

I S S N 0386—5878

土 研 資 料 第1433号

土 木 研 究 所 資 料

耶馬溪ダム洪水吐水理模型実験報告書

昭和53年10月

建設省土木研究所

篠崎試験所

序 文

本報告書は、建設省土木研究所が九州地方建設局の依頼により、昭和51年度より昭和53年度にかけて、篠崎試験所の担当で実施した耶馬溪ダム洪水吐の水理設計、および水理模型実験の結果をとりまとめたものである。各年度における主な内容は以下に示すとおりである。

(昭和51年度)

ダム洪水吐原案のうち、高圧放水管の形状設計および水理模型実験を行ない、資料を入手した。

(昭和52年度)

ダム洪水吐全体原案の配置による減勢工の規模、形状に関する調査を一部実施した。その後原案の平面的配置が変更になり、とりあえず洪水吐のうち高圧放水管の水理設計および、水理模型実験による機能の調査を行ない、実施設計形状の検討に必要な資料を入手した。

(昭和53年度)

低圧型管路（オリフィス形式）、および堤頂越流部の各部に対する水理設計、および水理模型実験から得られた資料にもとずき、形状の適否に係わる検討を行なった。また、最終的に決定された洪水吐配置案による減勢工の規模、形状および下流河道の流況に関する調査を行ない耶馬溪ダム洪水吐の実施設計形状について検討した。

なお、水理実験の計測、整理の主たるものは、土木研究所の実施計画に基づき、株式会社建設技術研究所が行なった。

昭和53年10月

建設省土木研究所 篠崎試験所

波多野 茂 幸

目 次

検 討 結 果	1
第一章 洪水吐の設計経緯	12
第二章 常 用 洪 水 吐	13
第1節 設 計 条 件	13
第2節 高圧放水管の設計	13
第3節 低圧型管路（オリフィス型式）の設計	21
第4節 高圧放水管水理模型実験	23
第5節 低圧型管路の水理模型実験	27
第三章 非 常 用 洪 水 吐	63
第1節 設 計 条 件	63
第2節 堤頂越流部の設計	63
第3節 水 理 模 型 実 験	65
第四章 減 勢 工	83
第1節 概 要	83
第2節 設 計 条 件	83
第3節 減勢工の必要規模	83
第4節 減勢工の水理模型実験	85
付録1. 耶馬溪ダム基本計画概要	104
付録2. 高圧放水管水理模型実験資料（昭和51年度原案）	109

検 討 結 果

耶馬溪ダム洪水吐としてP 3 ～P 8 に示す形状を採用すれば、設計条件を満足し、所定の機能を維持することができる。高圧放水管、低圧型管路および堤頂越流部の放流量曲線は以下に示すものが適用される。

(高圧放水管)

1 条当りの放流量Q

$$Q = \alpha \sqrt{H}$$

$$\alpha = 1.6728 G_r - 2.172 G_r^3 + 9.474 G_r^5$$

$$H = \text{貯水位} - 132.165 \text{ m}$$

ここで G_r はゲート全開時の戸当り沿いの弧長 (3.2142 m) に対する割合を示し、全開時 ($G_r = 1$) にも適用できる。また、戸当り下端 (EL 132.1646 m) から鉛直方向のゲート開き (G_v) と G_r との関係は次式による。

$$G_v = 38354 - \{ \cos (11.459 \ell + 39.9076^\circ) \times 5000 \}$$

$$\text{ただし } \ell = 3.2142 \times G_r$$

$$G_v, \ell = \text{m 単位} \quad , \quad \ell = \text{任意の開き (弧長)}$$

(低圧型管路)

A) 管 路 流

$$Q = \beta \sqrt{H} \quad \text{ただし適用範囲 } \frac{H}{G_d} > 3$$

$$\beta = 1.2972 G_d - 0.489 G_d^3 + 0.0398 G_d^5$$

$$H = \text{貯水位} - 158.5 \text{ m}$$

$$G_d = \text{ゲート下端よりゲート戸当り (EL 158.419 m) までの標高差}$$

B) 自由越流時

$$Q = r \sqrt{H} \quad \text{ただし適用範囲 } \frac{H}{D} < 1.7$$

$$r = 6.981 H - 0.0350 H^3 + 0.000663 H^5$$

$$D = 3.7 \text{ m}$$

$$H = \text{貯水位} - 158.5 \text{ m}$$

(堤頂越流部)

A) 自由越流部

$$Q = C B H^{3/2}$$

$$C = 1.595 + 0.00560 H^2 - 0.0000197 H^4$$

ここで、H=越流水深、B=全越流幅(27 m)

B) ゲート操作時(オリフィス流)

$$Q = CB \{ H^{3/2} - (H - G_h)^{3/2} \}$$

$$C = 1.834 - 0.000076 G_h^2 + 0.00016 G_h^4$$

ここで、 G_h = ゲート下端からゲート戸当り(EL 16 5.2 3.2 m) との標高差(鉛直高)

H=越流水深

[考慮すべき遷移領域]

低圧型管路および堤頂越流部において、オリフィス流から自由越流へうつり変わるところで水位と流量が不規則な変動を伴ういわゆる遷移領域の存在することが知られている。したがって通常のゲート操作にあたっては、操作時の貯水位が遷移領域に入らないよう行なうことが望ましい。ゲート操作計画にはこのことについて事前に考慮しておく必要がある。

各洪水吐に対する遷移領域は以下に示してある。

A) 堤頂越流部

越流部からの水深H、ゲートの開きGに対して概ね次のように規定しうる。

$H/G < 1.4 \sim 1.6$	自由越流領域
$1.4 \sim 1.6 < H/G < 1.6 \sim 1.8$	遷移流領域
$1.6 \sim 1.8 < H/G$	オリフィス流領域

B) 低圧型管路(オリフィス形式)

オリフィス敷高からの水深H、ゲートの開きGに対し、概ね次のように規定しうる。

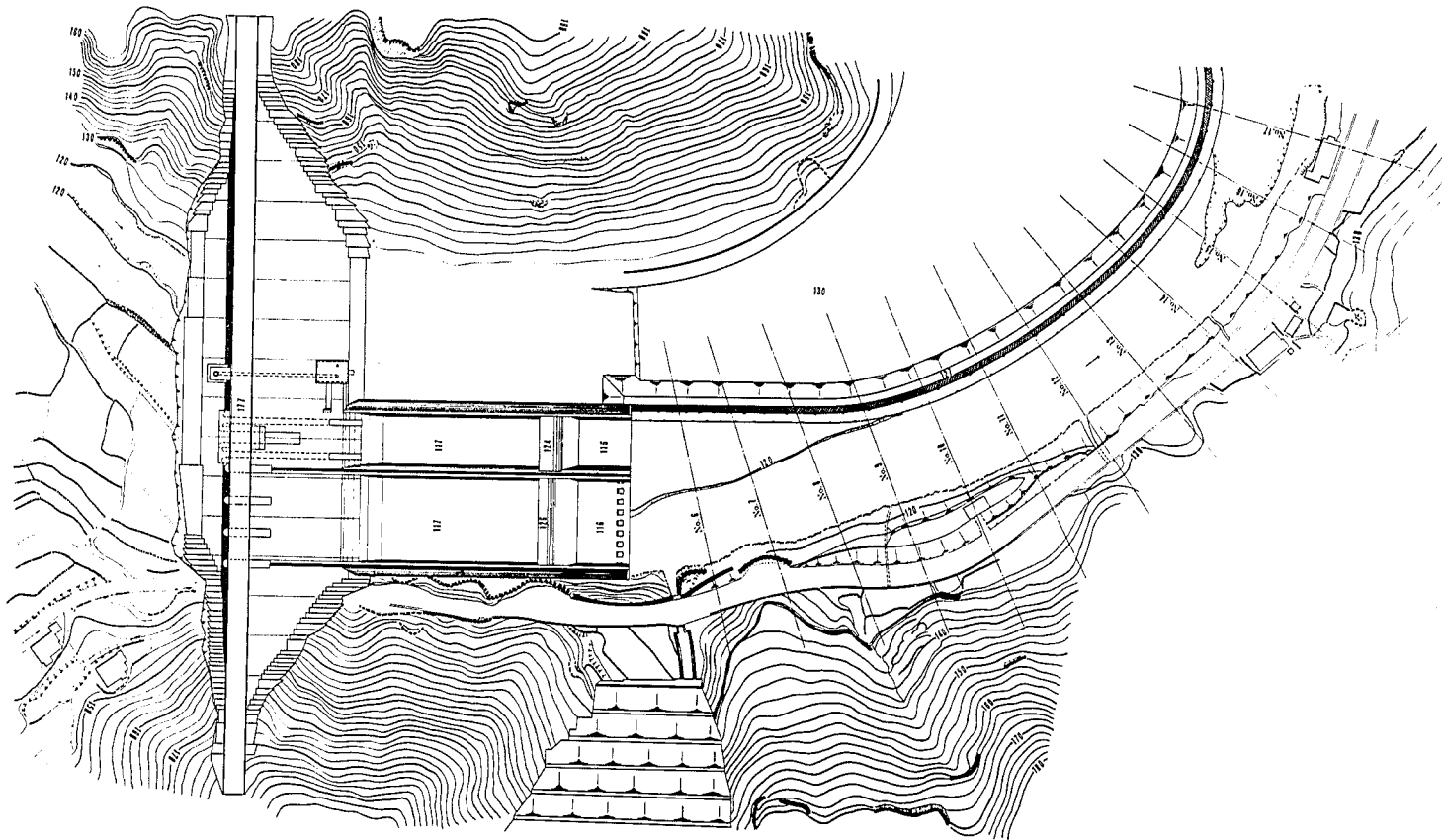
$0 < G < 3 \text{ m}$

$H/G < 1.7$	自由越流領域
$1.7 \leq H/G \leq 2.1 \sim 2.3$	遷移流領域
$2.1 \sim 2.3 < H/G$	オリフィス流領域

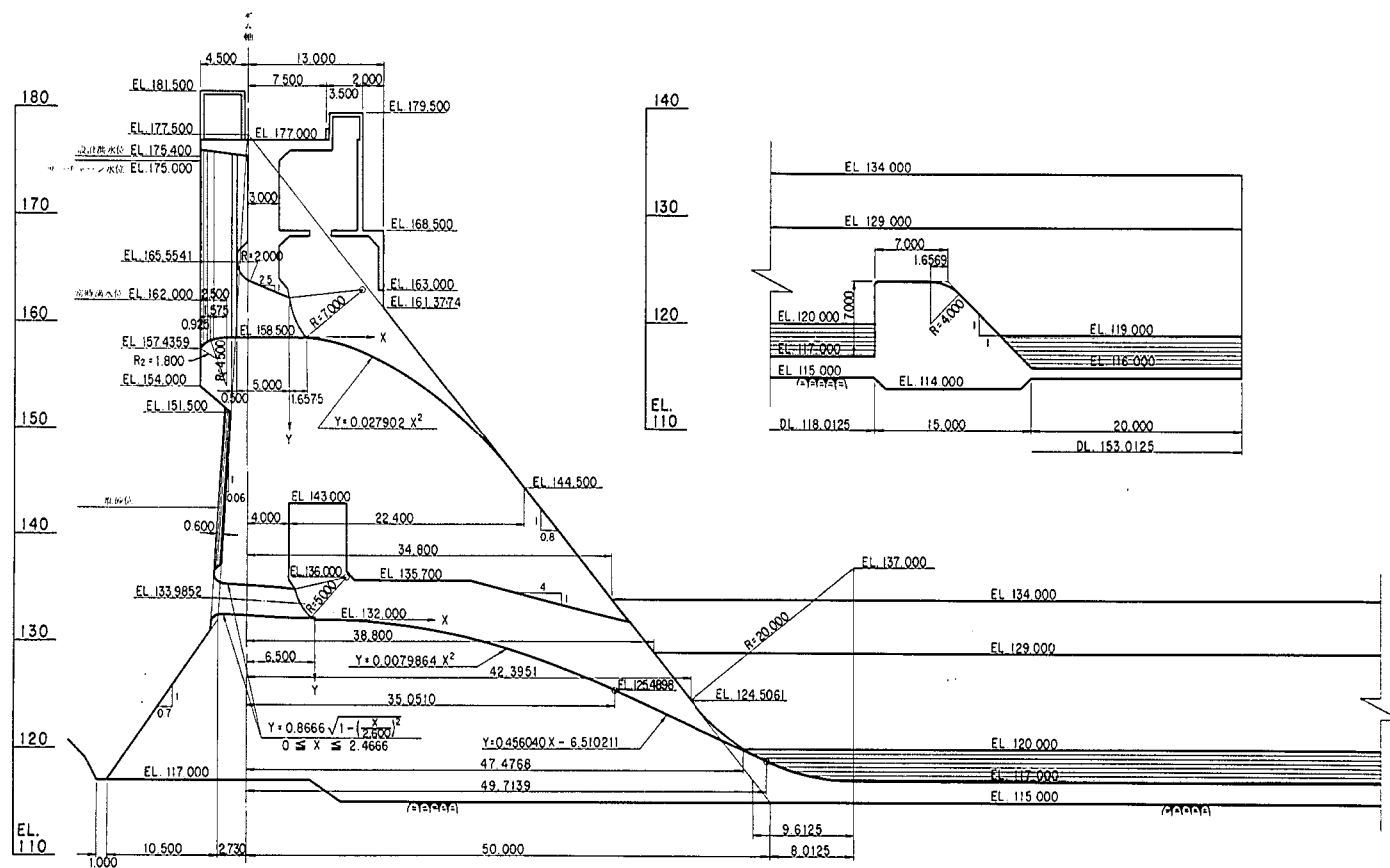
$3 \text{ m} \leq G \leq \text{全開}$

$H/G < 1.6 \sim 1.7$	自由越流領域
$1.6 \sim 1.7 \leq H/G \leq 2.0$	遷移流領域
$2.0 \leq H/G$	オリフィス流領域

注) ゲートの開きGとはゲート戸当りからゲート下端までの標高差で示される。

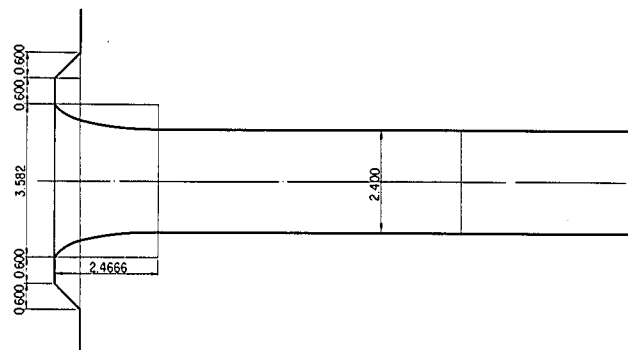


ダム平面図

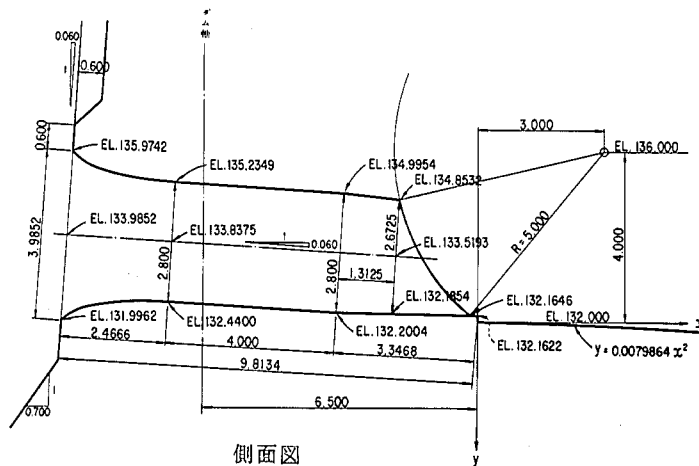


常用洪水吐断面图

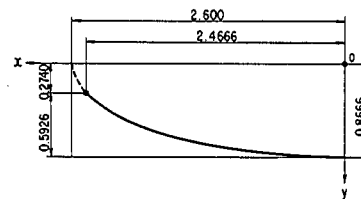
非常用洪水吐断面図



平面図



側面図



ベルマウス形状

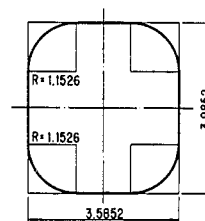
$$\frac{x^2}{D^2} + \frac{y^2}{(D/3)^2} = 1$$

$$D = 2.600$$

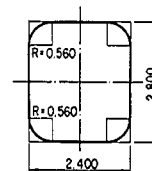
$$\frac{x^2}{2.600^2} + \frac{y^2}{0.8666^2} = 1$$

$$y = 0.8666 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{2.600}\right)^2}$$

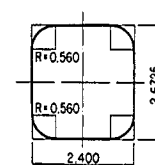
$$0 \leq x \leq 2.4666$$



ベルマウス
上流断図

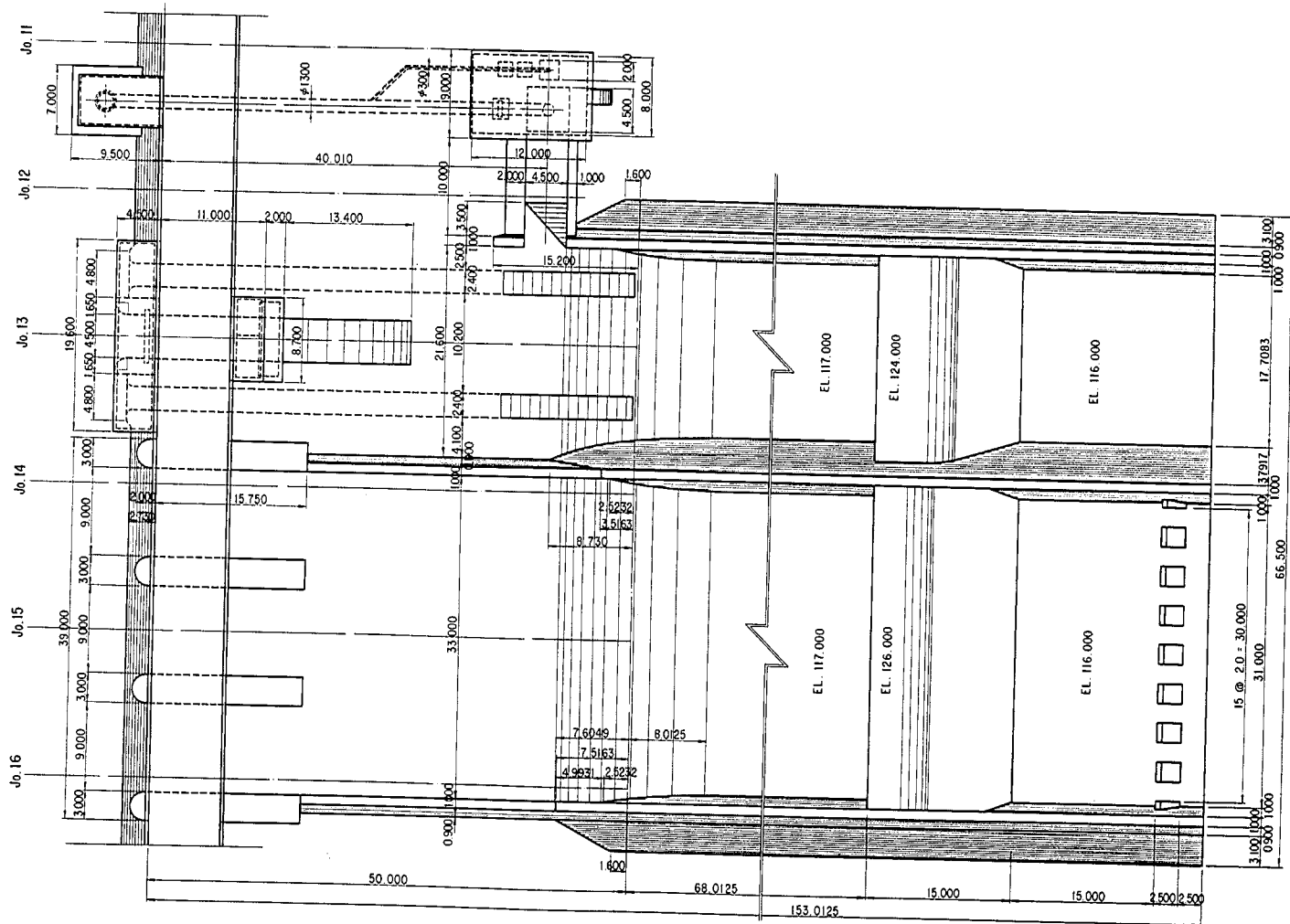


ベルマウス下流端断図
(6.451 m²)

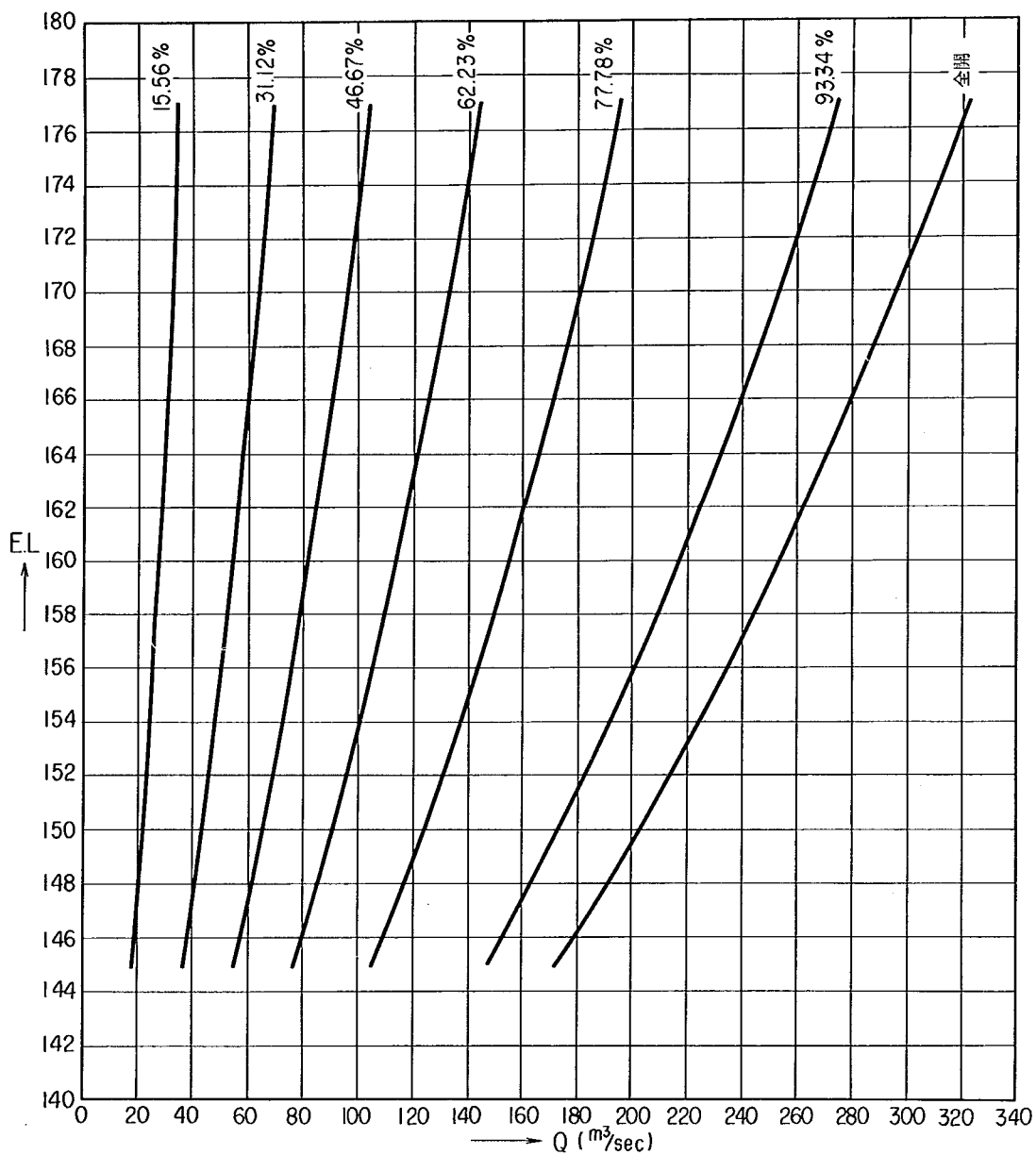


出口断図
(6.145 m²)

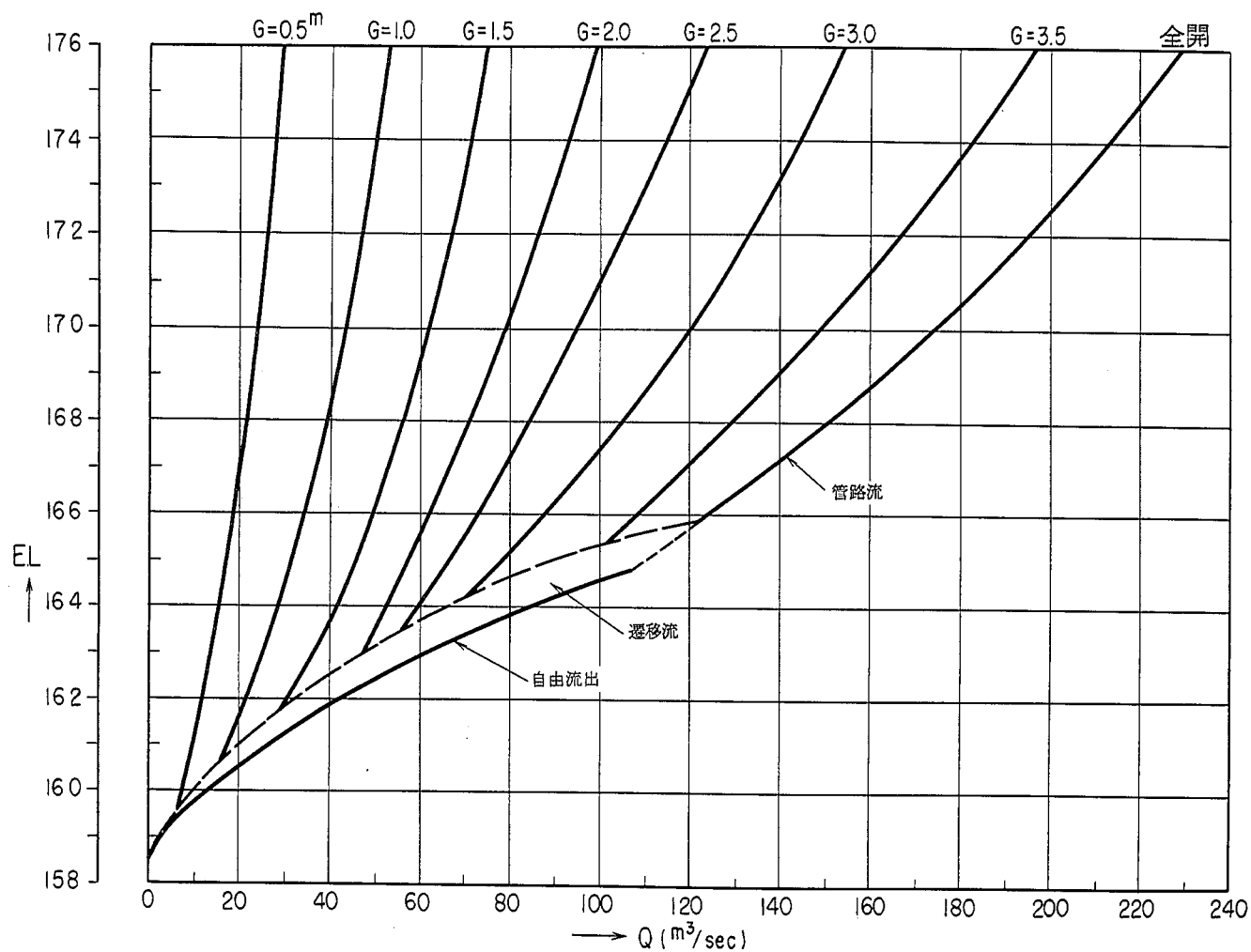
高圧放水管



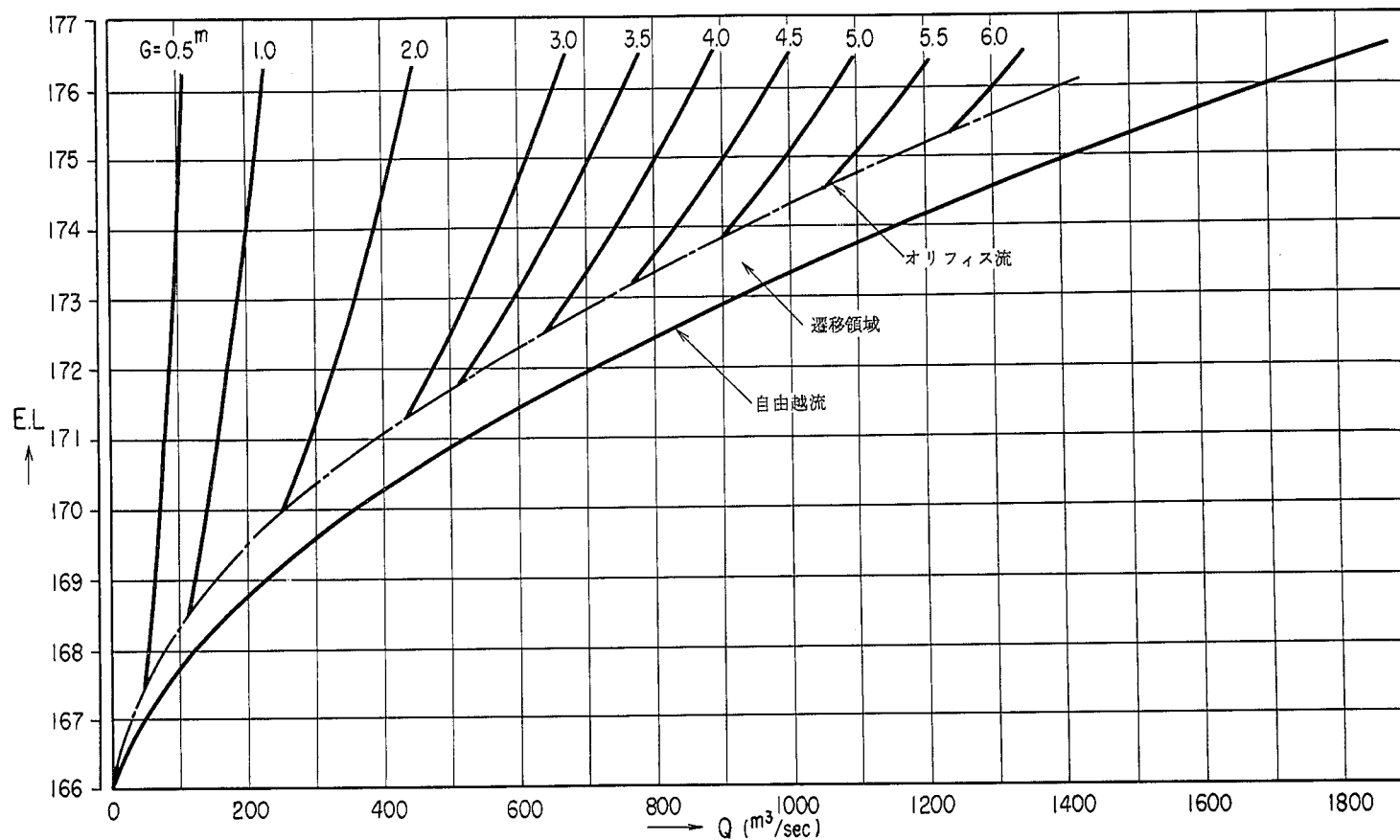
洪水吐平面図



高圧放水管放流能力曲線（2条合計）



低圧型管路（オリフィス）放流能力曲線



堤頂越流部放流能力曲線（3門合計）

第一章 洪水吐の設計経緯

昭和51年度の設計（原設計）では、常用洪水吐として夏期制限水位において $260\text{ m}^3/\text{s}$ の放流能力をもつ高圧放水管2条、非常用洪水吐として、常用洪水吐と合わせてダム設計洪水流量 $2020\text{ m}^3/\text{s}$ の放流能力をもつ堤頂越流部（最大越流水深 9.4 m 、全越流幅 30 m ）として計画された。しかしその後、種々の検討が加えられ、常用洪水吐は原設計と同じとし、新に低圧型管路（オリフィス形式）を1条設ける。非常用洪水吐として堤頂越流部（最大越流水深 9.4 m 、全越流幅 27 m ）とすることが最終段階において決定された。その主旨は次のようなものである。

- 1) 減勢池の形状について、ダムサイトの地形上の制約が比較的小さいため、常用および非常用洪水吐を分離させた。
- 2) 常用洪水吐である高圧放水管に、常時満水位で $50\text{ m}^3/\text{s}$ 程度の余裕を見込む放水設備として、オリフィス形式の低圧型管路を設置する。この設備は小洪水に対処でき、高圧放水管と併用すれば、冷水、水質対策にも応じられる。すなわち、常時満水位付近では、表層、中間層の取放水の機能を持ち、設計洪水位付近にあっては、表層、中間層、それに底層の選択取放水が可能となり、放水設備全体の有効的利用をはかるものである。

第二章 常用洪水吐

第1節 設計条件

常用洪水吐の設計条件として以下の項目について満足させる。

- 1) 夏期制限水位 (E L 1 6 2 m) において $260 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放水能力をもつ高圧放水管を E L 1 3 2 付近に設置し、大型化を避けるため2条とする。
- 2) 設計洪水位 (E L 1 7 5.4 m) において、常用および非常用洪水吐でダム設計洪水流量 $2020 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放流能力をもつこと。
- 3) 常時満水位 (E L 1 6 2 m) において、 $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度の放流能力をもつ低圧型管路を E L 1 6 2 m 付近に設けること。
- 4) 洪水調節計画を満足すること。(付録1. 耶馬溪ダム基本計画概要を参照)
- 5) 構造物に対して安全が確保されること。

第2節 高圧放水管の設計

2-1 水理設計

1) 概要

常用洪水吐としての高圧放水管は、管路長の短い半管路式を採用し、堤体ブロックのはぼ中央に設置する。ただ放水管開水路部の断面が大きくなるから、堤体内部応力上好ましくなく構造上支障のない放水管断面を与えるよう配慮した。堤体上流面のこう配は $1:0.06$ とされており、入口形状をできるだけ単純にするために、管軸は堤体上流面に対して直角とする。

2) 必要管路断面の概略計算

放水管の放流量はベルヌーイの定理から次式で計算される。

$$Q = n A C \sqrt{2 g H} \dots\dots\dots (1)$$

設計条件より $Q = 260 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $n = 2$ 、 $H = 162 - 132 = 30 \text{ m}$ 、 $C \approx 0.9$ とするとき必要断面 A は

$$A = Q / n C \sqrt{2 g H} = 5.957 \text{ m}$$

そこで今、所要断面を高さ 2.8 m 、幅 2.4 m とする。

3) 入口形状

高圧放水管の入口形状としては、通常ベルマウスが多く用いられる。従来から多く使用されているものは次式に示される。

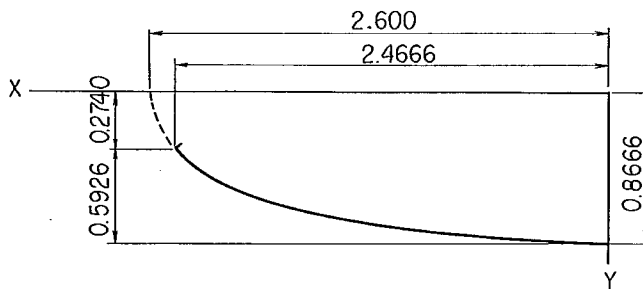
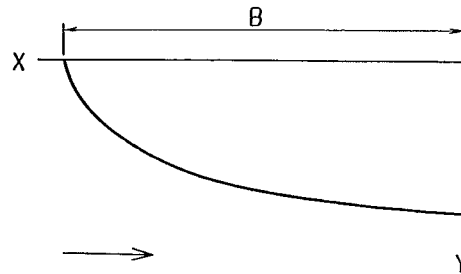
$$\frac{X^2}{B^2} + \frac{Y^2}{(B/4)^2} = 1 \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{X^2}{B^2} + \frac{Y^2}{(B/3)^2} = 1 \quad (3)$$

Bとしては、ベルマウス下流端断面の幅と高さの平均値に近い値をとることが多く、上下面および側面のいずれかの面に対して同一のベルマウスを用いても実用上差しつかえない。しかしこれらのベルマウスを用いても、入口の水頭が大きくなると、ベルマウス下流端に低圧が発生しやすいこ

とが知られており、多くの設計例でもみられるように出口断面を縮少する等により、圧力低下を防ぐ必要がある。

鋭縁のオリフィスからの自由流出の形状は、上流端での流入角度が 45° に近くなることが知られている。そこで入口上流端での接線の角度が 45° をもつ形状にすれば、次の図のようである。



$$\frac{X^2}{D^2} + \frac{Y^2}{(D/3)^2} = 1$$

$$D = 2.600 \text{ m とおくと}$$

$$\therefore Y = 0.8666 \sqrt{1 - \left(\frac{X}{2.600}\right)^2}$$

$$0 \leq X \leq 2.4666 \text{ m}$$

図 1) 入口形状

ここでDは、ベルマウス下流端での高さとし、上、下面および側面とも同一のベルマウスを用いる。この入口形状については調査結果があり、ベルマウス下流端での圧力降下に対して、良好な結果を得ている。(フード付矩形放水管水理実験、昭和51年3月) 本ダムにおいてはこの入口形状を採用する。隅取面積はベルマウス下流端で、その断面積の4%程度とし、隅取円弧の中心は入口上流端まで管軸に平行とする。ベルマウス上流端での隅取円弧を大きくしたのは、隅角部における流線相互の干渉とそれに伴う変形を小さくして、隅角部の圧力降下を軽減させるためである。

4) 出口所要断面

通常の設計では、管路内に作用する圧力をすべて大気圧以上に保つようにする。この条件を満たすような出口断面を以下のようにして決定してやる。

まず、同じ入口形状をもつ調査資料(フード付矩形放水管水理実験)より、ベルマウス下流端付近の圧力降下係数の最大値 $C_{d \max} \approx 1.20$ であることから、この値を使用して計算を行なう。ベルマウス下流端の局所的な圧力は次式で示される。

$$\frac{P_o'}{W} = h_o - C_{d \max} \frac{V_o^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 h_o = 貯水位から壁面までの標高差 (m)、 $C_{d \max}$ = ベルマウス下流端での圧力降下係数最大値、 $v_o^2/2g$ = ベルマウス下流端での平均流速水頭 (m)

通常のベルマウスでは、下流端上面隅角部で最も圧力が低下することが、数多くの調査により知られている。すなわちこの点での圧力を大気圧以上にするには以下のようにすればよい。

$P_o'/w \geq 0$ とおき(4)式から

$$\frac{v_o^2}{2g} \leq \frac{h_o}{C_{d \max}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$v_o = \frac{A_n}{A_o} v_n \quad v_n = C\sqrt{2gH} \quad C \approx 0.90$$

ここで、 A_n = 出口断面積、 A_o = ベルマウス下流端での断面積、 H = 出口における総水頭、 $C_{d \max} = 1.20$ において、条件を満た

すため水理諸量を計算すれば

表 i) 管内を大気圧以上にするための水理量

表 i) のようである。

以上のことを考え合わせて、管内の圧力降下に対して少し安全側にとり、 $n = 0.95$ と

	$v_o^2/2g$	v_o	v_n	$n = \frac{A_n}{A_o}$
EL 162 m	2.24 m	2.09 m/s	2.13 m/s	0.98
EL 175.4 m	3.36	2.56	2.58	0.99

おくと所要出口断面積 A_n は 6.13 m^2 となる。

5) 局所的最低圧力の推定

ベルマウス下流端での最低圧力は 4) 式より求め、 $C_d = 1.2$ を用いて計算すると

EL 162 m

$$\frac{P_o'}{W} = 2.69 - 2.50 = 1.9 \text{ m (水柱)} > 0$$

EL 175.4 m

$$\frac{P_o'}{W} = 4.03 - 3.67 = 3.6 \text{ m (水柱)} > 0$$

しかるに夏期制限水位以上に対し、計算上では管内の圧力は大気圧以上を保持するが、模型実験により検証し、支障があれば修正を行なう。

6) 放流能力の検算

1) 式より EL 162 m に対しては

$$Q = 2 \times 6.13 \times 0.90 \times \sqrt{2g(162 - 132)} \\ = 267 \text{ m}^3/\text{sec} > 260 \text{ m}^3/\text{sec}$$

同様にして EL 175.4 m に対しては $Q = 317 \text{ m}^3/\text{sec}$ となるが、模型実験により検証しなければならない。

7) ゲート下流開水路形状

放水管ゲート下流開水路の縦断形状は、計画最大水頭時の流出水脈の自由落下軌跡を考慮して決定される。すなわち放物線としバケットに接続する。自由落下曲線は次式で示される。

$$Y = \frac{g X^2}{2 (v_n \cos \theta)^2} + \tan \theta \cdot X \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここで、X、Y = 曲線上流端を原点とおいたときの水平、鉛直方向（下向き）の距離

v_n = 放水管出口の流速、 θ = 水平に対する管軸の角度（ 3.4336° ）

通常はこの曲線を用いれば底面圧力に対して安全に設計することができるが、本ダムのように管路の出口付近で断面が絞られる場合は、出口付近の流れが管軸とは異なる。この場合は管路の出口底面のとう配がほぼ水平になったので、(6)式の曲線は適さない。したがって、ここでは $\theta \approx 0$ とし、(6)式の右辺第2項を無視して以下の曲線を設計した。

$$Y = 0.007986 X^2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

開水路断面は流水面の乱れおよび空気連行による流積の増加を考慮して十分な大きさをもたねばならない。その設計上の基準として、通常な管路出口の断面高に対して1.5倍程度とされ、堤体下流面までは次第に断面を大きくとることが行なわれる。この場合、上壁面の縦断形状は、曲線を用いなくても実用上差しつかえない。

2-2 設計形状

2-1を考慮して設計された高圧放水管の詳細形状は図ii)に示すとおりである。

2-3 必要空気量

a) 放水管主給気管の必要空気量

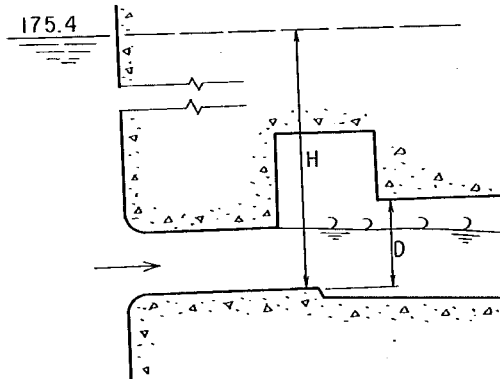
ダム放水管には放水管内部の空洞現象に対する被害の防止と、ゲートに作用する起振力を軽減させるために給気管が設けられる。従来、給気管の設計に必要な放水管の空気吸込量についてはまだ信頼できる算定法が確立されていない。したがって、同様な形状をもつ実例などを参考にして検討されるべきであるが、ここではいくつかの計算例を示し、給気管設計のための資料とした。

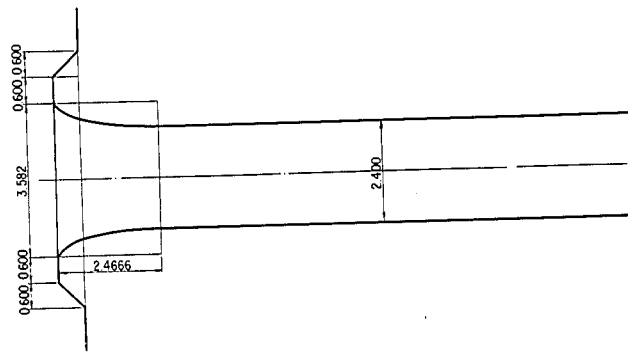
まず、設計条件としては次のような場合を考える。

放水管の長さ $L = 32 \text{ m}$ (開水路)
 放水管幅 $B = 2.4 \text{ m}$
 放水管高さ $D = 3.7 \text{ m}$
 設計水頭 $H = 43 \text{ m}$

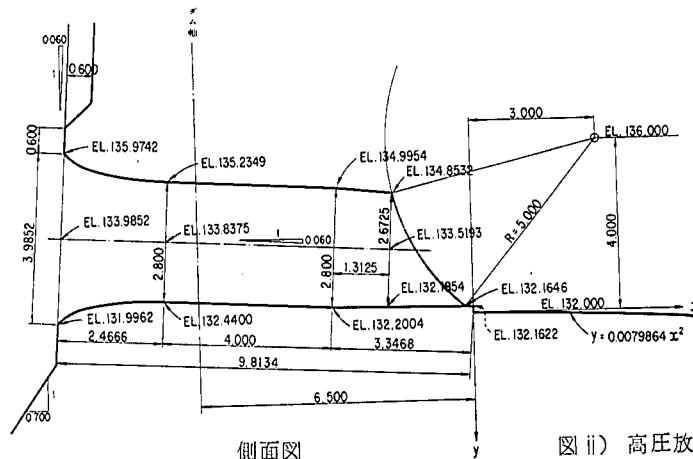
計算例(1) キャンベル、ガイトンの提案式

高速流によって管外へ誘出される空気量の算定には従来から実測資料にもとづく経験的方法を利用されることが多い。キャンベル、

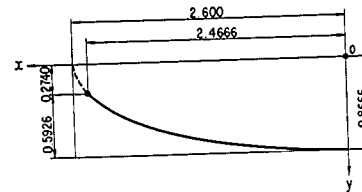




平面図



側面図



ベルマウス形状

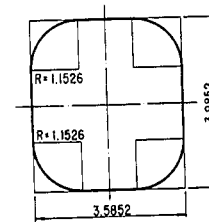
$$\frac{x^2}{0^2} + \frac{y^2}{(0/3)^2} = 1$$

$$0 = 2.600$$

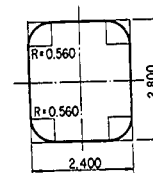
$$\frac{x^2}{2.600^2} + \frac{y^2}{0.8666^2} = 1$$

$$y = 0.8666 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{2.600}\right)^2}$$

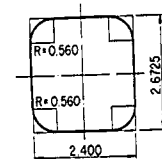
$$0 \leq x \leq 2.4666$$



ベルマウス
上流端断面



ベルマウス下流端断面
(6.451 m²)



出口断面図
(6.145 m²)

図 ii) 高圧放水管設計形状 (最終案)

ガイトン (Campbell, Guyton) は米国の実測資料から必要空気量 Q_a と水流量 Q_w との比 β と、ゲート噴出流のフルード数 F_r との関係を図示し、それを包絡する式で表わされる曲線を用いれば安全であると提案した。

$$\left. \begin{aligned} Q_a &= \beta Q_w \\ \beta &= 0.04 (F_r - 1)^{0.85} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

放水管断面をゲート下流部に対して拡げている場合、最大給気量を示すゲート開度として、いくつかの実測例から 100% とされている。

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2gH} = \sqrt{19.6 \times 4.3} = 2.9 \text{ m/s} \\ F_r &= \frac{V}{\sqrt{gy}} = \frac{2.9}{\sqrt{9.8 \times 2.67}} = 5.7 \quad y = \text{ゲート付近での流れの高さ} \\ \beta &= 0.04 (5.7 - 1)^{0.85} = 0.149 \\ \therefore Q_a &= 0.149 \times 178 = 2.7 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

計算例(2) WES (米国工兵隊水路試験所) の放水管水理設計基準による算定法^{注)1}

この算定法はキャンベル、ガイトンの提案式と同様、いくつかの実測資料から得られたもので以下の式で示される。

$$\left. \begin{aligned} Q_a &= \beta Q_w \\ \beta &= 0.03 (F_r - 1)^{1.06} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

$$\beta = 0.03 (5.7 - 1)^{1.06}$$

$$\therefore Q_a = 0.155 \times 178 = 2.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

計算例(3) 中島、巻幡の提案した算定方法^{注)2}

$$Q_a = \alpha S B V \dots\dots\dots (10)$$

ここに $\alpha = 1.83 \frac{L}{S} R_K^{-\frac{1}{2}}$ $S = \text{ゲート開き}$ $B = \text{放水管開水路の幅}$

$$R_K = \frac{VL}{K} \quad K \text{はうず動粘性係数 (cm}^2/\text{s)} \quad K = 8 D^{3/4}$$

$$K = 8 \times 370^{3/4} = 674.9 \text{ cm}^2/\text{s}$$

注)1. CORPS OF ENGINEERS "HYDRAULIC DESIGN CRITERIA"

注)2. 中島、巻幡 "ゲートの空気吸込みに関する一考察" 土木学会論文集 第104号、昭39. 4

吉岡政夫 "ダム放水管の給気管断面面積の算定法" 水門鉄管 No.39 1964-11

$$R_K = \frac{2900 \times 3200}{674.9} = 14323$$

$$\alpha = 1.83 \times \frac{32}{2.67} \times 14323^{-\frac{1}{2}} = 0.183$$

$$\therefore Q_a = 0.183 \times 2.67 \times 2.4 \times 29 = 34 \text{ m}^3/\text{s}$$

計算例(4) 中島、巻幡の実験的研究による算定方法

この算定式は空気吸込みを噴流の拡散現象として取り扱ったもので、縮尺模型で得られた実験結果に対して検討が加えられた。計算値と実験値とではよい一致が得られたが、実物との相似性が成り立つかどうかは今後の課題としている。

単位幅当りの空気吸込み量 q_a とすると

$$q_a = 0.25bv \dots\dots\dots (11)$$

ここで b は流水面から上壁面までの高さとして $b = 1.3 \text{ m}$

$$\begin{aligned} q_a &= 0.25 \times 1.3 \times 29 \\ &= 9.42 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

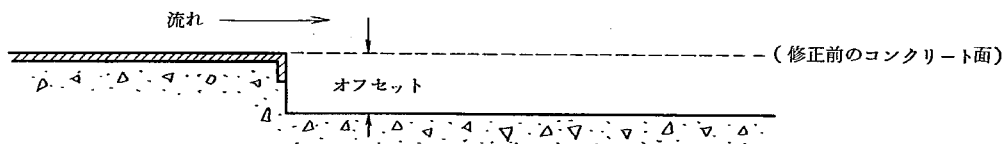
全体に対しては、底面 $B = 2.4 \text{ m}$ であるから次のようになる。

$$\begin{aligned} \therefore Q_a &= q_a B \\ &= 9.42 \times 2.4 \\ &= 23 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

以上、いくつかの計算例を示したが、どれもそれほど大きな差はなく、これらから主給気管の必要空気量は、だいたい $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度と考えてよいだろう。

b) 放水管下流端の段差と必要空気量

管路出口のゲートを通して、内張管やシュートに放水される高速ジェットが構造物にキャビテーションによる問題を起すことが知られてきた。例えばゲートフレームから下流のコンクリート床にキャビテーションによる浸食を受けた例がある（米国バリセードダム）。その後、模型実験による調査、検討がなされゲートフレームから下流のコンクリート壁の間に 10 cm 以上の段差（オフセット）を設けることが推奨され、いくつかの設計例が修正された。（下図）



放水管下流端に段差が生ずる場合、この部分が高速噴出流によって負圧部になることが知られた。こ

の負圧の範囲と大きさを助長させないことを目的として、一般に段差の直下流に空気溝が設置される。
オフセットと空気溝の使用は構造的、経済的条件に基づいて決定されなければならない。

空気溝は一般に深さが300～500mm程度で底面全体をおおうようにするが、同様な形状をもつ実
例などを参考として、必要空気量を検討されなければならないが、ここでは一つの実用例を示しておく。

単位長さ当りの空気量 q_a について(1)式を用
いる。

$$q_a = 0.25 bv$$

ここで、 b = 底部の段差寸法 (0.16 m)

v = 出口の設計流速 ($\sqrt{2gH}$)

$$q_a = 0.25 \times 0.16 \times 29.2 = 1.17 \text{ m}^3/\text{s}$$

底部全体に対しての必要空気量は

$$\therefore Q_a = q_a \times 2400 = 2.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

わが国の既設例を調べてみると、段差は15
～20cm程度が多くみられる。参考までに空気
溝の既設例を表 ii) に示しておいた。

これらは圧着式を用いた高圧ラジアルゲートを採用している。

ゲートフレームから下流の側壁にオフセットがつけられる場合は直上流に空気溝を設けるのが通例で
この場合は底面のオフセットには空気溝を設けないこともある。(下図)

