

ISSN

土 研 資 料 第1613号

マイクロフィルム 第 号

土 木 研 究 所 資 料

二風谷ダム洪水吐水理模型実験報告書 (2)

昭和55年 9 月

建設省土木研究所

ダム水工研究室

Copyright © 55年度 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be
reproduced by any means, nor transmitted, nor
translated into a machine language without the
written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

本報告書は、北海道開発局の依頼により、昭和54年度および昭和55年度に実施した二風谷ダム洪水吐の水理設計ならびに水理模型実験の検討結果をとりまとめたものである。

また、同ダム洪水吐に関する検討は、昭和51年度から実施され、昭和53年度までの検討結果として、土木研究所資料第1495号の二風谷ダム洪水吐水理模型実験報告書(1)に中間報告としてまとめられている。この中間報告の内容は、洪水吐の部分設計から全体設計への流れの中で、クレストエプロンの順傾斜水叩き形状、オリフィス形状、クレスト転倒ゲート、洪水吐全体形状等に関する水理模型実験のまとめたものであり、これらの設計経緯および詳細については、中間報告をご参照いただければ幸いです。

なお、昭和54年度に実施した洪水吐の水理設計にもとづく模型製作、実験計測、資料解析の主たるものは、土木研究所の実施計画により株式会社建設技術研究所が行い、昭和55年度の水理実験はダム水工研究室が行ったものである。

建設省土木研究所 ダム水工研究室

中 沢 顕 司
福 井 明

目

次

第1章 洪水吐の設計	1
第1節 ダム計画の概要	1
第2節 洪水吐の設計条件	3
第3節 洪水吐の設計形状	4
3-1 洪水吐の概要	4
3-2 オリフィス形状	5
3-3 越流部形状	6
3-4 放流能力	6
3-5 減勢工形状	7
第2章 洪水吐の水理模型実験	15
第1節 実験内容	15
1-1 抽出模型実験の検討内容	15
1-2 全体模型実験の検討内容	15
第2節 実験模型	15
2-1 抽出模型	15
2-2 全体模型	17
第3節 実験方法	17
3-1 測定方法	17
3-2 相似則	18
第4節 抽出模型実験	18
4-1 オリフィスA形状の検討	18
4-2 オリフィスB形状の検討	25
4-3 クレストA形状の検討	31
第5節 全体模型実験	37
5-1 段丘部堀削形状の検討	37
5-2 放流能力の検討	42
5-3 減勢工形状の検討	44

第6節 洪水吐1次案検討結果のまとめ	57
第3章 護床工および魚道	73
第1節 護床工1次案の検討	73
1-1 護床1次案形状	74
1-2 検討内容	74
1-3 検討結果	74
第2節 護床工2次案の検討	81
第3節 自由越流堤4門での検討	82
3-1 洪水吐全体での放流能力	82
3-2 自由越流堤の放流能力	84
第4章 検討結果	85

図 表 目 次

第1章関係

図-1 流域一覽図	1
図-2 沙流川計画高水流量図	1
図-3 貯水位-容量曲線	2
図-4 二風谷ダム設計洪水流入波形	3
図-5 計画高水流量と放流量と貯水位との関係	4
図-6 a ~ f 洪水吐設計形状図 (54年度1次案)	8
表-1 ダム計画の概要	2

第2章関係

図-7 a ~ c 圧力測定ピエゾ位置図	16
図-8 オリフィスA放流能力曲線	19
図-9 C ~ H / D 関係図 (オリフィスA)	19
図-10 CoG ~ G の関係図 (オリフィスA)	22
図-11 上面ベルマウス部の圧力分布図 (オリフィスA)	24
図-12 圧力降下係数Cd と X / L の関係 (オリフィスA)	24
図-13 オリフィスB放流能力曲線	28
図-14 CoG ~ G 関係図 (オリフィスB)	29
図-15 上面ベルマウス部の圧力分布図 (オリフィスB)	31
図-16 圧力降下係数Cd と X / L の関係 (オリフィスB)	31
図-17 クレストA放流能力曲線	33
図-18 C ~ H の関係 (クレストA)	34
図-19 C と H / Hd の関係 (クレストA、自由越流時)	34
図-20 クレストA下流ナップ面圧力分布図	36
図-21 上流段丘部堀削形状	37
図-22 水位、流速測定位置図	38
図-23 a ~ c 流況観察図	39
図-24 放流能力曲線図 (全体模型)	43
図-25 C - B H 関係図	44
図-26 a ~ c 流速分布図	48
図-27 水面形縦断面図	49
図-28 a ~ d 流況観察図	50
表-2 諸量の縮率	18
表-3 水理諸量数値表 (オリフィスA)	20

表-4	補正係数値表 (オリフィスA)	21
表-5	C_o の平均値 (オリフィスA)	21
表-6	圧力測定結果数値表 (オリフィスA)	23
表-7	圧力降下係数値表 (オリフィスA)	23
表-8(1)、(2)	水理諸量数値表 (オリフィスB)	26
表-9	補正係数値表 (オリフィスB)	28
表-10	C_o の平均値 (オリフィスB)	29
表-11	圧力測定結果数値表 (オリフィスB)	30
表-12	圧力降下係数値表 (オリフィスB)	30
表-13	水理諸量数値表 (クレストA)	32
表-14	H/H_d と C の関係 (クレスト、自由越流時)	34
表-15	G と $\bar{C}$ の関係 (クレストA、ゲート半開操作)	35
表-16	放流量比較表 (")	35
表-17	下流ナップ面の圧力測定結果 (クレストA)	36
表-18	水面形測定結果数値表 (ダム上流)	41
表-19	流速測定結果数値表 (ダム上流)	42
表-20	貯水位-放流量測定結果	43
表-21a~c	流速測定結果表 (E L . 3 1.5)	46
表-22	水面形測定結果表 (E L . 3 1.5)	47
表-23a~c	流速測定結果表 (E L . 2 9.0)	53
表-24	水面形測定結果表 (E L . 2 9.0)	54
表-25a~c	流速測定結果表 (E L . 2 7.0)	55
表-26	水面形測定結果表 (E L . 2 7.0)	56

第3章関係

図-29	洪水吐全体平面図 (護床工1次案)	73
図-30a~d	水面形および流速分布図 (護床工1次案)	79
図-31	洪水吐全体平面図 (護床工2次案)	81
図-32	放流能力曲線 (洪水吐全体ただしクレストB 4門)	83
図-33	放流能力曲線 (クレストB、4門分)	84
表-27a~d	水面形および流速測定結果数値表	75
表-28	$H \sim Q$ 測定結果 (洪水吐全体、クレストB=4門)	83
表-29	水理諸量数値表 (自由越流堤、A門分)	84

第4章関係

設計資料1	二風谷ダム洪水吐全体平面図	87
-------	---------------	----

設計資料 2. 二風谷ダム洪水吐上流面図.....	88
設計資料 3. オリフィスA断面.....	89
設計資料 4. オリフィスB断面.....	90
設計資料 5. 越流部A断面.....	91
設計資料 6. 越流部B断面.....	92
設計資料 7. オリフィス部橋脚詳細図.....	93
設計資料 8. 越流部橋脚詳細図.....	94
設計資料 9. エンドシルおよび減勢ブロック配置図.....	95
設計資料 10. 魚道断面形状.....	96

写 真 目 次

写真番号－1～2	オリフィス抽出模型.....	59
写真番号－3～5	クレストA 抽出模型.....	59
写真番号－6～7	全体模型.....	60
写真番号－8	段丘部堀削形状A	61
写真番号－9	段丘部堀削形状B	61
写真番号－10	段丘部堀削形状C	62
写真番号－11～12	逆傾斜天端高 EL. 31.5m	62
写真番号－13～15	逆傾斜天端高 EL. 29.0m	63
写真番号－16～18	逆傾斜天端高 EL. 27.0m	64
写真番号－19～20	全体模型移設後.....	65
写真番号－21	護床工1次案設置状況.....	65
写真番号－22～25	護床工1次案.....	66
写真番号－26	護床工2次案設置状況.....	67
写真番号－27	護床工2次案.....	67
写真番号－28	護床工2次案設置状況.....	68
写真番号－29～30	利水最大 40 m ³ /s	68
写真番号－31～32	洪水吐最終案形状.....	69
写真番号－33	自由越流部および魚道形状.....	69
写真番号－34～39	洪水吐最終案形状.....	70

第1章 洪水吐の設計

第一章 洪水吐の設計

第1節 ダム計画の概要

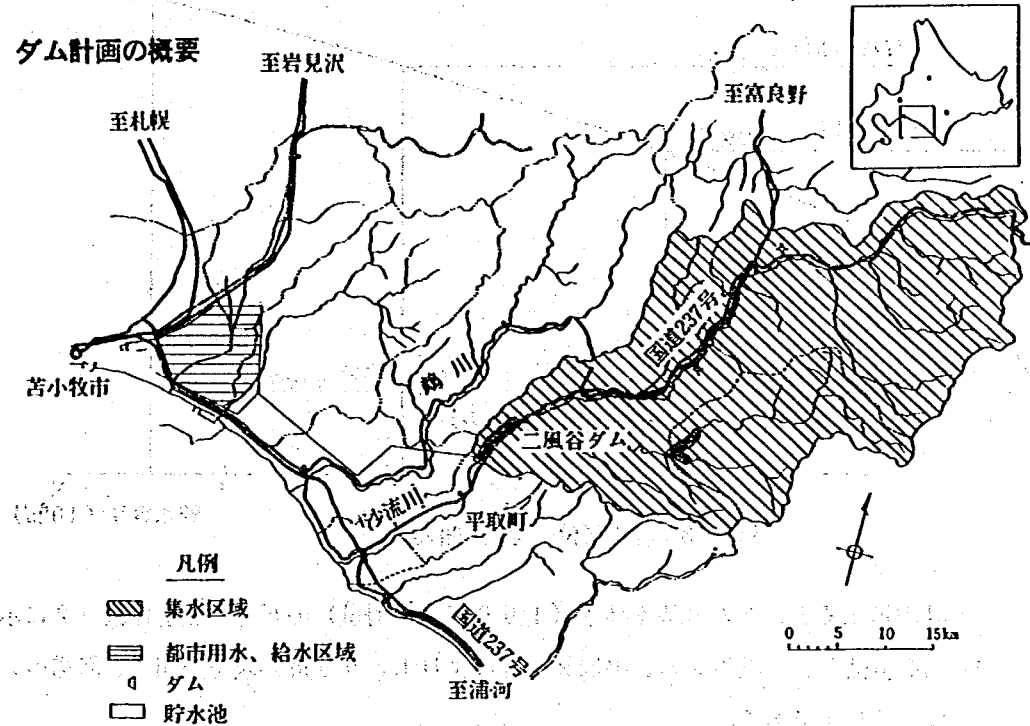


図-1 流域一覧図

二風谷ダムは、図-1に示すように日高山脈に源を発し、太平洋に注ぐ沙流川の本川、平取町（アイヌ部落で著名）字二風谷地点に沙流川総合開発事業（図-2参照）の一環として計画されている多目的の重力式コンクリートダムである。

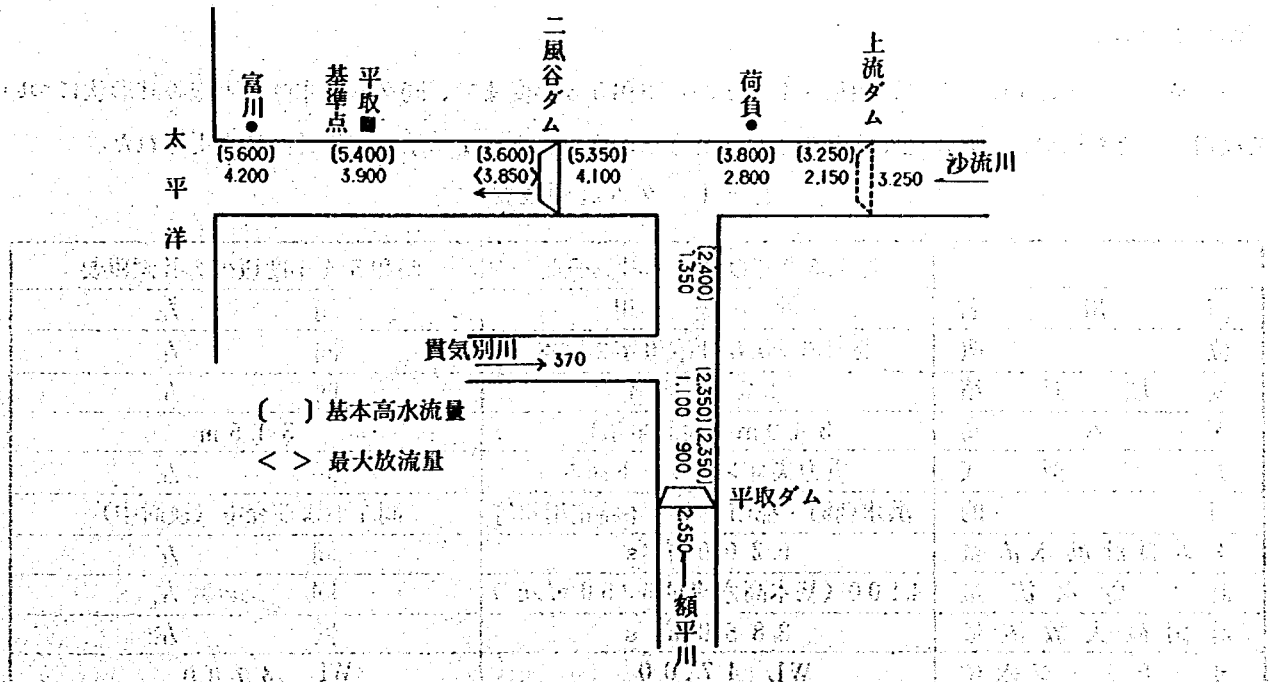


図-2 沙流川計画高水量図

同ダムは河口から約2.2km上流に位置する本川ダムであることからダム高はあまり期待できず、流入量に比べ貯水容量（図-3参照）が非常に小さく、洪水調節計画は基本的には自然調節方式を採用せざるを得ない。

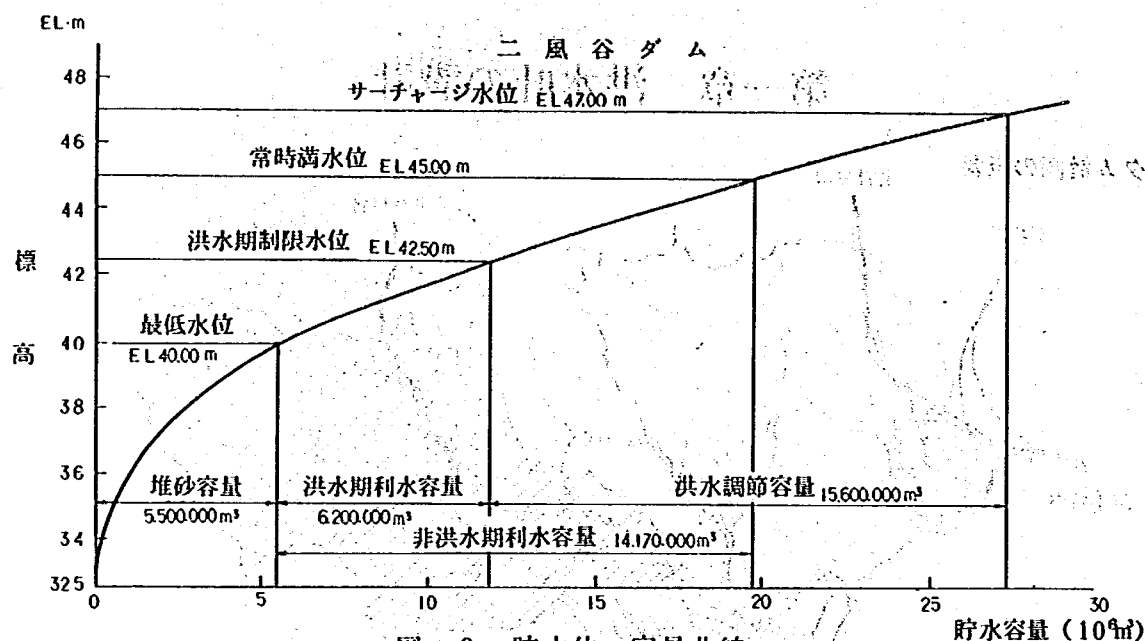


図-3 貯水位-容量曲線

沙流川総合開発事業計画によると、ダムの基本高水（100年確率雨量）のピーク流量は図-2に示す基準点平取において $5,400 \text{ m}^3/\text{sec}$ とし、二風谷ダム、平取ダム等により $1,500 \text{ m}^3/\text{sec}$ を調節し、河道への配分流量を $3,900 \text{ m}^3/\text{sec}$ にする計画である。

また、貯水池の有効な利用計画から常時満水位を維持するため洪水調節開始流量迄は流入量＝流出量のゲート操作による調節が必要となる。

洪水吐の配置計画においても流入量の大きさは大問題であり、二風谷ダムでは、ダム本体施工時の出水に対して仮排水路のみによる洪水処理は非常に不経済となることから、半川締切工法として利用できる配置計画が必要である。

以上をダム計画の主眼として、昭和51年度から昭和53年度まで、同ダム洪水吐の実施設計形状について検討してきた結果、つぎに記載する問題点が明らかにされ、表-1に示すダム計画に変更された。

表-1 ダム計画概要

	昭和53年度までの計画概要	昭和54年度以後の計画概要
河 川 名	沙 流 川	同 左
位 置	北海道沙流郡平取町字二風谷	同 左
流 域 面 積	1,214.8 km^2	同 左
ダ ム 高	34.0 m (検討事項)	31.5 m
ダ ム 型 式	重力式コンクリートダム	同 左
目 的	洪水調節・都市用水・不特定用水等	同左および発電 (検討中)
ダム設計洪水流量	6,200 m^3/s	同 左
計画高水流量	4,100 (基本高水流量5,350 m^3/s)	同 左
計画最大放流量	3,850 m^3/s	同 左
サーチャージ水位	WL 47.00	WL 47.00
常 時 満 水 位	1期洪水期(5月～9月) WL 44.000 m 2期洪水期(10月) WL 46.000 m 非洪水期(11月～4月) WL 47.000 m	WL 45.000
制 限 水 位	WL 42.500 m	同 左
計 画 推 砂 面	EL 39.000 m	EL 40.000 m
原 河 床 高	EL 32.000 m	同 左
放 流 設 備	常用放水工 オリフィス5門 越 流 部	常用放水工 オリフィス7門 越 流 部

- 1) 53年度洪水吐設計案（オリフィス5門+クレスト8門）では放流能力が若干不足する。
- 2) 現地での検討結果から気象条件等を考慮すると、クレストゲートとして計画された転倒ゲート案（フラップゲート）は、保守管理に問題が残る恐れがあるとの結論となった。
- 3) 魚道確保のため、左岸側にオリフィス1門と利水放流管を配置して検討した結果、減勢工下流に補助構造物による二次減勢が必要であるのと、半川締切施工方法が複雑となる。

第2節 洪水吐の設計条件

昭和53年度までの水理実験結果およびダム調査事業所の検討結果等から、54年度に実施する洪水吐の設計条件はつぎのとおりである。

1. ダム設計洪水量は、既往の対象洪水波形（昭和50年8月23日型、 $X=1/100$ ）の超過確率を $X=1/200$ に引き伸ばした $6,200 \text{ m}^3/\text{s}$ （図-4参照）とし、この時の設計洪水位はWL. 49.40 mである。

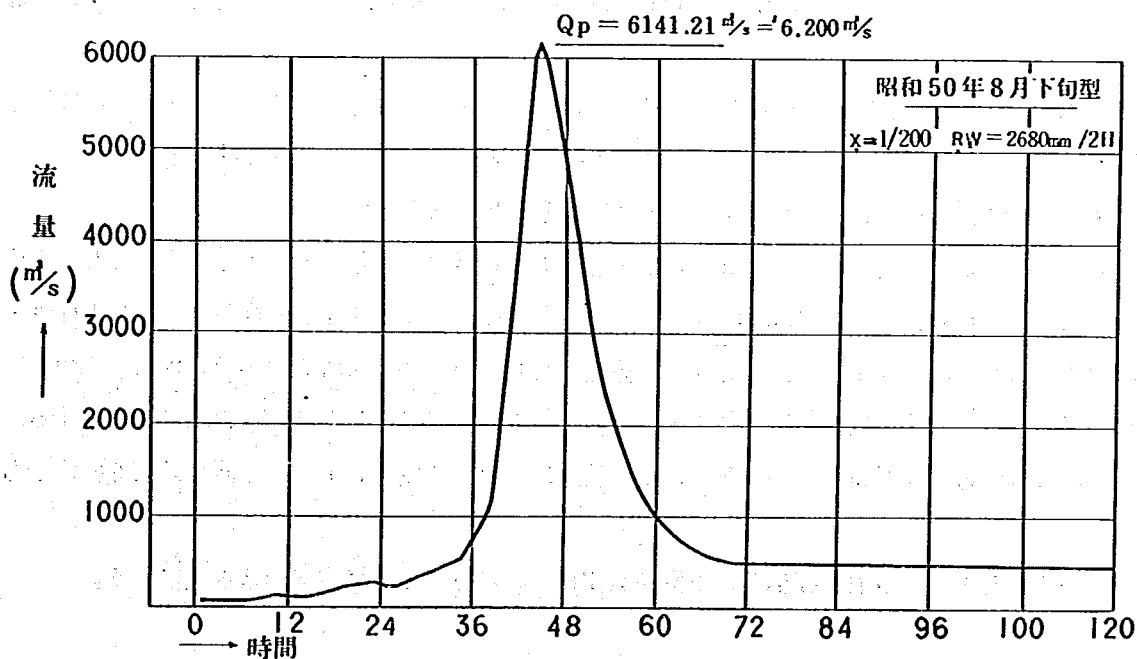


図-4 二風谷ダム設計洪水流入波形

2. 洪水吐は、図-5に示す計画波形に対して、サーチャージ水位WL. 47.00 mで計画最大放流量 $3,850 \text{ m}^3/\text{s}$ を放流可能設備とする。

