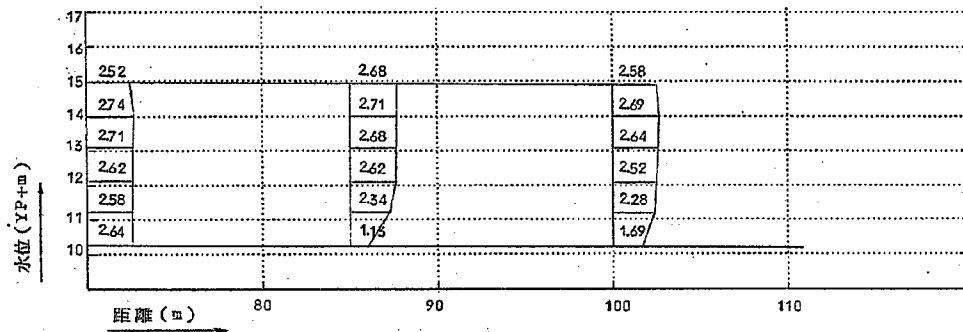
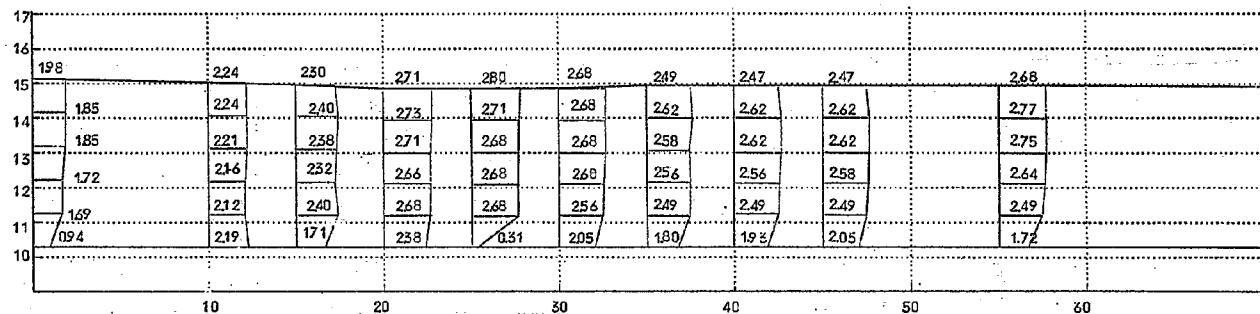


图 8 2 B—B 流速图

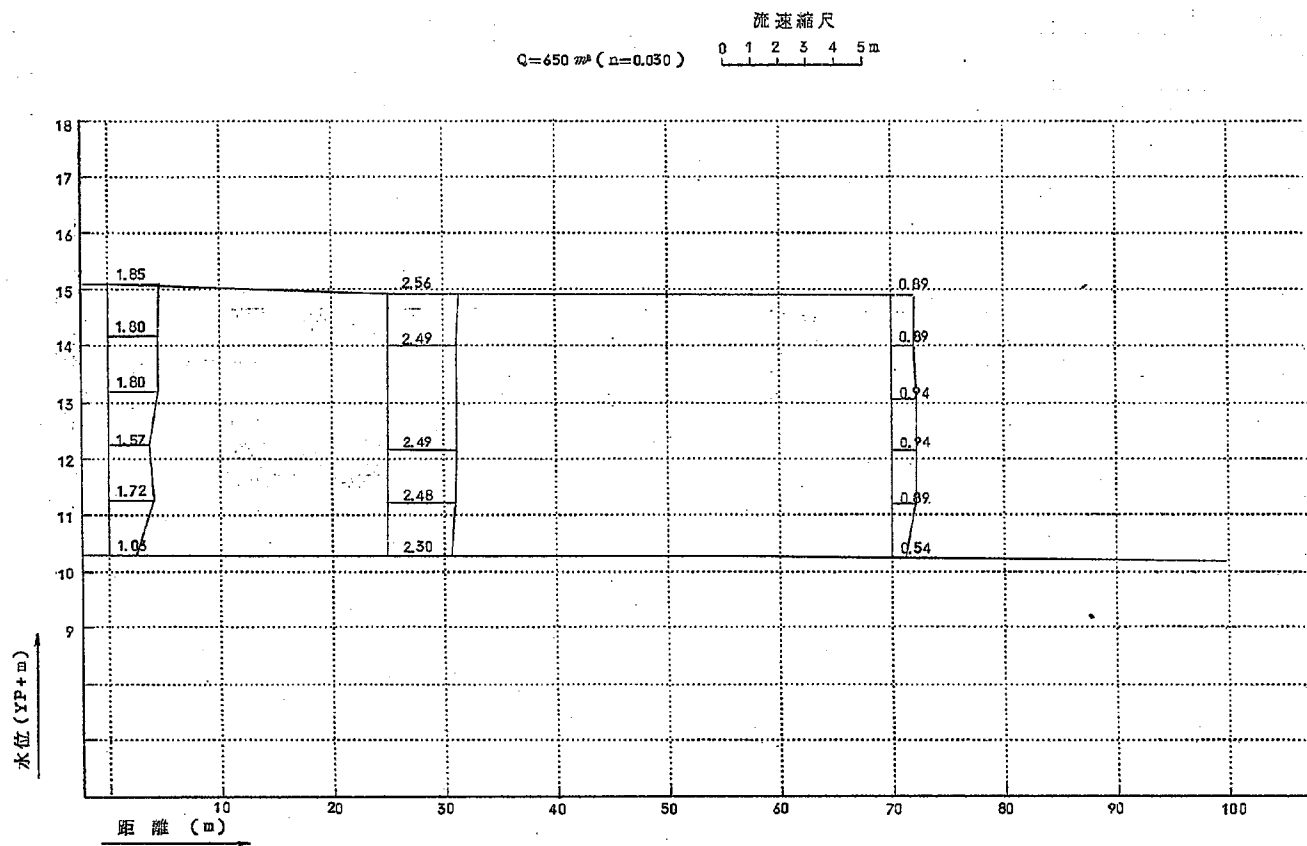


图 8 3 F - F 流 速 图

$Q = 650 \text{ m}^3/\text{s} (n = 0.030)$

流速缩尺

0 1 2 3 4 5 m

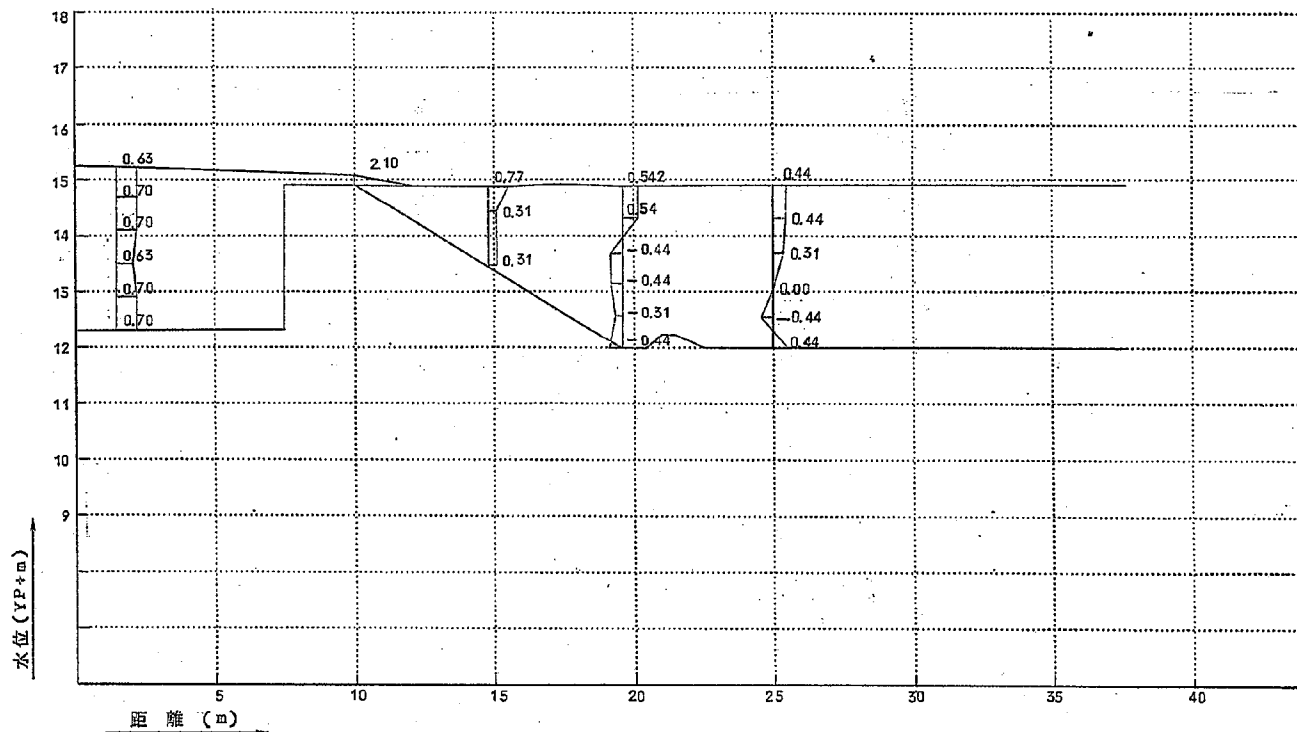
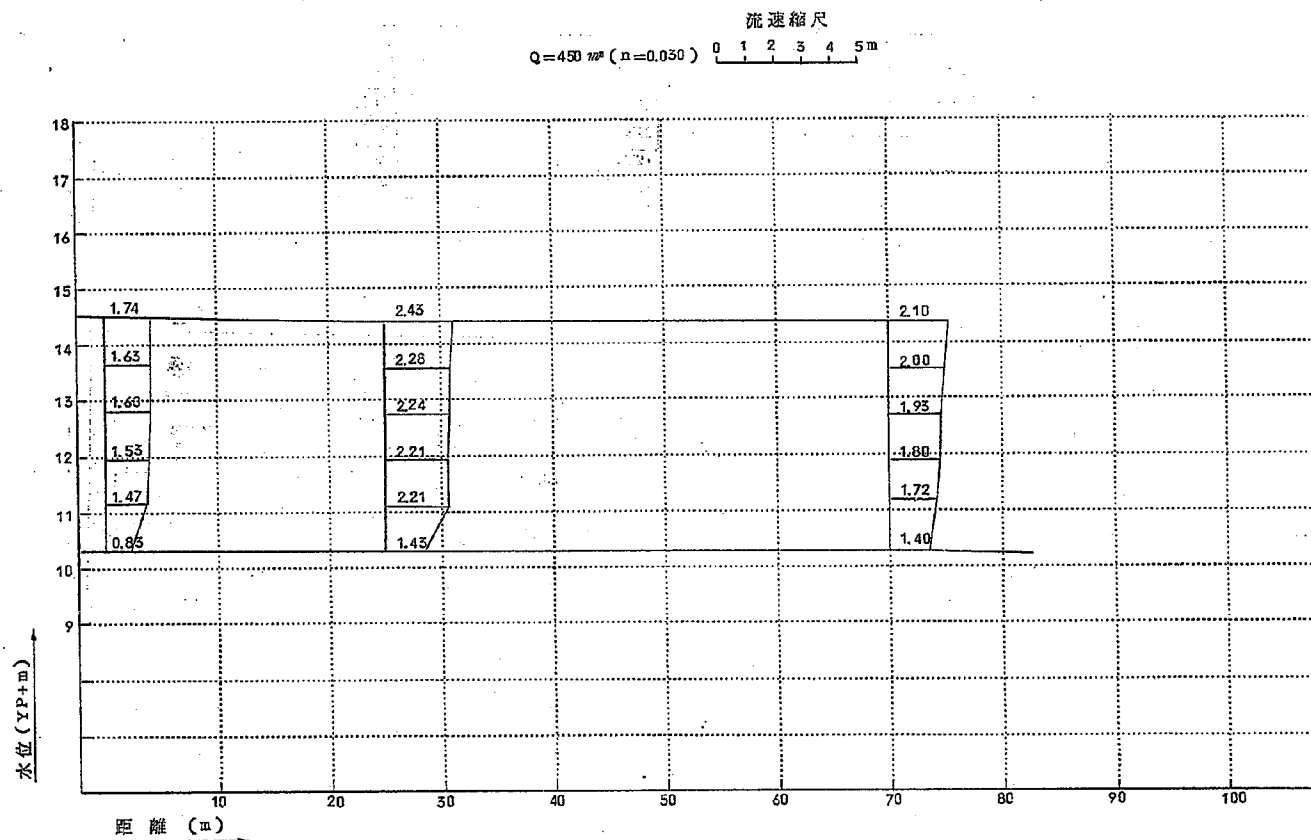