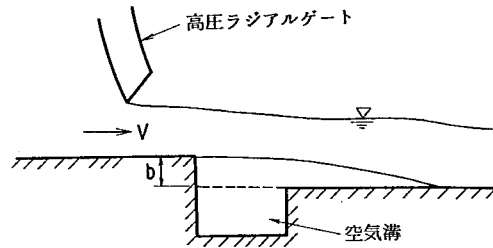
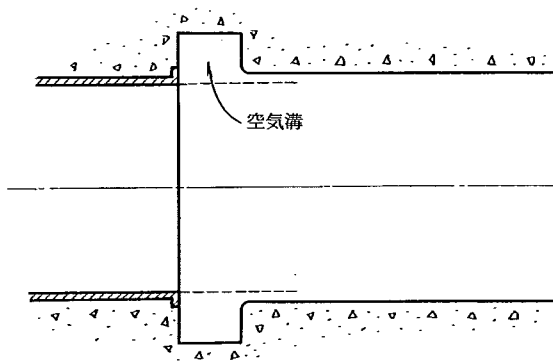
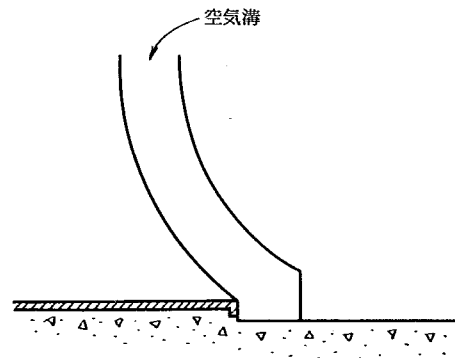


表 ii) 空気溝の既設例

ダム名	設計水深	空気溝の寸法
蘭原ダム	55 m	600 mm × 400 mm
湯田ダム	54	650 × 250
二瀬ダム	69	600 × 350
鶴田ダム	46	380 × 280
大渡ダム	61	700 × 450



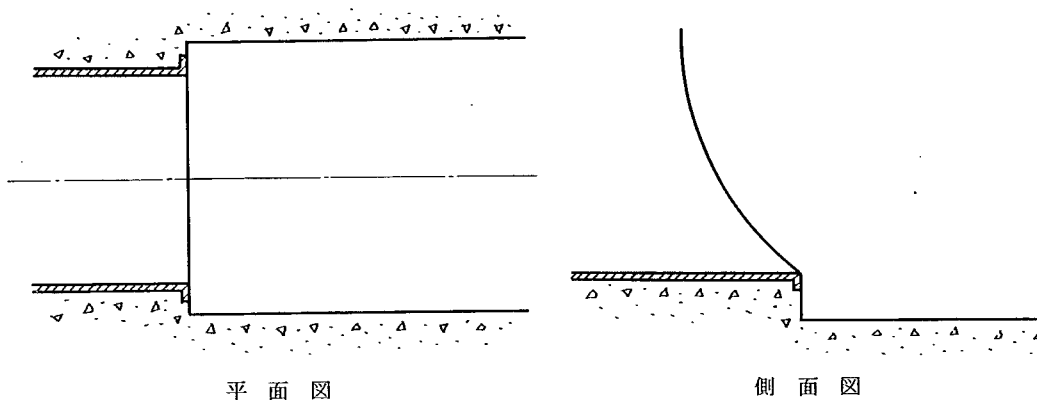
平面図



側面図

オフセットが大きくとられまわりから空気が十分入り込むことができる場合は、空気溝を必要としな

い場合もある。(下図参照)



高圧ラジアルゲートとして、通常用いられる型式に圧着式としゅう動式がある。圧着式は、その構造上、段差を設ける。いずれの方式を採用するにしても、ゲート下流の流路の表面は、高流速の流れにさらされるから、キャビテーションなどによる損傷を防止するため特別な配慮が必要で、とくに施工には十分な注意を払わねばならない。

第3節 低圧型管路（オリフィス型式）の設計

耶馬溪ダムに設置する低圧型管路として、最近用いられることが多くなった一面ベルマウス型式のオリフィスを採用した。これは中小洪水に対し、単独あるいは高圧放水管と併用して使用される洪水調節用放流設備である。この型式の既設例としては、東北地方建設局の白川ダムや九州地方建設局の五木ダムなどがある。

3-1 設計上の要点^{注)}

1面ベルマウス型式のオリフィスを設計する上で考慮すべき基本的条件は次のとおりである。

- 1) 流量条件——計画水位で計画流量を放流できること。
- 2) 圧力条件——管壁面のいかなる部分も作用圧力に対して安全であること。
- 3) 放流条件——管路下流の水脈のはく離および横ゆれに対して安全であること。
- 4) 製作条件——制約が少なく十分な精度で製作できること。

以上の条件を満足しかつ、経済的になるような設計上の要点は次のとおりである。

- 1) 放流量は、上面の傾きに支配されその傾向は傾きが大きくなれば減少する。また、オリフィスの損失係数は、オリフィスの管高と水頭に支配される。
- 2) 管壁面の圧力は、入口の丸味形状および上面の傾きに支配され、その傾向は入口の円弧半径が大きくなれば、また傾きが大きくなれば高められる。通常、管内圧力が最も降下する位置は入口上面の丸味を与える円弧下流端付近であるが、その位置は円弧半径の大小および上面の傾きによって異なるため明確

注) 勝木和徳“1面ベルマウス形状のオリフィスについて”土木研究所資料 第1212号 昭和52年2月

なことはない。

3) ベルマウスの製作条件としては、形状が小さく簡単であり、高い精度で製作、施工できること。

これらについては、必要条件が相反するため設計する上でこれらを勘案して検討せねばならない。

3-2 設計方法^{注)1}

1 面ベルマウス型式のオリフィスは、水理条件、製作施工面およびコストを含めた総合的に優れていることが理想であるが、これらの諸条件を同時に満足させることは困難であり、ベルマウス形状には多少の制約を受ける。

過去、調査された2、3の例をみると次のことが知れた。

1) オリフィス基礎実験

この調査では3つの比較形状について行なわれた。いずれの形状も出口断面高を5 mとし、入口上面の半径0.6 m、上面の傾斜をそれぞれ20°、30°、40°としている。操作水頭を30 mとしたとき最低圧力は上面の傾斜が20°の場合で、入口の円弧部に6 m（水柱）を記録した。上面の傾斜が40°の場合は同じ位置での圧力は9 m（水柱）まで上昇した。

2) 白川ダムオリフィス

このオリフィスは出口断面高を4.8 m、入口上面の半径2 m、設計水深2.7 m、上面の傾斜を40°として設計された。入口円弧部に発生した圧力は最低でも9 m（水柱）であった。

3) 二風谷ダムオリフィス形状比較検討

この形状は出口断面高は7 m、上面の傾斜を1:4（14.0°）、設計水深1.5 mとし、入口上面の半径を2 m、3 m、4 mと変えて行なわれた。いずれの場合も最低圧力は円弧の下流端に発生し、その値はR=2 mで-3.7 m（水柱）、R=3 mで-3.2 m（水柱）、R=4 mで-2.5 m（水柱）でどれもそれほど大きな差はみられない。

などであるが、流量係数についてはどの調査例でも大きな相異はなく、出口断面高をD、水深をHとすると $H/D=2.0\sim6.0$ の範囲で0.7~0.8である。

以上のことを考え合わせると、入口上面の半径や、上面の傾斜角を大きくとると、管内圧力に対して安全に設計されるが、コースターゲートの断面が大きくなり過ぎる。また、二風谷ダムの例でもわかるように入口半径を大きくとっても、下流端の圧力低下に対してそれほど効果的でない。

そこで本設計では、入口上面の半径Rを2 m、上面の傾斜角を20°程度とするのがよいと思われる。

本設計の放流条件としては常時満水位（EL162 m）において50 m³/s程度とされており出口断面高3.7 m、副4.5 m、オリフィスの敷高はEL158.5 mとして設計された。すなわち常時満水位での流れの状態は自由越流となり、流量の算定式は次式が適用される。

$$Q = C \cdot B \cdot H^{3/2}$$

ここでCは流量係数であるが、非標準型越流頂の流量係数^{注)2}として、過去調査された数多くの実験例をみ

注)1. 勝本和徳“1面ベルマウス形状のオリフィスについて”土木研究所資料 第1212号 昭和52年2月

注)2. 藤本成“越流型余水吐の水理機能に関する研究(3)”土木研究所報告 第132号 昭和43年5月

ると、越流面の形状、橋脚の影響あるいは越流水深によって異なるが $H = 3.5 \text{ m}$ 程度ではだいたい $C = 1.7 \sim 1.8$ である。

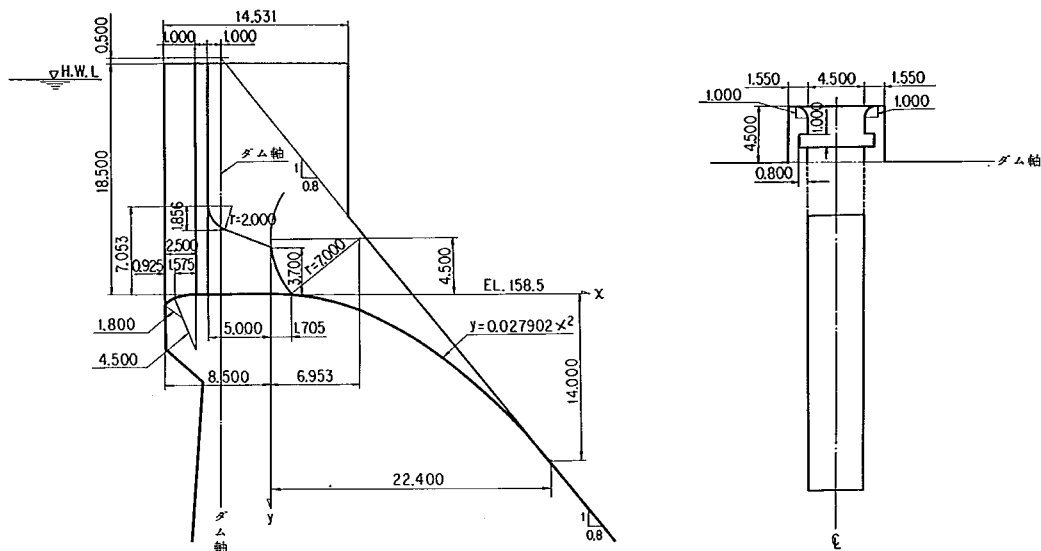


図 Ⅲ) 低圧型管路設計形状

第 4 節 高圧放水管水理模型実験

本実験では、第 2 部で設計された高圧放水管について、放流能力、作用圧力および流況を調査し、放流機能および構造設計の資料を入手するために行なうもので、合わせて実施設計形状を検討する。

4-1 実験用模型および水理諸量の測定

実験用模型は、実験水槽の規模および容量を考慮して、幾何学的相似な縮尺 $1/20$ とし、透明アクリル板を使用して製作した。(図 1、図 2、写真 1～写真 3 参照) 管路内の壁面および開水路の底面には圧力測定用にピエゾメータを設けている。圧力測定は内径 1 mm のピエゾメータからマノメータに連結し、その水頭高を読む方法をとった。流量は模型から下流に設けた矩形ぜきの越流水深から算定した。模型実験の水理量と実物との縮尺関係はフルードの相似率が成り立つ。

$$\begin{aligned} \text{長さの縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_L & = 1/20 \\ \text{時間の縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_T = K_L^{1/2} & = 1/4.472 \\ \text{圧力水頭の縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_P = K_L & = 1/20 \\ \text{流速の縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_V = K_L/K_T & = 1/4.472 \\ \text{流量の縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_Q = K_L^3/K_T & = 1/1788.9 \end{aligned}$$

4-2 調査項目

本実験で行なった調査項目およびその設定条件は次表のようである。

表Ⅲ) 調査項目および設定条件

調 査 項 目	貯水位の設定	ゲートの状態
放流能力および流量係数に関する調査	EL. 142m～175m	0.5m～3.0m @0.5m および全開
管路内の作用圧力に関する調査	EL. 162m、EL. 166m EL. 170m、EL. 175m	全 開
開水路の底面作用圧力に関する調査	EL. 162m、EL. 175m	1m、2m、3m、および全開
開水路の流況に関する調査	EL. 162m、EL. 175m	1m、2m、3m、および全開

ここでいう、ゲートの開きは戸当り沿いの長さ（円弧長）を示す。

4-3 調査内容

1) 放流能力および流量係数に関する調査

ゲート全開時およびゲート半開時における貯水位～放流量の関係は図3に示される。ここでゲート開度とはゲート全開時の戸当り弧長（3.2142m）を1としたとき任意の開きにおける戸当り沿いの長さを G_1 とすると $G_1/3.2142$ として表わされるもので、以下ゲート開度で定義されるものはすべてこの値を用いる。

図4は、ゲート開度～貯水位～流量係数の関係を示したものである。流量係数 C は次式で定義した。

$$C = \frac{Q}{A_n \sqrt{2gH}} \dots\dots\dots (12)$$

ここで Q = 放流量 (m^3/sec)、 A_n = 出口断面積 ($= 6.145 m^2$)

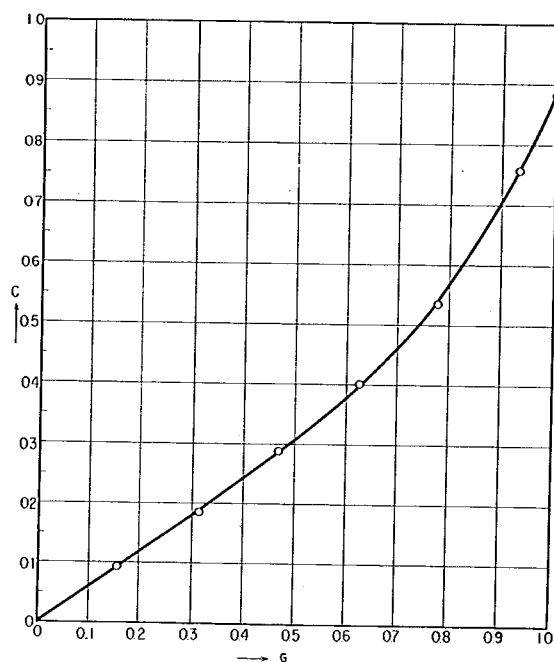
H = 総水頭 (貯水位と出口下流底面 EL 132165m との標高差)

放流能力に対する設計条件は夏期制限水位 EL 162m に関して設定されている。調査による放流量は $262 m^3/sec$ であり、条件を満足することが知れている。図4を検討すると、およそ制限水位以上では貯水位にかかわらず、流量係数は一定することが認められる。そこで、この範囲で流量係数は貯水位に無関係として差しつかえないから、各ゲート開度ごとに一定値として定めることにする。

通常のゲート操作は夏期制限水位以上で行なわれるのでここでの水位以上の流量係数を各ゲート開度ごとに平均して、ゲート開度～流量係数の関係式を求めた。この曲線式の近似式として次式が適用される。

$$C = 0.61488G - 0.079846G^3 + 0.34826G^5 \dots\dots\dots (13)$$

なおこの式は、全開時 ($G = 1$) においても適用できる。



g/g_0	0.156	0.311	0.467	0.622	0.778	0.933	1.000
C (実験値)	0.095	0.189	0.287	0.396	0.539	0.756	0.883
C (近似式)	0.093	0.185	0.290	0.402	0.533	0.757	0.883

$$C = 0.6148 g_0 - 0.0798 g^3 + 0.3482 g^5$$

図 IV) 高圧放水管の流量係数

2) 管路内作用圧力に関する調査

ゲート全開時における各段断面の上面、上面隅角、側面、下面隅角、それに下面の作用圧力を図5～図8に示した。これらの図から水頭が増加するにつれて、圧力が高くなることが知れる。作用圧力はすべて大気圧以上を保持し、設計形状に問題はない。

次に、ゲート全開時の各断面の圧力降下係数 C_d を表 IV) に示してある。これは次式によって定義されるものである。

$$C_d = \frac{h - (P/W)}{v_o^2 / 2g} \dots\dots\dots (14)$$

ここで h = 貯水位と圧力測定点までの標高差 (m) P/W = 壁面作用圧力水頭 (m)

$v_o^2 / 2g$ = ベルマウス下流端での平均流速水頭 (m)

この値は、水頭に無関係であることが知られており、平均値を求めて、各壁面ごとに一定値として定めることができる。(表 IV)、図9)

表 IV) 压力降下系数

断面番号 测线 水位		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
上部中央	175.28	0.532	0.707	0.915	1.078	1.107	1.074	1.081	1.090	1.067					
	170.94	0.524	0.699	0.909	1.069	1.098	1.067	1.073	1.081	1.027					
	166.48	0.522	0.694	0.904	1.061	1.094	1.062	1.070	1.076	1.022					
	162.08	0.520	0.690	0.904	1.065	1.094	1.062	1.068	1.007	1.025					
	平均	0.525	0.698	0.908	1.068	1.098	1.066	1.073	1.089	1.035					
上部隅角	175.28	0.488	0.704	0.964	1.110	1.116	1.083	1.079	1.085	1.066					
	170.94	0.484	0.730	0.957	1.106	1.108	1.077	1.071	1.077	1.044					
	166.48	0.481	0.725	0.953	1.098	1.104	1.064	1.066	1.074	1.043					
	162.08	0.475	0.723	0.951	1.099	1.106	1.070	1.064	1.076	1.041					
	平均	0.482	0.721	0.956	1.103	1.109	1.074	1.070	1.078	1.049					
侧面中央	175.28	0.471	0.721	0.905	1.026	1.082	1.097	1.118	1.111	1.126	1.164	1.192	1.230		
	170.94	0.462	0.714	0.900	1.027	1.077	1.088	1.075	1.103	1.117	1.155	1.176	1.256		
	166.48	0.462	0.714	0.897	1.018	1.070	1.085	1.112	1.096	1.112	1.176	1.170	1.252		
	162.08	0.423	0.712	0.895	1.015	1.064	1.081	1.106	1.097	1.112	1.149	1.170	1.250		
	平均	0.455	0.715	0.900	1.022	1.073	1.088	1.103	1.102	1.117	1.161	1.177	1.247		
底面隅角	175.28	0.500	0.742	0.968	1.125	1.094	1.079	1.079	1.082	1.063	1.116	1.170	1.230	1.285	
	170.94	0.490	0.735	0.959	1.115	1.084	1.071	1.068	1.073	1.048	1.108	1.164	1.220	1.275	
	166.48	0.484	0.735	0.957	1.114	1.082	1.068	1.066	1.073	1.046	1.106	1.162	1.217	1.274	
	162.08	0.427	0.735	0.958	1.117	1.078	1.067	1.065	1.071	1.047	1.106	1.160	1.216	1.271	
	平均	0.475	0.737	0.961	1.118	1.085	1.071	1.070	1.075	1.051	1.109	1.165	1.221	1.276	
底面中央	175.28	0.545	0.710	0.922	1.073	1.002	1.067	1.066	1.069	1.022	1.117	1.164	1.213	1.284	1.302
	170.94	0.534	0.705	0.913	1.063	1.091	1.060	1.058	1.052	1.010	1.108	1.157	1.235	1.279	1.297
	166.48	0.536	0.702	0.910	1.062	1.090	1.056	1.057	1.049	1.010	1.105	1.151	1.202	1.283	1.296
	162.08	0.535	0.701	0.910	1.062	1.087	1.053	1.054	1.053	1.014	1.105	1.152	1.202	1.280	1.293
	平均	0.538	0.705	0.914	1.065	1.093	1.059	1.059	1.056	1.014	1.109	1.156	1.188	1.282	1.297

3) 開水路底面の圧力に関する調査

底面に作用する圧力を図10、図11に示した。最低圧力が記録されたのは、設計洪水水位におけるゲート全開の状態での0.4 m（水柱）であった。一般にキャビテーションに対する許容負圧は-3 m（水柱）とされることからこの値は機能的に問題となるものではない。

4) 開水路の流況に関する調査

水面形状を図12、図13に示した。また流況は写真4～写真18に見られるとおりである。ゲート全開時は水脈が比較的安定し、中央部と壁面沿いの水脈高の差が小さい。しかし、ゲート半開時にはゲート下端によって縮流された水脈が壁面沿いに薄い水脈で跳ね上がりをみせるため、著しい不均衡を生じる。

ゲートトラニオンに対して主水脈が最も接近するのは、設計洪水水位のゲート全開時の状態で水面からの距離は1.3 mあり、支障はない。

4-3 調査結果の要約

この調査によって認められた主な事項を要約すれば次のとおりである。

1) 放流能力

夏期制限水位（EL162 m）における可能最大放流量は $262 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり計画値の $260 \text{ m}^3/\text{sec}$ を満足する。また設計洪水水位（EL175.4 m）におけるそれは $316 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。

流量調節管理用としては次式が適用される。

（1条当りの放流量）

$$Q = a \sqrt{H} \dots\dots\dots (15)$$

ここで $a = 16.728 G - 2.172 G^3 + 9.474 G^5$

$H = \text{貯水位標高} - \text{EL}132.165 \text{ m}$

$G = \text{任意の開きにおける戸当り沿いの長さ} / 3.214 \text{ m}$

2) 管路内の圧力

通常のゲート操作（夏期制限水位以上での操作）に対し、いかなる貯水位においても管路内は大気圧以上に保たれる。

3) 開水路底面の圧力

いずれのゲート操作状態にあっても、支障となる圧力状態は生じない。

4) 開水路部の流況

ゲート全開時の水脈は比較的なめらかで支障はない。水脈がゲートトラニオンに最も接近するところで1.3 mの距離があり、ゲート上部構造物に対しては安全が確保される。

第5節 低圧型管路の水理模型実験

本実験では、第3節で計画された低圧型管路について、放流能力、作用圧力、流況を調査し実施設計形状としてふさわしいかどうかを、調査資料をもとに検討を行なう。

5-1 実験用模型および水理諸量の測定

実験用模型は、実験用水槽の規模、容量を考慮して、幾何学相似な縮尺 1/3.125 とし、すべて木製とした。圧力と流量の測定は高圧放水管と同様な方法をとった。縮尺関係はフルードの相似率に基づき、次のとおりである。

$$\begin{aligned}\text{長さの縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_L & = 1/3.125 \\ \text{時間の縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_T = K_L^{1/2} & = 1/5.59 \\ \text{圧力水頭の縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_P = K_L & = 1/3.125 \\ \text{流速の縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_V = K_L/K_T & = 1/5.59 \\ \text{流量の縮尺} & \cdots \cdots \cdots K_Q = K_L^3/K_T & = 1/545.92\end{aligned}$$

5-2 調査内容

1) 放流能力に関する調査

ゲート全開時およびゲート半開時における貯水位～放流量の関係は図14に示される。ここでゲート開きは、ゲート戸当り面からゲート下端までの鉛直高で表わされている。以下ゲート開きで定義されるものはすべてこの値を用いる。図15はゲート開き～貯水位～流量係数の関係を示したもので、流量係数は次式で定義した。

$$C = \frac{Q}{B h \sqrt{2gH}} \cdots \cdots \cdots (16)$$

ここで Q = 放流量、 B = オリフィスの幅 (= 4.5 m)

h = ゲート戸当り (E L 158.419 m) とゲート下端との標高差

H = 貯水位とオリフィス敷高 (E L 158.5 m) との標高差

放流能力に対する設計条件は、常時満水位 (E L 162 m) に対し、 $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度とされている。本調査では $43 \text{ m}^3/\text{s}$ で条件をほぼ満足している。

2) 管路内および下流開水路の作用圧力に関する調査

ゲート全開時における圧力分布を図17、図18に示した。これから管路内の作用圧力はすべて大気圧以上を保ち問題はない。開水路底面において記録された最も低い圧力は -1.2 m (水柱) である。これは設計洪水水位におけるゲート全開状態の場合であるが、とくに注意を要するものではない。

3) 開水路の流況に関する調査

測定した水面形状を図19、図20に示す。流況は写真19、写真20に見られるとおりである。E L 166 程度では流れは安定した状態を示すが、設計洪水水位付近に達すると、水面の変動が比較的大きく、安定しない。

ゲートラニオンに対して、水面からの距離はおおよそ 2 m 程度あり、支障はない。

5-3 調査結果の要約

この調査によって認められる事項を要約すれば、次のとおりである。

1) 放流能力

常時満水位 E L 162 m における計画値 $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対し、 $43 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放流能力をもち、計画値を

ほぼ満足する。設計洪水水位における可能最大放流量は $225 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。

2) 管路内の圧力

管路内が満管流となる限界 (EL 166 m) 以上の水位に対し、管路内は大気圧以上を保持する。

3) 開水路底面の圧力

いかなる貯水位にあっても、支障となる圧力状態は生じない。

4) 開水路部の流況

設計洪水水位付近では流れが比較的変動するが、ゲート上部構造物に対しては、安全が確保される。

5) 遷移領域に関する調査

オリフィスの場合も、越流部の自由越流時とオリフィス流の間にみられるような不安定領域 (遷移領域) の存在することが知られている。ただし、オリフィスのように管路をもち出口にゲートが設置される場合は、いくぶん特性が異なる。つまり、自由越流からオリフィス流へうつり変わるとき、この領域がゲートの開きにより支配されるのか、あるいは入口形状によるものかの2通りの現象が起こりうる。

調査によれば、ゲートの開きが3 mまでは越流部と同じような遷移領域をもち、それ以上の開きになると、入口の形状によって遷移領域が支配されることが認められる。

オリフィスの場合も越流部と同様に、ゲートとの位置関係、ゲートの開きあるいはオリフィスの形状によって特性が変わるので、一義的な規定はむずかしい。そこで、調査結果をもとに概ね次のように各領域を規定した。

オリフィス敷高から貯水位までの標高差 H 、ゲートの開きを G とすると、

$0 < G < 3 \text{ m}$ の場合

$H/G < 1.7$	自由越流
$1.7 \leq H/G \leq 2.1 \sim 2.3$	遷移流
$2.1 \sim 2.3 < H/G$	オリフィス流

$3 \text{ m} \leq G \leq \text{全開}$ の場合

$H/G < 1.6$	自由越流
$1.6 \leq H/G \leq 2.0$	遷移流
$2.0 < H/G$	オリフィス流

ここで G はゲート戸当り面からゲート端までの鉛直高

表 1 放水管水位～放流量関係表（1条当り）

No.	ゲート開度 15.56%			ゲート開度 31.12%			ゲート開度 46.67%			ゲート開度 62.23%			ゲート開度 77.78%			ゲート開度 93.34%			ゲート開度 100%		
	水位 E L (m)	放流量 Q (m ³ /s)	流量係 数 C	水位 E L (m)	放流量 Q (m ³ /s)	流量係 数 C	水位 E L (m)	放流量 Q (m ³ /s)	流量係 数 C	水位 E L (m)	放流量 Q (m ³ /s)	流量係 数 C	水位 E L (m)	放流量 Q (m ³ /s)	流量係 数 C	水位 E L (m)	放流量 Q (m ³ /s)	流量係 数 C	水位 E L (m)	放流量 Q (m ³ /s)	流量係 数 C
1				141.087	15.500	0.183	141.933	24.245	0.285	141.500	31.519	0.379	141.933	43.094	0.506	141.680	61.106	0.728	141.860	69.723	0.823
2				143.747	16.833	0.182	144.520	26.931	0.282	144.253	36.336	0.384	144.120	48.502	0.516	143.840	68.373	0.739	144.293	79.522	0.839
3				146.473	18.861	0.183	145.700	28.519	0.285	145.927	39.293	0.389	145.933	52.359	0.519	145.913	74.858	0.742	146.053	85.843	0.847
4				148.147	20.052	0.184	147.967	30.998	0.287	148.180	42.709	0.392	147.733	56.415	0.526	148.113	80.230	0.738	148.073	92.319	0.852
5				149.840	21.191	0.185	149.887	33.455	0.292	150.453	44.548	0.383	150.313	61.216	0.528	149.713	84.158	0.738	149.753	97.938	0.858
6				151.820	22.194	0.184	151.910	35.247	0.292	152.033	47.902	0.395	151.693	63.829	0.531	151.940	89.612	0.741	152.320	105.468	0.864
7				153.987	22.976	0.181				154.513	51.131	0.398	154.080	67.144	0.527	154.400	95.552	0.745	153.647	108.714	0.866
8				155.453	24.005	0.183	155.487	38.083	0.290	156.047	52.873	0.398	156.040	69.948	0.526	155.833	98.569	0.745	156.153	115.567	0.867
9				157.413	25.049	0.183	157.700	39.574	0.288	157.977	54.843	0.397	157.960	73.133	0.529	158.160	104.050	0.750	157.947	120.527	0.873
10				159.550	26.601	0.187	160.070	41.560	0.289	160.033	57.154	0.398	159.933	76.132	0.531	160.060	108.062	0.752	159.847	125.281	0.875
11	162.500	14.069	0.094	162.140	27.596	0.185	161.953	42.901	0.289	162.527	60.138	0.401	161.667	78.817	0.533	161.400	110.545	0.752	162.220	131.066	0.879
12	163.800	14.271	0.093	165.273	28.857	0.184	163.987	44.353	0.289	164.180	61.649	0.401	163.993	81.776	0.533	164.113	115.833	0.753	163.478	133.851	0.879
13	166.687	14.881	0.093	167.400	29.793	0.184	166.440	46.413	0.291	165.730	63.938	0.406	166.260	84.998	0.535	166.527	121.202	0.760	166.060	139.337	0.880
14	169.007	15.293	0.093				168.660	47.802	0.291	178.993	66.144	0.401	168.760	87.660	0.533	168.613	123.780	0.754	168.633	145.183	0.881
15	170.733	15.639	0.092	171.007	31.345	0.185	171.340	49.508	0.291	170.913	67.479	0.398	170.733	89.612	0.530	170.500	127.888	0.759	170.640	149.076	0.883
16	171.633	15.778	0.092	172.267	32.044	0.186	171.887	49.881	0.291	172.000	68.710	0.400	171.673	91.455	0.535	171.847	129.405	0.755	171.720	152.127	0.889
17	173.780	16.127	0.092	173.893	32.659	0.186	173.750	50.825	0.290	173.827	70.740	0.403	173.800	93.931	0.535	173.867	133.851	0.762	173.960	156.963	0.892
18	175.100	16.336	0.092	175.427	33.544	0.187	175.240	51.539	0.289	175.240	71.763	0.402	175.200	94.928	0.531	175.000	135.391	0.760			
※平均値			(0.093)	(0.185)			(0.290)			(0.402)			(0.533)			(0.757)			(0.883)		

※ 常時満水位以上の流量係数を平均している。

表 2 放水管内の作用圧力

開度	断面積	貯水池水位	放流量	流速	速度水頭
100%	A (m ²)	EL (m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	V ² /2g (m)
全開	6.145	162080	132456	20.532	21.508
測線	断面番	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭	圧力降下係数
		P _H ・m	EL・m	P・m (P _H -EL)	P・m V ² /2g
上部	1	150900	135.667	15.233	0.520
	2	147240	135.483	11.757	0.690
	3	142640	135.361	7.279	0.904
	4	139180	135.210	3.908	1.065
	5	138540	135.235	3.305	1.094
	6	139240	135.175	4.065	1.062
	7	139100	135.115	3.985	1.068
	8	138260	135.055	3.205	1.107
	9	140040	134.995	5.045	1.025
中部	1	151860	135.412	16.448	0.475
	2	146540	135.273	11.267	0.723
	3	141620	135.178	6.442	0.951
	4	138440	135.113	3.327	1.099
	5	138300	135.071	3.229	1.106
	6	139060	135.011	4.049	1.070
	7	139200	134.951	4.249	1.064
	8	138940	134.891	4.049	1.076
	9	139680	134.831	4.849	1.041
測面中央	1	152990	133.957	19.033	0.423
	2	146760	133.927	12.833	0.712
	3	142840	133.897	8.943	0.895
	4	140240	133.867	6.373	1.015
	5	139200	133.837	5.363	1.064
	6	138840	133.778	5.062	1.081
	7	138300	133.718	4.582	1.106
	8	138480	133.658	4.822	1.097
	9	138160	133.598	4.562	1.112
底部	10	137360	133.568	3.792	1.149
	11	136920	133.538	3.390	1.170
	12	135200	133.508	1.692	1.250
偶角	1	152900	132.503	20.397	0.427
	2	146280	132.581	13.699	0.735
	3	141480	132.616	8.864	0.958
	4	138060	132.622	5.438	1.117
	5	138900	132.604	6.296	1.078
	6	139140	132.544	6.596	1.067
	7	139180	132.484	6.696	1.065
	8	139040	132.424	6.616	1.071
	9	139560	132.364	7.196	1.047
測面中央	10	138300	132.358	5.942	1.106
	11	137140	132.353	4.787	1.160
	12	135920	132.347	3.573	1.216
	13	134740	132.341	2.399	1.271
底部	1	150580	132.247	18.333	0.535
	2	147000	132.371	14.629	0.701
	3	142500	132.433	10.067	0.910
	4	139240	132.454	6.786	1.062
	5	138700	132.440	6.260	1.087
	6	139440	132.380	7.060	1.053
	7	139400	132.320	7.080	1.054
	8	139440	132.260	7.180	1.053
	9	130280	132.200	8.080	1.014
偶角	10	138320	132.195	6.125	1.105
	11	137300	132.189	5.111	1.152
	12	136220	132.183	4.037	1.202
	13	134540	132.178	2.362	1.280
	14	134280	132.172	2.108	1.293

表 3 放水管内の作用圧力

開度	断面積	貯水池水位	放流量	流速	速度水頭
100%	A (m ²)	EL (m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	V ² /2g (m)
全開	6.145	166480	142749	22.128	24.982
測線	断面番	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭	圧力降下係数
		P _H ・m	EL・m	P・m (P _H -EL)	P・m V ² /2g
上部	1	153440	135.667	17.773	0.522
	2	149140	135.483	13.657	0.694
	3	143900	135.361	8.539	0.904
	4	139980	135.280	4.699	1.061
	5	139160	135.235	3.925	1.094
	6	139940	135.175	4.765	1.062
	7	139740	135.115	4.625	1.070
	8	139600	135.055	4.545	1.076
	9	140940	134.995	5.945	1.022
中部	1	154470	135.412	19.058	0.481
	2	148360	135.273	13.087	0.725
	3	142680	135.178	7.502	0.953
	4	139040	135.113	3.927	1.098
	5	138900	135.071	3.829	1.104
	6	139900	135.011	4.889	1.064
	7	138860	134.951	4.909	1.066
	8	139640	134.891	4.749	1.074
	9	140420	134.831	5.589	1.043
測面中央	1	154950	133.957	20.993	0.462
	2	148640	133.927	14.713	0.714
	3	144080	133.897	10.183	0.897
	4	141060	133.867	7.193	1.018
	5	139760	133.837	5.923	1.070
	6	139380	133.778	5.602	1.085
	7	138700	133.718	4.982	1.112
	8	139100	133.658	5.442	1.096
	9	138700	133.598	5.102	1.112
偶角	10	137100	133.568	3.532	1.176
	11	137240	133.538	3.702	1.170
	12	135200	133.508	1.692	1.252
底部	1	154400	132.503	21.897	0.484
	2	148120	132.581	15.539	0.735
	3	142560	132.616	9.944	0.957
	4	138640	132.622	6.018	1.114
	5	139460	132.604	6.856	1.082
	6	139800	132.544	7.256	1.068
	7	139840	132.484	7.356	1.066
	8	139680	132.424	7.256	1.073
	9	140340	132.364	7.976	1.046
測面中央	10	138840	132.358	6.482	1.106
	11	137440	132.353	5.087	1.162
	12	136080	132.347	3.733	1.217
	13	134660	132.341	2.319	1.274
底部	1	153100	132.247	20.853	0.536
	2	148940	132.371	16.569	0.702
	3	143740	132.433	11.307	0.910
	4	139940	132.454	7.486	1.062
	5	139240	132.440	6.800	1.090
	6	140100	132.380	7.720	1.056
	7	140080	132.320	7.760	1.057
	8	140280	132.260	8.020	1.049
	9	141240	132.200	9.040	1.010
偶角	10	138880	132.195	6.685	1.105
	11	137720	132.189	5.531	1.151
	12	136460	132.183	4.277	1.202
	13	134440	132.178	2.262	1.283
	14	134100	132.172	1.928	1.296

表4 放水管内の作用圧力

開度	断面積	貯水池水位	放流量	流速	速度水頭
100%	A (m)	EL (m)	Q (m³/s)	V (m/s)	V²/2g (m)
全開	6.145	170.94	152.273	23.604	28.426

測線	断面番 面号	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭	圧力降下係数
		P _H ・m	EL・m	P・m (P _H -EL)	P・m V²/2g
上部中央	1	156.040	135.667	20.373	0.524
	2	151.060	135.483	15.577	0.699
	3	145.100	135.361	9.739	0.909
	4	140.560	135.280	5.279	1.069
	5	139.720	135.235	4.485	1.098
	6	140.620	135.175	5.445	1.067
	7	140.440	135.115	5.325	1.073
	8	140.200	135.055	5.145	1.081
	9	141.760	134.995	6.765	1.027
上部隅角	1	157.180	135.412	21.768	0.484
	2	150.200	135.273	14.927	0.730
	3	143.740	135.178	8.562	0.957
	4	139.500	135.113	4.387	1.106
	5	139.440	135.071	4.369	1.108
	6	140.320	135.011	5.309	1.077
	7	140.500	134.951	5.549	1.071
	8	140.320	134.891	5.429	1.077
	9	141.260	134.831	6.429	1.044
測面中央	1	157.800	133.957	23.843	0.462
	2	150.640	133.927	16.713	0.714
	3	145.360	133.897	11.463	0.900
	4	141.760	133.867	7.893	1.027
	5	140.320	133.837	6.483	1.077
	6	140.000	133.778	6.222	1.088
	7	140.380	133.718	6.662	1.075
	8	139.580	133.658	5.922	1.103
	9	139.200	133.598	5.602	1.117
	10	138.100	133.568	4.532	1.155
	11	137.520	133.538	3.982	1.176
	12	135.240	133.508	1.732	1.256
底面隅角	1	157.000	132.503	24.497	0.490
	2	150.040	132.581	17.459	0.735
	3	143.680	132.616	11.064	0.959
	4	139.240	132.622	6.618	1.115
	5	140.120	132.604	7.516	1.084
	6	140.500	132.544	7.956	1.071
	7	140.580	132.484	8.096	1.068
	8	140.440	132.424	8.016	1.073
	9	141.160	132.364	8.796	1.048
	10	139.440	132.358	7.082	1.108
	11	137.860	132.353	5.507	1.164
	12	136.260	132.347	3.913	1.220
	13	134.690	132.341	2.349	1.275
底面隅角	1	155.760	132.247	23.513	0.534
	2	150.900	132.371	18.529	0.705
	3	144.980	132.433	12.547	0.913
	4	140.700	132.454	8.246	1.063
	5	139.940	132.440	7.500	1.091
	6	140.800	132.380	8.420	1.060
	7	140.860	132.320	8.540	1.058
	8	141.040	132.260	8.780	1.052
	9	142.220	132.200	10.020	1.010
	10	139.440	132.195	7.245	1.108
	11	138.060	132.189	5.871	1.157
	12	136.680	132.183	4.497	1.135
	13	134.570	132.178	2.392	1.279
	14	134.080	132.172	1.908	1.297

表5 放水管内の作用圧力

開度	断面積	貯水池水位	放流量	流速	速度水頭
100%	A (m)	EL (m)	Q (m³/s)	V (m/s)	V²/2g (m)
全開	6.145	175.280	160.659	24.904	31.643

測線	断面番 面号	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭	圧力降下係数
		P _H ・m	EL・m	P・m (P _H -EL)	P・m V²/2g
上部中央	1	158.440	138.667	22.773	0.532
	2	152.920	138.483	17.437	0.707
	3	146.320	138.361	10.959	0.915
	4	141.180	138.280	5.899	1.078
	5	140.240	138.235	5.005	1.107
	6	141.300	138.175	6.125	1.074
	7	141.060	138.115	5.945	1.081
	8	140.800	138.055	5.745	1.090
	9	142.520	134.995	7.525	1.067
上部隅角	1	159.840	135.412	24.428	0.488
	2	153.000	135.273	17.727	0.704
	3	144.780	135.178	9.602	0.964
	4	140.150	135.113	5.037	1.110
	5	139.960	135.071	4.889	1.116
	6	141.000	135.011	5.989	1.083
	7	141.140	13 951	6.189	1.079
	8	140.960	134.891	6.069	1.085
	9	141.540	134.831	6.709	1.066
測面中央	1	160.370	13 957	26.413	0.471
	2	152.450	133.927	18.523	0.721
	3	146.630	133.897	12.733	0.905
	4	142.830	133.867	8.963	1.026
	5	141.050	133.837	7.213	1.082
	6	140.560	133.778	6.782	1.097
	7	139.900	133.718	6.182	1.118
	8	140.140	133.658	6.482	1.111
	9	139.640	133.598	6.042	1.126
	10	138.440	133.568	4.872	1.164
	11	137.560	133.538	4.022	1.192
	12	136.360	133.508	2.852	1.230
底面隅角	1	159.450	132.503	26.947	0.500
	2	151.800	132.581	19.219	0.742
	3	144.660	132.616	12.044	0.968
	4	139.690	132.622	7.068	1.125
	5	140.670	132.604	8.066	1.094
	6	141.140	132.544	8.596	1.079
	7	141.140	132.484	8.656	1.079
	8	141.040	132.424	8.616	1.082
	9	141.640	132.364	9.276	1.063
	10	139.960	132.358	7.602	1.116
	11	138.260	132.353	5.907	1.170
	12	136.360	132.347	4.013	1.230
	13	134.620	132.341	2.279	1.285
底面隅角	1	158.030	132.247	25.783	0.545
	2	152.820	132.371	20.449	0.710
	3	146.120	132.433	13.687	0.922
	4	141.320	132.454	8.866	1.073
	5	140.400	132.440	7.960	1.102
	6	141.530	132.380	9.150	1.067
	7	141.540	132.320	9.220	1.066
	8	141.460	132.260	9.200	1.069
	9	142.940	132.200	10.740	1.022
	10	139.940	132.195	7.745	1.117
	11	138.460	132.189	6.271	1.164
	12	136.900	132.183	4.717	1.213
	13	134.660	132.178	2.482	1.284
	14	134.080	132.172	1.908	1.302

表 6 放水管開水路底面作用圧力

 測点④=壁面沿い
 測点⑤=水路中央

実験条件	断面 項目 測点	15		16		17		18		19		20		21		22	
		④	⑤	④	⑤	④	⑤	④	⑤	④	⑤	④	⑤	④	⑤	④	⑤
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	142710	134090	142400	136570	138490	136580	136340	135180	133660	133540	132400	131900	131700	131780	131540	131240
175280	ビエノ標高 EL・m	131998	131998	131992	131992	131982	131982	131968	131968	131928	131928	131872	131872	131712	131712	131489	131489
G	100% 圧力水頭 m	10712	2092	10408	4578	6508	4598	4372	3212	1732	1612	0528	0028	-0012	0068	0051	-0249
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	140800	134300	139860	136040	137240	135840	135720	135040	133900	133860	132960	132780	132480	132400	132300	132800
162080	ビエノ標高 EL・m	131998	131998	131992	131992	131982	131982	131968	131968	131928	131928	131872	131872	131712	131712	131489	131489
G	100% 圧力水頭 m	8802	2302	7868	4048	5258	3858	3752	3072	1972	1932	1088	0908	0768	0688	0811	1311
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	141900	134070	135600	134250	133660	133650	132760	132660	132160	132360	132100	131900	131860	132100	131740	131480
175460	ビエノ標高 EL・m	131998	131998	131992	131992	131982	131982	131968	131968	131928	131928	131872	131872	131712	131712	131489	131489
G	31.12% 圧力水頭 m	9902	2072	3608	2258	1678	1668	0792	0692	0232	0432	0228	0028	0148	0388	0251	-0009
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	148100	136420	141000	137320	136800	135570	134460	133600	134140	132400	131900	131600	131720	131700	131660	131300
174920	ビエノ標高 EL・m	131998	131998	131992	131992	131982	131982	131968	131968	131928	131928	131872	131872	131712	131712	131489	131489
G	62.23% 圧力水頭 m	16102	4422	9008	5328	4818	3588	2492	1632	2212	0472	0028	-0272	0008	-0012	0171	-0189
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	146170	135980	142980	137720	138640	137040	135500	136100	133580	133440	132400	132000	131620	131660	131660	131100
175240	ビエノ標高 EL・m	131998	131998	131992	131992	131982	131982	131968	131968	131928	131928	131872	131872	131712	131712	131489	131489
G	93.34% 圧力水頭 m	14171	3982	10988	5728	6658	5058	3532	4132	1652	1512	0528	0128	-0092	-0052	0171	-0389
実験条件	断面 項目 測点	23		24		25		26		27		28		29			
		④	⑤	④	⑤	④	⑤	④	⑤	④	⑤	④	⑤	④	⑤		
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	131280	131900	130880	130900	130400	130060	130240	129560	129260	129360	128860	128480	128300	127940		
175280	ビエノ標高 EL・m	131201	131201	130850	130850	130435	130435	129955	129955	129412	129412	128805	128805	128135	128135		
G	100% 圧力水頭 m	0079	0699	003	005	-0035	-0375	0285	-0395	-0152	-0052	0055	-0325	0165	-0195		
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	131960	131800	131680	131560	131040	130440	130660	130180	129800	129360	128800	128360	127800	127300		
162080	ビエノ標高 EL・m	131201	131201	130850	130850	130435	130435	129955	129955	129412	129412	128805	128805	128135	128135		
G	100% 圧力水頭 m	0759	0599	0830	0710	0605	0005	0705	0225	0388	0588	0555	0255	0565	0365		
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	131440	131400	131100	131000	130640	130560	129600	130040	129420	130180	129100	128920	128200	128000		
175460	ビエノ標高 EL・m	131201	131201	130850	130850	130435	130435	129955	129955	129412	129412	128805	128805	128135	128135		
G	31.12% 圧力水頭 m	0239	0199	0250	0150	0205	0125	-0355	0085	0008	0768	0295	0115	0065	-0135		
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	131480	131260	131180	131100	130520	130400	130140	130040	129640	129500	129000	128800	128200	128000		
174920	ビエノ標高 EL・m	131201	131201	130850	130850	130435	130435	129955	129955	129412	129412	128805	128805	128135	128135		
G	62.23% 圧力水頭 m	0279	0059	0330	0250	0085	-0035	0185	0085	0228	0088	0195	-0005	0065	-0135		
EL・m	ビエノ水頭 PH・m	131240	131040	131040	131040	130500	130380	130100	129700	129360	129400	128600	129060	128400	128000		
175240	ビエノ標高 EL・m	131201	131201	130850	130850	130435	130435	129955	129955	129412	129412	128805	128805	128135	128135		
G	93.34% 圧力水頭 m	0039	-0161	0190	0190	0065	-0055	0145	-0255	-0052	-0012	-0205	0255	0265	-0135		

表 7 放水管開水路水面形数值表

距 离 实验条件	X		2m	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
EL.175.28 m Q=160.66m³/s G=100 %	右岸	(max) 最高水位	EL. m 134.83	134.78	134.66	134.52	134.14	133.82	133.52	133.04	132.44	131.92	131.34	130.60
		(min) 最低水位	134.39	134.28	134.14	133.94	133.68	133.22	132.88	132.08	131.98	130.94	129.78	129.12
	中央	最高水位	134.59	134.24	134.18	133.78	133.62	133.34	132.84	132.38	131.94	131.26	130.76	130.04
		最低水位	134.55	134.20	134.14	133.74	133.62	133.06	132.64	132.34	131.68	131.02	130.48	129.92
EL.162.08 m Q=132.46 m³/s G=100 %	右岸	max	134.79	134.70	134.50	134.40	134.04	133.60	133.12	132.65	132.38	131.78	131.00	130.00
		min	134.49	134.34	134.18	134.04	133.72	133.46	132.98	132.47	132.20	131.58	130.52	130.00
	中央	max	134.57	134.28	134.14	133.74	133.54	133.24	132.84	132.44	131.82	131.18	130.62	130.08
		min	134.53	134.26	134.04	133.64	133.38	133.18	132.68	132.34	131.68	131.12	130.52	129.90
EL. 175.46m Q= 33.28m³/s G= 31.12%	右岸	max	132.69	132.78	132.94	132.42	132.32	132.30	131.70	131.20	130.30	130.18	129.92	128.68
		min	132.69	132.78	132.94	132.28	132.14	132.08	131.42	130.88	129.94	129.88	129.72	128.28
	中央	max	132.59	132.52	132.54	132.02	131.82	131.98	131.42	131.18	130.70	130.02	129.76	129.42
		min	132.39	132.38	132.18	131.94	131.70	131.72	131.26	130.84	130.30	129.84	129.52	129.02
EL.174.92 m Q= 73.82 m³/s G= 62.23 %	右岸	max	133.10	133.18	133.04	132.78	132.74	132.32	131.84	131.64	130.78	130.98	130.32	129.62
		min	133.10	133.18	133.04	132.78	132.74	132.32	131.84	131.64	130.78	130.98	130.32	129.62
	中央	max	133.29	132.94	132.78	132.52	132.32	131.86	131.58	131.18	130.61	130.18	129.42	128.82
		min	133.09	132.88	132.74	132.52	132.22	131.84	131.54	131.18	130.04	129.78	129.32	128.42
EL. 175.24m Q=137.50m³/s G= 93.34 %	右岸	max	135.53	135.00	134.52	134.20	134.12	133.78	133.20	132.81	132.20	131.82	131.02	130.62
		min	135.40	134.91	134.15	134.02	134.12	133.42	133.10	132.62	132.13	131.44	130.92	129.98
	中央	max	133.93	133.82	133.80	133.92	133.54	133.38	132.92	132.28	131.82	131.40	130.94	130.24
		min	133.91	133.79	133.62	133.52	133.30	133.28	132.62	132.22	131.42	131.25	130.92	130.12

表8 オリフィス貯水位～ゲート開き～流量測定結果

ゲート開き G・m	貯水位 WL・m	流量 Q・m ³ /s	H/D	流量係数 C
0.5	176.05	29.64	35.10	0.710
	173.01	27.19	29.02	0.717
	170.83	25.56	24.66	0.731
	168.01	21.62	19.02	0.704
	165.97	19.01	14.94	0.698
	163.78	14.47	10.56	0.632
	161.96	12.01	6.92	0.648
	160.38	18.08	3.76	0.592
	★ 159.36	5.05	1.72	(0.547)
1.0	175.28	51.21	16.78	0.628
	173.30	49.97	14.80	0.652
	171.13	46.40	12.63	0.655
	169.21	42.30	10.71	0.649
	167.38	38.10	8.88	0.642
	165.42	32.29	6.92	0.616
	163.93	28.99	5.43	0.624
	162.65	24.48	4.15	0.603
	161.26	18.94	2.76	0.572
	★ 160.59	14.58	2.09	0.506
1.5	★ 160.13	13.77	1.63	(0.541)
	175.93	74.42	11.62	0.596
	174.35	72.22	10.57	0.607
	172.27	68.12	9.16	0.614
	169.82	61.93	7.55	0.616
	167.64	55.08	6.23	0.610
	165.03	47.44	4.35	0.621
	164.02	41.17	3.68	0.586
	163.06	37.30	3.04	0.585
	★ 161.67	29.12	2.11	0.547
2.0	★ 161.02	28.74	1.66	(0.606)
	175.61	97.82	9.56	0.594
	173.64	92.00	7.57	0.593
	171.51	84.47	6.51	0.588
	169.15	76.23	5.33	0.586
	167.46	68.56	4.48	0.575
	166.37	64.10	3.94	0.573
	165.06	58.22	3.28	0.570
	163.23	48.37	2.37	0.558
	★ 161.90	42.46	1.70	(0.578)
2.5	175.61	122.19	6.84	0.593
	173.53	112.25	6.01	0.581
	172.32	106.73	5.53	0.576
	170.17	95.78	4.67	0.563
	168.48	86.24	3.99	0.548
	166.88	78.47	3.35	0.544
	165.21	68.34	2.68	0.530
	163.93	58.97	2.17	0.508
	★ 162.75	57.73	1.70	(0.562)
3.0	175.91	153.60	5.80	0.616
	174.18	145.82	5.23	0.616
	172.57	136.21	4.69	0.608
	170.93	126.45	4.14	0.600
	169.45	115.20	3.68	0.582
	167.80	102.62	3.10	0.563
	166.67	93.15	2.72	0.545
	165.52	83.26	2.34	0.526
	164.39	71.69	1.96	0.494
	★ 163.25	67.52	1.59	(0.518)
3.5	175.42	193.09	4.83	0.673
	174.28	184.93	4.51	0.668
	173.38	178.10	4.25	0.662
	172.45	171.12	3.99	0.657
	170.91	157.60	3.55	0.642
	169.98	148.63	3.28	0.629
	169.30	142.34	3.09	0.621
	168.31	132.12	2.80	0.605
	167.52	124.46	2.58	0.594
	★ 166.79	115.86	2.37	0.577
全開	★ 165.50	102.92	2.00	0.558
	★ 164.72	92.92	1.78	0.534
	★ 164.09	87.14	1.60	(0.529)
	176.17	230.87	4.78	0.745
	175.84	228.81	4.69	0.745
	174.98	220.61	4.45	0.737
	174.34	215.34	4.28	0.734
	173.32	207.22	4.01	0.730
	172.25	196.22	3.72	0.718
	★ 170.77	182.27	3.32	0.706
★	170.18	175.42	3.16	0.696
	169.60	170.03	3.00	0.692
	168.71	159.42	2.76	0.677
	167.54	143.93	2.44	0.649
	166.87	134.82	2.26	0.632
	166.07	124.45	2.05	0.614
	165.83	119.85	1.98	0.601
	165.44	114.22	1.88	0.588
	★ 164.90	107.07	1.73	0.574
	164.39	95.08	1.59	0.531
★	164.09	87.14	1.51	0.500
	163.43	71.41	1.33	0.436
	163.25	67.52	1.28	0.420
	162.97	60.97	1.21	0.391
	162.75	57.73	1.15	0.380
	162.62	53.31	1.11	0.356
	161.90	42.46	0.92	0.312
	161.02	28.74	0.68	0.246
	★ 160.13	13.77	0.44	0.146
	★ 159.36	5.05	0.23	0.074