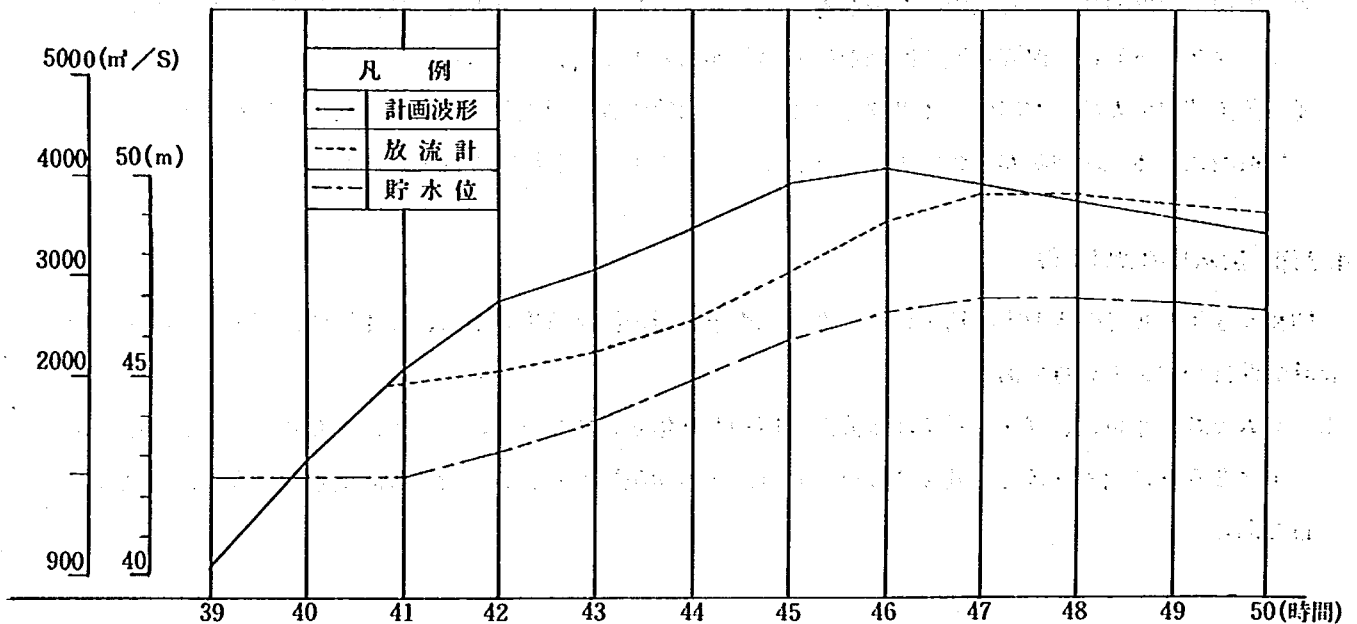


図-5 計画高水流量と放流量と貯水位との関係

- ダム高は、ダムの余裕高から求めたE L. $51.10 \text{ m} - \text{E L. } 19.60 \text{ m}$ (基礎岩盤高) $= 31.50 \text{ m}$ である。
- 洪水吐の配置は、施工時の半川締切を考慮した配置設計とし、転流工の対象流量 $2,250 \text{ m}^3/\text{s}$ に対しては、半川締切による1次転流を行い、2次転流はバイパスとオリフィス並用で行う計画とする。
- オリフィスの敷高は、排砂機能と冬期のダム下流水位を考慮した高さとする。
したがって、オリフィスの敷高は次の理由から2種選択する必要があるものとする。すなわち、1種は排砂機能を持たせるため、敷高を貯水池側原河床高の平均高E L. 32.00 m に合わせ、他の1種はダム下流河床の平均高がE L. 31.00 m であり、減勢池水面もこの高さで氷結状態が予想され、この状態での放流によって割れた氷塊が放流巻き込み渦によって主ゲートに悪影響をおよぼさない高さを考慮する。
- 利水設備の最大放流量は $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度とし、この放流量に対する魚道および漁獲池の計画を盛り込むものとする。
- クレストゲートとして計画された転倒ゲート案を廃案にし、これに変わる越流部形状を選定する。

第3節 洪水吐の設計形状

3-1 洪水吐の概要

前記第2節の設計条件等を考慮して、54年度1次案として設計された洪水吐形状は、図-6a～図-6fに示すとおりであるが、これらの概要は次のとおりである。

- 排砂機能を持たせるための下段オリフィス（以後、本文中でオリフィスB形状と呼称）として、敷高E L. 32.00 m に出口断面で幅 $8 \text{ m} \times$ 高さ 5 m の1面ベルマウス形状のオリフィスを3門設置する。
- 冬期の半開放流可能設備としての上段オリフィス（以後、オリフィスA形状と呼称）は、敷高E L. 33.50 m に出口断面で幅 $8 \text{ m} \times$ 高さ 3.5 m の1面ベルマウス形状4門を設置する。

3. オリフィスA、B形状でのベルマウスの上面絞り角は、昭和53年度の 15° よりさらに流出係数の良い 10° とし、ベルマウスの長円と短円との比を3:1とする。
4. 洪水期制限水位の維持を簡単にするため、敷高EL. 42.50mに幅12mのクレストローラーゲート3門を設置する。(以後、クレストA形状と呼称)
5. 非洪水期常時満水位の維持を簡単にするため、敷高EL. 45.00mに幅26mの自由越流堤5門を設置する。(以後、クレストB形状と呼称)、この場合、橋脚の縮流による流出係数の減少を防ぐため、橋脚の設置位置は、越流頂より1m下流が橋脚の先端となるように設置する。この1mに決めたのは、ダム堤頂道路の必要幅と基礎実験における設計水頭と橋脚の位置との関係から求めたものである。
6. 自由越流堤下流の減勢工の底面敷高は、漁獲池を兼ねるため、下流原河床高を考慮してEL. 29.00m程度とする。
7. 利水放水工の位置は半川締切工法の関係からオリフィスと同時施工とするため、オリフィスと越流部との中間位置とする。

3-2 オリフィス(低圧型管路)形状

オリフィスは、これまで述べてきた主旨ならびに次の点を考慮した設計形状とした。

1. オリフィスの角型断面の縦横比の実績(比 $=2/3 \sim 3/2$)およびカーテンウォールの厚さ等から管路長は、A、B形状とも6mとする。
2. A、B両形状の敷高は、制限水位WL. 42.50mに対して管路流となるように、 $H/D > 1.8$ 以上を考慮した。
3. オリフィスゲートは、4方水密ラジアルゲート(出口)と4方水密コースターゲート(呑口)とする。また、排砂を考慮して、呑口ゲート前面に予備ゲートとして角落しゲートを備えるものとする。
4. オリフィスの上面ベルマウス形状は、

$$\frac{Y}{D} = \frac{1}{3} \sqrt{1 - \left(1 - \frac{X}{D}\right)^2} + \tan \theta \frac{X}{D} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $\theta = 10^\circ$ 、 $D =$ 出口高で5.0mおよび3.5mから

$$Y = \frac{1}{3} (10X - X^2)^{\frac{1}{2}} + 0.176327X \quad \dots\dots\dots (\text{オリフィスB形状})$$

$$Y = \frac{1}{3} (7X - X^2)^{\frac{1}{2}} + 0.176327X \quad \dots\dots\dots (\text{オリフィスA形状})$$

となる。

5. オリフィス堤体下流面曲線は、次の方法で求めたものである。

1) B形状に対しては、 $v = \sqrt{2gH}$ ($H = 47.0 - 32.0 = 15.0$ m) を $2v^2y/g = X^2$ に代入して求まる $60y = X^2$ の放物線形状とする。

2) A形状に対しては、施工面を考慮して、バケットカーブの始端から下流をB形状と同様にするため、敷高EL. 33.50mの水平軸でダム軸下流1.0mを原点とし、バケット始点を通る直線式 $y = \tan \theta X + 4.077511 = 0.57735X + 4.077511$ ($\theta = 30^\circ$) と原点を通る放物線 $ay = x^2$ が接する条件から未知数aを求めると、 $a = 48.931$ となる。

したがって、A形状の下流面曲線は、 $48.931y = x^2$ の放物線形状となる。

3-3 越流部形状

越流部は前述の如く、転倒ゲート案（フラップゲート）に変わり、ローラーゲートと自由越流頂に変更し、それらの形状は次の方法で設計したものである。

1. ローラーゲートを設置する越流面の堤頂より上流面形状はHarrold（ハロルド）の標準型越流頂曲線から求まる複合円弧である。 $R_1 = 0.5 H_d$ 、 $R_2 = 0.2 H_d$ （ここに、 $H_d = 49.40 - 42.50 = 6.90$ m）とし、堤頂より下流面は頂点を通る垂直線をY軸とし頂点を通り、ダムの基本三角形に内接する円弧 $R = 22.395$ mとした。また、ダム軸からダム前面までの厚みは、ゲートの操作橋等を考慮して幅6 mとした。

円弧下流の水叩き形状は基礎実験（昭和51年度）によって求めた勾配1:4.0の順傾斜水叩き形状を採用した。

2. 自由越流部形状についても、前項1と同様に $R_1 = 0.5 H_d$ 、 $R_2 = 0.2 H_d$ （ $H_d = 49.40 - 45.00 = 4.40$ m）とし、下流面は越流頂からランドルフの下流曲線式 $Y/H_d = 0.5 (X/H_d)^{1.85}$ に $H_d = 4.4$ を代入して求まる $Y = 0.141917 \times 1.85$ の放物線形で $X = 2.2$ mまでとし、その下端点と基本三角形に内接する円弧 $R = 48.713$ mを挿入した形状である。

また、ダム軸からダム前面までの厚みは、堤体の安定許容値内の2.50 mとした。

3-4 放流能力

以上により求めた設計形状での各基本水位に対する放流能力を昭和53年度の実験結果から概算的に求めると下記のとおりとなる。

1. オリフィスの放流能力（ゲート全開時）

オリフィス上、下段での放流能力は、次式によって求められる。

$$Q = n \cdot C \cdot A \sqrt{2gH} \quad \text{.....(2)}$$

ここに、Q：放流量（ m^3/sec ）、n：門数（下段3門、上段4門）、A：オリフィスの出口断面積（ m^2 ）、g：重力加速度（ $=9.8 \text{ m/sec}$ ）、H：それぞれの敷高と貯水位との標高差（m）、C：流量係数で昭和53年度の実験結果で得られたHに対応する値を使用する。

したがって、サーチャージ水位WL. 47.00 mに対しては

$$Q_d = 3 \times 0.68 \times 40 \sqrt{19.6 \times 15} \approx 1,399 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{B形状のトータル放流量})$$

$$Q_u = 4 \times 0.66 \times 28 \sqrt{19.6 \times 13.6} \approx 1,202 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{A形状のトータル放流量})$$

設計洪水水位WL. 49.40 mに対しては、

$$Q_d = 3 \times 0.70 \times 40 \sqrt{19.6 \times 17.4} \approx 1,551 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_u = 4 \times 0.69 \times 28 \sqrt{19.6 \times 15.9} \approx 1,364 \text{ m}^3/\text{s}$$

となる。

2. 越流部の放流能力（ゲート全開時）

越流部での自由越流時の放流能力は次式によって求められる。

$$Q = n \cdot C \cdot B \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad \text{.....(3)}$$

ここに、Q：放流量（ m^3/s ）、n：径間数（ローラーゲート3径間、自由越流部5径間）、B：1径

間当りの幅 (m)、H : 越流水頭 (m)、C : オリフィスと同様に 53 年度の実験結果での H に対応する値を使用する。

したがって、サーチャージ水位 WL. 47.00 m に対しては

$$QR = 3 \times 1.94 \times 12 \times 4.5^{\frac{3}{2}} \approx 666 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{ローラーゲート 3 径間でのトータル放流量})$$

$$QF = 5 \times 1.6 \times 26 \times 2^{\frac{3}{2}} \approx 588 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{自由越流堤 5 径間でのトータル放流量})$$

設計洪水水位 WL. 49.40 m に対しては

$$QR = 3 \times 2.10 \times 12 \times 6.9^{\frac{3}{2}} \approx 1,370 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$QF = 5 \times 1.93 \times 26 \times 4.4^{\frac{3}{2}} \approx 2,315 \text{ m}^3/\text{s}$$

以上から、WL. 47.00 m に対する全放流量 (Q) は

$$Q \approx 1,399 + 1,202 + 666 + 588 \approx 3,855 \text{ m}^3/\text{s}$$

となり、計画最大放流量 3,850 m³/s を満足している。

同様に、WL. 49.40 m に対しては

$$Q \approx 1,551 + 1,364 + 1,370 + 2,315 \approx 6,600$$

となり、設計洪水流量 6,200 m³/s に対して、約 7% 弱の余裕がある。

3-5 減勢工形状

昭和 54 年度の洪水吐 1 次案における減勢工形状は、図-6a に示したようにダム調査事業所案としての漁獲池、魚道および減勢工下流河床の洗掘防止保護工を盛り込んだ形状とした。

これらの概要は、次に示すとおりである。

1. オリフィス減勢工は、排出土砂を考慮した噴流拡散型と跳水型の併用型とし、A、B 形状とも減勢工底面敷高は EL. 23.00 m で、この水平水叩き面と下流面形状との接続は半径 15 m のバケット円弧を挿入したものである。
2. クレスト A からの放流量は比較的単位幅流量が少ないのと下流水位を期待できることから、減勢工は順傾斜水叩き形状による跳水型とし、ローラーゲート下流面の EL. 29.00 m を傾斜始端標高とし勾配 1 : 4.0 の傾斜で水平水叩き面 EL. 23.00 m までの傾斜面とする。また、クレスト B の単位幅放流量はさらに少ないため、自由越流堤下流面標高 EL. 29.00 m から水平水叩き面とし、漁獲水深 3 m 以内を考慮した。
3. 減勢池規模は、53 年度までの実験結果を考慮して、オリフィスおよびクレストローラーゲートに対しては、下流形状末端から 85 m (ダム軸からの縦断距離) までを EL. 23.00 m の水平水叩き面とし、85 m から 170 m 区間で原河床 EL. 31.50 m に逆勾配ですりつけた形状である。また、自由越流堤に対する減勢池は、漁獲池を兼ねるため、ダム軸から 145 m までを EL. 29.00 m の水平面とし、145 m から 170 m 区間で原河床に 1 : 10 の逆勾配ですりつけた形状である。

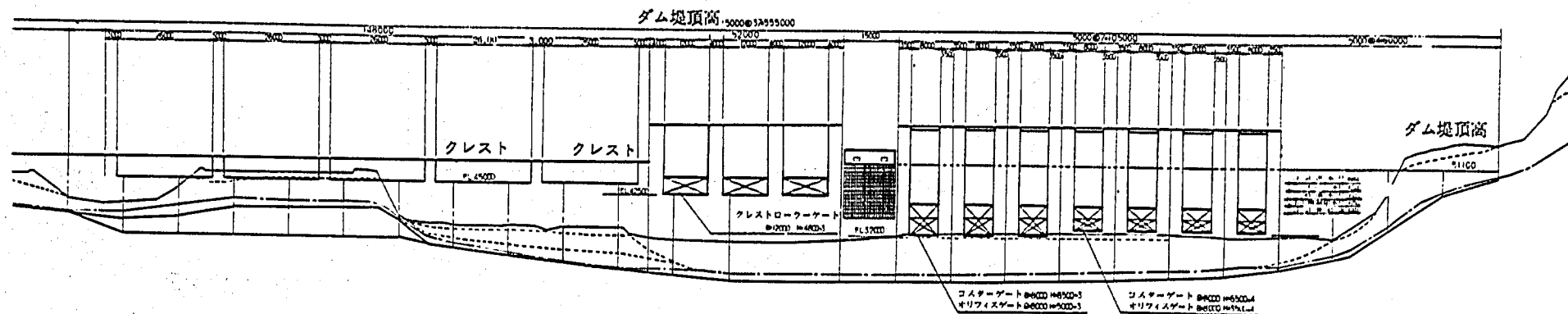


図-6b 二風谷ダム上流面図 (54年1次案)

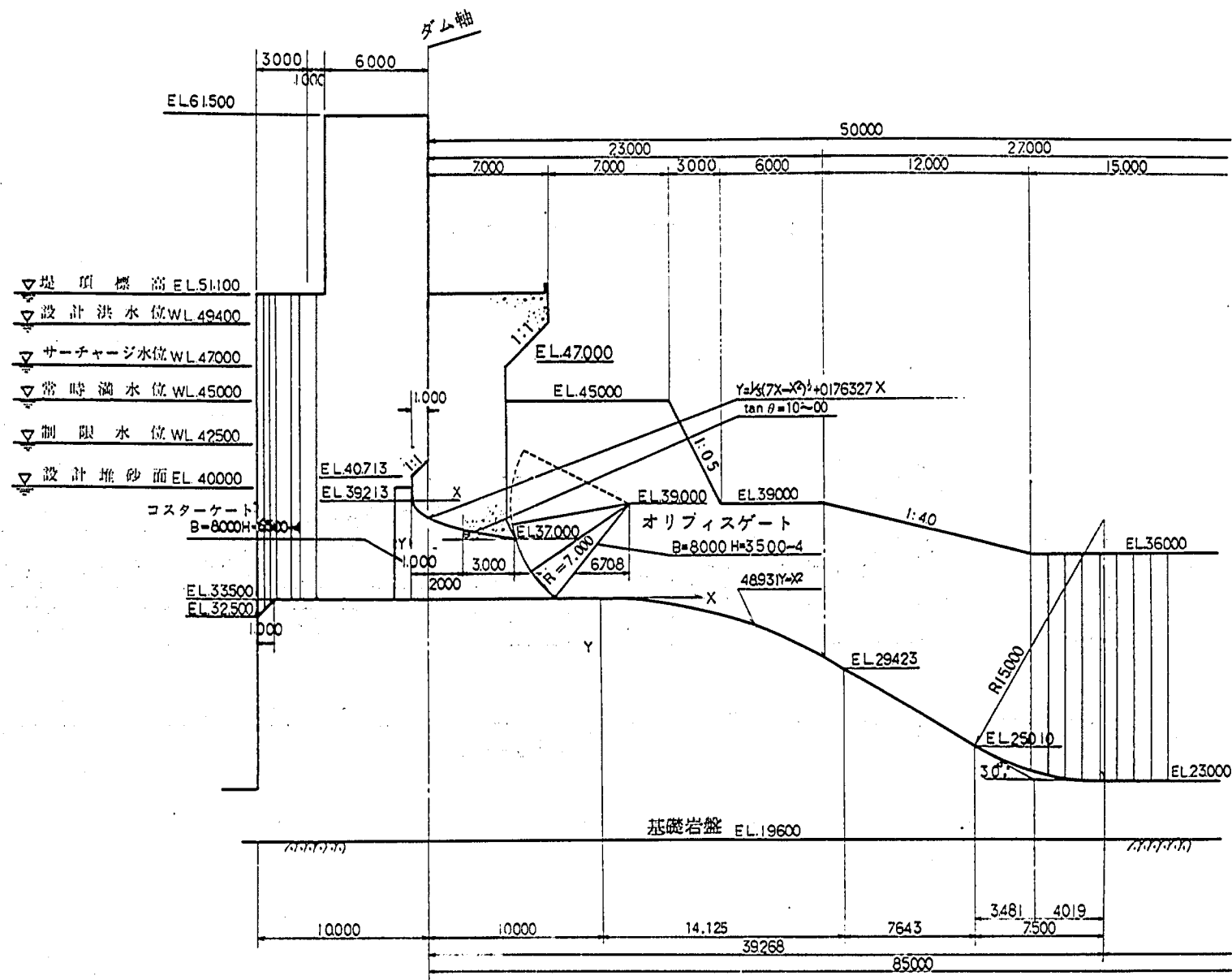


図6-c 二風谷ダムオリフィスA断面(54年1次案)