圖 8.4 C - C 流 速 圖



85

D - D 流速图

$$Q = 4.50 \text{ m}^3$$

( $n=0.035$ )

流速箱尺

0 1 2 3 4 5

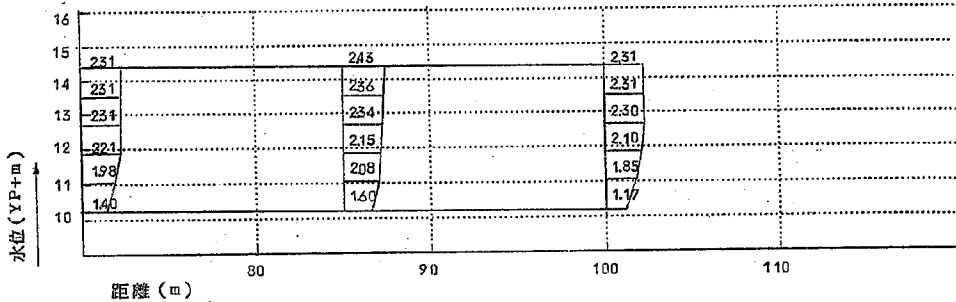
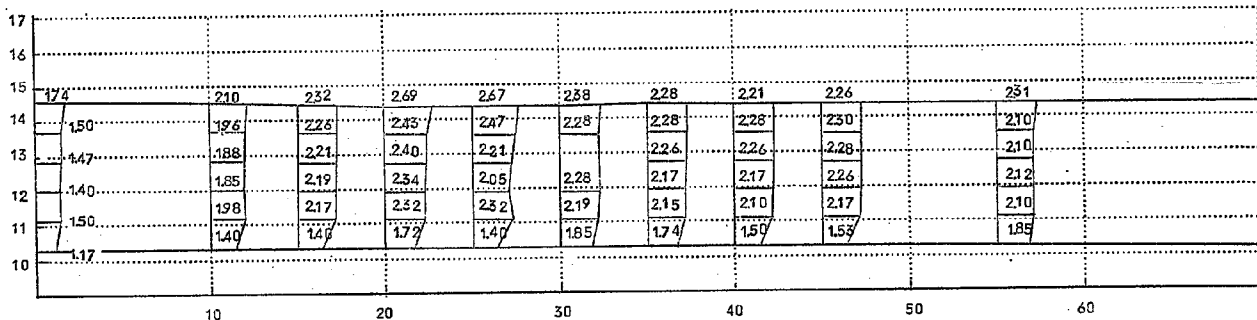
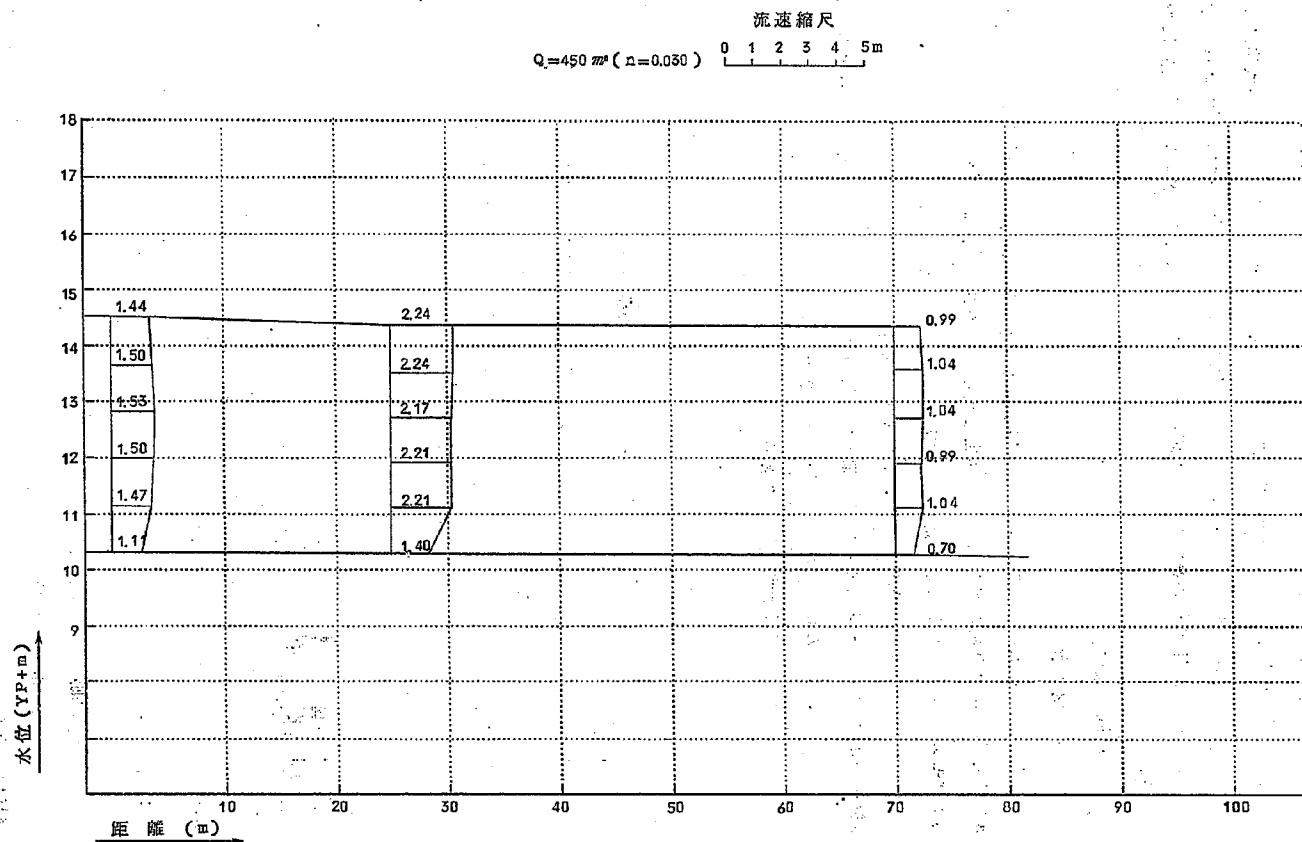


图 8 6 B—B 流速图



### (5) 水門操作の基礎資料

平水時にYP+14.9mにセキ上げて取水するのは前述のとおりであるが、洪水時には固定堰を溢流させ、あるいは水門を開けて、堰上流側水位を計画高水位以下に保つ必要がある。そのためには水門を計画的に操作する必要がある、固定堰上の流れ及び水門の通水能力を水理的に検討したものである。

#### A) 固定堰の実験

##### a 模型形状

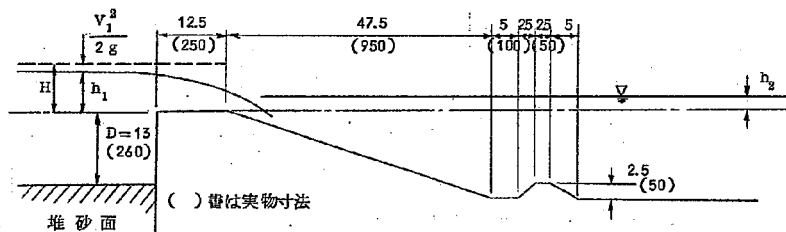
二次元のガラス張水路に水平、鉛直両方向とも $1/20$ の縮尺で模型を製作した。水路幅は60.5cmであるから現地の堰の内12.1mを抽出したことになる。この中には橋脚部は含まれていない。模型はモルタル仕上げであり、測定方法は次のとおりとした。

流量……量水槽に直角三角堰を設け、これにより測定。

水位……ポイントゲージにより測定。測定位置は堰の上流端から50cmの点に於て溢流深 $h_1$ を測定し、下流の $h_2$ は堰上流端より150cmの点に於いて測定した。

固定堰の断面形状は次に示すとおりである。

図 8 7



図に示すごとく

$D$ : 堰頂から堰背後の推砂面までの深さ

$h_1$ : 堰から充分上流に離れた溢流深

$v_1$ : その場所における平均流速

$$H: h_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

$h_2$ : 堰頂より測定した下流水位

##### b 実験流量

流量は、完全溢流で11種類、不完全溢流で4種類の実験をした。①完全溢流で $10 \sim 60 \text{ m}^3/\text{sec}$

を  $5\text{ m}^3/\text{sec}$  間隔に、②不完全溢流で  $10, 20, 30, 60\text{ m}^3/\text{sec}$  である。

