



土 木 研 究 所 資 料

第 464 号

松原ダム余水吐水理模型実験報告書

昭和44年 3 月

建設省土木研究所

目 次

ま え が き	1
ダ ム 概 要	2
I 余水吐設計々算	5
1 設 計 条 件	5
2 放水管の設計	5
2-1 放水管呑口標高の決定	5
2-2 放水管吐口断面積の決定	5
2-3 放水管開水路部形状の設計	7
2-4 放水管管路部形状の設計	8
3 堤頂越流部の設計	10
3-1 設計水頭の決定	10
3-2 越流量の推定	11
4 減勢工の設計	11
4-1 設 計 条 件	11
4-2 シル高の決定	12
II 模 型 実 験	13
1 模 型	13
2 放水管の実験	13
2-1 実 験 目 的	13
2-2 貯水位一放流量の測定	13
2-3 放水管々内圧力の測定	16
2-4 主ゲートおよび予備ゲート同時操作時の管内圧力および放流量	18
3 堤頂越流部の実験	29
3-1 実 験 目 的	29
3-2 越流面の圧力測定	29
3-3 貯水位一放流量の測定	29
3-4 越流水面形の測定	30
3-5 放水管開孔上部の越流面ディフレクターの検討	30

4	減勢工の実験	32
4-1	一次実験	32
4-2	二次実験	37
5	結 論	43

目 次

図 - 1	ダム平面図および下流断面図	3
図 - 2	越流部および非越流部標準断面図	4
図 - 3	流 量 配 分 図	6
図 - 4	洪 水 調 節 図	6
図 - 5	開水路底面形状計算図	7
図 - 6	放水管縦断面記号図	9
図 - 7	放 水 管 詳 細 図	10
図 - 8	堤頂越流部記号図および堤頂越流部標準断面図	10
図 - 9	放水管貯水位—放流量関係図	14
図 - 10	放水管管内圧力測定位置図	15
図 - 11	放水管上部隅角部に発生する最大負圧と貯水位との関係図	16
図 - 12	放水管管内圧力分布図	17
図 - 13	主ゲート, 予備ゲート同時操作時流量関係図	19
図 - 14	“ “ 放流支配領域図	19
図 - 15	“ “ 管内圧力分布図	20
図 - 16	“ “ 管内負圧領域図	26
図 - 17	越流部貯水位—放流量関係図 (全体模型)	29
図 - 18	クレストゲート開度説明図	30
図 - 19	越流面導流壁沿い水面形図	30
図 - 20	越流面ディフレクターの水面形図	31
図 - 21	シル型状図	33
図 - 22	水叩き内水面形図 (一次実験)	33
図 - 23	水叩き内水面形比較図 (二次実験)	38
図 - 24	シ ル 詳 細 図	38
図 - 25	シ ル 圧 力 分 布 図	39
附図 - 1	放水管下流開水路部圧力分布図およびバケット部圧力分布図	45
附図 - 2	堤頂越流部貯水位—放流量関係図	46
附図 - 3	堤頂越流面圧力分布図	48
附図 - 4	一次実験水面形図	49
附図 - 5	二次実験水面形図	52

表 目 次

表-1	ダムおよび貯水池の計算諸元	2
表-2	放水管吐口断面積計算表	7
表-3	放水管縦断形状座標値	9
表-4	原型および模型相似換算表	13
表-5	ゲート開度と上部隅角部の最低圧力との関係	18
表-6	越流部貯水位一放流量実験値	29
表-7	減勢工流況一覧表	34
附表-1	放水管貯水位一放流量関係表	55
附表-2	堤頂越流部貯水位一放流量関係表	56

ま え が き

松原ダムは、筑後川水系大山川、大分県日田郡大山、天瀬地先に計画されたコンクリート重力ダムで、筑後川治水基本計画にもとづいて上流地点に建設される下笠ダムと相俟って、洪水調節および発電を行なう多目的ダムである。

松原ダムの放流設備は、洪水調節専用の放水管3門と非常用余水吐としての越流部4門からなる設計である。このような余水吐の水理機能を調べ、最適設計を求めるために、余水吐の水理模型実験を行なった。

本報告は、九州地方建設局の依頼により実施した松原ダム余水吐の水理設計検討、および水理模型実験の結果をとりまとめたものである。

土木研究所 篠崎試験所 所長 川 村 幸 司
技官 梅 原 卓 也

ダ ム 概 要

ダムおよび貯水池の計画諸元は表-1に示すとおりである。

表-1 ダムおよび貯水池の計画諸元

河 川 名	筑後川 (大山川)
位 置	右岸：大分県日田郡天瀬町 左岸： " " 大山村
ダ ム	
型 式	重 力 式
堤 高	83.00m
堤 頂 長	185.00m
堤 体 積	(本体) 288,000m ³
門 扉	
クレストゲート	テンターゲート 高 11.10m×幅 (8.00m, 12.00m)×4門
コンジットゲート	テンターゲート 高 4.40m×幅 4.40m×3門
貯水池	
流 域 面 積	491Km ²
湛 水 面 積	1.9Km ²
総 貯 水 容 量	54,600,000m ³
有効貯水容量	47,100,000m ³
堆 砂 量	7,500,000m ³
計 画 放 流 量	1,100 m ³ /sec
計 画 高 水 量	2,770 m ³ /sec
設 計 洪 水 量	3,800 m ³ /sec
異 常 洪 水 量	4,560 m ³ /sec
設 計 水 位	EL 273.00m
クレスト面標高	EL 261.90m
台風期制限水位	(7月21日～9月30日) EL 269.00m
梅雨期制限水位	(6月11日～7月20日) EL 238.00m
堆 砂 位	EL 236.00m
コンジット中心高	EL 224.00m

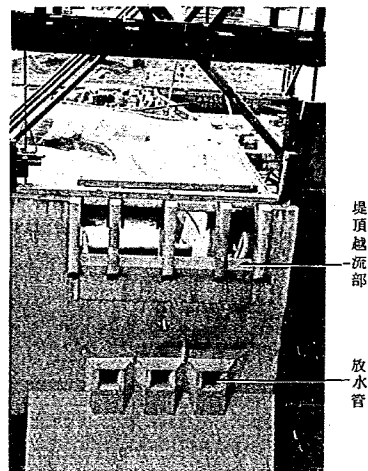


写真-1 堤体上流面

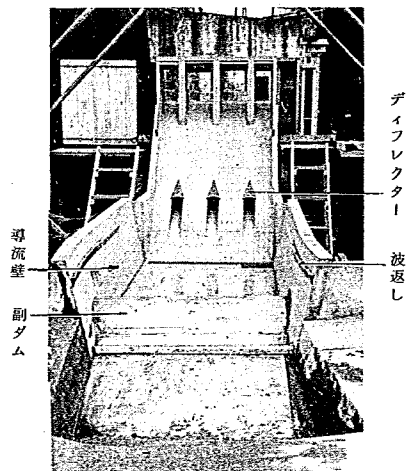
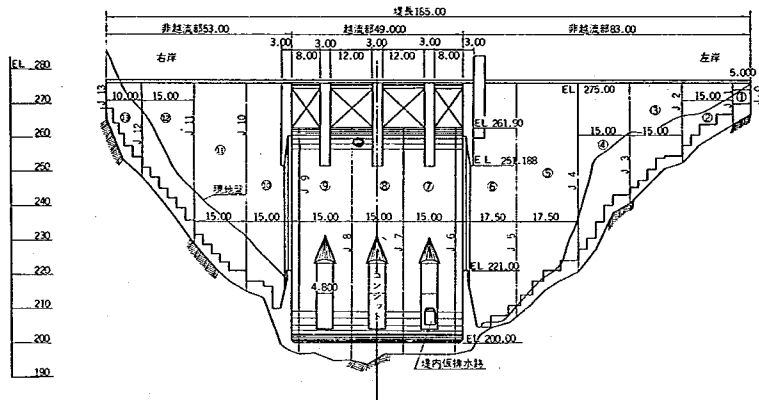


写真-2 全 景

図 - 1 ダム下流断面図



ダム平面図

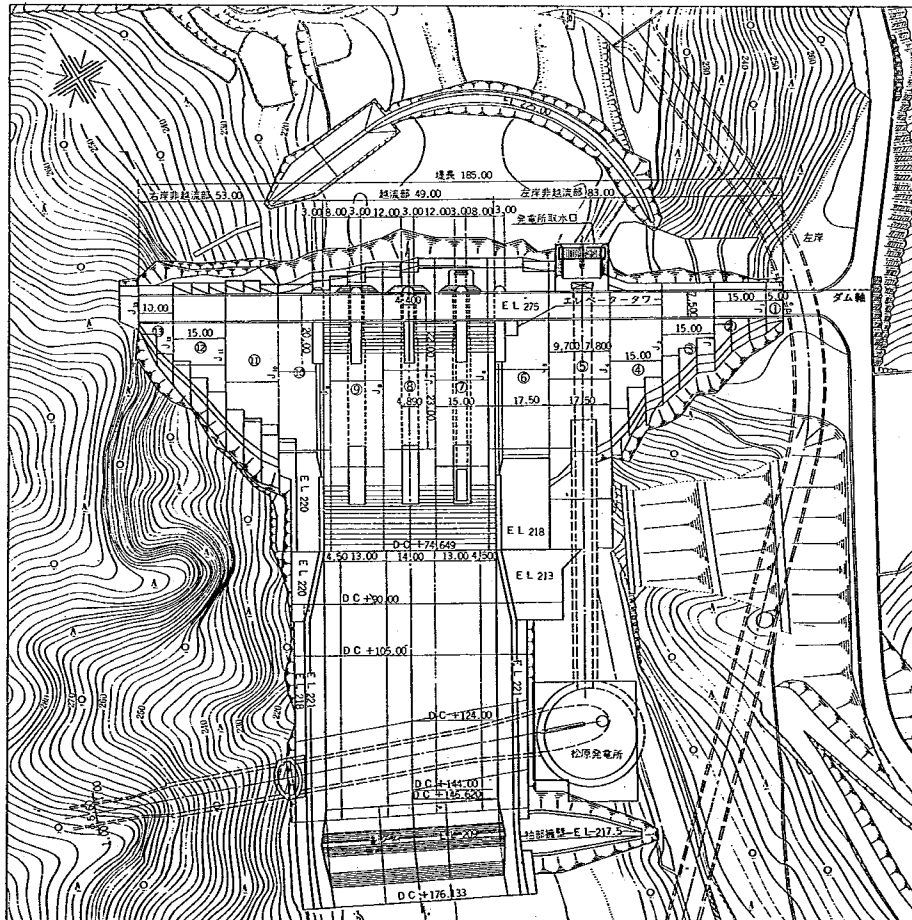
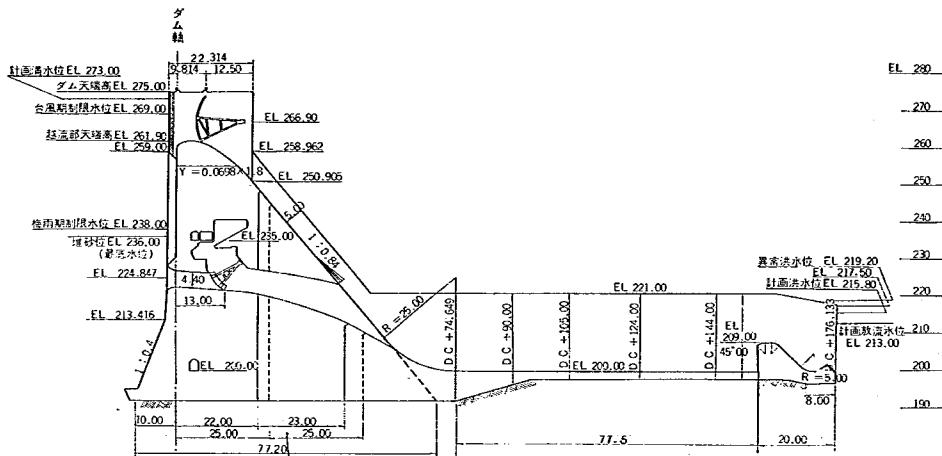
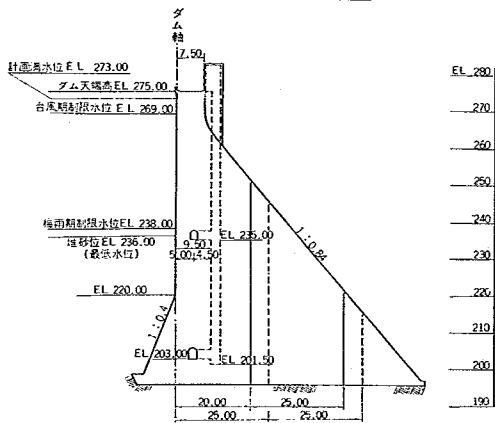


图-2 越流部標準断面图



非越流部標準断面図



I 余水吐設計計算

1. 設計条件

- (1) 図-4に示す洪水調節の計画波形における貯水位と流出量との関係を、放水管3門によって満足すること。
- (2) 満水位EL273.0mのとき、放水管3門および堤頂越流部4門で、異常洪水流量4,560 m³/sを放流できること。

2. 放水管の設計

2-1 放水管呑口標高の決定

放水管の流況は、貯水池水位と管高との関係によって次のようになる。

$$H_e/D_o < 1.3 \quad \dots\dots \text{開水路流}$$

$$1.3 < H_e/D_o < 1.8 \quad \dots\dots \text{遷移流}$$

$$1.8 < H_e/D_o \quad \dots\dots \text{管路流}$$

H_e ; 貯水位と管呑口敷高との標高差

D_o ; ベルマウス終端断面の管高

遷移流では流況が不安定になり、ボアーが生ずるおそれもあるので、制限水位EL238mにおいても管路流になるように設計しなければならない。

そこで $D_o = 4.4m$ と仮定すれば、 $H_e > 1.8 \times 4.4 = 7.9m$ となり、呑口敷高標高は $EL238m - 7.9m = 230.1m$ 以下であれば良い。その他、堆砂の影響なども考慮して放水管呑口敷高をEL221.5mとする。

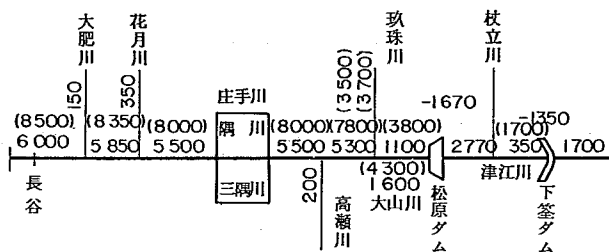
2-2 放水管吐口断面積の決定

洪水調節の計画波形(図-4)において各時間における貯水位と流出量との関係を満足する管断面積Aを

$$A = \frac{Q}{C\sqrt{2gH}} \quad \begin{array}{l} A; \text{管吐口断面積} \quad Q; \text{流出量} \\ C; \text{流出係数}(=0.9) \quad H; \text{放水管吐口中心標高と貯水面との標高差} \end{array}$$

で計算し、最も大きな断面積を放水管断面積とする。この結果を表-2に示す。

図-3 流量配分図



- 注1. 単位 m^3/s
 2. () はダムによって調節しないときの流量
 3. 支川は本川ピークに対する合流量を示す。
 4. [] は玖珠川改修後の流量

図-4 梅雨期洪水調節図

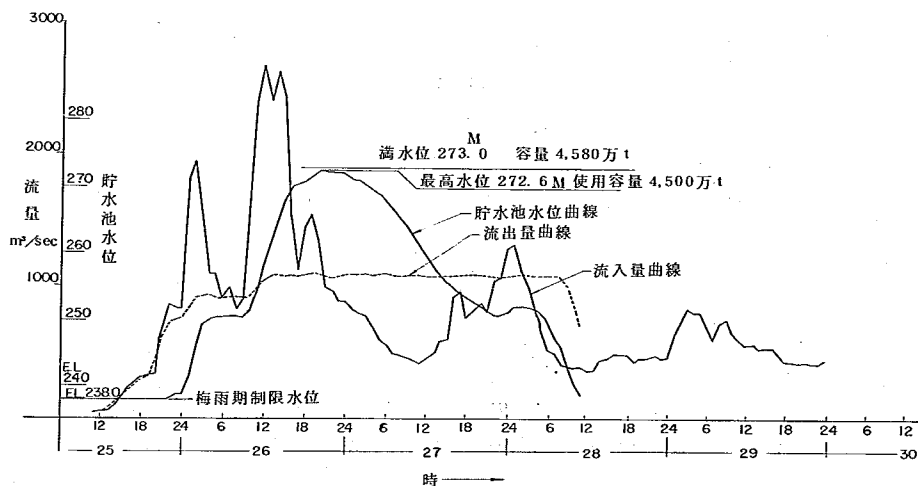


表 - 2 放水管吐口断面計算表

流出量 (m³/s)	貯水位 (EL)	設計水頭 (H)	断面積 (A)	流出量 (m³/s)	貯水位 (EL)	設計水頭 (H)	断面積 (A)
627	238.0	14.0	42.05	953	245.6	21.6	51.48
733	238.2	14.2	48.87	861	248.4	24.4	43.77
728	238.8	14.8	47.55	780	249.7	25.7	38.63
728	239.4	15.4	46.62	774	250.1	26.1	38.03
924	241.7	17.7	55.16	744	250.2	26.2	36.45

この結果、最大断面積は貯水位 EL 241.7m のときの 55.16m² であり、1 門当り 18,38m² となる。そこで放水管出口寸法を、高さ (a₀) = 4.4m, 幅 (b₀) = 4.4m とし、隅取り面積を 4% とするから

$$\text{隅取り半径} \quad r = \sqrt{\frac{a_0 \times b_0 - (A_0/3)}{4 - \pi}} \div 0.95m$$

$$\text{出口純断面積} \quad A_0 = [4.4^2 - 0.95^2(4 - \pi)] \times 3 \text{ 門分} = 55.75m^2 > 55.16m^2$$

2-3 放水管開水路部形状の設計

(1) 開水路底面形状

放水管開水路部底面の形状は、最大流量に対して管路部より放出される水の自由落下軌道を用いる。

放水管を水平にした場合は、放流水を堤体下流面に沿わせることはできない。

堤体下流面から張り出し部を設けて、堤体下流面のバケットカーブに沿わせると、水叩きが長くなり不経済である。そこで放水管を傾斜させ、開水路底面曲線を堤体下流面のバケットカーブに沿わせることとする。

自由落下軌道は次式で与えられる。

$$y = \frac{-gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta} - \tan \theta x \quad \dots \dots \dots (1)$$