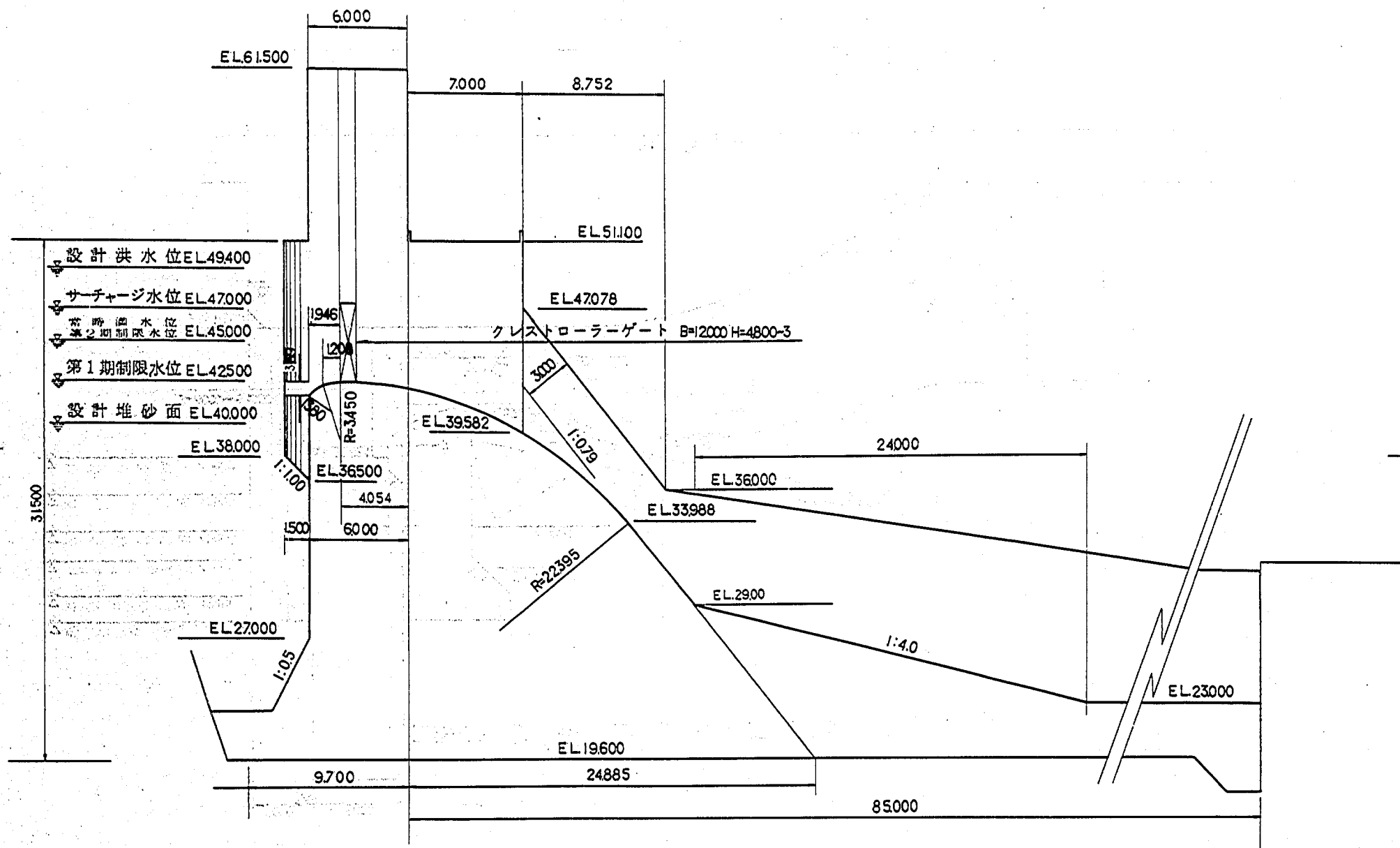


図-6e 越流部A断面 (54年1次案)

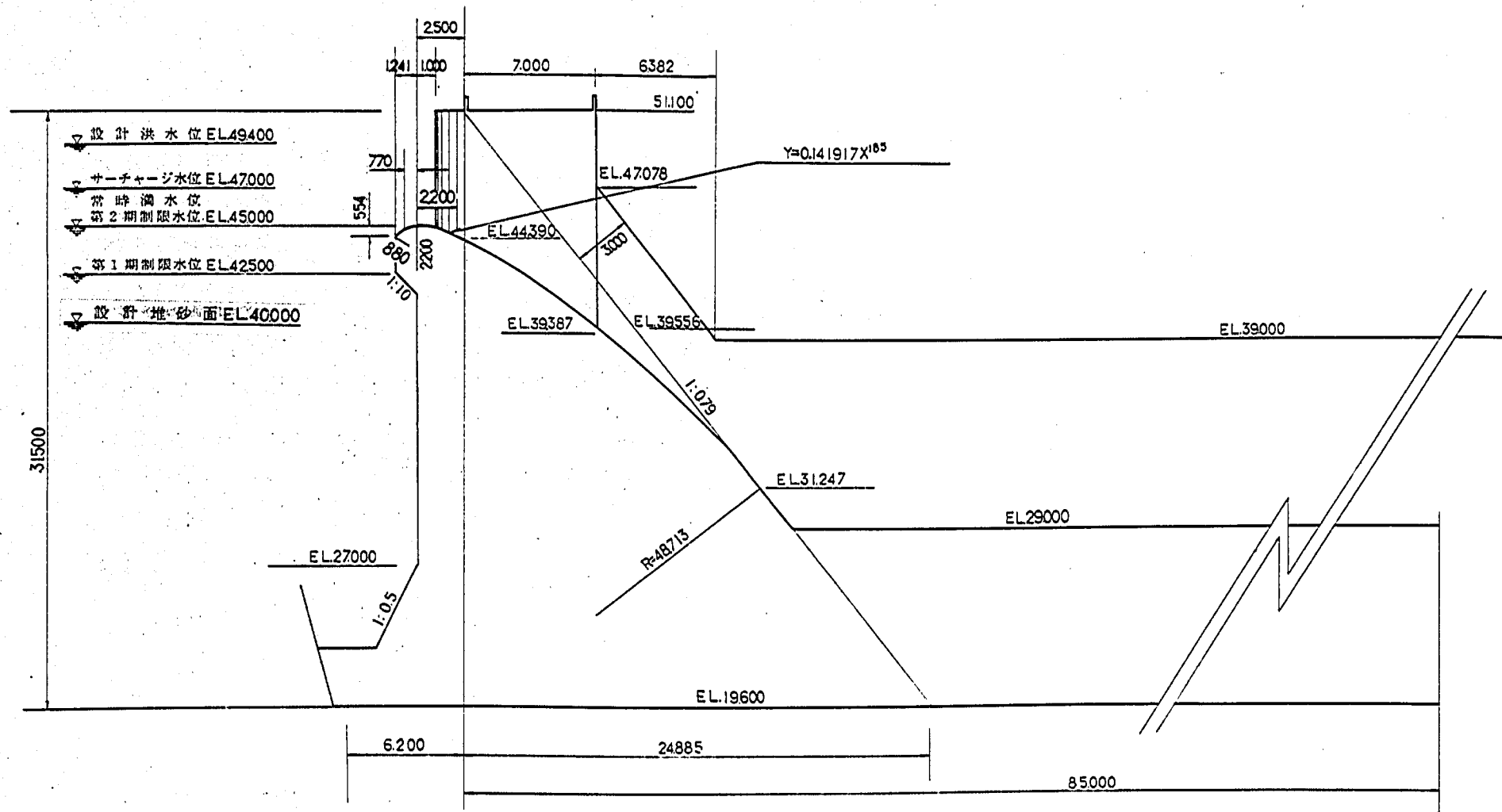


図-6f 越流部B断面 (54年1次案)

第2章 洪水吐の水理模型実験

第2章 洪水吐の水利模型実験

第1節 実験内容

二風谷ダム洪水吐として昭和53年度までに検討された、オリフィス5門（ $7.2\text{ m} \times 6.0\text{ m} \times 5\text{ 門} = 216\text{ m}^2$ ）およびクレスト8門（ 14.5 m 径間のフラップゲート8門）案では、放流能力が若干不足するのと、フラップゲート案に対する管理面での不安点があることから、前章で検討してきた54年度洪水吐1次案形状（図-6a～図-6f 参照）を変更設計案とした。

54年度の水利模型実験は、この変更設計案の全体模型および抽出模型に対して、次の検討内容で実施したものである。

1-1. 抽出模型実験の検討内容

オリフィスA、B両形状各1条とクレストゲート1門の抽出模型による検討内容は次に示すとおりである。

1. オリフィスA、B形状でのゲート開度と放流能力との関係を調査する。
2. オリフィスA、B形状のベルマウス上面での圧力分布について調査する。この場合の圧力測定は、主ゲート（ラジアルゲート）全開放流時が圧力的に最も危険側であることから、ゲート開度としては全開および全開時より 0.5 m 手前の開度（ $A = 3.0\text{ m}$ 開度、 $B = 4.5\text{ m}$ 開度）2種、貯水位はダム設計洪水水位およびサーチャージ水位2種の組合せについて実施する。
3. クレストA形状でのゲート開度と放流能力の関係を調査する。
4. クレストA形状のローラーゲート下流面の圧力分布について調査する。この場合の圧力測定はゲート 1.0 m 開度から 0.5 m ピッチで 4.5 m 開度までの最も圧力的に危険側となるダム設計洪水水位での放流状態で実施した。

1-2. 全体模型実験の検討内容

54年度洪水吐1次案の全体模型実験による検討内容は、次に示すとおりである。

1. 洪水吐1次案の形状図（図-6a～図-6b）に示したように、自由越流堤左岸側3門は河川敷内の段丘部にかかり、しかも、段丘部の天端高は自由越流堤天端高 $EL. 45.00\text{ m}$ より高いため流入部を閉塞している。したがって、この段丘部の掘削最適形状について水理的検討を加える。
2. 洪水吐全体放流時および各洪水吐単独放流時の放流能力について調査する。
3. 減勢工の最適形状および規模について検討する。
4. 護床工形状および規模と下流河床洗堀の関係を調査し、規模および形状について検討する。
5. 魚道の形状と位置について水理的検討を加える。

第2節 実験模型

2-1. 抽出模型

図-6c～図-6eに示す、オリフィスA、B形状各1条とクレストローラーゲート1門を抽出した模型は、実物との縮率 $1/40$ の幾可学的相似模型として、それぞれ木製加工による精巧モデルとして製作した。これらの抽出モデルは、それぞれ流入部の橋脚1対と主ゲートを取付け、図-7a～図-7cに示す各位置に圧力測定用ピエゾ管を埋設したものである。（写真No.1～No.5 参照）

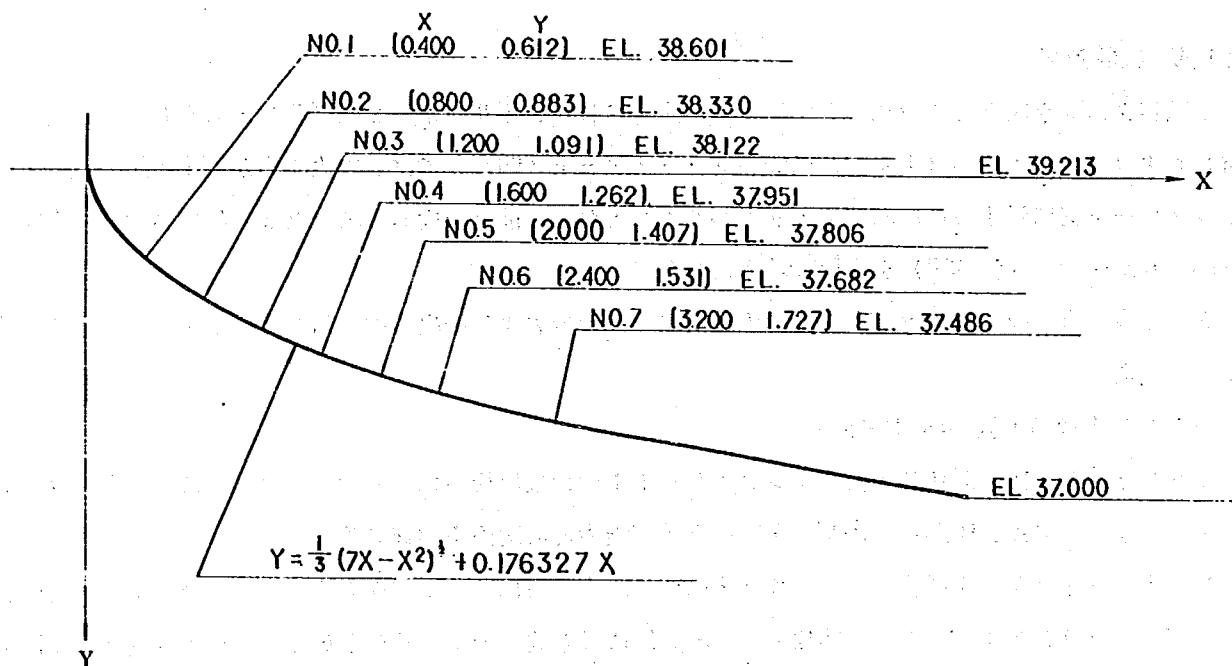


図-7a オリフィスA 圧力測定ピエゾ位置図

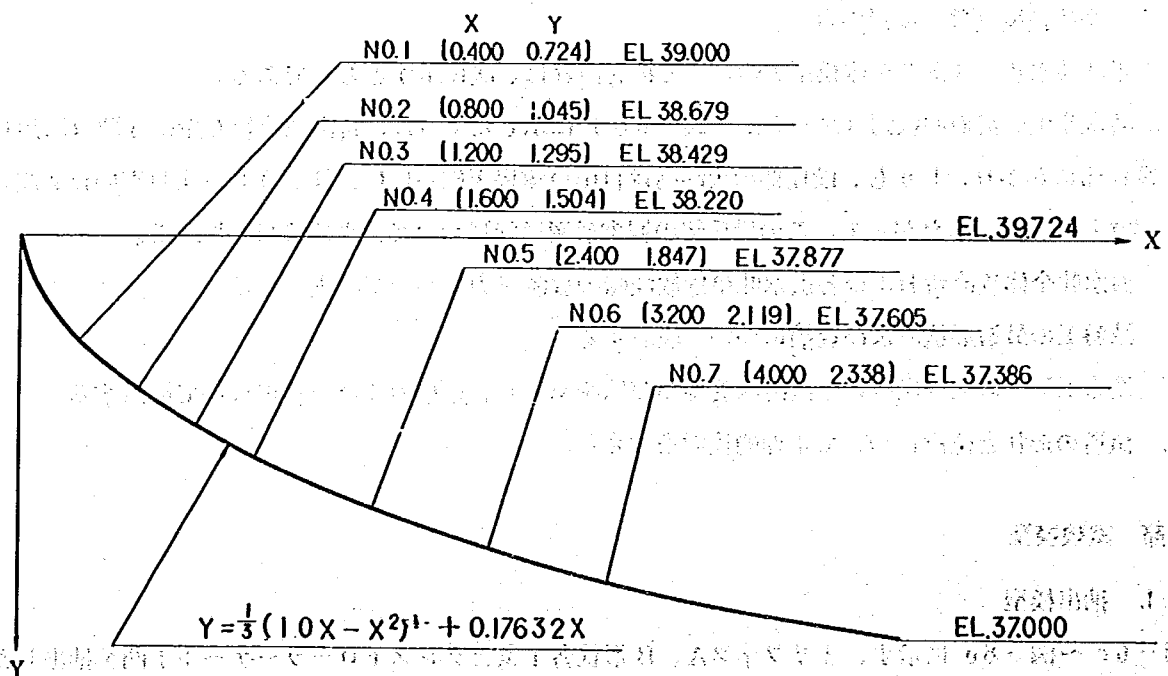


図-7b オリフィスB 圧力測定ピエゾ位置図

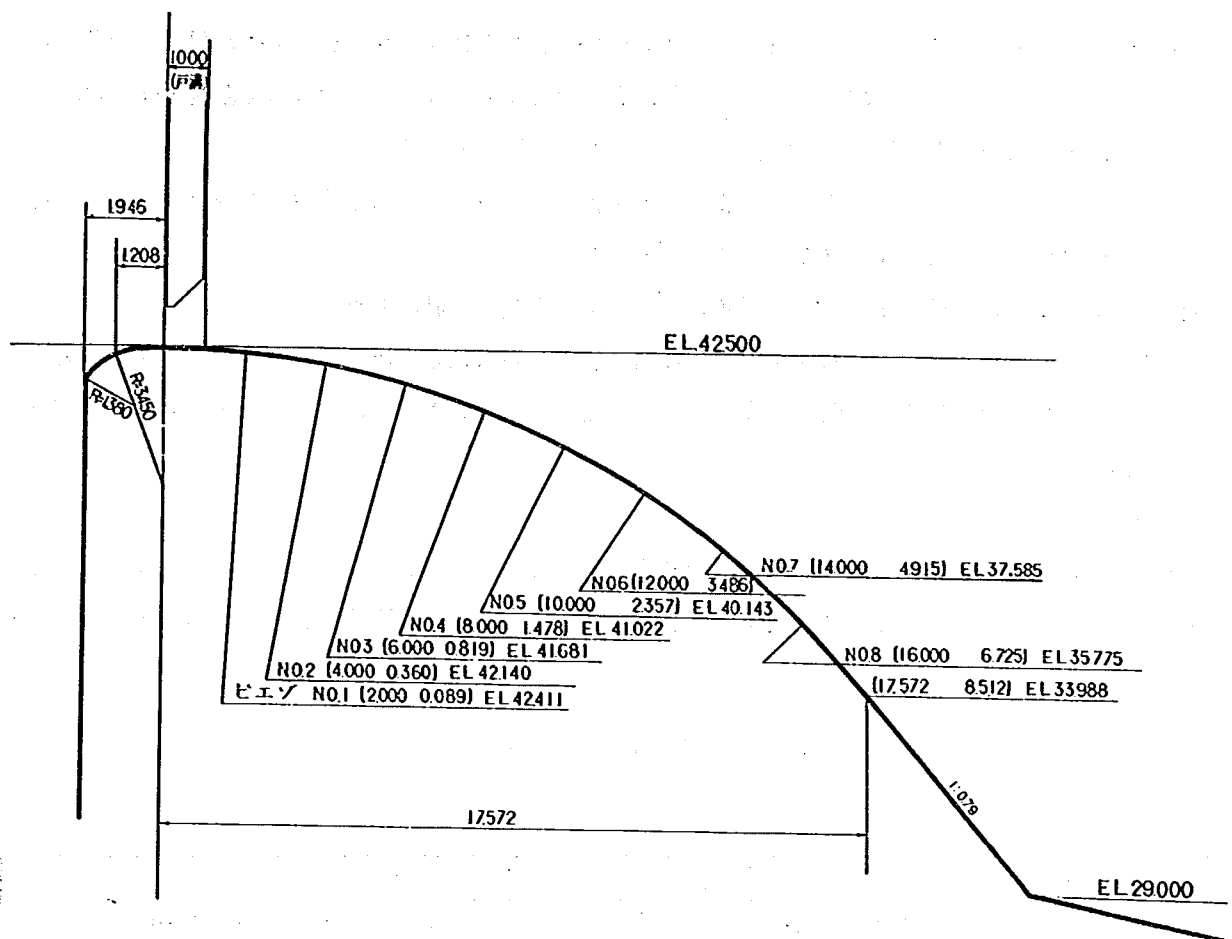


図-7c クレストA下流面圧力測定位置図

2-2. 全体模型

図-6a～図-6fに示した洪水吐1次案の実験用全体模型は、実験場の配置空間等の関係から、ダム軸を中心とした上、下流河道300m範囲を実物との縮率1/62.5の幾可学的相似模型として製作した。これらの製作模型の洪水吐、減勢工および魚道等は木製加工とし、ダム上流段丘部は現場の地形形状に合わせてモルタルで整形し、貯水池内と減勢工下流の河道河床はフルードの相似則に従って、現地での粒度分布試験結果に合わせた細砂を敷き並べ整形したものである。(写真No.6～No.7参照)

なお、以上の模型は、いずれも土木研究所ダム水理実験施設内に設置したものである。

第3節 実験方法

本実験は、設置模型に自動給水システムからフルード則に合わせた所定の水量を送り、その時の各模型の貯水位、流速、圧力および水面形等を計測し、送水量を変えて同様な計測を繰返し行う方法で実施したものである。

3-1 測定方法

実験での水理諸量は、次の方法でそれぞれ測定したものである。

流 量：模型に送水する鉄管の途中に設置された100mmφおよび300mmφの電磁流量計（公称精度±1%以内）によって計測した。この場合、2台の口径の異なる流量計は7.8ℓ/s～706.8ℓ/sの流量範囲を±1%以内の測定精度に収めるため使用している。

圧 力：模型の各位置に埋設した内径1mmφのピエゾ管にビニールホースで連結したマノメータの水柱高の最高値と最低値を1mmスケールで読みとった。

貯水位・水面形：読取り精度±0.1mmのポイントゲージを固定して計測した。

流 速：プロペラ式流速計の回転数を電氣的に計測し、この回数値から流速値を換算したものである。

流 況：流況観察は目視による判断と写真撮影（35mmおよび8mmカメラ、ビデオカメラ）によって行った。

3-2 相似則

本実験での水理現象は、重力の影響が支配的であると考えられるため、実物との相似率はフルードの相似則に従うものとした。したがって、抽出模型および全体模型での実物との関係は表-2に示すとおりである。

表-2 諸 量 の 縮 率

模 型	基 本 量	次 元	縮 率	
抽 出 模 型	長 さ ・ 水 深	L	η	1:40.00
	時 間	T	$\eta^{1/2}$	1:6.3245
	流 速	$L T^{-1}$	$\eta^{1/2}$	1:6.3245
	流 量	$L^3 T^{-1}$	$\eta^{3/2}$	1:10.119.3
	圧 力 ・ (水 柱)	L	η	1:40.00
全 体 模 型	長 さ ・ 水 深	L	η	1:62.50
	時 間	T	$\eta^{1/2}$	1:7.9057
	流 速	$L T^{-1}$	$\eta^{1/2}$	1:7.9057
	流 量	$L^3 T^{-1}$	$\eta^{3/2}$	1:30.881.9
	圧 力 ・ (水 柱)	L	η	1:62.50

第4節 抽出模型実験

4-1 オリフィスA形状の検討

1. 放流機能の検討

オリフィスA形状の抽出模型での各ゲート開度ごとの貯水位と放流量の測定結果を整理し、実物換算値表としてまとめ表-3に示す。表中のH/Dは(2式に示した貯水頭(H)とゲート出口高(D)との比であり、流量係数Cの値は(2式により求めたものである。