★印はフリーフローの限界H-Qを示す。

表9 オリフィス管路内および開水路底面の作用圧力

実験条件		貯水位 流量		WL 166.07 m 12.445 m ³ /s	
測線	測点 No	ピエゾ位置座標 X Y(EL・m)		圧力標高 P _H ・m	圧力水頭 P・m
上面	1	0.155	164.781	165.94	1.16
	2	0.596	164.128	164.94	0.81
	3	1.255	163.697	164.00	0.30
	4	2.184	163.325	164.22	0.89
	5	3.112	162.954	163.75	0.80
	6	4.041	162.583	163.38	0.79
上面偶角	7	0.155	164.781	165.47	0.69
	8	0.596	164.128	165.06	0.93
	9	1.255	163.697	164.34	0.65
	10	2.184	163.325	164.22	0.89
	11	3.112	162.954	163.91	0.95
	12	4.041	162.583	163.22	0.64
側面	13	-3.207	160.350	164.69	4.34
	14	-2.000	160.350	164.72	4.37
	15	-1.000	160.350	164.75	4.40
	16	0.000	160.350	164.03	3.68
	17	2.000	160.350	163.53	3.18
	18	3.000	160.350	163.59	3.24
	19	4.000	160.350	162.94	2.59
下面	20	-3.500	157.436	165.31	7.88
	21	-3.105	157.906	165.06	7.16
	22	-2.575	158.215	164.72	6.50
	23	-1.800	158.428	164.31	5.88
	24	-1.000	158.500	164.28	5.78
	25	0.000	158.500	164.22	5.72
	26	1.000	158.500	164.09	5.59
	27	2.000	158.500	163.56	5.06
	28	3.000	158.500	163.53	5.03
	29	4.000	158.500	162.69	4.19
	30	5.000	158.500	161.97	3.47
	31	7.000	158.384	160.78	2.40
	32	9.000	158.053	159.53	1.48
	33	11.000	157.497	158.59	1.10
	34	13.000	156.716	157.63	0.91
	35	15.000	155.709	156.63	0.92
	36	17.000	154.481	155.00	0.52
	37	19.000	153.031	153.44	0.41
	38	21.000	151.356	151.31	-0.04
	39	23.000	149.459	149.00	-0.46
	40	25.000	147.341	146.56	-0.78
	41	27.000	144.997	145.56	0.57

実験条件		貯水位 流量		WL 175.39 m 22.470 m ³ /s	
測線	測点 No	ピエゾ位置座標 X Y(EL・m)		圧力標高 P _H ・m	圧力水頭 P・m
上面	1	0.155	164.781	171.75	6.97
	2	0.596	164.128	168.47	4.34
	3	1.255	163.697	167.66	3.96
	4	2.184	163.325	168.63	5.30
	5	3.112	162.954	166.75	3.80
	6	4.041	162.583	166.16	3.57
上面偶角	7	0.155	164.781	172.38	7.59
	8	0.596	164.128	168.66	4.53
	9	1.255	163.697	168.84	5.15
	10	2.184	163.325	169.25	5.92
	11	3.112	162.954	168.28	5.33
	12	4.041	162.583	166.16	3.57
側面	13	-3.207	160.350	172.97	12.62
	14	-2.000	160.350	172.44	12.09
	15	-1.000	160.350	167.24	6.89
	16	0.000	160.350	171.59	1.24
	17	2.000	160.350	169.09	8.74
	18	3.000	160.350	167.56	7.21
	19	4.000	160.350	165.63	5.28
下面	20	-3.500	157.436	174.06	16.63
	21	-3.105	157.906	173.31	15.41
	22	-2.575	158.215	172.53	14.32
	23	-1.800	158.428	171.78	13.35
	24	-1.000	158.500	171.22	12.72
	25	0.000	158.500	170.78	12.28
	26	1.000	158.500	169.81	11.31
	27	2.000	158.500	167.94	9.44
	28	3.000	158.500	167.56	9.06
	29	4.000	158.500	165.00	6.50
	30	5.000	158.500	163.03	4.53
	31	7.000	158.384	160.63	2.24
	32	9.000	158.053	157.34	-0.71
	33	11.000	157.497	156.38	-1.12
	34	13.000	156.716	155.69	-1.03
	35	15.000	155.709	155.34	-0.37
	36	17.000	154.481	153.63	-0.86
	37	19.000	153.031	152.53	-0.50
	38	21.000	151.356	150.72	-0.64
	39	23.000	149.459	148.25	-1.21
	40	25.000	147.341	148.13	0.78
	41	27.000	144.997	146.34	1.35

表 10 オリフィス開水路の水面形状

実 験 条 件		貯水位 (W.L.)	166.07 m	実 験 条 件		貯水位 (W.L.)	175.39 m
		流 量 (Q)	12.445 m ³ /s			流 量 (Q)	22.470 m ³ /s
測線	測点 No.	測 定 結 果 (EL・m)		測線	測点 No.	測 定 結 果 (EL・m)	
		最 高	平 均			最 高	平 均
①	1	162.03	161.97	①	1	162.03	162.00
	2	161.84	161.75		2	161.91	161.84
	3	161.56	161.53		3	161.66	161.53
	4	161.34	161.34		4	161.66	161.44
	5	161.03	160.97		5	161.28	161.16
	6	160.75	160.69		6	161.41	161.03
	7	159.78	159.72		7	160.63	160.34
	8	158.44	158.41		8	160.06	159.88
	9	156.59	156.53		9	158.66	158.19
	10	154.69	154.47		10	156.50	155.81
	11	150.97	150.81		11	154.94	153.78
②	1	161.91	161.84	②	1	161.97	
	2	161.66	161.59		2	161.78	161.75
	3	161.44	161.34		3	161.63	161.50
	4	161.06	161.03		4	161.41	161.25
	5	160.88	160.75		5	161.09	160.88
	6	160.69	160.53		6	160.97	160.91
	7	159.66	159.50		7	160.31	160.00
	8	158.53	158.38		8	159.09	158.94
	9	156.56	156.44		9	157.66	157.06
	10	154.28	154.03		10	155.66	154.63
	11	151.38	151.25		11	152.97	151.81

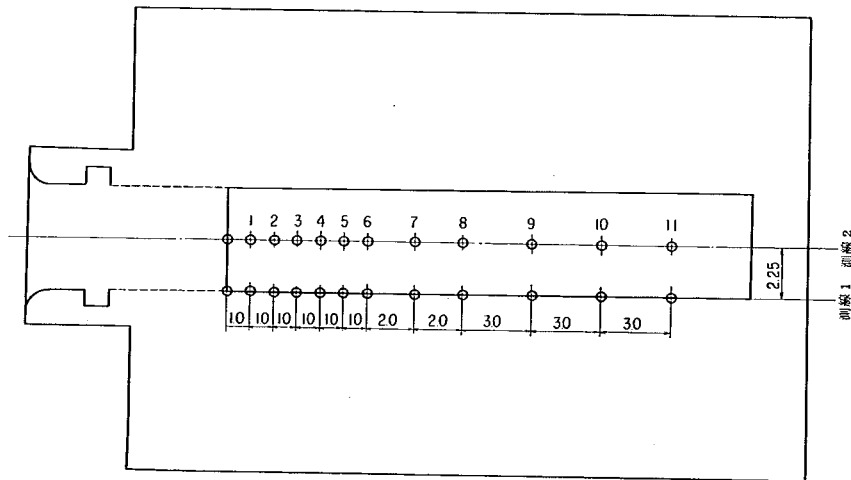


図 1. 放水管模型全体図 (mm 単位)

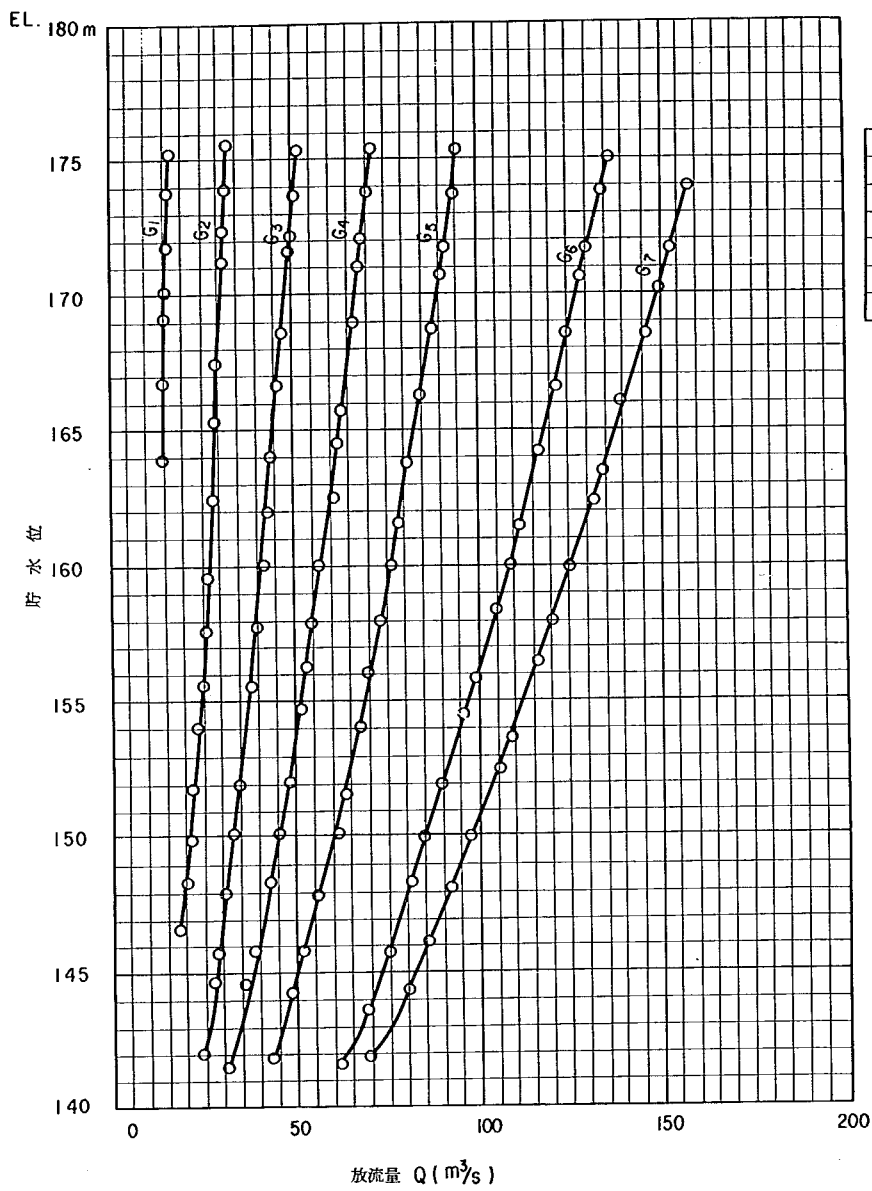
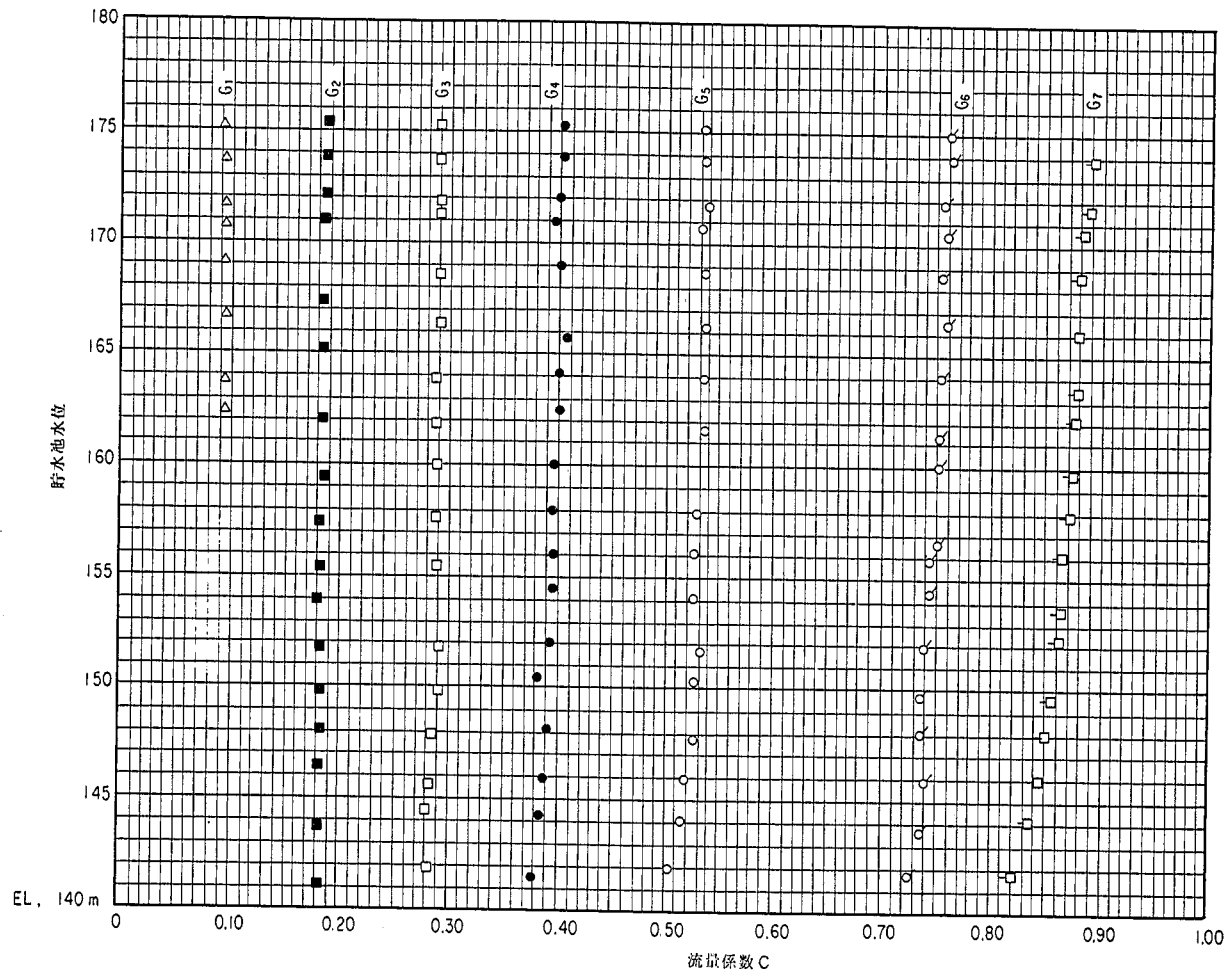


図 3. 放水管の放流能力(1条当り)



凡 例

△	G ₁ (%)	15.56
■	G ₂	31.12
□	G ₃	46.67
●	G ₄	62.23
○	G ₅	77.78
⊗	G ₆	93.34
⊠	G ₇	100.00

G(%)はゲート開度

$$G(\%) = \frac{G_n}{G_o}$$

G_n = 任意のゲート開き

(ゲート戸当り沿の長さ)

G_o = 3.2142 m

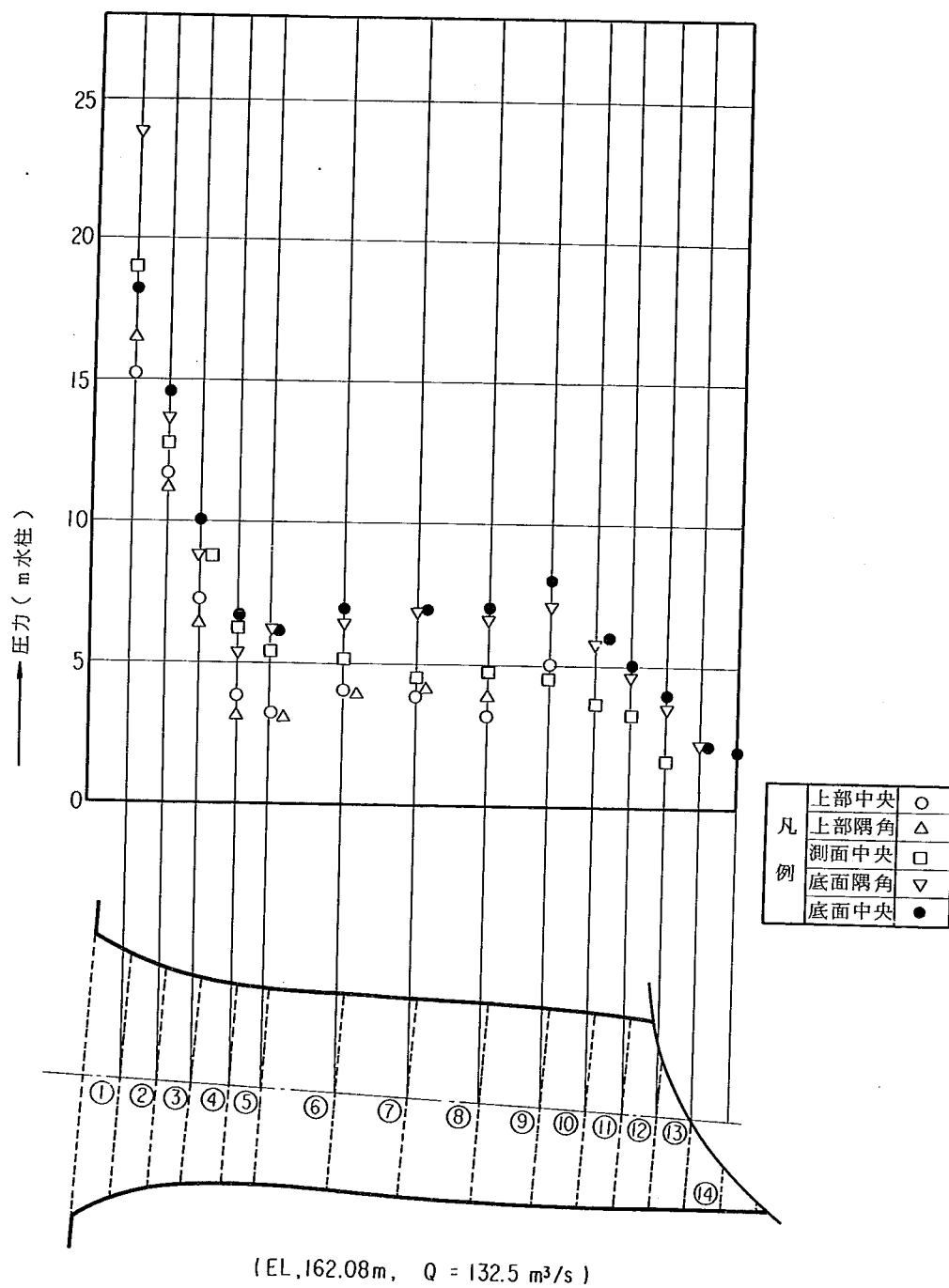


図 5. 放水管内圧力分布図(ゲート全開)

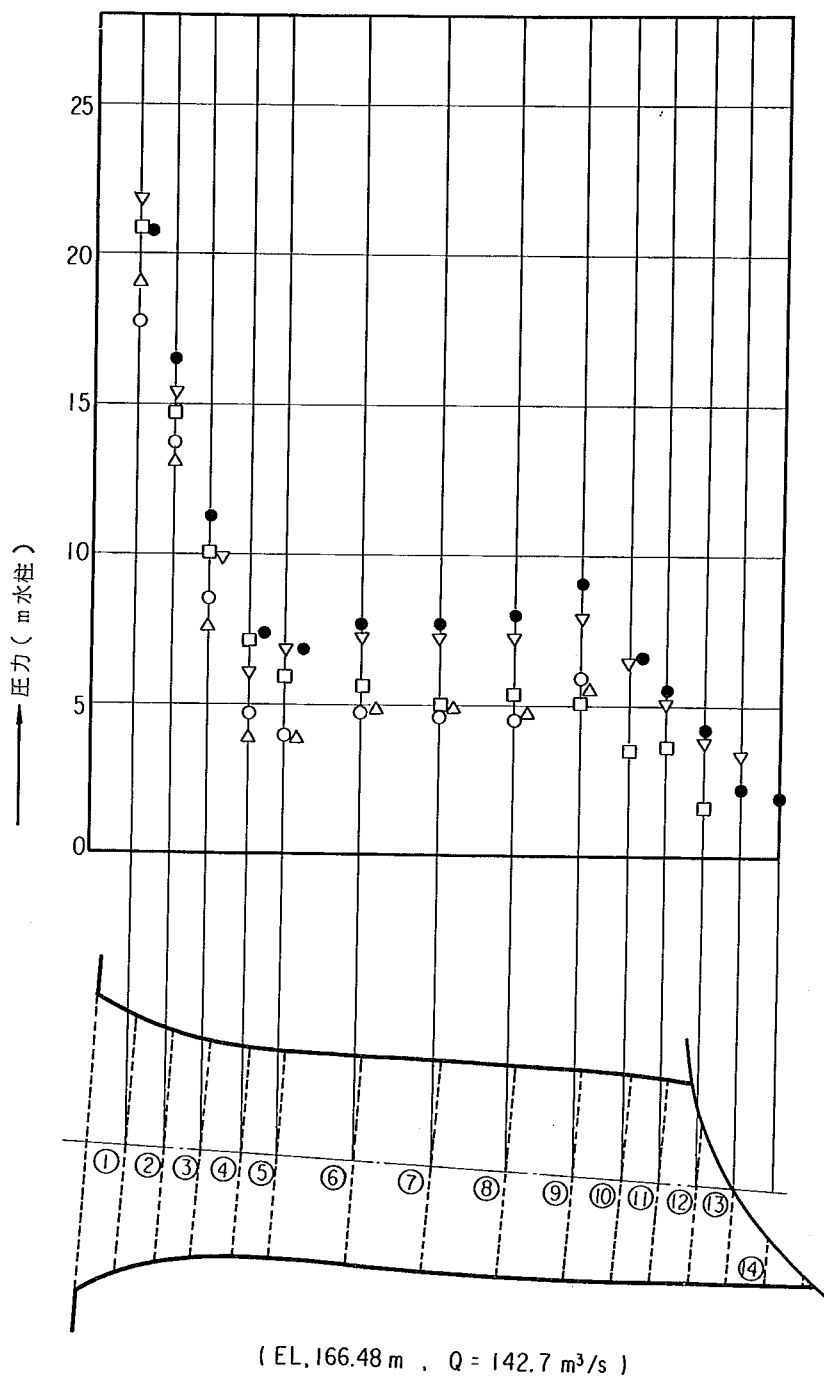


図 6. 放水管内圧力分布図(ゲート全開)

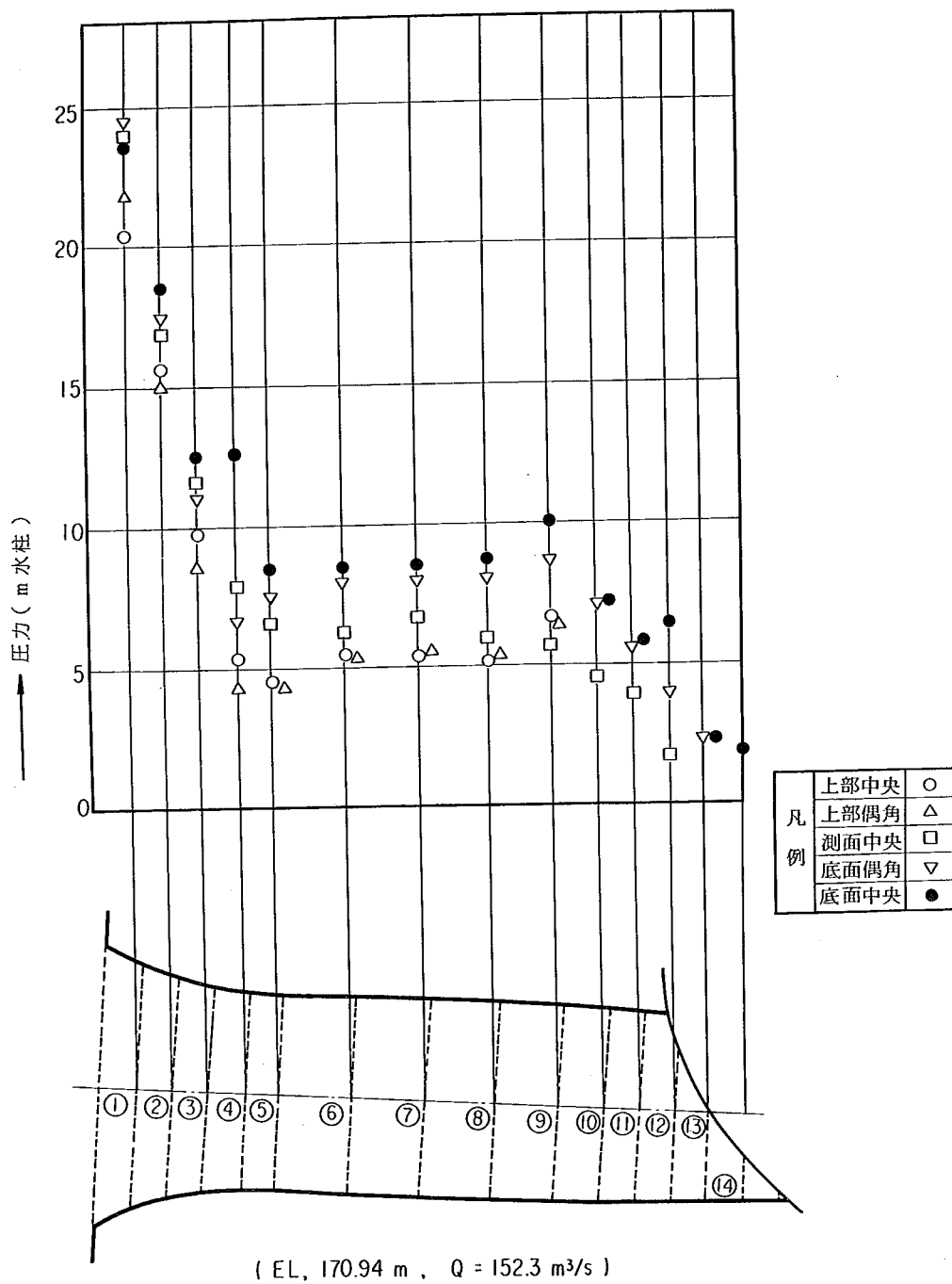


図 7. 放水管内圧力分布図(ゲート全開)

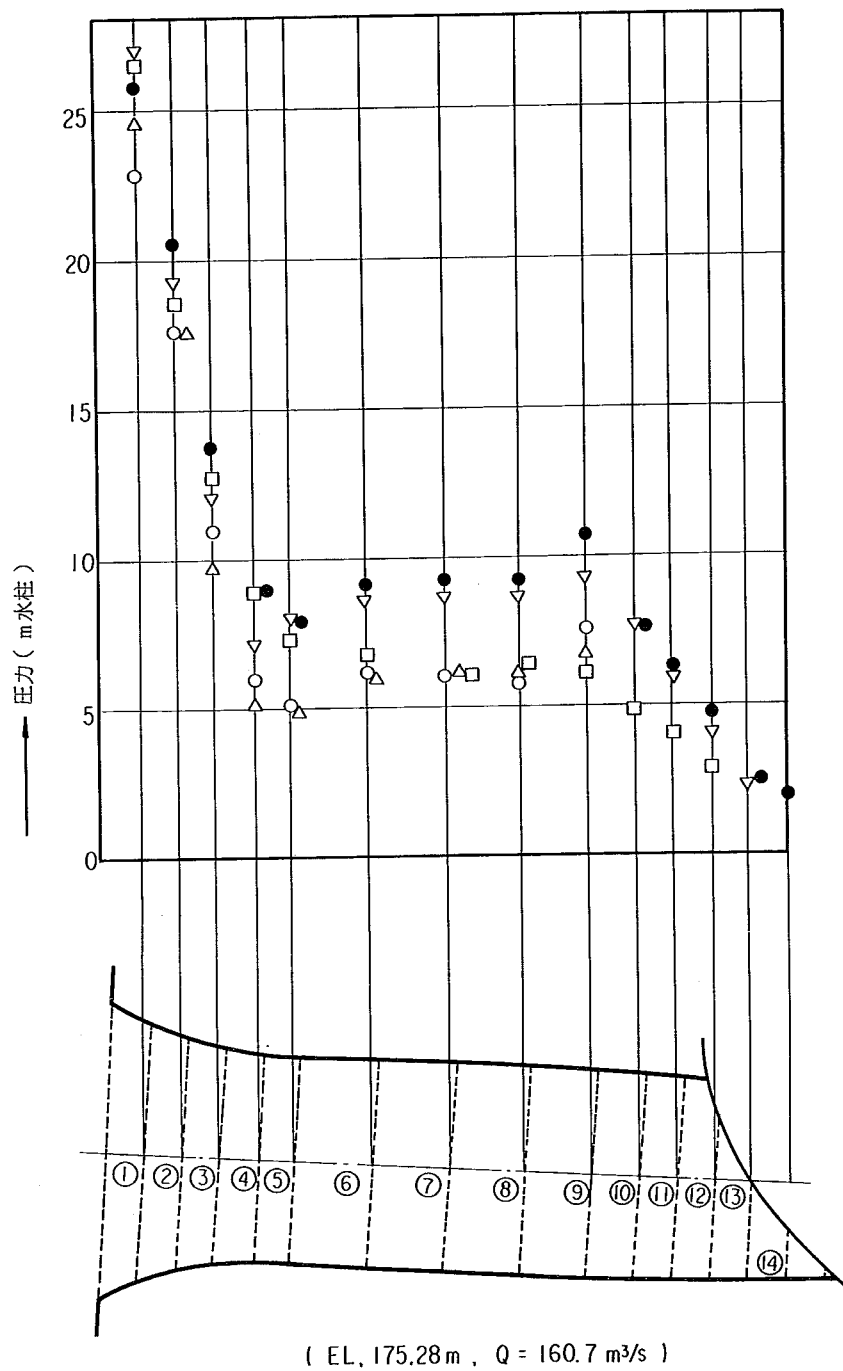


図 8. 放水管内圧力分布図(ゲート全開)

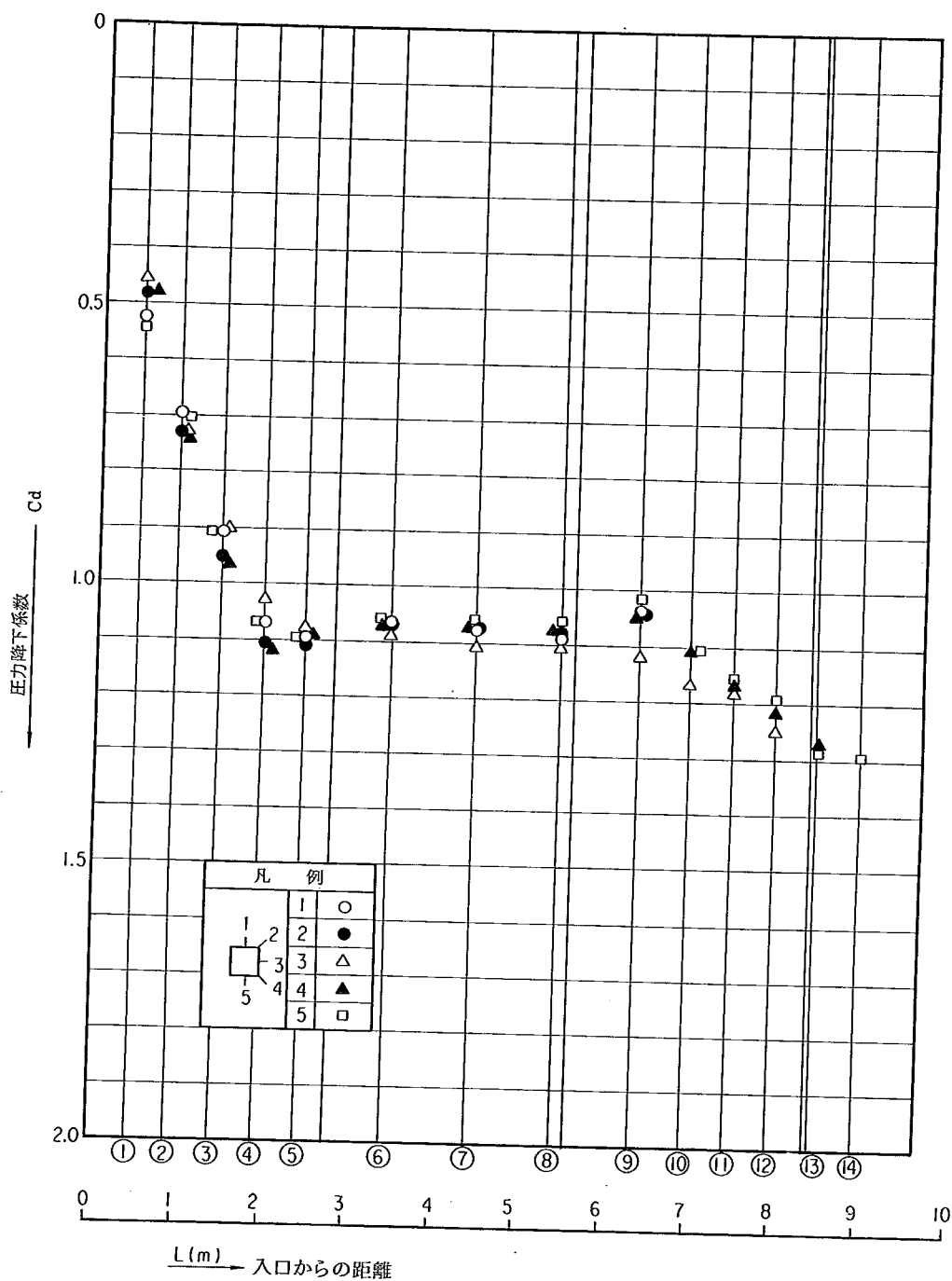


図 9. 放水管内の圧力降下係数分布図 (表iv)

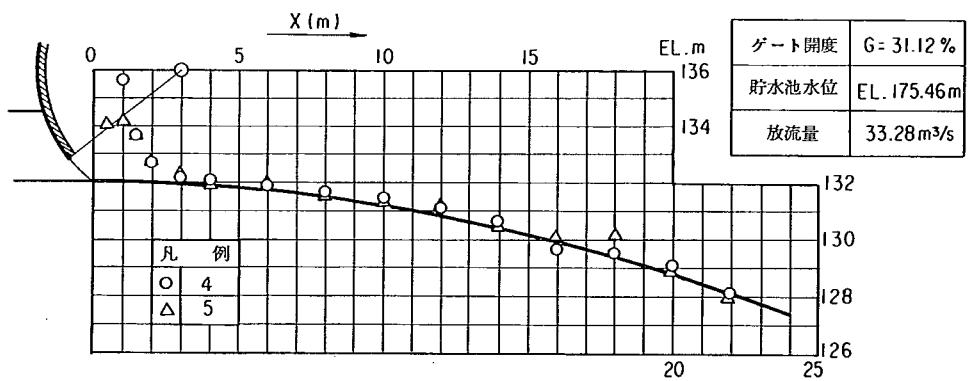
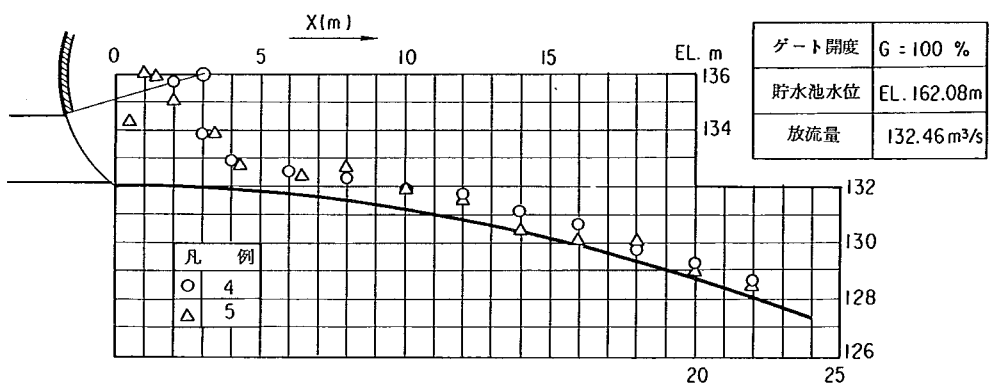
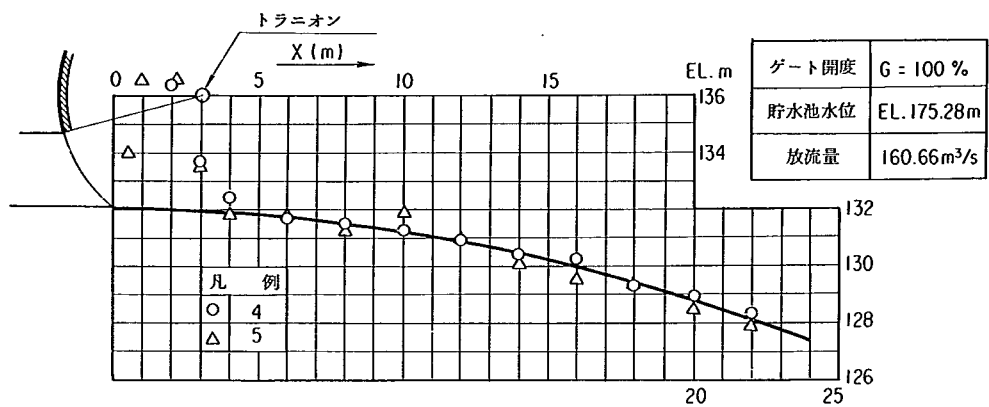


図 10. 放水管開水路底面圧力

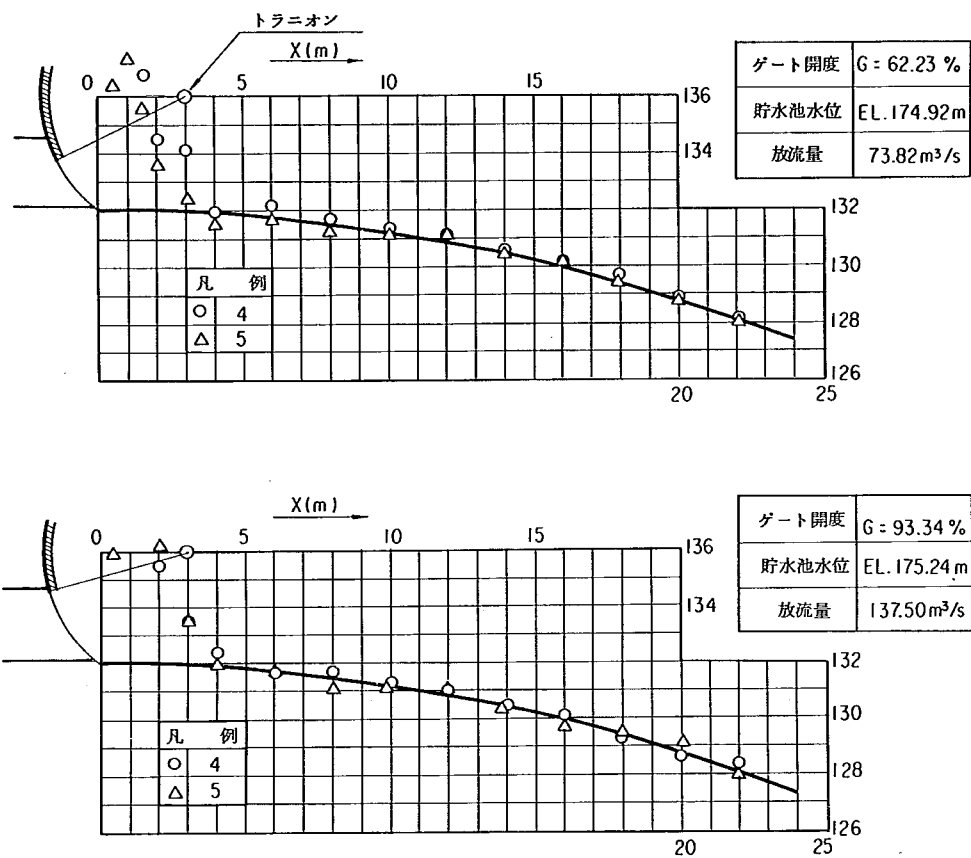


図 11. 放水管開水路底面圧力

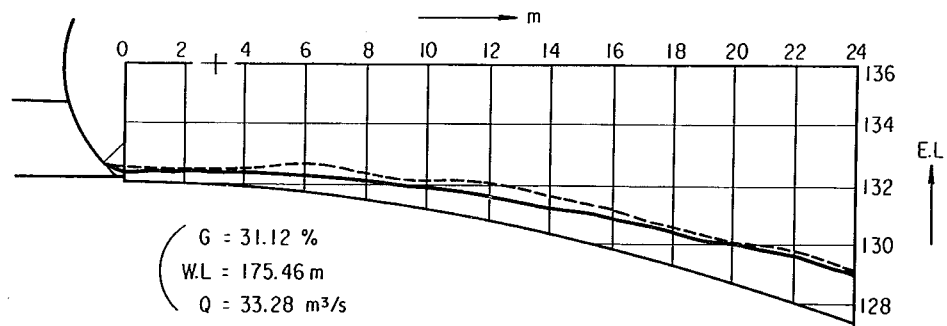
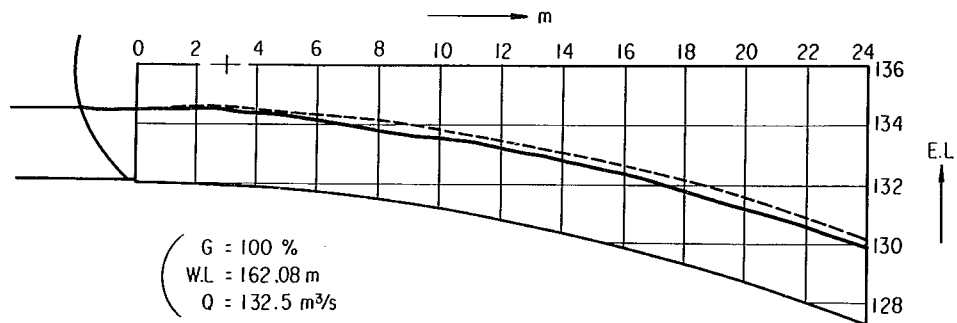
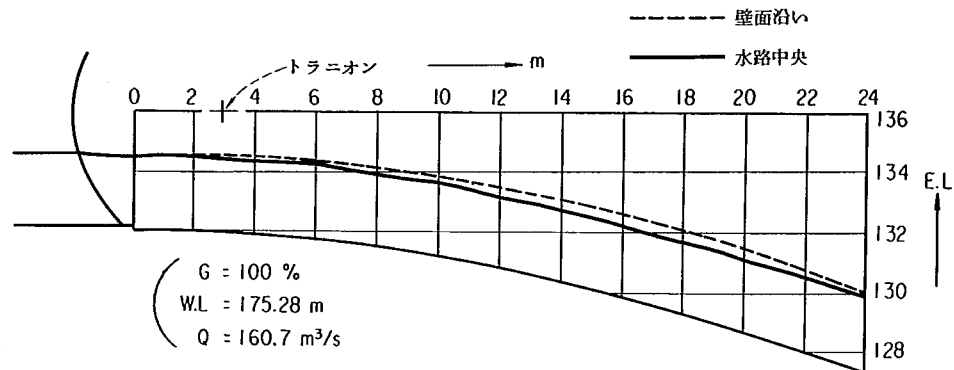