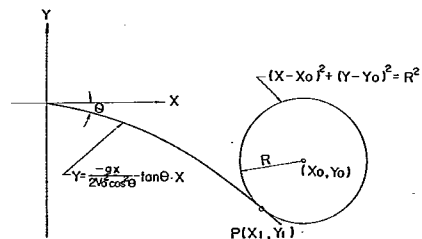
v₀: 管水路出口における平均流速 図 - 5 開水路底面形状計算図

θ: 管水路出口底面が水平軸となす角

底面形状はダム軸から 13.0m 下流で標高 EL 221.5m (ゲート下端) をとおり、堤体下流面のバケットカーブに点 P で接する自由落下軌道とする。

逐次法により x₁, y₁ を求める。

$$x_1 = 47.98m \quad y_1 = -17.43m$$



傾斜角 θ は (1) 式に上値を代入して

$$\theta = 4^{\circ} 14' 36''$$

となり、開水路底面形状は次式となる。

$$y = -0.006x^2 - 0.074x \dots\dots\dots (2)$$

(2) 開水路上面形状

開水路上面形状は、ダム設計基準によると“開水路始端断面の高さは、管路の高さの 1.5～2 倍、開路上壁面の縦断形状を円弧とするときはその曲率半径を底面半径の 1.5～2 倍として下流に向って断面を拡げる必要がある”としている。

本設計において上面形状はゲート下端を原点とした座標系で $x=0$, $y=6.525m$ (放水管吐口高の約 1.5 倍) の点をとおり、 y 軸と $4^{\circ} 14' 36''$ の角度を持つ法線上に中心を持つ円弧とし、半径 R' は下面半径 R の 1.5 倍とする。

下面形状は開水路部下面曲線とバケットカーブとの接点 P でバケットカーブに接し、原点 (ゲートの下端) をとおる円とすると、半径 R は次のようになる。

$$R = 112.16m$$

$$\text{上面半径 } R' = R \times 1.5 = 168.23m$$

$$\text{中心座標 } a' = -R' \sin 4^{\circ} 14' 36'' + 0.482 = -11.96$$

$$b' = -R' \cos 4^{\circ} 14' 36'' + 6.507 = -161.26$$

したがって、上面円曲線は次式となる。

$$(x + 11.96)^2 + (y + 161.26)^2 = 168.23^2 \dots\dots\dots (3)$$

2-4 放水管管路部形状の設計

(1) 設計条件

a) 設計水位

最高水位 EL 273.0m (満水位)

最低水位 EL 238.0m (梅雨期制限水位)

b) 出口中心標高 EL 224.0m

c) 放水管傾斜角 $\theta = 4^{\circ} 14' 36''$

d) 出口寸法 幅 4.4m × 高さ 4.4m

e) 主ゲートの位置

ゲート下端はダム軸より 13m 下流、標高 EL 221.50m とする。

ゲート半径 $r = 8m$

f) 放水管は入口のベルマウス部とそれに接続する直管部とから形成する。

g) 角形横断面の隅角部には円弧隅取りを設ける。隅取り面積は、ベルマウス入口で角形断面面積の 0.5%、ベルマウス終端で同じく 4% とし、その間は隅取り半径を直線的に変える。

直管部では同じく4%とする。

h) 非常用ゲートの操作抵抗を減ずるため、呑口面と堤体上流面との間にリセスを設ける。

i) 上, 下側面ベルマウスが入口より等しい長さで終るように設計する。

j) 下面ベルマウス曲線 $\frac{X^2}{D^2} + \frac{Y^2}{(D/4)^2} = 1$ (4)

ここにDは管出口高を表わす。

(2) 放水管縦断面図を図-6のように表わし、座標の原点をゲート下端として各点の座標値を計算すると表-3のようになる。

図-6 放水管縦断面参考図

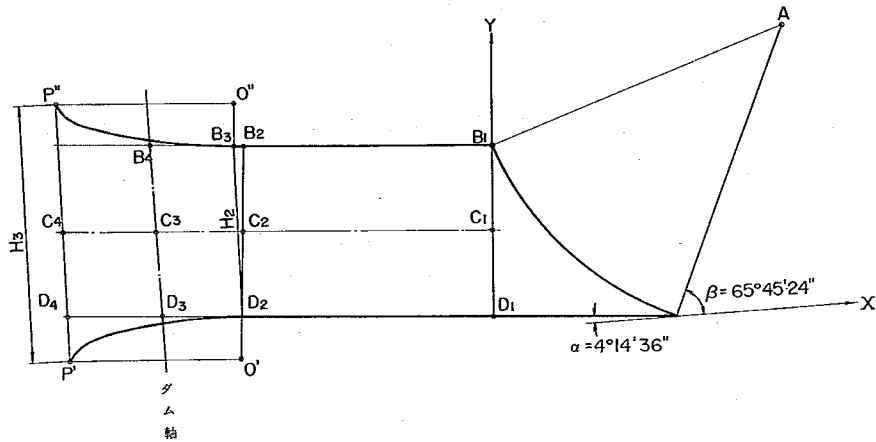


表-3 放水管縦断形状座標値

	x	y		x	y
A	3.28	7.29	D3	-13.00	-0.96
B1	-4.29	4.73	D4	-15.42	1.14
B3	-10.88	5.22	P'	-15.45	0.03
C1	-4.45	2.53	P''	-15.31	6.63
C3	-13.00	3.17	O'	-11.06	-0.28
D1	-4.61	0.34	O''	-10.80	6.31
D2	-10.98	0.81			

注) 座標原点はゲート下端とする。

放水管呑口ベルマウス
曲線は、それぞれ次のよ
うに求まる。

$$\text{下面 } \frac{X^2}{4.4^2} + \frac{Y^2}{1.1^2} = 1$$

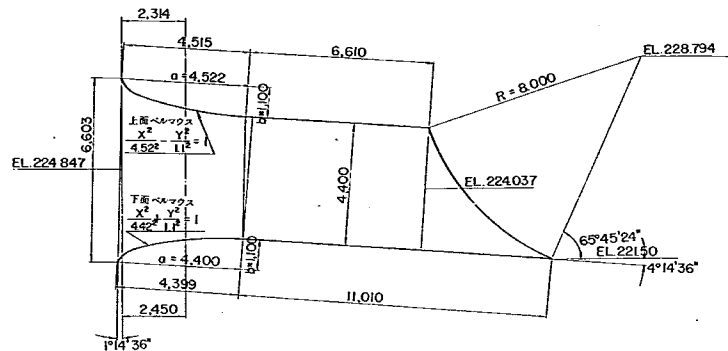
..... 原点 O'

$$\text{上面 } \frac{X'^2}{4.52^2} + \frac{Y'^2}{1.1^2} = 1$$

..... 原点 O''

$$\text{側面 } \frac{X''^2}{4.44^2} + \frac{Y''^2}{1.1^2} = 1$$

図-7 放水管縦断面図



3. 堤頂越流部の設計

堤頂越流部の設計必要放流量は、異常洪水流量 (4,560 m³/s) から放水管最大放流量を差し引いたものである。

放水管最大放流量

$$Q_c = A \cdot C \sqrt{2gH} = 1,555 \text{ m}^3/\text{s} \quad A = 55.75 \text{ m}^2 \quad C = 0.9 \quad H = 273.0 - 224 = 49 \text{ m}$$

$$Q = 4,560 - 1,555 = 3,005 \text{ m}^3/\text{s}$$

堤頂越流部の幅は両サイド2門を8mとし、中央2門を12mとする。橋脚の幅は3mとする。

堤頂越流面形状は次式で表わされる標準ランドルフ曲線を用いる。

上流側円弧曲線

$$X_1 = 0.18 \text{ Hd}$$

$$X_2 = 0.1068 \text{ Hd}$$

$$W = 0.2868 \text{ Hd}$$

$$E = 0.13254 \text{ Hd}$$

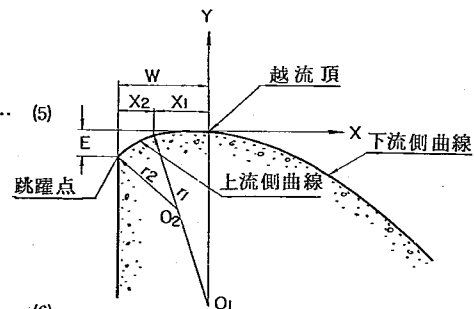
$$r_1 = 0.5 \text{ Hd}$$

$$r_2 = 0.2 \text{ Hd}$$

下流側曲線

$$y = \frac{0.53}{\text{Hd}^{0.8}} x^{1.8} \quad \text{..... (6)}$$

図-8 a



越流頂より基本、三角形の頂点までの高さ $\eta = 1.310$ であるから、下流側曲線が堤体下流面 (勾配 $m = 0.84$) に接するような設計水頭 Hd は(5)(6)式より求まる。

4-2 シル高の決定

跳水必要シル高を計算する。

射流水深 $h_1 = 0.91\text{ m}$, 射流流速 $V_1 = 34.04\text{ m}$, フルード数 $F_1 = 11.38$ となる。

したがって, 跳水共役下流水深 h_2 と h_1 との比 C_1 は

$$C_1 = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1) = 15.6$$

水叩き始端からシル始端までの距離を X_0 で表わし, 跳水長を ℓ_1 で表わすと, $X_0 = \ell_1$ ならば, シル上流面に水深 h_1 の静水圧分布を仮定し, シル上で限界水深 h_c を生じると考えてよい。

その場合のシル高 d_0 は次式で計算される。

$$d_0 = h_1 \{ C_1 - [C_1^2 + C_p^2 - (2F_1^2 + 1) + (2F_1^2/C_p)]^{1/2} \} \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{ここで } C_p = h_c/h_1 = 5.33$$

$$h_c = \sqrt[3]{q^2/g} = 4.87\text{ m}$$

$$\therefore d_0 = 7.15$$

$$\text{また } \ell_1 = 5 h_1 = 71.26\text{ m}$$

以上の結果, 多少の余裕をみてシル高 8 m , 水叩き長 73 m とし, 最終的には実験により決定する。

II 模 型 実 験

1. 模 型

全体模型は縮尺 1/40 とし、ダム軸より下流 550 m までの河道を再現した。放水管抽出模型は縮尺 1/25 の真鍮製とし、管内の上面、上部隅角面、側面、下部隅角面、下面の 5 測線に圧力測定用ピエゾメーターを設置した。

堤頂越流部抽出模型は縮尺 1/20 の木製とした（越流径間幅が、サイド部 12 m、センター部 8 m であるため、それぞれ製作した）。原型と模型との相似については、「フルードの相似法則」によるものとした。したがって、原型と模型との換算縮率は次表のとおりである。

表 - 4 原型および模型相似換算表

諸 元	次 元	縮 率	全体模型	抽 出 模 型	
				放 水 管	堤頂越流部
長さ、水深	L	n	1:40	1:25	1:20
水 圧	L	n	1:40	1:25	1:20
時 間	T	$n^{1/2}$	1:6.3246	1:5.00	1:4.4721
流 速	$L T^{-1}$	$n^{1/2}$	1:6.3246	1:5.00	1:4.4721
流 量	$L^3 T^{-1}$	$n^{5/2}$	1:10119.4	1:3125.0	1:1788.8
流量係数		1	1:1	1:1	1:1

2. 放水管の実験

2-1 実験目的

放水管の内部形状および放流能力の検証を行なうために、1/25 の抽出模型によって次の実験を行なった。

- (1) 貯水位 — 放流量 の測定
- (2) 管内圧力の測定
 - (a) 主ゲート単独操作時の管内圧力の測定
 - (b) 主ゲートおよび予備ゲート同時操作時の管内圧力の測定

2-2 貯水位 — 放流量の測定

ゲート全開時および半開操作時における貯水位と放流量との関係の実験結果を図-9および付表-1に示す。この場合、ゲート開度はゲート下端から放水管底面に至る最短距離で表わされる。

実験の結果、貯水位 EL 241.7 m において放流量 945 m³/s、貯水位 EL 273 m（満水位）に

図-9 放水管貯水位～放流量関係図(抽出模型)(3門分に換算)

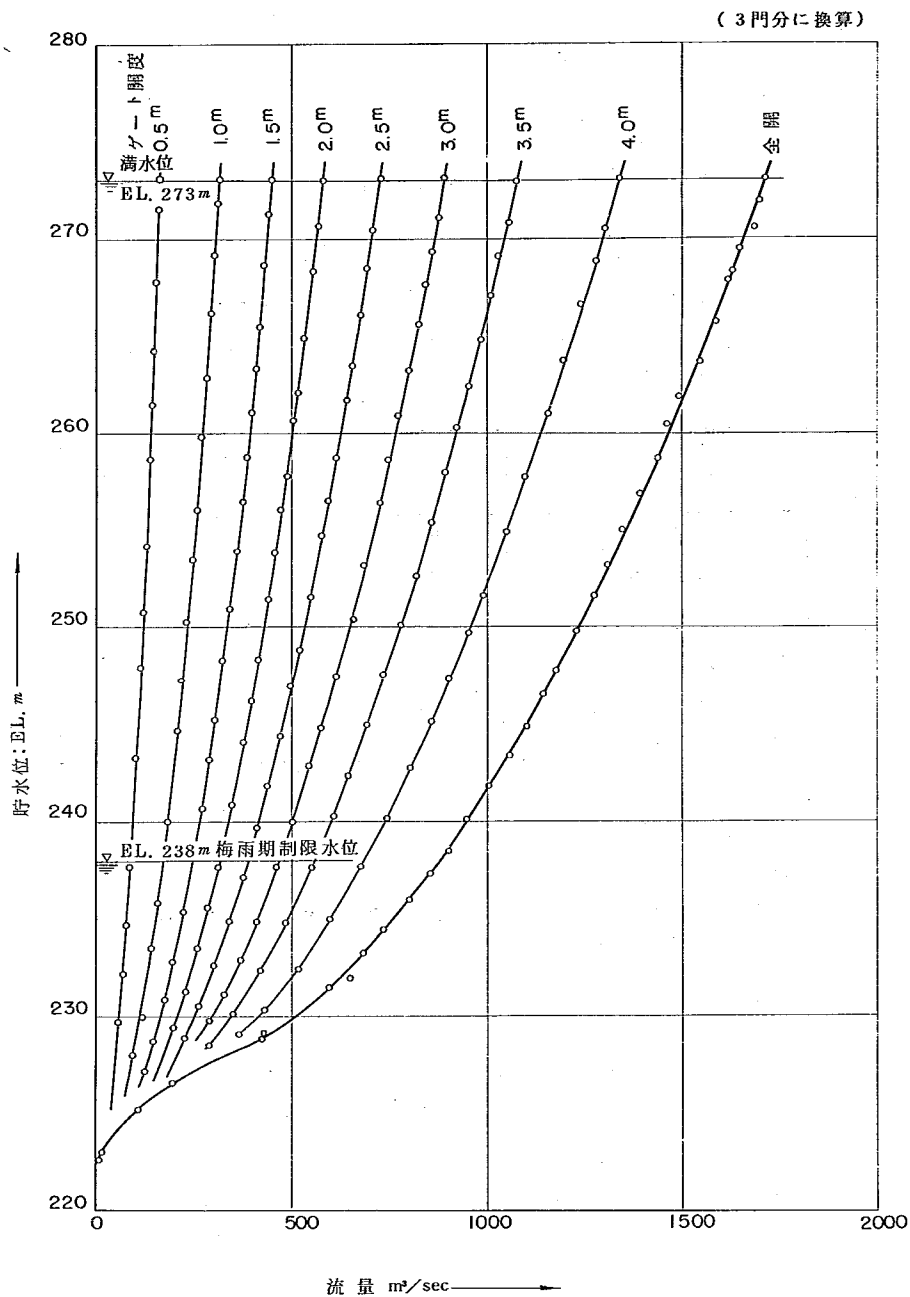
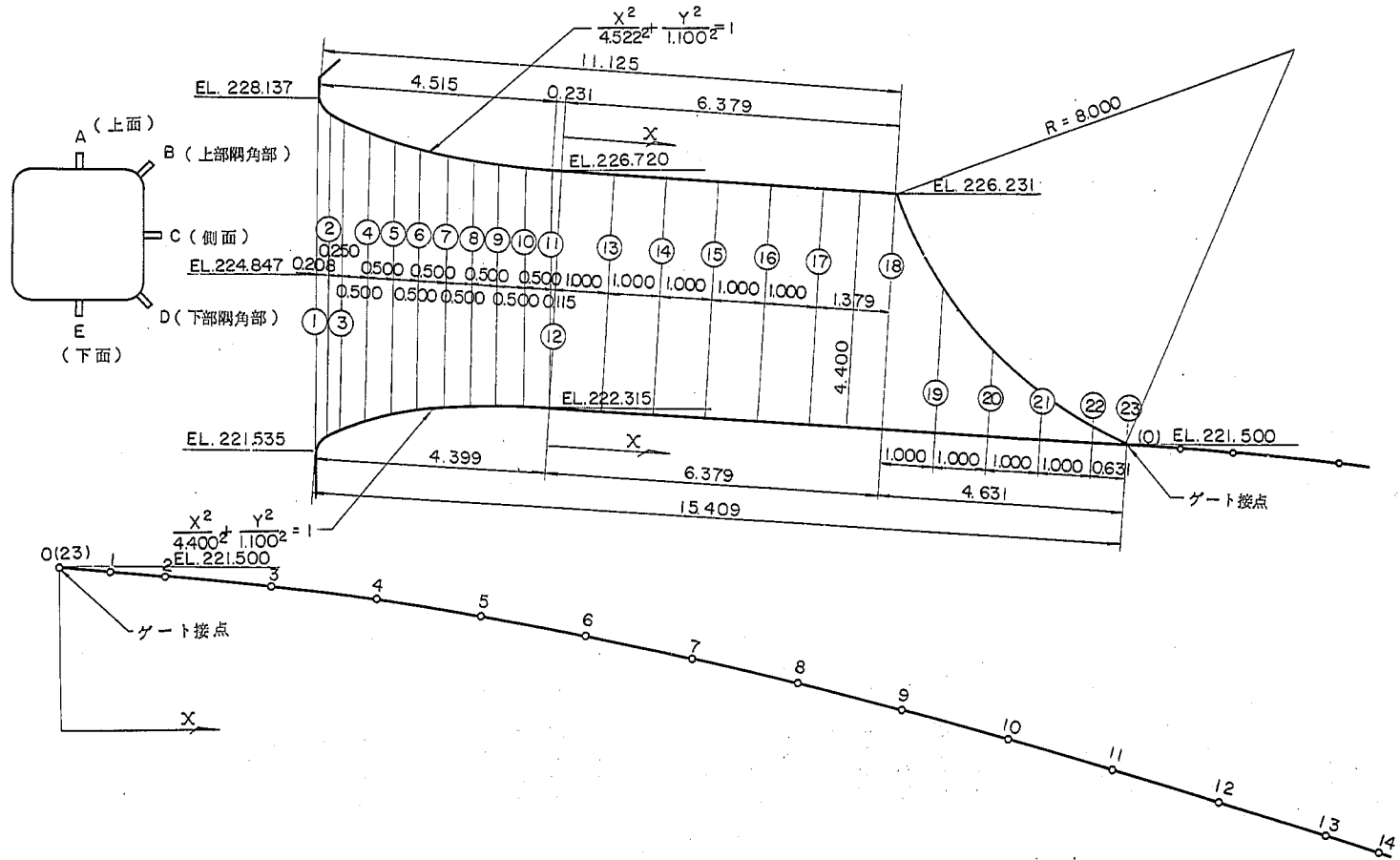