これらの結果から、オリフィスA形状4条に換算された各ゲート開度ごとの放流能力曲線は図-8となる。

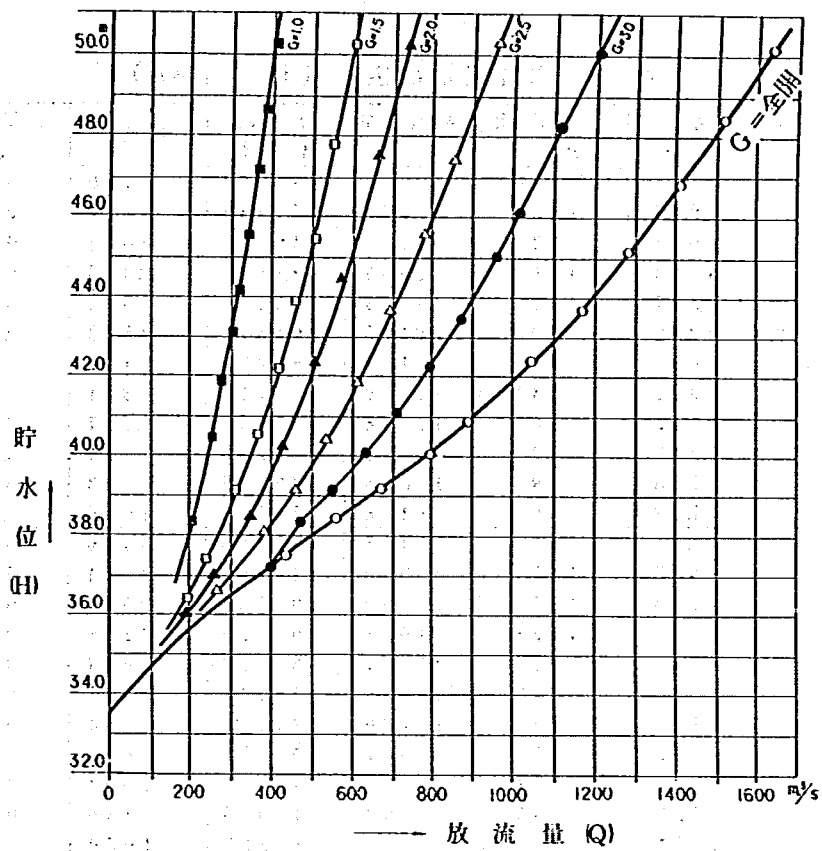


図-8 オリフィス放流能力曲線 4条合計量 (タイプA形状)

図-9は、表-3のCとH/Dの関係を図示したもので、この図から、CとH/Dの関係において、

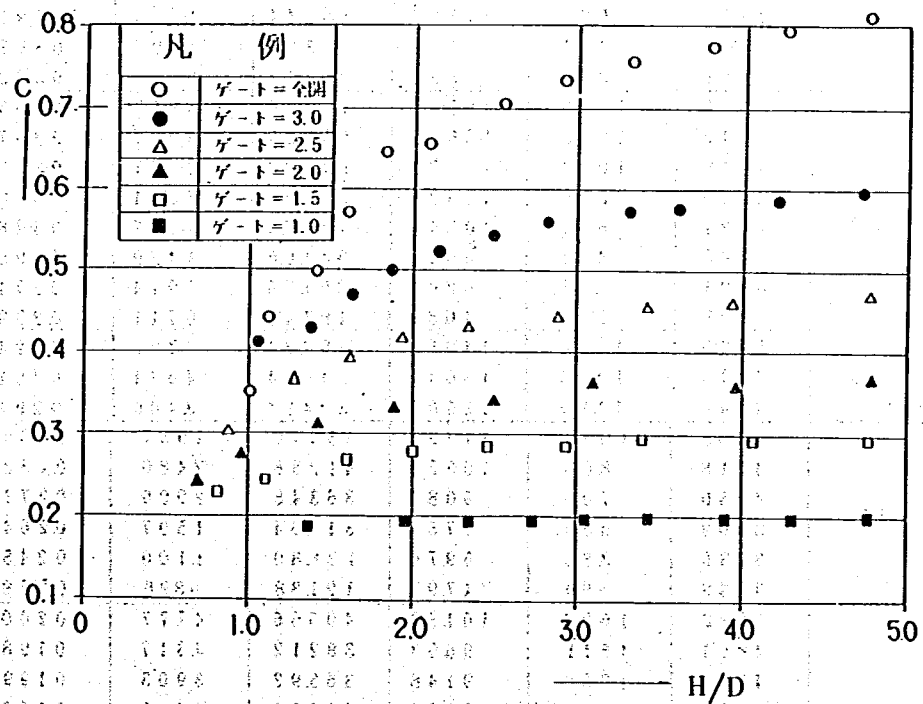


図-9 C~H/D関係図 (オリフィスA)

ゲート開度が小さい場合はH/Dの値に対しては比較的一定値となるが、開度が大きくなるにつれH/Dの増加と共にCの値も増加傾向を示している。

表-3 水理諸量数値表 (オリフィスA)

ゲート開度 (G・m)	貯水位 (WL・m)	越流水深 (H・m)	放流量 (Q, m ³ /sec)		H/D	流量係数 C
			1 条	4 条		
全 開 (3.5)	50.16	16.66	40831	163324	4760	0.806
	48.47	14.97	37987	151948	4277	0.792
	46.81	13.31	35154	140616	3803	0.777
	45.13	11.63	31956	127824	3323	0.756
	43.77	10.27	29103	116412	2934	0.733
	42.40	8.90	26128	104512	2543	0.707
	40.85	7.35	22121	88484	2100	0.658
	39.91	6.41	20279	81116	1831	0.646
	39.16	5.66	16798	67192	1617	0.570
	38.47	4.97	13823	55298	1420	0.502
	37.43	3.93	10828	43312	1123	0.441
	37.02	3.52	8136	32544	1006	0.350
3.0	50.11	16.61	30115	120460	4746	0.596
	48.25	14.75	28050	112200	4214	0.589
	46.08	12.58	25399	101596	3594	0.577
	45.01	11.51	24023	96092	3288	0.571
	43.42	9.92	21857	87428	2834	0.559
	42.22	8.72	19935	79740	2491	0.544
	41.04	7.54	17780	71120	2154	0.522
	40.02	6.52	15907	63628	1863	0.502
	39.11	5.61	13782	55128	1603	0.469
	38.35	4.85	11759	47036	1386	0.430
	37.24	3.74	9967	39868	1069	0.415
2.5	50.37	16.87	23902	95608	4820	0.469
	47.38	13.88	21271	85084	3966	0.460
	45.54	12.04	19550	78200	3440	0.454
	43.64	10.14	17446	69864	2897	0.442
	41.86	8.36	15401	61604	2389	0.429
	40.38	6.88	13519	54076	1966	0.415
	39.15	5.65	11536	46144	1614	0.391
	38.04	4.54	9451	37804	1297	0.357
	36.59	3.09	6598	26392	0883	0.302
2.0	50.36	16.86	18599	74396	4817	0.365
	47.49	13.99	16555	66220	3997	0.357
	44.48	10.98	14470	57880	3137	0.352
	42.29	8.79	12525	50100	2511	0.340
	40.21	6.71	10544	42176	1917	0.328
	38.47	4.97	8541	34164	1420	0.309
	36.91	3.41	6294	25176	0974	0.274
	35.99	2.49	4685	18740	0711	0.239
1.5	50.25	16.75	14956	59824	4786	0.294
	47.75	14.25	13641	54564	4071	0.291
	45.40	11.90	12606	50424	3400	0.294
1.5	43.85	10.35	11394	45576	2957	0.285
	42.18	8.68	10322	41288	2480	0.282
	40.50	7.00	9087	36348	2000	0.277
	39.09	5.59	7751	31004	1597	0.264
	37.35	3.85	5970	23880	1100	0.245
	36.39	2.89	4797	19188	0826	0.229
1.0	50.22	16.72	10139	40556	4777	0.200
	48.61	15.11	9553	38212	4317	0.198
	47.16	13.66	9148	36592	3903	0.199
	45.55	12.05	8520	34080	3443	0.197
	44.10	10.60	7954	31811	3029	0.197
	43.05	9.55	7508	30032	2729	0.195
	41.82	8.32	6901	27604	2377	0.193
	40.40	6.90	6254	25016	1971	0.192
	38.31	4.81	5060	20240	1374	0.185

2. 放流機能曲線の作成

表-3に示した流量係数がゲート開度と H/D との関係で表わすことができれば放流機能曲線が作成でき、ダム洪水制御管理を簡明化できる。

図-9に示した C と H/D との関係で明らかなように、 C は貯水頭とゲート開度によって左右されている。

そこで、放流機能曲線式は、次式で与えることができると考える。

$$Q = C \cdot A \sqrt{2gH} \dots\dots\dots(4)$$

$$C = C_o \cdot G \sqrt{1 - \left(\frac{D}{H}\right) G} \dots\dots\dots(5)$$

ここに、 A ：オリフィス A の流出断面積（＝28㎡）

H ：ゲート敷から貯水位までの水頭（m）

C_o ：補正係数

G ：ゲート開度（＝ゲート開き／3.5m）

D ：オリフィス A の吐口断面高（＝3.5m）

表-3の資料を用いて(5)式から C_o の値を求めると表-4となる。この表-4から明らかなように、

表-4 補正係数値表（オリフィス A ）

ゲート開き 1.0 m		1.5 m		2.0 m		2.5 m		3.0 m		3.5 m	
H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o
1.97	0.727	1.10	0.731	1.42	0.699	1.61	0.733	2.15	0.784	2.10	0.909
2.38	0.720	1.60	0.720	1.92	0.685	1.96	0.728	2.49	0.783	2.54	0.908
2.73	0.721	2.00	0.729	2.51	0.677	2.38	0.717	2.83	0.780	2.93	0.903
3.03	0.724	2.48	0.723	3.14	0.681	2.89	0.713	3.29	0.774	3.32	0.904
3.44	0.720	2.96	0.719	4.00	0.674	3.44	0.714	3.60	0.771	3.80	0.905
3.90	0.723	3.40	0.733	4.82	0.680	3.96	0.711	4.21	0.769	4.28	0.905
4.32	0.717	4.07	0.717			4.82	0.711	4.74	0.768	4.76	0.907
4.78	0.722	4.79	0.718								

各ゲート開度において表に示した H/D の範囲では、 C_o の値はほぼ一定値なる関係となっている。こ

のほぼ一定値の C_o の平均値を計算してまとめると表-5となる。

表-5 C_o の平均値
（オリフィス A ）

表-5から明らかなように、今回のゲート開度の調査範囲では、2.0m開度（約57%開度）において C_o の値が極小値となっている。これは、ゲート半開放流によって流出する水束がラジアルゲートの円弧面の影響で縮流されるが、この縮流の比率（＝ゲート半開時の吐口断面積／縮流を受けた最小流出断面積）が2.0m開度で最も大きくなるものと考えられる。

さらにゲート開度が小さくなると C_o の値は大きくなるが、これには次の2つの要因が考えられる。1番目として、ゲートエッジ点における接線

ゲート開き	C_o の平均値
3.5 m	0.905
3.0 m	0.774
2.5 m	0.718
2.0 m	0.682
1.5 m	0.723
1.0 m	0.722

角と水平軸とのなす角度が、ゲート開度が小さくなればなる程小さくなり、それだけ縮流の影響も小さくなる。2 番目は実験において、ゲート開度が小さくなれば流量値も小さくなり、それだけ誤差のパーセンテージも大きくなるためと考えられる。

以上の事項を考慮して、 Co にゲート開度 G の重みをかけて最小 2 乗法により近似曲線を求めると、

$$Co G = 0.750G - 0.313G^3 + 0.469G^5 \dots\dots\dots(6)$$

が得られる。

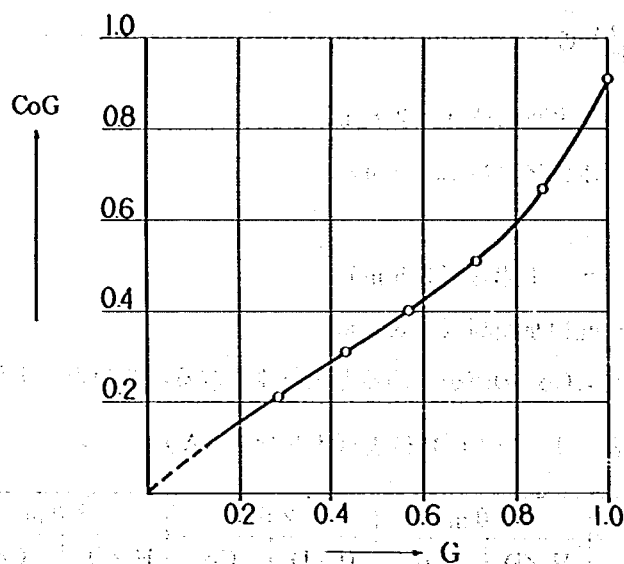


図-10 $Co G \sim G$ の関係図 (オリフィスA)

図-10は $Co G$ と G との関係を示したもので、図中の実線は(6)式により求めた値で、白マル印は表-5の Co の平均値に G を乗算してプロットしたものである。

この結果、(6)式は放流機能曲線として十分に実用上使用できるものと判断できる。

したがって、オリフィスA形状での放流機能曲線式は(5)に(6)式を代入して得られる次式となる。

$$Q = n \cdot C \cdot A \sqrt{2gH} \dots\dots\dots(7)$$

$$C = (0.750G - 0.313G^3 + 0.469G^5) \sqrt{1 - \left(\frac{D}{H}\right)G} \dots\dots\dots(8)$$

ただし、 n ：オリフィスAの条数(4)、 G ：ゲート開度 (=ゲート開き/3.5 m) (7)および(8)式によって放流条件を与えて試算すると、WL. 47.00 mで約1,420 m^3/s 、WL. 49.40 mで約1,581 m^3/s となり、この値は実験結果である図-8に示した放流能力曲線にほぼ一致している。

3. 圧力測定結果

図-7a に示したベルマウス上面での圧力測定結果を整理し表-6にまとめた。

7170	m/s
8800	m/s
8870	m/s
8870	m/s

表-6 圧力測定結果数値表 (オリフィスA)

実験条件			実験条件			実験条件			実験条件		
貯水位	WL. 49.93 m		貯水位	WL. 46.98 m		貯水位	WL. 50.12 m		貯水位	WL. 46.12 m	
流量	40406 m ³ /s		流量	35468 m ³ /s		流量	30692 m ³ /s		流量	25905 m ³ /s	
ゲート開度	G = 3.5 m		ゲート開度	G = 3.5 m		ゲート開度	G = 3.0 m		ゲート開度	G = 3.0 m	

測点 No.	ピエゾ標高 (E.L. m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)	圧力水頭 (m)	ピエゾ標高 (E.L. m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)	圧力水頭 (m)	測点 No.	ピエゾ標高 (E.L. m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)	圧力水頭 (m)	ピエゾ標高 (E.L. m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)	圧力水頭 (m)
1	38601	3956	0.959	38601	3936	0.759	1	38601	4424	5.639	38601	4220	3.599
2	38330	4016	1.830	38330	3960	1.270	2	38330	4456	6.230	38330	4228	3.950
3	38122	4036	2.238	38122	3972	1.598	3	38122	4476	6.638	38122	4240	4.278
4	37951	4036	2.409	37951	3968	1.729	4	37951	4476	6.809	37951	4236	4.409
5	37806	4012	2.314	37806	3944	1.634	5	37806	4472	6.914	37806	4232	4.514
6	37682	4000	2.318	37682	3932	1.638	6	37682	4480	7.118	37682	4240	4.718
7	37486	3972	2.234	37486	3912	1.634	7	37486	4500	7.514	37486	4252	5.034

表-7 圧力降下係数値表

実験条件		オリフィス形状	Aタイプ
ゲート開度		3.5	

放流条件	貯水位 (WL. m)	49.93
	流量 (m ³ /s)	40406

放流条件	貯水位 (WL. m)	46.98
	流量 (m ³ /s)	35468

測線	番号	X/L	ピエゾ標高 (E.L. m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)	圧力水頭 (m)	圧力降下係 数 (C _D)
上	1	0.067	38601	3956	0.959	0.976
	2	0.133	38330	4016	1.830	0.920
	3	0.200	38122	4036	2.238	0.901
	4	0.267	37951	4036	2.409	0.901
	5	0.333	37806	4012	2.314	0.923
面	6	0.400	37682	4000	2.318	0.935
	7	0.533	37486	3972	2.234	0.961

測線	番号	X/L	ピエゾ標高 (E.L. m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)	圧力水頭 (m)	圧力降下係 数 (C _D)
上	1	0.067	38601	3936	0.759	0.931
	2	0.133	38330	3960	1.270	0.902
	3	0.200	38122	3972	1.598	0.887
	4	0.267	37951	3968	1.729	0.892
	5	0.333	37806	3944	1.634	0.921
面	6	0.400	37682	3932	1.638	0.936
	7	0.533	37486	3912	1.634	0.961

実験条件		オリフィス形状	Aタイプ
ゲート開度		3.0	

放流条件	貯水位 (WL. m)	50.12
	流量 (m ³ /s)	30692

放流条件	貯水位 (WL. m)	46.12
	流量 (m ³ /s)	25905

測線	番号	X/L	ピエゾ標高 (E.L. m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)	圧力水頭 (m)	圧力降下係 数 (C _D)
上	1	0.067	38601	4424	5.639	0.705
	2	0.133	38330	4456	6.230	0.666
	3	0.200	38122	4476	6.638	0.642
	4	0.267	37951	4476	6.809	0.642
	5	0.333	37806	4472	6.914	0.647
面	6	0.400	37682	4480	7.118	0.638
	7	0.533	37486	4500	7.514	0.614

測線	番号	X/L	ピエゾ標高 (E.L. m)	ピエゾ水頭 (E.L. m)	圧力水頭 (m)	圧力降下係 数 (C _D)
上	1	0.067	38601	4220	3.599	0.660
	2	0.133	38330	4228	3.950	0.646
	3	0.200	38122	4240	4.278	0.626
	4	0.267	37951	4236	4.409	0.633
	5	0.333	37806	4232	4.514	0.639
面	6	0.400	37682	4240	4.718	0.626
	7	0.533	37486	4252	5.034	0.606

この結果から、各測点でのピエゾ水頭を図示したのが図-11である。

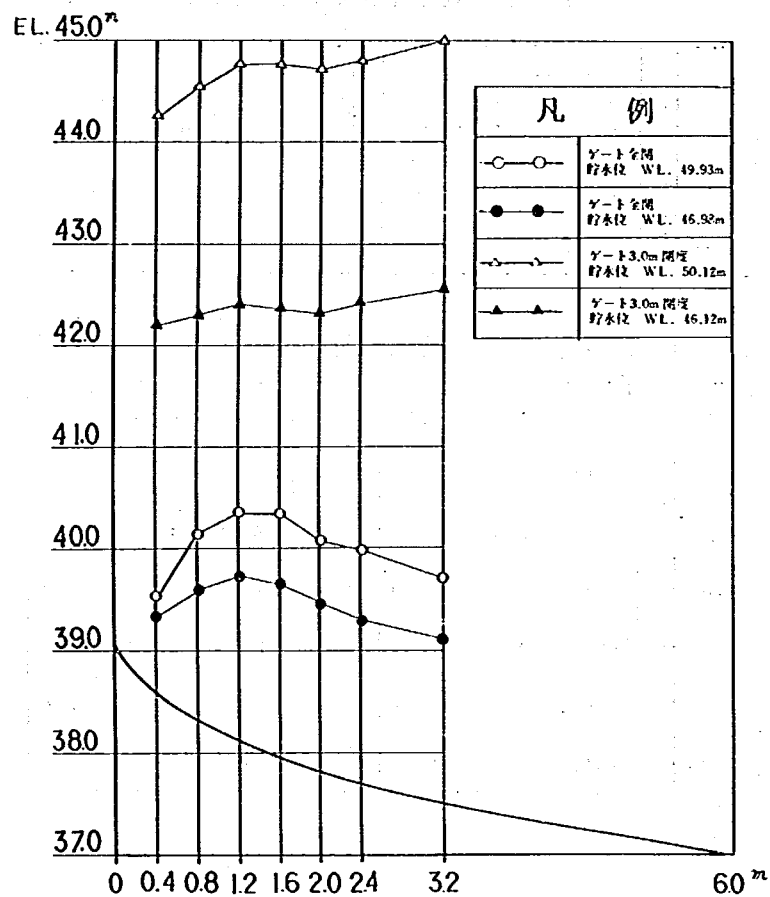


図-11 上面ベルマウス部の圧力分布図(オリフィスA)

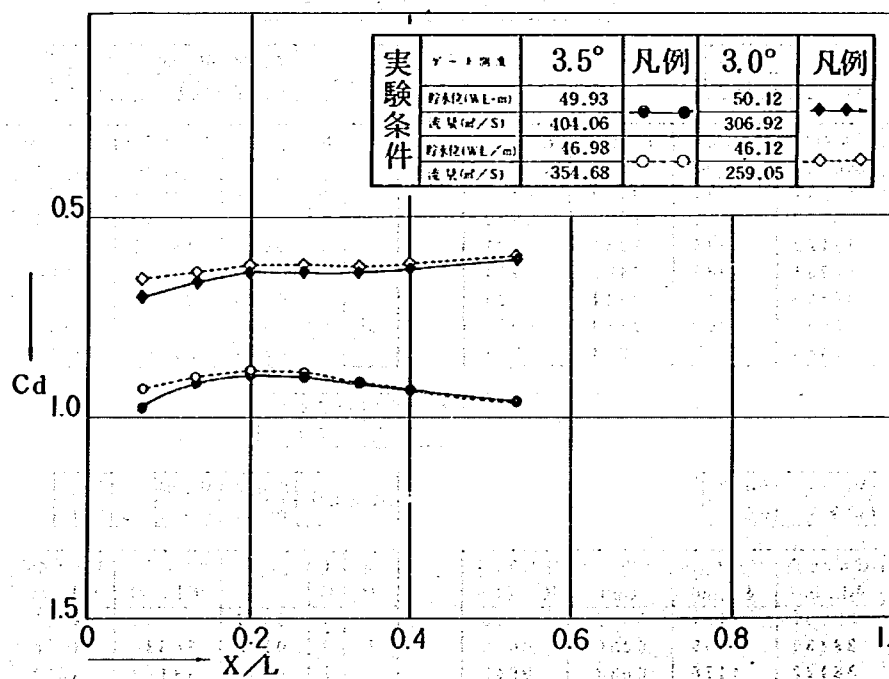


図-12 圧力降下係数 c_d と X/L の関係(オリフィスA)