図 12. 放水管開水路の水面形状

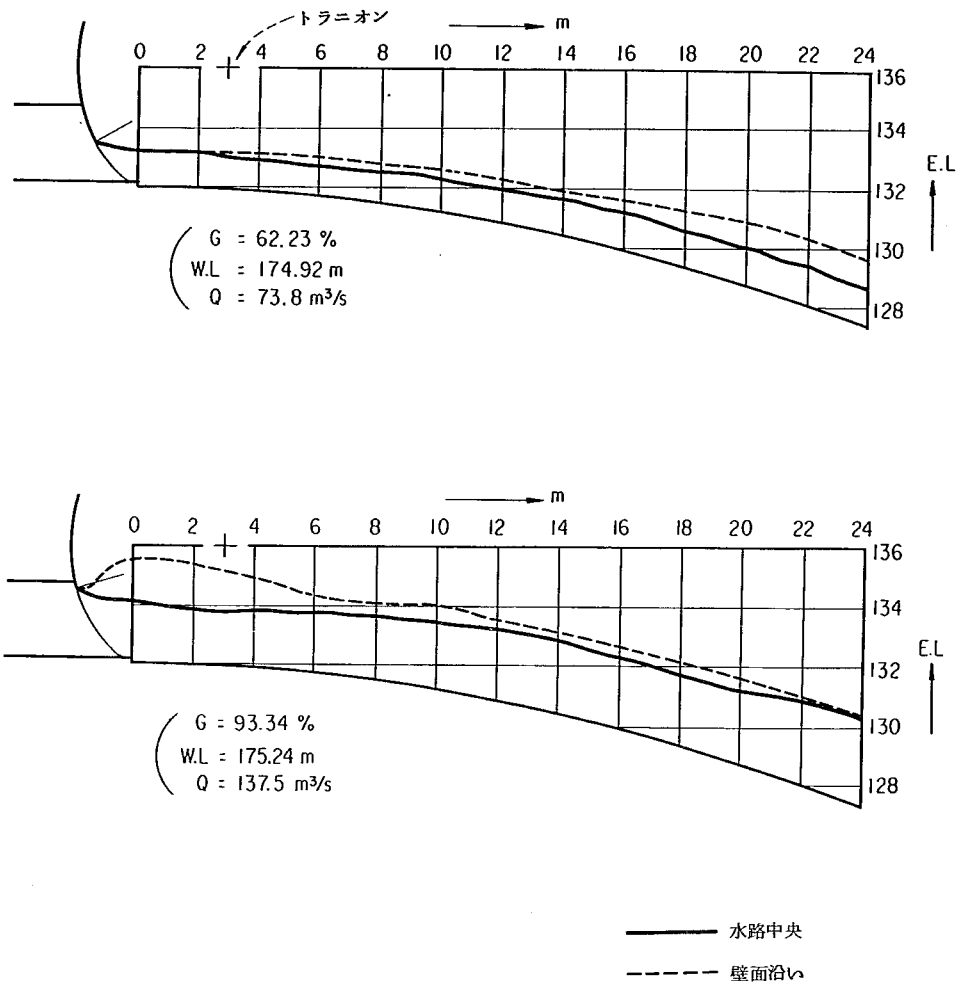


図 13. 放水管開水路の水面形状

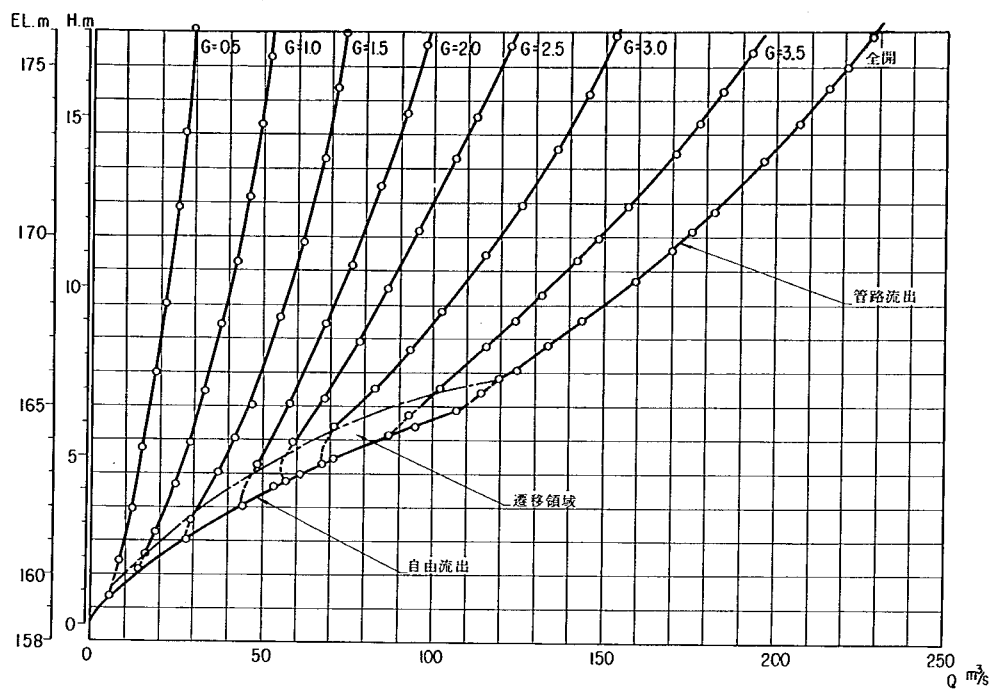


図 14. オリフィス貯水位～ゲート開き～放流量

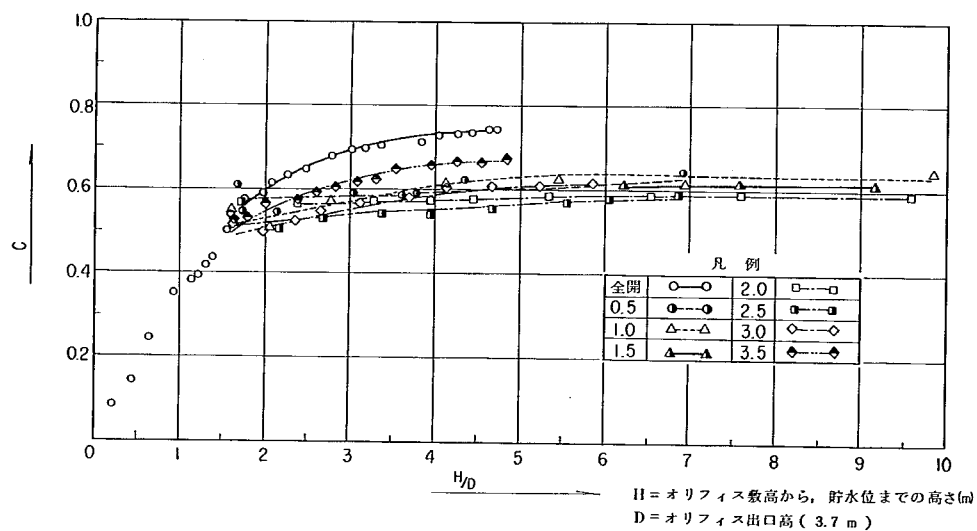


図 15. オリフィス流量係数

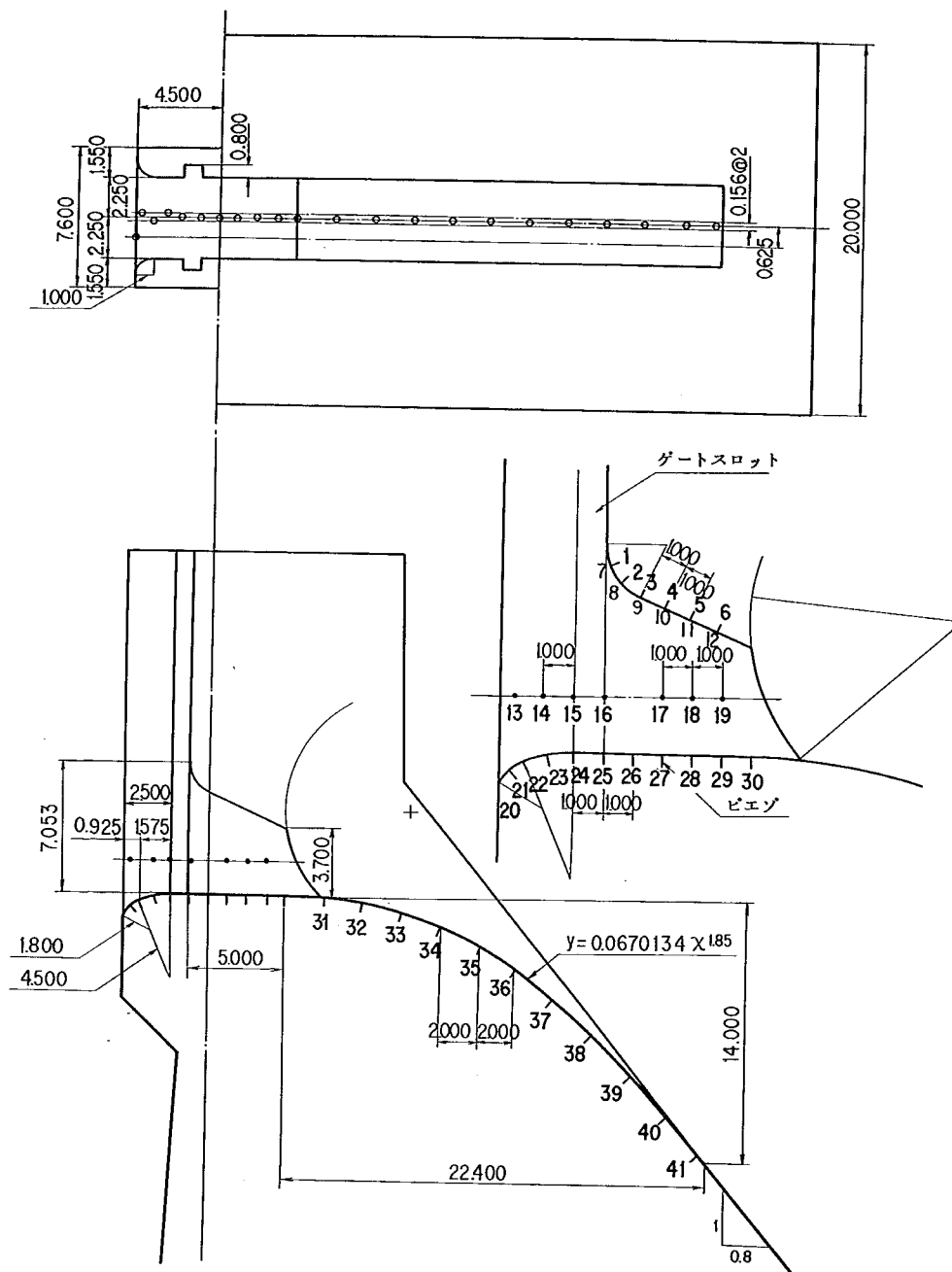


図 16. オリフィス圧力測定位置

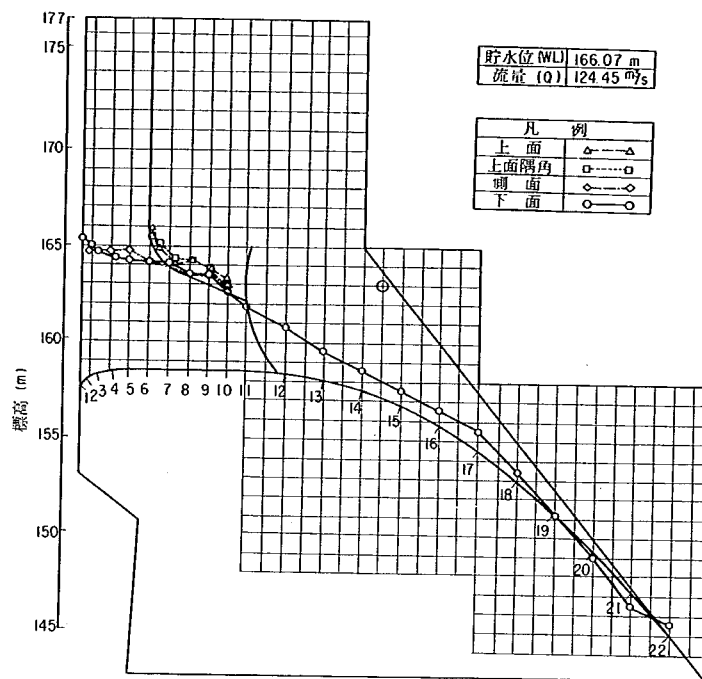


図 17. オリフィス部圧力分布

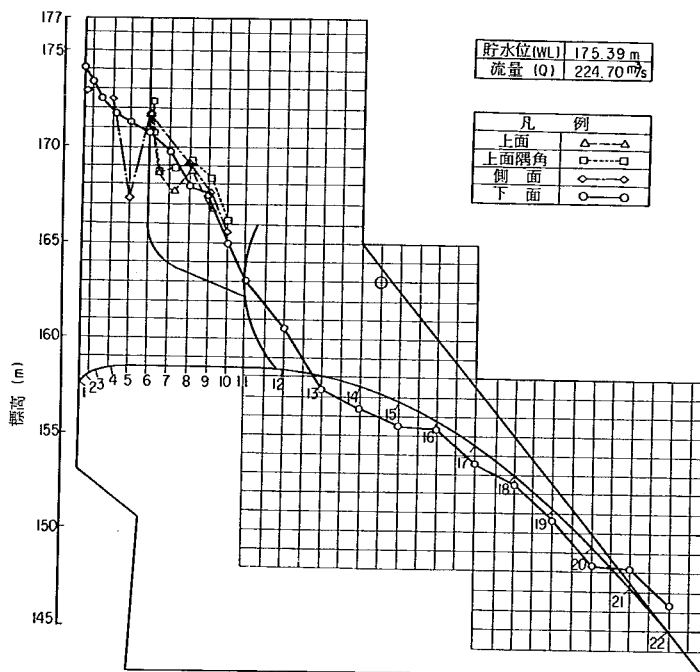


図 18. オリフィス部圧力分布

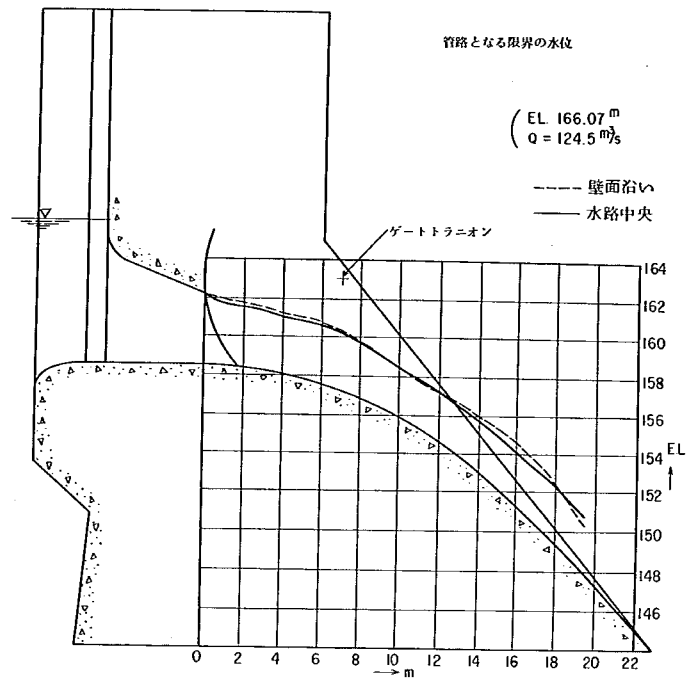


図 19. オリフィス下流の水面形状

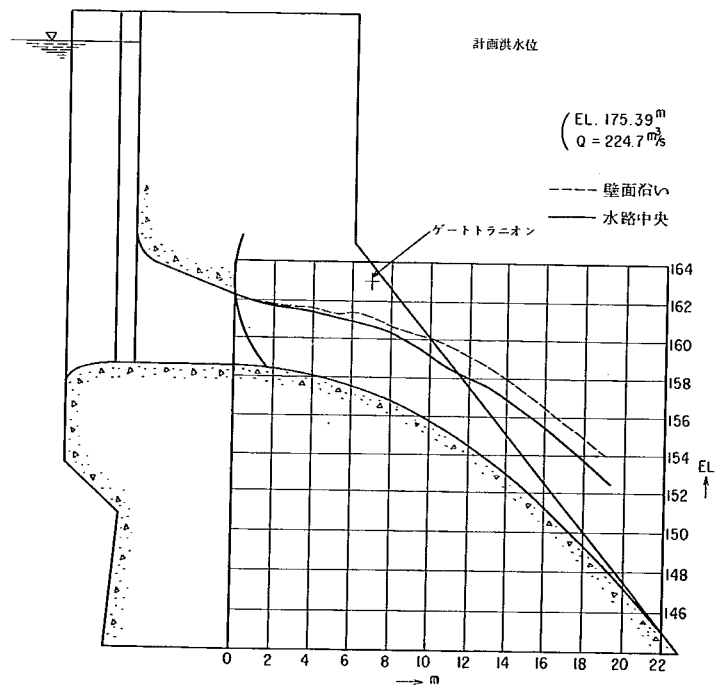


図 20. オリフィス下流の水面形状

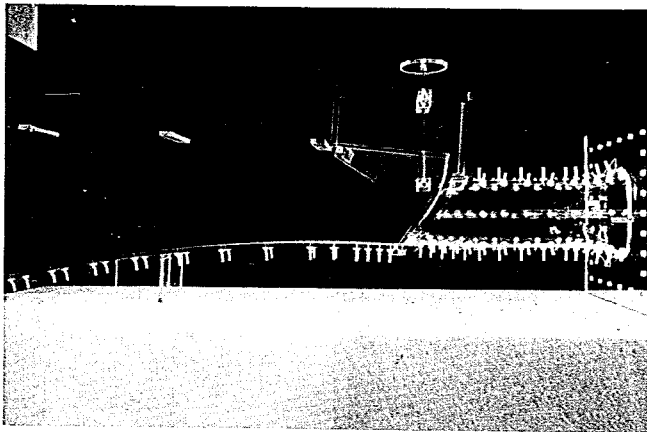


写真-1
放水管模型全体を測面より。

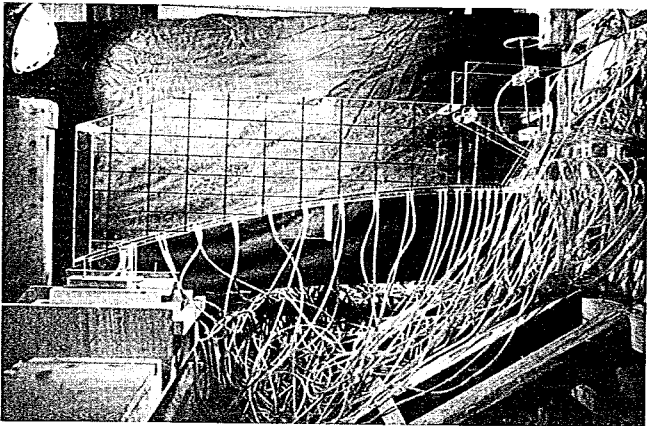


写真-2
放水管設置状態を測面より。

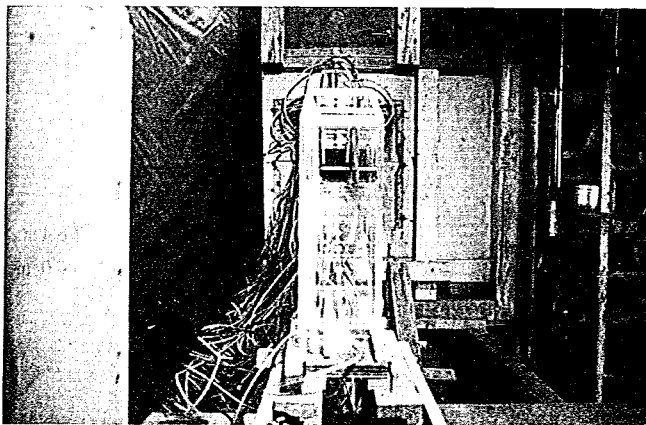


写真-3
正面より。

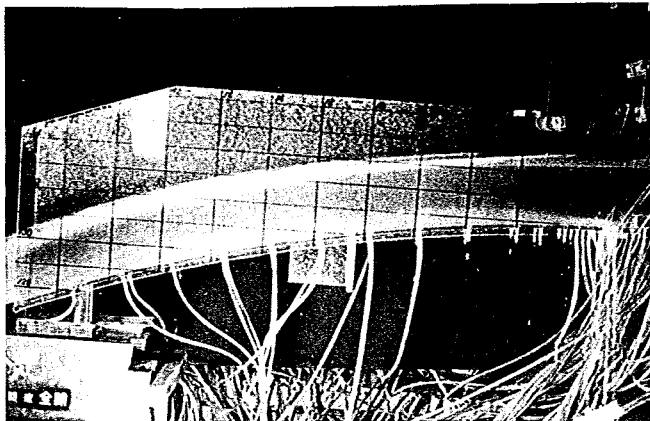


写真-4

ゲート開度 100 %
放流量 $130.511 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 161.840 m

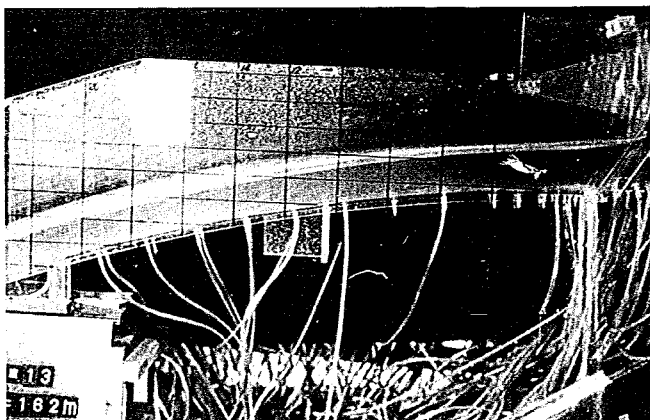


写真-5

ゲート開度 80.90 %
放流量 $84.893 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 162.190 m

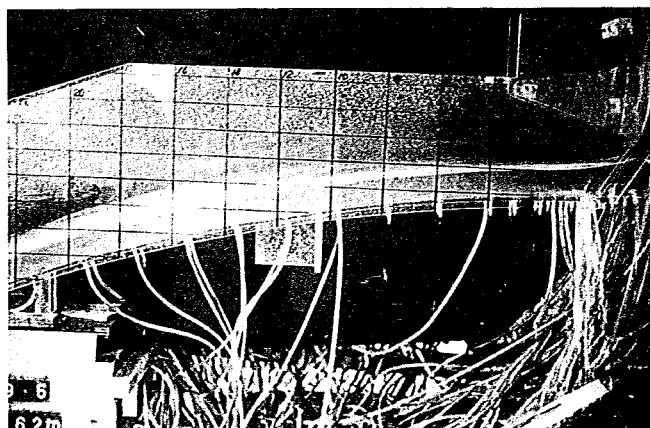


写真-6

ゲート開度 59.12 %
放流量 $55.784 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 161.960 m

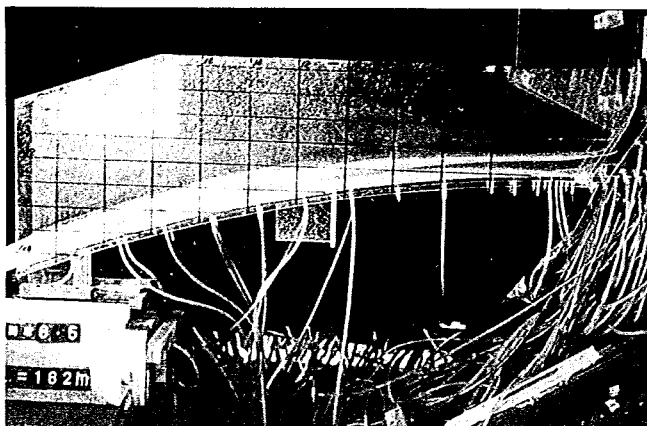


写真-7

ゲート開度 40.45 %
放流量 $36.518 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 161.860 m

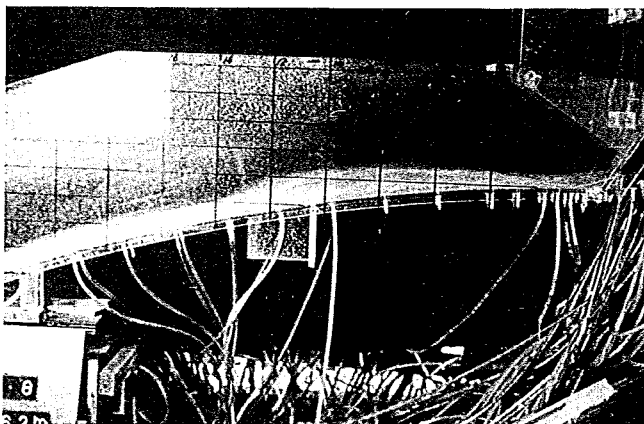


写真-8

ゲート開度 18.67 %
放流量 $15.778 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 161.910 m

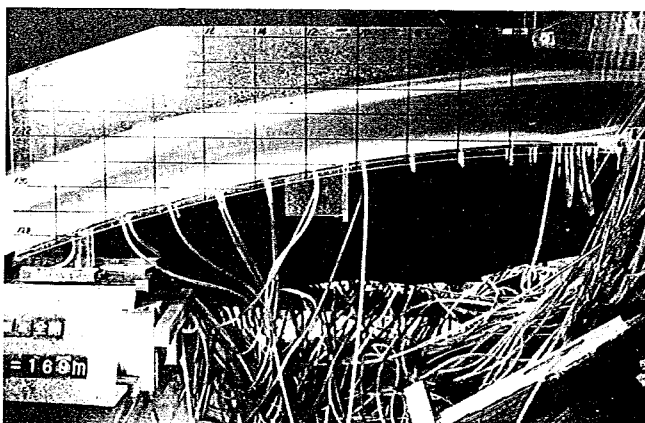


写真-9

ゲート開度 100 %
放流量 $145.039 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 169.193 m

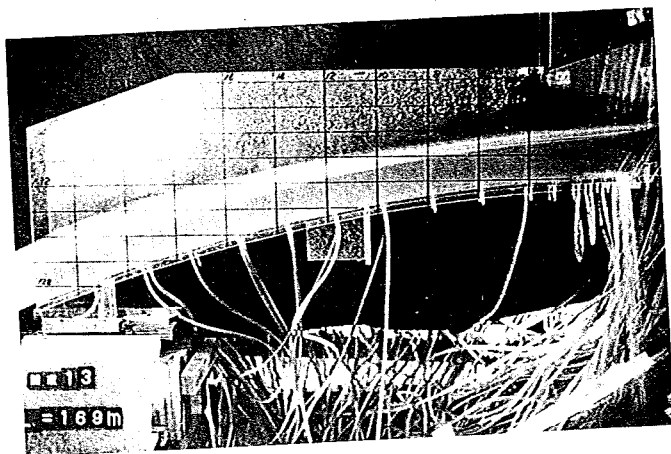


写真-10

ゲート開度 80.90 %
放流量 $96.052 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 169.060 m

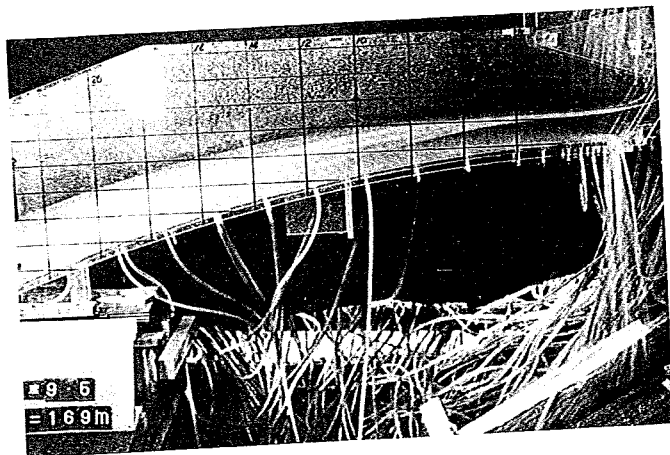


写真-11

ゲート開度 59.12 %
放流量 $62.626 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 168.920 m

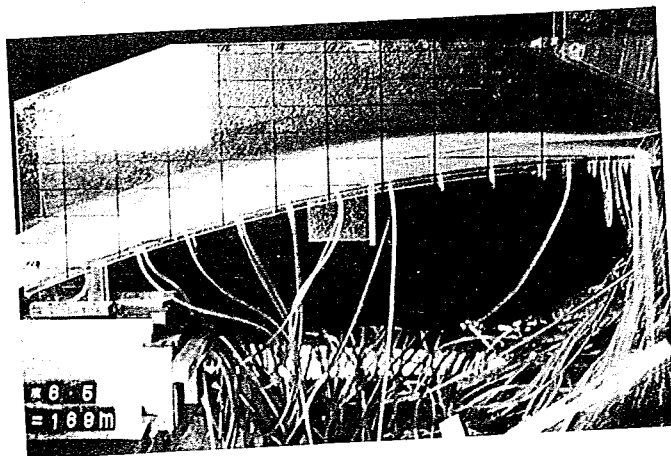


写真-12

ゲート開度 45.45 %
放流量 $42.227 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 168.740 m

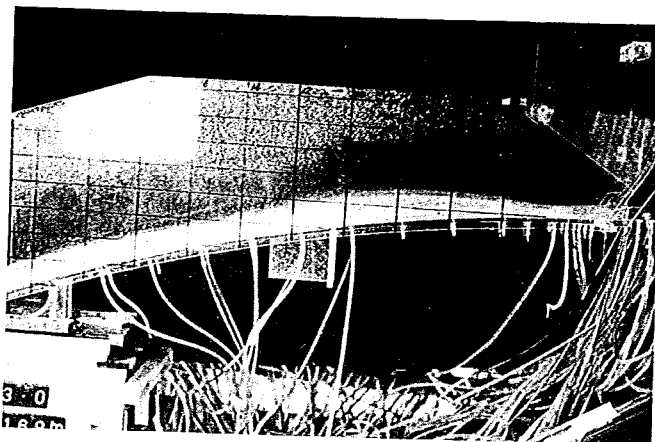


写真-13

ゲート開度 18.67 %
放流量 $17.763 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 168.870 m

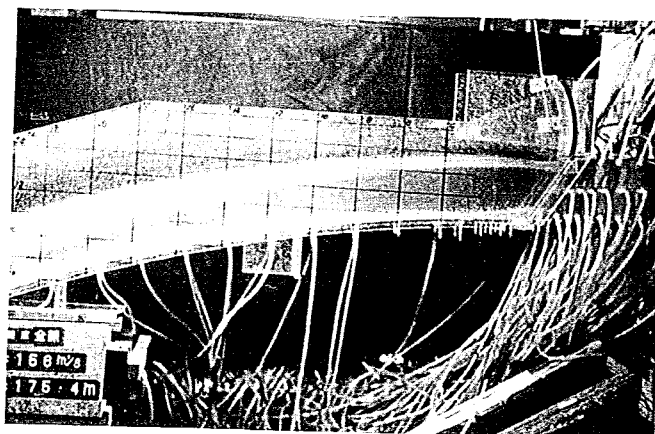


写真-14

給気孔 開
ゲート開度 100 %
放流量 $159.770 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 175.240 m

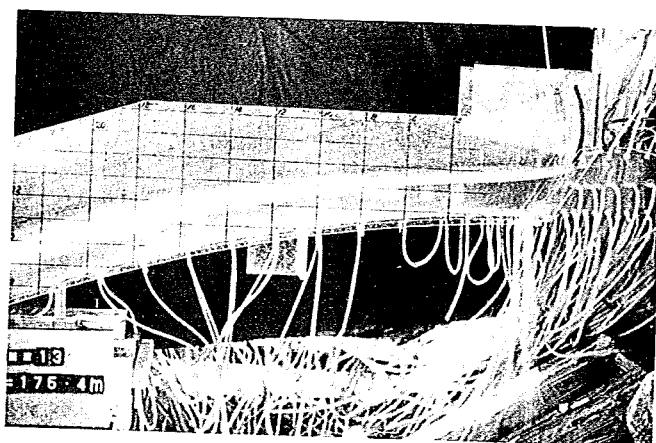


写真-15

ゲート開度 80.90 %
放流量 $101.999 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 175.280 m

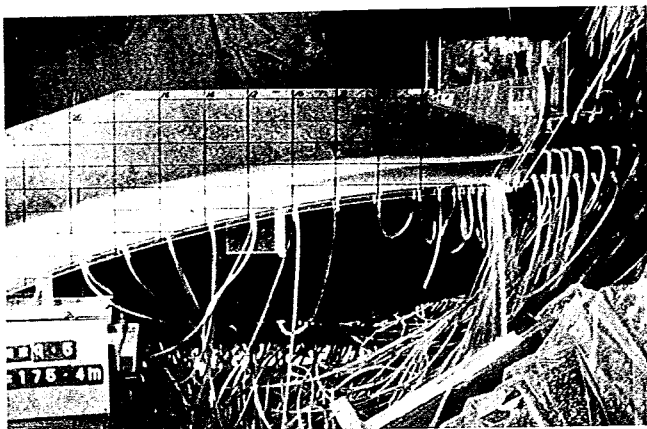


写真-16

ゲート開度 59.12 %
放流量 $67.143 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 175.230 m

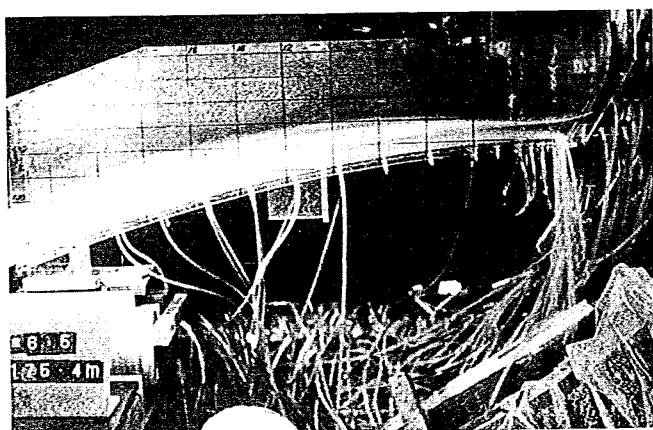


写真-17

ゲート開度 40.45 %
放流量 $44.547 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 175.360 m

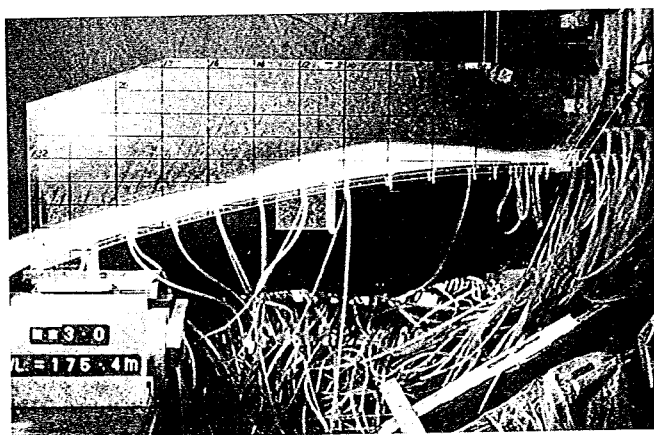


写真-18

ゲート開度 18.67 %
放流量 $19.827 \text{ m}^3/\text{s}$
貯水位 175.120 m

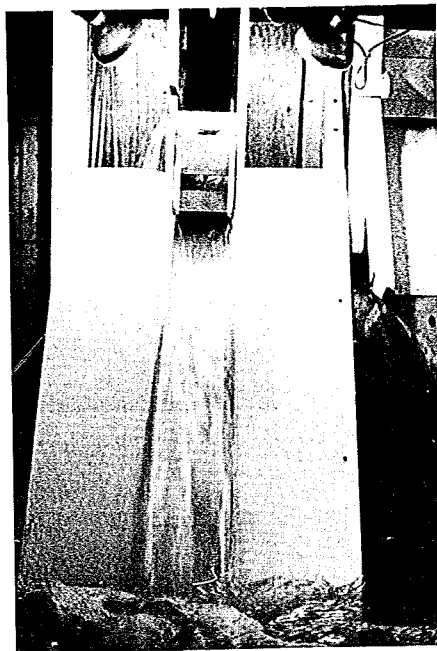
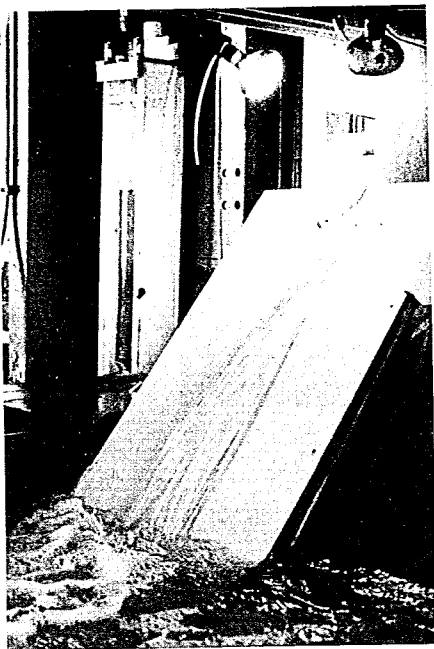


写真-19 開水路の流況 (EL.166 m)

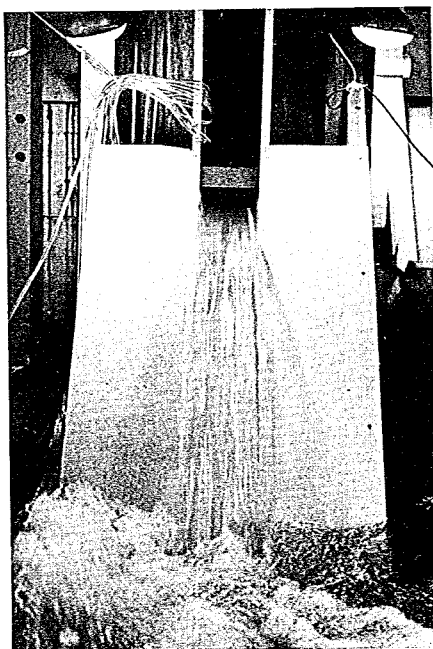
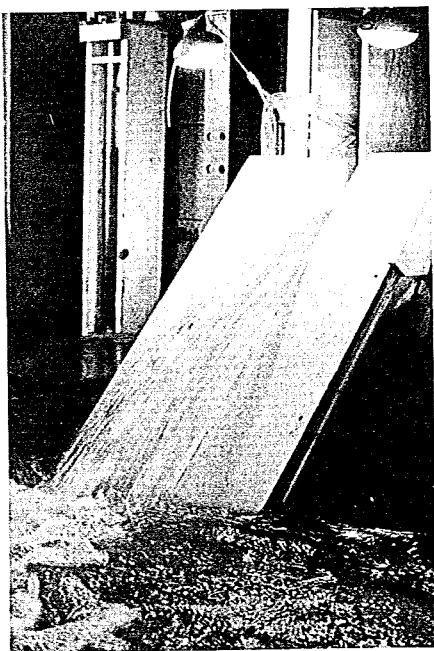


写真-20 オリフィス開水路の流況 (EL.175.4 m)



写真-21 オリフィス入口部の流況 (EL. 166 m)

第三章 非常用洪水吐

第1節 設計条件

非常用洪水吐としては、堤頂越流式とし以下の設計条件を満足させる。

- 1) サーチャージ水位 (E L 1 7 5.0 m) において、常用洪水吐と合わせて $970 \text{ m}^3/\text{sec}$ を、安全かつ確実に放流できること。
- 2) 設計洪水位 (E L 1 7 5.4 m) において、ダム設計流量 $2020 \text{ m}^3/\text{sec}$ を常用洪水吐と合わせて安全かつ確実に放流できること。
- 3) 越流幅は 9 m とし、3 門設けること。

第2節 堤頂越流部の設計

2-1 越流頂標高の決定

設計洪水位における所要放流量 Q_d は同じ水位での常用洪水吐の可能最大放流量 $540 \text{ m}^3/\text{sec}$ を差し引いたものである。

$$Q_d = 2020 - 540 = 1480 \text{ m}^3/\text{sec}$$

この値から越流頂の標高を決定してやる。所要の越流水深は次式から求める。

$$H = \left(\frac{Q_d}{n c B} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (17)$$

ここで Q_d = 所要放流量 m^3/sec 、 n = 門数 (3)、 c = 流量係数 ($\text{m}^{-\text{sec}}$ 単位)

B = 越流幅 (= 9 m)

$C \approx 2.0$ と仮定して H を求めると $H = 9.1 \text{ m}$ すなわち越流頂標高を E L 1 6 6.3 m とすればよいが、ここでは E L 1 6 6 m と決定する。

2-2 越流面の形状設計

越流面の形状は、WES (米国工兵隊水路試験所) のまとめた標準越流頂とよばれるものが多く採用される。本設計では、その中に示されているハロルドの標準越流頂を採用する。

2-1 から越流部の設計水深は 9.4 m であるが、基本三角形に完全に内接させるような標準越流頂の設計水深 H_{d0} を次式より求める。

$$H_{d0} = \frac{Y_h (m_1 + m_2)}{0.282 + 0.504 \left(\frac{1}{m_1} \right)^{\frac{1}{0.85}} - 0.126 m_2} \dots\dots\dots (18)$$

$$H_{d0} = \frac{11.5 (0.8 + 0.06)}{0.282 + 0.504 \left(\frac{1}{0.8}\right)^{\frac{1}{0.85}} - 0.126 \times 0.06} = 10.637 \text{ m}$$

ここで Y_h = 越流頂から基本三角形頂点までの標高差

m_1 = 堤体下流面のこう配 (1 : m_1)、 m_2 = 堤体上流面のこう配 (1 : m_2)

一般に H_{d0} が設計水深 H_d より大きい場合、流量係数は小さくなることが知られている。以下の計算では $H_d = 10.673 \text{ m}$ として設計を行なう。

越流頂から下流に対するハロルドの曲線式は次式で示される。

$$Y = \frac{0.5}{H_d^{0.85}} X^{1.85} \dots\dots\dots (19)$$

$$= 0.067013 X^{1.85}$$

したがって、曲線下流端の座標は次のようになる。

$$X = \left(\frac{2.0}{1.85 m_1} \right)^{\frac{1}{0.85}} H_d = \left(\frac{2.0}{1.85 \times 0.8} \right)^{\frac{1}{0.85}} \times 10.637 = 15.159 \text{ m}$$

$$Y = \frac{X^{1.85}}{2.0 H_d^{0.85}} = \frac{15.159^{1.85}}{2.0 \times 10.637^{0.85}} = 10.243 \text{ m}$$

ピアの形状はクレストゲートの規模と取り付け位置、ゲート機械室あるいは天端道路などの堤頂構造物を考え合わせて決定される。

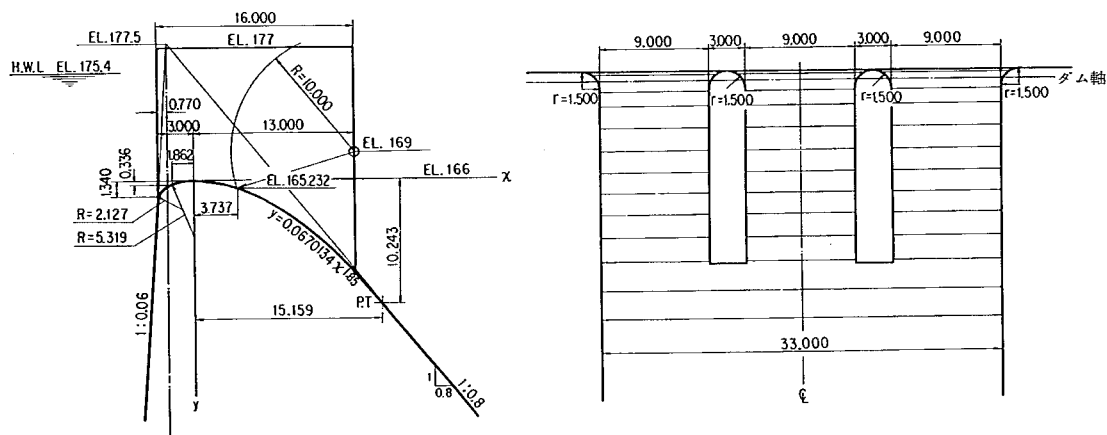


図 V) 堤頂越流部の設計

2-3 越流量の算定

設計された越流部について、以下の算定より設計洪水位での放流量を求める。

$$Q = n \cdot C' \cdot B \cdot H^{3/2}$$

$$C' = C \left\{ 1 - M_d \left(\frac{H}{H_d} \right)^{3/2} \right\} \quad C = 1.704 \left\{ 1 + 0.704 \left(\frac{H}{H_d} \right) \right\}^{1/2} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$M_d = 0.0756 \left(\frac{H_d}{B} \right)^{1/2} \left\{ \frac{1}{n} + 1.465 \left(\frac{n-1}{n} \right) \left(\frac{b}{s} \right)^{1.7} \right\}$$

ここで Q = 越流量、 n = 径門数 (= 3)、 B = 越流幅 (= 9 m)、 H_d = 設計水深

H = 越流水深、 C' = 橋脚、橋台の影響を補正した流量係数 (m-sec 単位)

C = 橋脚、橋台のない二次元の流量係数 (m-sec 単位)

M_d = 二次元流量係数に対する橋脚、橋台の補正係数

b = 橋脚幅 (= 3 m)、 s = 橋脚の突出長 (= 3 m)

$$M_d = 0.0756 \left(\frac{10.637}{9} \right)^{1/2} \left\{ \frac{1}{3} + 1.465 \left(\frac{3-1}{3} \right) \left(\frac{3}{3} \right)^{1.7} \right\}$$

$$= 0.107$$

$$C' = 1.704 \left\{ 1 + 0.704 \left(\frac{9.4}{10.637} \right) \right\}^{1/2} \left\{ 1 - 0.170 \left(\frac{9.4}{10.637} \right)^{3/2} \right\}$$

$$= 1.977$$

$$\therefore Q = 3 \times 1.977 \times 9 \times 9.4^{3/2}$$

$$= 1538 \text{ m}^3/\text{sec} > 1480 \text{ m}^3/\text{sec} (\text{所要放流量})$$

第3節 水理模型実験

本実験では、第2節で設計された形状について、放流能力、作用圧力、および流況を調査し実施設計形状を検討しようとするものである。

3-1 実験概要

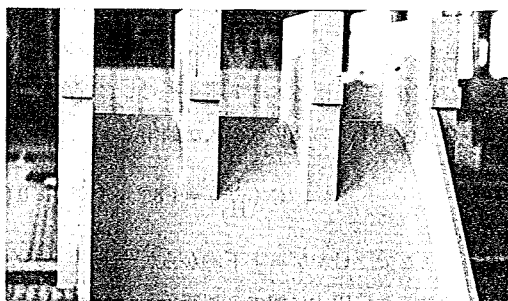
実験用模型は越流部全体を幾何学相似縮尺 1/50 で製作した。水理諸量の測定は低圧型管路と同様な方法を用いた。模型の水理量と実物との縮尺関係はフルードの相似率に従うものとする。

$$\begin{aligned} \text{長さの縮尺 } K_L &= 1/50 \\ \text{時間の縮尺 } K_T &= K_L^{1/2} = 1/7.07 \\ \text{圧力水頭の縮尺 } K_P &= K_L = 1/50 \\ \text{流速の縮尺 } K_V &= K_L / K_T = 1/7.07 \\ \text{流量の縮尺 } K_Q &= K_L^3 / K_T = 1/17677.7 \end{aligned}$$

本実験で行なった調査項目およびその設定条件は次のようである。

1) 放流能力に関する調査

a) ゲート全開時 貯水位 EL166 ~



EL 177 m

b) ゲート半開時 貯水位 EL 166 ~ EL 177 m

ゲート開き (0.5 ~ 6.0 m @ 0.5 m)

2) 越流面作用圧力に関する調査

自由越流状態 貯水位 (EL 168 m, EL 170 m, EL 172 m, EL 174 m, EL 175.4 m)

3) 越流部の流況に関する調査

自由越流状態 貯水位 (EL 169 m, EL 172 m, EL 175.4 m)

3-2 調査内容

1) 放流能力に関する調査

自由越流時およびゲート操作時における貯水位～放流量の関係を図21に示す。ここで、ゲート開きとは、ゲート下端からゲート戸当りまでの標高差で表わされる。図22はゲート開き～貯水位～流量係数の関係を示したもので、流量係数は次式で定義される。

a) ゲート全開時

$$C = \frac{Q}{B \cdot H^{3/2}} \dots\dots\dots (21)$$

b) ゲート操作時

$$C = Q/B \{ H^{3/2} - (H-G)^{3/2} \} \dots\dots\dots (22)$$

ここで Q=放流量 (m³/sec) B=全越流幅 (= 27 m) H=越流水深 (m)

G=ゲート下端からゲート戸当り (EL 165.232 m) との標高差

放流能力に対する所要量は、設計洪水位 (EL 175.4 m) において 1480 m³/sec であり、実験値 1510 m³/sec は条件を満足する。

自由越流時における (H/H_d) ~ C (H/H_d) の関係を調べてみると次のような関係式が得られた。(図23) H_d = 10.637 m とすると、

$$C \left(\frac{H}{H_d} \right) = 1.59457 \left(\frac{H}{H_d} \right) + 0.63446 \left(\frac{H}{H_d} \right)^3 - 0.25153 \left(\frac{H}{H_d} \right)^5 \dots\dots\dots (23)$$

また、ゲート操作時は各ゲート開きごとの流量係数は G = 2 m 程度で最も小さく、それより開きが小さくても大きくても C は増大する傾向がある。これはゲート下端の形状損失が異なるためである。

この図から C は各ゲート開きに対し、貯水位に関係なく、一定として差しつかえないから (G/H_d) ~ C (G/H_d) の関係は次式が適用できる。

$$C \left(\frac{G}{H_d} \right) = 1.834 \left(\frac{G}{H_d} \right) - 0.00861 \left(\frac{G}{H_d} \right)^3 + 2.043 \left(\frac{G}{H_d} \right)^5 \dots\dots\dots (24)$$

ここで G=ゲート下端からゲート戸当り (EL 165.232 m) までの標高差

2) 越流面作用圧力に関する調査

自由越流状態における越流面作用圧力を図24、図25に示してある。これからわかるようにいずれ

の貯水位においても負圧は生じない。表Ⅳ)、表Ⅴ)は $(X/H_d) \sim (h_p/H_d)$ の関係を示したものである。

表Ⅴ) 越流面の作用圧力 (h_p/H_d) 第2径間橋脚沿い

X/H_d	$H/H_d = 0.200$	$H/H_d = 0.380$	$H/H_d = 0.570$	$H/H_d = 0.756$	$H/H_d = 0.881$
-0.282	0.322	0.458	0.561	0.641	0.669
-0.237	0.259	0.382	0.471	0.527	0.551
-0.175	0.212	0.311	0.368	0.400	0.396
-0.118	0.177	0.271	0.322	0.337	0.327
-0.059	0.118	0.227	0.274	0.274	0.245
0	0.134	0.214	0.266	0.266	0.266
0.094	0.117	0.192	0.239	0.243	0.239
0.188	0.086	0.161	0.189	0.184	0.175
0.282	0.072	0.131	0.164	0.164	0.149
0.376	0.075	0.127	0.155	0.174	0.160
0.564	0.063	0.086	0.110	0.119	0.091
0.752	0.039	0.063	0.072	0.082	0.049
0.940	0.058	0.086	0.101	0.105	0.105
1.128	0.058	0.068	0.058	0.044	0.054
1.316	0.025	0.039	0.039	0.024	0.030

h_p = 圧力値、 H_d = 設計水深、 X = クレストを基準とする距離

表Ⅵ) 越流面の作用圧力 (h_p/H_d) 第2径間中央

X/H_d	$H/H_d = 0.200$	$H/H_d = 0.380$	$H/H_d = 0.570$	$H/H_d = 0.756$	$H/H_d = 0.881$
-0.282	0.345	0.505	0.632	0.839	0.918
-0.237	0.269	0.396	0.499	0.570	0.593
-0.175	0.208	0.283	0.321	0.344	0.311
-0.118	0.177	0.233	0.247	0.205	0.130
-0.059	0.151	0.217	0.242	0.217	0.180
0	0.130	0.186	0.214	0.200	0.149
0.094	0.107	0.173	0.206	0.211	0.211
0.188	0.114	0.165	0.217	0.236	0.231
0.282	0.070	0.112	0.140	0.145	0.126
0.376	0.075	0.118	0.155	0.165	0.146
0.564	0.058	0.110	0.138	0.157	0.138
0.752	0.054	0.096	0.119	0.133	0.068
0.940	0.044	0.063	0.063	0.063	0.030
1.128	0.082	0.058	0.063	0.030	0.025
1.316	0.021	0.016	0.030	0.016	0.011

3) 越流面の水面形状に関する調査

自由越流状態における越流面の水面形状を図27～図32に示してある。また流況は写真21～写真28に見られるとおりである。これらの調査資料から、中央径間の越流水脈は比較的安定しているのに対し、両側の径間是非対称な縮流の影響を受け、変動が大きい。

設計洪水水位における水面からゲートトラニオンまでの距離はおよそ3mあり支障はない。ガイドウォールの高さは、これらの資料をもとに決定することができる。しかし実際には流入部からの越流水脈は空気連行と貯水面の変動によって脈動が生じるため、余裕を見込んだ高さとする必要があり、この場合6mとすればよいだろう。

表Ⅶ) 越流部の水面形状 第1径間橋台沿い

$H/H_d=0.279$		$H/H_d=0.537$		$H/H_d=0.892$	
X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d
-0.470	-0.277	-0.470	-0.573	-0.470	-0.874
-0.282	-0.263	-0.282	-0.503	-0.282	-0.870
-0.188	-0.235	-0.188	-0.456	-0.188	-0.686
-0.094	-0.188	-0.094	-0.385	-0.094	-0.625
0	-0.169	0	-0.334	0	-0.564
0.188	-0.132	0.188	-0.277	0.188	-0.465
0.376	-0.066	0.376	-0.230	0.376	-0.371
0.564	0.028	0.564	-0.174	0.564	-0.282
0.752	0.155	0.752	-0.038	0.752	-0.150
0.940	0.315	0.940	0.071	0.940	-0.056
1.128	0.508	1.128	0.259	1.128	0.094
1.316	0.714	1.316	0.414	1.316	0.244
1.504	0.950	1.504	0.663	1.504	0.404
1.692	1.213	1.692	0.884	1.692	0.710
1.880	1.443	1.880	1.166	1.880	0.973

表Ⅷ) 越流部の水面形状 第1径間中央

$H/H_d=0.279$		$H/H_d=0.537$		$H/H_d=0.892$	
X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d
-0.470	-0.273	-0.470	-0.559	-0.470	-0.856
-0.282	-0.259	-0.282	-0.508	-0.282	-0.804
-0.188	-0.244	-0.188	-0.494	-0.188	-0.785
-0.094	-0.230	-0.094	-0.470	-0.094	-0.752
0	-0.207	0	-0.456	0	-0.733
0.188	-0.146	0.188	-0.357	0.188	-0.649
0.376	-0.056	0.376	-0.160	0.376	-0.554
0.564	0.047	0.564	0.014	0.564	-0.343
0.752	0.183	0.752	0.028	0.752	-0.259
0.940	0.343	0.940	0.174	0.940	-0.080
1.128	0.498	1.128	0.357	1.128	0.132
1.316	0.714	1.316	0.578	1.316	0.343
1.504	0.973	1.504	0.837	1.504	0.602
1.692	1.213	1.692	1.048	1.692	0.884
1.880	1.481	1.880	1.363	1.880	1.208

表Ⅸ) 越流部の水面形状 第1径間橋脚沿い

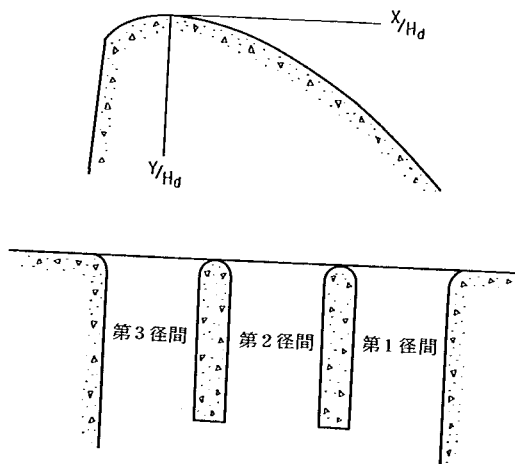
$H/H_d=0.279$		$H/H_d=0.537$		$H/H_d=0.892$	
X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d
-0.470	-0.287	-0.470	-0.569	-0.470	-0.856
-0.282	-0.282	-0.282	-0.592	-0.282	-0.893
-0.188	-0.240	-0.188	-0.512	-0.188	-0.837
-0.094	-0.207	-0.094	-0.451	-0.094	-0.757
0	-0.174	0	-0.404	0	-0.686
0.188	-0.136	0.188	-0.343	0.188	-0.597
0.376	-0.071	0.376	-0.310	0.376	-0.512
0.564	0.033	0.564	-0.193	0.564	-0.494
0.752	0.118	0.752	-0.019	0.752	-0.211
0.940	0.301	0.940	0.122	0.940	-0.122
1.128	0.494	1.128	0.306	1.128	0.047
1.316	0.686	1.316	0.512	1.316	0.273
1.504	0.952	1.504	0.808	1.504	0.555
1.692	1.232	1.692	1.072	1.692	0.827
1.880	1.490	1.880	1.377	1.880	1.048

表Ⅹ) 越流部の水面形状 第2径間橋脚沿い

$H/H_d=0.279$		$H/H_d=0.537$		$H/H_d=0.892$	
X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d
-0.470	-0.287	-0.470	-0.569	-0.470	-0.856
-0.282	-0.291	-0.282	-0.592	-0.282	-0.893
-0.188	-0.244	-0.188	-0.484	-0.188	-0.790
-0.094	-0.197	-0.094	-0.437	-0.094	-0.714
0	-0.193	0	-0.400	0	-0.653
0.188	-0.146	0.188	-0.343	0.188	-0.559
0.376	-0.080	0.376	-0.259	0.376	-0.479
0.564	0.033	0.564	-0.165	0.564	-0.367
0.752	0.132	0.752	-0.042	0.752	-0.268
0.940	0.301	0.940	0.075	0.940	-0.150
1.128	0.461	1.128	0.249	1.128	0.028
1.316	0.705	1.316	0.484	1.316	0.244
1.504	0.959	1.504	0.710	1.504	0.451
1.692	1.222	1.692	0.992	1.692	0.710
1.880	1.481	1.880	1.307	1.880	0.935

表Ⅺ) 越流部の水面形状 第2径間中央

$H/H_d=0.279$		$H/H_d=0.537$		$H/H_d=0.892$	
X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d	X/H_d	Y/H_d
-0.470	-0.282	-0.470	-0.555	-0.470	-0.851
-0.282	-0.259	-0.282	-0.517	-0.282	-0.808
-0.188	-0.244	-0.188	-0.508	-0.188	-0.785
-0.094	-0.230	-0.094	-0.489	-0.094	-0.771
0	-0.212	0	-0.461	0	-0.743
0.188	-0.146	0.188	-0.381	0.188	-0.667
0.376	-0.056	0.376	-0.296	0.376	-0.545
0.564	0.047	0.564	-0.165	0.564	-0.390
0.752	0.174	0.752	-0.024	0.752	-0.230
0.940	0.315	0.940	0.160	0.940	-0.080
1.128	0.522	1.128	0.348	1.128	0.127
1.316	0.700	1.316	0.592	1.316	0.352
1.504	0.964	1.504	0.823	1.504	0.602
1.692	1.222	1.692	1.062	1.692	0.766
1.880	1.490	1.880	1.401	1.880	1.189



4) 越流部の遷移領域に関する調査

越流部において、オリフィス流（ゲート操作時）から自由越流へうつり変わるところで、貯水位と流量が不規則な変動を伴う遷移的領域の存在することが知られている。この領域は越流頂とゲートとの位置関係や、ゲートの開きによって変わるので一義的な規定はできないが、越流頂からの水深H、ゲートの開きGに対して、調査結果から概ね次のように規定しうる。

$H/G < 1.4 \sim 1.6$	自由越流領域
$1.4 \sim 1.6 < H/G < 1.6 \sim 1.8$	遷移流領域
$1.6 \sim 1.8 < H/G$	オリフィス流領域

ここでGはゲート戸当りからゲート下端までの標高差

表 1 1 越流部貯水位-ゲート開度-放流量測定結果表 (3 門合計)

ゲート開度 G・m	貯水位 WL・m	流 量 Q・m ³ /s	流量係数 C
全 開	176.50	1822.21	1.984
	176.05	1690.65	1.965
	175.49	1513.12	1.917
	175.35	1496.24	1.938
	174.58	1276.20	1.881
	174.28	1211.25	1.883
	173.67	1072.66	1.870
	173.18	957.14	1.843
	172.60	827.99	1.809
	171.88	692.05	1.798
	171.41	587.75	1.730
	171.26	576.64	1.770
	171.03	515.05	1.691
	170.64	467.22	1.731
	170.34	423.15	1.733
	169.90	340.47	1.637
	169.26	256.08	1.611
	168.97	206.12	1.491
	168.16	136.48	1.592
	167.78	112.59	1.756
	166.97	40.95	1.588
	166.85	38.63	1.826
0.5	176.26	144.99	2.263
	175.30	138.83	2.279
	173.50	126.45	2.319