図 - 10 放水管内圧力測点位置図



おいては、 $1,710 \text{ m}^3/\text{s}$ 放流可能であり、いずれも設計条件を満足する。

2-3 放水管管内圧力の測定

管内形状の可否を検討するため、図-10に示すように上面、上部隅角部、側面、下部隅角部、下面の5測線において計112箇所の圧力を測定した。

圧力測定はゲートを全開した状態で、貯水位 $\text{EL} 238 \text{ m}$ （梅雨期制限水位）と $\text{EL} 273 \text{ m}$ （満水位）との2通りについて行なった。この結果を図-12に示す。これによると貯水位 $\text{EL} 273 \text{ m}$ のとき、ベルマウス終端附近の上部隅角部に許容値（ -3 m 水柱）を越す負圧が発生した。

そこで、貯水位 $\text{EL} 238 \text{ m}$ から $\text{EL} 273 \text{ m}$ までの間の管内圧力を貯水位 間隔 5 m 毎に測定したところ、図-11に示すように管内負圧は貯水位の上昇と共に直線的に増加し、貯水位が $\text{EL} 247 \text{ m}$ 以上になれば許容値を越す。

このように、ベルマウス終端の隅角部に大きな負圧が発生している現象は、角形孔からの流水脈の隅角部におけるベベリングの結果

果であって、ベルマウスに続く直管部分の断面積を下流に向かって絞ってないため直管内の平均圧力が殆んど0となり、ベベリングの影響による負圧が隅角部において顕著に現われたものと考えられる。したがってこの負圧をなくすためには、直管内平均圧力を上昇させればよいのであって、直管の下流断面を絞るかわりに、ゲートを僅かだけ閉めることによっても同様の効果をもたらすことが可能である。

ところが、この放水管は常用余水吐として洪水調節を行なう場合の操作条件が表-1、図-4のとおりであって、図-11に示す許容負圧発生範囲すなわち、貯水位 $\text{EL} 247 \text{ m}$ 以上でゲートを全開するという操作は洪水調節計画上は起らない。

このような負圧が発生する操作範囲は、異常洪水の場合に起るが、放流能力を実験した結果

図-11 放水管上部隅角部に発生する最大負圧と貯水位との関係図

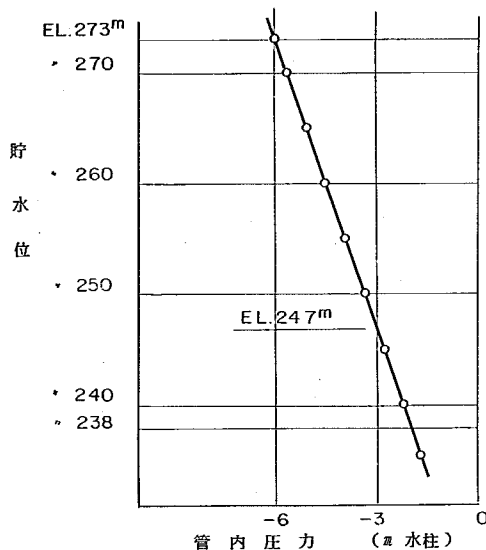
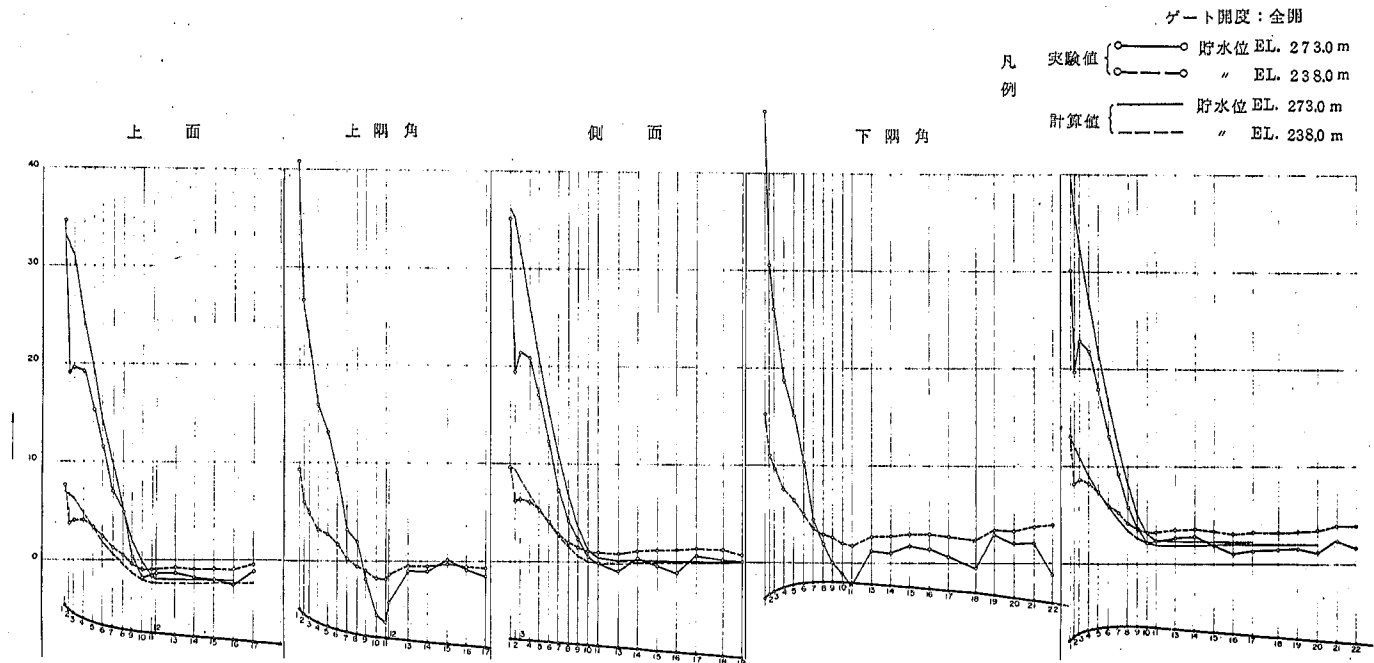


図 - 12 放水管内圧力分布図



異常洪水の放流能力には約3% (異常洪水時貯水位 EL 273m, 必要放流量 4560 m³/s に対し, 放水管放流量 1,710 m³/s + 堤頂越流部放流量 3,000 m³/s = 4,710 m³/s) の余裕がある。そこで, ゲートをわずかに閉めて放流することができ, ゲートをわずかに閉めた場合に, 管内圧力がどの程度上昇するかを調べた結果が表-5である。

これによれば, 主ゲート開度を 4.325 m ($G/G_0 = 98\%$) 以下にすれば, 許容負圧内におさまる。このときの放水管放流量は約 1,600 m³/s であり, 堤頂越流部放流量 3,000 m³/s と合わせ 4,600 m³/s 放流でき, 異常洪水時必要放流量 4,560 m³/s を満足している。

放水管下流開水路部圧力分布図およびバケット部圧力分布図を附図-1に示す。

2-4 主ゲートおよび予備ゲート同時操作時の管内圧力および放流量

放水管の主ゲートと予備ゲートとを同時に操作した場合, 放水管に発生する水理現象はまだ明らかにされていない。そこで予備ゲートを取り付け管内の圧力変動および放流量を測定した。

(1) 測定条件

- (a) 貯 水 位 EL 238m, EL 250m, EL 273m
- (b) 主ゲート開度 1.0m ($G/G_0 = 23\%$), 2.0m (46%), 3.0m (68%),
4.0m (91%)
- (c) 予備ゲート開度 6.6m ($g/g_0 = 100\%$), 5.6m (85%), 4.6m (70%),
3.6m (55%), 2.6m (39%), 1.6m (24%), 0.6m (9%)

実験の結果, 管内圧力および放流量の変動が著しい不安定な区間について, 次の追加実験を行なった。

この場合, 貯水位は EL 238m, EL 250m, EL 273m である。

主ゲート開度	予備ゲート開度
1.0m の場合	1.1m ($g/g_0 = 17\%$)
2.0m "	2.1m (" 32%)
3.0m "	2.1m (" 32%)
4.0m "	3.1m (" 47%)

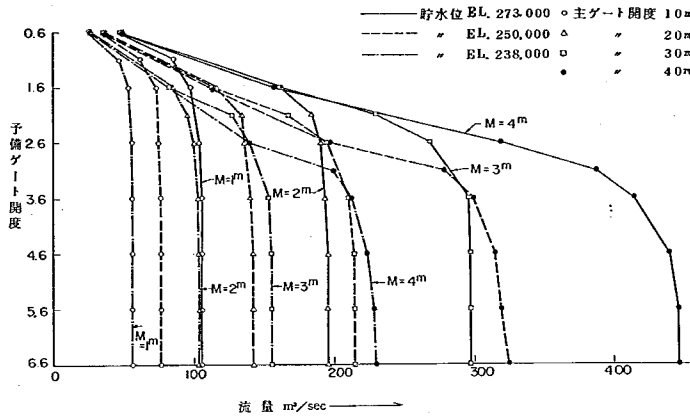
(2) 主, 予備ゲート開度を変化させた場合の流量測定

測定の結果を図-13に示す。

表-5 ゲート開度と上部隅角面の最低圧力との関係

ゲート開度		最低圧力 (貯水位 EL 273m)
4.4m	$G/G_0 = 100$	-6.3m 水柱
4.375	99.4	-5.2
4.35	98.9	-4.0
4.325	98.3	-2.9
4.3	97.7	-1.7
4.275	97.2	-0.5
4.25	96.6	0.7

図-13 主ゲート，予備ゲート同時操作時放流量関係図



この結果，主ゲート開度を固定し，予備ゲートを徐々に下げて行くと予備ゲートがある開度に達するまで放流量は主ゲートによって支配されているが，それ以下の開度になると放流量が不安定な区間を生じ，さらに小開度になると予備ゲートが放流量を支配する。この関係を図-14に示す。

(3) 主，予備ゲート同時操作時の管内圧力測定

主ゲート開度を固定し，予備ゲートを下げて行なった場合の管内圧力を測定した。測定

箇所は上面，側面，下面の3測線とした。測定結果を図-15に示す。この測定はピエゾメーターで行なったため，下流より空気が入った場合，または開水路になった場合は測定できない。予備ゲートの開度が小さくなった場合このような状態が多く表われる。

測定の結果から次のことが云える。

(a) 貯水位 EL 238 m の場合

- 1) 主ゲート開度 4 m では，予備ゲート開度 3.6 m 以下で許容負圧 -3 m 以上の負圧が発生する。

最大値は，上面呑口部の -5 m である。

図-14

主，予備ゲート同時操作時放流支配領域図

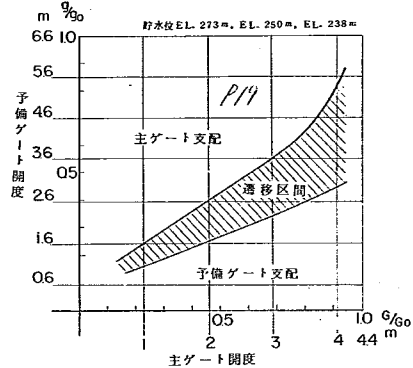
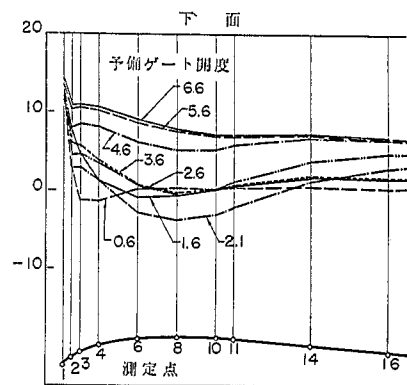
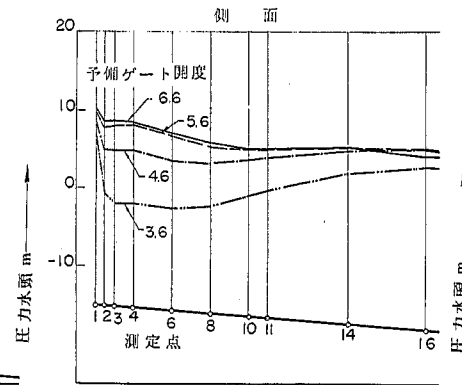
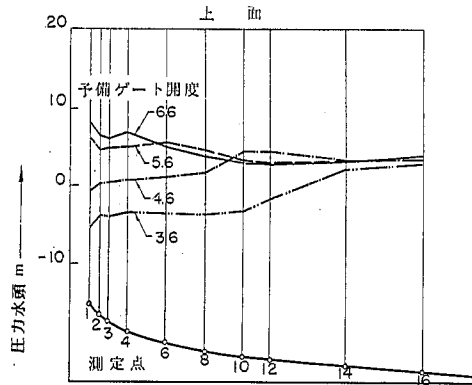
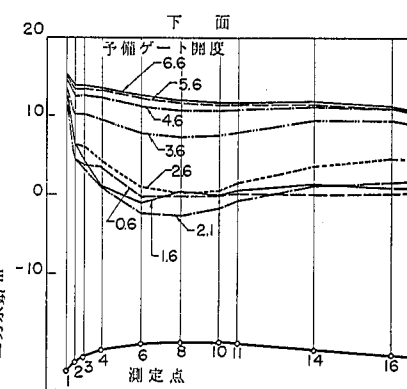
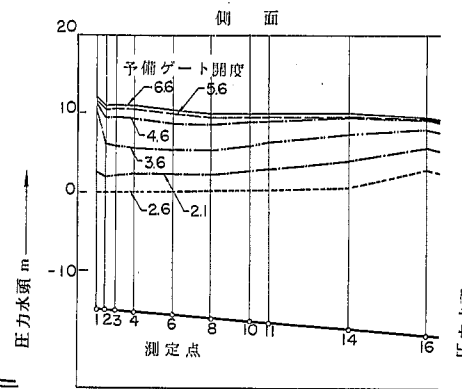
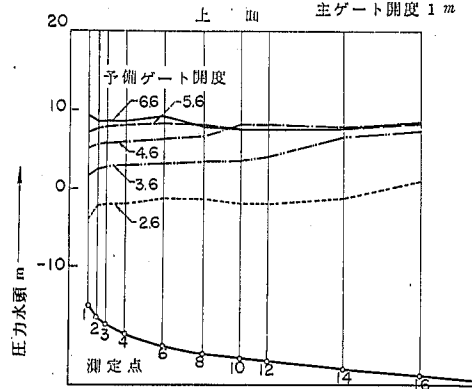


図-15a 主ゲート、予備ゲート同時操作時管内圧力分布図

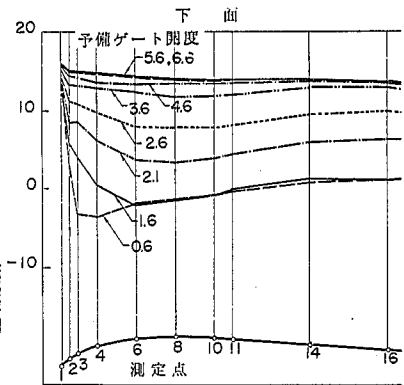
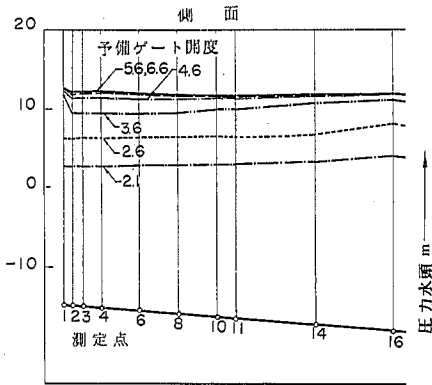
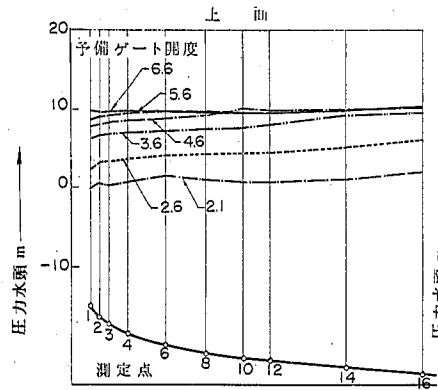
貯水位 EL. 238 m
主ゲート開度 2 m



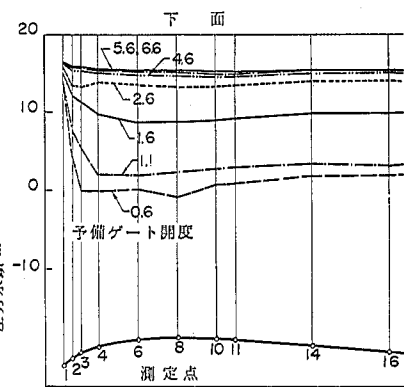
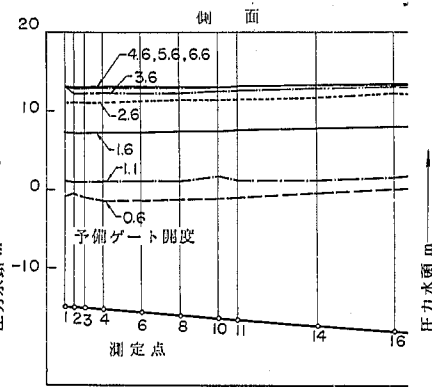
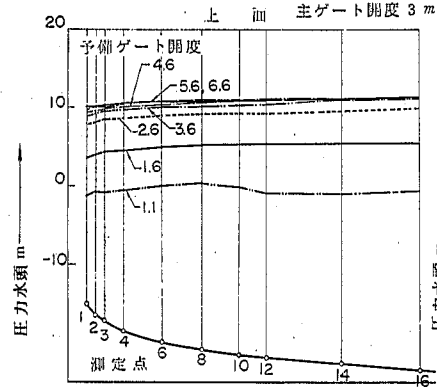
貯水位 EL. 238 m
主ゲート開度 1 m