次に表-6の資料から、各測点での圧力損失を知るため、次式によって圧力降下係数を求めた。

$$H_D = C_D \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(9)$$

ここに、 H_D : 貯水池水頭 (貯水位-ピエゾ標高) - (各測点ピエゾ水頭-ピエゾ標高)

C_D : 圧力降下係数

V : 管内平均流速で $V=Q/A$ (Q =放流量、 A =吐口断面積)

表-7は、この(9)式によって求めた圧力降下係数値をまとめたものである。この表中の X/L は、オリフィス呑口からピエゾ各測点までの水平距離(X)を管長($L=6.0$ m)で除算して無次元化した値である。これらの結果は図-12に示すとおりである。

図-11および図-12から明らかなように、管内圧力値はすべて正圧であり、圧力降下値もほとんど一定値を示すように管内では局所的圧力変動はないものと判断できる。

なお、図-12は $X/L=0.53$ で測点が終わっているが、 $X/L=0.5$ から出口($X/L=1.0$)まで 10° 勾配の直線で絞っており、それ以上の X/L 範囲においても圧力的問題は生じないものと考えられる。

以上の結果から、オリフィスA形状の設計形状は圧力的に問題がないものと判断できる。ただし、製作、施工面で局部的凹凸が生じないことが前提条件となる。

4-2. オリフィスB形状の検討

1. 放流機能の検討

オリフィスB形状の抽出実験結果をオリフィスAと同様にまとめ表-8に示す。この表中の値もすべてA形状と同様な方法で求めたものである。表-8(1)(2)

0.010	0.023	0.0003	0.0100	0.011	
0.019	0.032	0.0012	0.0110	0.012	
0.030	0.033	0.0027	0.0110	0.011	
0.040	0.032	0.0032	0.0110	0.012	
0.050	0.030	0.0043	0.0110	0.013	
0.060	0.031	0.0050	0.0110	0.012	
0.070	0.031	0.0053	0.0110	0.011	0.004
0.080	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.090	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.100	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.110	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.120	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.130	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.140	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.150	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.160	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.170	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.180	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.190	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.200	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.210	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.220	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.230	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.240	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.250	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.260	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.270	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.280	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.290	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.300	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.310	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.320	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.330	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.340	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.350	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.360	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.370	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.380	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.390	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.400	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.410	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.420	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.430	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.440	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.450	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.460	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.470	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.480	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.490	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.500	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.510	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.520	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.530	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.540	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.550	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.560	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.570	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.580	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.590	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.600	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.610	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.620	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.630	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.640	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.650	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.660	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.670	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.680	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.690	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.700	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.710	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.720	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.730	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.740	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.750	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.760	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.770	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.780	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.790	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.800	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.810	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.820	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.830	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.840	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.850	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.860	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.870	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.880	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.890	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.900	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.910	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.920	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.930	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.940	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.950	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.960	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.970	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.980	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
0.990	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004
1.000	0.030	0.0050	0.0110	0.011	0.004

表-8(1) 水理諸量数値表 (オリフィスB)

ゲート開度 (G. m)	貯 水 位 (WL. m)	越 流 水 深 (H. m)	放 流 量 (Q. m ³ /sec)		H/D	流 量 係 数 C
			1 条	3 条		
全 開 (5.0)	49.88	17.88	575.98	1727.94	3.576	0.769
	49.03	17.03	557.06	1671.18	3.406	0.762
	47.00	15.00	507.98	1523.94	3.000	0.741
	44.99	12.99	454.05	1362.15	2.598	0.711
	43.56	11.56	412.36	1237.08	2.312	0.685
	41.74	9.74	354.48	1063.44	1.948	0.641
	40.28	8.28	304.39	913.17	1.656	0.597
	39.41	7.41	257.33	771.99	1.482	0.534
	38.42	6.42	207.14	621.42	1.284	0.462
	37.32	5.32	155.63	466.89	1.064	0.381
	35.93	3.93	98.16	294.48	0.786	0.280
	34.73	2.73	55.66	166.98	0.546	0.190
4.5	50.44	18.44	454.55	1363.65	3.688	0.597
	48.60	16.60	426.22	1278.66	3.320	0.590
	46.80	14.80	395.86	1187.58	2.960	0.581
	45.15	13.15	365.30	1095.90	2.630	0.569
	43.62	11.62	334.24	1002.72	2.324	0.553
	42.37	10.37	305.30	915.90	2.074	0.535
	41.17	9.17	273.70	821.10	1.834	0.510
	39.17	7.17	243.87	731.61	1.434	0.495
4.0	50.92	18.92	396.17	1188.51	3.784	0.514
	49.27	17.27	375.73	1127.19	3.454	0.510
	47.78	15.78	356.40	1069.20	3.156	0.506
	46.30	14.30	333.63	1000.89	2.860	0.498
	45.03	13.03	313.90	941.17	2.606	0.486
	43.80	11.80	293.46	880.38	2.360	0.482
	42.80	10.80	273.52	820.56	2.160	0.470
	42.06	10.06	260.06	780.18	2.012	0.463
	40.84	8.84	234.77	704.31	1.768	0.445
	39.84	7.84	212.50	537.50	1.568	0.428
	36.89	4.89	134.59	403.77	0.978	0.343
3.5	50.22	18.22	336.67	1010.01	3.644	0.445
	47.95	15.95	310.86	932.58	3.190	0.442
	46.53	14.53	294.17	882.51	2.906	0.435
	44.85	12.85	271.90	815.70	2.570	0.426
	42.98	10.98	243.37	730.11	2.196	0.414
	41.47	9.47	218.78	656.34	1.894	0.401
	38.76	6.76	166.66	499.98	1.352	0.361
	38.12	6.12	153.10	459.30	1.224	0.349
	36.90	4.90	129.73	389.19	0.980	0.330
	36.39	4.39	116.07	348.21	0.878	0.296
3.0	50.90	18.90	296.29	888.87	3.780	0.384
	47.13	15.13	260.87	782.61	3.026	0.378

表-8(2) 水理諸量数値表(オリフィスB)

ゲート開度 (G. m)	貯 水 位 (WL. m)	越流水深 (H. m)	放 流 量 (Q. m ³ /sec)		H/D	流量係数 C
			1 条	3 条		
3.0	44.77	12.77	234.77	704.31	2.554	0.370
	42.01	10.01	200.06	600.18	2.002	0.357
	40.73	8.73	182.15	546.45	1.746	0.348
	39.40	7.40	160.59	481.77	1.480	0.333
	38.13	6.13	137.92	413.76	1.226	0.314
	35.88	3.88	95.93	287.79	0.776	0.319
2.5	50.80	18.80	250.65	751.95	3.760	0.326
	48.48	16.48	231.93	695.79	3.296	0.322
	46.61	14.01	210.48	631.44	2.802	0.316
	44.44	12.44	196.11	588.33	2.488	0.313
	42.50	10.50	177.09	531.27	2.100	0.308
	40.06	8.06	149.26	447.78	1.612	0.296
	38.15	6.15	121.73	365.19	1.230	0.271
	36.70	4.70	97.46	292.38	0.940	0.253
	35.06	3.06	66.48	199.44	0.612	0.214
2.0	50.36	18.36	202.38	607.14	3.672	0.266
	48.17	16.17	186.90	560.07	3.234	0.262
	45.82	13.82	170.81	512.43	2.764	0.259
	43.76	11.76	155.84	467.52	2.352	0.256
	41.82	9.82	139.95	419.85	1.964	0.252
	40.19	8.19	124.47	373.41	1.638	0.245
	38.63	6.63	108.76	326.28	1.326	0.238
	36.65	4.65	85.00	255.00	0.930	0.225
	35.02	3.02	59.70	179.10	0.604	0.193
1.5	50.39	18.39	157.56	472.68	3.678	0.207
	48.62	16.62	148.35	445.05	3.324	0.205
	46.61	14.61	138.43	415.29	2.922	0.205
	44.64	12.64	127.50	382.50	2.528	0.202
	42.56	10.56	115.36	346.08	2.112	0.200
	39.73	7.73	96.13	288.39	1.546	0.195
	38.16	6.16	82.98	248.94	1.232	0.188
	36.53	4.53	67.60	202.80	0.906	0.179
1.0	49.23	17.23	104.23	312.69	3.446	0.141
	47.29	15.29	98.76	296.28	3.058	0.142
	45.66	13.66	92.29	276.87	2.732	0.142
	44.12	12.12	86.62	259.86	2.424	0.140
	42.09	10.09	78.12	234.36	2.018	0.140
	40.82	8.82	73.06	219.18	1.764	0.138
	39.62	7.62	67.39	202.17	1.524	0.131
	38.88	6.88	63.14	189.42	1.376	0.135

これらの結果から、オリフィスB形状3条に換算された各ゲート開度ごとの放流能力曲線は図-13となる。

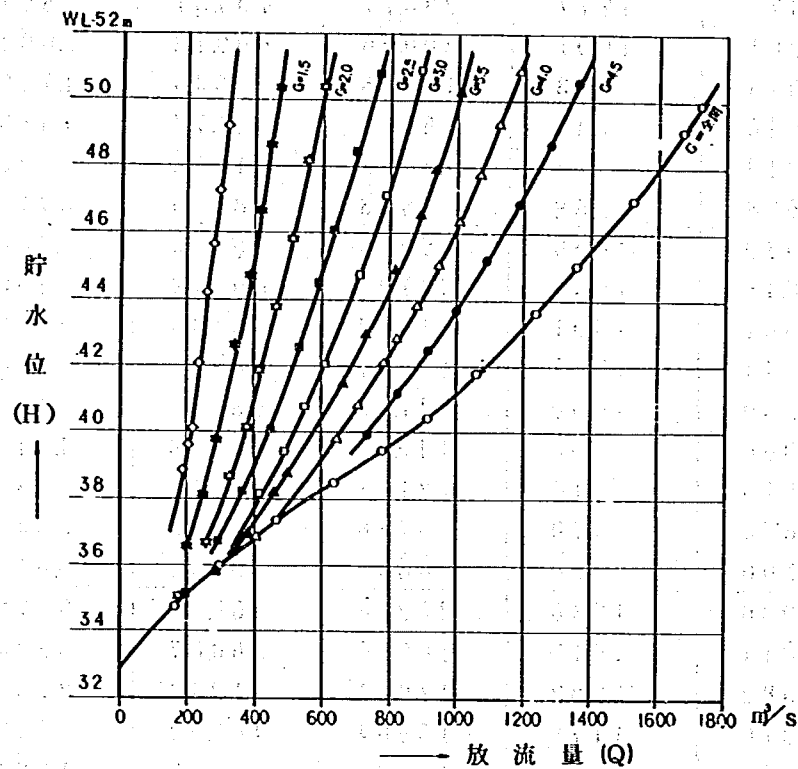


図-13 オリフィス放流能力曲線 3条合計量 (タイプB形状)

2. 放流機能曲線の作成

A形状と同様に表-8の資料を用いて(5)式から C_o の値を求めると表-9となる。

表-9 補正係数値表 (オリフィスB)

ゲート開き1.0m		ゲート開き1.5m		2.0m		2.5m		3.0m		3.5m		4.0m		4.5m		5.0m	
H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o	H/D	C_o
1.38	0.730	0.91	0.729	1.64	0.704	1.23	0.704	1.48	0.719	1.90	0.721	2.16	0.740	2.07	0.789	1.95	0.918
1.52	0.734	1.23	0.720	1.96	0.705	1.61	0.712	1.75	0.715	2.20	0.716	2.36	0.740	2.32	0.784	2.31	0.910
1.76	0.732	1.55	0.724	2.35	0.710	2.10	0.705	2.00	0.711	2.57	0.713	2.61	0.739	2.63	0.779	2.60	0.906
2.02	0.737	2.11	0.719	2.76	0.700	2.49	0.700	2.55	0.705	2.91	0.713	2.86	0.733	2.96	0.773	3.00	0.907
2.42	0.733	2.53	0.717	3.23	0.699	2.80	0.697	3.03	0.703	3.19	0.714	3.16	0.732	3.32	0.767	3.41	0.906
2.73	0.737	2.92	0.715	3.67	0.704	3.29	0.700	3.78	0.697	3.64	0.707	3.45	0.727	3.69	0.762	3.58	0.906
3.06	0.734	3.32	0.716			3.76	0.700					3.78	0.724				
3.45	0.726	3.68	0.719														

ただし、(5)式に使用する。 $G = (\text{ゲート開き} / 5.0 \text{ m})$ 、 $D = 5.0 \text{ m}$ とする。

また、表-9のCoの平均値を計算してまとめると表-10となる。

表-10 Coの平均値
(オリフィスB)

ゲート開き	Coの平均値
5.0 m	0.909
4.5 m	0.775
4.0 m	0.732
3.5 m	0.714
3.0 m	0.708
2.5 m	0.702
2.0 m	0.703
1.5 m	0.719
1.0 m	0.729

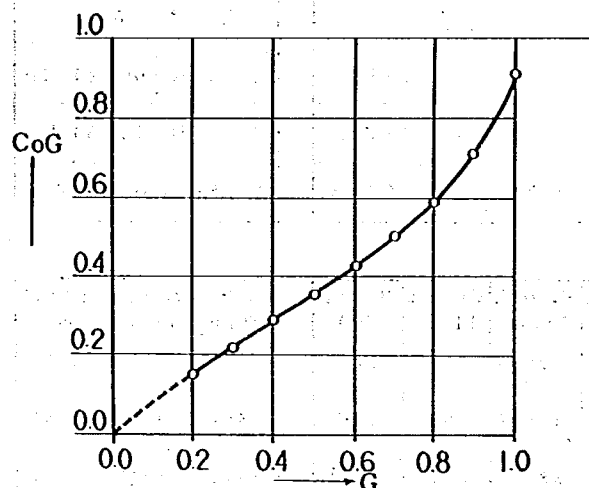


図-14 CoG~Gの関係図(オリフィスB)

以上の結果から、Coにゲート開度Gの重みをかけて最小2乗法により近似曲線を求めると

$$CoG = 0.763G - 0.375G^3 + 0.513G^5 \dots\dots\dots (10)$$

が得られる。

この(10)式によって求めたCoGと表-10から求めたCoGとGとの関係を図-14に示す。

この結果、G=0.9付近で実験値と近似曲線が若干ずれるが、他のゲート開度ではほとんど一致していることから(10)式は十分に実用上使用できるものと判断できる。

したがって、オリフィスB形状での放流機能曲線式は(5)式に(10)式を代入して得られる次式となる。

$$Q = n \cdot C \cdot A \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (11)$$

$$C = (0.763G - 0.375G^3 + 0.513G^5) \sqrt{1 - \left(\frac{D}{H}\right)G} \dots\dots\dots (12)$$

ただし、n:オリフィスBの条数(3条)、G:ゲート開度(=ゲート開き/5.0)、(11)および(12)式によって放流条件を与えて試算すると、WL. 47.00mで約1.513 m³/s、WL. 49.40mで約1.685 m³/sとなり、この値は実験結果とほぼ一致している。

3. 圧力測定結果

図-7bに示したベルマウス上面での圧力測定結果を整理し、表-11にまとめた。

ゲート開き (m)	ゲート開度 (G)	圧力 (kPa)	圧力 (kPa)	圧力 (kPa)	圧力 (kPa)
5.0	1.0	81.1	81.1	81.1	81.1
4.5	0.9	80.1	80.1	80.1	80.1
4.0	0.8	79.1	79.1	79.1	79.1
3.5	0.7	78.1	78.1	78.1	78.1
3.0	0.6	77.1	77.1	77.1	77.1
2.5	0.5	76.1	76.1	76.1	76.1
2.0	0.4	75.1	75.1	75.1	75.1
1.5	0.3	74.1	74.1	74.1	74.1
1.0	0.2	73.1	73.1	73.1	73.1

ゲート開き (m)	ゲート開度 (G)	圧力 (kPa)	圧力 (kPa)	圧力 (kPa)	圧力 (kPa)
5.0	1.0	81.1	81.1	81.1	81.1
4.5	0.9	80.1	80.1	80.1	80.1
4.0	0.8	79.1	79.1	79.1	79.1
3.5	0.7	78.1	78.1	78.1	78.1
3.0	0.6	77.1	77.1	77.1	77.1
2.5	0.5	76.1	76.1	76.1	76.1
2.0	0.4	75.1	75.1	75.1	75.1
1.5	0.3	74.1	74.1	74.1	74.1
1.0	0.2	73.1	73.1	73.1	73.1

表-11 圧力測定結果数値表 (オリフィスB)

実験条件			実験条件			実験条件			実験条件		
貯水位	WL. 49.88 m		貯水位	WL. 47.21 m		貯水位	WL. 49.8 m		貯水位	WL. 47.26 m	
流量	57275 m ³ /s		流量	50981 m ³ /s		流量	44707 m ³ /s		流量	40578 m ³ /s	
ゲート開度	G = 5.0 m		ゲート開度	G = 5.0 m		ゲート開度	G = 4.5 m		ゲート開度	G = 4.5 m	

測点 No	ピエゾ標高 (EL. m)	ピエゾ水頭 (EL. m)	圧力水頭 (m)
1	39.000	39.48	0.480
2	38.679	39.96	1.281
3	38.429	39.76	1.331
4	38.220	39.72	1.500
5	37.877	39.36	1.483
6	37.605	38.64	1.035
7	37.386	38.56	1.174

測点 No	ピエゾ標高 (EL. m)	ピエゾ水頭 (EL. m)	圧力水頭 (m)
1	39.000	39.56	0.56
2	38.679	39.96	1.281
3	38.429	39.48	1.051
4	38.220	39.36	1.140
5	37.877	39.00	1.123
6	37.605	38.36	0.755
7	37.386	38.32	0.934

測点 No	ピエゾ標高 (EL. m)	ピエゾ水頭 (EL. m)	圧力水頭 (m)
1	39.000	43.48	4.480
2	38.679	43.84	5.161
3	38.429	43.80	5.371
4	38.220	43.76	5.540
5	37.877	43.72	5.843
6	37.605	43.68	6.075
7	37.386	44.00	6.614

測点 No	ピエゾ標高 (EL. m)	ピエゾ水頭 (EL. m)	圧力水頭 (m)
1	39.000	42.48	3.480
2	38.679	42.68	4.001
3	38.429	42.52	4.091
4	38.220	42.48	4.260
5	37.877	42.40	4.523
6	37.605	42.36	4.755
7	37.386	42.64	5.254

表-12 圧力降下係数値表 (オリフィス)

実験条件	オリフィス形状	Bタイプ
	ゲート開度	5.0

放流条件	貯水位 (WL. m)	49.88
	流量 (m ³ /s)	57275

放流条件	貯水位 (WL. m)	47.21
	流量 (m ³ /s)	50981

測 線	番 号	X/L	ピエゾ標高 (EL. m)	ピエゾ水頭 (EL. m)	圧力水頭 (m)	圧力降下係 数 (CD)
上	1	0.067	39.000	39.48	0.480	0.994
	2	0.133	38.679	39.96	1.281	0.948
	3	0.200	38.429	39.76	1.331	0.967
	4	0.267	38.220	39.72	1.500	0.971
	5	0.400	37.877	39.36	1.483	1.006
面	6	0.533	37.605	38.64	1.035	1.075
	7	0.667	37.386	38.56	1.174	1.082

測 線	番 号	X/L	ピエゾ標高 (EL. m)	ピエゾ水頭 (EL. m)	圧力水頭 (m)	圧力降下係 数 (CD)
上	1	0.067	39.000	39.56	0.560	0.923
	2	0.133	38.679	39.96	1.281	0.875
	3	0.200	38.429	39.48	1.051	0.933
	4	0.267	38.220	39.36	1.140	0.947
	5	0.400	37.877	39.00	1.123	0.991
面	6	0.533	37.605	38.36	0.755	1.068
	7	0.667	37.386	38.32	0.934	1.073

実験条件	オリフィス形状	Bタイプ
	ゲート開度	4.5

放流条件	貯水位 (WL. m)	49.80
	流量 (m ³ /s)	44707

放流条件	貯水位 (WL. m)	47.26
	流量 (m ³ /s)	40578

測 線	番 号	X/L	ピエゾ標高 (EL. m)	ピエゾ水頭 (EL. m)	圧力水頭 (m)	圧力降下係 数 (CD)
上	1	0.067	39.000	43.48	4.480	0.803
	2	0.133	38.679	43.84	5.161	0.758
	3	0.200	38.429	43.80	5.371	0.763
	4	0.267	38.220	43.76	5.540	0.768
	5	0.400	37.877	43.72	5.843	0.773
面	6	0.533	37.605	43.68	6.075	0.778
	7	0.667	37.386	44.00	6.614	0.737

測 線	番 号	X/L	ピエゾ標高 (EL. m)	ピエゾ水頭 (EL. m)	圧力水頭 (m)	圧力降下係 数 (CD)
上	1	0.067	39.000	42.48	3.480	0.737
	2	0.133	38.679	42.68	4.001	0.707
	3	0.200	38.429	42.52	4.091	0.731
	4	0.267	38.220	42.48	4.260	0.737
	5	0.400	37.877	42.40	4.523	0.750
面	6	0.533	37.605	42.36	4.755	0.756
	7	0.667	37.386	42.64	5.254	0.713