ゲート開度 G・m	貯水位 WL・m	流 量 Q・m ³ /s	流量係数 C
★	170.48	97.90	2.351
	167.99	68.72	2.575
	166.97	40.95	
1.0	175.91	332.15	1.869
	174.07	207.91	1.866
	172.91	190.53	1.859
	171.28	174.52	1.972
	168.75	139.38	2.299
	168.16	136.48	
★	176.08	435.39	1.785
	174.55	394.55	1.774
	173.04	355.49	1.788
	171.65	312.88	1.795
	170.16	262.86	1.833
	169.26	256.08	
3.0	176.65	668.72	1.822
	175.39	621.52	1.824
	174.30	579.10	1.832
	173.45	536.50	1.815
	172.89	515.06	1.832
	171.47	458.06	1.904
★	170.64	467.22	
	176.42	775.91	1.862
	175.79	744.94	1.857
3.5	174.20	664.38	1.851

ゲート開度 G・m	貯水位 WL・m	流 量 Q・m ³ /s	流量係数 C
★	172.49	582.78	1.899
	171.59	561.96	2.042
	172.26	576.64	
4.0	176.70	886.84	1.860
	175.68	829.37	1.853
	174.05	751.64	1.895
	173.22	702.53	1.910
	172.59	686.85	1.995
	171.88	692.05	
★	176.53	996.63	1.906
	174.99	901.03	1.913
	173.50	823.83	1.989
	172.60	827.99	
5.0	176.42	1077.19	1.898
	175.47	1017.32	1.913
	174.34	945.54	1.948
	173.90	939.76	2.016
★	173.18	957.14	
	176.27	1189.32	1.958
	175.50	1138.18	1.981
	175.04	1112.12	2.007
★	173.67	1072.66	
	★印はフリーフローの限界状態のH-Qを示す。		

表 1 2 越流部底面作用圧力

貯水位 (W.L.)		W.L. 168.13 m	貯水位 (W.L.)		W.L. 170.04 m	貯水位 (W.L.)		W.L. 172.06 m	貯水位 (W.L.)		W.L. 174.04 m	貯水位 (W.L.)		W.L. 175.37 m
流 量 (Q)		133.57 m ³ /s	流 量 (Q)		460.89 m ³ /s	流 量 (Q)		706.49 m ³ /s	流 量 (Q)		1147.97 m ³ /s	流 量 (Q)		1498.53 m ³ /s
測線 No	測点 No	測 定 結 果		測 定 結 果		測 定 結 果		測 定 結 果		測 定 結 果		測 定 結 果		
		ピエゾ水頭 (EL・m)	圧力水頭 (m)	ピエゾ水頭 (EL・m)	圧力水頭 (m)	ピエゾ水頭 (EL・m)	圧力水頭 (m)	ピエゾ水頭 (EL・m)	圧力水頭 (m)	ピエゾ水頭 (EL・m)	圧力水頭 (m)	ピエゾ水頭 (EL・m)	圧力水頭 (m)	
⑤ 径間中央	1	168.08	3.42	169.53	4.87	170.63	5.97	171.48	6.82	171.78	7.12			
	2	168.03	2.76	169.33	4.06	170.28	5.01	170.88	5.61	171.13	5.86			
	3	167.93	2.26	168.98	3.31	169.58	3.91	169.93	4.26	169.88	4.21			
	4	167.73	1.88	168.73	2.88	169.28	3.43	169.43	3.58	169.33	3.48			
	5	167.23	1.26	168.38	2.41	168.88	2.91	168.88	2.91	168.38	2.61			
	6	167.43	1.43	168.28	2.28	168.83	2.83	168.83	2.83	168.83	2.83			
	7	167.18	1.24	167.98	2.04	168.48	2.54	168.53	2.59	168.48	2.54			
	8	166.53	0.91	167.33	1.71	167.63	2.01	167.58	1.96	167.48	1.86			
	9	166.28	0.79	166.88	1.39	167.23	1.74	167.23	1.74	167.08	1.59			
	10	166.93	0.80	166.48	1.35	166.78	1.65	166.98	1.85	166.83	1.70			
	11	164.83	0.67	165.08	0.92	165.33	1.17	165.43	1.27	165.13	0.97			
	12	163.28	0.42	163.53	0.67	163.63	0.77	163.73	0.87	163.38	0.52			
	13	161.88	0.62	162.18	0.92	162.33	1.07	162.38	1.12	162.38	1.12			
	14	159.98	0.62	160.08	0.72	159.98	0.62	159.83	0.47	159.93	0.57			
	15	157.43	0.27	157.58	0.42	157.58	0.42	157.43	0.26	157.48	0.32			
④ 橋脚沿い	1	168.33	3.67	170.03	5.37	171.38	6.72	173.58	8.92	174.43	9.77			
	2	168.13	2.86	169.48	4.21	170.58	5.31	171.33	6.06	171.58	6.31			
	3	167.88	2.21	168.68	3.01	169.08	3.41	169.33	3.66	168.98	3.31			
	4	167.73	1.88	168.33	2.48	168.48	2.63	168.03	2.18	167.23	1.38			
	5	167.58	1.61	168.28	2.31	168.53	2.57	168.28	2.31	167.88	1.91			
	6	167.38	1.38	167.98	1.98	168.28	2.28	168.13	2.13	167.58	1.58			
	7	167.08	1.14	167.78	1.84	168.13	2.19	168.18	2.24	168.18	2.24			
	8	166.83	1.21	167.38	1.76	167.93	2.31	168.13	2.51	168.08	2.46			
	9	166.23	0.74	166.68	1.19	166.98	1.49	167.03	1.54	166.83	1.34			
	10	165.93	0.80	166.38	1.25	166.78	1.65	166.88	1.75	166.68	1.55			
	11	164.78	0.62	165.33	1.17	165.63	1.47	165.83	1.67	165.63	1.47			
	12	163.43	0.57	163.88	1.02	164.13	1.27	164.28	1.42	163.58	0.72			
	13	161.73	0.47	161.93	0.67	161.93	0.67	161.93	0.67	161.63	0.32			
	14	160.23	0.87	159.98	0.62	160.03	0.67	159.68	0.32	159.63	0.27			
	15	157.38	0.22	157.58	0.17	157.48	0.32	157.33	0.17	157.28	0.12			

表 1 3 越 流 部 の 水 面 形 状

測点 No	測線 No	測定水位(EL・m)		測線 No	測定水位(EL・m)		測線 No	測定水位(EL・m)		測線 No	測定水位(EL・m)		測線 No	測定水位(EL・m)	
		最 高	平 均		最 高	平 均		最 高	平 均		最 高	平 均		最 高	平 均
1	①	168.95		②	168.90		③	169.05		④	169.05		⑤	169.00	
2		168.80			168.75			169.00			169.10			168.75	
3		168.50			168.60			168.55			168.60			168.60	
4		168.00			168.45			168.20			168.10			168.45	
5		167.80			168.20			167.85			168.05			168.25	
6		167.40			167.55			167.45			167.55			167.55	
7		166.70			166.60			166.75			166.85			166.60	
8		165.70			165.50			165.65			165.65			165.50	
9		164.35			164.05			164.85			164.60			164.15	
10		162.65			162.35			162.80			162.80			162.65	
11		160.60			160.70			160.75			161.10			160.45	
12		158.40			158.40			158.70			158.50			158.55	
13		155.90			155.65			155.85			155.80			155.75	
14		153.10			152.85			152.90			153.00			153.00	
15		150.65			150.25			150.15			150.25			150.15	
1	①	172.10		②	171.95		③	172.05		④	172.05		⑤	171.90	
2		171.35			171.45	171.40		172.30			172.30			171.50	
3		170.85			171.25			171.45			171.15			171.40	
4		170.25	170.10		171.10	171.00		170.80			170.65			171.20	
5		169.65	169.55		170.85			170.30			170.25			170.90	
6		169.25	168.95		169.80			169.65			169.65			170.05	
7		168.60	168.45		168.90	167.70		169.40	169.30		168.75			169.15	
8		167.85			167.55	165.85		168.05			167.75			167.75	
9		166.60	166.40		165.70			166.20			166.45			166.25	
10		165.25			164.35	164.15		164.70			165.20			164.50	164.30
11		163.40	163.25		162.40	162.20		162.75			163.35			162.45	162.30
12		161.85	161.60		160.10	159.85		160.60	160.55		160.85			160.05	159.70
13		159.20	158.95		157.35	157.10		157.50	157.40		158.45			157.35	157.25
14		156.80	156.60		155.10	154.85		154.85	154.60		155.45			154.80	154.70
15		154.10	153.60		152.20	151.50		151.60	151.35		152.35	152.10		151.35	151.10
1	①	175.30		②	175.10		③	175.10		④	175.10		⑤	175.05	
2		175.25			174.55			175.50			175.50			174.60	
3		173.30			174.35			174.90			174.40			174.40	174.35
4		172.65			174.00			174.05			173.60			174.30	174.20
5		172.10	172.00		173.80			173.30			172.95			174.05	173.90
6		170.95	175.80		173.10	172.90		172.55	172.35		171.95			173.25	173.10
7		170.10	169.95		171.90	176.65		171.60	171.45		171.10			171.95	171.80
8		169.10	169.00		170.10	169.95		170.40			169.90			170.25	170.15
9		167.70	167.60		169.05	168.75		169.20	169.10		168.85			168.70	168.45
10		167.10	166.60		167.20	166.85		167.45	167.30		167.60			166.95	166.85
11		165.40	165.00		165.05	164.60		165.50			165.70			164.90	164.65
12		163.75	163.40		162.85	162.35		163.45	163.10		163.40			162.50	162.25
13		161.85	161.70		160.40	159.60		160.50	160.10		161.20			160.25	159.60
14		159.35	158.45		157.75	156.60		157.90	157.20		158.60	158.45		157.10	157.85
15		156.75	155.65		153.85	153.15		155.40	154.85		156.35	156.05		153.90	153.35

実験条件	貯水位(W.L.)	168.97
	流量(Q)	206.12

実験条件	貯水位(W.L.)	172.10
	流量(Q)	715.70

実験条件	貯水位(W.L.)	175.49
	流量(Q)	1513.12

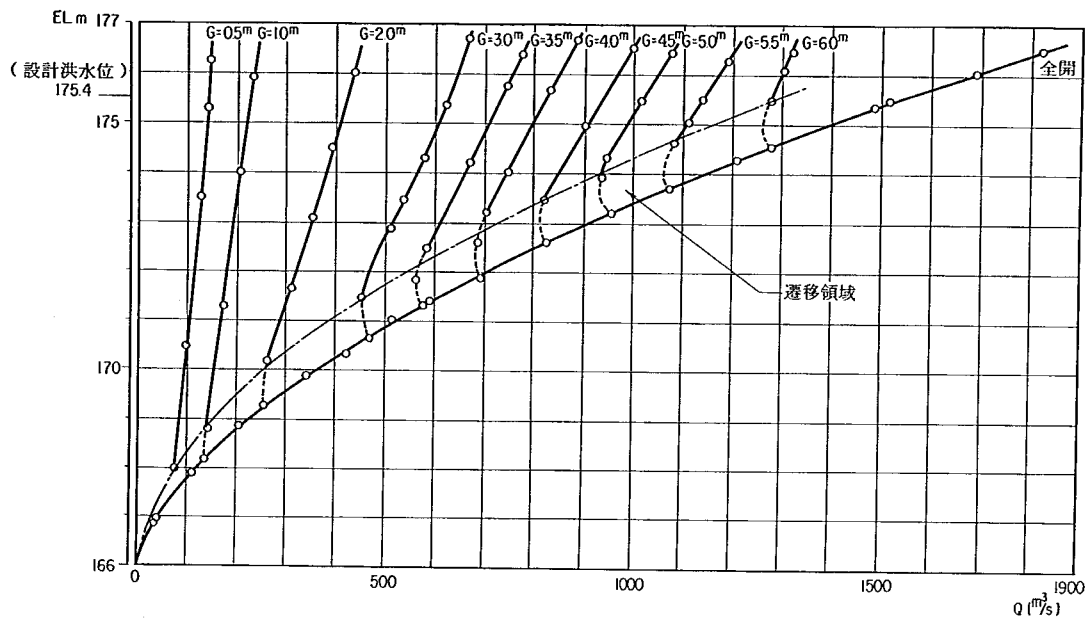


図 21. 越流部貯水位～ゲート開度～放流量

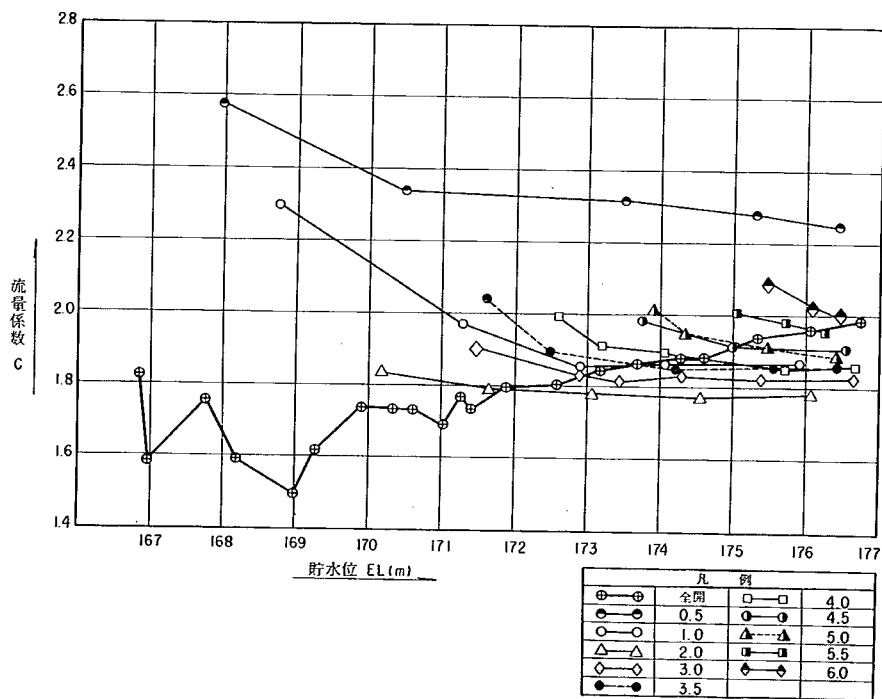


図 22. 越流部の流量係数

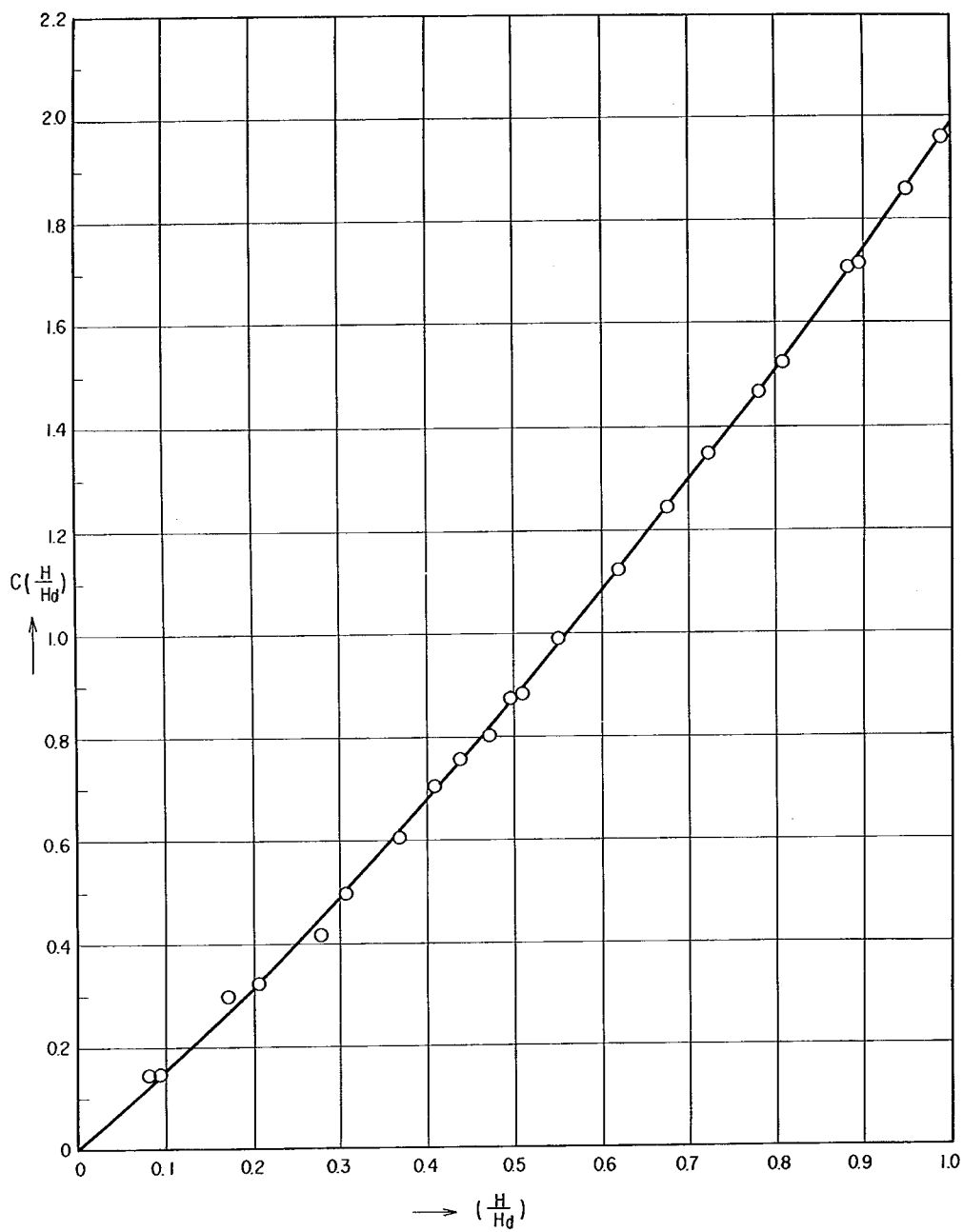


図 23. 自由越流時における流量係数

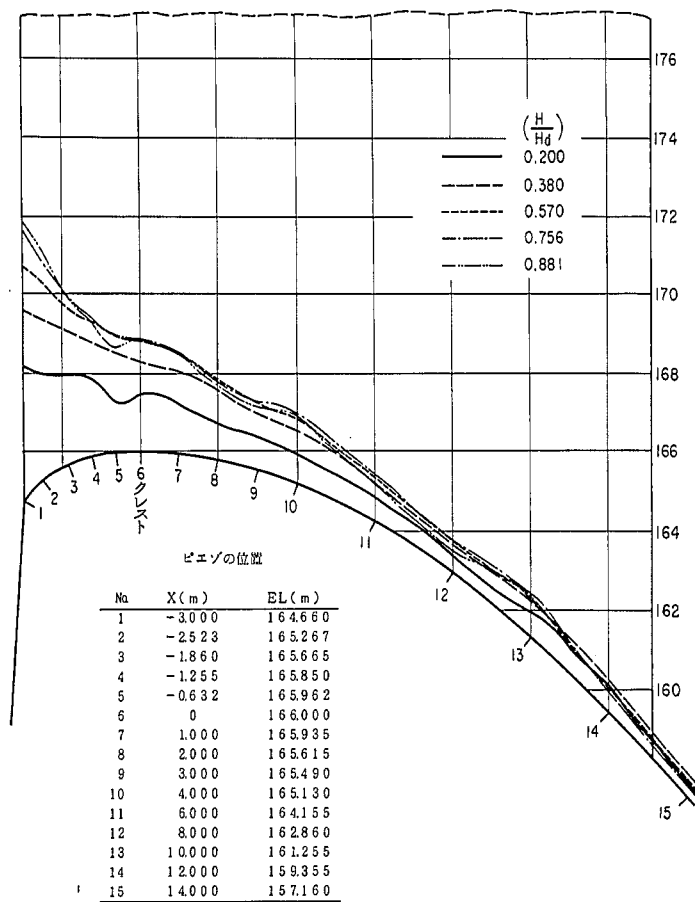


図 24. 越流面の作用圧力 (第 2 径間中央)

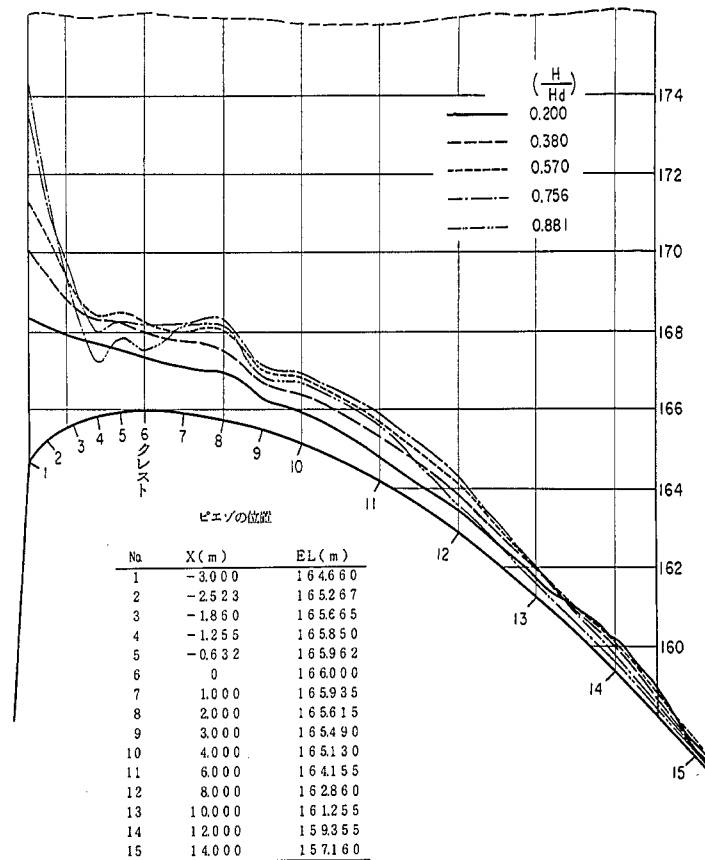


図 25. 越流面の作用圧力 (第 2 径間橋脚沿い)

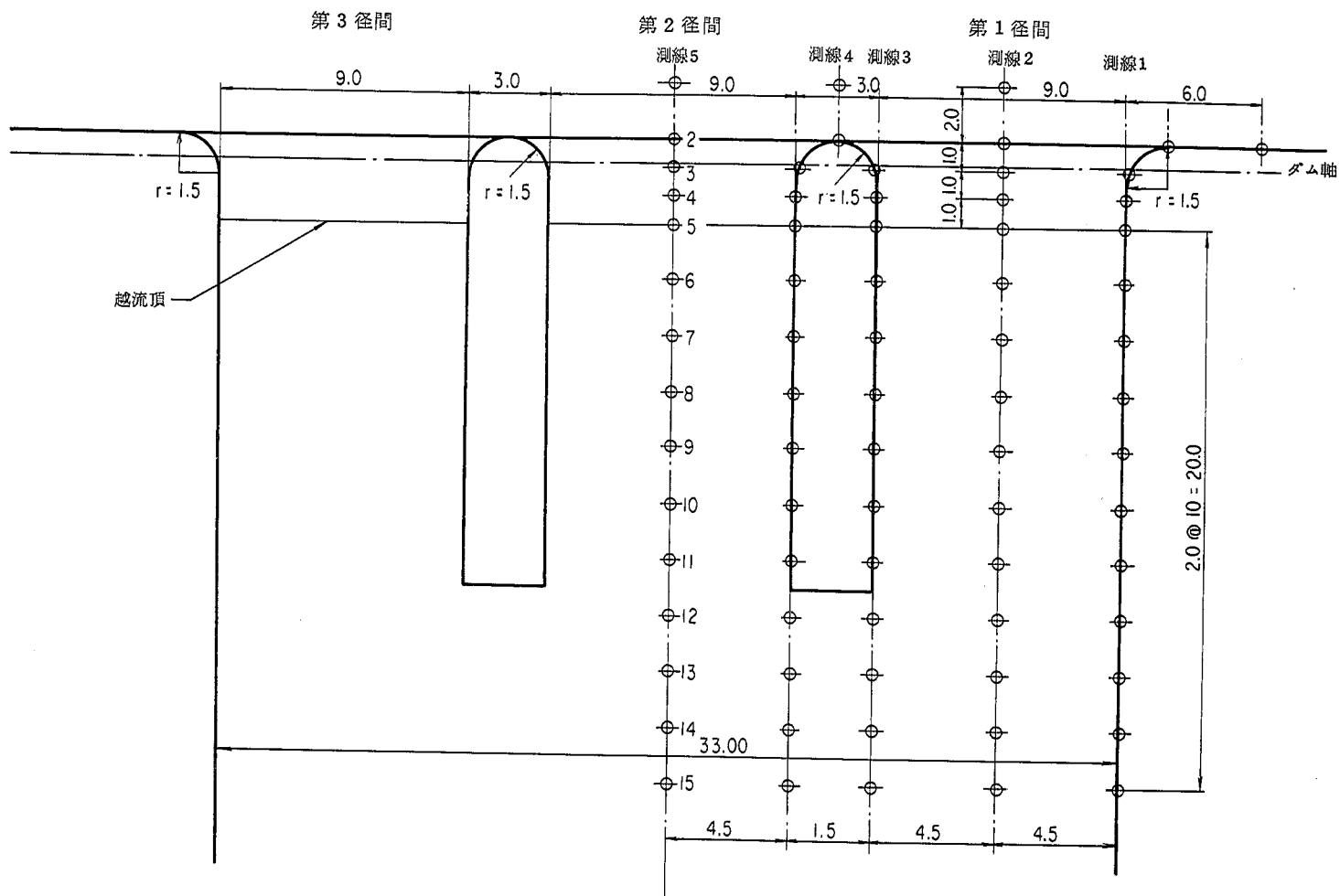


图 26. 越流部水面形测定位置 (m 单位)

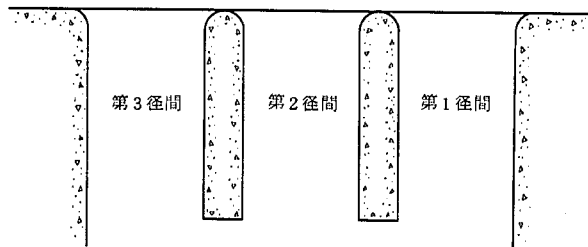
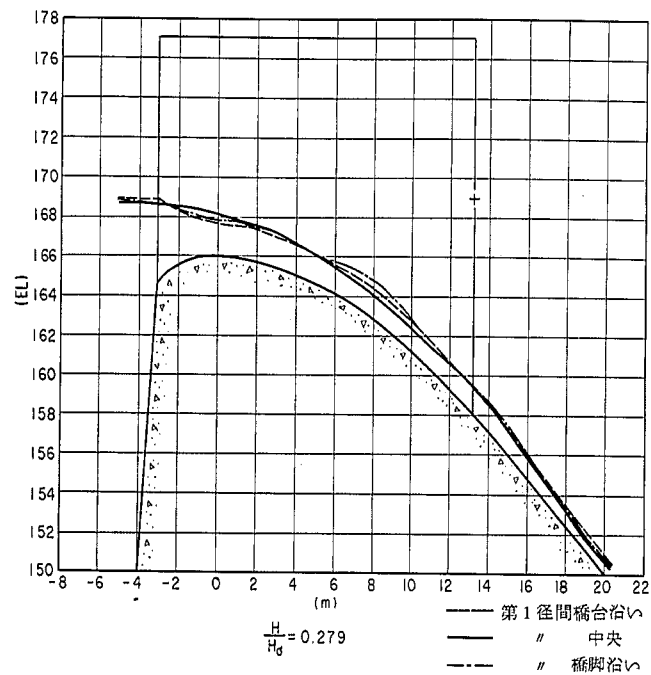


図 27. 越流部の水面形状

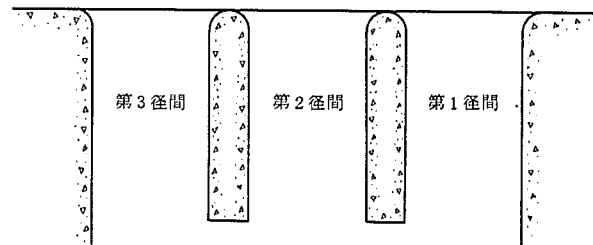
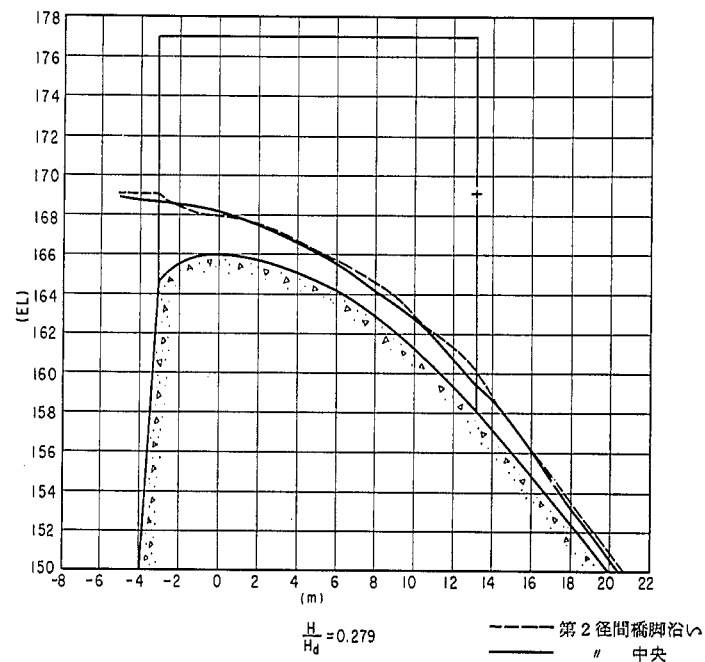


図 28. 越流部の水面形状

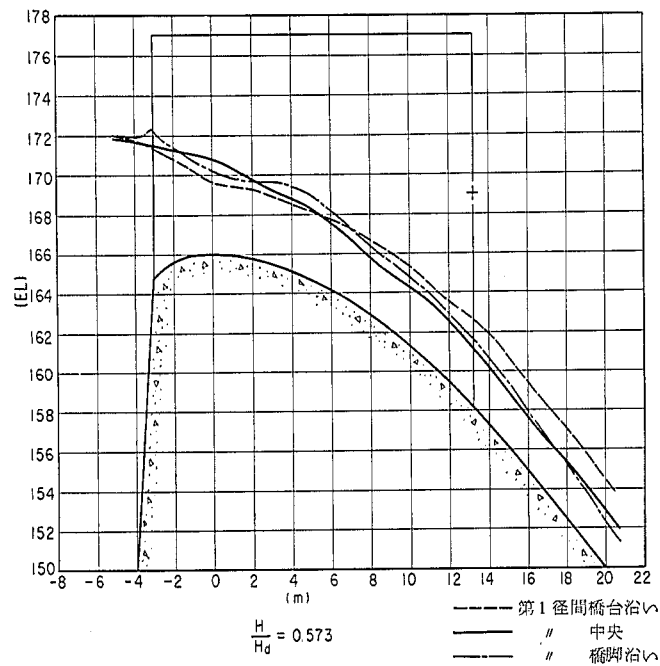


図 29. 越流部の水面形状

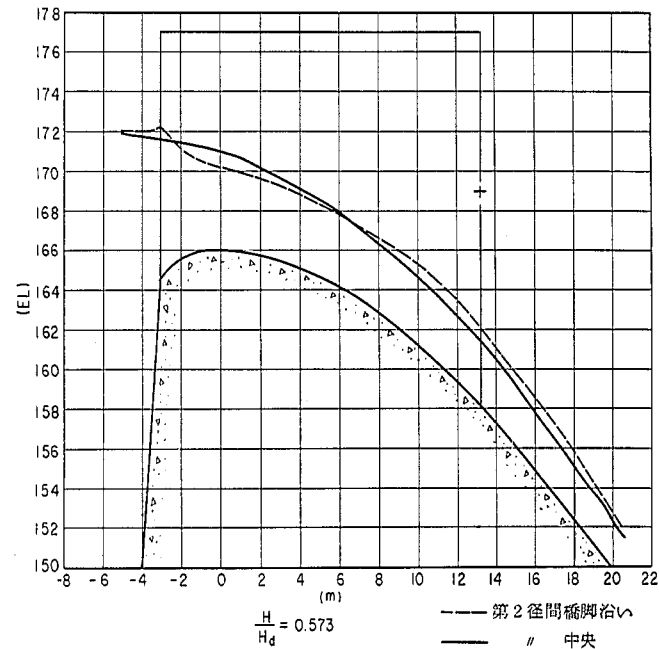


図 30. 越流部の水面形状

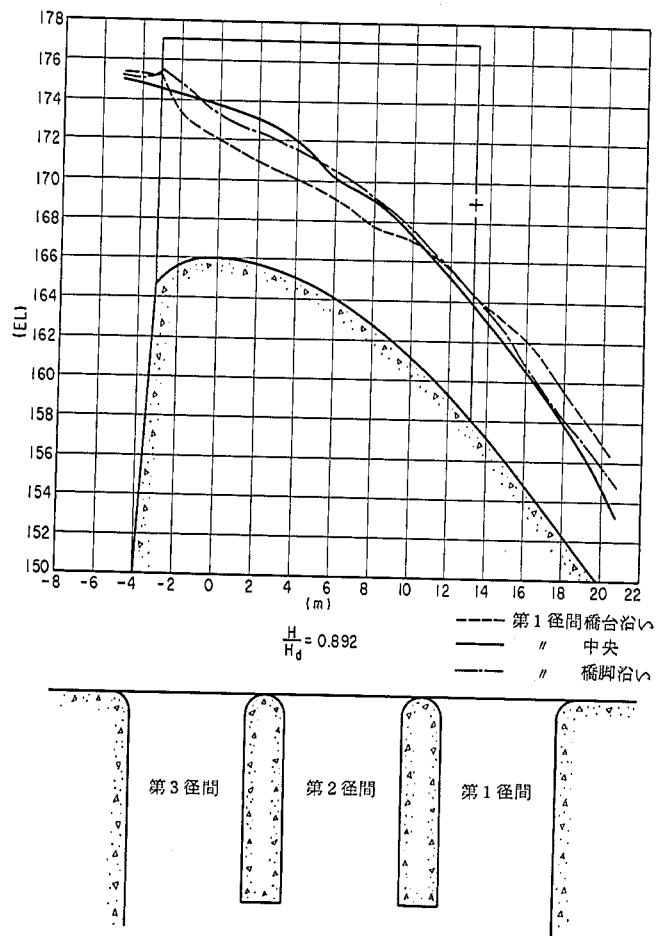


図 31. 越流部の水面形状

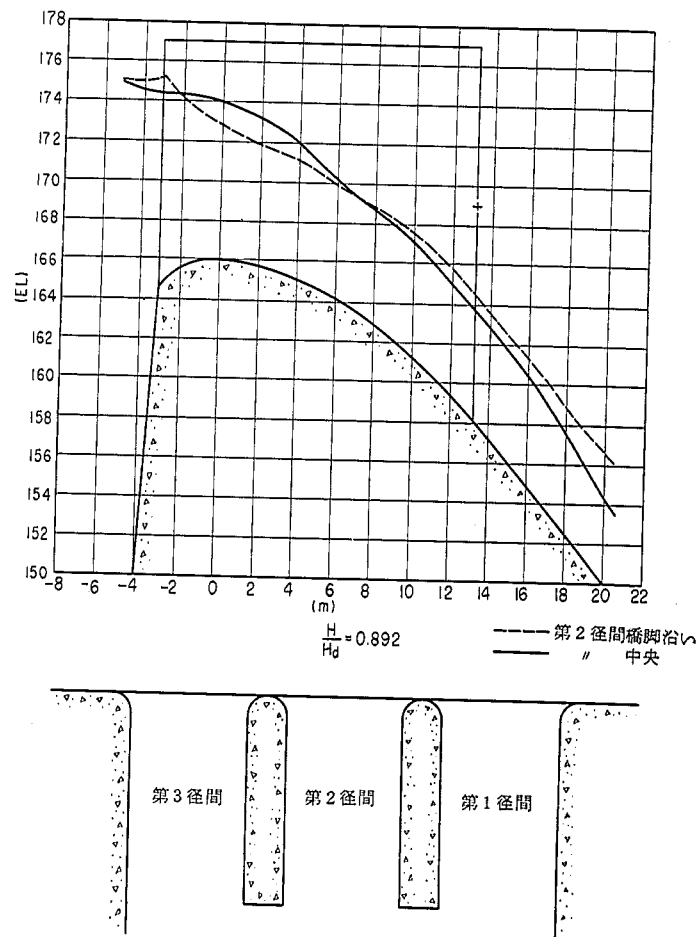


図 32. 越流部の水面形状



写真-22 越流部の流況
(貯水位 EL 168)



写真-23 越流部の流況
(貯水位 EL 170)



写真-24 越流部の流況
(貯水位 EL 172)



写真-25 越流部の流況
(貯水位 EL 174)



写真-26 越流部の流況
(貯水位 EL 175.4)

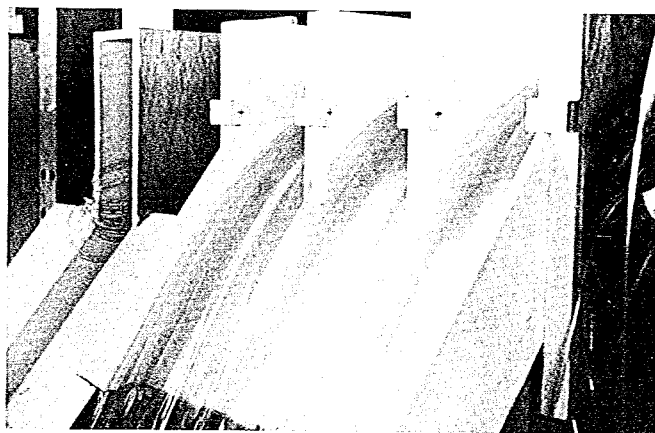


写真-27 下流面の流況
(貯水位 EL 175.4)



写真-28 越流頂付近の流況
(貯水位 EL 175.4)

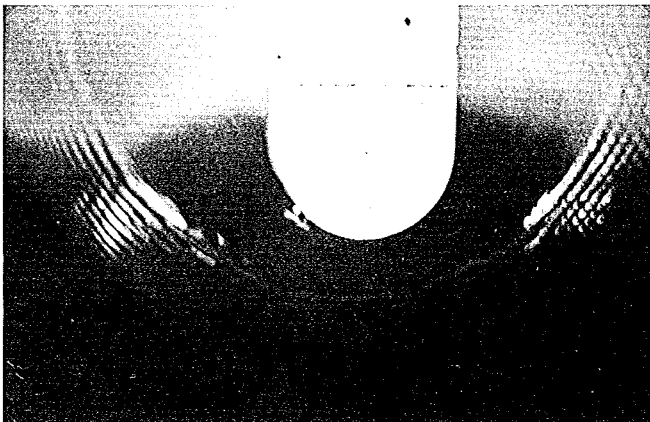


写真-29 橋脚前面の流況
(貯水位 EL 175.4)

第四章 減勢工

第1節 概 要

本章では、昭和52年度の原案変更後の洪水吐案に対する減勢工についての調査および検討結果を述べる。減勢工は常用洪水吐（高圧放水管、低圧型管路）、非常用洪水吐（堤頂越流部）それぞれに対する専用設備とする。（図-VII参照）

1-1 常用減勢工

常用減勢工は洪水吐全体の左岸側20mの幅をもち、堤体下流面の両岸に幅2.4mの高圧放水管の出口があり、その中央部は幅4.5mの低圧型管路が配置されている。洪水に対しては、高圧放水管、低圧型管路それぞれ単独あるいは両者を併用して使用する。また冷水、濁水問題が生じた場合には設備に応じた各層の選択取水がある程度可能である。したがってこの減勢工設備は使用頻度が高いものといえる。この設備での可能最大放流時は、高圧放水管、低圧型管路を合わせた $540\text{ m}^3/\text{s}$ である。

1-2 非常用減勢工

非常用減勢工は、洪水吐全体の右岸側33mの幅をもち、堤頂越流部に対応する設備で、大規模な洪水を処理する目的で設置された。したがって、洪水時の常用洪水吐の放流能力が限界を超えた場合、使用されるもので、比較的使用頻度が低いものといえる。また、水質問題に関連して、貯水池表層での取水に対応することも可能である。この減勢工での可能最大放流量は、設計洪水時でおよそ $1500\text{ m}^3/\text{s}$ である。

第2節 設 計 条 件

減勢工は以下の項目を考慮し、規模、形状を決定させる。

- 1) 常用減勢工では、ダム設計洪水位において常用洪水吐の可能最大放流量 $540\text{ m}^3/\text{s}$ に対して完全に減勢が維持されること。
- 2) 非常用減勢工ではサーチャージ水位（EL175m）での可能最大放流量 $1400\text{ m}^3/\text{s}$ に対して十分な減勢能力を有すること。
- 3) ダム設計洪水流量 $2020\text{ m}^3/\text{s}$ に対し、ダム本体の安全が脅かされないこと、および洪水吐下流に極度の被害が生じないこと。
- 4) 河川管理施設等構造令などの条件を満足すること。

第3節 減勢工の必要規模

耶馬溪ダム洪水吐の減勢工としては、常用減勢工（幅20m）、非常用減勢工（幅33m）が放流量、地形、放流設備の配置等の条件から選定され、さらに水叩の標高をEL117mとする直線等幅の長方形断面

水路をもつ跳水式減勢工として、検討することにした。

また、減勢工の構造を検討するための対象流量としては $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ を考えることにする。減勢工の設計に必要な資料であるダムサイト自然流下水深曲線は下図に示される。

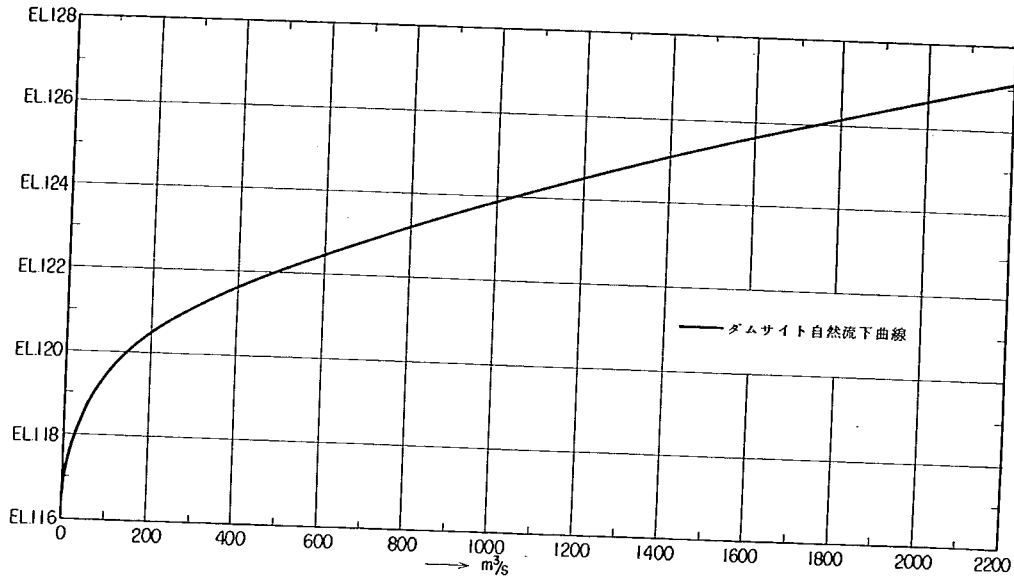


図 VI) ダムサイト自然流下水深曲線

3-1 常用減勢工

常用減勢工の必要規模は、設計条件を満たすために設計対象流量を $540 \text{ m}^3/\text{s}$ として求める。跳水現象の水利諸量は、次式から算定する。

$$\frac{h_j}{h_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8 F_1^2} - 1) \quad (25)$$

$$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g h_1}} \quad \ell_j \approx 4.5 h_j$$

ここで、 h_j = 跳水後の水深（跳水共役水深） h_1 = 跳水前（射流）の水深

F_1 = 跳水前の流れのフルード数 v_1 = 跳水前の流速 ℓ_j = 跳水の長さ

跳水を生じさせるために必要な水叩きの長さと下流水深はこれらの式で計算され、 $F_1 = 1.15$ 、 $h_1 = 0.83 \text{ m}$ とすれば

$$\begin{aligned} \frac{h_j}{0.83} &= \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8 \times 1.15^2} - 1) \\ &= 1.577 \end{aligned}$$

$$\therefore h_j = 13.1 \text{ m}, \quad \ell_j = 59 \text{ m}$$

図VI) から知れる下流水深は6 m程度であるのでこの結果から下流水深が不足している。そこで有効な手段として副ダムにより下流水位をせき上げにより、跳水を安定させる方式を採用することにする。

副ダム必要高dは次式にて計算される。

$$\frac{d}{h_1} = \frac{(1 + 2 F_1^2) \sqrt{1 + 8 F_1^2} - (1 + 5 F_1^2)}{1 + 4 F_1^2 - \sqrt{1 + 8 F_1^2}} - \left(\frac{\sqrt{g}}{C} F_1 \right)^{2/3} \dots\dots\dots (26)$$

$$C \approx 2.0 = \frac{(1 + 2 \times 11.5^2) \sqrt{1 + 8 \times 11.5^2} - 1 - 5 \times 11.5^2}{1 + 4 \times 11.5^2 - \sqrt{1 + 8 \times 11.5^2}} - \left(\frac{\sqrt{9.8}}{2.0} \times 11.5 \right)^{2/3}$$

$$= 9.16$$

$$\therefore d = 7.6 \text{ m}$$

ゆえに、常用減勢工の必要規模としては、水叩き長60 m程度、副ダム高を8 m程度となろう。

3-2 非常用減勢工

非常用減勢工においても常用減勢工と同様な計算方法で必要規模を計算してやればよい。すなわち、設計対象流量を1400 m³/s とするならば、

$$F_1 = 9.3, \quad h_1 = 1.3$$

$$\ell_j = 74 \text{ m}, \quad h_j = 16.3 \text{ m}$$

$$d = 9.1 \text{ m}$$

ゆえに、非常用減勢工の必要規模としては水叩長を70 m程度副ダム高9 m程度となるが、ここでは設計および施工条件などを考え合わせて水叩長を常用減勢工と同規模の60 mとして水理実験により、検討を行なうことにする。

第4節 減勢工の水理模型実験

第3節で設計された減勢工の規模、形状について、実施案としての妥当性を水理模型実験により検討し、必要に応じて修正を行なう。減勢工の規模、形状は水叩内の流況、水面形状および下流河道の流れの状態を勘案して決定される。

模型の規模は1/50とし、フルードの相似率にもとづき次式の縮尺関係をもつ。

$$\text{長さの縮尺} \quad K_L = 1/50$$

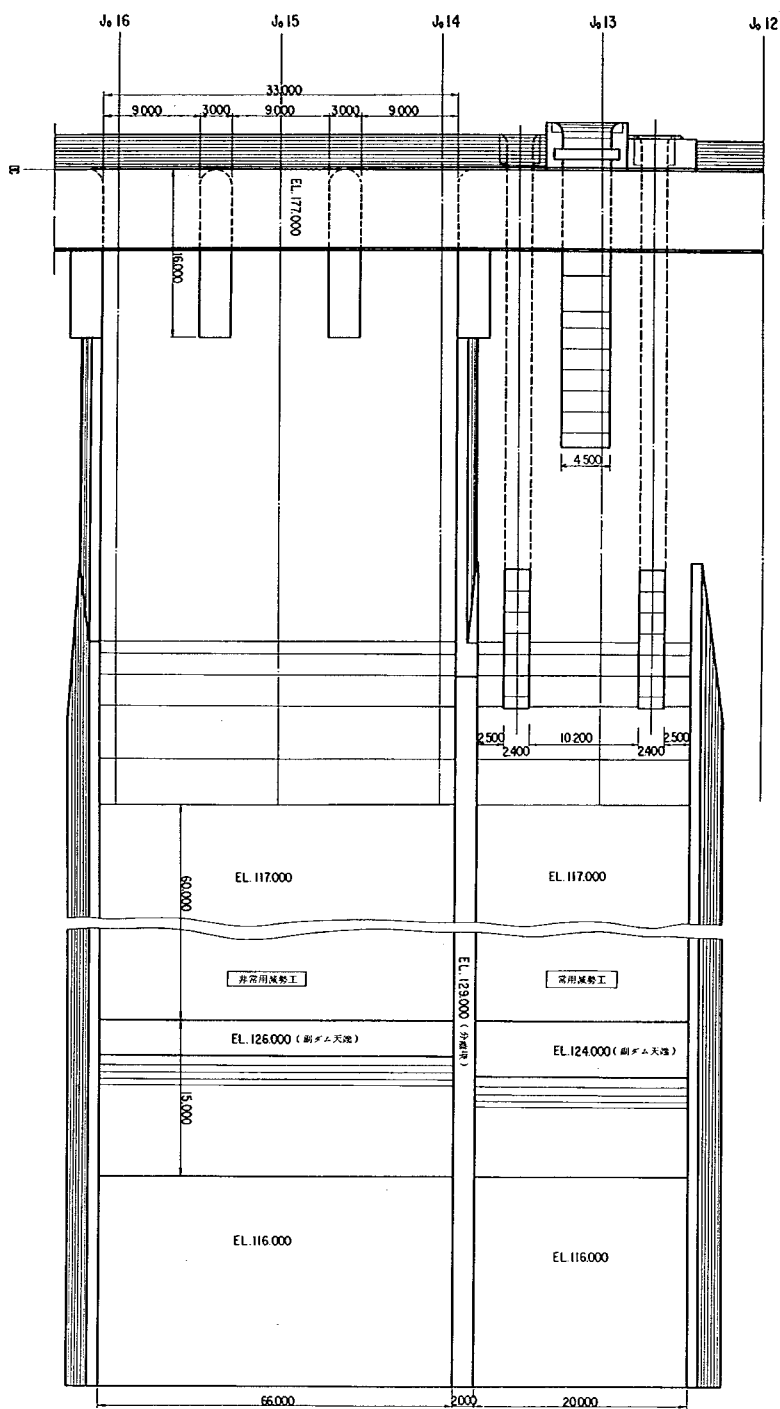
$$\text{時間の縮尺} \quad K_T = K_L^{1/2} = 1/7.07$$

$$\text{流速の縮尺} \quad K_V = K_L / K_T = 1/7.07$$

$$\text{流量の縮尺} \quad K_Q = K_L^3 / K_T = 1/1767.7$$

4-1 水叩き内の流況および水面形状

第3節で求めた規模、形状について水叩内の流況観察および水面形状を測定した。減勢工の規模、形状は



図vii) 減勢工の形状と必要規模

図Ⅶ)のとおりである。

測定された水面形状は図 3 3 に示される。また副ダムに作用する圧力を測定した結果、図 3 4 のような資料が得られた。水叩内の流況は写真 3 0 に見られるとおりである。

1) 常用減勢工での流況

図Ⅶ)に見られるように減勢工の幅 2 0 m に対し、両側に高圧放水管、中央部に低圧型管路が設置されており、水叩内にはほぼ均等な流れとして入り込む。このため比較的安定した状況で減勢されており、水叩内に露出射流は認められない。副ダム上流面に作用する圧力分布をみると、ほぼ静水圧に等しく、副ダムを越える流水も水面変動は小さく安定している。

2) 非常用減勢工での流況

非常用減勢工では、堤頂越流部での流れに対処するもので、水叩内に均等に流れ込むため幅方向に一樣な二次元的跳水が生じる。常用減勢工の単位幅流量 $q = 2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ に比べ、ここでは $q = 4.2 \text{ m}^3/\text{s}$ となるため、副ダム上流面には動水圧が作用している。水叩内の水面変動は比較的大きいが、減勢は効果的であり、水叩内に露出射流が生じる程の跳水の飛散は認められない。しかし、副ダムを越流する流れの変動は大きく、流速もあり、副ダムから下流への対策に十分な考慮が必要である。

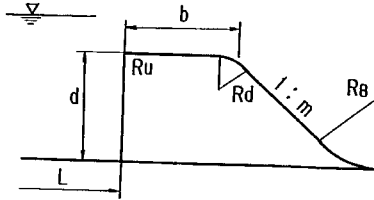
これらの調査結果から、常用減勢工は所定の条件を満足することが認められる。一方、非常用減勢工については、より安定した減勢機能を得るためには、さらに規模を大きくとらねばならないが非常用であることおよび常用との施工面などを考えると、この程度の機能が維持できれば支障はない。

4-2 副ダムの形状

副ダムの形状として、従来から台形を用いたものが多く採用されている。実験に用いた形状は P⑥に示すものであり、堤頂上流面の円弧をなくしているが、実際の施工では半径 1 0 cm 程度の円弧をつけた方がよい。ただし、極端に大きい円弧をつけると、大流量時に運動量の一部を分担するシルとしての機能が減退するので注意を要する。堤趾部の円弧については、流況、構造上とも、影響が小さいとしてここではなくした。