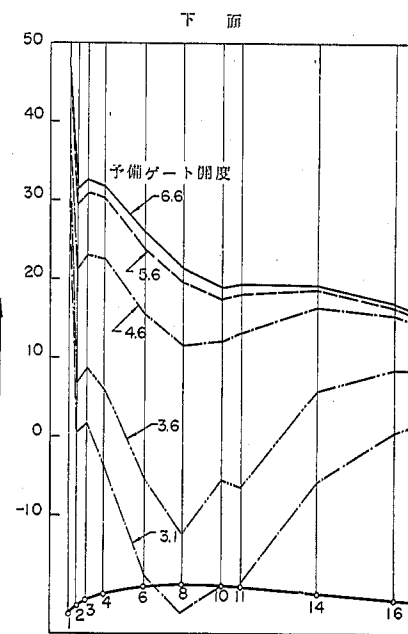
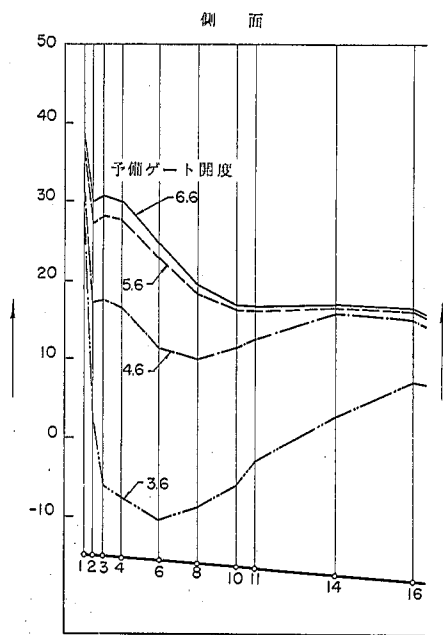
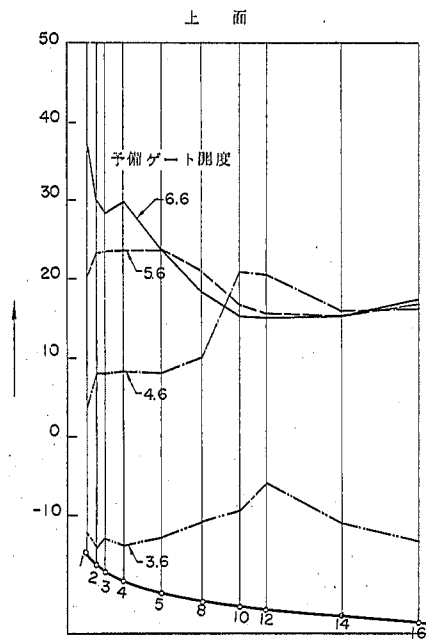
貯水位 EL. 238 m
主ゲート開度 4 m



貯水位 EL. 238 m
主ゲート開度 3 m

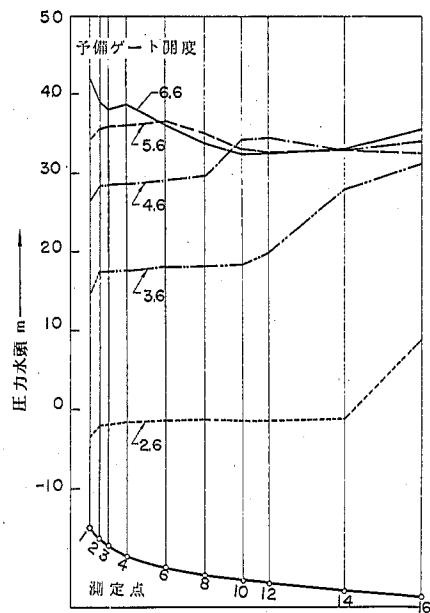


貯水位 EL. 273 m
主ゲート開度 4 m

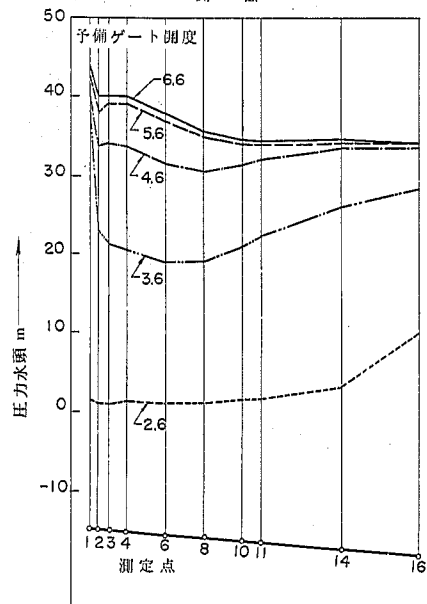


貯水位 EL. 273 m
主ゲート開度 3 m

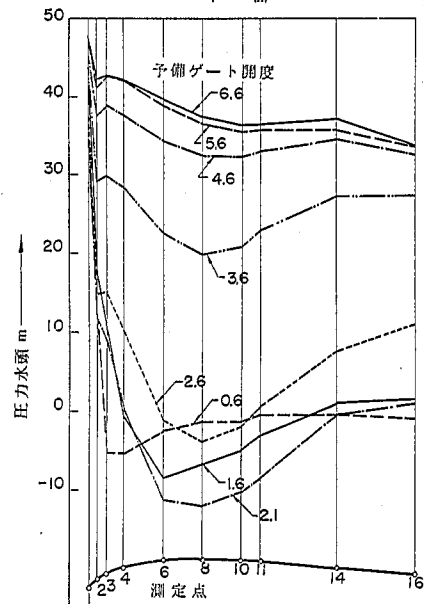
上 面



側 面

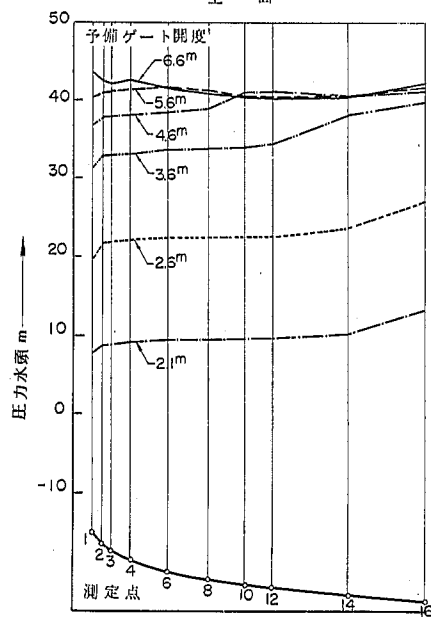


下 面

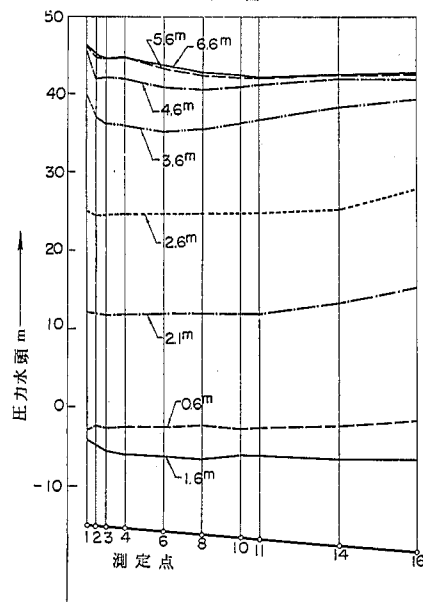


貯水位 BL. 273 m
主ゲート開度 2.0 m

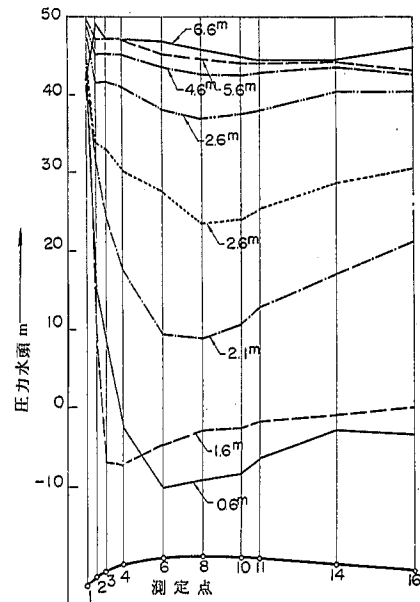
上 面



側 面



下 面



貯水位 EL. 273 m
主ゲート開度 1 m

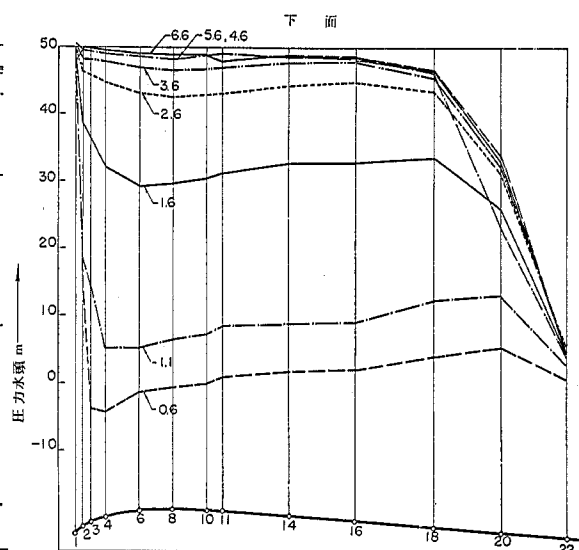
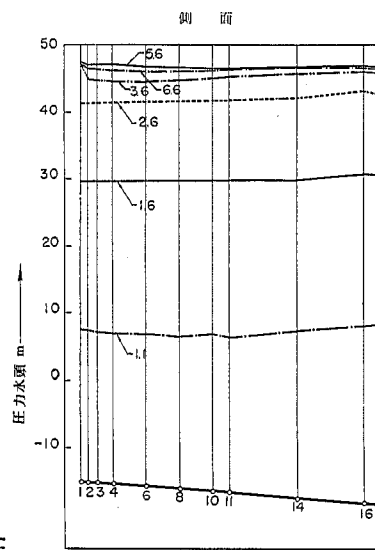
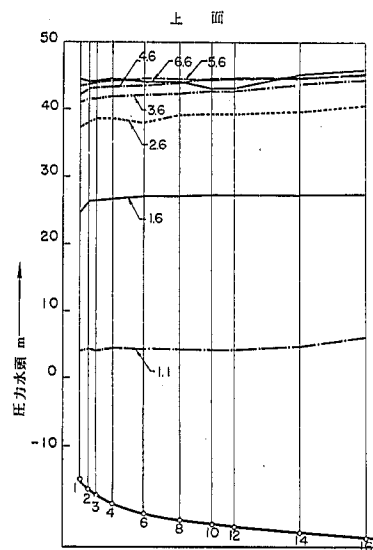
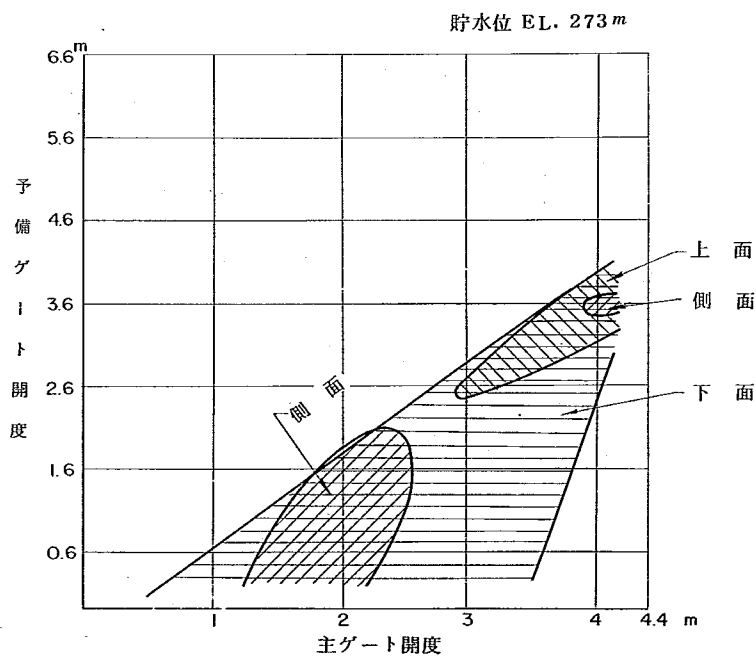
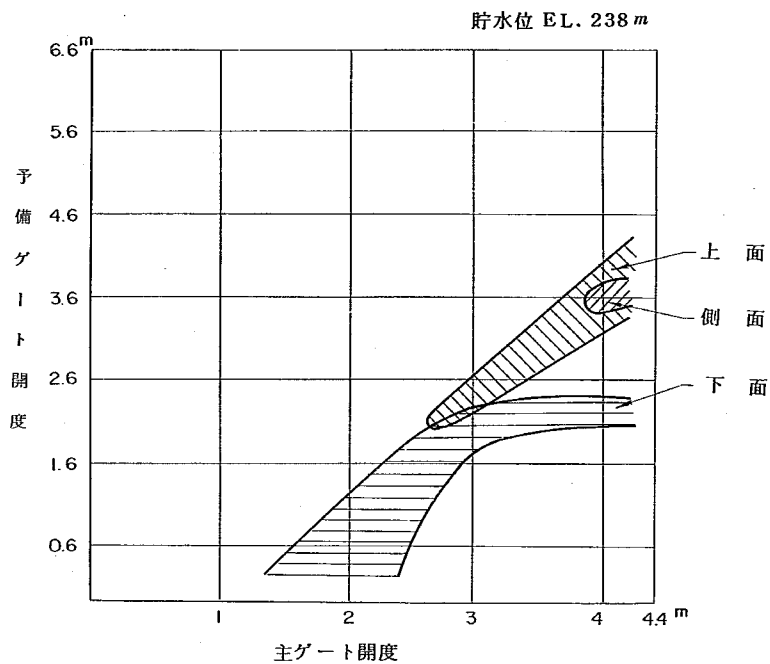


図-16 主, 予備ゲート同時操作時管内負圧領域図



ロ) 主ゲート開度 3 m では、予備ゲート開度 2.6 m のとき、上面呑口部に -4 m の負圧が発生する。

ハ) 主ゲート開度 2 m では、予備ゲート開度 0.6 m のときベルマウス下面 (測定点 $\text{㏽}4$) に -3.5 m の負圧が発生する。

ニ) 主ゲート開度 1 m では、予備ゲート開度を小さくしても最大負圧は -2 m である。

(b) 貯水位 $\text{EL } 273\text{ m}$ の場合

イ) 主ゲート開度 4 m では、予備ゲート開度 3.6 m 、 3.1 m で異常な負圧が発生する。

ロ) 主ゲート開度 3 m では、予備ゲート開度 2.6 m 以下で異常な負圧が発生する。

ハ) 主ゲート開度 2 m では、予備ゲート開度 1.6 m 以下で異常な負圧が発生する。

ニ) 主ゲート開度 1 m では、予備ゲート開度 0.6 m で、下面測定点 $\text{㏽}4$ に -4.4 m の負圧が発生する。

以上の測定結果から各測線ごとに最大負圧を取り出し、この負圧が -3 m より高い領域と -3 m より低い領域とに分け図-16に示す。この管内圧力が -3 m より低い領域においては管内に空洞現象が生じるおそれがあり、この領域の操作は危険である。

放水管抽出模型実験

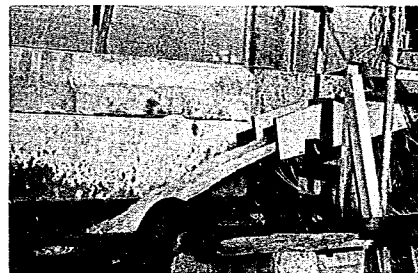


写真 - 3

貯 水 位	$\text{EL } 273\text{ m}$
主 ゲート開度	1.0 m
予備ゲート開度	5.6 m



写真 - 5

貯 水 位	EL 273m
主ゲート開度	1.0m
予備ゲート開度	2.6m

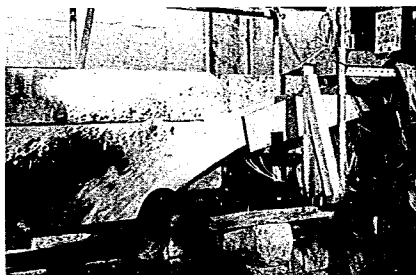


写真 - 6



写真 - 7

貯 水 位	EL 273m
主ゲート開度	1.0m
予備ゲート開度	0.6m

写真 - 8



写真 - 9



写真 - 10

貯 水 位	EL 273m
主ゲート開度	4.0m
予備ゲート開度	3.1m

3. 堤頂越流部の実験

3-1 実験目的

越流部の形状および放流能力の検証を行ない、さらに堤頂構造物の位置と越流面導流壁の高さを決める資料をえるために、次の実験を実施した。

- (1) 越流面の圧力測定
- (2) 貯水位一放流量の測定
- (3) 越流水面形の測定

3-2 越流面の圧力測定

越流面形状の適否をしらべるため、全体模型によって越流面中央および越流面橋脚沿いの圧力を測定し、結果を附図-3に示す。

これによると、各点ともほぼ正圧で危険な負圧は発生しない。

3-3 貯水位一放流量の測定

(1) 自由越流時の貯水位一放流量

全体模型による実験の結果は表-6および図-17に示すとおりである。

(2) ゲート半開放流時の貯水位一放流量

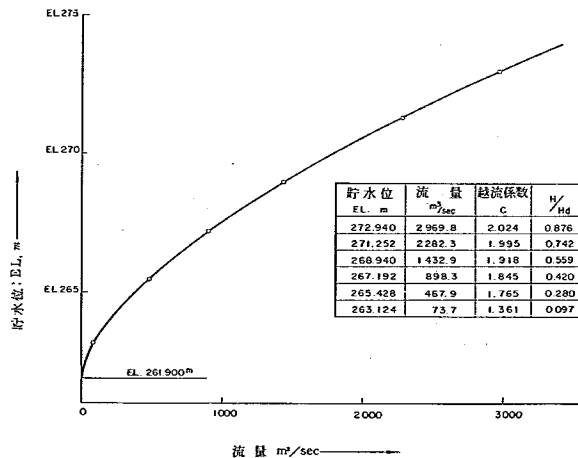
ゲート開度は図-18に示すようにゲート接点を0とし、鉛直方向に0.5m間隔(標高差)で測定した。