この結果から、各測点でのピエゾ水頭を図示したのが図-15である。また、A形状と同様に(9)式により圧力降下係数を求め表-12および図-16にまとめた。

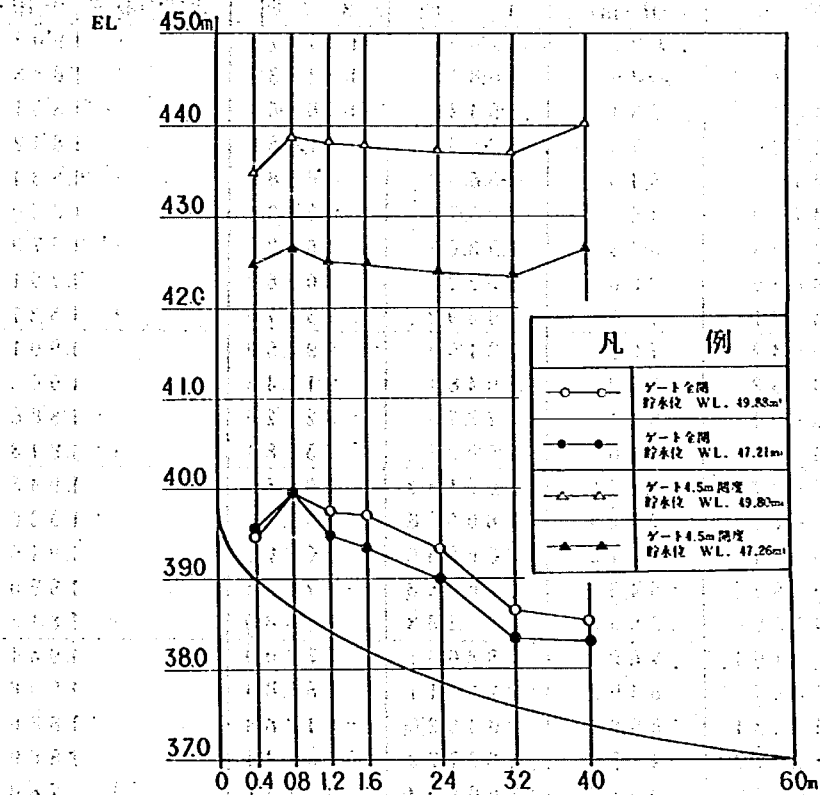


図-15 上面ベルマウス部の圧力分布図(オリフィスB)

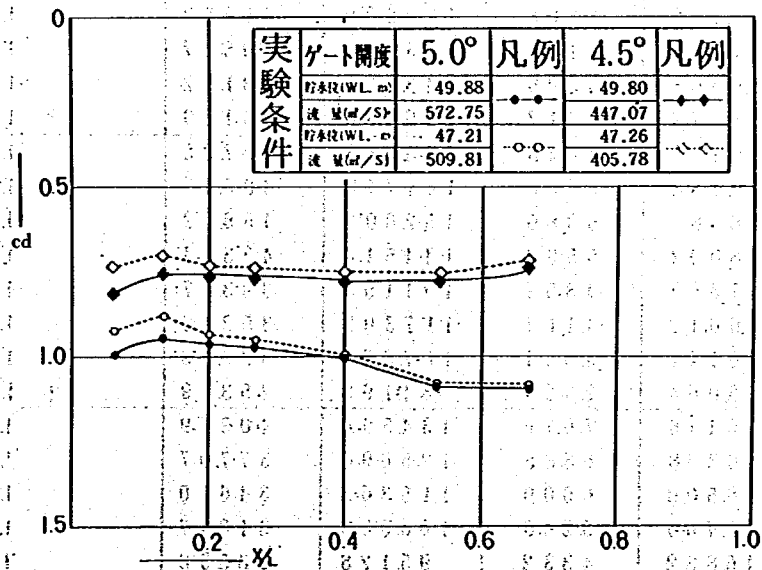


図-16 圧力降下係数 c_d と X/L の関係(オリフィスB)

図-15および図-16に示すように、オリフィスB形状においても圧力的問題は生じない結果が得られた。

4-3 クレストA形状の検討

1. 放流機能の検討

クレストA形状(ローラーゲート)の抽出模型での各ゲート開度ごとの貯水位と放流量をまとめると表-13となる。

表-13 越流部Aの水理諸量数値表

ゲート開度 (G・m)	貯水位 (WL・m)	越流水深 (H・m)	放流量 (Q・m ³ /sec)		流量係数C *印=03式、無印=04式
			1 門	3 門	
全開	49.41	6.91	414.92	1,244.76	* 1.903
	49.39	6.89	408.44	1,225.32	* 1.883
	48.81	6.31	354.20	1,062.60	* 1.861
	48.26	5.76	305.62	916.86	* 1.842
	47.63	5.13	255.63	766.89	* 1.834
	47.00	4.50	208.78	626.34	* 1.820
	46.23	3.73	153.62	460.86	* 1.779
	45.36	2.86	102.21	306.63	* 1.761
	44.21	1.71	43.92	131.76	* 1.637
4.0	50.42	7.92	331.53	994.59	1.901
	49.52	7.02	304.81	914.43	1.902
	48.64	6.14	273.75	821.25	1.888
	47.60	5.10	250.27	750.81	* 1.813
3.5	50.376	7.876	302.183	906.55	1.945
	49.624	7.124	280.526	841.58	1.930
	48.812	6.312	256.036	768.11	1.915
	47.932	5.432	226.283	678.86	1.890
	47.596	5.096	250.268	750.80	* 1.813
3.0	50.104	7.604	258.667	776.00	1.944
	48.992	6.492	229.117	687.35	1.906
	48.084	5.584	204.626	613.88	1.886
	47.372	4.872	183.779	551.34	1.869
	46.336	3.836	160.503	481.51	* 1.780
2.5	50.544	8.044	223.652	670.96	1.909
	49.748	7.248	210.698	632.09	1.915
	48.708	6.208	188.839	566.52	1.890
	47.640	5.140	165.158	495.47	1.869
	46.808	4.308	143.906	431.72	1.842
	45.712	3.212	120.630	361.89	* 1.715
2.0	50.128	7.628	175.683	527.05	1.897
	49.168	6.668	161.718	485.15	1.889
	48.580	6.080	152.008	456.02	1.876
	48.092	5.592	144.514	433.54	1.877
	47.352	4.852	131.155	393.47	1.862
	46.612	4.112	117.392	352.18	1.857
	46.144	3.644	107.677	323.03	1.851
	45.064	2.564	84.198	253.59	* 1.716
1.5	50.176	7.676	134.596	403.79	1.895
	49.388	6.888	125.690	377.07	1.880
	48.500	6.000	115.368	346.10	1.866
	47.700	5.200	106.058	318.17	1.864
	46.832	4.332	95.128	285.38	1.865
	46.064	3.564	83.186	249.56	1.842
	45.476	2.976	73.471	220.41	1.833
	45.060	2.560	65.280	197.34	1.824
1.0	49.724	7.224	89.258	267.77	1.913
	48.816	6.316	82.377	247.13	1.898
	47.796	5.296	74.382	223.15	1.888
	47.032	4.532	66.590	199.77	1.844
0.5	49.472	6.972	46.147	138.44	1.978
	48.540	6.040	42.099	126.30	1.944
	50.548	8.048	50.195	150.58	1.997

表中の流量係数値はそれぞれ次式によって求めた。

$$\text{自由越流状態 } C = Q / B \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{オリフィス流状態 } C = Q / B \{ H^{3/2} - (H - G)^{3/2} \} \dots\dots\dots (14)$$

ここに、C：流量係数

B：1 径間当りの越流幅 (= 12 m)

H：越流頂天端 (= E.L. 42.50 m) から貯水位までの水深 (m)

G：ゲート下端からゲート戸当り (E.L. 42.50 m) までの標高差 (m)

これらの結果から、クレストA形状3門当りの各ゲート開度ごとの放流能力曲線は図-17となる。

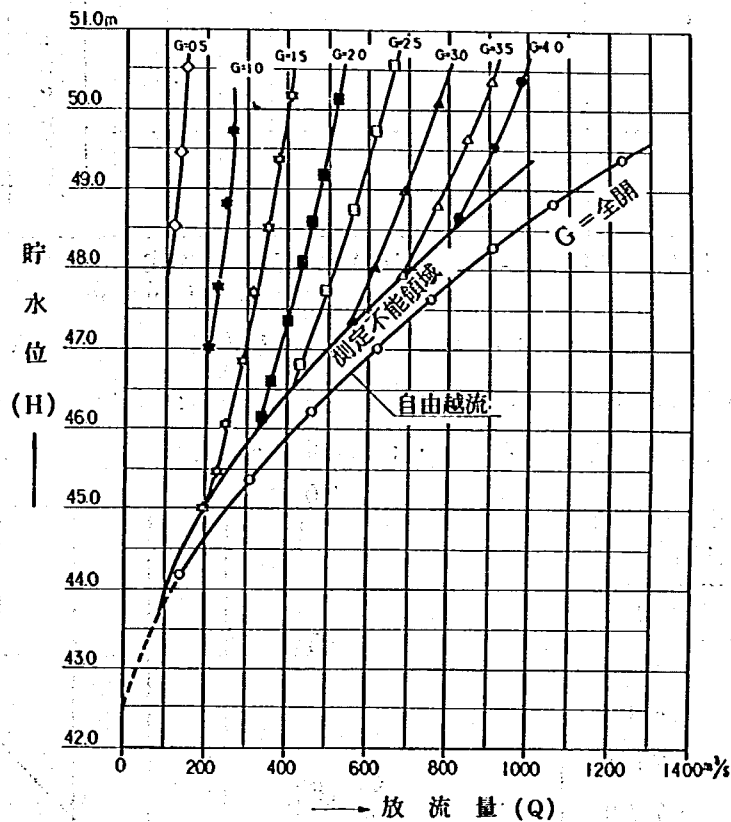


図-17 クレストA放流能力曲線 (3門合計量)

この図に示される測定不能領域とは、ゲート半開放流時にオリフィス流状態から自由越流に流れの状態が遷移する間であるが、実際にはこの領域の流れは模型実験では存在しないもので、自由越流水脈がゲート下端に接し、少しでもゲートにかかる状態になると、この領域を越えたオリフィス流となって安定する。しかし、実物半開放流では貯水池が無限に大きいため、流入量の大きさにもよるが貯水位の急激な上昇はあり得ないので、ある時間帯もぐり流出状態と自由越流状態を反復する状態が続くものと思われるが、この状態を脱する上限水位を明確に知ることができない。

したがって、実物での半開操作においても、この領域でのゲート操作は放流量が不明確となるので避けるべきであると考え。

2. 放流機能曲線の作成

表-13に示した測定資料から、各ゲート開度ごとの貯水位と流量係数との関係は図-18に示すとおりである。

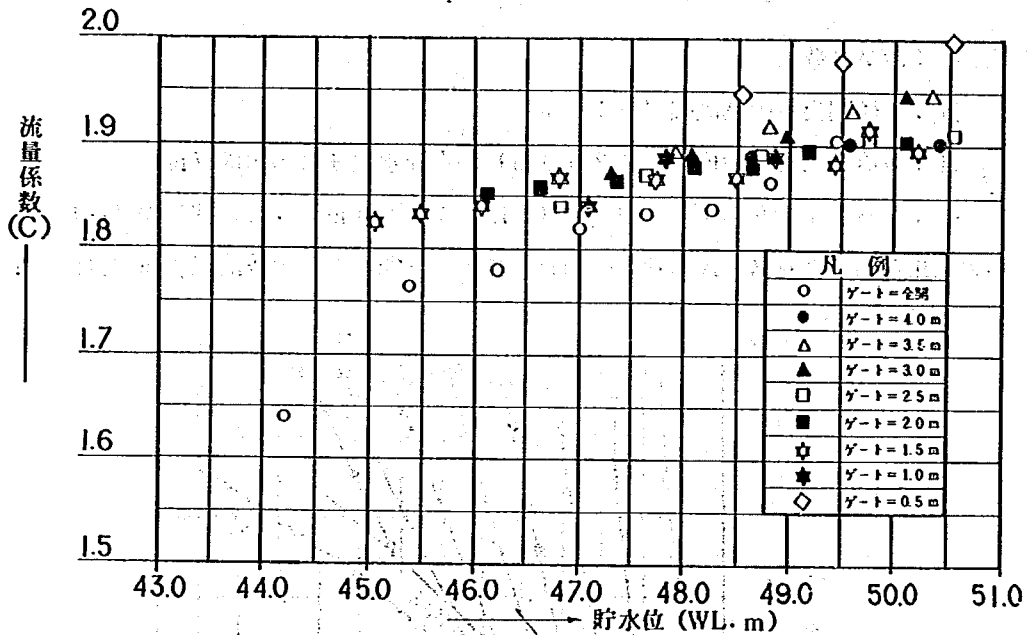


図-18. 流量係数と貯水位の関係 (クレストA)

また、表-13から、自由越流時の H/H_d と C の関係を求めて表-14と図-19に示す。この結果から、 H/H_d と C との関係を最小2乗法によって求めると

表-14 H/H_d と C の関係
(自由越流時)

自由越流時	
H/H_d	C
0.248	1.637
0.414	1.761
0.541	1.779
0.652	1.823
0.743	1.834
0.835	1.842
0.914	1.861
0.999	1.883
1.001	1.903

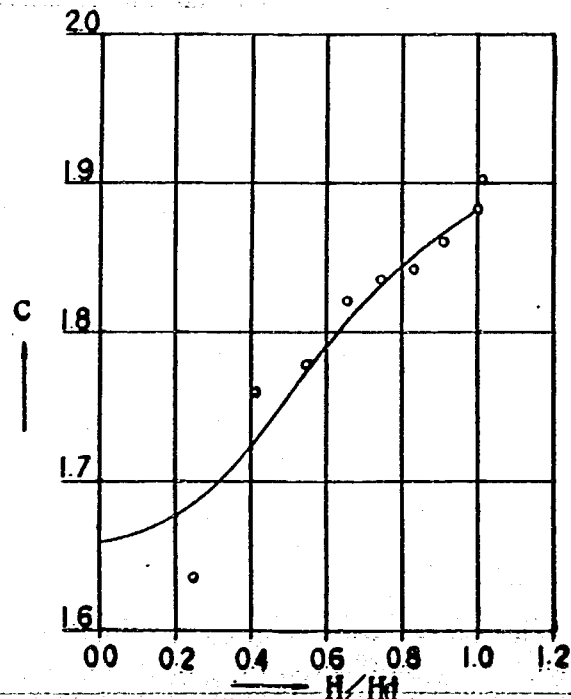


図-19. $C \sim H/H_d$ の関係 (クレストA、自由越流時)

$$C_1 = 1.6571 + 0.4261 \left(\frac{H}{H_d} \right)^2 - 0.199 \left(\frac{H}{H_d} \right)^4 \quad (15)$$

となる。

この(15)式から求めた C_1 と実験値から求めた C との関係は図-19に示すように、両者はほぼ一致することから、クレストA形状での自由越流時の放流量式は次式で実用上問題がないものと判断できる。

$$Q = n \cdot C_1 \cdot B \cdot H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (16)$$

$$C_1 = 1.657 + 0.426 \left(\frac{H}{H_d} \right)^2 - 0.199 \left(\frac{H}{H_d} \right)^4 \dots\dots\dots (17)$$

つぎに、表-15に示したローラーゲート半開操作時の貯水位と流量係数の関係において、 $H/G > 1.7$ 以上の資料（表-13の*印以上）について見ると、各ゲート開度ごとの C の値はほぼ一定値を示している。そこで各ゲート開度ごとの C の平均値（ $\bar{C}$ ）を求めまとめると表-15となる。

表-15 G と $\bar{C}$ の関係
(クレストA、ゲート半開操作)

ゲート半開操作	
ゲート開度 G	流量係数の平均 値 $\bar{C}$
0.5 m	1.973
1.0 m	1.886
1.5 m	1.859
2.0 m	1.873
2.5 m	1.883
3.0 m	1.912
3.5 m	1.930
4.0 m	1.897

表-15から、各ゲート開度ごとの $\bar{C}$ もほぼ一定値と見なし、ローラーゲート半開操作時の流量係数としては、表-15の平均値である。 $\bar{C} = 1.90$ とした。

したがって、ローラーゲート半開時の放流量式は(14)式から、

$$Q = n \times 1.90 \times B \left\{ H^{\frac{3}{2}} - (H - G)^{\frac{3}{2}} \right\} \dots\dots\dots (18)$$

として与えられる。ただし、 n は径間数(3)

この(18)式から表-13の H と G を与え放流量を逆算し、実験値と比較すると表-16および図-17の実線として表わした。

表-16 ゲート半開操作時の放流量比較表 (クレストA)

ゲート開き G (m)	貯水位 (WL, m)	放流量 (m^3/s) 実験値	推定放流量 (m^3/s) (18)式による	ゲート開き G (m)	貯水位 (WL, m)	放流量 (m^3/s) 実験値	推定放流量 (m^3/s) (18)式による
4.0	5.042	99.46	99.36	2.0	4.809	43.35	43.88
	4.952	91.44	91.32		4.735	39.35	40.16
	4.864	82.13	82.65		4.661	35.22	36.04
3.5					4.614	32.30	33.16
	5.038	90.66	88.60	1.5	5.018	40.38	40.48
	4.962	84.16	82.84		4.939	37.71	38.10
	4.881	76.81	76.20		4.850	34.61	35.23
	4.793	67.89	68.21		4.770	31.82	32.43
3.0	5.010	77.60	75.83		4.703	28.54	29.07
	4.899	68.74	68.51		4.683	24.96	25.72
	4.808	61.39	61.81		4.606	22.04	22.87
	4.737	55.13	56.02		4.548	19.73	20.55
2.5	5.054	67.10	66.76	1.0	4.506	17.73	18.59
	4.975	63.21	62.70		4.972	26.78	26.59
	4.871	56.65	56.96		4.882	24.71	24.74
	4.764	49.55	50.37		4.780	22.32	22.46
	4.681	43.17	44.53	0.5	4.703	19.98	20.58
2.0	5.013	52.71	52.78		5.055	15.06	14.32
	4.917	48.52	48.79		4.947	13.84	13.29
	4.858	45.60	46.17		4.854	12.63	12.34

これらから、実験値との最大偏差値は小開度時の貯水位の最高点 (WL. 4.9.4.0 m) で約4%となるが、実際の放流ゲート操作を考慮 (第2期洪水時のWL. 4.7.0.0 m以下) すると約2%以内に収まることから、実用上(18)式は適用できるものと判断できる。

3. 圧力測定結果

図-7cに示したクレストローラーゲート下流のナップ面上の圧力測定結果は、表-17および図-20に示すとおりである。

表-17 クレストA下流ナップ面の圧力測定結果

実験条件 X	WL 4948 G=全開 Q=4129	WL 4948 G=40 Q=31167	WL 4949 G=35 Q=28132	WL 4924 G=30 Q=24084	WL 4898 G=25 Q=20239	WL 4890 G=20 Q=16596	WL 4860 G=15 Q=12649	WL 4814 G=10 Q=8703
2.0 m	3.449	2.849	2.569	2.209	1.849	1.409	0.929	0.529
4.0	2.920	1.960	1.640	1.360	1.120	0.840	0.640	0.480
6.0	2.339	1.419	1.179	1.019	0.859	0.699	0.579	0.459
8.0	1.598	0.958	0.758	0.678	0.598	0.518	0.478	0.398
10.0	0.957	0.957	0.477	0.437	0.397	0.157	0.317	0.277
12.0	0.566	0.366	0.326	0.326	0.286	0.286	0.286	0.246
14.0	-0.165	-0.205	-0.205	-0.125	-0.085	-0.045	0.235	0.075
16.0	-0.195	-0.255	-0.255	-0.155	-0.075	-0.025	0.085	0.222

注. X : ダム軸から圧力測点までの水平距離、圧力: 各測点でのピエゾ水頭 (m水柱)

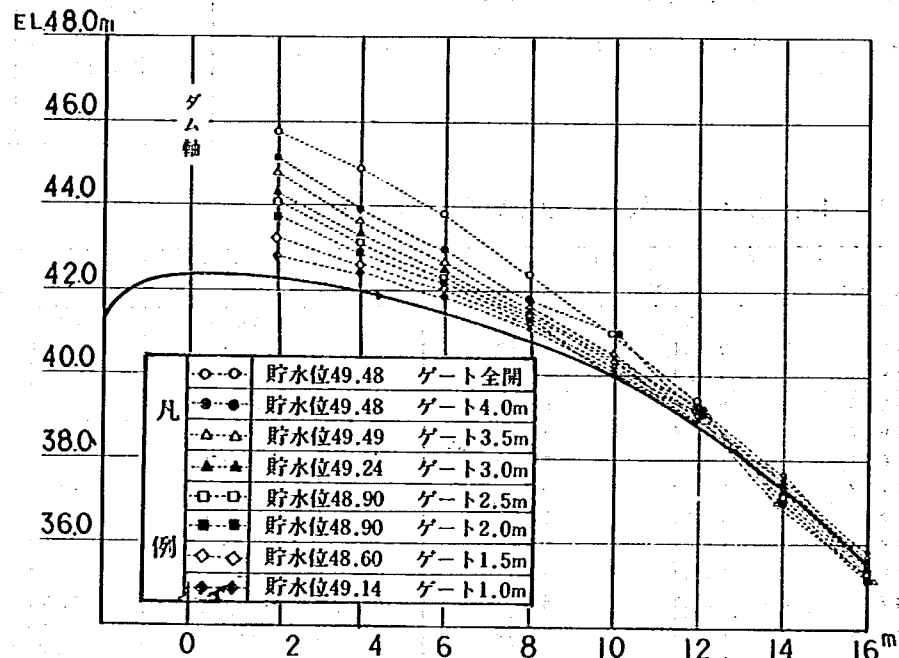


図-20 クレストA下流ナップ面圧力分布図

これらの結果から明らかなように、ゲート開度2 m以上のケースではダム軸下流14 mおよび16 mの測点で、流下水脈の剥離による負圧が発生している。

しかし、その負圧の最大値は-0.3 m以内であることと、実験での放流条件を考慮（最悪の条件を仮定し、実際の操作ではありえない）すれば、クレスト下流形状は設計形状で圧力的に問題がないものと判断できる。