### c 流量係数

固定堰の越流については、それが完全越流である場合は(図87参照)

$$Q = mBH\sqrt{2gH} \dots\dots\dots(1)$$

但し  $m$  = 流量係数

$B$  : 通水幅

$g$  : 重力の加速度

によって表わされ、係数  $m$  は  $H$  の函数となることは周知のとおりである。そこでもぐり越流をも含めた不完全越流の場合にも(1)式と同一形式が成立するものとすれば係数  $m$  は  $H$  と  $h_2$  との函数となるはずであり、従って同一  $H$  の値に対して流量は(1)式による値とは異なってくる。そこで、不完全越流の場合の越流量を表わす式を

$$Q' = m' B H \sqrt{2gH} \dots\dots\dots(2)$$

とする。

下流水位が堰頂以下である場合は越流の仕方は完全越流であるが、下流水位が堰頂を越えても  $h_2$  が  $H$  に比して小さい間は溢流はなお完全溢流の状態を続け、 $h_2$  がある値を越すにいたって不完全越流、又はもぐり越流となる。そこで(1)式と(2)式とに於て、ある  $H$  に対する越流量  $Q'$  が  $h_2$  の如何にかかわらず同一  $H$  に対する完全越流量  $Q$  に等しければ、 $Q'$  は当然完全越流をしている。従ってそのときの  $m'$  の値は  $m$  に等しくなる。すなわち

$$m'/m = 1$$

となる。一般の場合を  $m'/m = \alpha$  として計算する。

そこで測定値を式に代入して各係数を計算したのが表8及び9である。表より各関係を調べると図90及び91の如くなる。従ってこの固定堰を越流する流量を計算する場合は、まず  $h_2/H$  が0.45より大であるか小であるかを調べ、小である場合は完全溢流であるから図90によって  $H$  に対する  $m$  を求め(1)式によって  $Q$  を計算する。

また  $h_2/H$  が0.45より大である場合には不完全越流であるから図91より  $h_2/H$  に対する  $\alpha$  の値を求め、その  $H$  を用いて(1)式により完全越流として計算された  $Q$  の値に  $\alpha$  をかければよい。

### B) 可動堰(水門)の実験

#### a 模型形状

二次元のガラス張水路に水平方向で約  $1/40$  の縮尺で模型を製作した。水位の測定は、上流側  $40\text{ cm}$  の点、下流側は  $200\text{ cm}$  の点で  $h_1, h_2$  を測定した。

可動堰の平面形状は次に示すとおりである。

表 8 完全溢流係數

| No. | $Q_0 (m^3/s)$ | $h_1 (m)$ | $v_1^2/2g (m)$ | $H (m)$ | $m$   |
|-----|---------------|-----------|----------------|---------|-------|
| 1   | 1.0           | 0.696     | 0.003          | 0.699   | 0.319 |
| 2   | 1.5           | 0.908     | 0.007          | 0.915   | 0.320 |
| 3   | 2.0           | 1.080     | 0.010          | 1.090   | 0.328 |
| 4   | 2.5           | 1.240     | 0.015          | 1.255   | 0.332 |
| 5   | 3.0           | 1.378     | 0.020          | 1.398   | 0.339 |
| 6   | 3.5           | 1.526     | 0.025          | 1.551   | 0.338 |
| 7   | 4.0           | 1.634     | 0.031          | 1.665   | 0.348 |
| 8   | 4.5           | 1.758     | 0.037          | 1.795   | 0.349 |
| 9   | 5.0           | 1.868     | 0.044          | 1.912   | 0.353 |
| 10  | 5.5           | 1.980     | 0.050          | 2.030   | 0.355 |
| 11  | 6.0           | 2.078     | 0.057          | 2.135   | 0.359 |

表 9 不完全溢流係數

 $Q_0 = 10 m^3/s$ 

| No. | $h_1 (m)$ | $v_1^2/2g (m)$ | $H (m)$ | $m'$   | $m'/m$ | $h_2 (m)$ | $h_2/H$ |
|-----|-----------|----------------|---------|--------|--------|-----------|---------|
| 1   | 1.506     | 0.002          | 1.508   | 0.1008 | 0.315  | 1.486     | 0.985   |
| 2   | 1.240     | "              | 1.242   | 0.1348 | 0.422  | 1.212     | 0.976   |
| 3   | 1.038     | 0.003          | 1.041   | 0.1756 | 0.550  | 1.012     | 0.972   |
| 4   | 0.800     | "              | 0.803   | 0.2276 | 0.712  | 0.754     | 0.939   |

 $Q_0 = 20 m^3/s$ 

| No. | $h_1$ | $v_1^2/2g$ | $H$   | $m'$   | $m'/m$ | $h_2$ | $h_2/H$ |
|-----|-------|------------|-------|--------|--------|-------|---------|
| 1   | 1.782 | 0.007      | 1.789 | 0.1560 | 0.475  | 1.738 | 0.971   |
| 2   | 1.576 | 0.008      | 1.584 | 0.1875 | 0.572  | 1.534 | 0.968   |
| 3   | 1.412 | 0.009      | 1.421 | 0.2205 | 0.672  | 1.332 | 0.938   |
| 4   | 1.208 | 0.010      | 1.218 | 0.2780 | 0.847  | 1.128 | 0.927   |
| 5   | 1.130 | "          | 1.140 | 0.3006 | 0.933  | 0.860 | 0.754   |

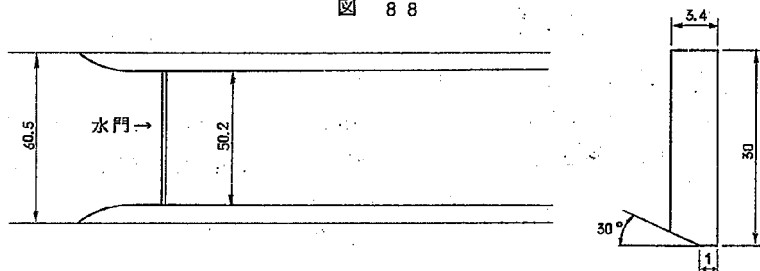
$$Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$$

| No | $h_1$ (m) | $v_1^2/2g$ (m) | H (m) | $m'$   | $m'/m$ | $h_2$ (m) | $h_2/H$ |
|----|-----------|----------------|-------|--------|--------|-----------|---------|
| 1  | 2.296     | 0.013          | 2.309 | 0.1596 | 0.471  | 2.250     | 0.974   |
| 2  | 2.034     | 0.015          | 2.049 | 0.1913 | 0.565  | 1.952     | 0.936   |
| 3  | 1.808     | 0.016          | 1.824 | 0.2273 | 0.671  | 1.718     | 0.942   |
| 4  | 1.626     | 0.018          | 1.644 | 0.2660 | 0.875  | 1.518     | 0.928   |
| 5  | 1.456     | 0.019          | 1.475 | 0.3125 | 0.923  | 1.310     | 0.888   |
| 6  | 1.410     | 0.020          | 1.430 | 0.3275 | 0.967  | 1.094     | 0.760   |
| 7  | 1.386     | "              | 1.406 | 0.3359 | 0.991  | 0.830     | 0.591   |

$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$$

| No | $h_1$ | $v_1^2/2g$ | H     | $m'$   | $m'/m$ | $h_2$ | $h_2/H$ |
|----|-------|------------|-------|--------|--------|-------|---------|
| 1  | 3.290 | 0.036      | 3.326 | 0.1847 | 0.515  | 3.206 | 0.964   |
| 2  | 2.992 | 0.040      | 3.032 | 0.2120 | 0.591  | 2.876 | 0.948   |
| 3  | 2.764 | 0.043      | 2.807 | 0.2380 | 0.663  | 2.620 | 0.933   |
| 4  | 2.566 | 0.047      | 2.613 | 0.2650 | 0.738  | 2.418 | 0.925   |
| 5  | 2.356 | 0.052      | 2.408 | 0.2998 | 0.835  | 2.198 | 0.913   |
| 6  | 2.228 | 0.054      | 2.282 | 0.325  | 0.905  | 2.016 | 0.883   |
| 7  | 2.168 | 0.055      | 2.223 | 0.3378 | 0.941  | 1.832 | 0.824   |
| 8  | 2.087 | 0.057      | 2.144 | 0.3569 | 0.994  | 1.640 | 0.765   |
| 9  | 2.082 | 0.058      | 2.140 | 0.358  | 0.997  | 1.414 | 0.661   |

图 88



## b 実験流量

模型流量の  $Q = 15 \text{ l/sec}, 20, 30, 40 \text{ l/s}$  の4種について実験を行なった。

## c 実験の整理

水門の流出については、それが自由流出である場合は

$$Q = C_a B \sqrt{2gh_1} \dots\dots\dots(1)$$

但し  $C$  : 流量係数

$a$  : 水門の開き高

$B$  : 流出幅

$h_1$  : 水門から充分離れた上流側水深

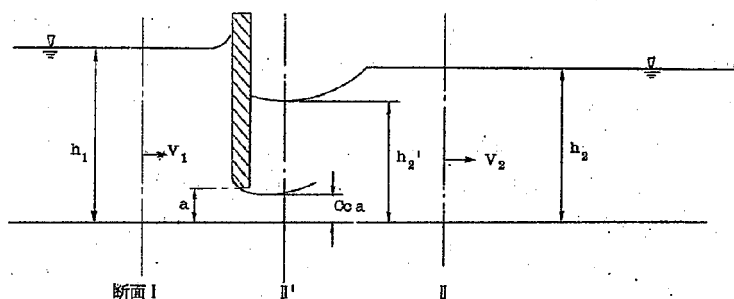
で表わすと、図89に示すように水門の上流、ジェットの収縮が完全になった断面I及びII'の間のエネルギー損失を無視しうる場合は

$$C = C_c \sqrt{1 / (1 + C_c a / h_1)}$$

$C_c$  : 収縮係数

となる。

図 89



従って係数  $C$  は  $a$  と  $h_1$  の函数で表わされる。

次にもぐり流出の場合は、下流側水理量が流出係数に影響を与えるので、自由流出の場合より複雑となるが、(1)式と同一形式が成立するものとすれば係数  $a$  と  $h_2$  との函数となるはずであり、従って同一  $h_1$  の値に対して流量は、(1)式による値とは異なってくる。そこでもぐり流出の場合の流出量の式を

$$Q' = C' a B \sqrt{2gh_1} \dots\dots\dots(2)$$

となる。

従って測定値を式に代入、各係数を計算したのが表10及び11である。

表 10 自由流出係数

| No | Q (ℓ/s) | a (cm) | h <sub>1</sub> (cm) | C     | h <sub>1</sub> /a | 摘 要            |
|----|---------|--------|---------------------|-------|-------------------|----------------|
| 1  | 15      | 1.9    | 15.67               | 0.879 | 8.247             | 断面Ⅱ'のジェットの収縮なし |
| 2  |         | 2.6    | 11.67               | 0.760 | 4.488             | "              |
| 3  |         | 3.0    | 9.74                | 0.721 | 3.247             | "              |
| 4  |         | 3.5    | 8.15                | 0.694 | 2.329             | "              |
| 1  | 20      | 2.56   | 18.83               | 0.811 | 7.355             | 断面Ⅱ'のジェットは完全収縮 |
| 2  |         | 3.0    | 16.00               | 0.750 | 5.333             | "              |
| 3  |         | 3.5    | 13.30               | 0.705 | 3.800             | "              |
| 4  |         | 4.4    | 10.18               | 0.641 | 2.314             | "              |
| 1  | 30      | 4.40   | 18.93               | 0.705 | 4.302             | "              |
| 2  |         | 4.95   | 16.59               | 0.670 | 3.352             | "              |
| 3  |         | 6.0    | 13.07               | 0.623 | 2.178             | "              |
| 1  | 40      | 6.00   | 19.82               | 0.679 | 3.03              | "              |
| 2  |         | 7.00   | 16.88               | 0.628 | 2.411             | "              |
| 3  |         | 8.00   | 14.18               | 0.598 | 1.773             | "              |