表-6 越流部貯水位一放流量
実験値

貯 水 位	放 流 量
EL 273m	3,000 m ³ /s
EL 270 "	1,790 "
EL 265 "	380 "

図-17 越流部貯水位～放流量関係図

全体模型



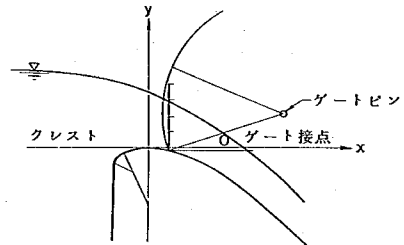
抽出模型による実験結果を附図-2および付表-2に示す。

3-4 越流水面形の測定

堤頂構造物の位置、ならびに越流面導流壁の高さをきめる資料として、異常洪水時における越流水脈の水面形を全体模型によって測定した。

この結果は図-19に示すとおりであって、異常洪水時においてゲートピンの位置と水面との距離は3.3mあり、水面上の余裕に対する設計基準を充分満足している。同じく、図-19に示すように、橋台の影響によって水面形が異常にもり上がる。このもり上がりを緩和するた、橋台終端に図-19に示すようなディフレクターを取り付けると、導流壁沿いの水面を低下させることが出来る。

図-18 クレストゲート開度説明図



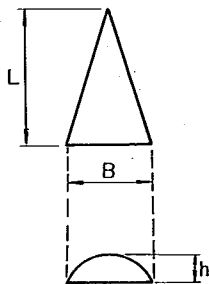
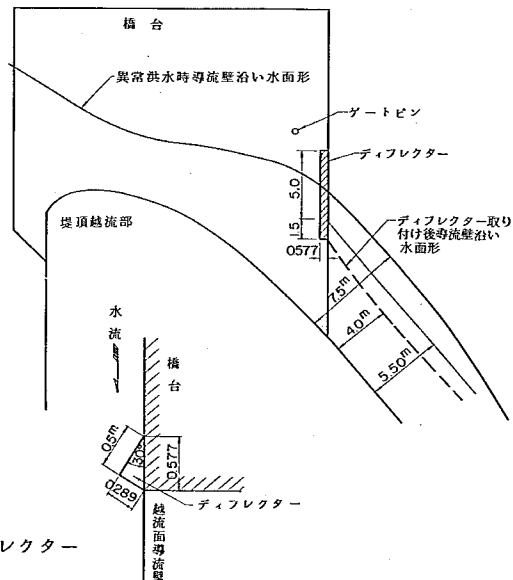
3-5 放水管開孔上部の越流面ディフレクターの検討

堤頂越流部からの放流水が越流面上に設けられた放水管吐口開水路（トラフ）内に落下し、トラフ面に衝撃をおよぼすと共に異常な局部的低圧を生じて空洞破壊を生じる危険がある。

したがって放水管吐口上部の越流面にディフレクターを設けて、越流水脈をはね上げ、トラフを飛びこれるようにする必要がある。

図-19 越流面導流壁沿い水面形

側面図



円錐形ディフレクター

$$L = 10 \text{ m}$$

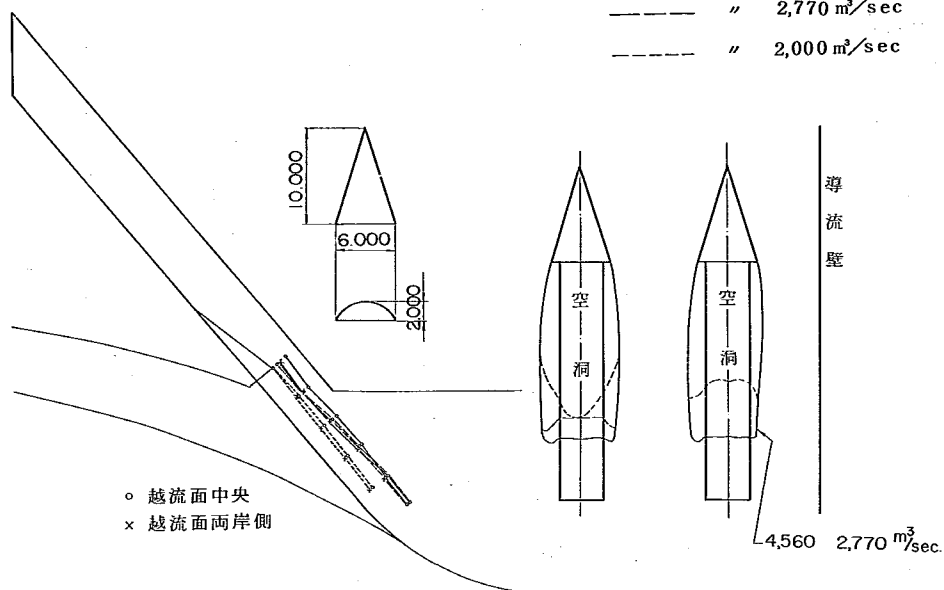
$$B = 6 \text{ m}$$

$$h = \begin{cases} 2.0 \text{ m} \\ 1.5 \text{ m} \end{cases}$$

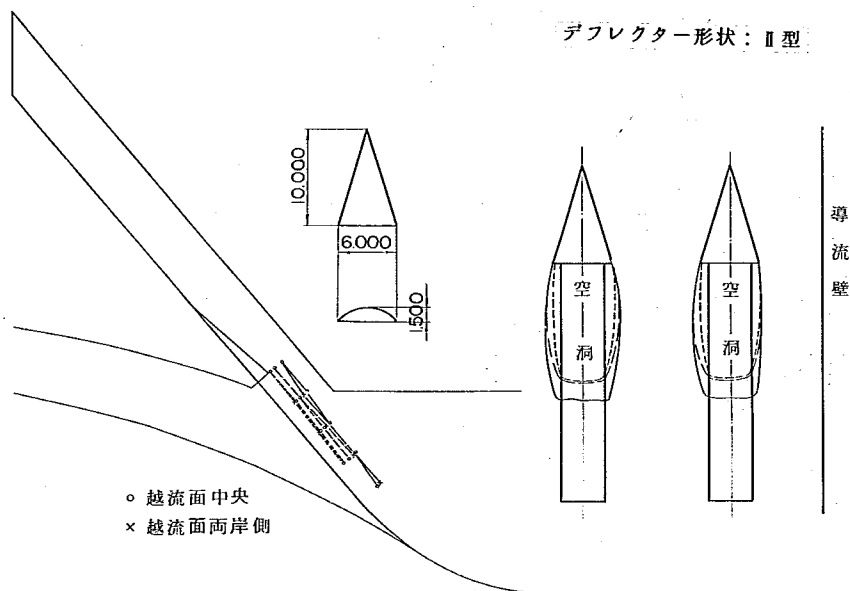
図-20 越流面ディフレクターの水面形図

デフレクター形状：Ⅰ型

—— 流量 4,560 m^3/sec
 - - - " 2,770 m^3/sec
 - - - " 2,000 m^3/sec



デフレクター形状：Ⅱ型



ディフレクターの型状として2つのタイプを用いて実験を行った。

測定の結果を図-20に示す。

これによると高さ(h)の変化により、落下地点は変化するが、どちらのタイプにおいても越流脈はトラフより下流側に落下しており、ディフレクターの機能ははたされている。

4. 減勢工の実験

4-1 一次実験

(1) 実験内容

シルの型状およびシルの高さを決めるため、次の条件で実験を行った。

(a) 流量条件

1100 m³/s (計画最大放流量) , 2770 m³/s (計画高水流量)

4560 m³/s (異常洪水流量)

(b) シル型状とシル高

イ) A型シル……台形シルを用いてある流量まで完全減勢し、それ以上の流量に対しては、水叩き構造物の安全をはかるため水脈を射流のまま飛散させる。

シル高 8 m, 9, 10, 11, 12 mの5ケース

ロ) B型シル……A型と同じく台形シルを用いる。ただし本ダムの水叩中心線と河身の方
向とが傾むいているので、越流する流れの方向を河身の方
向に一致させ
るため、シルの方向を水叩き中心線に直角な方向から3°30' 左岸側へ傾けた。

シル高 8 m, 10, 12 mの3ケース

ハ) C型シル……上流面鉛直シルを用いてある流量までを完全に減勢し、それ以上の流量
に対しても飛散させず、不完全な減勢をしたままで、流下させる。

シル高 6 m, 7, 8, 9, 10, 11, 12 mの7ケース

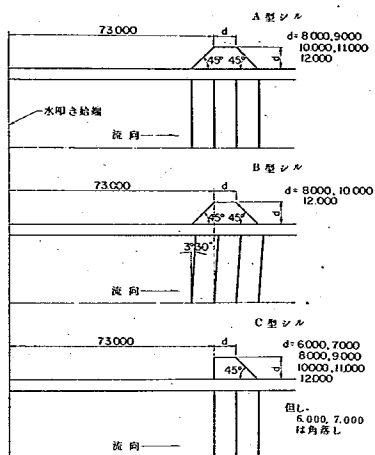
この型状図を図-21に示す。

(2) 実験結果

実験の結果を図-22, 表-7, および付図-4に示す。これによれば流量2770 m³/s
に対して、A型シルではシル高9 m以上で正常跳水を行う。シル高9 mで流量が2995
m³/s になれば、水叩き始端に露出射流が現われ、3265 m³/s から飛散を始める。B型シ
ルはA型シルに対して流向を左岸側へ曲げるために考慮されたものであるが、その効果はわ
ずかである。跳水-飛散の流況は、A型シルとほとんど変わらない。

C型シルでは、シル高9 m以上で正常跳水を行う。シル高9 mで流量が3385 m³/s にな

図-21 シル形状図



れば水叩き始端に露出射流が現われる。しかしシル高を6 mに下げても飛散しない。

以上A型シルおよびB型シルは、その跳水—飛散限界をこえた流量の場合、水脈は射流のまま下流へ飛散するので、下流の河道を洗掘する等の悪影響が予想される。

一方C型シルは減勢能力をこえた場合でも、飛散することはないので、下流に対する悪影響を軽減することが出来ると考えられる。本ダムの右岸下流部には護岸が設けられているので、これに対する影響を考慮してシルの形状はC型を採用し、シル高は9 mとする。

図-22 水叩内水面形図（一次実験）

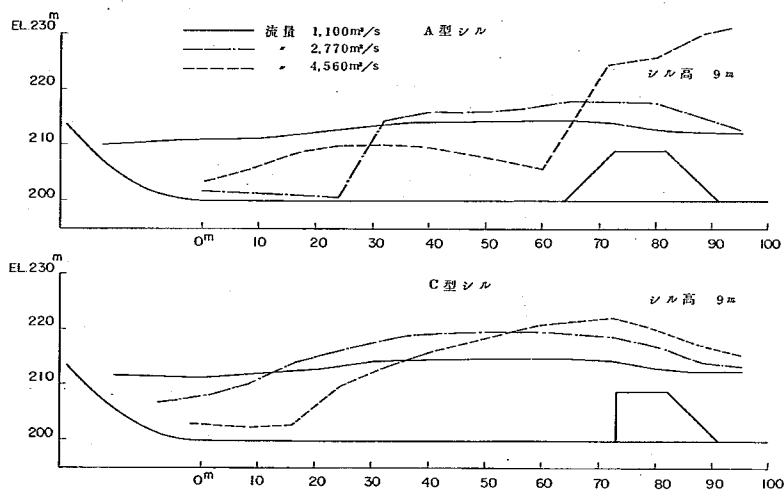


表 - 7 減勢工流況一覧表

シル形状	シル高 m	流 況			水叩き始端 に露出射流 の現れる限 界の流量 m ³ /sec	跳水～飛散 限界流量 m ³ /sec	飛散～跳水 限界流量 m ³ /sec	水叩き始端 に露出射流 の消える限 界の流量 m ³ /sec
		流 量 1,100m ³ /sec	流 量 2,700m ³ /sec	流 量 4,560m ³ /sec				
A	12,000	潜り跳水	正常跳水	正常跳水	な し	な し	な し	な し
A	11,000	潜り跳水	正常跳水	飛 散	4,325	4,485	3,740	3,740
A	10,000	潜り跳水	正常跳水	飛 散	3,625	3,860	3,195	3,195
A	9,000	正常跳水	正常跳水	飛 散	2,995	3,265	2,595	2,575
A	8,000	正常跳水	水叩き始端に 露出射流があらわれる	飛 散	2,445	2,945	2,470	2,170
B	12,000	潜り跳水	正常跳水	正常跳水	な し	な し	な し	な し
B	10,000	潜り跳水	正常跳水	飛 散	3,650	3,865	3,185	3,185
B	8,000	正常跳水	水叩き始端に 露出射流があらわれる	飛 散	2,470	2,945	2,470	2,150
C	12,000	潜り跳水	正常跳水	正常跳水	な し	な し	な し	な し
C	11,000	潜り跳水	正常跳水	正常跳水	な し	な し	な し	な し
C	10,000	潜り跳水	正常跳水	正常跳水	な し	な し	な し	な し
C	9,000	正常跳水	正常跳水	水叩き内に露 出射流が現わ れる	3,385	な し	な し	3,385
C	8,000	正常跳水	水叩き始端に 露出射流があらわれる	同 上	2,555	な し	な し	2,555
C	7,000	正常跳水	同 上	同 上	2,245	な し	な し	2,245
C	6,000	正常跳水	同 上	同 上	1,905	な し	な し	1,905

水 叩 き 流 況 写 真

A 型 シ ル

シル高 9.0 m

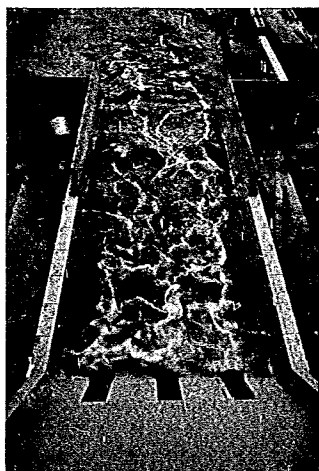


写真 - 11

流量 $1,100 \text{ m}^3/\text{s}$



写真 - 12

流量 $2,770 \text{ m}^3/\text{s}$

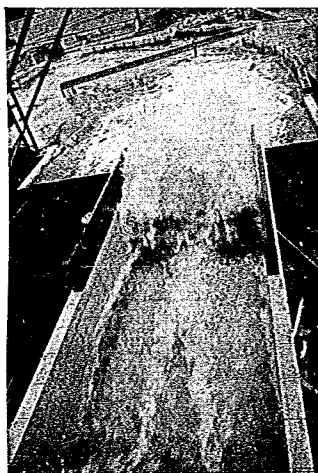


写真 - 13

流量 $4,560 \text{ m}^3/\text{s}$

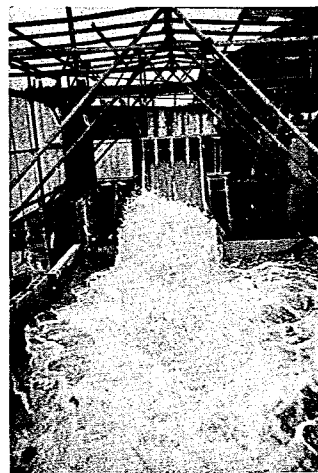


写真 - 14

水 叩 き 流 況 写 真

C 型 シ ル

シル 高 9.0 m

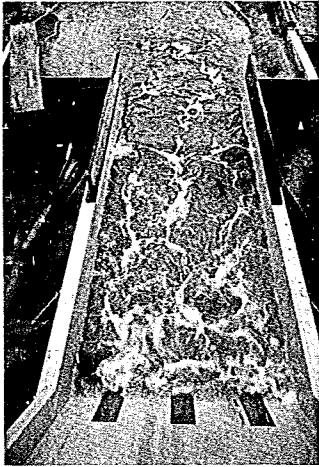


写真 - 15

流量 1,100 m³/s



写真 - 16

流量 2,700 m³/s



写真 - 17

流量 4,560 m³/s

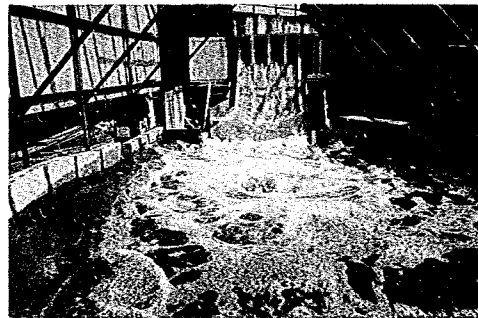


写真 - 18

4-2 二次実験

一次実験の結果、高さ9 mの上流面鉛直シルを採用することとしたが、シルはすでに設けられている下流仮締切に肉づけをし、それを内蔵するように施工するという現地の事情から、シルの細部形状としては鉛直シルの外に上流面にわずかの勾配をつけたシルも含めて次の3つの型状について、比較実験を行いシルの位置としてはバケット終端から7.75 mの地点とした。

(1) 実験内容

(a) シル型状

型 状 名	シル高	シル上流面勾配	上流面天端半径
I 型	9 m	鉛 直	1 m
II 型	9 m	2 分 勾 配	1 m
III 型	9 m	2 分 勾 配	2 m

(b) 流量条件

- イ) $1,100 \text{ m}^3/\text{s}$ (計画最大放流量)
- ロ) $1,650 \text{ m}^3/\text{s}$ (減勢工設計対象流量)
- ハ) $2,770 \text{ m}^3/\text{s}$ (計画高水流量)
- ニ) $4,560 \text{ m}^3/\text{s}$ (異常洪水流量)

(c) 測定項目

- イ) 流況観察 ロ) 水面形の測定 ハ) シル面圧力測定

(2) 実験結果

水面の測定結果を図-23および付図-5に示す。

この結果減勢工設計対象流量 ($1,650 \text{ m}^3/\text{s}$) 以下の流量に対してはいずれも完全減勢である。この場合シル型状による変化はほとんどみられない。

$2,770 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の流量に対しては、みだれがはげしく、露出射流が現われて不完全減勢のまま流下する。