副ダムの安定を検討する際、実験で得られた上流面の圧力、越流面の圧力を考慮しなければいけない。

表XII) 副ダム細部形状資料 (既設ダム)



d : 副ダム高
L : 水叩き長
Ru : 天端上端円弧半径
m : 下流面勾配
b : 天端長さ
V.S : 上流面鉛直
Rd : 天端下端円弧半径
S.S : 上流面傾斜
RB : 副ダムバケット半径

単位巾流量

q : 減勢工設計対象流量

qmax : 異常洪水流量

ダム名	上流面	d (m)	b (m)	Ru (m)	Rd (m)	1:m	RB (m)	L (m)	単位巾流量 m ³ /s / m		b/d	b/L	b/q	備 考
									q	qmax				
布 部	V・S	4.50	3.0	0.3	2.50	1:1		32.0	9.38	28.75	0.67	0.09	0.32	Rd : y = 0.1x ²
上市川	"	4.50	4.3	0.2	0.50	1:0.7	1.80	34.79	13.39	27.23	0.96	0.12	0.32	
浜 田	"	3.50	3.0	0.3	2.00	1:1		20.00	7.73	25.09	0.86	0.15	0.39	
早明浦	"	9.00	4.0	0.3		1:1	6.00	70.00	28.94	69.44	0.44	0.06	0.14	
神 浦	"	5.50	3.5	0.3	3.00	1:0.6		40.00		23.15	0.64	0.09		Rd : y = 0.1x ²
緑 川	"	11.00	6.2	0.1		1:1	3.00	75.00	40.00	70.67	0.56	0.08	0.16	
大 滝	"	9.00	4.0		4.00	1:1	6.00	72.00	33.33	88.00	0.44	0.06	0.12	
横 山	S・S	9.50	4.0		5.00	1:1		48.00	37.50	87.50	0.42	0.08	0.11	
鶴 田	"	9.70	6.0		6.0	1:1	5.00	70.0	50.00	74.40	0.62	0.09	0.12	上流面 1:1
小瀬川	"	7.00	4.0		2.5	1:0.6		29.8	26.32	69.47	0.57	0.13	0.15	上流面 1:1
松 原	"	9.00	7.2	1.0	6.0	1:1	5.00	77.5	33.67	93.06	0.80	0.09	0.21	上流面 1:0.2
石手川	V・S	7.50	5.0	0.3	4.0	1:1	5.00	50.0	21.43	35.71	0.67	0.10	0.23	
八 戸	"	6.00	3.8	0.3	3.2	1:1	3.20	41.0	28.33	57.33	0.63	0.09	0.13	
野 村	"	7.00	4.5	0.3	3.0	1:1		50.0	35.14	67.57	0.64	0.09	0.13	

4-3 ガイドウォールの形状および作用圧力

本実験では、ガイドウォールに作用する圧力について、とくに調査は行なわなかったが、構造を検討するうえで考慮されなければならない。早明浦ダム水理模型実験（土木研究所資料第261号、昭和42年3月）および蓮ダム水理模型実験（土木研究所資料、第1146号、昭和51年7月）によると、副ダム直上流に対しては、副ダム上流面とはほぼ同一の圧力分布となり、それより上流部に対しては水深における静水圧にほぼ等しいとされている。したがってガイドウォールに大きな圧力が作用する範囲は副ダム直上流付近に限定され、他の部分に対しては静水圧を考えればよい。

4-4 分離壁の機能

分離壁は、常用および非常用洪水吐の機能を分離する目的で設置された。分離壁がなかったならば本ダム洪水吐の配置案では水叩内は不均等な流れによって、正常な減勢機能が得られなくなる。分離壁の高さは以

下のような観点から決定する。すなわち常用洪水吐の可能最大放流時の流量 $540 \text{ m}^3/\text{s}$ に対する常用減勢工内の流水が非常用減勢工と分離させるような高さとする。

さらに、前述のような方法で決められた分離壁の高さでは非常用減勢工の単位幅流量 q が、常用減勢工のそれより大きくなれば、分離壁を越えて常用減勢工内に入り込む。しかし、この流れが減勢工全体の機能を低下させるようなものでなければ、問題はない。実験による流況をみると、常用洪水吐の可能最大放流時 ($540 \text{ m}^3/\text{s}$) までは、原設計案の高さ (EL 129 m) に対して、非常用減勢工とはほぼ分離される。サーチャージ水位での可能最大放流時に対して非常用減勢工での水面高は 2 m 程度高く、分離壁を越えて流れ込んでいるが、減勢工全体の機能としては何等支障はない。

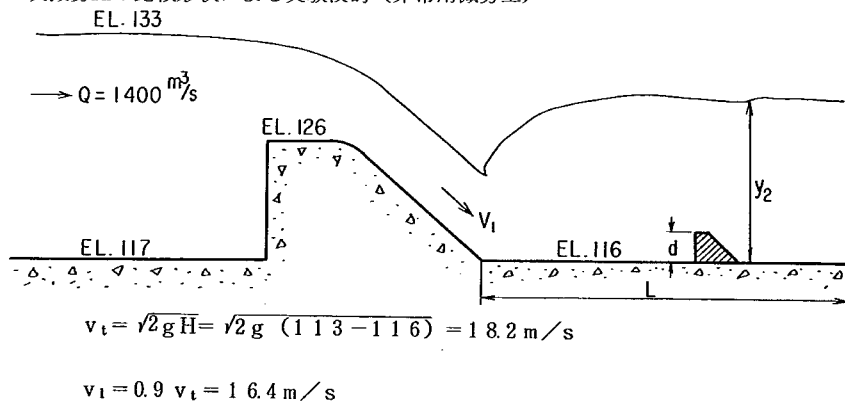
次に、分離壁の長さについて考えてみると、仮に分離壁が副ダムまでであったならば、常用洪水吐での操作時は、副ダムを越えた流れは、左岸にかたよるので副ダム直下流の右岸側には 33 m の死水域が生じ、ここで大きな平面渦が起こるだろう。この渦流は河道の土砂などを巻き込んで、副ダムおよび基礎に損傷を与えることも予想される。これらのことを考えると分離壁をある程度長くして流れを河道に導いてやる必要があるであろう。またこの長さについては、副ダム下流の流況 (二次減勢など) を考え合わせて決定しなければならない。

4-5 二次減勢工

副ダムを越えた流れは、かなりのエネルギーを維持したまま下流に流れる。このままでは、下流河道の護岸の損傷や河床の洗掘および水叩基礎への悪影響などが十分考えられる。そこで、このエネルギーを逸散してやる必要がある。本調査ではこのエネルギー減勢のための設備の規模、形状について検討を行った。

はじめに二次減勢工を設けない状態での流況を観察した。(図 35)、常用減勢工では下流河床の岩盤の高さが EL 120 m に計画されており、副ダム下流の水深が充分あたえられるため、副ダムを越えた流れのエネルギーを効果的に減勢させることが知れた。一方、非常用減勢工では河床の標高が水叩き高とはほぼ同じであるため、このままでは、副ダム直下流で跳水による十分な減勢効果は維持できない。実験における副ダム直下流の河床での流速はおよそ $5 \text{ m}/\text{sec}$ であった。そこでここでは、非常用減勢工のみ設けることにする。

4-6 二次減勢工の比較形状による実験検討 (非常用減勢工)



$$\lambda_1 = \frac{v_1^2}{gy_1} = \frac{16.4^2}{9.8 \times 2.6} = 1.055$$

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1+8\lambda_1} - 1) = \frac{2.6}{2} (\sqrt{1+8 \times 1.055} - 1) = 1.07 \text{ m}$$

エンドシルの必要高dについて、USB Rの設計例によれば $0.25 y_2$ とされる。

$$d = 0.25 y_2 = 0.25 \times 1.07 = 2.6 \text{ m}$$

$$L \approx 2 y_2 \approx 2.0 \text{ m}$$

二次減勢工の形状については、従来いろいろな工法が考えられているがここでは次の三種の比較形状を採用した。(写真-31)

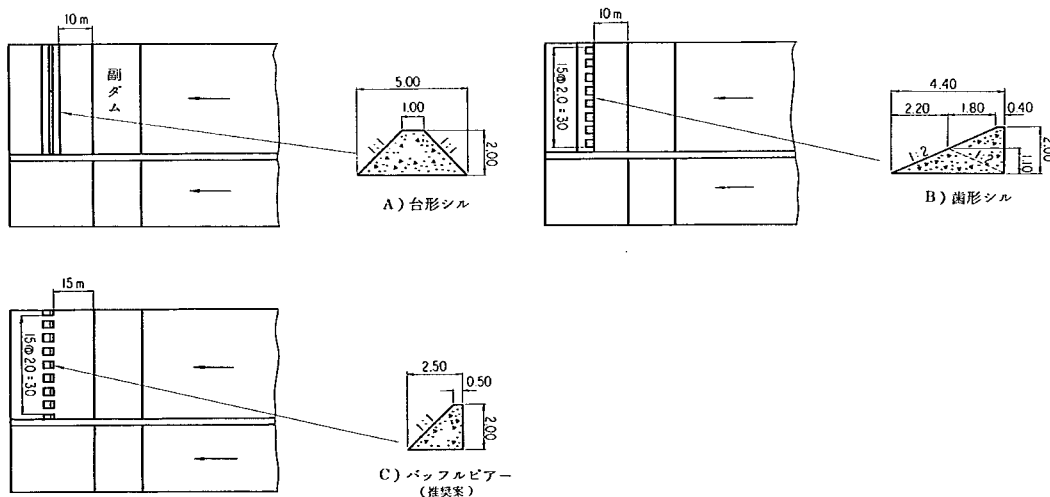


図-31 二次減勢工の比較形状

各形状別の流況は写真-32～写真-34に示してある。

各形状による下流河道の流況および主な点での流速は図36～図37に示される。これらの調査資料から、形状A、Bについて、減勢効果は期待できるが、二次減勢工によってせき上げられた水深によって、波状跳水となり、機能としてはやや不十分であることが知れる。一方、形状Cの場合は、二次減勢工下流の流況を安定させ、減勢効果も十分で良い結果を示した。これによって二次減勢工下流の流速は河床で 3 m/s 程度に減少した。これは他のどの形状よりも小さい値である。しかるに本検討での二次減勢工として、形状Cの

バッフルピアーによる案を最終的に採用し、この案での資料を収集した。(図-33、写真-35)

分離壁の長さについて、ここでは細かな調査は行なわなかったが、非常用の二次減勢工の機能を維持させるためには、その水叩長である20m程度とするのが妥当である。

4-6 調査結果の要約

本調査によって、認められた事項をまとめると次のとおりである。

1) 常用減勢工として、水叩長60m、副ダム高7m、非常用減勢工として水叩長60m、副ダム高9mを採用すれば、所定の機能を維持することができる。ガイドウォールの必要高は水面形状から決定することができるが、この場合、サーチャージ水位での全開状態を考慮し、右岸ではEL134m、右岸に対してもEL134mとすればよい。ただし、実際問題として、高速流の導流部では、空気混入現象が十分に発達するため、模型実験による水面高より高くなることが知られている。この空気混入流は、模型実験との相似性が不明なので、水面上昇がどの程度になるのか予測はむずかしい。したがってこの標高を採用しても跳ね上がりによって断続的に越波することが予想され、多くの既設例でもみられるようにガイドウォール内側(山側)にドレーン設備を設ける。

分離壁の所要高は計画案のEL129mとしてよい。

2) 二次減勢工としてはバッフルピアーを採用し、非常用減勢工のみ設置すればよい。この場合、副ダム下流の水叩き標高をEL116mとする。バッフルピアー上流面に作用する圧力について、例えば連ダム水理模型実験によれば、副ダムを越流するときのエネルギー水頭高にほぼ等しいとされ、この場合、最大 18 t/m^2 程度を考えればよい。副ダム下流兩岸のガイドウォールと分離の高さは、水面形状を考慮して決定すればよいが、長さについては副ダムの堤趾部から20m程度としなければいけない。

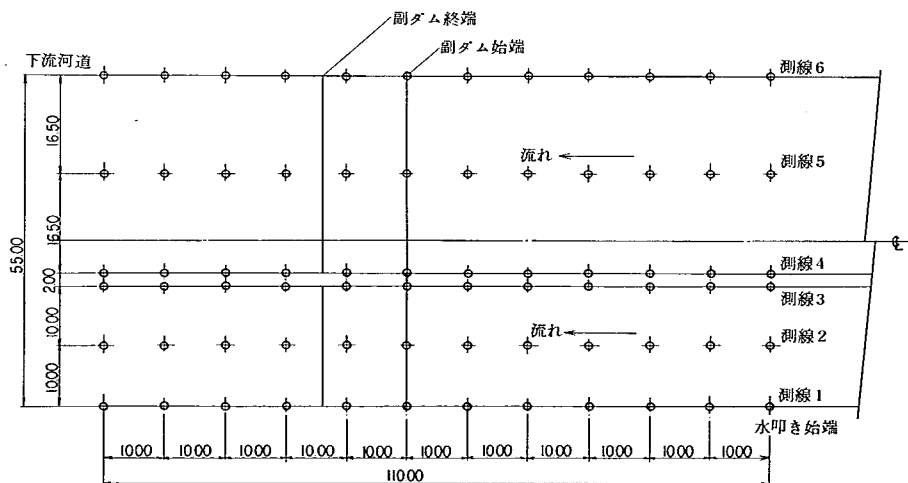
3) 下流河道について、左岸側では護岸が計画されており、その必要高は水面標高を考慮して決定してやればよい。例えば流量が $2000\text{ m}^3/\text{s}$ では概ねEL127mがその必要高になる。

表 1 4 水叩内の水面標高(最終案)

Q = 260 m³/s

水 叩 き 部	測 線		測 定 結 果										
	測線 No		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	1	最高	126.03	126.85	128.05	128.50	129.10	128.95	128.45	123.50	121.70	122.90	123.30
		平均	124.95	126.45	127.35	127.78	128.15	128.10	127.78	123.13	121.20	121.95	122.80
	2	最高	125.60	126.60	127.58	128.23	128.35	128.53	128.20	123.43	121.93	122.75	123.10
		平均	125.15	125.90	127.08	127.58	127.90	127.95	127.68	123.03	121.03	121.95	122.65
3	最高	126.08	127.18	128.15	128.30	128.50	128.73	128.25	123.53	122.00	122.90	122.80	
	平均	125.18	126.45	127.30	127.80	127.93	128.13	127.75	123.00	121.35	122.03	122.30	

Q = 2 0 0 0 m³/s													
水 叩 部	測 線		測 定 結 果										
	測線 No		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	1	最高	127.45	129.88	131.50	132.70	133.43	133.03	132.20	127.85	127.23	127.45	127.15
		平均	125.83	128.43	130.48	130.93	131.45	131.68	130.95	126.80	125.80	126.25	126.65
	2	最高	126.68	129.03	131.03	132.65	132.90	132.78	131.55	127.90	127.30	127.00	127.50
		平均	125.23	127.58	129.23	130.38	131.13	131.43	130.60	126.30	125.68	126.10	126.60
	3	最高	127.53	129.28	131.08	132.20	132.85	134.00	134.40	130.20	127.20	127.90	127.15
		平均	125.60	128.03	129.55	130.58	131.33	132.00	131.55	130.13	125.08	126.15	126.50
	4	最高	126.00	127.83	129.85	131.90	133.30	134.10	134.13	130.45	128.10	128.75	127.75
		平均	124.93	126.15	128.55	130.13	131.28	132.78	132.50	128.98	126.30	127.05	126.90
5	最高	126.03	128.00	130.05	132.45	133.13	134.30	134.80	130.80	127.85	128.10	127.93	
	平均	123.88	125.63	127.90	130.15	131.63	132.65	132.90	128.60	125.10	126.55	126.58	
6	最高	125.45	128.95	130.95	132.50	133.55	134.55	134.80	131.45	128.90	128.33	128.33	
	平均	123.50	126.50	128.70	130.20	131.45	132.70	133.30	128.30	125.70	126.65	127.10	



水面形測定位置図

表 1 5 二次減勢工比較形状による下流河道の流速

流 量 $Q \text{ m}^3/\text{s}$	2000	二次減勢工なし	流 量 $Q \text{ m}^3/\text{s}$	2000	台形シル
------------------------------	------	---------	------------------------------	------	------

測定位置		流 速 (cm/s)	
		左 岸	右 岸
No 6	水 面	532.37	449.65
	河 床	648.55	509.04
No 9	水 面	564.19	534.49
	河 床	532.37	483.59
No 12	水 面	608.73	579.03
	河 床	536.61	526.01

測定位置		流 速 (cm/s)	
		左 岸	右 岸
No 6	水 面	645.73	444.00
	河 床	619.33	290.58
No 9	水 面	582.57	525.07
	河 床	496.08	467.09
No 12	水 面	617.45	585.63
	河 床	520.35	524.83

流 量 $Q \text{ m}^3/\text{s}$	2000	齒型シル
------------------------------	------	------

測定位置		流 速 (cm/s)	
		左 岸	右 岸
No 6	水 面	604.49	606.61
	河 床	695.92	456.02
No 9	水 面	600.24	528.13
	河 床	528.13	458.14
No 12	水 面	642.66	583.28
	河 床	521.77	511.16

流 量 $Q \text{ m}^3/\text{s}$	2000	バツフルピアー(最終案)
------------------------------	------	--------------

測定位置		流 速 (cm/s)			
		左 岸	右 護 岸	右 岸	右 護 岸
No 6	水 面	572.67	515.40	530.25	503.38
	河 床	596.00		343.60	
No 9	水 面	645.49	622.87	528.13	455.54
	河 床	506.92		470.86	
No 12	水 面	634.18		591.76	
	河 床	498.44		496.31	

表 1 6 河道の水位 (最終案)

$Q = 260 \text{ m}^3/\text{s}$

河 道	測 線		測 定 結 果				
	測 線		No 6	No 7	No 8	No 9	No 10
	左 岸	最 高 平 均	122.60	121.00	120.18	120.45	120.43
	右 岸	最 高 平 均	120.50	120.48	120.65	120.63	120.45

$Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

河 道	測 線		測 定 結 果				
	測 線		No 6	No 7	No 8	No 9	No 10
	左 岸	最 高 平 均	126.15	126.15	126.25	125.80	126.20
	右 岸	最 高 平 均	127.20	127.25	126.63	126.65	126.80
				126.25	126.25	126.13	126.10

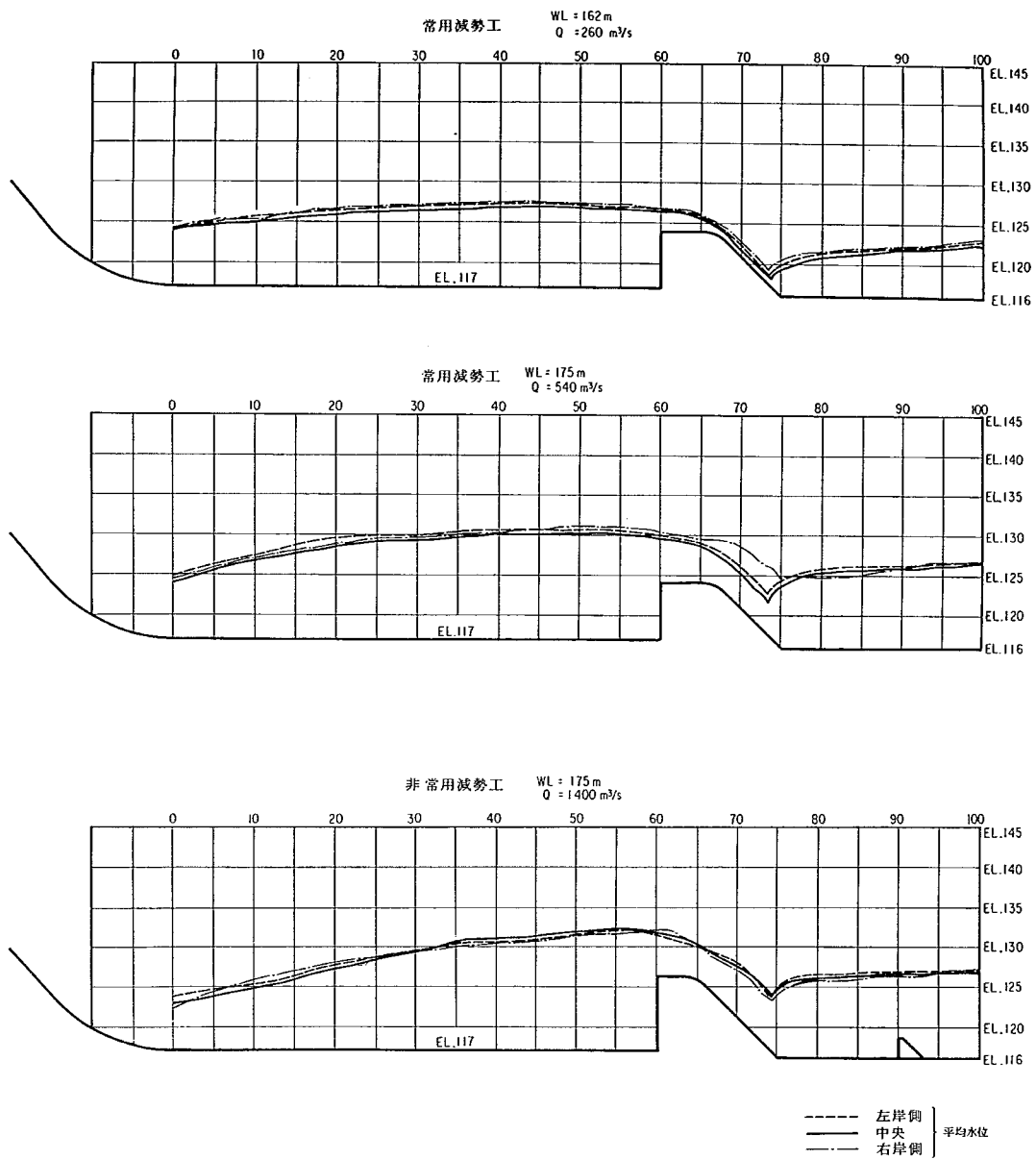
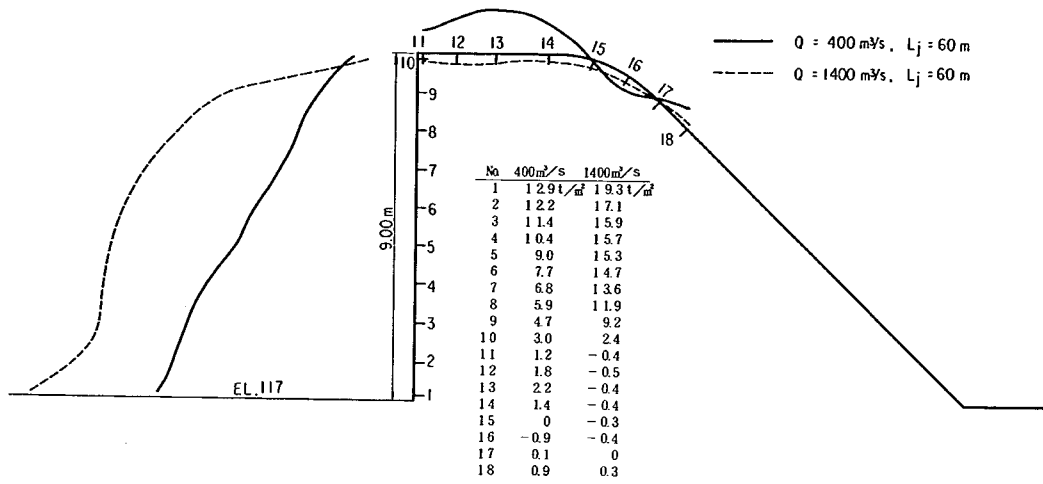


図 33. 減勢池の水面形状 (最終案)

(非常用減勢工)



(常用激勢工)

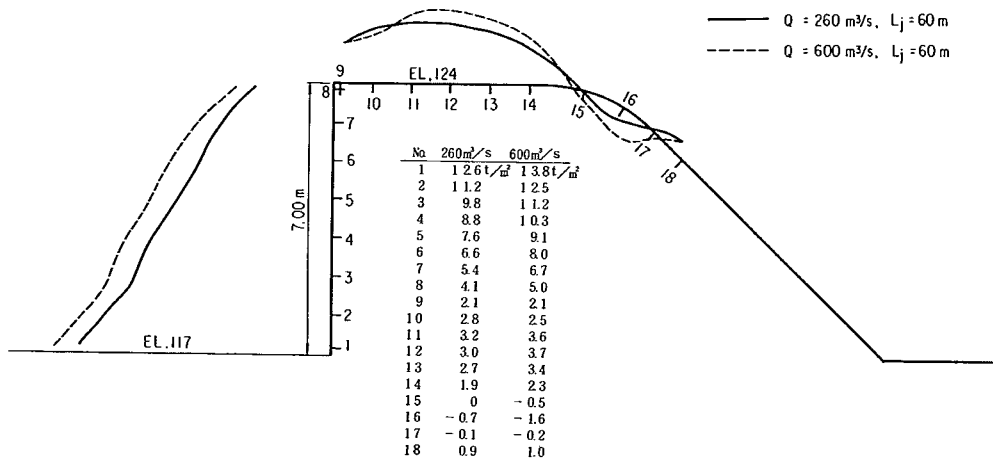


図 3 4. 副ダム作用圧力

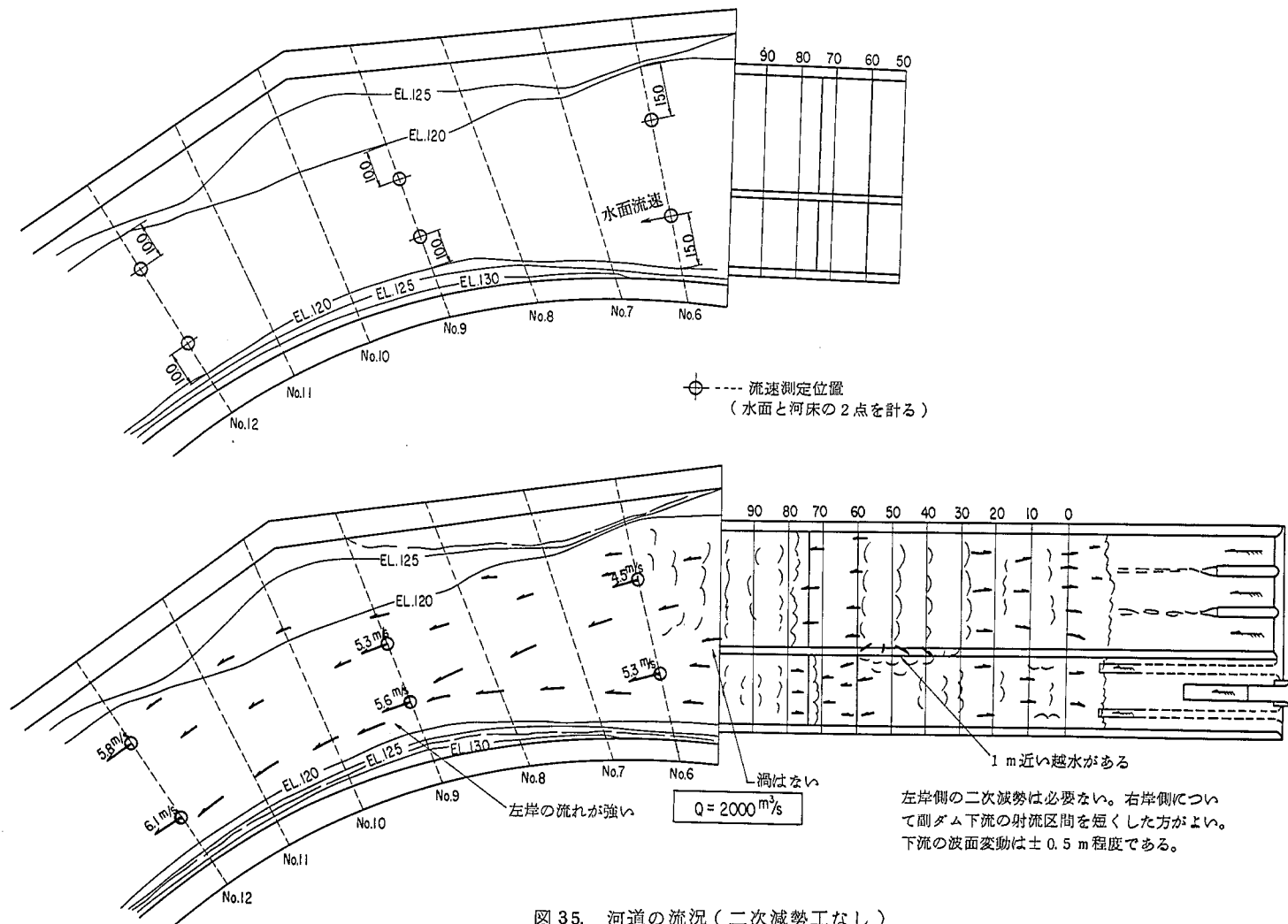


図 35. 河道の流況 (二次減勢工なし)

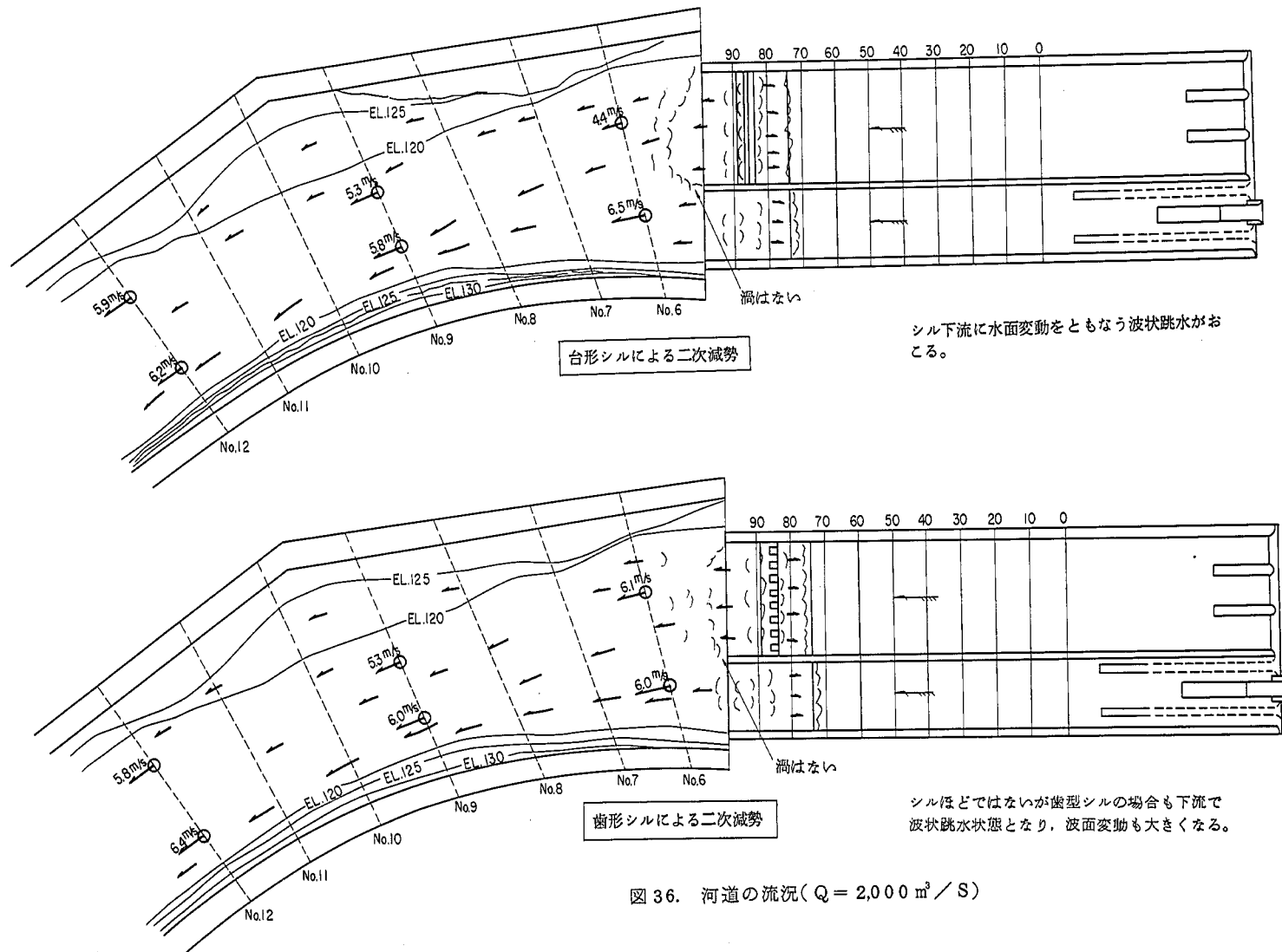
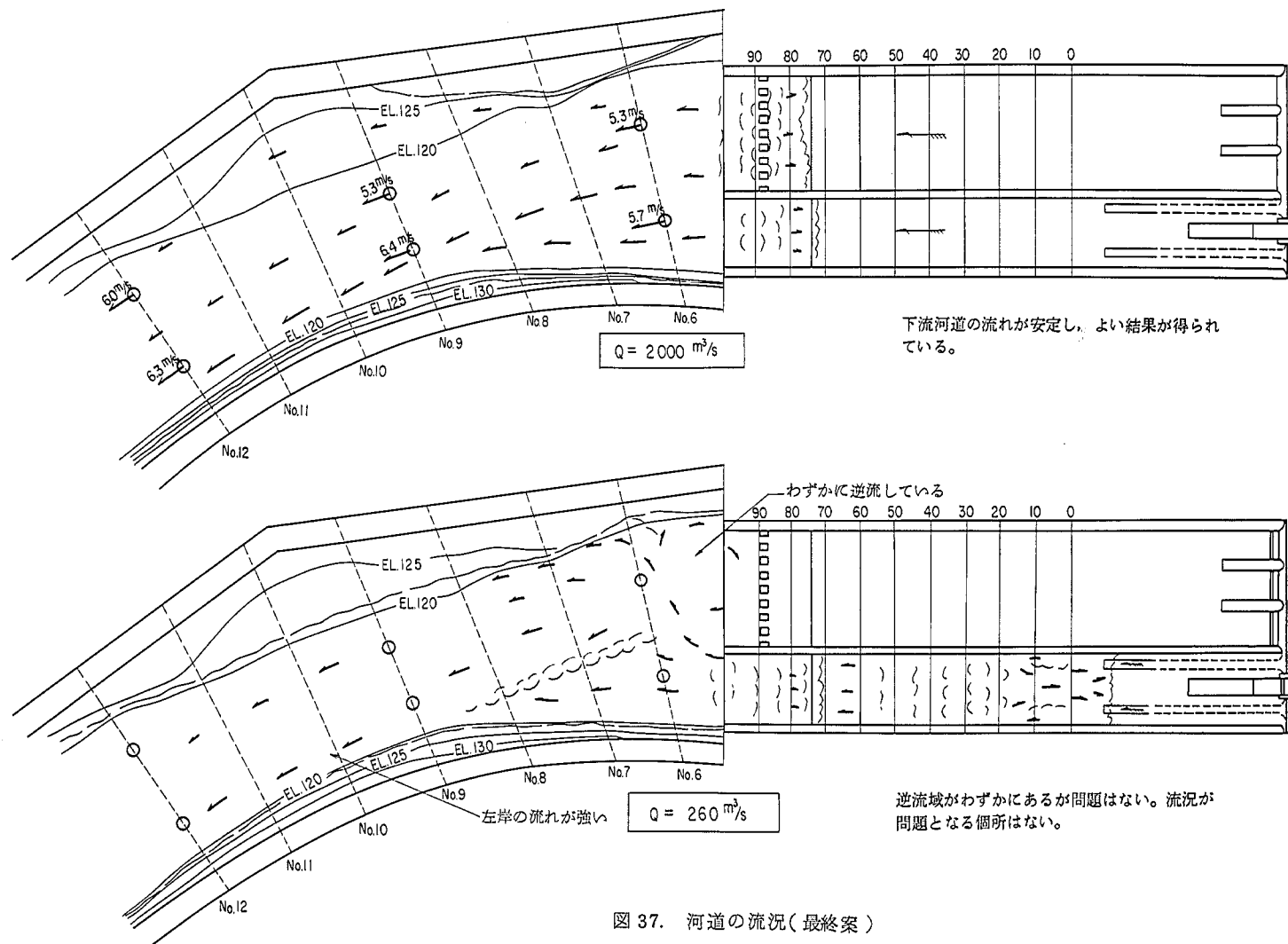


図 36. 河道の流況 ($Q = 2,000 \text{ m}^3 / \text{S}$)



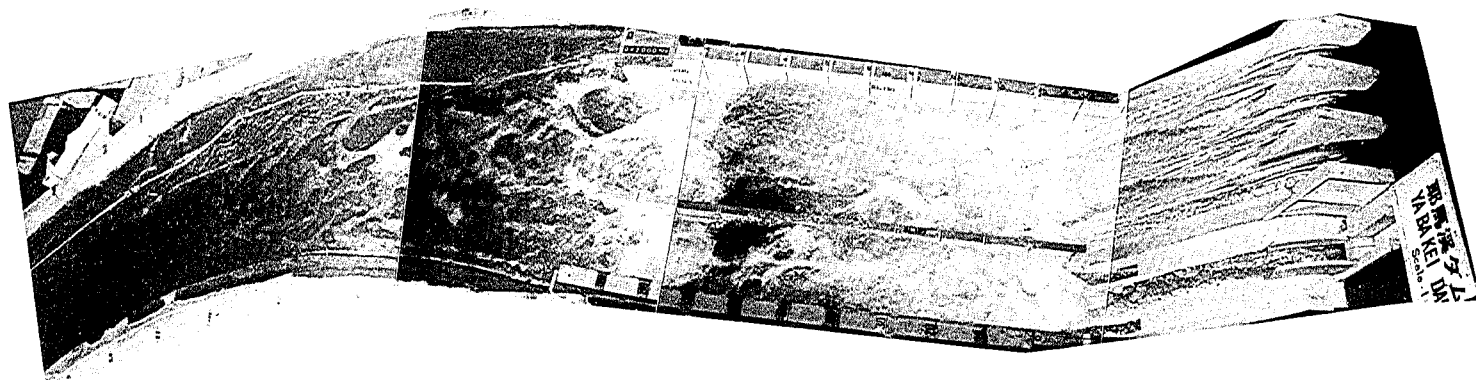
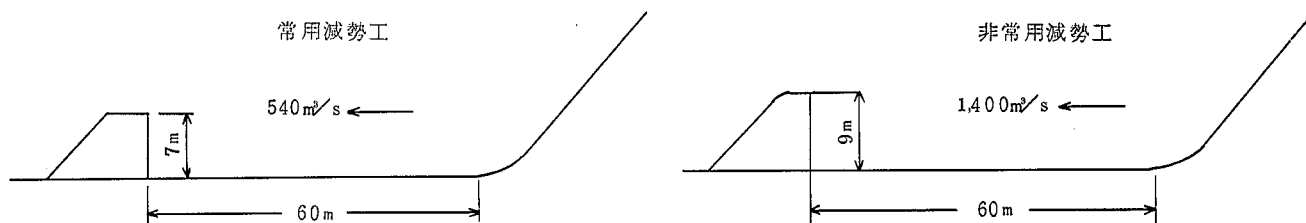
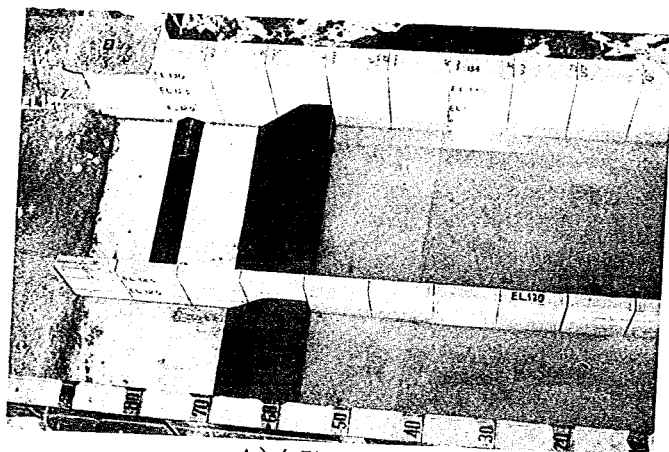
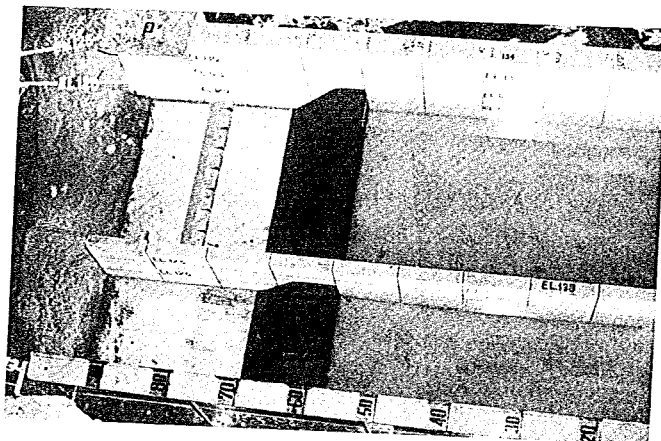


写真-30 減勢工の流況 ($Q = 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$), 最終案

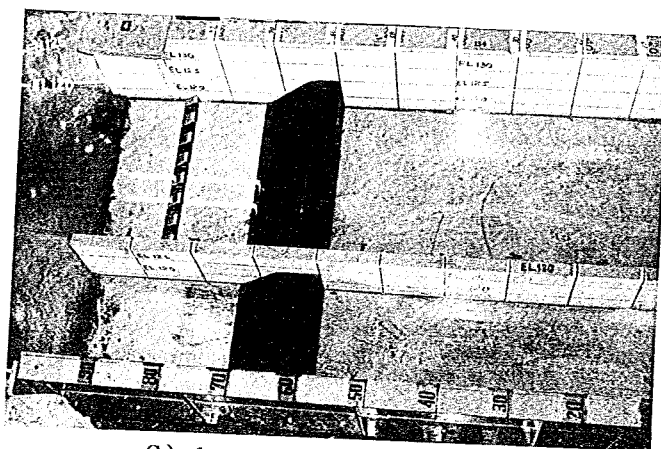




A) 台形シル



B) 歯形シル



C) パッフルビア- (最終案)
写真-31 二次減勢工の比較形状

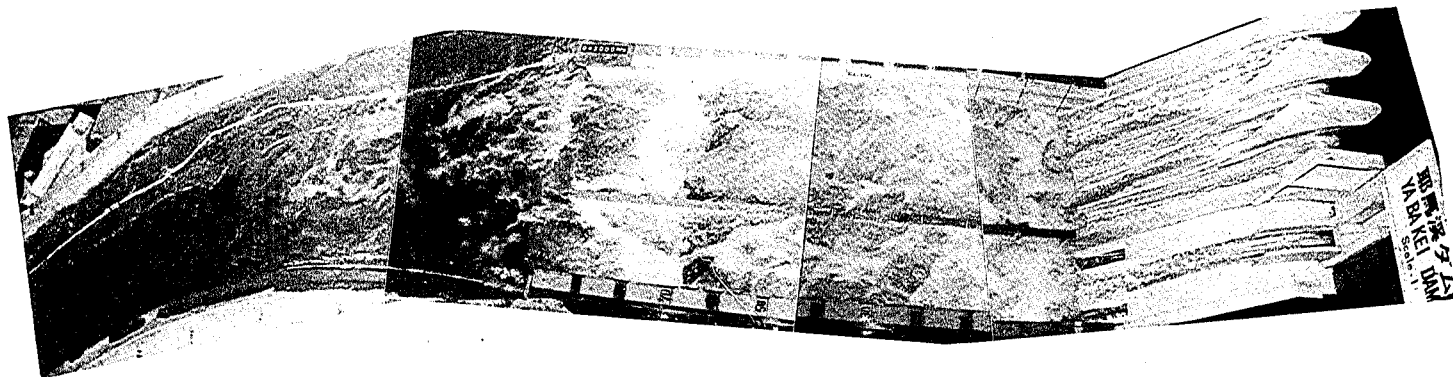


写真-32 減勢工の流況（台形シルによる二次減勢工） $Q = 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$

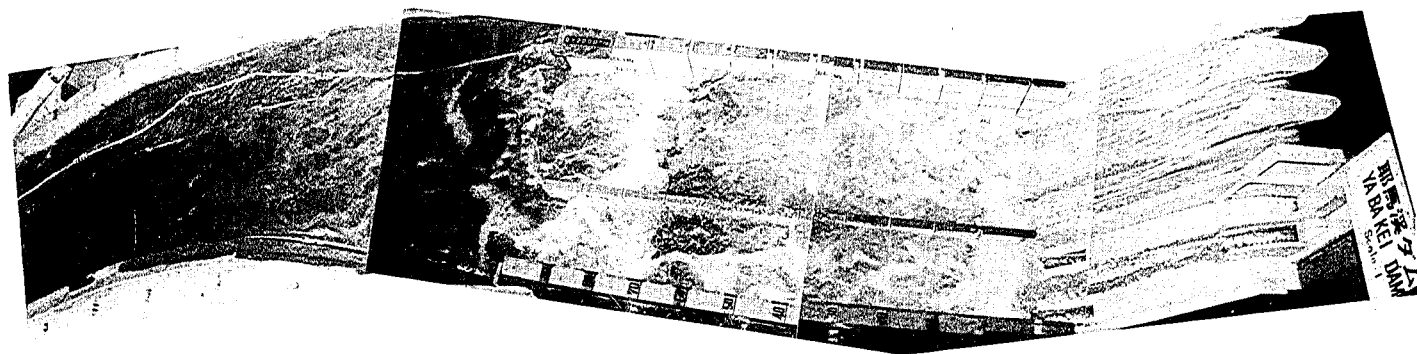


写真-33 減勢工の流況（歯形シルによる二次減勢工） $Q = 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$

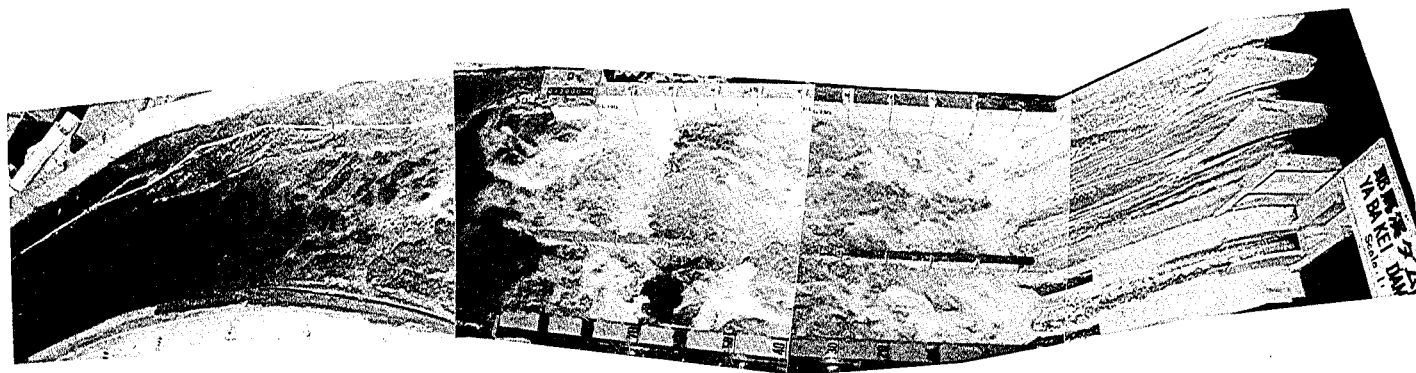


写真-34 減勢工の流況（バッフルピアーによる二次減勢工） $Q=2,000\text{m}^3/\text{s}$ 最終案

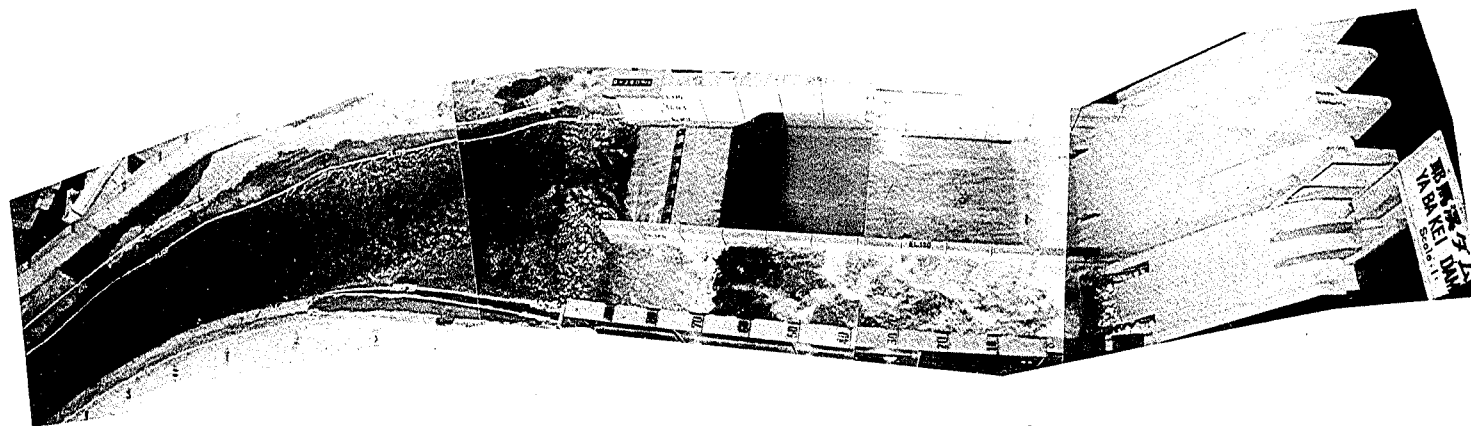


写真-35 常用減勢工の流況（最終案） $Q=260\text{m}^3/\text{s}$

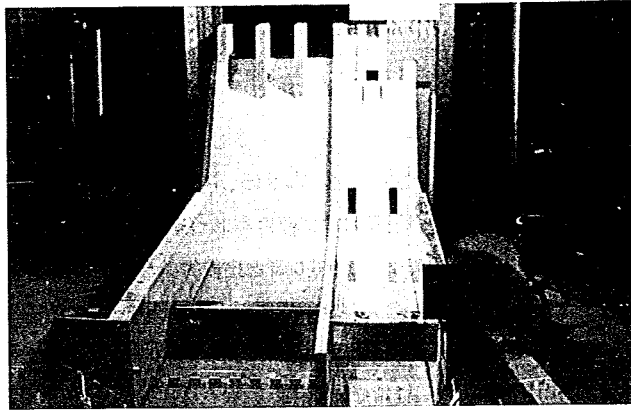


写真 - 3 6 減勢工 (最終案)

付録1. 耶馬溪ダム基本計画概要

1. 耶馬溪ダム計画概要

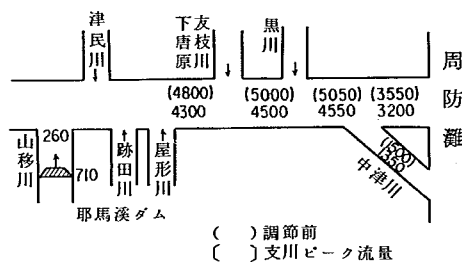
山国川は、その源を大分・福岡両県境にそびえる英彦山に発し、多くの溪支川を集め景勝地耶馬溪を経て県境を流下し、周防灘に注ぐ河川である。流路延長は54.3 km、流域面積は535.5 km²で、その大部分は熔岩台地で形成された山地であるが、下流部は肥沃な中津平野を形づくっている。流域内の気候は、瀬戸内海気候に属し、多雨地帯九州にあっては年間降雨量1950mmと比較的少なく台風性の色彩の強い急流河川である。従って、その流況は非常に不安定で豊渇の差がきわめて大きく、流域のかんがい面積3670 haに対し301ヶ所に及ぶ取水設備が施こされている。山国川の改修事業は、昭和19年の大洪水を契機に昭和23年より下流部本川15.4 km、派川1.4 km間の築堤護岸に着手し、現在28%の進捗率を示しているが、その後の地域開発、発展にかんがみ、根本的な改修計画樹立の必要に迫られ、昭和43年流量改訂、上流ダムによる洪水調節を含めた治水計画が行なわれた。一方北部九州水資源開発、周防灘開発構想が検討されている折から、一段と水開発の必要性が唱えられている。

かかる情勢のもとに、建設省は当ダムを治水・利水の観点から計画したもので、昭和31年から予備調査、昭和45年から実施調査を行なった。なお、総事業費は約140億円を見込み、昭和55年度完成を予定している。