表 11 もぐり流出係数

Q = 15 ℓ/s

| No | a   | h <sub>1</sub> | C'    | h <sub>2</sub> | h <sub>1</sub> /a | h <sub>2</sub> /a |
|----|-----|----------------|-------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1  | 1.9 | 18.34          | 0.829 | 9.56           | 9.65              | 5.16              |
| 2  |     | 20.91          | 0.777 | 11.06          | 11.01             | 5.82              |
| 3  |     | 22.84          | 0.743 | 12.36          | 12.03             | 6.51              |
| 4  |     | 23.89          | 0.727 | 13.31          | 12.57             | 7.01              |
| 5  |     | 25.51          | 0.703 | 14.70          | 13.43             | 7.74              |
| 1  | 2.6 | 11.73          | 0.758 | 7.81           | 4.51              | 3.01              |
| 2  |     | 13.73          | 0.701 | 9.12           | 5.28              | 3.51              |
| 3  |     | 15.52          | 0.660 | 10.40          | 5.98              | 4.00              |
| 4  |     | 18.80          | 0.599 | 13.08          | 7.23              | 5.03              |
| 5  |     | 21.60          | 0.559 | 15.60          | 8.31              | 6.00              |
| 6  |     | 24.48          | 0.529 | 18.20          | 9.41              | 7.00              |
| 1  | 3.0 | 12.26          | 0.642 | 9.09           | 4.09              | 3.03              |
| 2  |     | 16.00          | 0.562 | 12.10          | 5.33              | 4.04              |
| 3  |     | 19.40          | 0.511 | 15.07          | 6.47              | 5.02              |
| 4  |     | 22.59          | 0.473 | 18.06          | 7.53              | 6.02              |
| 1  | 3.5 | 8.95           | 0.718 | 7.00           | 2.56              | 2.00              |
| 2  |     | 11.08          | 0.579 | 8.77           | 3.17              | 2.51              |
| 3  |     | 13.20          | 0.531 | 10.53          | 3.77              | 3.01              |
| 4  |     | 15.17          | 0.495 | 12.30          | 4.34              | 3.52              |
| 5  |     | 17.02          | 0.467 | 13.97          | 4.86              | 3.99              |
| 6  |     | 20.89          | 0.422 | 17.52          | 5.97              | 5.01              |
| 7  |     | 24.53          | 0.389 | 21.02          | 7.01              | 6.01              |

$$Q = 20 \ell/s$$

| No | a    | $h_1$ | $C'$  | $h_2$ | $h_1/a$ | $h_2/a$ |
|----|------|-------|-------|-------|---------|---------|
| 1  | 2.56 | 18.84 | 0.810 | 10.58 | 7.36    | 4.13    |
| 2  |      | 20.75 | 0.772 | 12.03 | 8.11    | 4.70    |
| 3  |      | 22.32 | 0.744 | 13.09 | 8.72    | 5.11    |
| 4  |      | 23.60 | 0.724 | 14.06 | 9.22    | 5.49    |
| 5  |      | 24.80 | 0.706 | 14.91 | 9.69    | 5.82    |
| 6  |      | 26.51 | 0.683 | 16.32 | 10.36   | 6.38    |
| 1  | 3.0  | 15.93 | 0.751 | 10.31 | 5.31    | 3.44    |
| 2  |      | 17.70 | 0.713 | 11.33 | 5.90    | 3.78    |
| 3  |      | 19.08 | 0.687 | 12.32 | 6.36    | 4.11    |
| 4  |      | 20.56 | 0.662 | 13.39 | 6.85    | 4.46    |
| 5  |      | 22.51 | 0.632 | 15.51 | 7.51    | 5.17    |
| 6  |      | 25.16 | 0.598 | 17.34 | 8.39    | 5.78    |
| 1  | 3.5  | 13.87 | 0.690 | 10.04 | 3.96    | 2.87    |
| 2  |      | 15.73 | 0.648 | 11.25 | 4.49    | 3.21    |
| 3  |      | 16.97 | 0.624 | 12.33 | 4.85    | 3.52    |
| 4  |      | 18.04 | 0.605 | 13.10 | 5.15    | 3.74    |
| 5  |      | 19.59 | 0.581 | 14.54 | 5.60    | 4.15    |
| 6  |      | 21.55 | 0.554 | 16.07 | 6.16    | 4.59    |
| 1  | 4.4  | 10.81 | 0.622 | 8.80  | 2.46    | 2.00    |
| 2  |      | 11.84 | 0.594 | 9.43  | 2.69    | 2.14    |
| 3  |      | 13.37 | 0.559 | 10.75 | 3.04    | 2.44    |
| 4  |      | 14.68 | 0.534 | 11.92 | 3.34    | 2.71    |
| 5  |      | 16.06 | 0.510 | 13.15 | 3.65    | 2.99    |
| 6  |      | 18.98 | 0.469 | 15.89 | 4.31    | 3.61    |

$$Q = 30 \ell/s$$

| No | a (cm) | $h_1$ (cm) | $C'$  | $h_2$ (cm) | $h_1/a$ | $h_2/a$ |
|----|--------|------------|-------|------------|---------|---------|
| 1  | 4.4    | 18.82      | 0.708 | 13.12      | 4.28    | 2.98    |
| 2  |        | 20.47      | 0.679 | 14.32      | 4.65    | 3.25    |
| 3  |        | 22.53      | 0.647 | 15.92      | 5.12    | 3.62    |
| 4  |        | 24.24      | 0.624 | 17.21      | 5.51    | 3.91    |
| 5  |        | 26.56      | 0.596 | 18.74      | 6.03    | 4.26    |
| 1  | 4.95   | 15.74      | 0.687 | 11.91      | 3.18    | 2.41    |
| 2  |        | 17.83      | 0.646 | 13.46      | 3.60    | 2.72    |
| 3  |        | 20.08      | 0.609 | 15.52      | 4.06    | 3.14    |
| 4  |        | 16.56      | 0.586 | 16.56      | 4.37    | 3.35    |
| 5  |        | 24.00      | 0.557 | 18.27      | 4.85    | 3.69    |
| 1  | 6.00   | 13.00      | 0.624 | 10.76      | 2.17    | 1.80    |
| 2  |        | 14.73      | 0.586 | 12.27      | 2.46    | 2.05    |
| 3  |        | 16.82      | 0.549 | 14.26      | 2.80    | 2.38    |
| 4  |        | 18.20      | 0.527 | 15.08      | 3.03    | 2.51    |
| 5  |        | 19.90      | 0.504 | 16.46      | 3.32    | 2.74    |

$$Q = 40 \ell / s$$

| No. | a    | $h_1$ | $C'$  | $h_2$ | $h_1/a$ | $h_2/a$ |
|-----|------|-------|-------|-------|---------|---------|
| 1   | 6.00 | 18.84 | 0.699 | 13.84 | 3.07    | 2.31    |
| 2   |      | 20.18 | 0.668 | 14.98 | 3.36    | 2.50    |
| 3   |      | 22.06 | 0.639 | 16.46 | 3.68    | 2.74    |
| 4   |      | 24.46 | 0.607 | 17.97 | 4.08    | 3.00    |
| 1   | 7.00 | 16.68 | 0.630 | 13.37 | 2.38    | 1.91    |
| 2   |      | 18.44 | 0.599 | 14.84 | 2.63    | 2.12    |
| 3   |      | 20.12 | 0.573 | 15.69 | 2.87    | 2.24    |
| 4   |      | 21.54 | 0.554 | 16.68 | 3.08    | 2.38    |
| 5   |      | 23.04 | 0.536 | 17.84 | 3.29    | 2.55    |
| 6   |      | 23.87 | 0.526 | 18.51 | 3.41    | 2.64    |
| 1   | 8.00 | 14.31 | 0.595 | 12.34 | 1.79    | 1.54    |
| 2   |      | 15.44 | 0.573 | 13.23 | 1.93    | 1.65    |
| 3   |      | 16.96 | 0.546 | 14.41 | 2.12    | 1.80    |
| 4   |      | 18.50 | 0.523 | 15.70 | 2.31    | 1.96    |
| 5   |      | 19.40 | 0.511 | 16.32 | 2.43    | 2.04    |
| 6   |      | 21.16 | 0.489 | 17.56 | 2.65    | 2.20    |

表より各関係を調べると、図 9 2 及び 9 3 の如くなる。

よって、この可動堰（水門）を流出する流量を計算する場合は自由流出の時には図 9 2 によって  $h_1/a$  に対する  $C'$  を求め(1)式によって計算する。潜流出の場合は図 9 3 によって  $h_1/a$  と  $h_2/a$  に対する  $C'$  を求めて(1)式によって計算すればよい。

以上が二次元の流れでの係数であるから、3 次元の流れをする河川にこの係数を適用した場合について検証実験を行なった。その方法は  $a$  を決定し、次に  $h_1/a$  と  $h_2/a$  を想定して計算により流量を求め、その流量と  $a$  及び  $h_2$  より実験によって  $h_1$  を求めたものである。実験結果を表 - 12 に示す。