次にシルの形状を検討するため、シル中心線上に圧力管を埋設しシル面圧力を測定した。

シル面圧力測定の結果を図-25に示す。

この結果減勢工設計対象流量以下の流量に対しては、どのシル形状においても負圧が発生せず、安全である。

図-23 水叩き内水面形(二次実験) 比較図

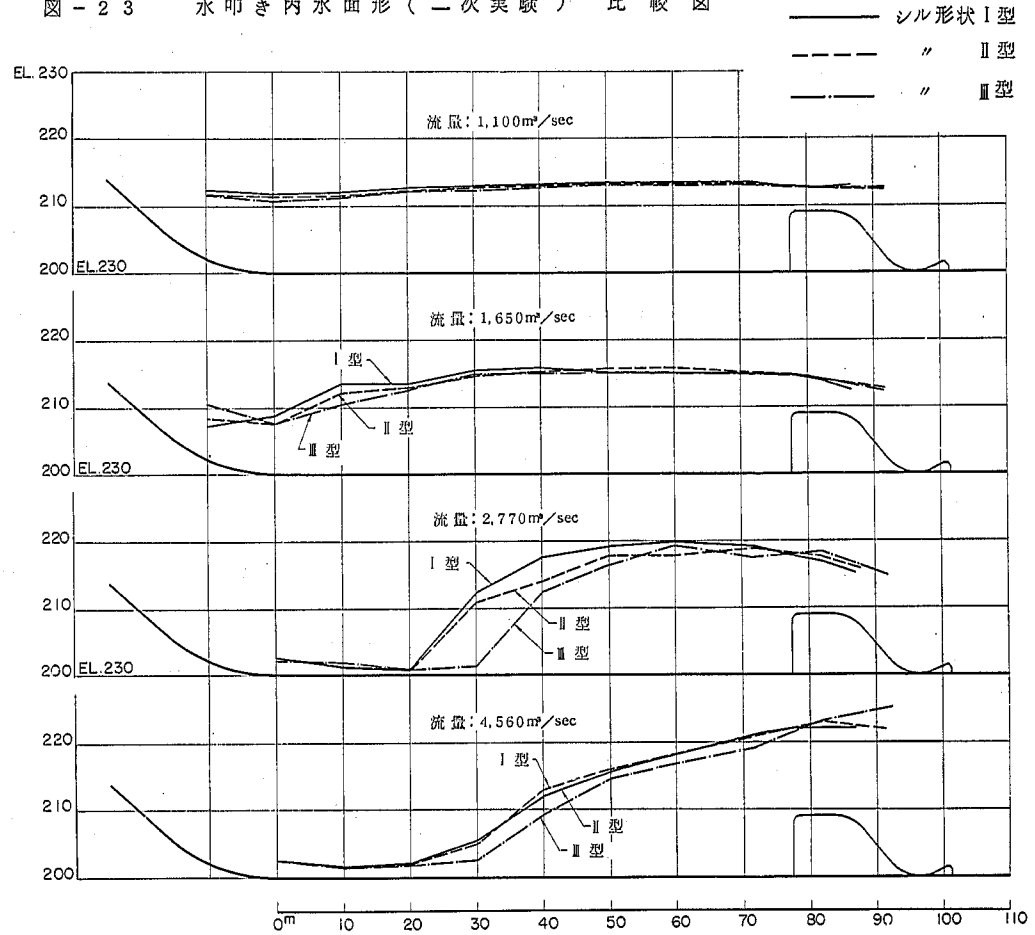


図-24 シル詳細図

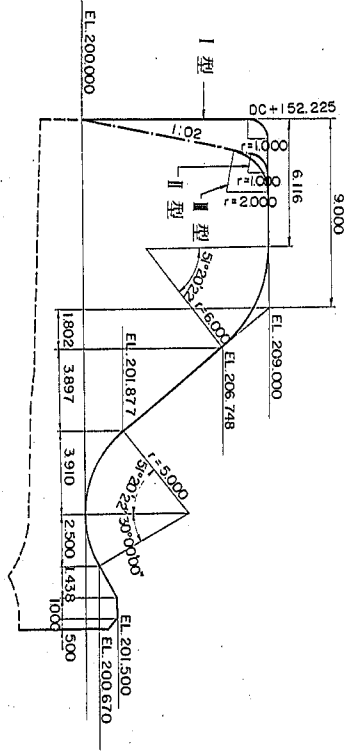
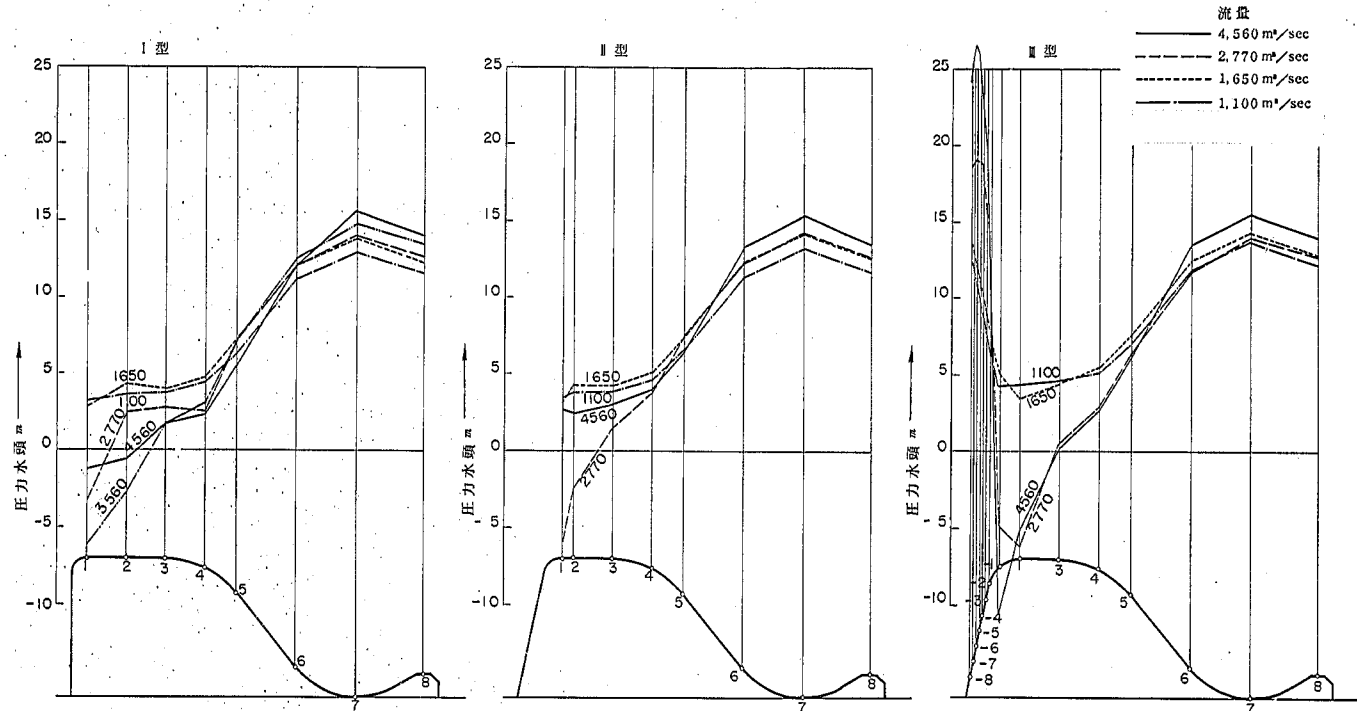


図-25 シル 圧 力 分 布 図



水叩き流況写真

シル形状 I 型



写真 - 19

流量 $1,100 \text{ m}^3/\text{s}$

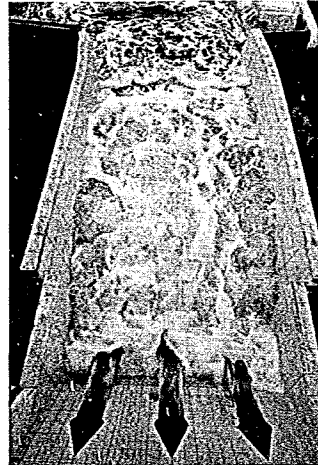


写真 - 20

流量 $1,650 \text{ m}^3/\text{s}$

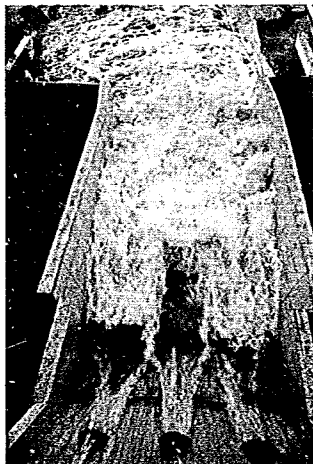


写真 - 21

流量 $2,770 \text{ m}^3/\text{s}$

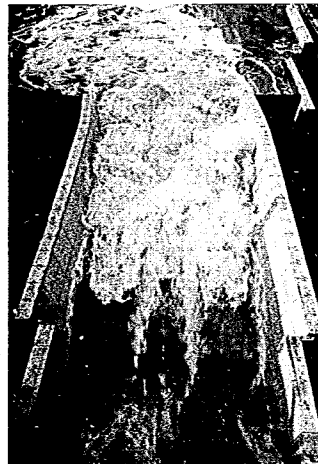


写真 - 22

流量 $4,560 \text{ m}^3/\text{s}$

水叩き流況写真

シル形状 II 型

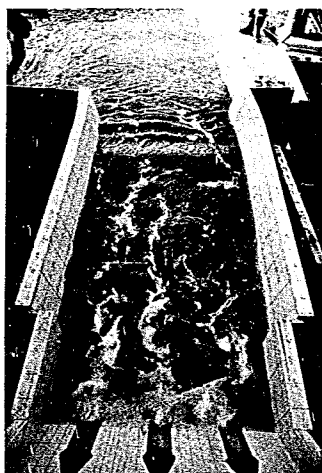


写真 - 23
流量 $1,100 \text{ m}^3/\text{s}$

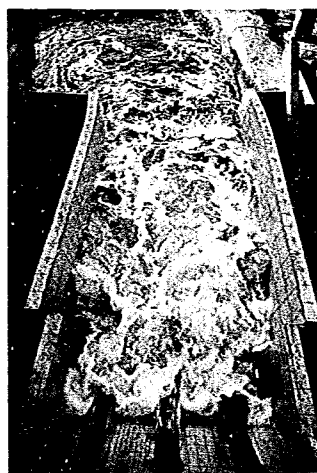


写真 - 24
流量 $1,100 \text{ m}^3/\text{s}$

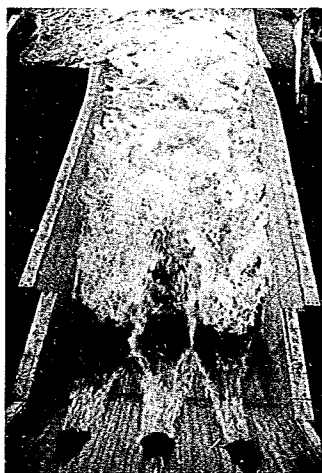


写真 - 25
流量 $2,770 \text{ m}^3/\text{s}$



写真 - 26
流量 $4,560 \text{ m}^3/\text{s}$

水 叩 き 流 況 写 真
 シ ル 型 状 ■ 型



写真 - 27



写真 - 28

流量 $2,770 \text{ m}^3/\text{s}$



写真 - 29



写真 - 30

流量 $4,560 \text{ m}^3/\text{s}$

5. 結 論

松原ダム余水吐の水理模型実験の結果を要約すると次のとおりである。

(1) 放水管について

(a) 必要放流量は貯水位 E.L. 241.7 m において $924.7 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、実験の結果 $945 \text{ m}^3/\text{s}$ 放流出来、約 2% ($20 \text{ m}^3/\text{s}$) の余裕がある。貯水位 E.L. 273 m では $1,710 \text{ m}^3/\text{s}$ 放流出来る。

(b) 管内にはゲート全開時に、貯水位 E.L. 247 m 以上において、ベルマウス終端附近の上部隅角面に許容負圧 (-3 m 水柱) を超す負圧が発生する。したがって放水管の操作に際してゲート全開操作はさなければならない。

この場合ゲート開度 4.32 m (98%) 以下で操作すれば安全である。

(c) 主ゲート、予備ゲート同時操作時における管内圧力の変動は著しく、とくに高水頭 ($H=49 \text{ m}$) 操作時には異常な負圧が発生する。

(2) 堤頂越流部について

(a) ゲート全開状態における放流量は、満水位 E.L. 273 m で実験の結果 $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ あり、同じ貯水位における放水管のゲート全開放流量 $1,710 \text{ m}^3/\text{s}$ と合わせて、 $4,710 \text{ m}^3/\text{s}$ の放流が可能である。

したがって、この貯水位における必要放流量 (異常洪水流量) $4,560 \text{ m}^3/\text{s}$ に対して約 3% ($150 \text{ m}^3/\text{s}$) の余裕がある。

(b) 異常洪水時において、堤頂構造物の位置の越流水面上の余裕は、設計基準を充分満足している。

(c) 異常洪水時における越流面導流壁沿いの水面形を低下させるため、橋台終端にディフレクターを取り付けばよい。

(3) 減勢工について

(a) 跳水型減勢工を採用し、減勢構造物として 45° 台型シルと鉛直シルとについて実験を行った結果、下流河道の安全性を考慮して、鉛直シルを用いるべきであるが、下流仮締切を利用してシルを施工する都合上、上流面 2 分勾配のシルについて実験を行った。この結果上流面 2 分勾配のシルは鉛直シルと比べ、水叩内の流況およびシル面圧力ともにほとんど変わりが無い。

(b) シルの位置は、バケット終端から 7.75 m とし、シル高は 9 m が最良の結果を与える。

付 図 付 表

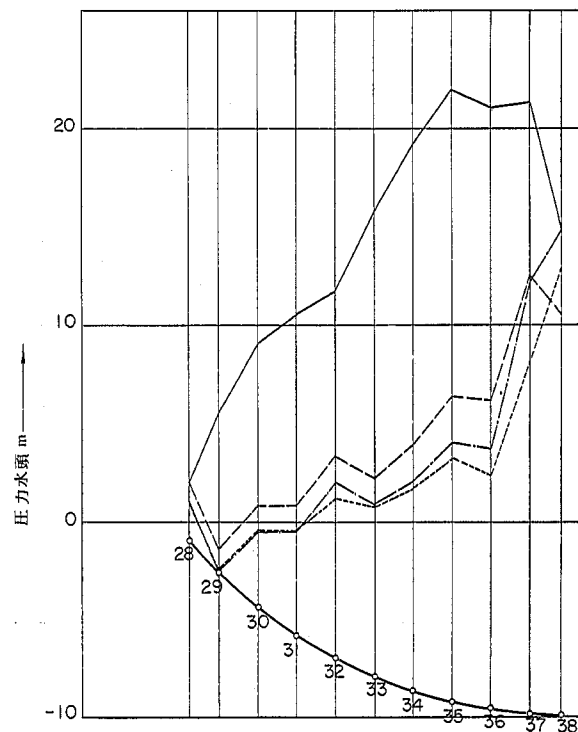
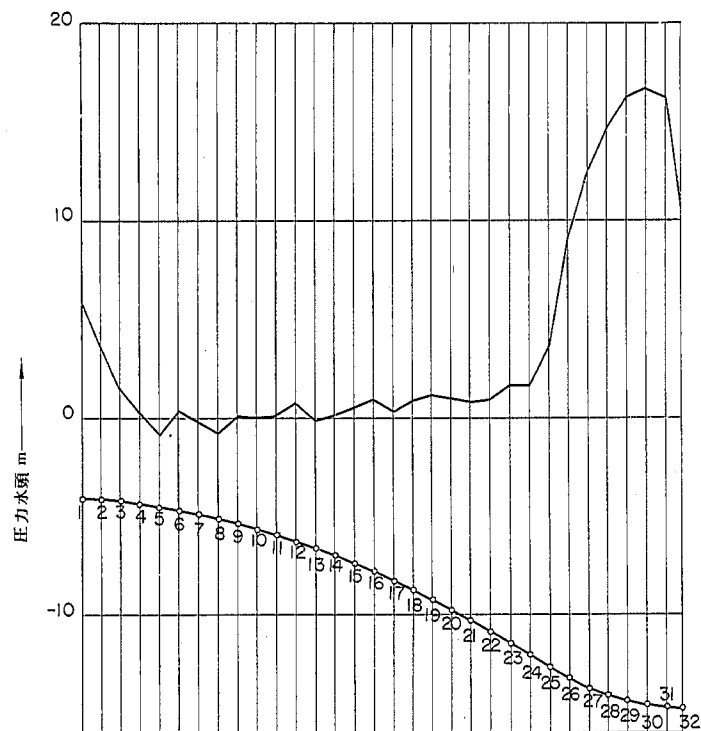
3

1

附図-1 放水管下流開水路部圧力分布図（全体模型） バケット部圧力分布図（全体模型）

貯水位: E.L. 273.000^M 越流面中央

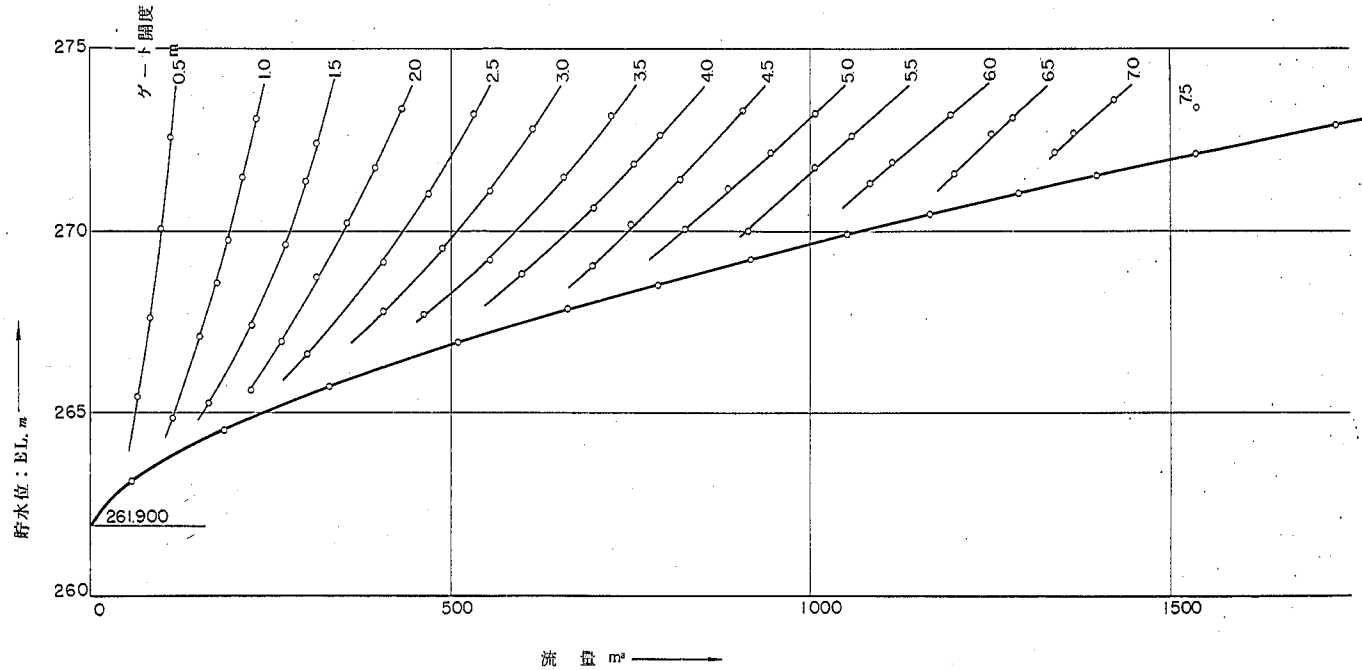
—— ゲート開度: 全 開
 --- " : 2.0 m
 - - - " : 1.0 m
 ····· " : 0.5 m