第5節 全体模型実験

54年度洪水吐1次案形状の全体模型実験での検討は、次の手順に従って実施したものである。

1. 貯水池段丘部の掘削形状の検討
2. 上記の最適形状とした場合の洪水吐の放流能力調査
3. 減勢工の最適形状および規模に関する検討
4. 魚道および護床工の形状と規模に関する検討

以下は、この検討手順による実験結果および検討結果について述べることにする。

5-1 段丘部掘削形状の検討

1. 検討方法

自由越流堤の流入部前方段丘部の掘削形状は、次に示す方法で検討実験を行ったものである。

- 1) 掘削底面の敷高は、越流堤前面での接近流速および制限水位WL. 42.50mを考慮し、この水位で掘削底面が水面上に露出しないEL. 40.00mとした。また、段丘部の天端標高は、現地の平均高さであるEL. 48.00mのフラット面として、地形整形を行った。
- 2) 段丘部の掘削形状は、図-21に示す、A、B、C3ケースについて実施する。

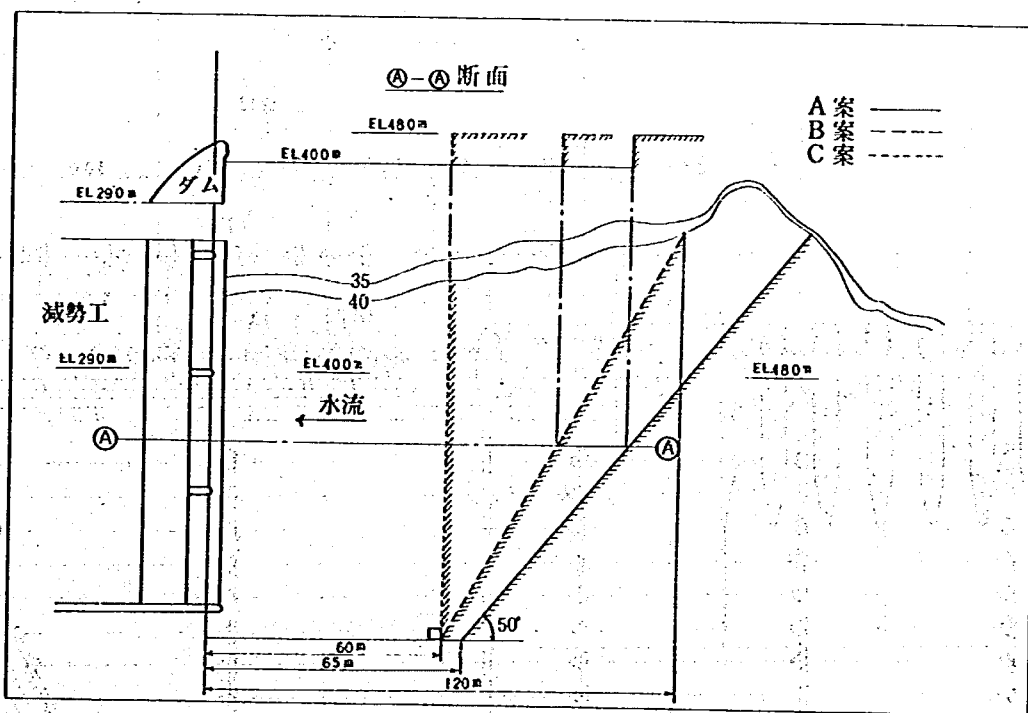


図-21 上流段丘部掘削形状

- 3) 実験での判断資料としては越流堤前面の図-22に示す各位置での貯水池水面高および流速測定結果とする。

- 4) 堀削形状検討の対象流量は、それぞれのケースで計画最大放流量 $3,850 \text{ m}^3/\text{s}$ 、基本高水流量 $5,400 \text{ m}^3/\text{s}$ およびダム設計洪水量 $6,200 \text{ m}^3/\text{s}$ の3通りとする。
- 5) 現況河道の流れの主流方向はオリフィス側となるため、堀削面に土砂の堆積が予想される。このため、貯水池内には、現地調査の粒度分布試験結果にもとづいてフルード則により近似した河床材料を敷き並べた移動床とした。

2. 検討結果

段丘部堀削形状3種での水理実験の検討結果から、次のことが明らかになった。

- 1) 流況観察の結果、いずれのケースでも堀削面上流側では、死水域あるいはゆるやかなウズ巻流が生じる。これは、各洪水吐の中でオリフィスによる放流量が他の洪水吐より卓越している関係から、主流の流れ方向と堀削カット面とが約 $80^\circ \sim 120^\circ$ (図-21参照) となるためである。また、洪水吐下流の流況は図-23a~図-23c に代表させたが、堀削形状いかにかわらず同じような流況を呈している。

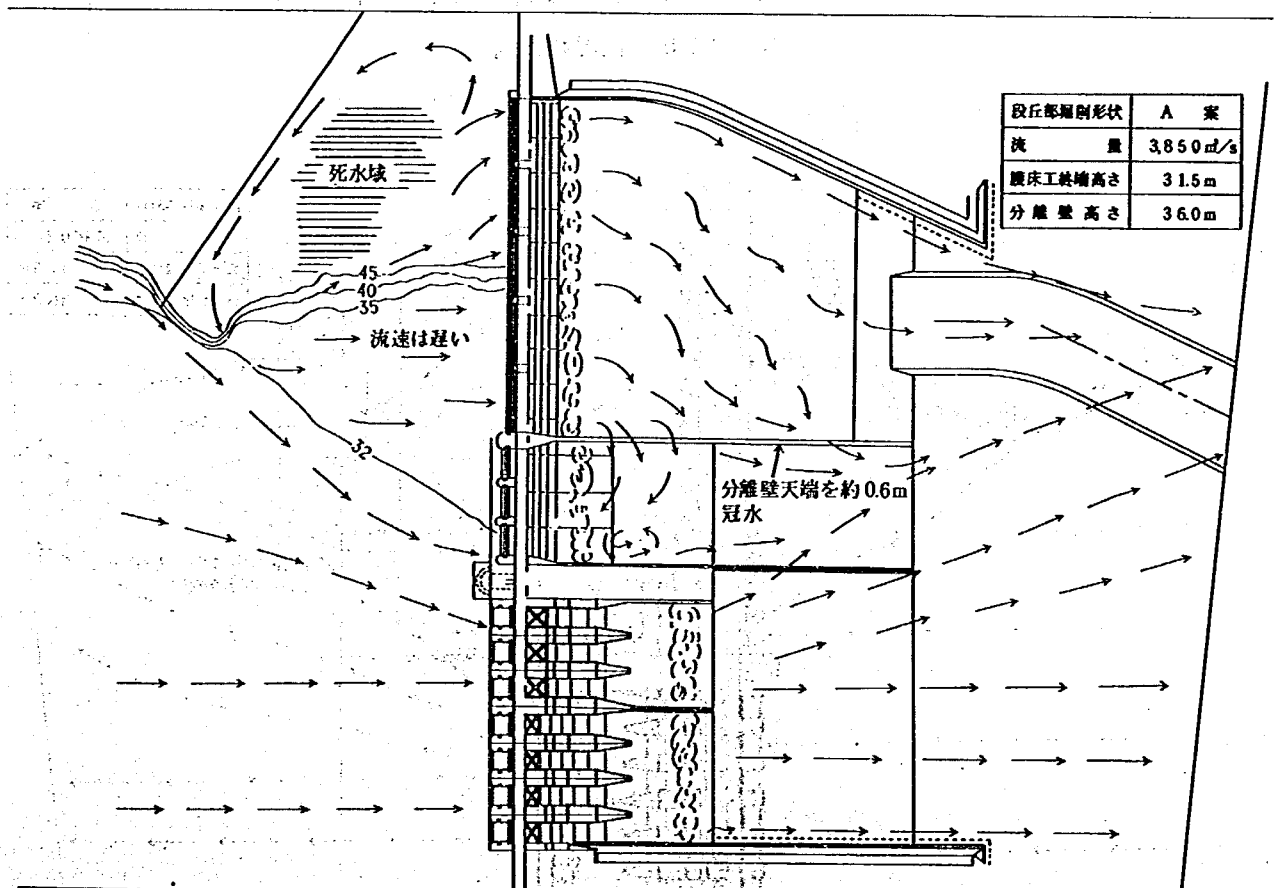


図-23a 流況観察図

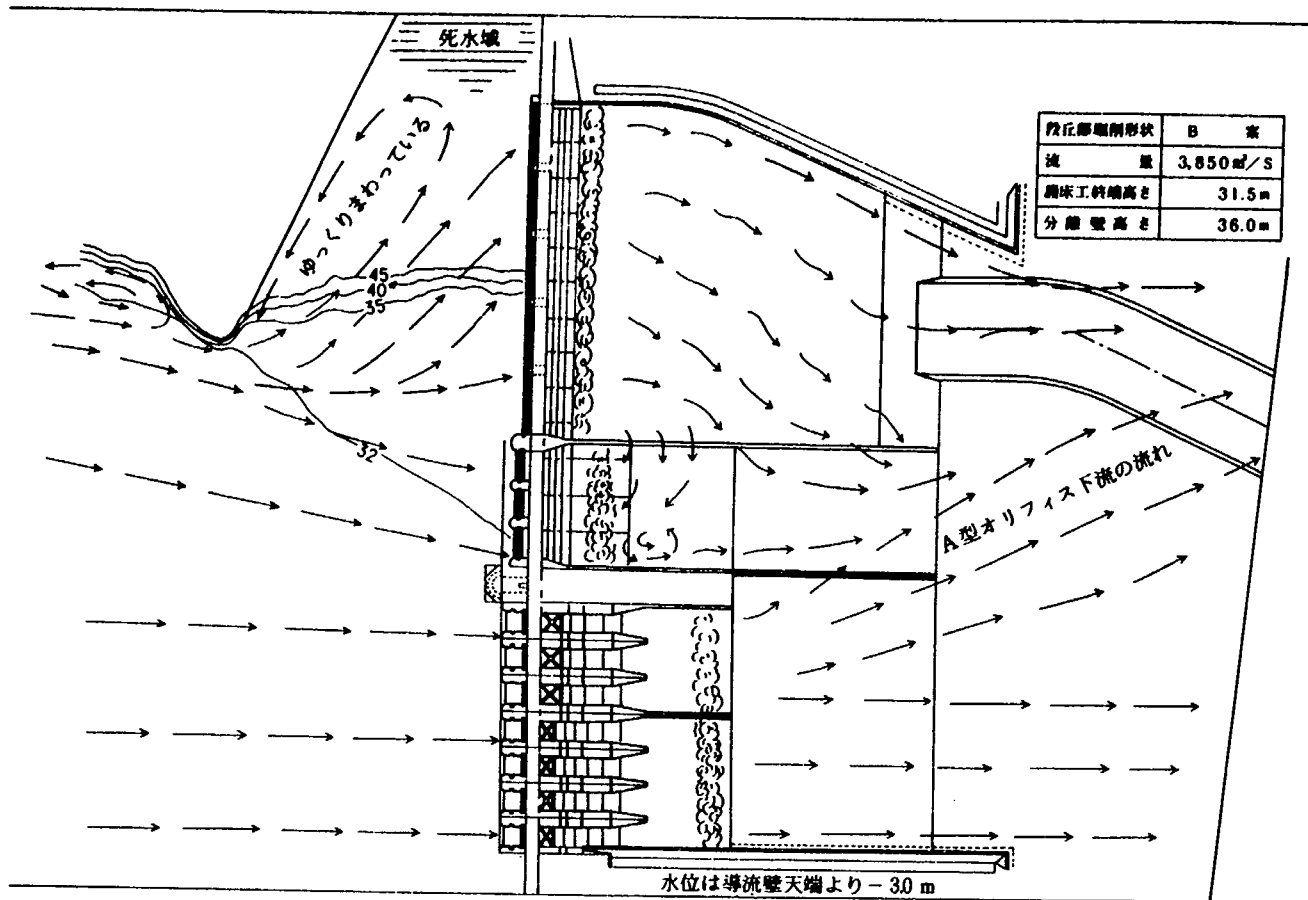


図-23b 流況観察図

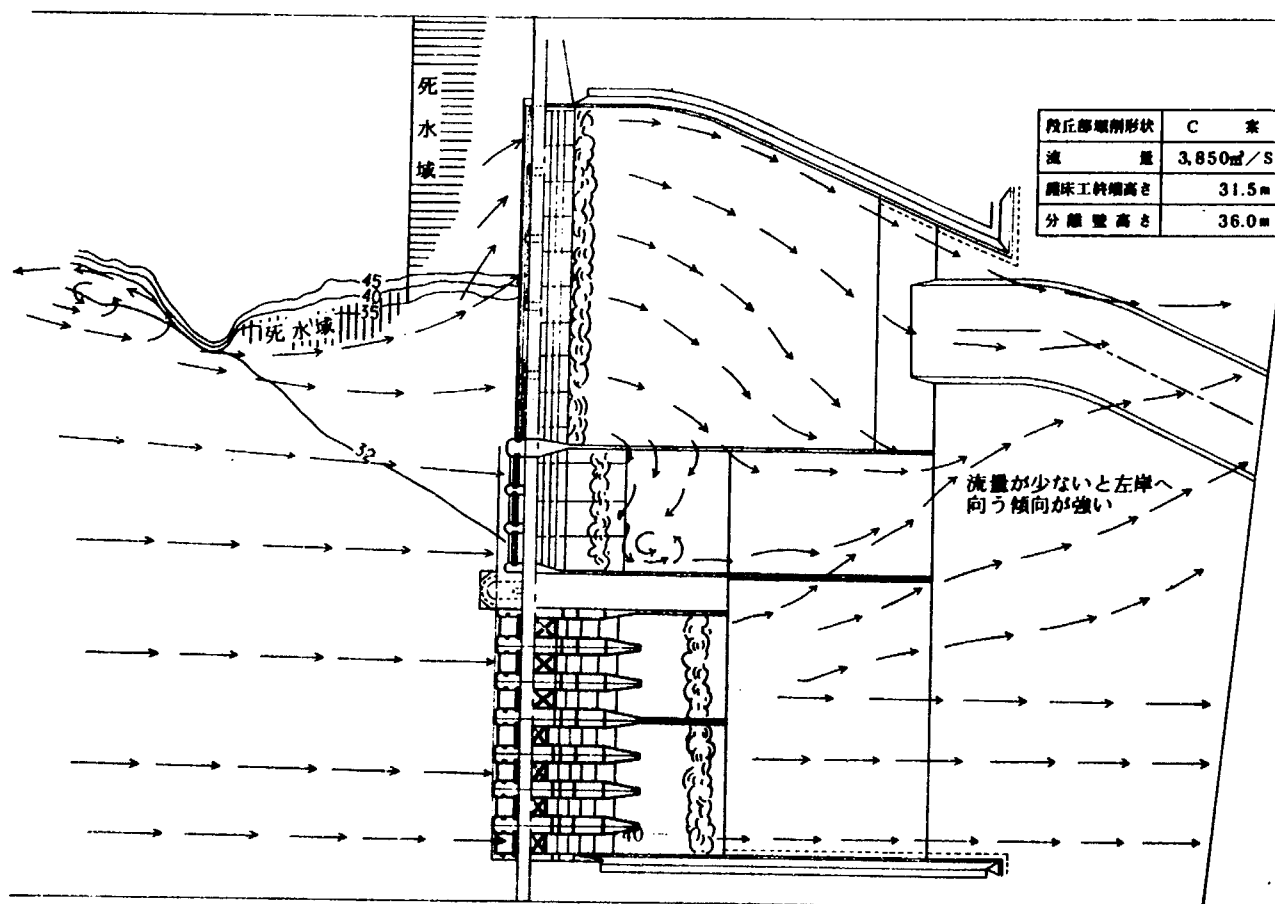


図-23c 流況観察図

表-18 水面形測定結果数値

(ダム軸上流31m)

掘削 形状	距離 (m)	流量 水位			掘削 形状	距離 (m)	流量 水位		
		3,850m ³ /s	5,400m ³ /s	6,200m ³ /s			3,850m ³ /s	5,400m ³ /s	6,200m ³ /s
A	14	45.47	48.00	48.56	B	161	46.50	48.00	48.66
	44	45.47	47.88	48.50		177	46.56	47.97	48.69
	74	45.81	47.88	48.61		193	46.56	48.00	48.69
	104	45.84	48.06	48.69		226	46.56	48.00	48.69
	134	45.94	48.06	48.74		241	46.50	48.00	48.72
	161	45.97	48.06	48.62	C	14	46.47	47.94	48.53
	177	45.97	48.06	48.72		44	46.47	47.88	48.81
	193	46.06	48.08	48.75		74	46.47	47.94	48.53
	226	46.06	48.06	48.62		104	46.44	48.00	48.75
	241	46.09	48.06	48.66		134	46.44	48.06	48.75
B	14	46.50	47.84	48.62		161	46.47	48.06	48.81
	44	46.50	47.81	48.62		177	46.50	48.13	48.75
	74	46.53	47.91	48.62		193	46.47	48.13	48.75
	104	46.50	47.94	48.56		226	46.44	48.13	48.75
	134	46.50	47.94	48.25		241	46.38	48.13	48.75

2) 越流堤前面での水面形の測定結果は、表-18に示すとおりである。この結果、放流量3,800m³/sでのカット形状Aの水面形を除くと、各放流量に対して掘削形状がいつでも水面形はほとんど変わらないことが判る。これらの結果から、3,850m³/sでのA形状の測定値は測定ミスと考えられる。

3) 同じく前面での流速の測定結果は表-19に示すとおりである。この結果から明らかなように、いずれのケースでも掘削面上の流速は流入部での設計流速4m/sを下廻っていることが判る。

表-19 流速測定結果数値表

(ダム軸上流31.0m)

水深 掘削形状 目盛 横距	3850m/s						5400m/s						6200m/s					
	A		B		C		A		B		C		A		B		C	
	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)
0 m	1.0	0.000	1.0	0.000	1.0	0.16	1.0	0.376	1.0	0.261	1.0	0.16	1.0	0.236	1.0	0.599	1.0	0.27
	4.0	0.000	4.5	0.000	4.5	0.16	4.0	0.180	4.5	0.332	4.5	0.20	4.0	0.332	4.5	0.320	4.5	0.23
18.75	1.0	0.178	1.0	0.178	1.0	0.19	1.0	0.658	1.0	0.482	1.0	0.46	1.0	0.913	1.0	0.665	1.0	0.28
	4.0	0.183	4.5	0.000	4.5	0.18	4.0	0.332	4.5	0.462	4.5	0.51	4.0	0.741	4.5	0.619	4.5	0.29
37.50	1.0	0.324	1.0	0.236	1.0	0.32	1.0	1.045	1.0	0.692	1.0	1.19	1.0	1.469	1.0	1.050	1.0	0.78
	4.0	0.212	4.5	0.190	4.5	0.29	4.0	0.935	4.5	0.705	4.5	1.20	4.0	1.266	4.5	0.942	4.5	0.76
56.25	1.0	0.469	1.0	0.425	1.0	0.46	1.0	1.459	1.0	1.016	1.0	1.58	1.0	1.776	1.0	1.308	1.0	0.85
	4.0	0.241	4.5	0.342	4.5	0.44	4.0	1.239	4.5	0.822	4.5	1.28	4.0	1.621	4.5	1.180	4.5	0.68
75.00	1.0	0.736	1.0	0.303	1.0	0.35	1.0	1.317	1.0	1.106	1.0	1.50	1.0	1.736	1.0	1.308	1.0	1.42
	4.0	0.374	4.5	0.234	4.5	0.40	4.0	1.239	4.5	0.763	4.5	1.56	4.0	1.528	4.5	1.084	4.5	1.12
93.75	1.0	0.369	1.0	0.175	1.0	0.24	1.0	1.180	1.0	0.910	1.0	0.96	1.0	1.185	1.0	1.173	1.0	1.26
	12.0	0.224	12.5	0.195	12.5	0.24	12.0	0.717	12.5	0.668	12.5	0.69	12.0	1.327	12.5	0.952	12.5	0.95
112.50	1.0	0.732	1.0	0.339	1.0	0.48	1.0	0.937	1.0	0.901	1.0	1.10	1.0	1.067	1.0	0.960	1.0	1.42
	12.0	0.202	12.5	0.310	12.5	0.37	12.0	0.675	12.5	0.910	12.5	0.77	12.0	0.763	12.5	0.893	12.5	0.83
131.25	1.0	0.805	1.0	0.482	1.0	0.58	1.0	0.893	1.0	1.143	1.0	1.17	1.0	0.950	1.0	0.832	1.0	1.58
	12.0	0.393	12.5	0.325	12.5	0.33	12.0	0.646	12.5	0.739	12.5	0.60	12.0	0.830	12.5	0.776	12.5	0.83
150.00	1.0	0.776	1.0	0.695	1.0	0.90	1.0	0.908	1.0	1.001	1.0	1.02	1.0	0.923	1.0	0.947	1.0	1.40
	12.0	0.188	12.5	0.469	12.5	0.53	12.0	0.866	12.5	0.690	12.5	0.64	12.0	0.896	12.5	0.839	12.5	0.67
168.75	1.0	0.621	1.0	0.854	1.0	1.04	1.0	1.006	1.0	0.923	1.0	1.06	1.0	0.984	1.0	1.175	1.0	1.43
	12.0	0.513	12.5	0.560	12.5	0.39	12.0	0.893	12.5	0.736	12.5	0.65	12.0	0.653	12.5	0.991	12.5	1.14