2. 治水計画

耶馬溪ダム地点で最大流量970 m³/sの内710 m³/sを貯水地に貯留し、ダム放流を260 m³/s以下の流量とする。これにより下流基準地点下唐原での最大流量を4800 m³/sから4300 m³/s以下の流量に低減させ500 m³/sの効果をもたらす。

山国川流量配分図



洪水調節計算表

昭和30年9月29日

年月日時	下唐原自然	耶馬溪ダム自然	残流量	調節後耶馬溪ダム	調節後下唐原	ダム時間貯留量	ダム累加貯留量
30.9.20							
9							
10							
11							
12							
13							
14	661						
15	635	46	589	46			
16	635	64	571	64			
17	781	160	621	160			
18	928	160	768	160			
19	1,087	170	917	170	1,087	0	0
20	1,341	321	1,020	260	1,280	43,920	43,920
21	1,261	259	1,002	260	1,262	107,970	151,890
22	1,234	259	975	260	1,235	-30	151,860
23	1,380	298	1,082	260	1,342	-3,600	148,260
24	2,040	358	1,682	260	1,942	60	148,200
1	2,842	526	2,316	260	2,576	66,120	214,320
2	3,644	899	2,745	260	3,005	352,800	567,120
3	4,670	970	3,700	260	3,960	957,600	1,524,720
4	4,800	748	4,052	260	4,312	2,300,400	3,825,120
5	3,431	521	2,910	260	3,170	2,556,000	6,381,120
6	2,645	422	2,223	260	2,483	1,756,800	8,137,920
7	1,873	298	1,575	260	1,835	939,600	9,077,520
8	1,341	209	1,132	260	1,392	583,200	9,660,720
9	1,074	167	907	260	1,167	29,640	9,690,360
10	901	138	763	260	1,023	2,202	9,838,340
11	808	118	690	260	950	-183,600	9,454,740
12	635	103	532	260	792	-334,800	9,119,940
13	528	108	420	260	680	-439,200	8,680,740
14	435	91	344	260	604	-511,200	8,169,540
15	368	78	290	260	550	-565,200	7,604,340
16	315	68	247	260	507	-547,200	7,057,140
17	275	59	216	260	476	-608,400	6,448,740
18	248	51	197	260	457	-655,200	5,793,540
19	222	46	176	260	436	-691,200	5,102,340
20	209	41	168	260	428	-723,600	4,378,740
21	189	39	150	260	410	-752,400	3,626,340
22	169	34	135	260	395	-770,400	2,855,940
23	155	31	124	31	255	-788,400	2,067,540
24	135	29	106	29	135	-795,600	1,271,940
1	122	26	96	26	122	-813,600	458,340
2	108	24	84	24	108	-458,340	0
3	95	21	74	21	95	0	0
4	82	19	63	19	82	0	0
5	82	17	65	17	82	0	0
6							
7							
8							
9							

3. 利 水 計 画

耶馬溪ダムにより不特定用水を確保して、山国川下流部の農業用水及び都市用水の安定給水を図ると共に新たに $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ の都市用水を供給する。

4. 不特定用水計画

耶馬溪ダムによる下流沿岸の不特定既得水利に対する渇水補給を行なうと共に、流水の正常な機能を維持するため必要な流量を確保する。

かんがい区域 — ダム下流 かんがい期間 — 6月21日～10月10日
 かんがい面積 — $2,628 \text{ ha}$ ダム不特定容量 — $5,500 \text{ 千 m}^3$
 計画基準年 — 昭和33年

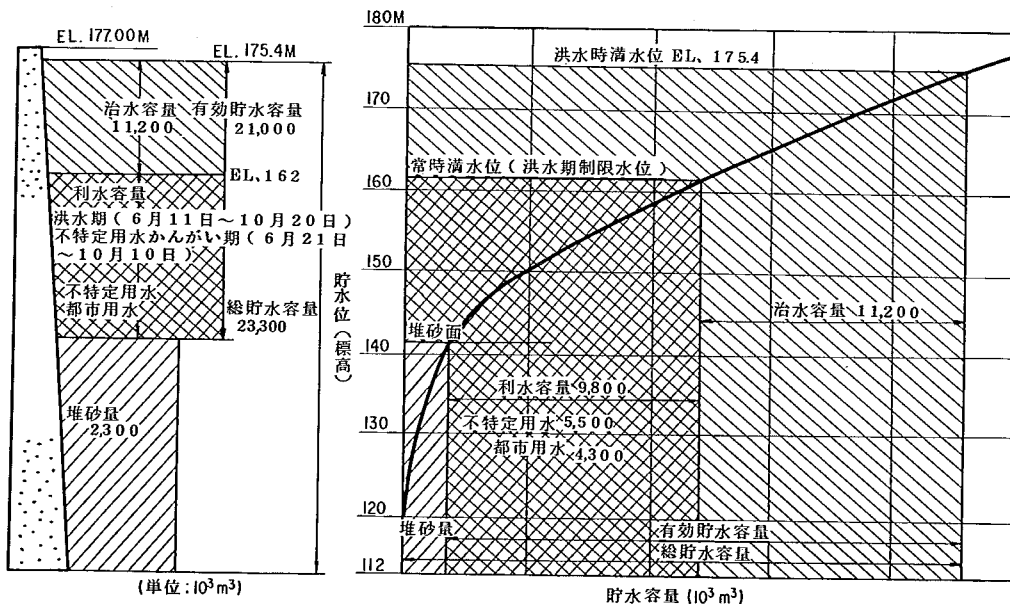
5. 上水道計画

北九州市の水道用水として、耶馬溪ダム利水容量 $9,800 \text{ 千 m}^3$ のうち $2,150 \text{ 千 m}^3$ を確保し下唐原地点において $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ を新規に開発する。

6. 工業用水計画

大分県の工業用水として、耶馬溪ダム利水容量 $9,800 \text{ 千 m}^3$ のうち $2,150 \text{ 千 m}^3$ を確保し、下唐原地点において $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ を新規に開発する。

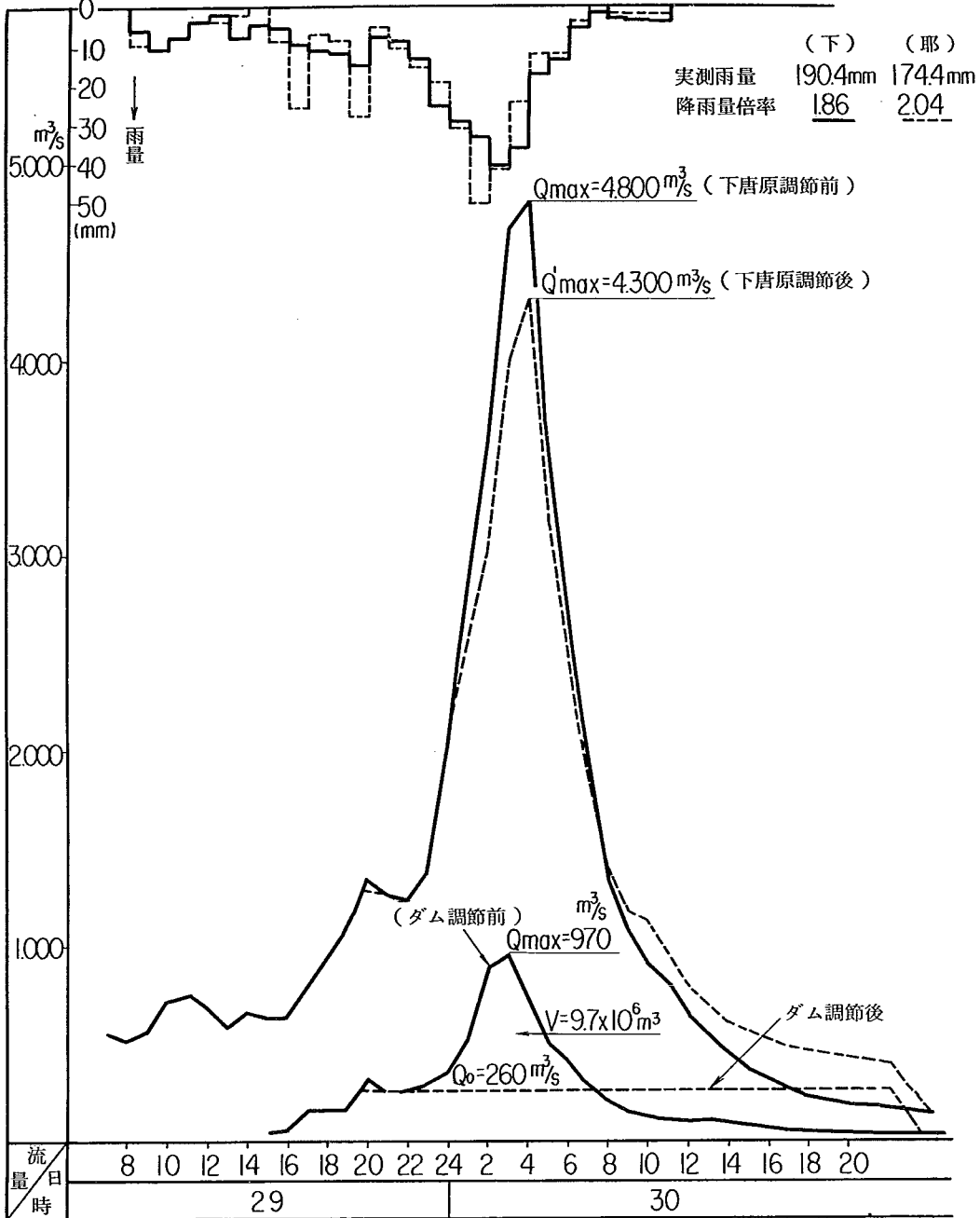
7. 貯水池容量配分



8. ダムおよび貯水池の概要

(イ) ダム諸元		(ロ) 貯水池諸元	
河川名	山国川水系 山移川	集水面積	89.0 km ²
ダム名	耶馬溪ダム	湛水面積	1.1 km ²
位置	大分県下毛郡耶馬溪町大字柿坂	洪水時満水位	EL175.4 m
型式	重力式コンクリートダム	常時満水位	EL162.0 m
堤高	65.0 m (天端EL177.0 m - 基礎EL112.0 m)	洪水期間限水位	EL162.0 m
堤頂長	280.0 m	堆砂位	EL142.5 m
堤体積	390,000 m ³		
非越流部標高	EL177.0 m		
計画最大放流量	260 m ³ /sec		
ダム設計洪水流量	2020 m ³ /sec		

S 30. 9 洪水ユニットハイドログラフ



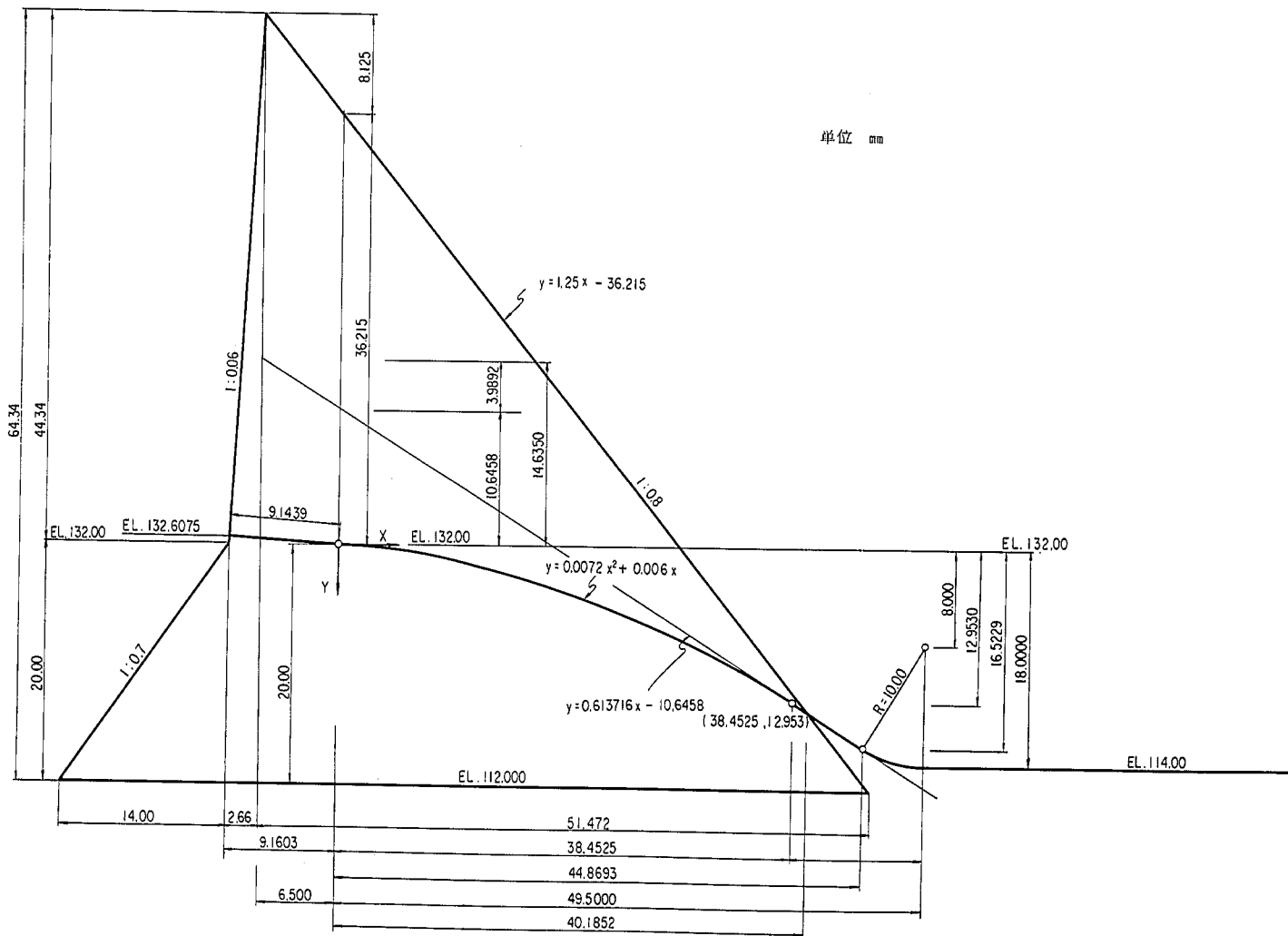
付録2. 高圧放水管水理模型実験資料(昭和51年度原案)

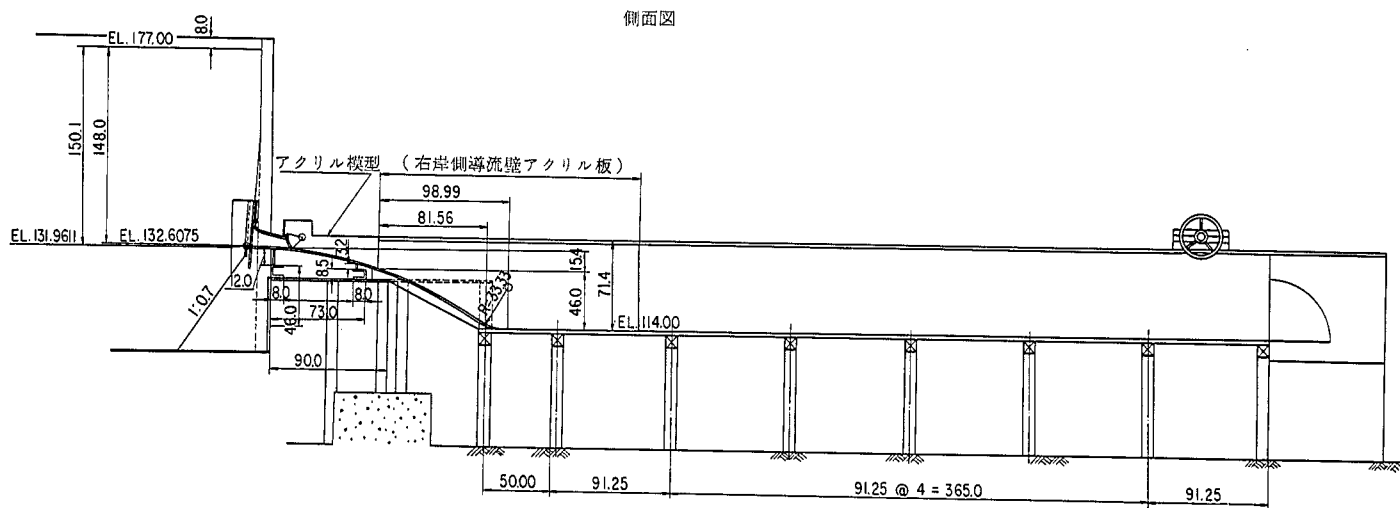
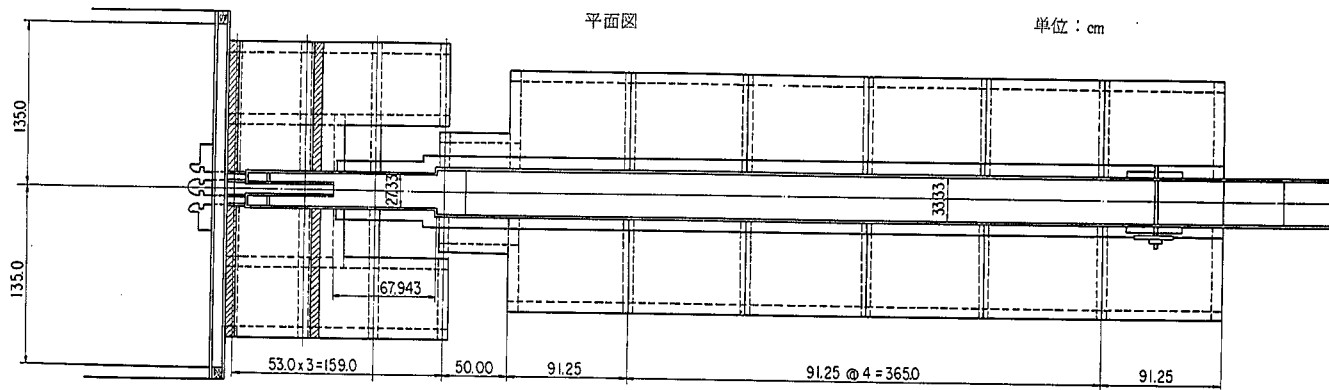
序文でも述べたように、昭和51年度においてダム洪水吐原案のうち、高圧放水管について形状設計および水理模型実験を実験した。その後、計画案に変更が生じこの放水管は採用されなかったが、今後、高圧放水管の設計上、貴重な調査資料であるのでここに載せておいた。

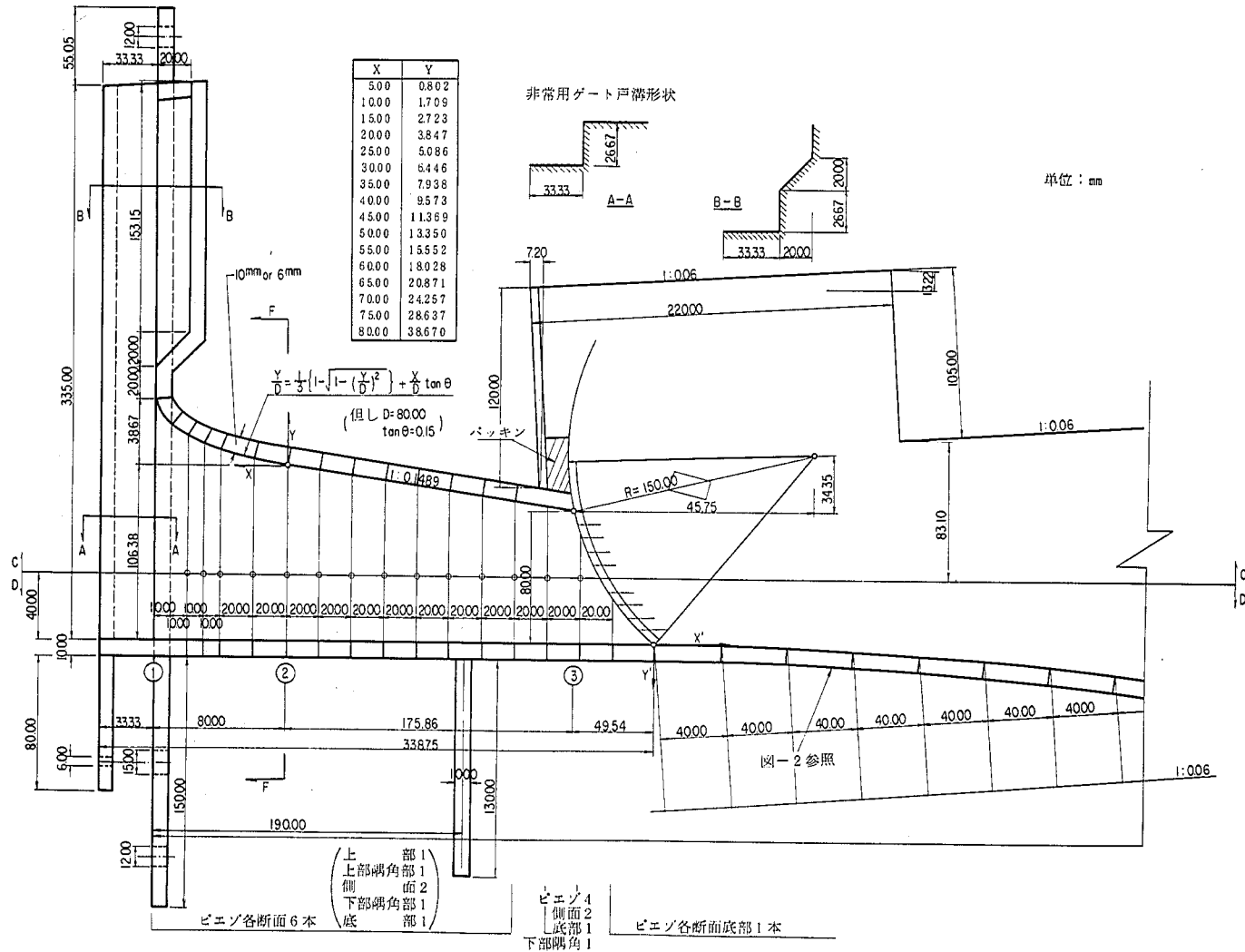
模型の縮尺は1/30としており、実物と模型の縮尺関係は次のようである。

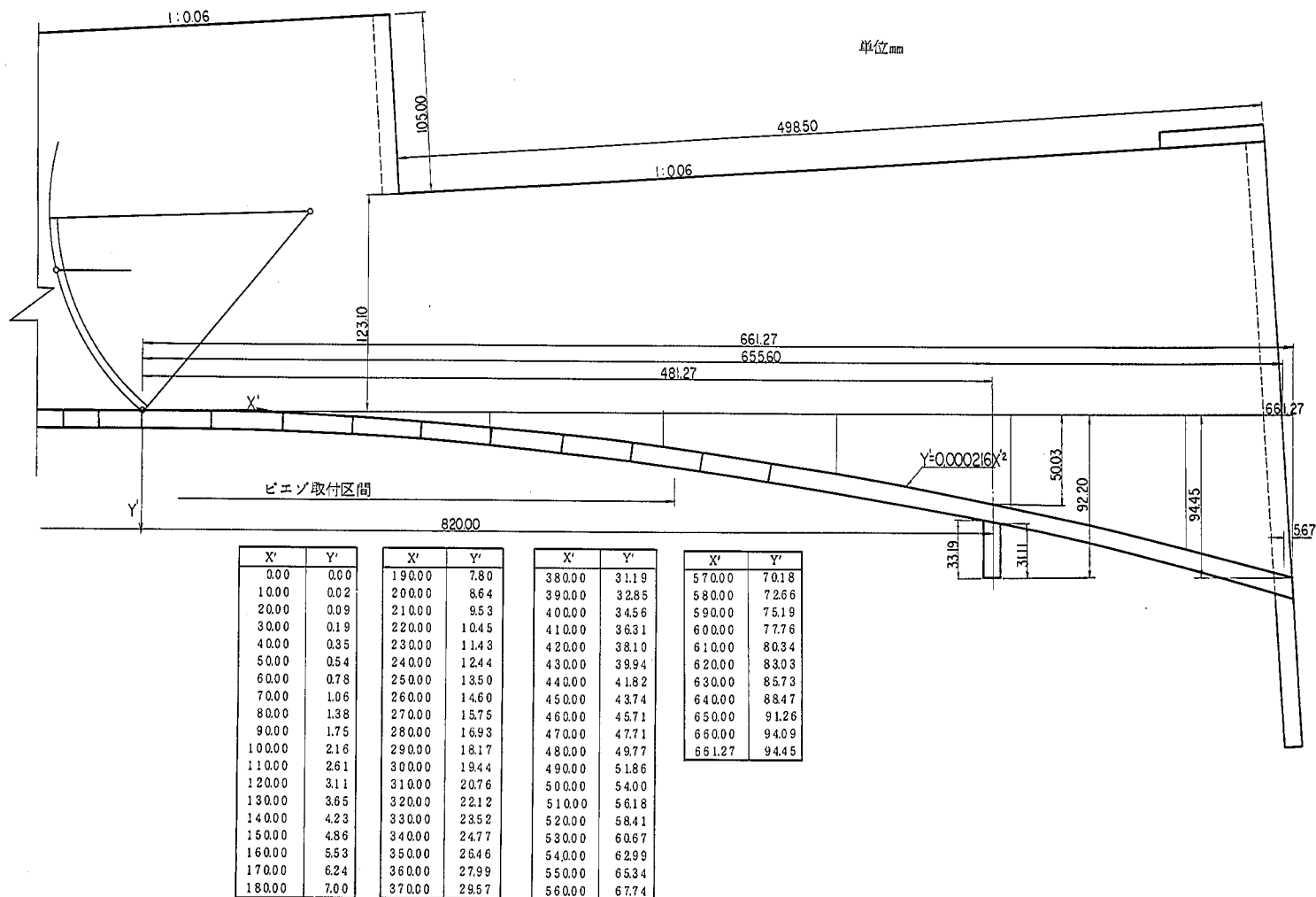
長さの縮尺	K_L	$= 1/30$
時間の縮尺	$K_T^{1/2}$	$= 1/5.477$
圧力水頭の縮尺	$K_P = K_L$	$= 1/30$
流速の縮尺	$K_V = K_L / K_T$	$= 1/5.477$
流量の縮尺	$K_Q = K_L^3 / K_T$	$= 1/4929.5$

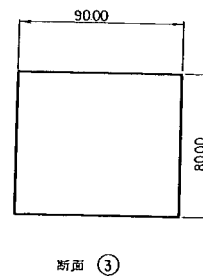
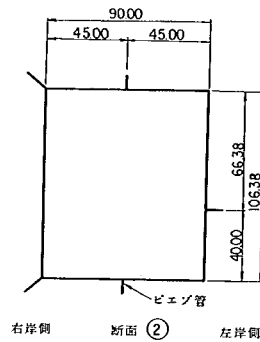
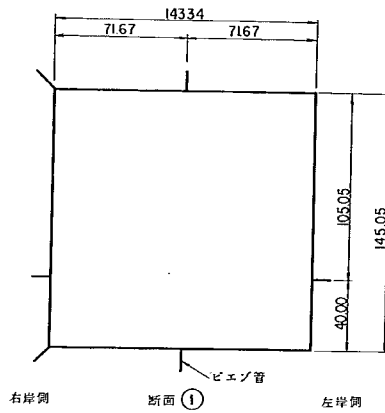
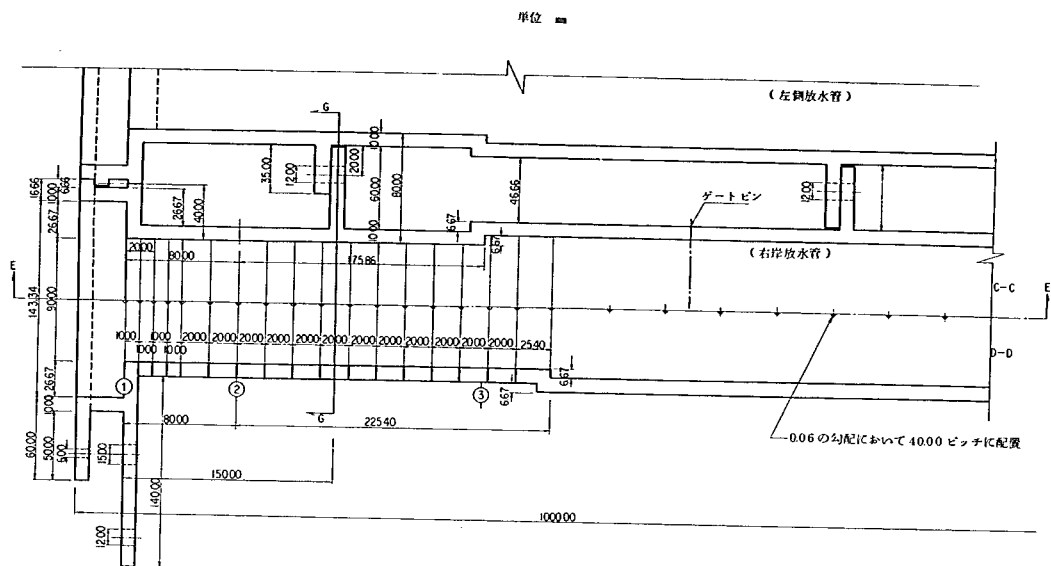
この放水管は、常用洪水吐として計画され、堤体1ブロックの中に2条配置するように設計したものである。

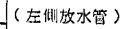
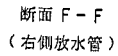


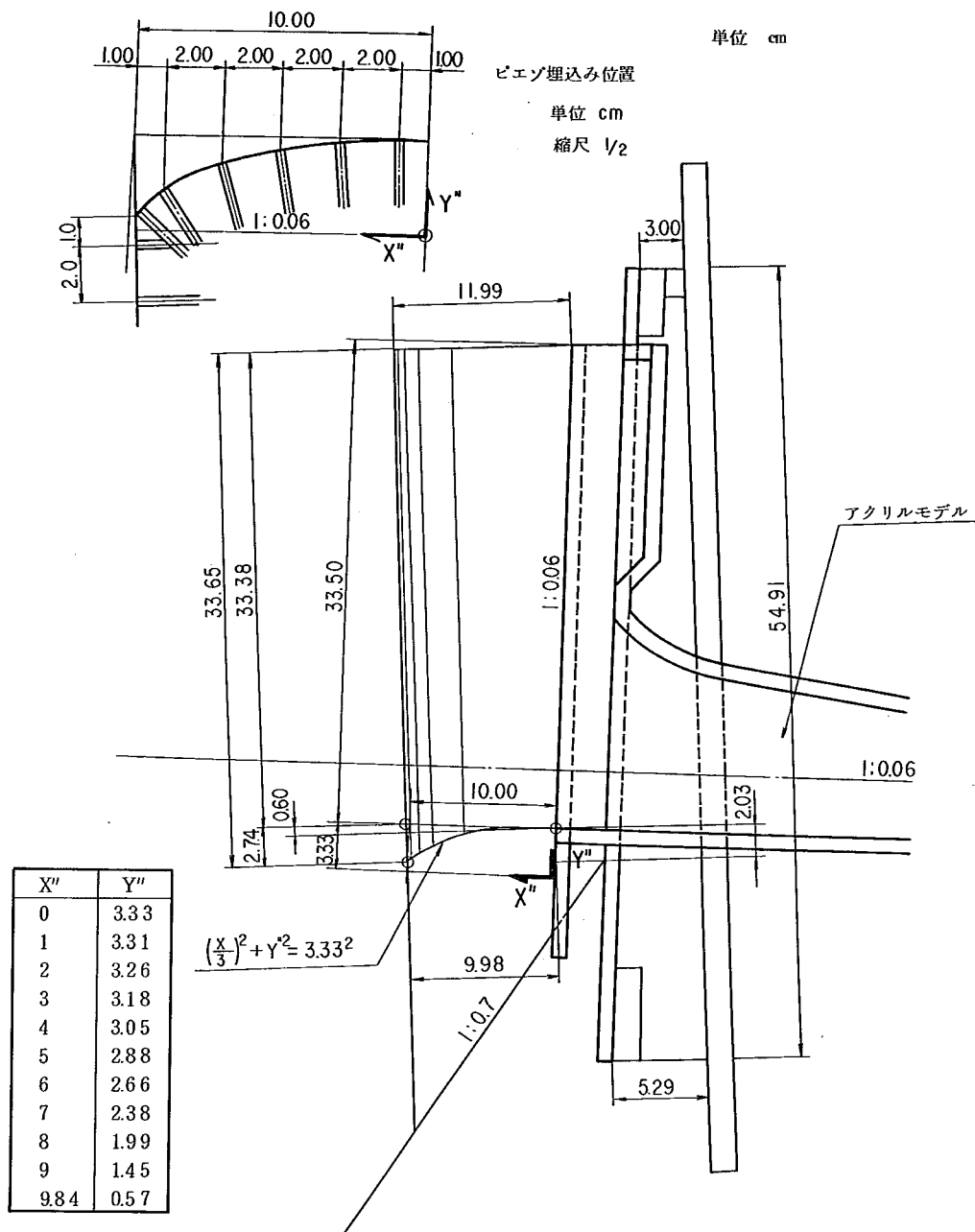


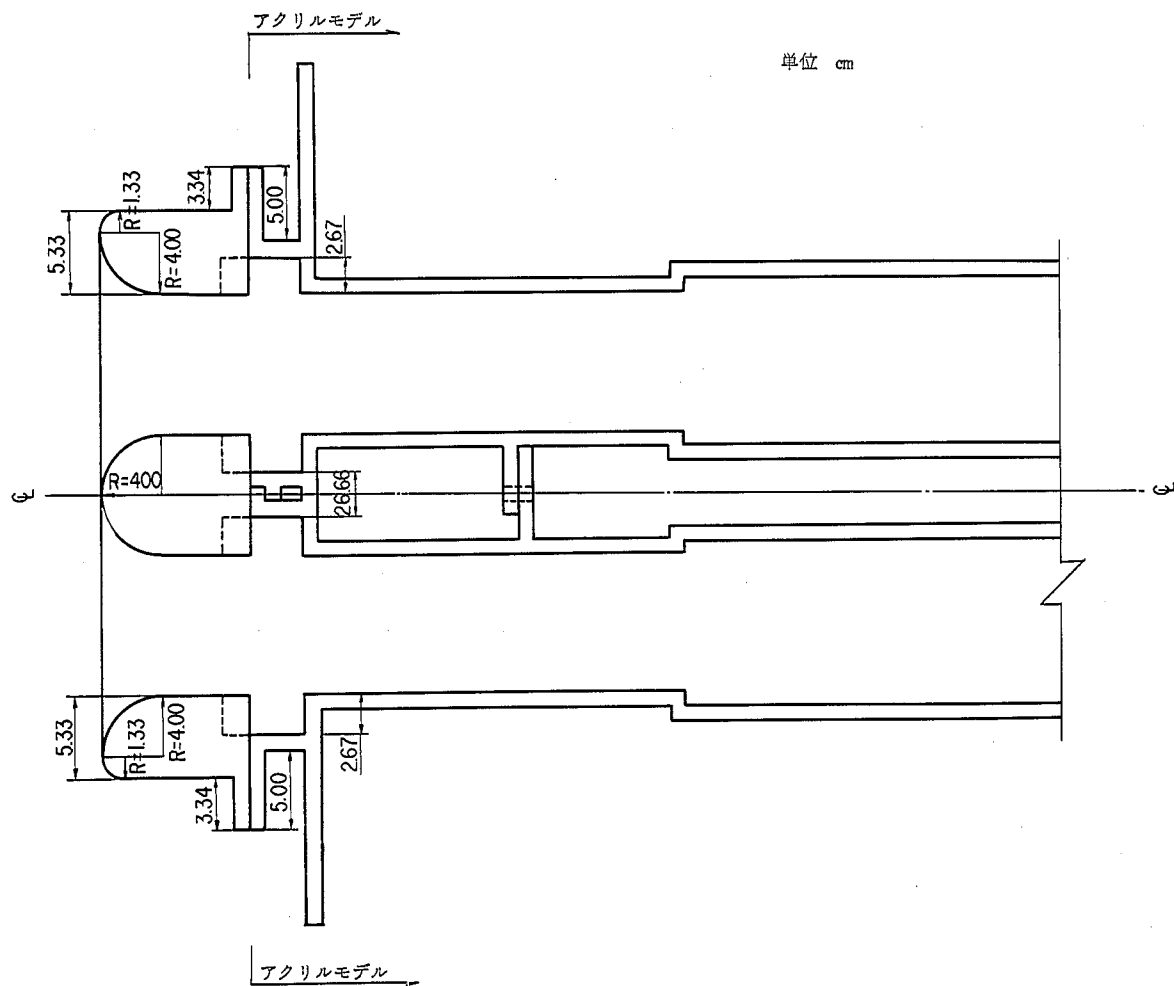












水位～流量関係測定値数表

No	ゲート閉度 0.5 m				ゲート閉度 1.0 m				ゲート閉度 1.5 m				ゲート閉度 2.0 m				ゲート閉度全開 (2.4 m)		
	水 位 W.L. (m)	流 量 Q (m ³ /s)	流 量 係 数		水 位 W.L. (m)	流 量 Q (m ³ /s)	流 量 係 数		水 位 W.L. (m)	流 量 Q (m ³ /s)	流 量 係 数		水 位 W.L. (m)	流 量 Q (m ³ /s)	流 量 係 数		水 位 W.L. (m)	流 量 Q (m ³ /s)	流 量 係 数 C ₁ (=C ₂)
			C ₁	C ₂			C ₁	C ₂			C ₁	C ₂			C ₁	C ₂			
1					142.82	52.84	0.672	0.280	142.05	73.99	0.651	0.407	142.23	104.46	0.683	0.569	142.29	149.29	0.813
2					144.93	58.71	0.683	0.285	143.91	82.03	0.663	0.414	143.81	113.87	0.693	0.578	143.67	161.88	0.826
3					146.06	60.88	0.679	0.283	145.76	88.34	0.664	0.415	145.29	122.35	0.702	0.585	145.97	180.47	0.842
4	148.49	35.94	0.740	0.154	147.99	65.41	0.684	0.285	147.86	96.62	0.677	0.423	147.44	132.56	0.706	0.588	148.14	197.37	0.856
5	149.87	37.27	0.738	0.154	150.21	69.65	0.683	0.285	150.42	103.96	0.675	0.422	149.19	141.43	0.713	0.595	150.30	211.27	0.861
6	151.26	38.65	0.737	0.154	151.92	73.15	0.686	0.286	151.83	108.40	0.679	0.424	151.95	151.83	0.711	0.593	151.71	219.21	0.861
7	153.65	41.01	0.737	0.154	154.08	78.82	0.702	0.292	152.69	110.52	0.678	0.424	153.96	161.10	0.719	0.601	153.48	230.25	0.866
8	156.09	43.28	0.738	0.154	155.76	80.55	0.691	0.288	156.36	120.62	0.682	0.426	155.66	167.55	0.720	0.600	155.61	243.32	0.873
9	157.89	44.66	0.734	0.153	158.33	84.39	0.688	0.287	157.08	121.61	0.677	0.423	157.59	173.03	0.715	0.596	157.64	253.82	0.874
10	159.90	46.63	0.739	0.154	160.04	87.01	0.687	0.286	160.41	130.28	0.682	0.426	159.99	181.85	0.719	0.599	159.60	264.41	0.877
11	161.70	48.26	0.741	0.154	161.97	90.56	0.692	0.275	162.60	135.81	0.685	0.428	161.82	188.01	0.720	0.600	162.33	278.07	0.880
12	163.95	49.89	0.738	0.154	163.68	93.22	0.693	0.289	163.41	138.12	0.687	0.430	163.89	194.27	0.719	0.600	164.22	287.04	0.881
13	165.71	50.97	0.734	0.153	165.77	95.93	0.691	0.288	165.56	142.46	0.686	0.429	166.47	203.44	0.725	0.604	165.99	295.99	0.882
14	167.67	52.65	0.737	0.154	167.22	98.00	0.691	0.288	167.49	147.09	0.689	0.430	168.08	208.37	0.726	0.605	167.82	306.31	0.892
15	169.74	54.18	0.738	0.154	169.35	100.76	0.690	0.287	169.14	150.74	0.690	0.431	169.85	213.35	0.725	0.604	169.80	312.97	0.887
16	171.21	55.11	0.736	0.153	172.38	104.46	0.688	0.287	171.35	155.77	0.692	0.433	171.81	218.92	0.726	0.605	171.95	322.97	0.891
17	174.21	56.99	0.734	0.153	174.71	107.71	0.689	0.287	173.49	158.68	0.687	0.429	174.00	224.59	0.725	0.604	173.91	331.75	0.893
18	175.32	57.77	0.734	0.153	175.41	108.89	0.691	0.288	175.29	163.26	0.692	0.433	175.02	227.84	0.727	0.605	175.23	336.83	0.893
19	177.03	58.91	0.734	0.153	177.30	111.01	0.690	0.288	176.85	165.92	0.691	0.432	176.94	234.79	0.733	0.610	176.94	343.97	0.894
20	178.61	60.09	0.736	0.153	179.22	113.63	0.692	0.288	178.56	168.93	0.690	0.432	179.07	237.85	0.725	0.604	179.04	351.22	0.893
$\bar{C}_2$	$\frac{1}{17} \sum_{i=4}^{20} C_{2i} = 0.153$				$\frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} C_{2i} = 0.286$				$\frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} C_{2i} = 0.428$				$\frac{1}{16} \sum_{i=5}^{20} C_{2i} = 0.602$				$\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{20} C_{2i} = 0.889$		

オリフィス部圧力降下係数数値表

オリフィス部圧力降下係数値表

実験 番号	ゲート 開度	全開 2.4 m	吐口 断面積	1296 m ²	流量 Q	27329 m ³ /s	水頭 H	2994 m	断面積 A	1296 m ²	V(Q/A)	2109 m/s	速度水頭 V ² /2g	2269 m ²
ゲート戸溝	No	圧力水頭P _m	上部中央	No	圧力水頭P _m	平均								
	1	2691		7'	2534									
	2	2361		8'	1710									
	3	2571												
断面	位置	圧力水頭 P _m	H-P _m	(H-P) V ² /2g	平均									
①	6	2993												
②	6	2828												
③	6	2769												
④	6	2814												
⑤	6	2715												
⑥	6	2648												
⑦	6	2595												
⑧	6	2535												
⑨	1	1253	17.41	0.767	0.767									
	2	1425	15.69	0.691	0.691									
	3	1457	15.37	0.677										
	4	1466	15.28	0.673	0.675									
	5	1605	13.89	0.612	0.612									
	6	2097	8.97	0.395	0.395									
⑩	1	1326	16.68	0.735	0.735									
	2	1413	15.81	0.697	0.697									
	3	1727	12.67	0.558										
	4	1724	12.70	0.560	0.559									
	5	1901	10.93	0.482	0.482									
	6	1965	10.29	0.454	0.454									
⑪	1	1427	15.67	0.691	0.691									
	2	1478	15.16	0.668	0.668									
	3	1829	11.65	0.513										
	4	1841	11.53	0.508	0.511									
	5	2073	9.21	0.406	0.406									
	6	1875	11.19	0.493	0.493									
⑫	1	1394	16.00	0.705	0.705									
	2	1469	15.25	0.672	0.672									
	3	1811	11.83	0.521										
	4	1851	11.43	0.504	0.513									
	5	2073	9.21	0.406	0.406									
	6	1809	11.85	0.522	0.522									
⑬	1	1316	16.78	0.740	0.740									
	2	1331	16.63	0.733	0.733									
	3	1662	13.32	0.587										
	4	1673	13.21	0.582	0.585									
	5	1940	10.54	0.465	0.465									
	6	1704	12.90	0.569	0.569									
	1	1341	16.53	0.729	0.729									
	2	1368	16.26	0.717	0.717									
⑭	3	1556	14.38	0.634										
	4	1529	14.65	0.646										
	5	1797	11.97	0.528	0.528									
	6	1590	14.04	0.619	0.619									
⑮	1	1338	16.56	0.730	0.730									
	2	1398	15.96	0.703	0.703									
	3	1430	15.64	0.689										
	4	1416	15.78	0.695	0.692									
	5	1479	15.15	0.668	0.668									
	6	1476	15.18	0.669	0.669									
⑯	1	1320	16.74	0.738	0.738									
	2	1341	16.53	0.729	0.729									
	3	1344	16.50	0.727										
	4	1322	16.72	0.737	0.732									
	5	1497	14.97	0.660	0.660									
	6	1344	16.50	0.727	0.727									
断面	位置	圧力水頭 P _m	H-P _m	(H-P) V ² /2g	平均									
	1	1229	17.65	0.778	0.778									
	2	1253	17.41	0.767	0.767									
	3	1223	17.71	0.781	0.784									
	4	1211	17.83	0.786										
	5	1328	16.66	0.734	0.734									
	6	1257	17.37	0.766	0.766									
	1	1103	18.91	0.833	0.833									
	2	1128	18.66	0.822	0.822									
	3	1112	18.82	0.829	0.833									
	4	1098	18.96	0.836										
	5	1179	18.15	0.800	0.800									
	6	1160	18.34	0.808	0.808									
	1	1020	19.74	0.870	0.870									
	2	1035	19.59	0.863	0.863									
	3	930	20.64	0.910	0.908									
	4	941	20.53	0.905										
	5	1025	19.69	0.868	0.868									
	6	1047	19.47	0.858	0.858									
	1	900	20.94	0.923	0.923									
2	900	20.94	0.923	0.923										
3	852	21.42	0.944	0.959										
4	786	22.08	0.973											
5	912	20.82	0.918	0.918										
6	855	21.39	0.943	0.943										
1	701	22.93	1.011	1.011										
2	741	22.53	0.993	0.993										
3	660	23.34	1.029	1.021										
4	698	22.96	1.012											
5	780	22.14	0.976	0.976										
6	768	22.26	0.981	0.981										
3	480	25.14	1.108	1.094										
4	545	24.49	1.079											
5	591	24.03	1.059	1.059										
6	608	23.86	1.052	1.052										
3	309	26.85	1.183	1.180										
4	324	26.70	1.177											
5	428	25.66	1.131	1.131										
6	473	25.21	1.111	1.111										
5	264	27.30	1.203	1.203										
6	360	26.34	1.161	1.161										
6	260	27.34	1.205	1.205										
6	210													
6	138													
6	0.98													
6	0.60													
6	-0.35													
6	-0.51													
6	-0.15													
6	-0.45													
6	-1.20													
6	-0.99													
6	-1.56													
6	-1.71													
6	-2.10													
6	-3.00													
6	-3.09													
6	-2.55													
6	-4.89													
6	-6.09													
6	-7.80													
6	-1.10													

ビエゾ横断No (位置)

(左岸側) (右岸側)

オリフィス部圧力降下係数数値表

実験 番号	ゲート 開度	全開 2.4 m	吐口 断面積	1296 m ²	流量 Q	325.00 m ³ /s	水頭 H	4295 m	断面積 A	1296 m ²	流速 V (Q/A)	25.08 m/s	速度水頭 V ² /2g	3208 m	
ゲート戸溝	No.	圧力水頭 P _m	上部中央	No.	圧力水頭 P _m	7'	36.30	7'	23.93	7'	23.93	7'	23.93	7'	
	1	38.55		7'											
	2	34.17		8'											
	3	36.41		8'											
断面	位置	圧力水頭 P _m	H-P _m	(H-P) 2g	平均										
①	6	42.75													
②	6	42.09													
③	6	38.69													
④	6	39.68													
⑤	6	38.25													
⑥	6	37.38													
⑦	6	36.78													
⑧	6	36.03													
⑨	1	17.94	25.01	0.780	0.780										
	2	17.79	25.16	0.784	0.784										
	3	19.46	23.49	0.732											
	4	20.96	21.99	0.685	0.709										
	5	23.48	19.47	0.607	0.607										
	6	30.05	12.90	0.402	0.402										
⑩	1	18.81	24.14	0.752	0.752										
	2	18.42	24.53	0.765	0.765										
	3	24.92	18.03	0.652											
	4	23.40	19.55	0.609	0.631										
	5	27.72	15.23	0.475	0.475										
	6	28.14	14.81	0.462	0.462										
⑪	1	20.40	22.55	0.703	0.703										
	2	20.12	22.83	0.712	0.712										
	3	26.61	16.34	0.509											
	4	25.20	17.75	0.553	0.531										
	5	29.63	13.32	0.415	0.415										
	6	26.66	16.29	0.508	0.508										
⑫	1	19.28	23.67	0.738	0.738										
	2	21.18	22.77	0.710	0.710										
	3	25.55	17.40	0.542											
	4	25.20	17.75	0.553	0.548										
	5	29.45	13.50	0.421	0.421										
	6	25.70	17.25	0.538	0.538										
⑬	1	18.48	24.47	0.763	0.763										
	2	18.23	24.72	0.771	0.771										
	3	23.18	19.77	0.616											
	4	23.51	19.44	0.606	0.611										
	5	27.93	15.02	0.468	0.468										
	6	24.06	18.89	0.589	0.589										
⑭	1	18.78	24.17	0.753	0.753										
	2	18.98	23.97	0.747	0.747										
	3	21.53	21.42	0.668											
	4	21.36	21.59	0.673	0.671										
	5	25.65	17.30	0.539	0.539										
	6	22.35	20.60	0.642	0.642										
⑮	1	18.66	24.66	0.757	0.757										
	2	19.40	23.55	0.734	0.734										
	3	19.86	23.09	0.720											
	4	19.55	23.40	0.729	0.725										
	5	23.15	19.80	0.617	0.617										
	6	20.88	22.07	0.688	0.688										
⑯	1	18.47	24.48	0.763	0.763										
	2	18.48	24.47	0.763	0.763										
	3	18.54	24.41	0.761											
	4	18.09	24.86	0.775	0.768										
	5	21.18	21.77	0.679	0.679										
	6	19.31	23.64	0.737	0.737										
⑰	1	17.18	25.77	0.803	0.803										
	2	17.25	25.70	0.801	0.801										
	3	16.68	26.27	0.819											
	4	16.64	26.31	0.820	0.820										
	5	18.65	24.30	0.757	0.757										
	6	17.85	25.10	0.782	0.782										
	⑱	1	15.23	27.72	0.864	0.864									
		2	15.38	27.57	0.859	0.859									
		3	15.14	27.81	0.867										
		4	15.00	27.95	0.871	0.869									
		5	16.35	26.60	0.829	0.829									
		6	16.25	26.70	0.832	0.832									
	⑲	1	13.98	28.97	0.903	0.903									
		2	14.00	28.95	0.902	0.902									
		3	12.56	30.39	0.947										
		4	12.89	30.06	0.937	0.942									
		5	14.19	28.76	0.897	0.897									
		6	14.73	28.22	0.880	0.880									
	⑳	1	12.11	30.84	0.961	0.961									
		2	11.97	30.98	0.966	0.966									
		3	11.40	31.55	0.983										
		4	10.61	32.34	1.008	0.996									
		5	12.47	30.48	0.950	0.950									
		6	11.81	31.14	0.971	0.971									
㉑	1	9.30	33.65	1.049	1.049										
	2	9.62	33.33	1.039	1.039										
	3	8.90	34.05	1.061											
	4	9.35	33.60	1.047	1.054										
	5	10.50	32.45	1.012	1.012										
	6	10.55	32.40	1.010	1.010										
㉒	3	5.81	37.14	1.158											
	4	7.08	35.87	1.118	1.138										
	5	7.92	35.03	1.092	1.992										
	6	8.19	34.76	1.084	1.884										
	㉓	3	3.60	39.35	1.227										
		4	3.86	39.09	1.219	1.223									
5		5.52	37.43	1.167	1.167										
6		6.08	36.87	1.149	1.149										
㉔		5	3.21	39.74	1.239	1.239									
		6	4.31	38.64	1.204	1.204									
	㉕	6	2.63	40.32	1.257	1.257									
		6	1.61												
		6	0.83												
		6	0.56												
6		0.15													
6		-0.98													
㉖	6	-1.22													
	6	-0.36													
	6	-0.71													
	6	-1.74													
	6	-1.35													
	6	-2.10													
㉗	6	-2.04													
	6	-2.46													
	6	-3.53													
	6	-3.63													
	6	-2.63													
	6	-5.40													
㉘	6	-6.75													
	6	-8.10													
	6	-1.78													

ビエソ横断断面 (位置)

(左岸側) (右岸側)