表 - 12

| a, Q                    | $h_2(m)$ | 門数 | 計 算 値    |         |      | 実 験 値    |         |       |
|-------------------------|----------|----|----------|---------|------|----------|---------|-------|
|                         |          |    | $h_1(m)$ | $h_1/a$ | $C'$ | $h_1(m)$ | $h_1/a$ | $C'$  |
| a = 0.95m               |          |    |          |         |      |          |         |       |
| $Q_2 = 191.1 m^3/s$     | 2.85     | 2  | 3.705    | 3.9     | 0.59 | 3.78     | 3.98    | 0.584 |
| $Q_3 = 286.8 \text{ "}$ | "        | 3  | "        | "       | "    | 3.705    | 3.90    | 0.590 |
| a = 1.5m                |          |    |          |         |      |          |         |       |
| $Q_2 = 281.6 m^3/s$     | 3.75     | 2  | 4.5      | 3.0     | 0.50 | 4.55     | 3.03    | 0.497 |
| $Q_3 = 422.5 \text{ "}$ | "        | 3  | "        | "       | "    | 4.48     | 2.99    | 0.500 |
| a = 1.75m               |          |    |          |         |      |          |         |       |
| $Q_1 = 157.5 m^3/s$     | 3.5      | 1  | 4.13     | 2.36    | 0.50 | 4.18     | 2.39    | 0.498 |
| $Q_2 = 315.0 \text{ "}$ | "        | 2  | "        | "       | "    | 4.14     | 2.37    | 0.500 |
| $Q_3 = 472.5 \text{ "}$ | "        | 3  | "        | "       | "    | 4.07     | 2.33    | 0.502 |

図 9 0 m と H との関係 (完全溢流)

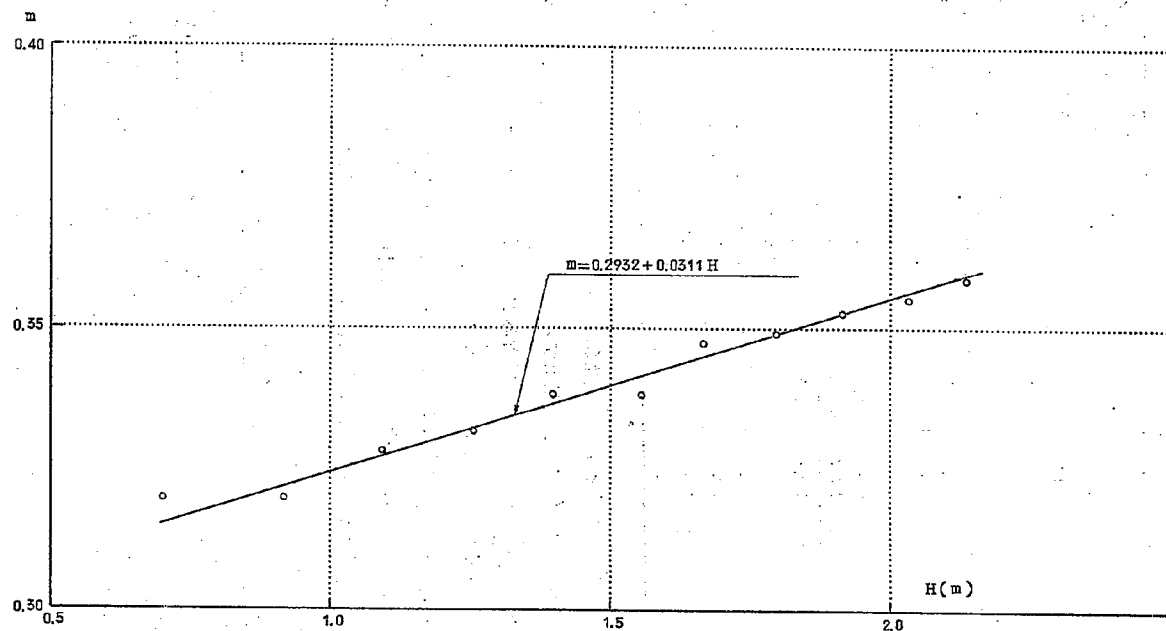


図 9 1  $m^1/m$  と  $h_2/H$  との関係 (不完全溢流)

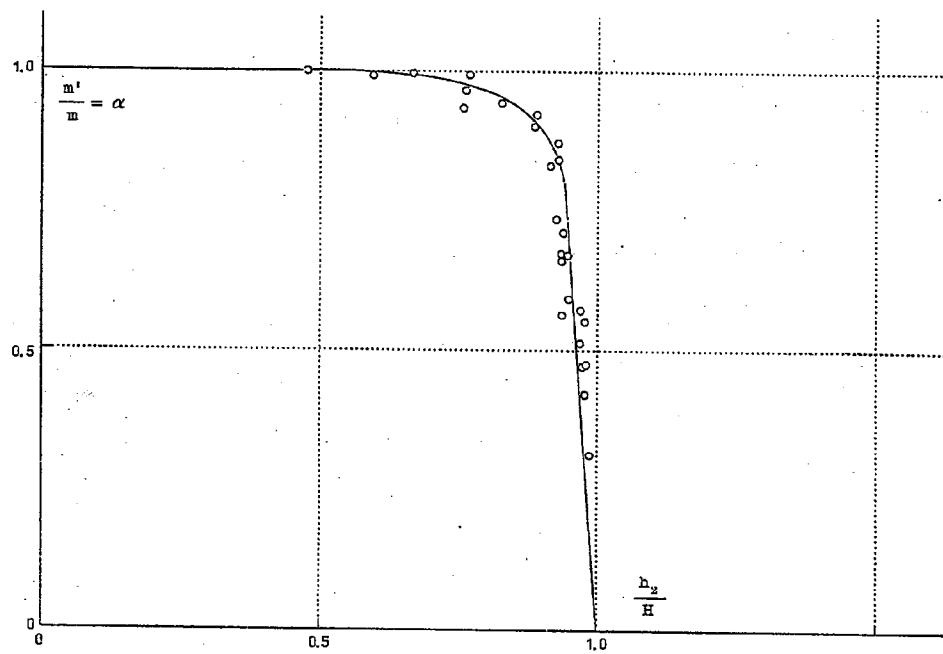


図 9 2  $C$  と  $h_1/a$  との関係 (自由流出)

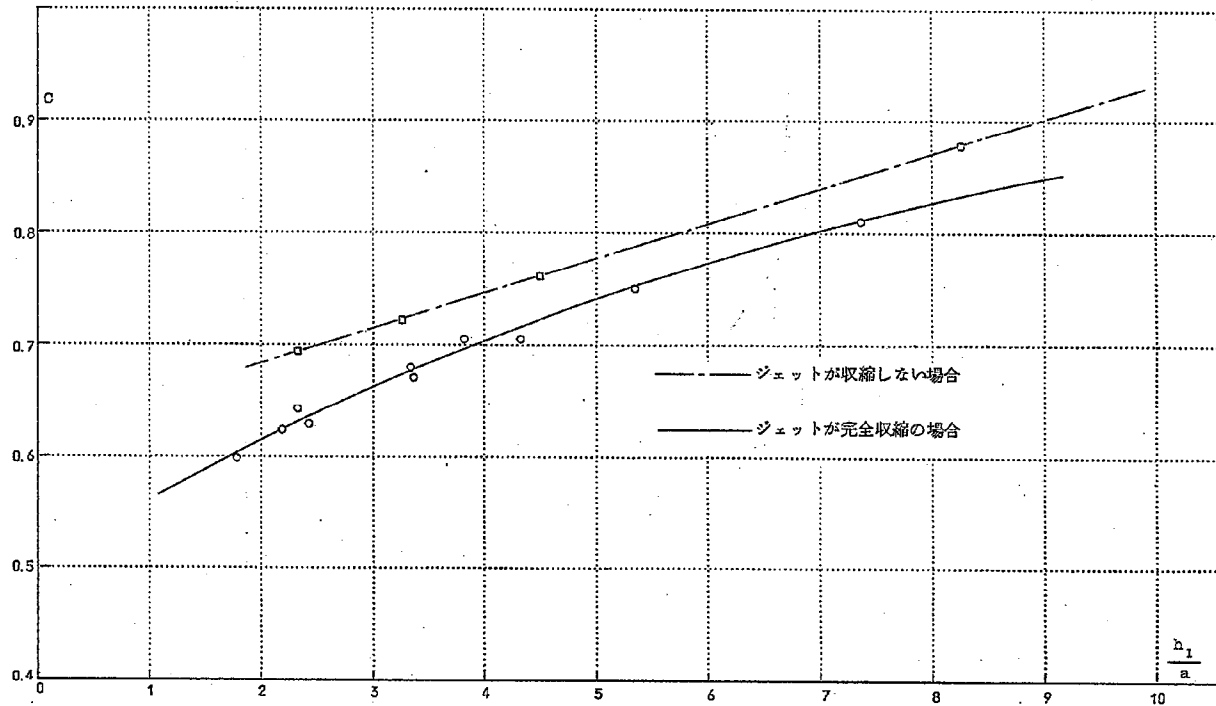
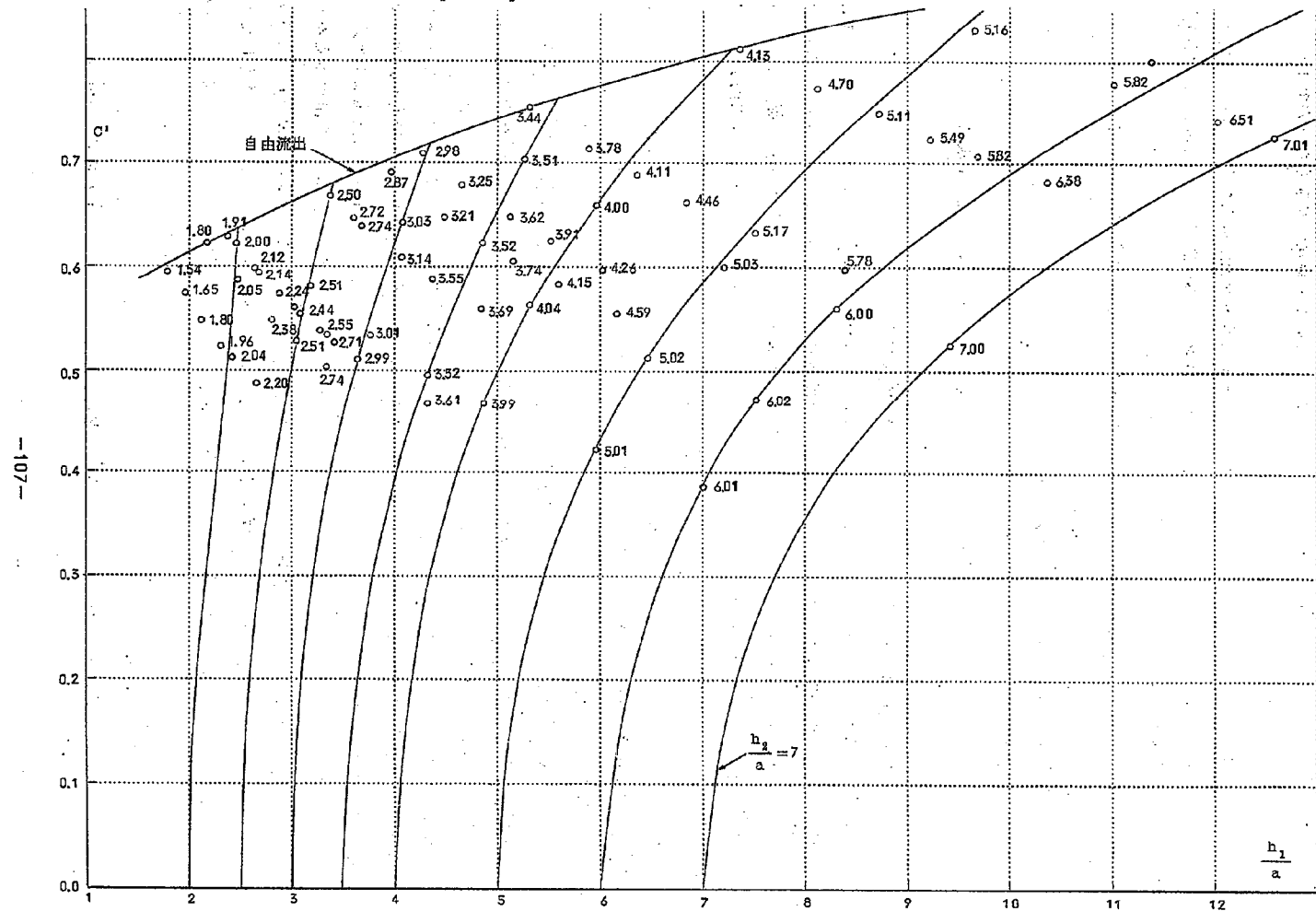