附図-2 a 越流部貯水位～放流量関係図

抽出模型 越流幅：12,000 m

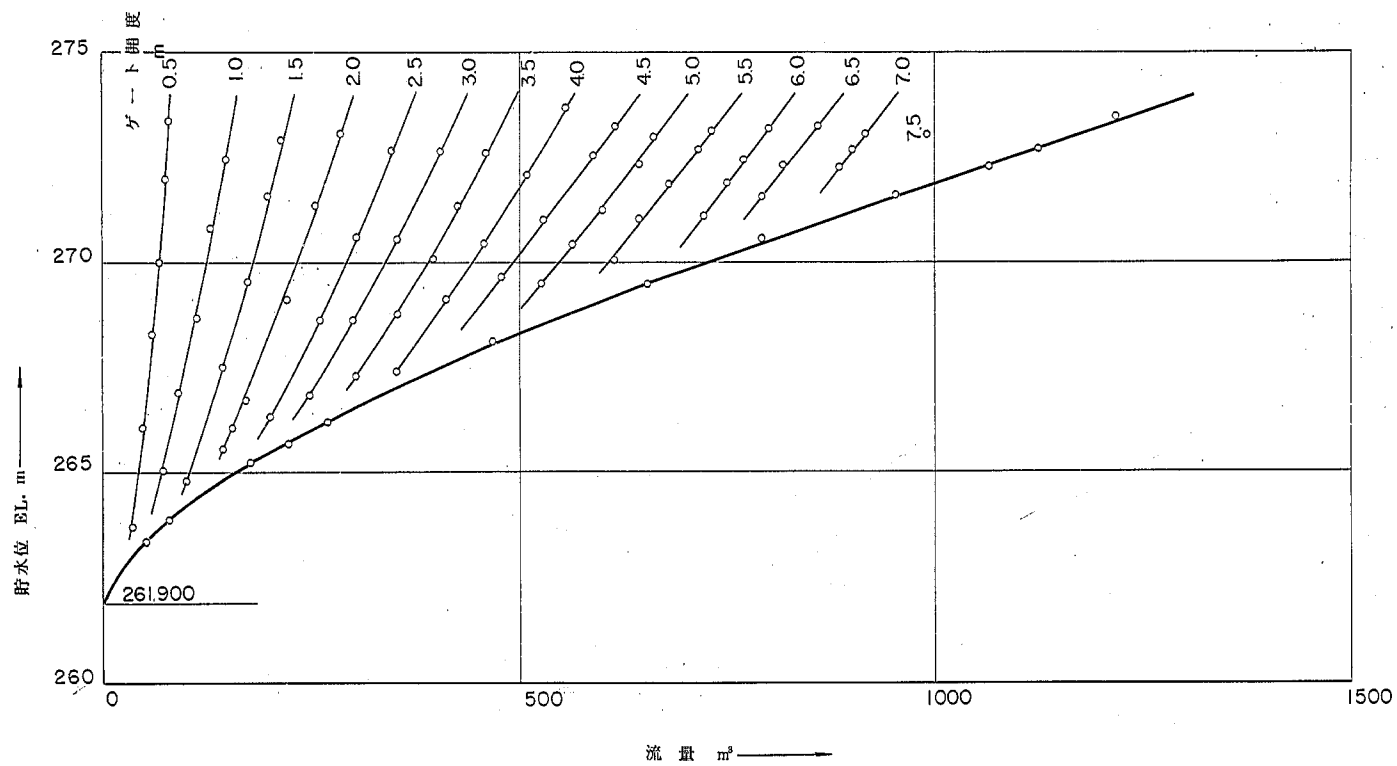
2 径間に換算



附図-2.b 越流部貯水位～放流量関係図

抽出模型 越流幅：8,000 m

2 径間に換算

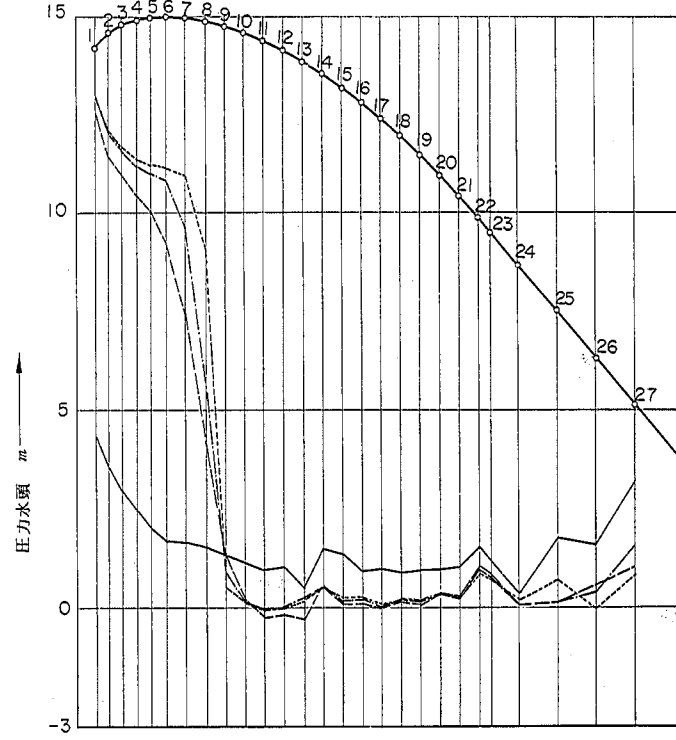
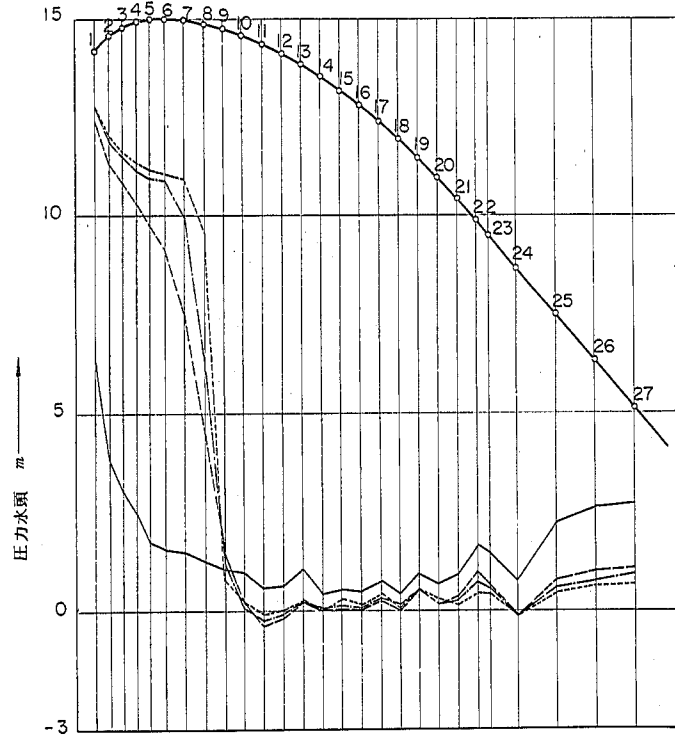


附圖 - 3 越 流 面 圧 力 分 布 図

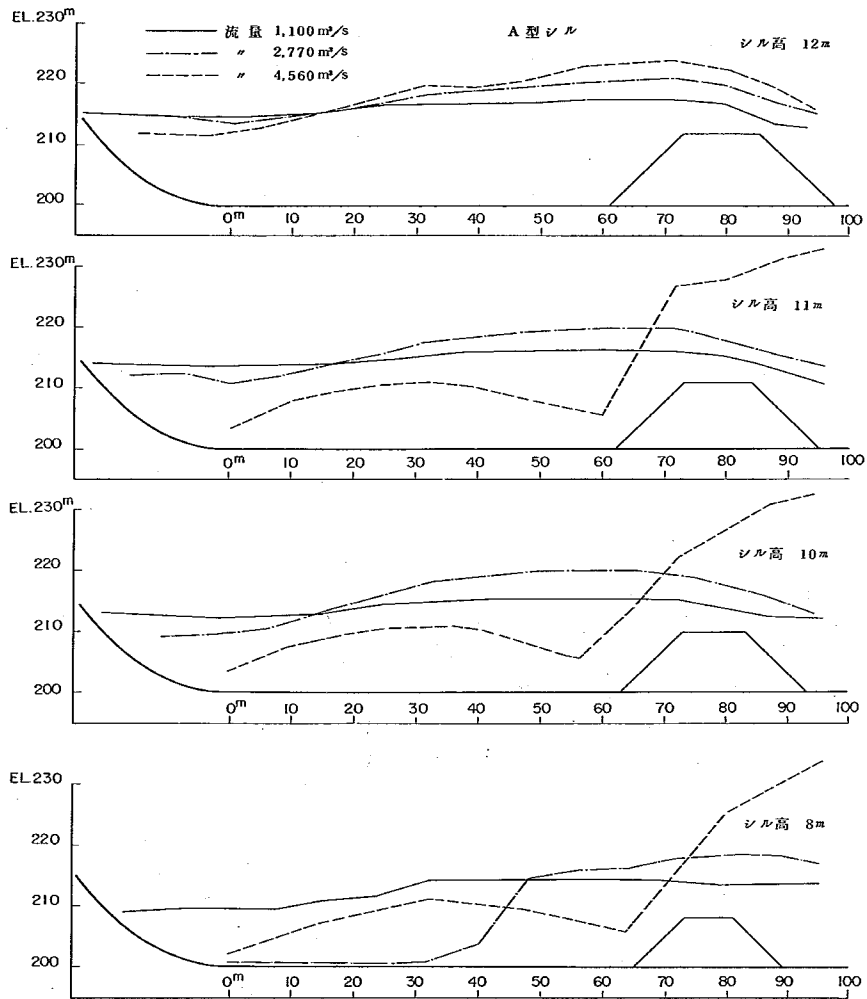
貯水位 E.L. 273.000^M

—— ゲート開度: 全 開
 --- " : 2.0 m
 - - - " : 1.0 m
 - - - " : 0.5 m

- 48 -

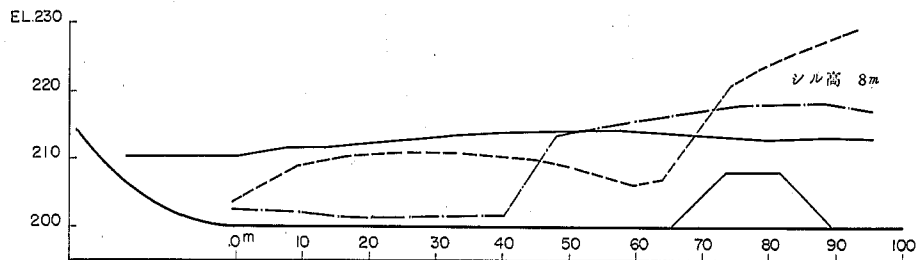
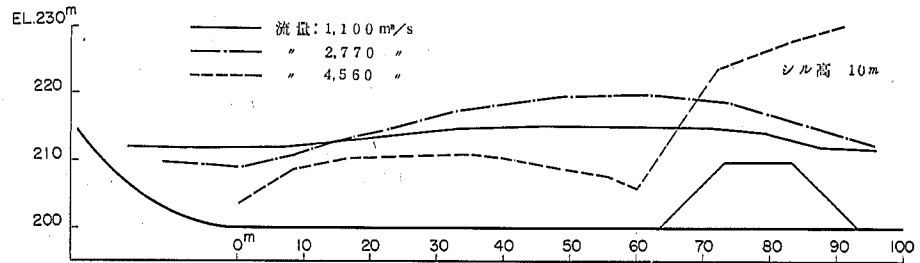
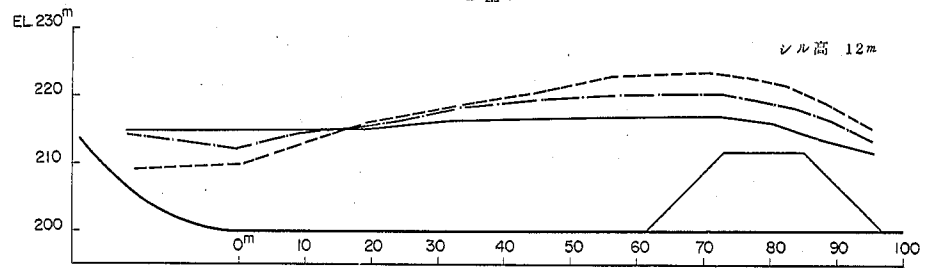


附図 - 4 a 水面形図 (一次実験)

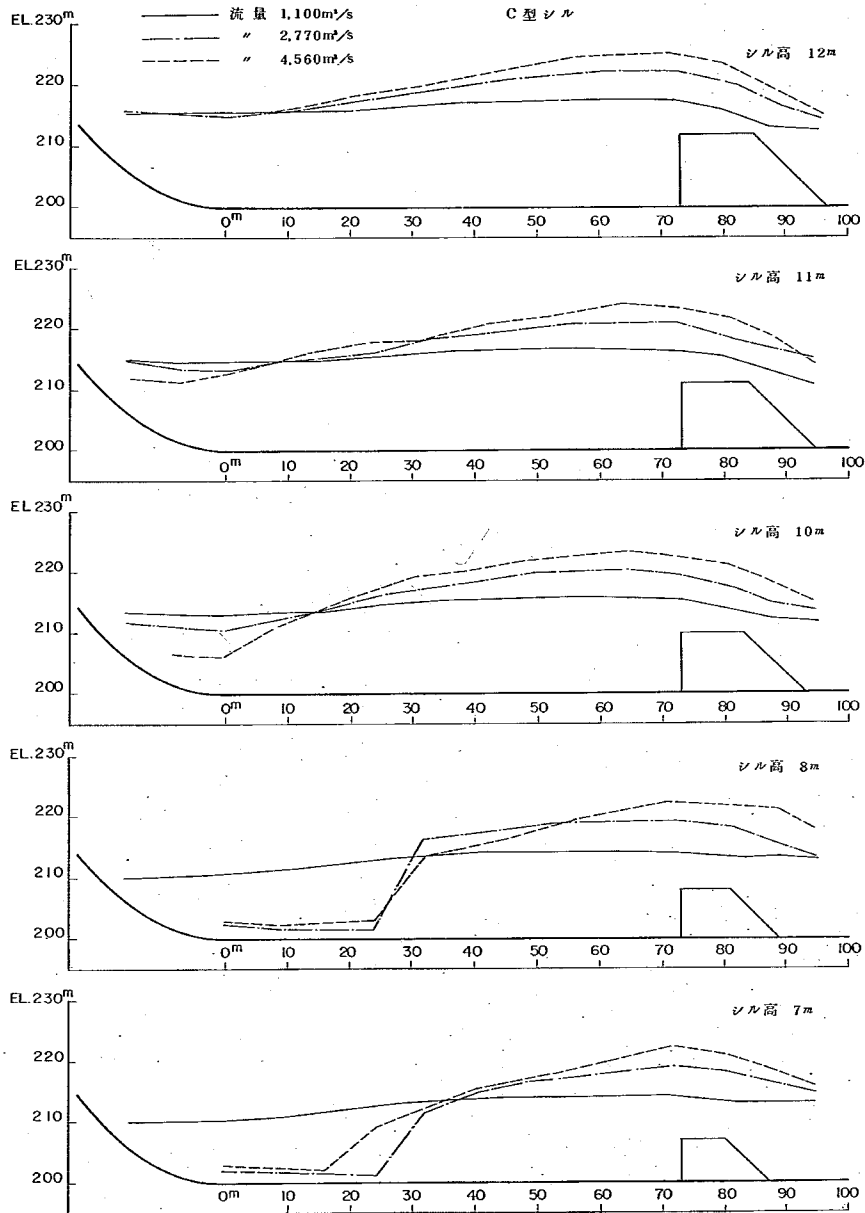


附図 - 4 b 水面形図 (一次実験)