放水管ゲート下流水位測定値

ゲート開度	G=0.5 m	貯水池水位	W.L. 175.31 m
		流 量	Q=57.97 m ³ /s

測点 No	X (m)	右岸側導流壁沿い		水 路 中 央	
		最高水位	最低水位	最高水位	最低水位
1	0.9	W.L. 1324.2m	W.L. 1322.7m	W.L. 1323.0m	W.L. 1322.7m
2	1.8	1325.7	1324.2	1322.4	132.18
3	3.6	1330.2	1327.8	1320.9	132.03
4	4.8	1328.0	1325.9	131.69	131.63
5	6.0	1327.4	1325.0	131.45	131.30
6	7.5	1323.8	1322.0	131.39	131.12
7	9.0	131.93	131.75	131.06	130.79
8	10.5	131.27	131.03	130.88	130.64
9	12.0	130.79	130.52	130.43	130.28
10	13.5	130.43	130.22	130.22	129.95
11	15.0	130.10	129.80	129.71	129.59
12	16.5	129.53	129.32	129.44	129.08
13	18.0	128.84	128.72	128.81	128.69
14	19.5	128.30	128.15	128.30	128.15
15	20.1	128.24	127.94	128.27	127.91
16	22.8	127.19	126.92	127.34	126.89
17	24.0	126.83	126.65	126.92	126.59
18	25.5	126.20	125.90	126.32	125.84
19	27.0	125.84	125.36	125.99	125.27

ゲート開度	G=1.0 m	貯水池水位	W.L. 175.07 m
		流 量	Q=108.89 m ³ /s

測点 No	X (m)	右岸側導流壁沿い		水 路 中 央	
		最高水位	最低水位	最高水位	最低水位
1	0.9	W.L. 1328.7m	W.L. 1327.2m	W.L. 1326.3m	W.L. 1325.7m
2	1.8	1332.3	1330.2	132.51	132.42
3	3.6	133.77	133.62	132.45	132.30
4	4.8	133.70	133.34	131.93	131.84
5	6.0	133.76	133.34	131.93	131.72
6	7.5	134.15	133.22	131.75	131.39
7	9.0	133.19	132.95	131.66	131.39
8	10.5	132.83	132.35	131.39	130.94
9	12.0	132.38	131.99	131.33	130.64
10	13.5	131.75	131.48	130.79	130.34
11	15.0	130.94	130.70	130.94	130.04
12	16.5	130.19	129.92	130.94	129.74
13	18.0	129.62	129.23	129.14	128.63
14	19.5	128.63	128.45	129.14	128.24
15	20.1	128.03	127.89	128.99	127.89
16	22.8	127.64	127.34	128.39	127.34
17	24.0	127.16	126.83	127.34	126.56
18	25.5	126.44	126.14	127.19	126.14
19	27.0	125.24	125.09	126.89	125.39

ゲート開度	G=1.5 m	貯水池水位	W.L. 174.96 m
		流 量	Q=163.80 m ³ /s

測点 No	X (m)	右岸側導流壁沿い		水 路 中 央	
		最高水位	最低水位	最高水位	最低水位
1	0.9	W.L. 1338.3m	W.L. 1335.9m	W.L. 1330.2m	W.L. 1329.3m
2	1.8	134.22	133.89	132.96	132.87
3	3.6	134.28	133.98	132.78	132.66
4	4.8	134.24	133.79	132.44	132.29
5	6.0	134.09	133.64	132.35	132.14
6	7.5	133.94	133.34	131.99	131.84
7	9.0	133.64	133.34	131.84	131.54
8	10.5	133.19	132.95	131.54	131.15
9	12.0	132.95	132.59	131.54	131.09
10	13.5	132.44	132.14	131.39	131.09
11	15.0	131.84	131.54	131.39	130.94
12	16.5	131.45	131.09	130.94	130.49
13	18.0	130.19	130.04	130.79	129.89
14	19.5	129.65	129.38	130.34	129.59
15	20.1	129.29	128.99	130.19	129.59
16	22.8	128.54	128.24	129.59	128.99
17	24.0	127.79	127.19	129.29	128.39
18	25.5	127.04	126.59	128.69	127.19
19	27.0	126.14	125.84	127.79	127.04

ゲート開度	G=2.0 m	貯水池水位	W.L. 175.22 m
		流 量	Q=228.77 m ³ /s

測点 No	X (m)	右岸側導流壁沿い		水 路 中 央	
		最高水位	最低水位	最高水位	最低水位
1	0.9	W.L. 1340.7m	W.L. 1339.2m	W.L. 1334.1m	W.L. 1333.2m
2	1.8	134.22	133.92	133.38	133.32
3	3.6	134.22	133.92	133.32	133.17
4	4.8	133.85	133.49	132.83	132.68
5	6.0	133.94	133.49	132.65	132.59
6	7.5	133.64	133.34	132.59	132.23
7	9.0	133.58	133.25	132.53	132.14
8	10.5	133.34	132.89	132.44	132.08
9	12.0	133.13	132.83	132.35	131.84
10	13.5	133.04	132.50	132.14	131.84
11	15.0	132.53	131.99	132.14	131.54
12	16.5	131.84	131.60	131.39	130.79
13	18.0	131.54	131.24	131.39	130.94
14	19.5	130.49	130.10	131.09	130.79
15	20.1	130.04	129.59	130.94	130.49
16	22.8	129.44	128.84	130.94	130.04
17	24.0	128.84	127.94	130.19	129.44
18	25.5	128.84	127.34	129.59	128.33
19	27.0	128.84	126.74	129.14	128.15

放水管ゲート下流水位測定値

ゲート開度	G=2.4m (全開)	貯水池水位	W.L. 161.94m
		流 量	Q=273.29 m³/s

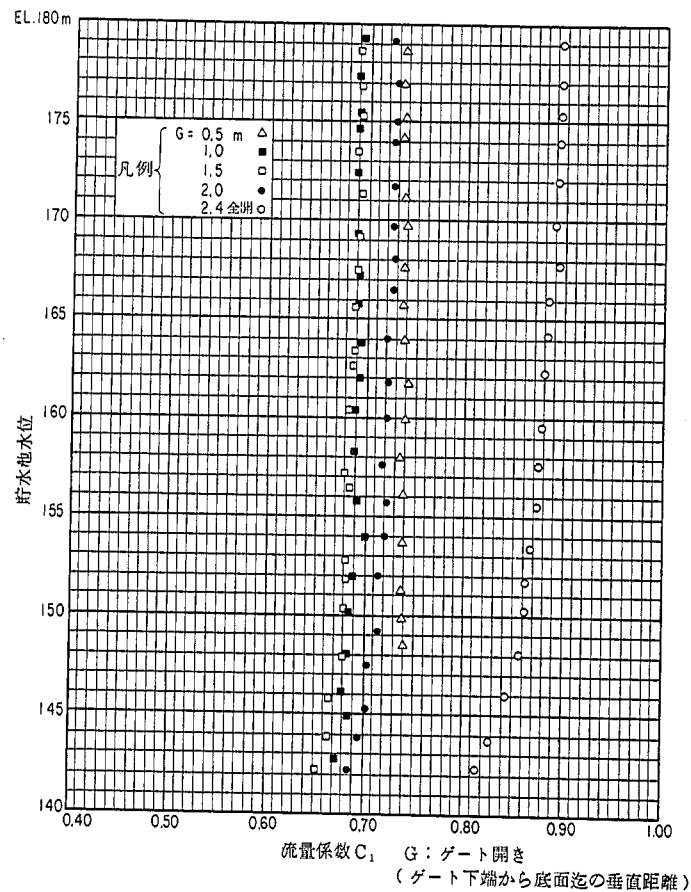
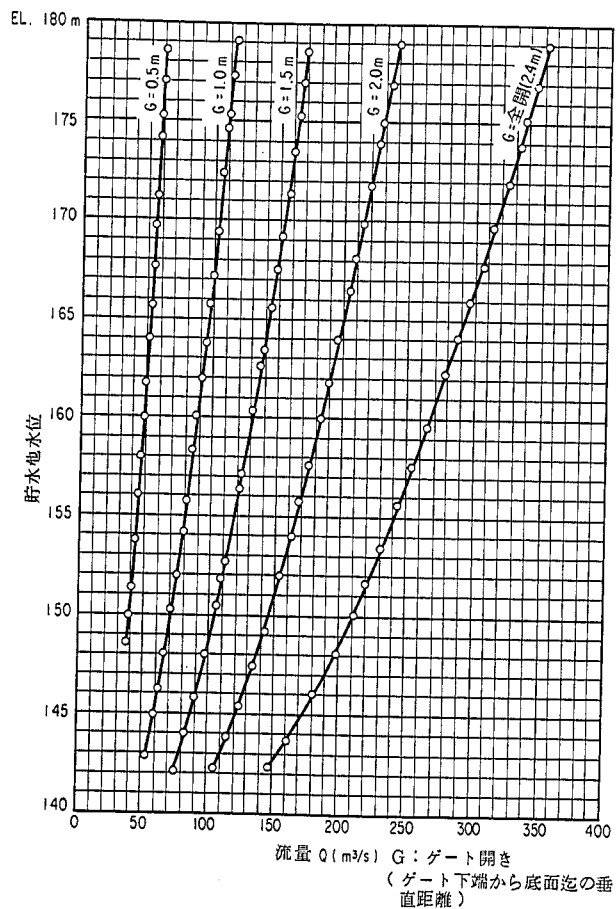
測点 No	X (m)	右岸側導流壁沿い		水 路 中 央	
		最高水位	最低水位	最高水位	最低水位
1	0.9	W.L. 133.92m	W.L. 133.86m	W.L. 134.16m	W.L. 134.07m
2	1.8	134.43	134.16	134.07	134.01
3	3.6	134.52	134.22	133.86	133.77
4	4.8	134.24	133.94	133.49	133.34
5	6.0	133.93	133.64	133.34	133.19
6	7.5	133.64	133.19	133.04	132.89
7	9.0	133.25	132.74	132.89	132.68
8	10.5	132.80	132.53	132.65	132.44
9	12.0	132.44	132.23	132.44	132.29
10	13.5	132.29	131.84	132.23	131.93
11	15.0	131.63	131.33	131.99	131.63
12	16.5	131.03	130.79	131.24	130.85
13	18.0	130.79	130.64	130.76	130.58
14	19.5	130.25	129.59	130.46	130.10
15	20.1	129.74	129.29	130.19	128.99
16	22.8	128.99	128.39	129.44	128.48
17	24.0	128.84	128.24	128.75	127.94
18	25.5	128.75	128.09	127.94	127.55
19	27.0	128.24	127.04	127.94	127.19

ゲート開度	G=2.4m (全開)	貯水池水位	W.L. 150.62m
		流 量	Q=211.57 m³/s

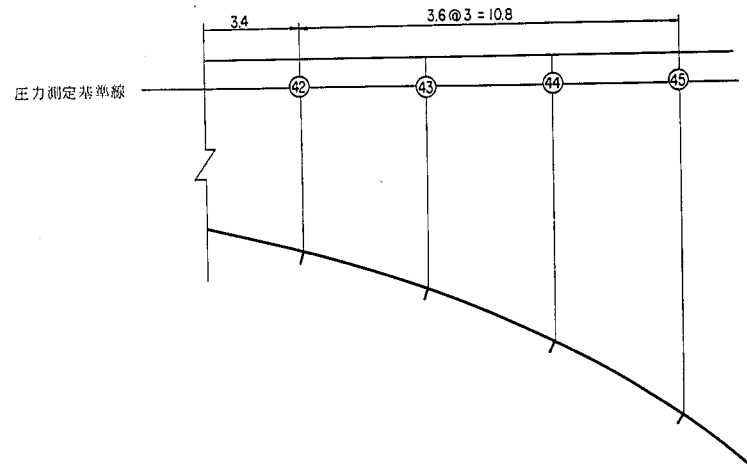
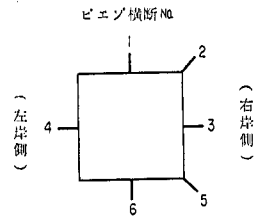
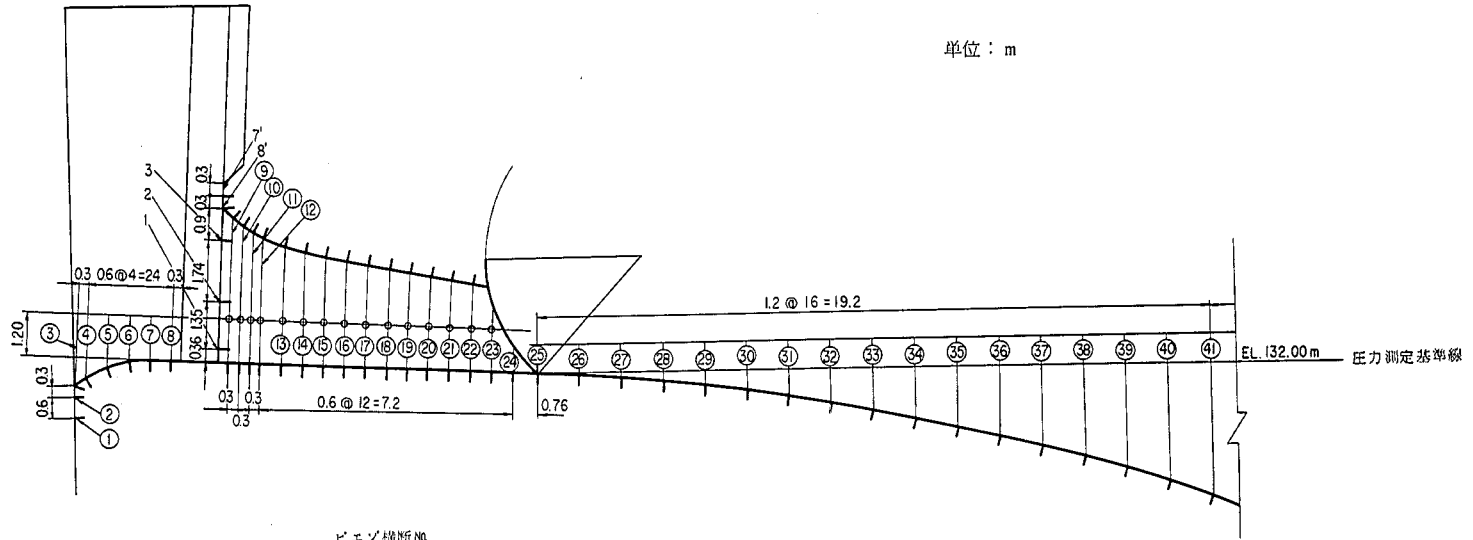
測点 No	X (m)	右岸側導流壁沿い		水 路 中 央	
		最高水位	最低水位	最高水位	最低水位
1	0.9	W.L. 134.67m	W.L. 134.22m	W.L. 134.13m	W.L. 134.01m
2	1.8	134.67	134.37	134.07	134.07
3	3.6	134.52	134.16	133.77	133.62
4	4.8	133.88	133.70	133.49	133.40
5	6.0	133.64	133.34	133.25	133.04
6	7.5	133.34	133.04	133.10	132.83
7	9.0	133.04	132.74	132.74	132.59
8	10.5	132.65	132.35	132.38	132.23
9	12.0	132.26	131.99	132.14	131.69
10	13.5	131.84	131.63	131.63	131.33
11	15.0	131.39	131.15	131.09	130.85
12	16.5	130.64	130.55	130.64	130.28
13	18.0	129.89	129.59	130.04	129.68
14	19.5	129.14	128.84	129.38	129.14
15	20.1	128.63	128.42	128.84	128.51
16	22.8	128.03	127.85	128.33	128.03
17	24.0	127.88	127.34	127.64	127.34
18	25.5	126.74	126.44	126.95	126.44
19	27.0	126.05	125.69	125.99	125.81

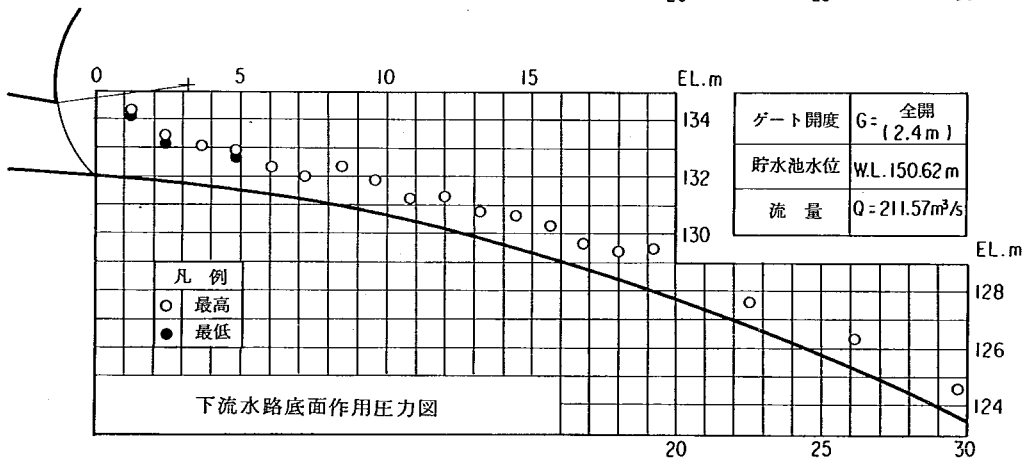
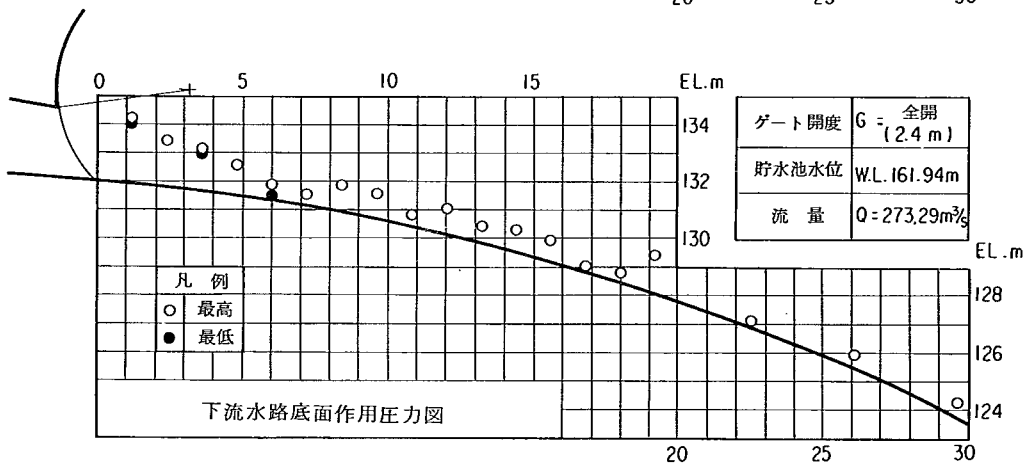
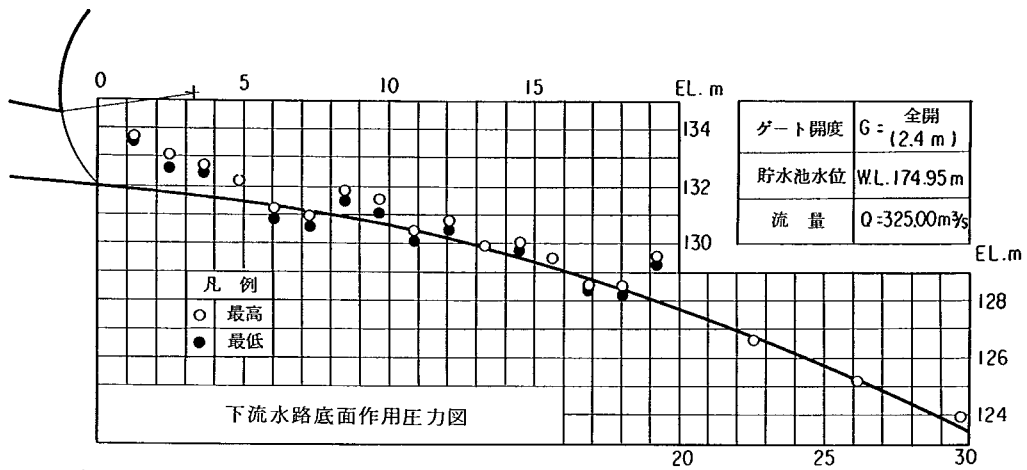
ゲート開度	G=2.4m (全開)	貯水池水位	W.L. 174.95m
		流 量	Q=325.00 m³/s

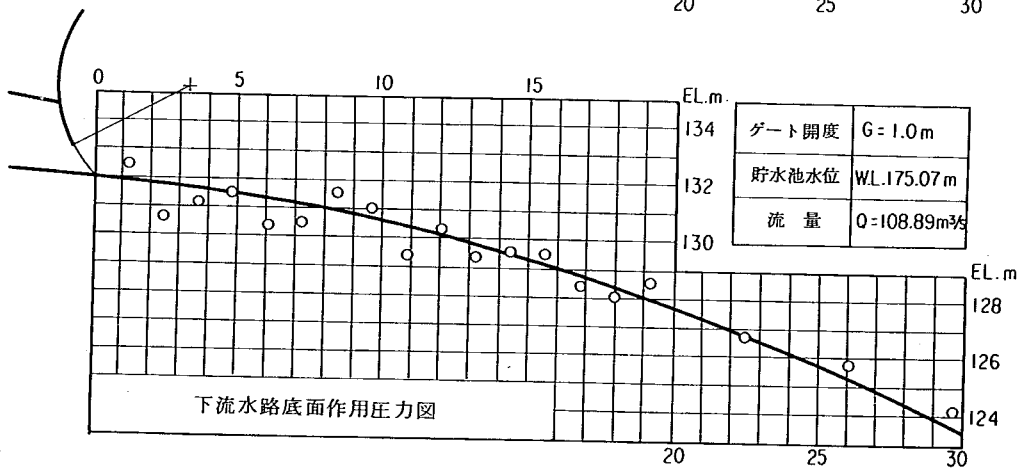
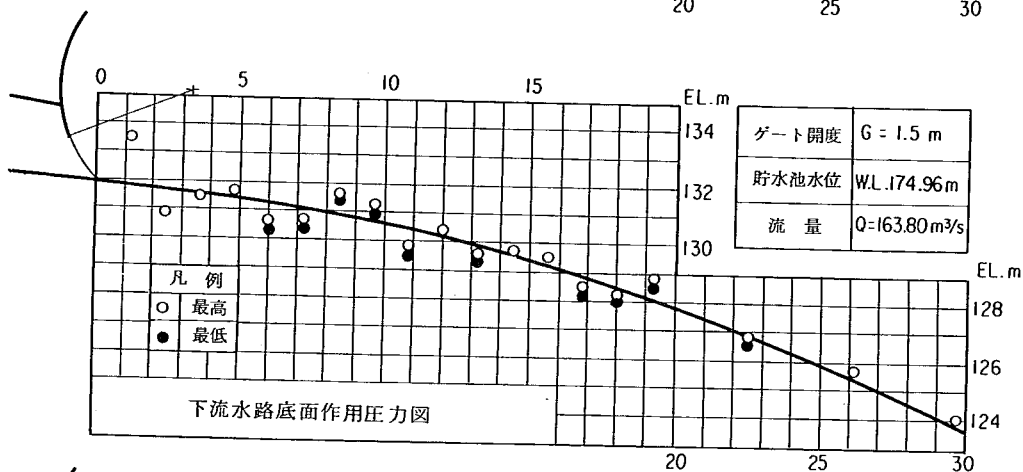
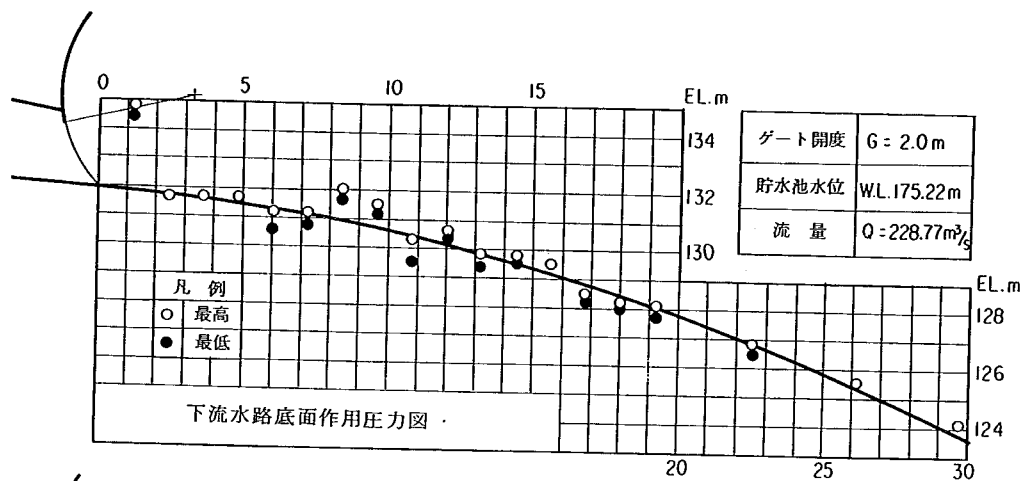
測点 No	X (m)	右岸側導流壁沿い		水 路 中 央	
		最高水位	最低水位	最高水位	最低水位
1	0.9	W.L. 133.98m	W.L. 133.86m	W.L. 134.16m	W.L. 134.07m
2	1.8	133.86	133.77	134.07	133.98
3	3.6	134.46	134.13	133.89	133.77
4	4.8	133.94	133.79	133.43	133.34
5	6.0	133.79	133.64	133.34	133.25
6	7.5	133.43	133.25	133.28	133.22
7	9.0	133.19	132.74	133.25	132.98
8	10.5	133.19	132.59	132.74	132.65
9	12.0	132.74	132.29	132.65	132.53
10	13.5	132.08	131.69	132.59	132.44
11	15.0	131.84	131.39	132.44	132.29
12	16.5	131.39	130.79	132.44	132.29
13	18.0	131.09	130.34	131.69	131.45
14	19.5	130.79	129.89	131.69	131.09
15	20.1	129.89	129.29	131.15	130.79
16	22.8	129.89	129.29	131.69	130.85
17	24.0	129.74	128.24	130.94	130.19
18	25.5	128.99	128.24	130.19	130.04
19	27.0	129.14	128.09	130.95	129.53

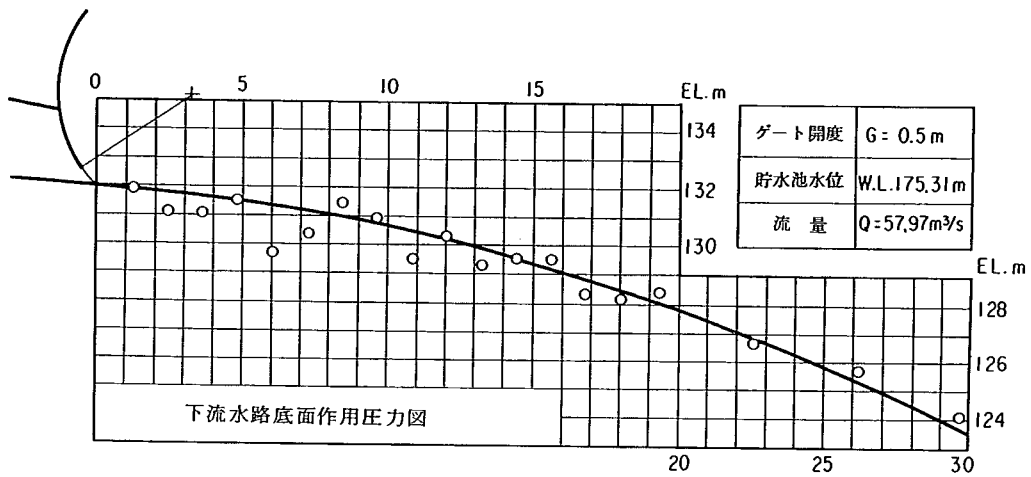


単位：m

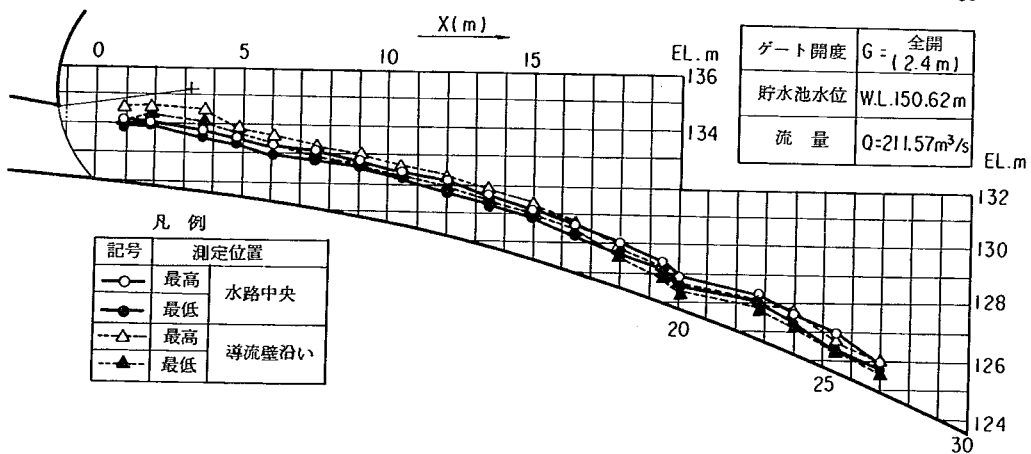
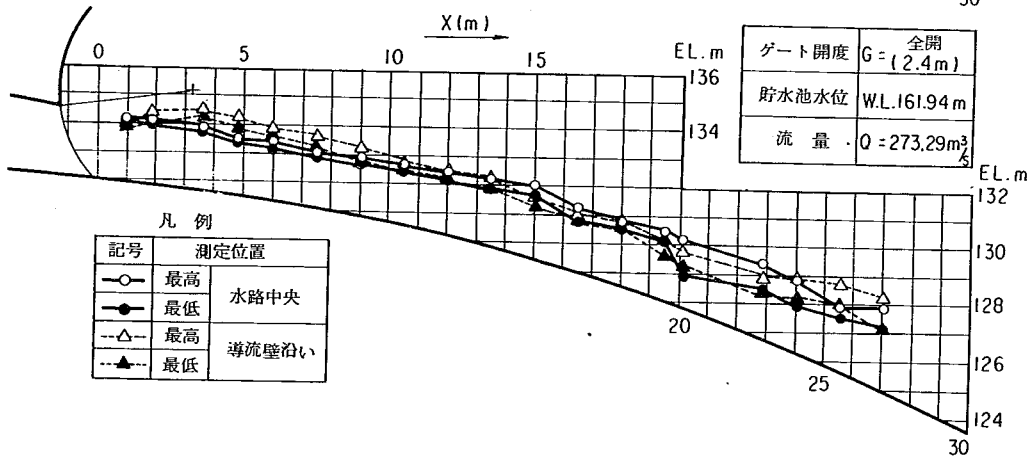
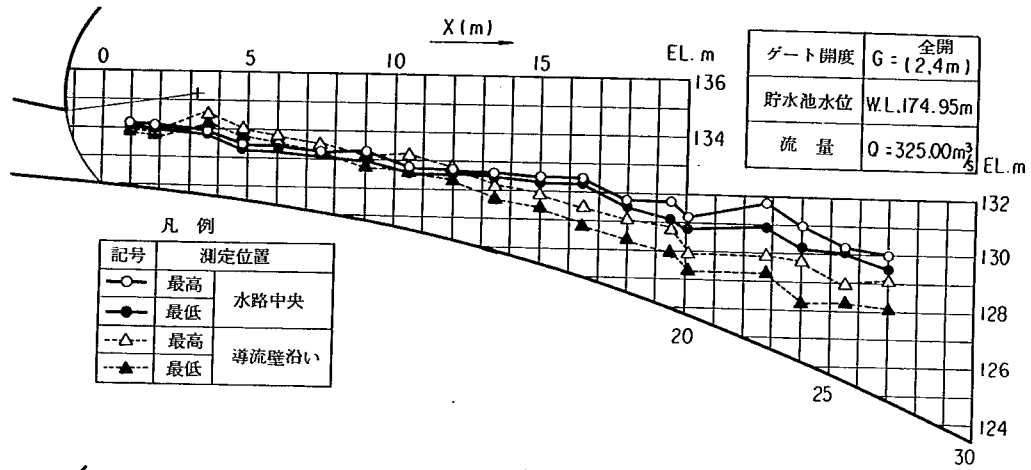




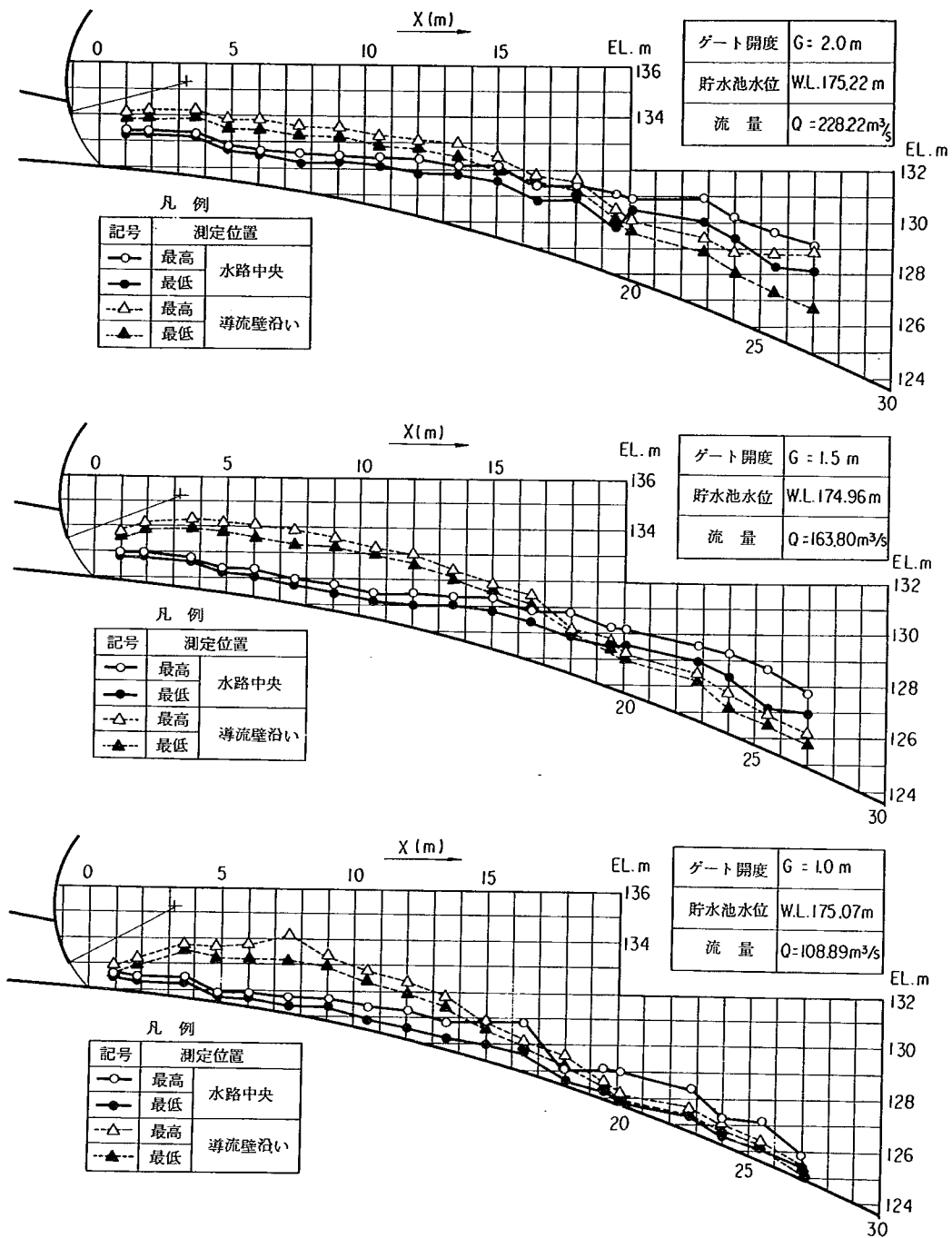




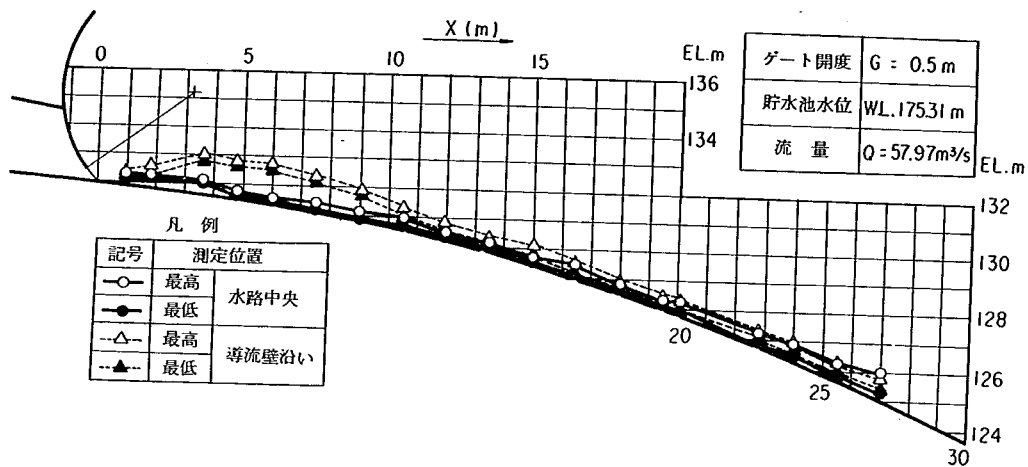
下流水面形状図



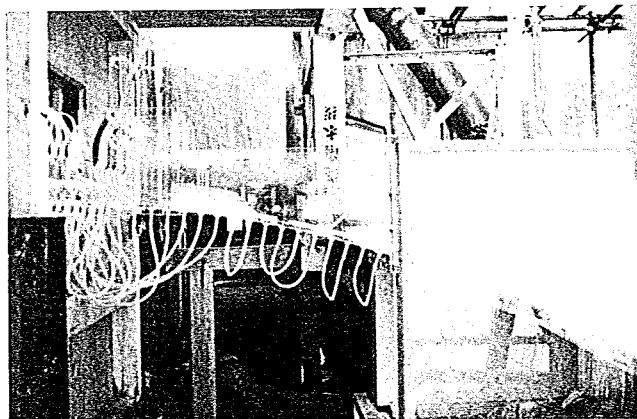
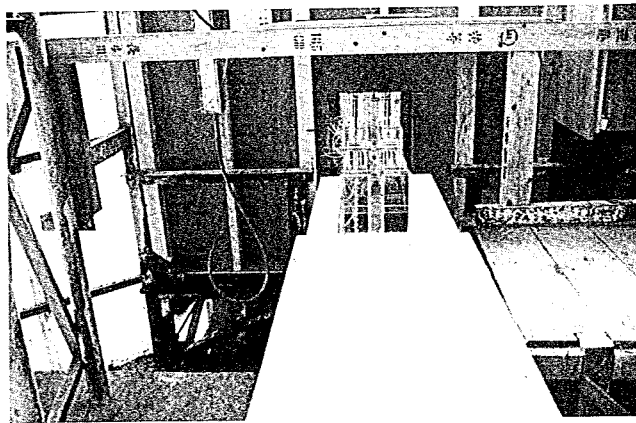
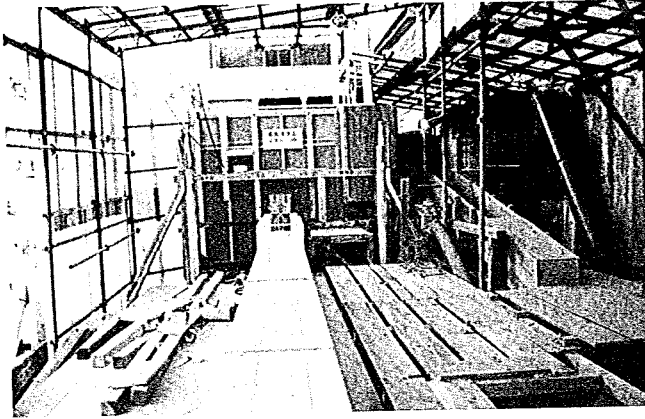
下流水面形状図



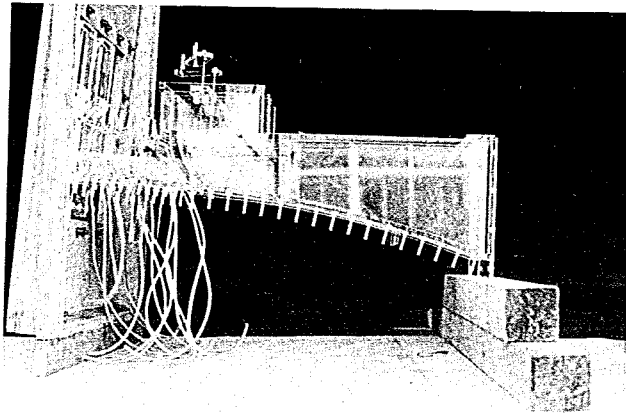
下流水面形状図



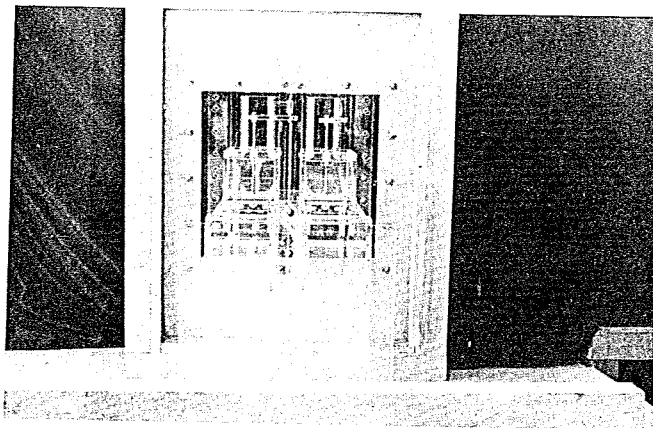
模型完成写真



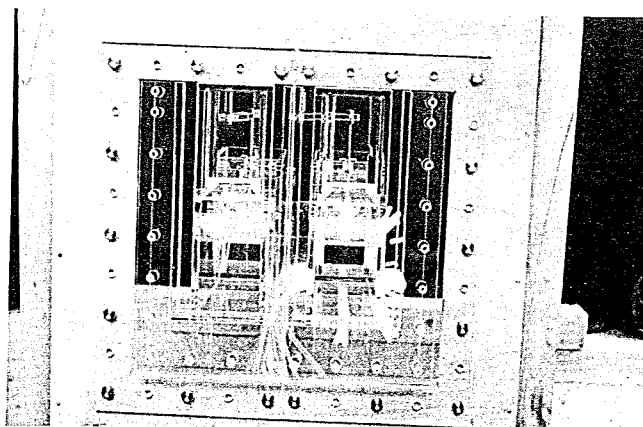
放水管模型写真



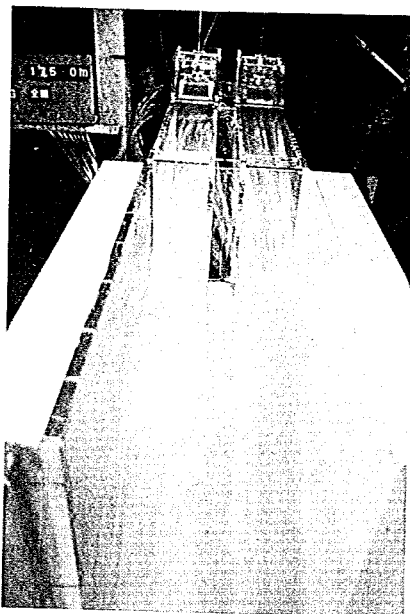
側面



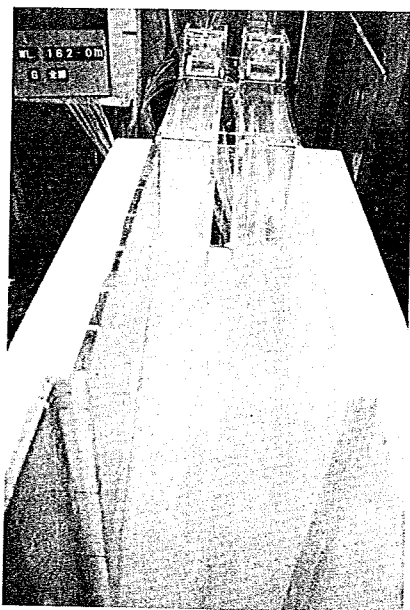
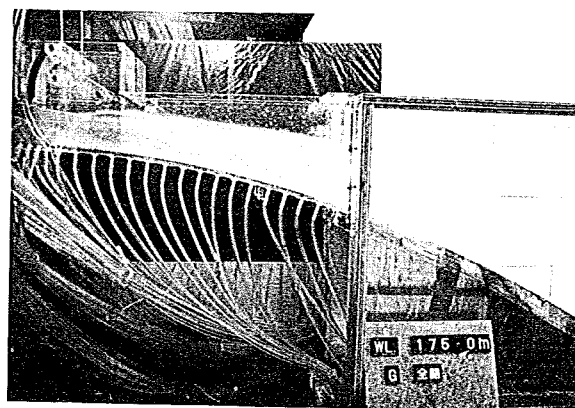
下流側より



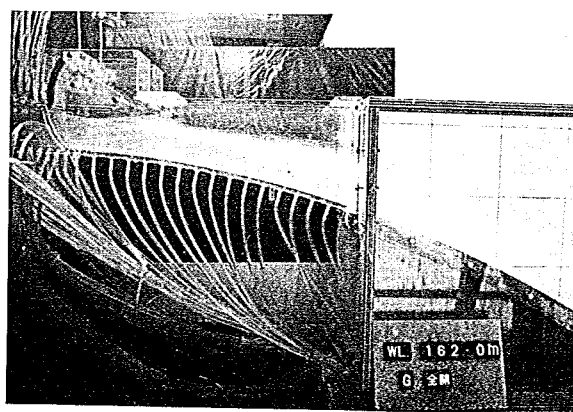
上流側より

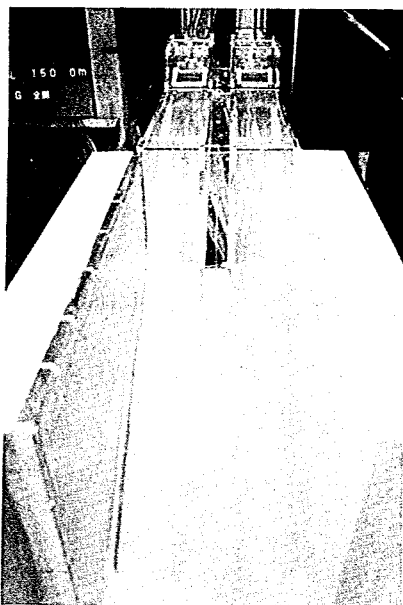


W.L. 175.0 m
G = 2.4 m (全開)

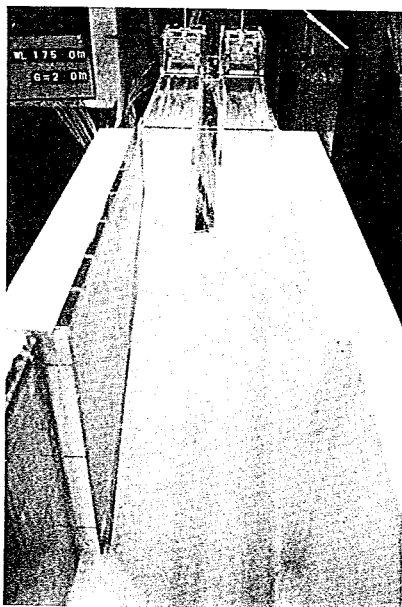
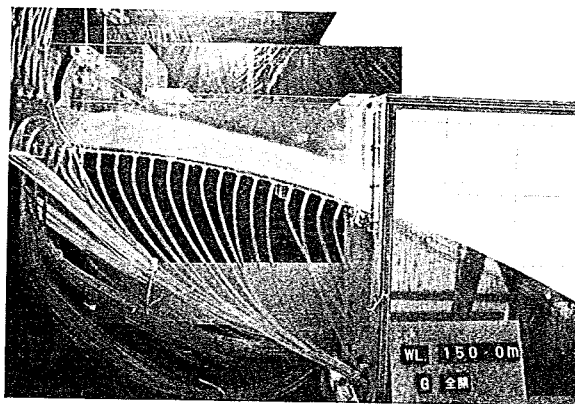


W.L. 162.0 m
G = 2.4 m (全開)

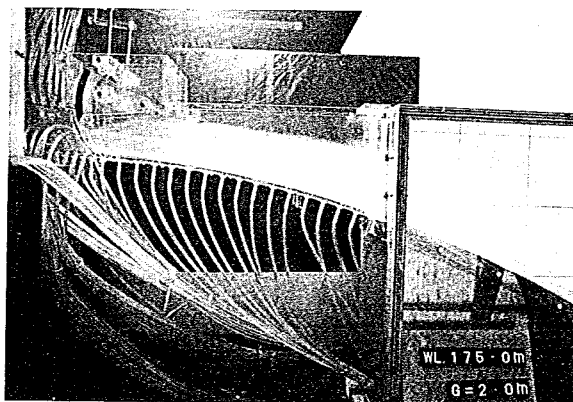


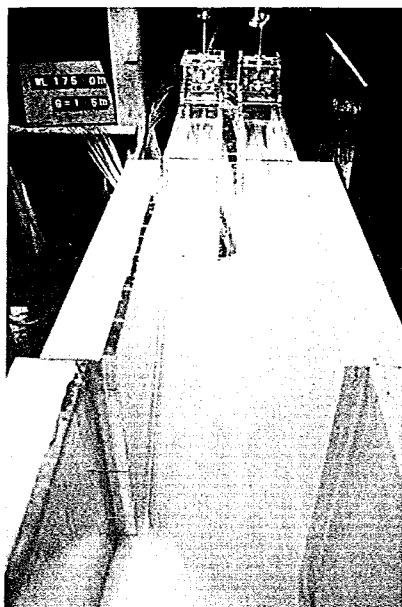


W.L. 150.0 m
G = 2.4 m (全開)



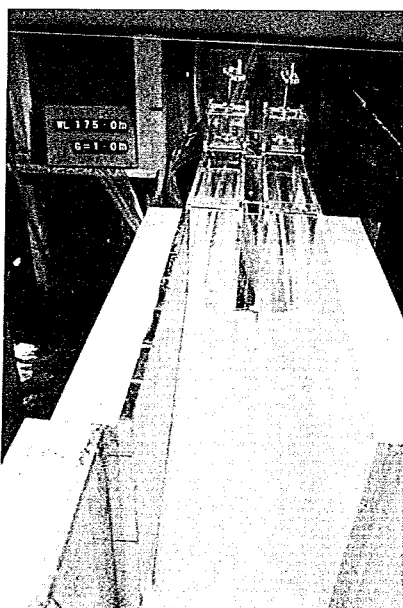
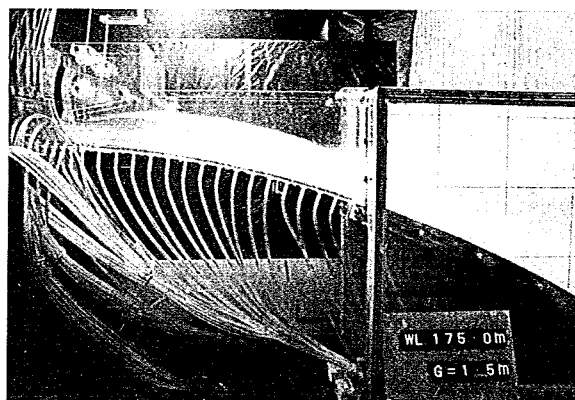
W.L. 175.0 m
G = 2.0 m





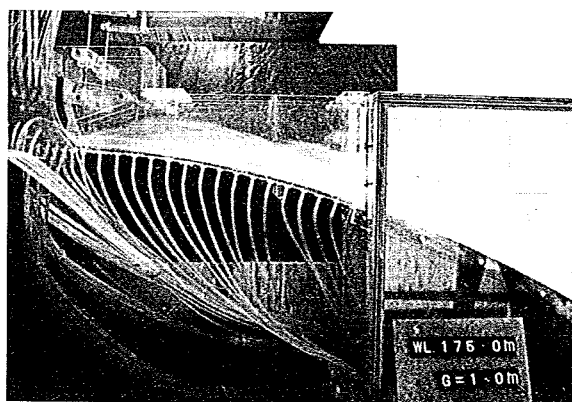
W.L. 175.0 m

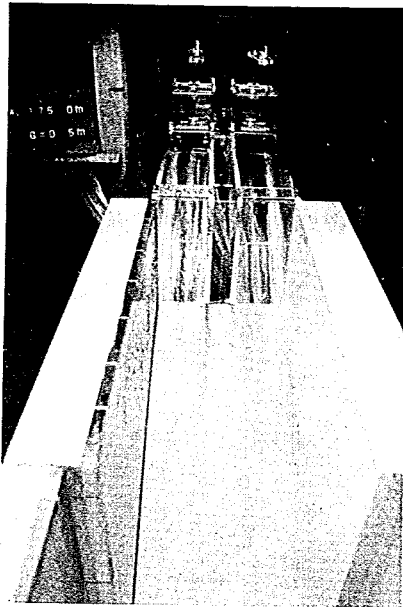
G = 1.5 m



W.L. 175.0 m

G = 1.0 m





W.L. 175.0 m
G = 0.5 m