図 9 3  $C'$  と  $h_1/a$ ,  $h_2/a$  との関係 (モグリ流出)



流量が  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  以下では量水槽の測定限度以下となり、誤差が大きくなるので  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  以下の実験は省いた。

以上の事柄から判明することは通水々門が 1~2 門の場合上流水位がやや高めになり、3 門ではやや低めになる傾向がある。しかし、0 の値は 1 パーセント内外の誤差範囲になり二次元での係数をそのまま適要出来る。

尚、水門を全開して固定堰頂を溢流しない範囲 ( $Y_P + 14.9 \text{ m}$ ) での通水能力は、

$$1 \text{ 門の場合} \quad Q = 315 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$2 \text{ 門の場合} \quad Q = 430 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$3 \text{ 門の場合} \quad Q = 520 \text{ m}^3/\text{s}$$

であった。ただしこのときの下流水位は図 94 ( $n = 0.030$ ) の  $H-Q$  曲線にそって上昇する場合である。

これより、上流側水位を  $Y_P + 14.9 \text{ m}$  に保って、水門の開度  $a$  と流量  $Q$  との関係を求めると図 95 に示すとくなる。この場合も下流水位は図 94 の  $H-Q$  曲線にそって上昇するものと仮定した。

次に水門操作に伴って起るところの、自由流出あるいはもぐり流出の場合の、下流側の流速を求めた結果は図 96~100のごとくである。実験はジェット流が最も長く突走る際の自由流出をもぐり流出の 2 門についてのみ行なった。尚自由流出で定流の場合はジェット流は水門から 5 m 附近より消える。

## 〔7〕 実験結果に対する考察

### (1) 現 状

現状についての測定結果を見ると、水位は計画高水位に対して安全であるが、堰に対してはすでに流量  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  で可動堰のゲート下端は流水中にあり、一方流量  $450 \text{ m}^3/\text{s}$  以上の洪水では、固定堰は冠水し、もはやゲートの操作は困難となる。

せきを越える流速については、可動せき部と固定せき部とは異なり可動せき部分では、流量の小さい方が流速が大きくなり、 $Q = 350 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合約  $6 \text{ m/s}$  の流速を生ずる。固定せき部分については  $Q = 450 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合、かなりの部分で越流しその場合の最大流速は  $4 \text{ m/s}$  を越える所もあり、このせきが建設された当時の洪水流量は  $450 \text{ m}^3/\text{s}$  以下であった事を考えるとせきを越える流れに対して安全性が十分でない事がうかがわれる。 $n = 0.03$  の場合は、流量が  $650 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $850 \text{ m}^3/\text{s}$  と増加するにつれ、固定せきを越える流速も  $3.5 \text{ m/s}$ 、 $3.9 \text{ m/s}$  と全体として増大する傾向にある。 $n = 0.035$  の場合は  $Q = 650 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合に流速が大きくなり、その最大は  $3.6 \text{ m/s}$  である。

### (2) 計 画 堰

$Q = 850 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合の水位は現せきの場合に比べかなり下りせきより上流で計画高水位以下

圖 24 26.95K H - Q 曲線

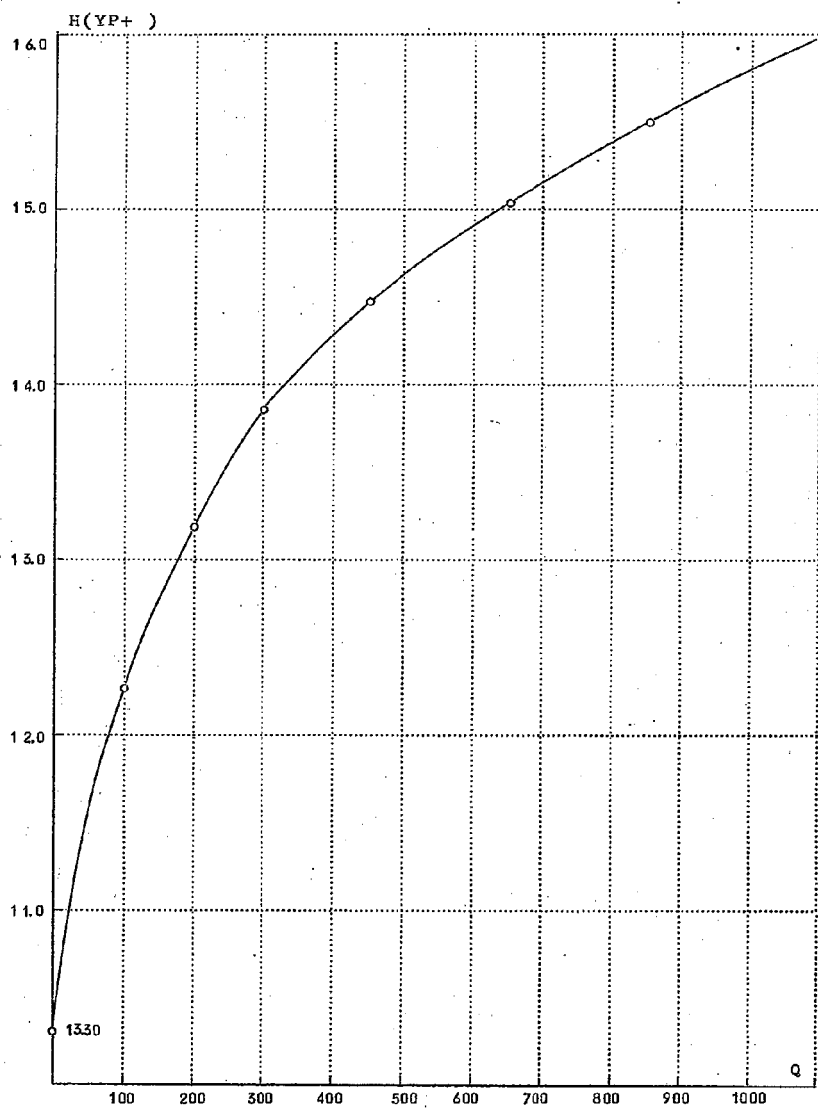


図 9.5  $a$  と  $Q_1$  との関係

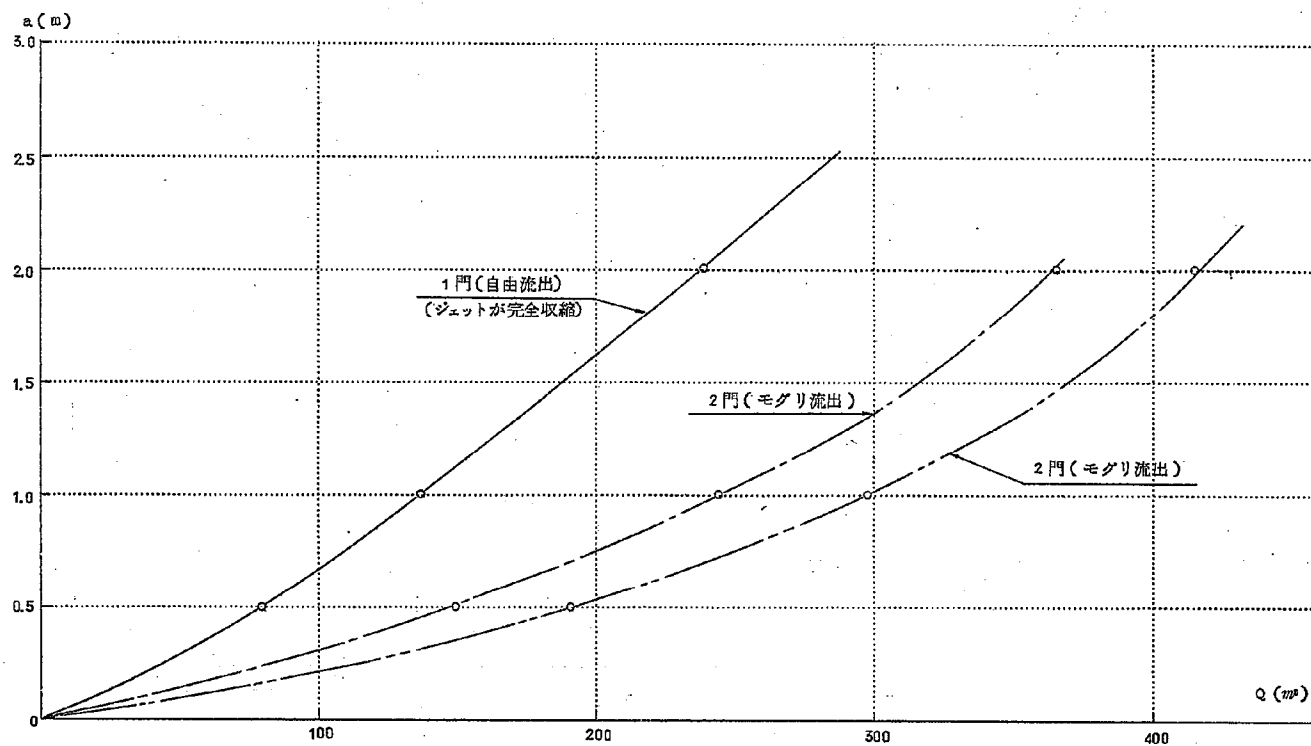


圖 9 6 流 速 分 布 圖 ( 1 門 全 開 )