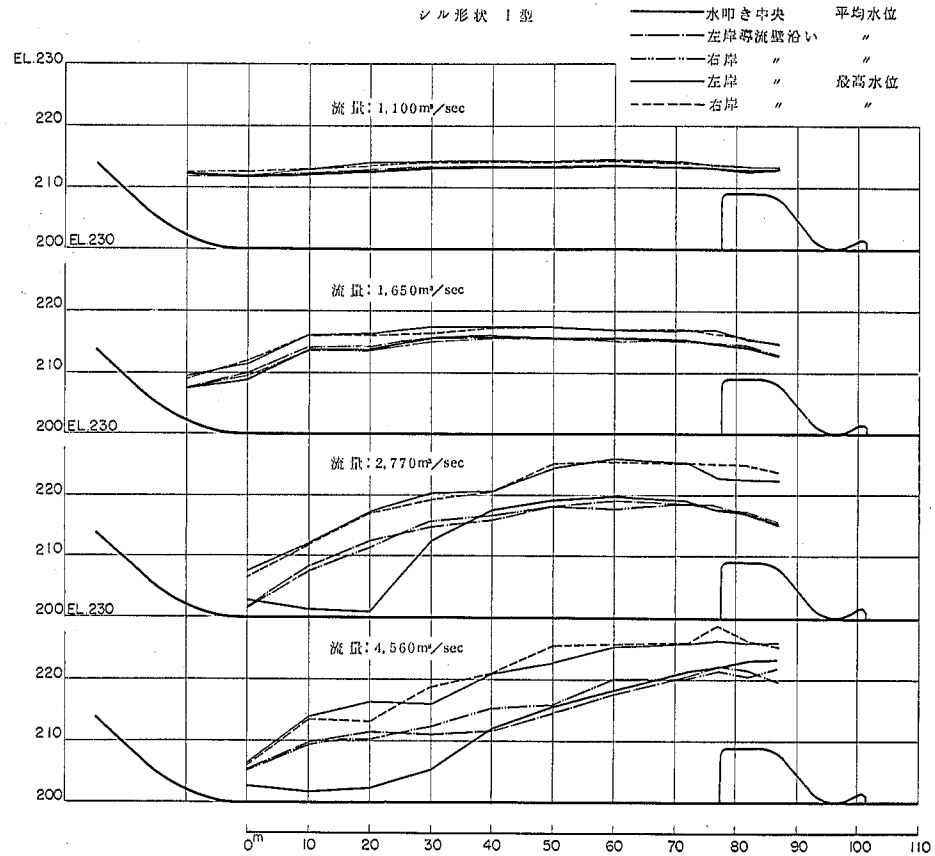
B 型シル



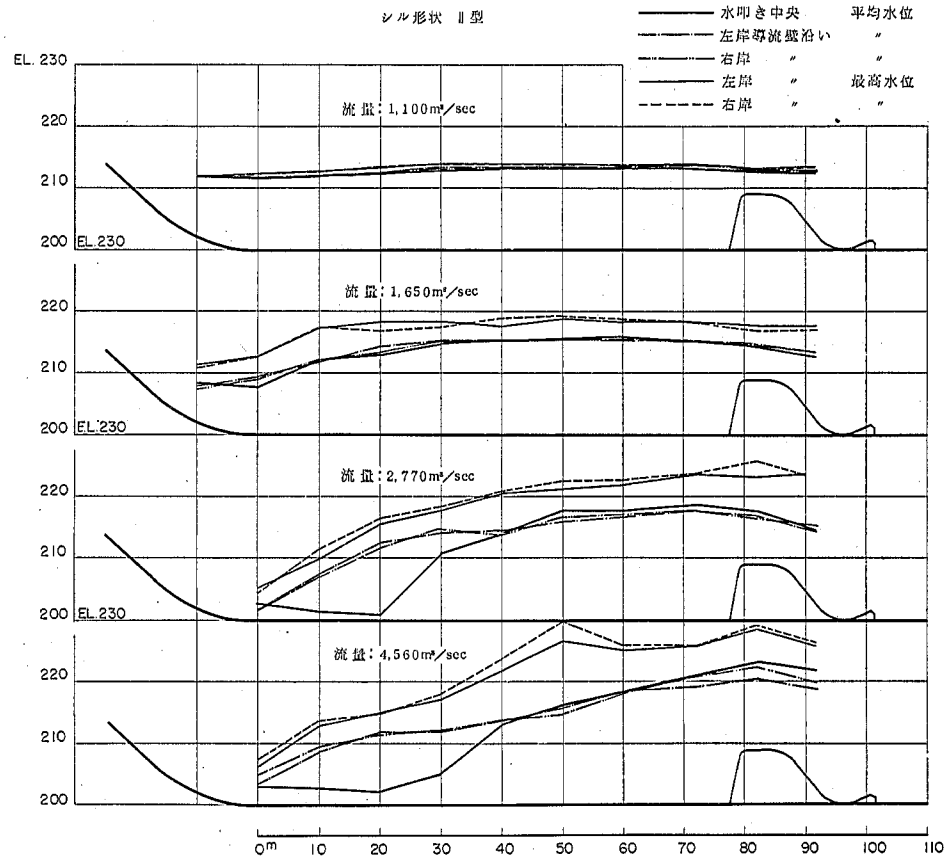
附図-4c 水面形図（一次実験）



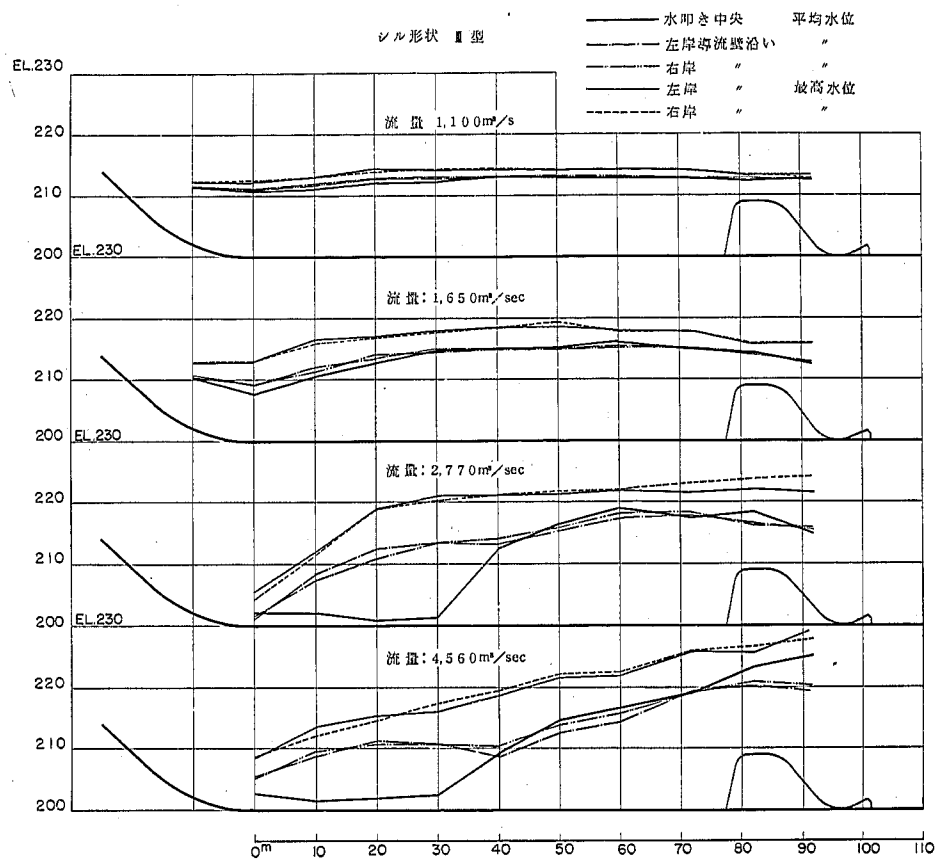
附図 - 5 a 水面形図 (二次実験)



附図-5b 水面形図（二次実験）



附図 - 5 c 水面形図 (二次実験)



附表 1 放水管貯水位～放水量関係表（抽出模型）

ゲート開度：全開		
貯水位 (E.L. m)	流量 1分(m ³ /sec)	流量 3分(m ³ /sec)
273.000	570.1	1,710.3
271.900	566.2	1,698.6
270.550	560.7	1,682.1
268.275	543.2	1,629.6
267.850	539.0	1,617.0
265.750	529.0	1,587.0
263.675	515.8	1,547.4
261.900	497.3	1,491.9
260.400	486.3	1,458.9
258.725	480.6	1,441.8
256.900	463.9	1,391.7
255.050	448.8	1,346.4
253.200	436.4	1,309.2
251.600	424.1	1,272.3
249.750	409.1	1,227.3
247.700	391.8	1,175.4
246.525	381.2	1,143.6
244.750	367.3	1,101.9
243.350	352.1	1,056.3
241.825	333.1	999.3
240.200	315.4	946.2
238.450	293.7	881.1
237.375	283.3	849.9
235.950	266.8	800.4
234.450	243.2	729.6
233.325	226.8	680.4
231.975	214.6	643.8
231.525	197.2	591.6
229.063	142.2	426.6
228.725	140.5	421.5
226.575	64.8	194.4
225.175	34.7	104.1
223.025	3.8	11.4
222.600	1.4	4.2

ゲート開度：4.0m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1分(m ³ /sec)	流量 3分(m ³ /sec)
273.000	446.9	1,340.7
270.450	434.2	1,302.6
268.925	426.5	1,279.5
266.600	411.3	1,233.9
263.725	398.1	1,194.3
261.000	385.7	1,157.1
257.775	365.5	1,096.5
254.950	349.3	1,047.9
251.675	329.0	987.0
249.600	316.9	950.7
247.325	300.9	902.7
245.125	285.0	855.0
242.750	267.3	801.9
240.125	246.8	740.4
237.625	225.5	676.5
235.000	198.2	594.6
232.500	171.4	514.2
230.375	143.6	430.8
229.095	120.6	361.8

ゲート開度：3.0m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1分(m ³ /s)	流量 3分(m ³ /s)
273.100	296.5	889.5
271.075	292.0	876.0
269.350	286.9	860.7
267.675	279.5	838.5
265.600	274.6	823.8
263.200	266.1	798.3
260.875	256.6	769.8
258.625	247.9	743.7
256.400	240.7	722.1
253.200	228.2	684.6
250.350	219.1	657.3
247.400	203.1	609.3
244.825	190.5	571.5
242.875	180.3	540.9
239.950	166.0	498.0
237.650	153.0	459.0
234.875	135.8	407.4
232.900	122.8	368.4
231.150	108.6	325.8
229.750	95.2	285.6

ゲート開度：2.0m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1分(m ³ /s)	流量 3分(m ³ /s)
272.975	193.2	579.6
270.625	189.4	568.2
268.300	184.0	552.0
264.925	177.5	532.5
262.150	171.6	514.8
260.650	168.4	505.2
257.800	162.0	486.0
256.050	156.7	470.1
253.900	151.6	454.8
251.450	145.7	437.1
248.375	137.1	411.3
246.200	130.8	392.4
244.050	124.8	374.4
240.825	114.2	342.6
237.700	103.8	311.4
235.575	94.4	283.2
233.475	86.2	258.6
231.300	75.8	227.4
229.400	65.4	196.2

ゲート開度：1.0m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1分(m ³ /s)	流量 3分(m ³ /s)
273.075	104.5	313.5
271.825	103.8	311.4
269.200	100.2	300.6
266.175	97.0	291.0
262.875	93.7	281.1
259.850	89.6	268.8
256.075	85.1	255.3
253.525	81.4	244.2
250.275	76.8	230.4
247.225	72.1	216.3
244.675	68.8	206.4
240.000	60.6	181.8
235.850	52.7	158.1
233.575	47.6	142.8
230.025	38.9	116.7
227.950	31.0	93.0

ゲート開度：3.5m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1分(m ³ /sec)	流量 3分(m ³ /sec)
272.950	359.8	1,079.4
270.825	351.3	1,053.9
269.125	343.4	1,030.2
267.125	337.1	1,011.3
264.800	327.8	983.4
262.400	318.6	955.8
260.300	308.2	924.6
257.950	297.3	891.9
255.400	285.7	857.1
252.625	271.8	815.4
250.050	259.0	777.0
247.525	244.5	733.5
244.950	230.8	692.4
242.350	214.3	642.9
240.275	201.6	604.8
237.625	182.8	548.4
234.800	161.4	484.2
232.350	139.0	417.0
230.125	115.0	345.0
228.525	95.8	287.4

ゲート開度：2.5m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1分(m ³ /s)	流量 3分(m ³ /s)
273.100	242.7	728.1
270.450	234.8	704.4
268.500	229.5	688.5
266.125	225.1	675.3
263.400	218.3	654.9
261.675	213.2	639.6
258.725	203.3	609.9
256.550	197.0	591.0
254.700	190.9	572.7
251.500	182.8	548.4
248.725	172.6	517.8
246.950	165.4	496.2
244.350	155.9	467.7
241.750	144.5	433.5
239.625	136.0	408.0
237.125	124.8	374.4
234.825	113.1	339.3
232.625	100.0	300.0
230.500	86.8	260.4
228.875	74.5	223.5

ゲート開度：1.5m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1分(m ³ /s)	流量 3分(m ³ /s)
273.050	149.9	449.7
271.250	146.6	439.8
268.650	142.4	427.2
265.525	139.4	418.2
263.300	135.8	407.4
261.125	132.7	398.1
258.800	128.2	384.6
256.525	124.2	372.6
253.900	119.0	357.0
250.975	113.0	339.0
248.275	107.2	321.6
245.200	100.0	300.0
243.150	95.2	285.6
240.675	88.3	264.9
238.175	82.3	246.9
235.375	74.1	222.3
232.825	64.9	194.7
230.875	58.1	174.3
228.675	48.8	146.4
227.075	40.3	120.9

ゲート開度：0.5m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1分(m ³ /s)	流量 3分(m ³ /s)
273.125	54.1	162.3
271.500	53.0	159.0
267.750	50.5	151.5
264.275	48.7	146.1
261.425	46.8	140.4
258.700	45.2	135.6
254.250	41.9	125.7
250.775	39.6	118.8
247.900	37.1	111.3
243.250	33.5	100.5
237.625	28.6	85.8
234.725	25.6	76.8
232.200	22.2	66.6
229.675	19.2	57.6

附表 - 2-a 越流部貯水位 ~ 放流量関係表 (抽出模型)

越流幅 8,000 m

ゲート開度 : 全開		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
273,452	619.8	1239.6
272,642	561.7	1123.4
272,264	533.1	1066.2
271,560	475.8	951.6
270,540	395.3	790.6
269,582	327.4	654.8
268,130	233.2	466.4
267,124	182.5	365.0
266,144	134.2	268.4
265,676	110.9	221.8
265,212	88.5	177.0
263,880	39.4	78.8
263,382	25.9	51.8

ゲート開度 : 7.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
273,060	495.5	991.0

ゲート開度 : 7.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
278,028	457.9	915.8
272,646	450.8	901.6
272,248	442.7	885.4

ゲート開度 : 6.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
273,244	430.2	860.4
272,298	407.9	815.8
271,564	396.2	792.4

ゲート開度 : 6.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
273,180	399.8	779.6
272,420	384.6	769.2
271,868	375.0	750.0
271,084	360.5	721.0

ゲート開度 : 5.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
273,110	365.8	731.6
272,700	356.9	713.8
271,852	339.9	679.8
271,000	322.0	644.0
270,022	307.7	615.4

ゲート開度 : 5.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
272,960	330.9	661.8
272,280	322.0	644.0
271,220	300.5	601.0
270,400	281.7	563.4
269,470	263.0	526.0

ゲート開度 : 4.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
273,210	307.7	615.4
272,500	294.3	588.6
270,980	264.8	529.6
269,644	239.7	479.4
268,150	237.9	475.8

ゲート開度 : 4.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
273,660	277.3	554.6
272,030	253.5	507.0
270,420	228.7	457.4
269,124	206.0	412.0
267,374	176.2	354.2

ゲート開度 : 3.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
272,580	230.8	461.6
271,308	212.9	425.8
270,060	198.6	397.2
268,768	177.1	354.2
267,310	152.1	304.2

ゲート開度 : 3.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
272,642	202.6	405.2
270,560	176.7	353.4
268,640	149.4	298.8
266,854	123.4	246.8

ゲート開度 : 2.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
272,650	173.5	347.0
270,588	152.4	304.8
268,604	130.6	261.2
266,350	100.2	200.4

ゲート開度 : 2.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
273,050	142.2	284.4
271,388	127.0	254.0
269,120	110.9	221.8
266,710	85.9	171.8
266,060	76.9	153.8
265,568	72.4	144.8

ゲート開度 : 1.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
272,900	107.3	214.6
271,550	98.4	196.8
269,526	87.7	175.4
266,560	72.5	145.0
264,780	50.1	100.2

ゲート開度 : 1.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
272,440	73.0	146.0
270,828	65.0	130.0
268,700	56.0	112.0
266,900	44.8	89.6
265,064	35.8	71.6

ゲート開度 : 0.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m ³ /s)	流量 2径間分(m ³ /s)
273,340	39.4	78.8
272,000	37.6	75.2
270,000	30.4	60.8
268,280	28.6	57.2
266,040	23.3	46.6
263,724	17.7	35.4

附表-2-b 越流部貯水位～放流量関係表（抽出模型）

ゲート開度 : 全開		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.480	953.5	1907.0
272.918	865.8	1731.6
272.100	768.3	1536.6
271.500	699.4	1398.8
271.010	645.1	1290.2
270.442	583.2	1166.4
269.892	525.9	1051.8
269.198	458.5	917.0
268.504	394.4	788.8
267.844	331.7	663.4
266.946	254.0	508.0
265.726	165.5	331.0
264.520	93.0	186.0
263.140	28.3	56.6

ゲート開度 : 7.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.386	768.3	1536.6

ゲート開度 : 7.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.590	710.2	1420.4
272.656	683.3	1366.6
272.100	670.0	1340.0

ゲート開度 : 6.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.092	640.4	1280.8
272.628	625.2	1250.4
271.512	600.2	1200.4

ゲート開度 : 6.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.160	597.5	1195.0
271.844	556.3	1112.6
271.230	541.1	1082.2

ゲート開度 : 5.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
272.552	528.6	1057.2
271.714	502.7	1005.4
269.980	457.1	914.2

ゲート開度 : 5.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.180	502.7	1005.4
272.130	473.2	946.4
271.110	443.3	886.6
270.036	413.2	826.4

ゲート開度 : 4.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.256	452.6	905.2
271.386	410.5	821.0
270.144	375.6	751.4
269.072	348.8	697.6

ゲート開度 : 4.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
272.588	395.3	790.6
271.790	377.5	755.0
270.600	348.8	697.6
268.840	299.6	599.2

ゲート開度 : 3.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.110	361.4	722.8
271.440	328.3	656.4
269.218	277.3	554.6
267.700	231.7	463.4

ゲート開度 : 3.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
272.792	306.3	612.6
271.104	277.3	554.6
269.530	244.2	488.4
267.706	203.9	407.8

ゲート開度 : 2.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.170	264.8	529.6
270.986	234.3	468.6
269.164	203.0	406.0
266.646	150.3	300.6

越流幅 1200.0 m ゲート開度 : 2.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.320	216.3	432.6
271.740	197.7	395.4
270.210	177.6	355.2
268.746	157.4	314.8
266.986	132.1	264.2
265.646	112.7	225.4

ゲート開度 : 1.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
272.388	156.5	313.0
271.346	148.5	297.0
269.620	135.1	270.2
267.408	111.8	223.6
265.300	82.3	164.6

ゲート開度 : 1.0 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
273.086	114.5	229.0
271.440	104.6	209.2
269.718	94.8	189.6
268.566	87.7	175.4
267.124	76.0	152.0
264.840	57.2	114.4

ゲート開度 : 0.5 m		
貯水位 (E.L. m)	流量 1径間分(m³/s)	流量 2径間分(m³/s)
272.590	55.5	111.0
270.070	48.3	96.6
267.598	41.1	82.2
265.448	33.1	66.2