流 速 縮 尺

0 1 2 3 4 5

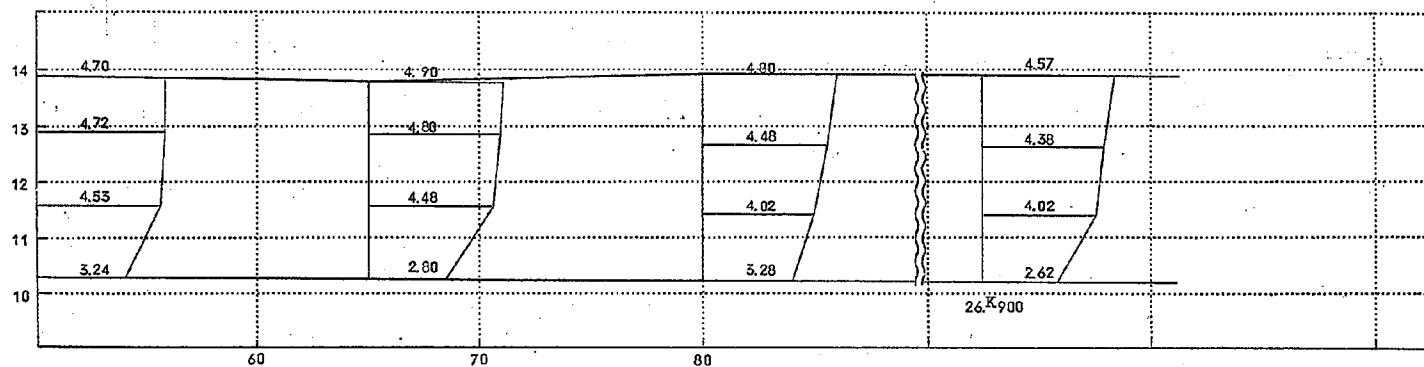
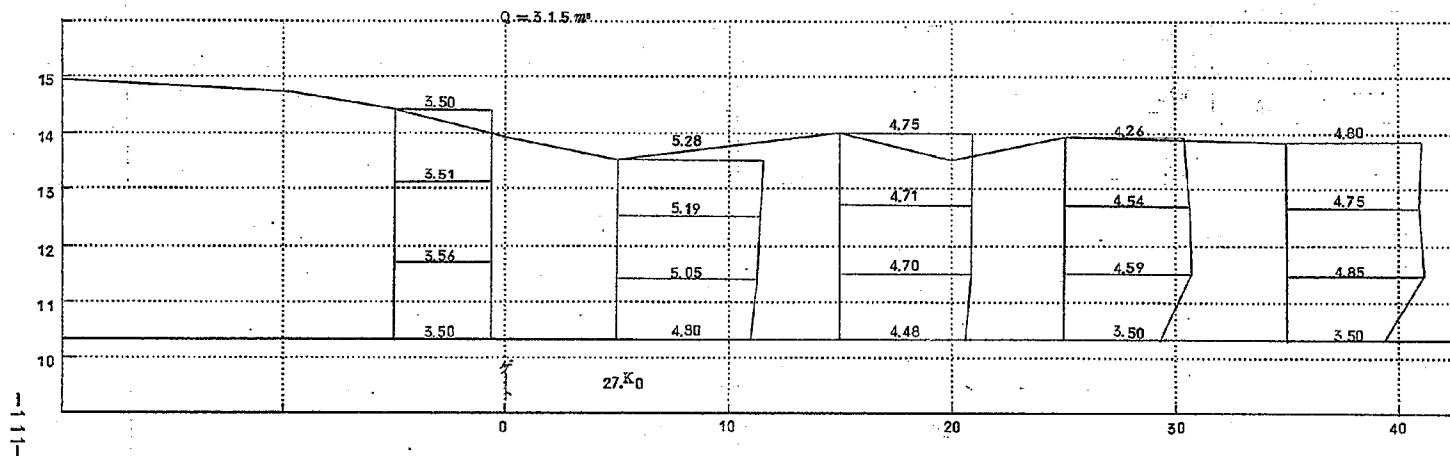


圖 9 7 流 速 分 布 圖 ( 1 門 ,  $a = 1.62 \text{ m}$  )

$Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$

流速縮尺

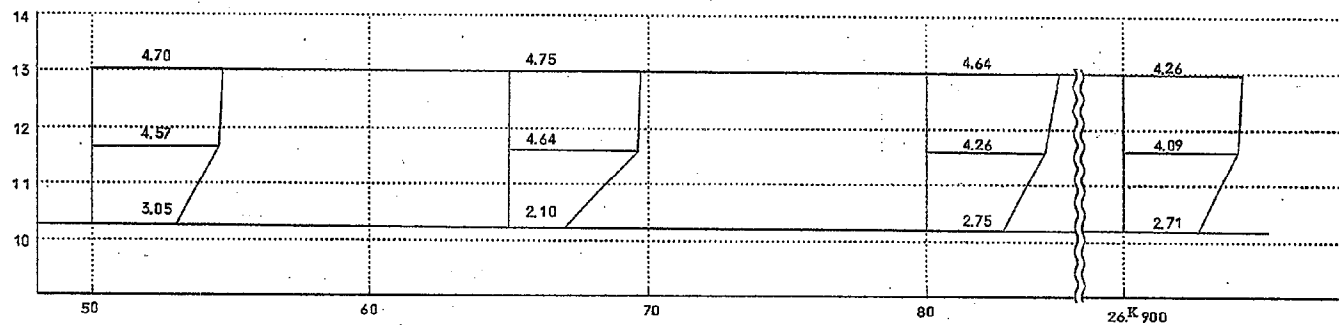
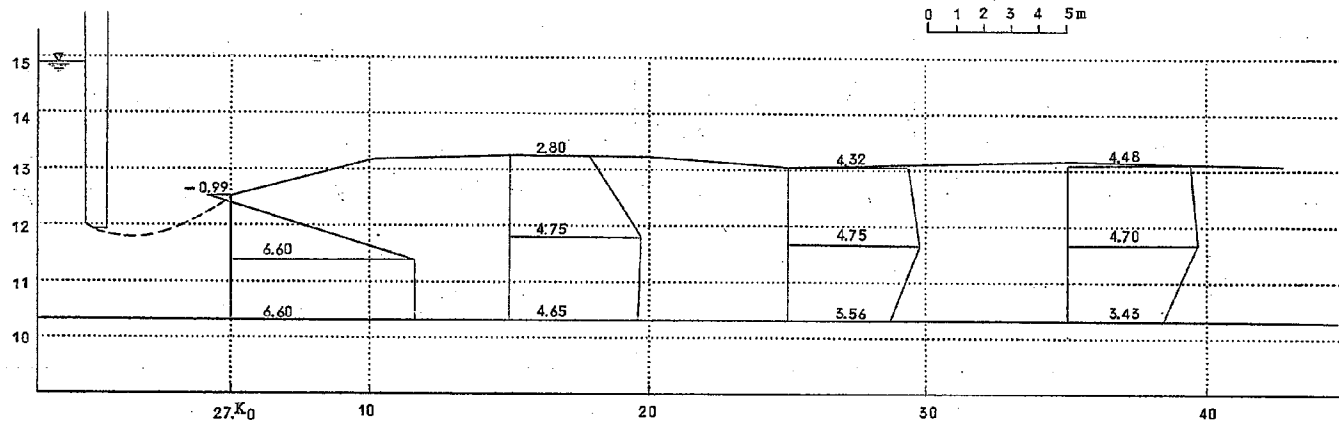
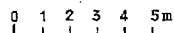


圖 9 8 流 速 分 布 圖 ( 1 門 .  $a = 0.5 \text{ m}$  )

$Q = 85.6 \text{ m}^3$

流速縮尺

0 1 2 3 4 5 m

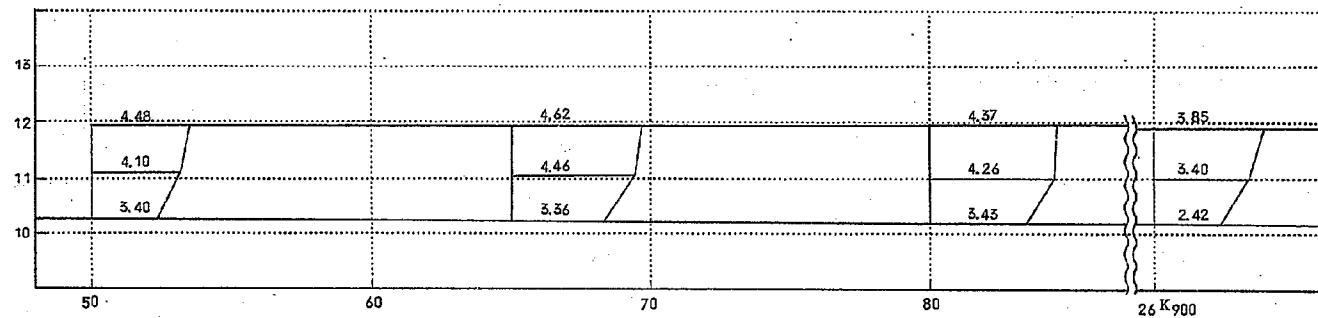
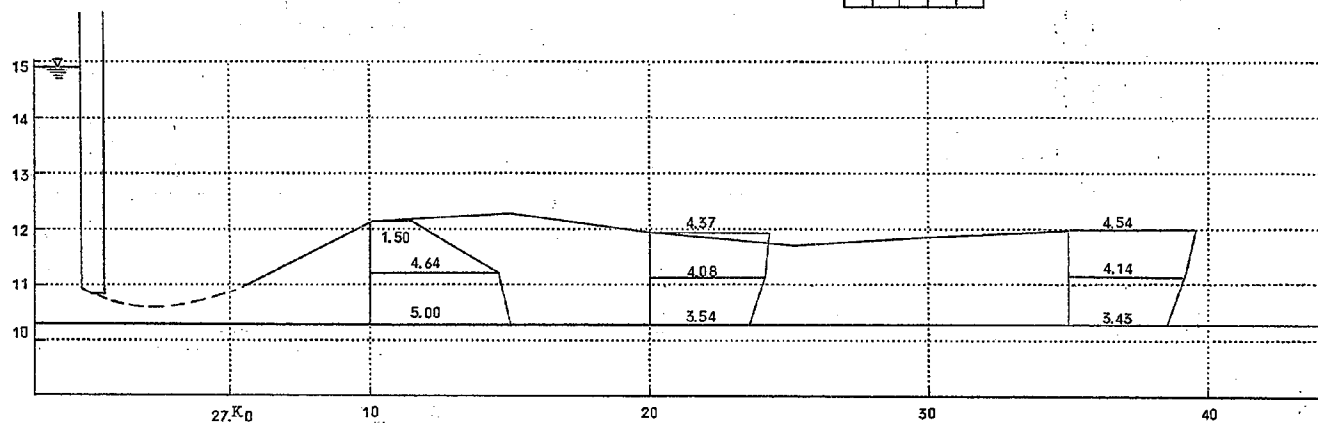


图 9 9 流速分布图 (2 門,  $a = 0.75 \text{ m}$ )

$$Q = 200 \text{ m}^3$$

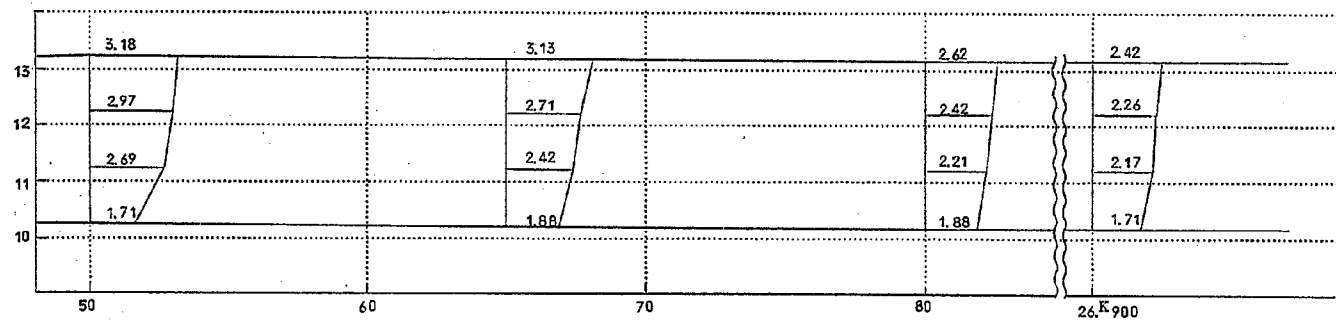
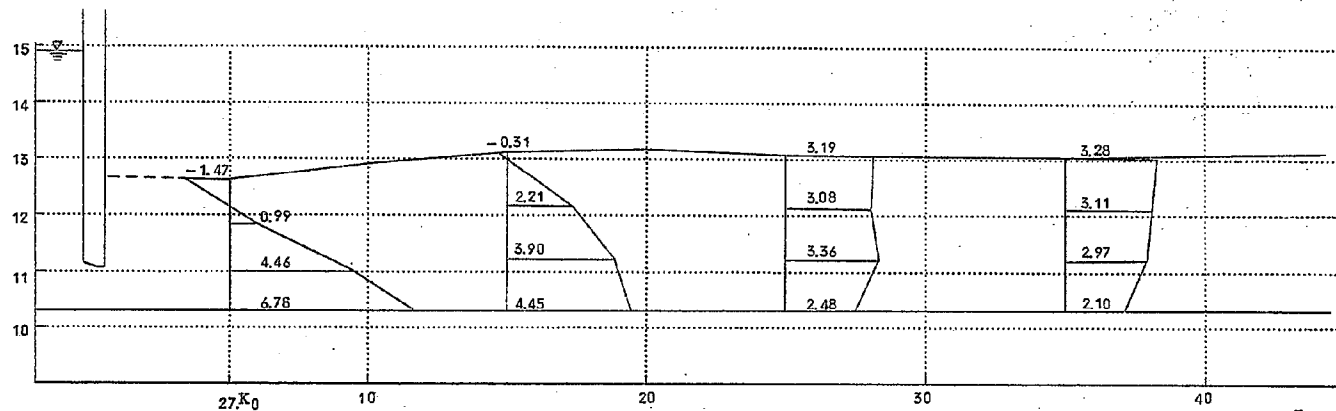
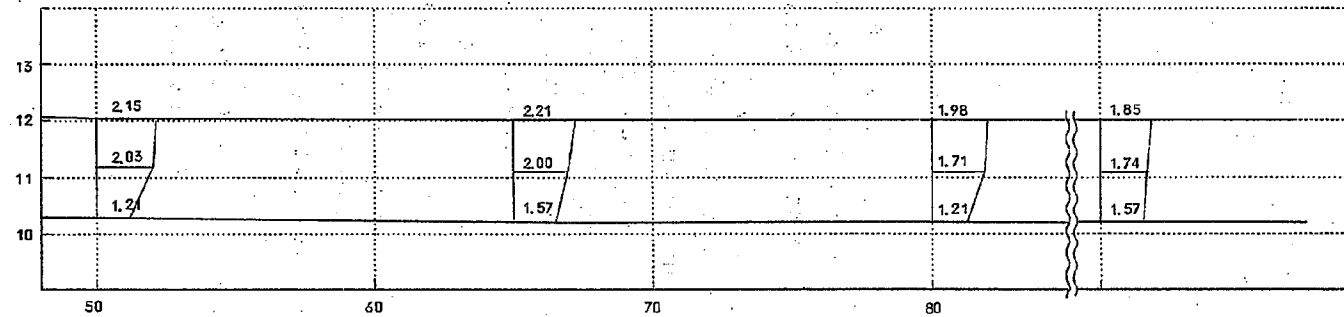
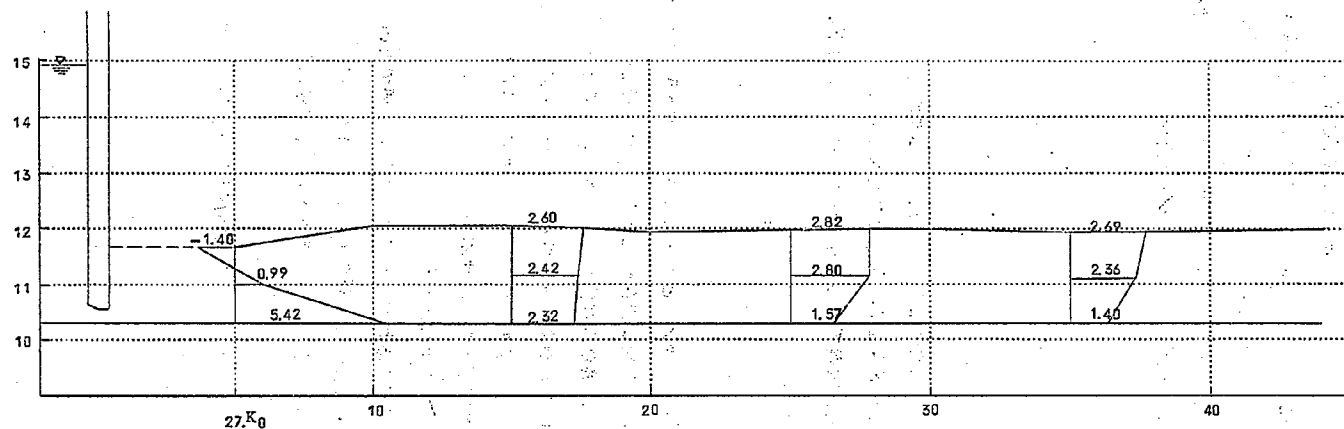


圖 100 流速分布圖 (2門,  $a=0.25m$ )

$Q=84 m^3$



20~30cm, せき下流で35~47cm下りとなる。流量が520m<sup>3</sup>/sec以下の洪水では全流量が可動堰によって流下せしめられるので、固定堰及び堤防に対する安定性は大きい。この場合の最大流速は2.2~2.7m/sで現ぜきに比べかなり減少し河道の安定上あまり問題がない。流量が520m<sup>3</sup>/s以上になると、固定せき上を越流するがこの場合の最大流速は、 $n=0.03$ の場合2.69m/s( $Q=850\text{m}^3/\text{s}$ )であり、 $n=0.035$ の場合は2.43m/s( $Q=650\text{m}^3/\text{s}$ )と現ぜきに比べかなり流速が減少する。

## 5. 結 論

### (1) 現 状 実 験

- (1) 下等流計算により検討した結果粗度係数は0.030が適当と思われる。
- (2) 現状で固定せきを越流させないで流下させる場合、その最大流量は約400m<sup>3</sup>/sである。
- (3) せき附近に生ずる最大流速は、定常状態で可動せき部が約6m/s(直下流)、固定せき部で約4m/s(せき頂部)である。

### (2) 計画せきに関する実験

- (1) 水門の通水能力は、水門全開で約600m<sup>3</sup>/sとなり計画高水流量850m<sup>3</sup>/sの70%以上を流下せしめ、固定せき及びその下流端の洗掘防止となり、その安定性は大きい。
- (2) 模型範囲内で計画高水流量を流した場合の水位は計画高水位以下である。
- (3) せき下流の水叩き必要長は河床最大流速より判断される。流速3m/s以上の部分に水叩きを必要と考えれば水門より大体100m附近まで、又4m/sの範囲内とすれば20m附近まで必要である。この場合水門下流の流心は不安定で水門より70m附近から蛇行することもある。ジェット流は最大40m位現われる。

固定せき部分では、水門操作が適切であれば減勢工は必ずしも必要でない。

- (4) せき改造により、流心は低水路、可動せき部分に集り堤防の安全性は高くなる。また低水路内の27.3~27.6km附近の左岸、及び水門下流部は流向が不安定になるので護岸を必要とする。
- (5) 水門操作は任意に行えるが、1門の場合は流速の大きい簾出射流を生ずる場合があるので下流端条件に十分注意して行なわねばならない。

## 6. あ と が き

本実験は昭和38年度，39年度に関東地方建設局より依頼をうけて土木研究所，河川研究室において実施したものであり実験及び解析の担当者は下記の者である。

河川研究室長      土屋昭彦技官  
                         安部麿雄技官

昭和41年3月