4) 洪水通水後の掘削面上には、いずれのケースでも土砂の堆積は認められない。したがって、貯水池のダム前面の堆砂面が敷高E L. 40.00mを越えない限り、カット面での土砂の堆積による流入部の閉塞は生じないものと考えられる。

5) 以上の実験結果を検討すると、自由越流堤前面の段丘部の掘削形状は、今回の3ケースについていえば掘削量の最も少ないC形状で水理的に十分であると考えられる。

5-2 放流能力の検討

1. 検討内容

洪水吐1次案に対する放流能力調査は、洪水吐全体の全ゲート全開状態および各洪水吐（オリフィスA、B、クレストA、Bの4種）のそれぞれ全開単独放流状態での貯水位と放流量の関係を調査した。この場合、いずれの放流時に対しても段丘部の掘削形状はC形状である。

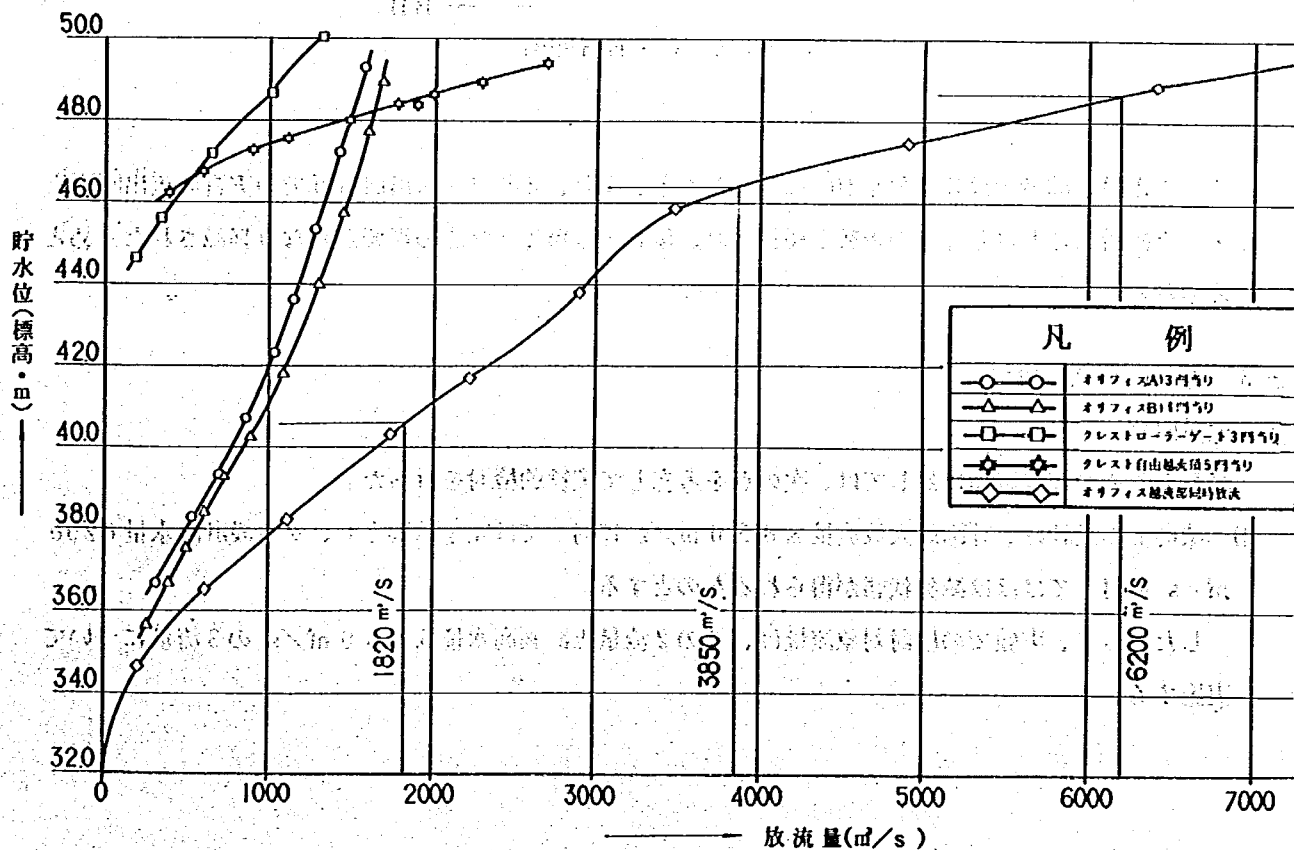
2. 検討結果

貯水位と放流量の測定結果は、いずれも実物換算を行って表-20にまとめたとおりである。

表-20 貯水位-放流量測定結果

オリフィスA (4条分)			オリフィスB (3条分)			クレストA (3門分)			クレストB (5門分)			洪水供全門全開	
貯水位 WL. m	越流水深 H. m	放流量 Q. m ³ /s	貯水位 WL. m	越流水深 H. m	放流量 Q. m ³ /s	貯水位 WL. m	越流水深 H. m	放流量 Q. m ³ /s	貯水位 WL. m	越流水深 H. m	放流量 Q. m ³ /s	貯水位 WL. m	放流量 Q. m ³ /s
36676	318	2913	3432	232	1390	4461	211	1729	4625	125	3088	3451	20382
38282	478	5270	3561	361	2687	4561	311	3320	4679	179	5837	3647	61558
39316	582	6918	3664	464	3922	4716	466	6424	4730	230	9017	3822	1,11330
40782	728	8822	3752	552	4910	4866	616	1,0006	4756	256	1,1210	4030	1,72939
42254	875	10314	3839	639	6176	5006	756	13773	4808	308	1,4823	4173	2,21321
43585	1009	1,1581	3924	724	7381				4843	343	1,7757	4381	2,88592
45375	1188	1,2878	4021	821	8925				4868	368	1,9950	4592	3,47206
47204	1370	1,4329	4178	978	10,840				4871	371	2,0258	4752	4,89780
48,151	1465	1,5070	4400	1200	12,970				4898	398	2,2852	4886	6,42346
49301	1580	1,5811	4574	1374	14,420				4944	444	2,6898	5046	8,70872
			4773	1573	15,981								
			4895	1695	16,862								

図-24 放流能力曲線図 (全体模型)



これらの結果から、洪水吐1次案での放流能力曲線は図-24に示すとおりである。この図から、貯水位WL. 47.00mのサーチャージ水位に対する放流量は推定曲線（図の実線）から約4,300 m³/sとなり、同様に貯水位WL. 49.40mのダム設計洪水位に対しては、約7,100 m³/sの放流能力を持つ結果となった。

この結果は、第1章で計算された放流能力をかなり上廻っている。これらの要因について詳細に検討した結果、オリフィスでの単位断面積当りの流量係数はベルマウス上面絞り角10°に変えたことにより、53年度オリフィスの絞り角15°での実験結果を上廻っている。さらに、自由越流部についても単位断面積当りの流量係数が図-25に示すようにかなり良くなっている。

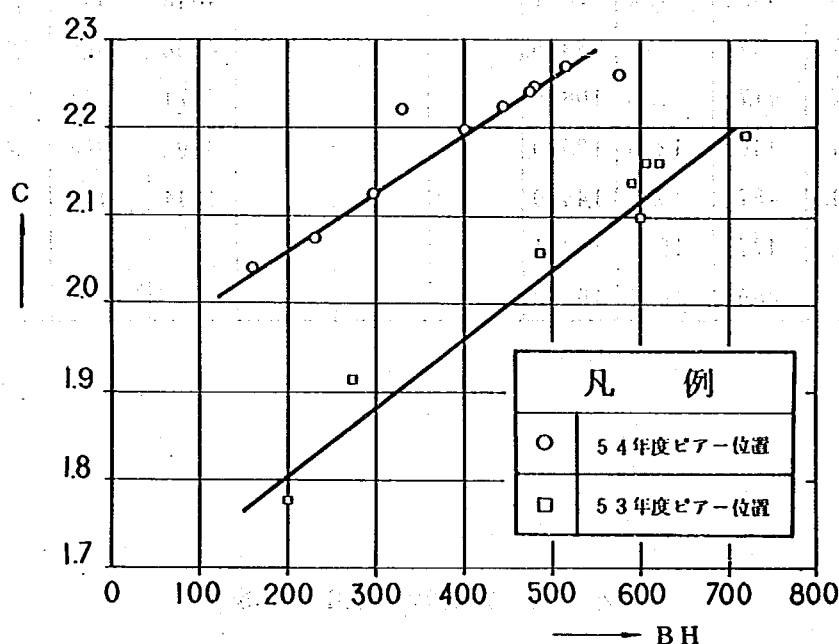


図-25 C-BH関係

このことは、前者では絞り角を10°に変えたことにより、オリフィス出口付近での実質の流出断面としての支配断面における縮流の影響が緩和され、後者では橋脚の縮流の影響がかなり軽減されたためと考えられる。

5-3 減勢工形状の検討

1. 検討内容

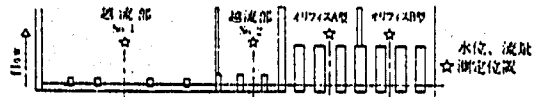
減勢工形状および規模に対しては、次の点を考慮して実験的検討を行った。

- 1) 減勢工の設計は、計画最大放流量3,850 m³/sに対しては完全減勢とし、ダム設計洪水量6,200 m³/sに対してはほぼ減勢状態が得られるものとする。

したがって、実験での検討対象流量は、この2流量と計画高水量5,400 m³/sの3流量について実施する。

- ## 2. 検討結果

[illegible]



場所 ダム軸 から縦距(m)	Crest B		Crest A		オリフィスB		オリフィスA	
	水 深 (m)	流速 (m/s)	水 深 (m)	流速 (m/s)	水 深 (m)	流速 (m/s)	水 深 (m)	流速 (m/s)
30	1.0	0.94	1.1	2.53	1.3	2.49	0.9	2.19
	3.2	1.73	5.0	2.14	5.0	9.22	4.5	3.65
	5.6	4.00	8.2	5.90	8.2	14.34	7.2	12.28
40	1.0	1.71	1.0	2.52	1.0	1.85	1.0	2.56
	3.5	1.10	5.8	2.07	4.5	0.32	6.2	2.19
	5.6	0.67	9.8	5.07	8.7	13.94	10.1	10.89
50	1.0	1.02	1.2	2.18	1.0	3.18	1.0	2.71
	3.5	1.44	6.8	1.35	6.5	2.88	6.7	2.27
	5.9	0.87	11.0	2.46	10.2	11.22	11.2	9.04
60	1.0	0.84	1.0	1.14	1.0	1.20	1.2	3.52
	3.6	0.69	7.0	0.98	6.5	2.29	7.0	1.68
	5.9	0.53	11.0	2.00	11.0	8.49	12.0	6.57
70	1.1	0.64	1.2	0.56	1.0	1.79	1.1	2.25
	3.9	0.40	7.1	0.80	7.5	3.33	7.0	2.57
	6.0	0.30	11.5	1.31	11.8	5.84	11.8	5.06
80	1.0	0.80	0.8	0.49	1.0	1.04	1.0	1.19
	3.6	0.34	6.0	0.63	6.2	2.13	6.8	2.68
	11.0	0.22	11.3	0.61	12.0	4.23	12.0	3.30
90	0.9	0.50	1.0	0.50	1.0	1.36	0.8	0.83
	3.2	0.33	6.0	0.47	7.0	3.30	6.5	2.03
	6.0	0.19	11.0	0.51	12.3	3.45	11.8	2.60
100	0.9	0.29	0.9	0.56	0.9	2.01	0.9	1.24
	3.2	0.46	5.3	0.33	6.1	2.59	6.0	2.04
	5.8	0.36	10.0	0.42	11.1	2.51	11.0	2.05
120	1.0	0.56	0.9	1.65	1.0	2.29	1.0	2.07
	3.1	0.63	4.5	1.18	5.1	2.30	5.2	2.12
	5.8	0.69	8.0	1.13	9.1	2.65	9.2	2.18
140	1.0	0.81	1.0	2.71	1.0	2.36	1.0	2.71
	3.0	0.67	3.3	2.63	4.0	2.76	4.2	2.65
	5.8	0.51	6.0	2.62	7.0	2.93	7.2	2.65
160	1.0	1.35	0.9	4.30	0.9	3.70	1.0	3.78
	4.0	1.28	4.0	3.37	4.0	4.32	5.0	4.23
	0.9	1.69	1.0	3.99	1.0	4.23	1.0	4.98
180	3.0	1.65	8.0	0.95	9.9	1.10	10.2	0.90
	1.0	2.02	1.0	2.79	1.0	3.99	1.1	4.53
	10.9	2.22	14.2	0.51	9.8	0.84	10.0	0.74

表-21a 流速測定結果表

掘削形状	C 案
流量	3850m ³ /s
護床工終端高さ	31.5m
分離壁高さ	36.0m



場所 ダム軸 から縦距(m)	Crest B		Crest A		オリフィスB		オリフィスA	
	水 深 (m)	流速 (m/s)	水 深 (m)	流速 (m/s)	水 深 (m)	流速 (m/s)	水 深 (m)	流速 (m/s)
30	1.0	1.81	0.9	3.17	0.9	5.55	1.0	2.75
	2.0	0.94	4.9	1.93	3.3	13.43	4.0	8.74
	3.0	1.06	8.0	5.93	5.4	13.12	6.0	11.97
40	1.1	1.52	0.9	2.89	1.1	2.85	1.0	2.55
	4.0	0.93	5.0	1.62	5.2	3.12	6.0	3.59
	6.8	1.50	10.2	5.81	9.6	12.38	10.0	10.12
50	1.0	0.66	1.0	2.91	0.9	3.20	0.9	2.20
	3.8	1.55	7.0	1.50	4.9	3.62	5.9	1.46
	6.2	1.75	12.4	3.93	9.2	10.18	11.0	9.51
60	1.0	0.88	1.0	0.90	1.1	3.54	1.1	3.36
	4.0	0.72	7.0	0.99	5.1	3.87	6.0	4.11
	6.7	1.81	12.2	1.67	10.1	8.28	11.0	6.47
70	0.9	1.15	1.0	0.61	1.0	1.28	1.0	2.73
	3.9	0.54	7.0	0.95	6.0	2.49	6.0	2.64
	5.9	0.44	12.6	1.19	12.0	4.16	11.0	5.44
80	1.0	0.74	1.0	0.56	1.0	1.21	1.0	1.88
	3.8	0.62	6.7	0.59	7.0	2.73	7.0	2.62
	6.2	0.61	12.3	0.53	12.2	3.31	12.0	4.32
90	0.9	0.60	0.9	0.49	1.0	1.05	1.0	0.89
	3.9	0.36	7.0	0.33	7.0	1.30	7.0	1.27
	6.9	0.54	12.0	0.47	12.0	1.39	12.0	1.42
100	1.0	0.75	0.9	0.65	1.0	1.43	1.0	0.85
	4.0	0.36	5.9	0.36	6.2	2.81	6.3	2.00
	6.2	0.33	11.9	0.48	11.3	3.60	11.3	2.26
120	0.9	0.97	0.9	0.76	1.0	2.91	0.6	1.97
	3.8	0.87	5.0	0.69	6.0	3.04	5.6	1.98
	6.0	0.79	9.0	0.58	10.0	2.93	9.3	1.70
140	1.0	1.78	1.0	2.10	1.0	3.15	1.0	2.65
	3.3	1.58	4.0	2.02	5.0	3.02	4.1	2.53
	6.0	1.52	7.0	1.93	8.1	2.97	7.2	2.62
160	0.9	2.77	1.0	3.56	0.9	4.27	0.9	3.59
	4.9	2.81	5.0	3.57	4.9	4.02	5.0	3.70
	1.0	3.56	0.9	4.57	1.0	5.59	1.0	5.01
180	4.0	3.49	9.2	1.02	9.3	0.95	9.0	0.97
	1.0	3.71	1.0	3.86	1.0	4.24	1.0	4.58
	6.6	0.33	11.0	0.71	9.0	0.81	15.3	1.02

表-21b 流速測定結果表

掘削形状	C 案
流量	5400m ³ /s
護床工終端高さ	31.5m
分離壁高さ	36.0m



場所 ダム軸 から縦距(m)	クレストB		クレストB		オリフィスB		オリフィスA	
	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)
30	1.0	3.49	1.0	3.44	1.0	2.18	1.0	3.05
	4.4	1.58	4.8	2.84	4.2	1.395	4.9	3.18
	6.8	6.59	12.9	8.34	7.0	1.462	7.9	12.22
40	1.0	1.35	1.0	3.23	1.0	3.05	1.0	2.39
	3.4	1.41	5.2	2.66	6.0	2.85	6.0	1.87
	6.0	2.81	10.2	6.63	10.8	1.446	12.0	11.76
50	1.0	1.06	1.0	2.45	1.0	2.92	1.0	2.58
	4.0	0.88	4.0	2.19	5.8	1.89	6.2	1.48
	7.0	1.11	7.0	4.26	11.0	10.04	11.9	8.49
60	1.0	0.82	1.0	2.06	1.0	3.06	1.0	2.69
	4.0	0.76	7.0	1.48	6.0	1.99	6.0	2.70
	7.0	0.58	11.1	3.38	11.1	6.66	12.0	4.55
70	1.0	0.66	1.1	1.13	1.0	2.74	1.0	2.95
	4.0	0.58	7.9	0.88	6.8	2.41	6.0	1.59
	7.2	0.81	14.1	1.57	12.0	6.14	11.9	6.04
80	0.9	0.75	0.9	0.59	1.0	1.44	0.9	1.61
	4.2	0.47	7.5	0.83	7.0	1.86	7.5	1.64
	7.1	0.40	13.7	1.17	13.0	4.21	12.5	3.86
90	0.9	0.68	1.0	0.63	1.0	1.24	1.0	1.08
	4.1	0.41	6.8	0.52	7.1	2.17	7.0	1.06
	7.2	0.47	13.2	0.75	13.0	4.45	13.0	2.94
100	0.9	0.89	1.0	0.68	0.9	2.05	1.0	1.12
	4.1	0.81	6.4	0.48	7.0	2.97	7.0	1.76
	7.2	0.98	11.9	0.67	12.0	4.20	12.0	1.85
120	1.0	1.79	1.0	0.56	1.0	2.61	1.0	1.89
	4.0	1.60	5.5	0.57	5.6	2.86	5.6	1.92
	7.1	1.50	10.0	0.60	10.0	3.23	10.0	1.95
140	1.0	2.51	0.9	1.56	1.1	3.34	1.0	2.59
	4.0	2.35	4.2	1.28	4.6	3.29	4.5	2.59
	7.2	2.22	7.9	1.18	8.2	3.47	8.1	2.36
160	1.0	3.50	1.0	3.16	1.0	4.14	1.0	3.74
	6.0	3.38	6.0	2.96	6.3	4.14	6.3	3.69
	1.0	3.74	1.0	4.35	0.9	5.49	0.8	5.03
180	5.0	3.78	9.5	0.75	11.0	0.88	11.0	0.64
	1.0	4.27	1.2	3.87	1.0	4.64	1.1	4.44
	12.6	3.52	16.0	0.74	16.0	1.00	11.0	1.68

表-21c 流速測定結果表

掘削形状	C 案
流量	6.200 m/s
護床工終端高さ	31.5m
分離壁高さ	36.0m

表-22 水面形測定結果表

流量 Q (m³/s)	縦距 ダム軸から (m)	左岸導流壁 (m)	クレストB (m)	クレストA (m)	オリフィスB (m)	オリフィスA (m)	右岸導流壁 (m)
3850	30	35.13	35.06	35.19	33.19	34.44	34.44
	40	35.47	35.31	35.06	33.88	34.88	34.28
	50	35.59	35.44	35.25	34.63	35.19	34.69
	60	35.63	35.56	35.38	34.88	35.19	35.25
	70	35.69	35.50	35.56	35.44	35.69	35.88
	80	35.69	35.50	35.63	35.88	36.13	36.31
	90	35.63	35.63	35.69	36.56	36.56	36.59
	100	35.69	35.63	35.69	36.44	36.66	36.69
	120	35.69	35.63	35.69	36.38	36.63	36.56
	140	35.63	35.63	35.75	36.25	36.47	36.38
5400	160	35.69	35.56	35.69	36.25	36.32	36.37
	180	36.63	35.44	35.63	36.13	36.32	36.38
	30	35.50	33.88	35.56	33.44	34.50	33.88
	40	36.13	36.25	35.56	34.06	34.81	34.88
	50	36.69	36.44	35.81	33.81	35.38	35.13
	60	36.94	36.56	36.13	34.56	35.19	35.69
	70	37.06	36.56	36.44	35.63	35.94	35.88
	80	37.06	36.56	36.63	36.44	36.56	36.78
	90	36.94	36.69	36.63	36.69	36.69	36.88
	100	36.88	36.75	36.75	37.06	36.94	37.25
6200	120	36.88	36.75	36.94	37.31	37.13	37.13
	140	36.94	36.75	36.81	37.13	37.06	37.06
	160	36.75	36.63	36.56	36.81	36.81	36.75
	180	36.00	36.50	36.19	35.50	35.50	35.50
	30	36.000	35.186	35.781	34.375	35.625	34.812
	40	37.156	36.406	35.875	34.750	36.000	35.125
	50	37.656	37.031	36.406	34.844	36.000	35.125
	60	38.188	37.250	36.719	35.312	35.875	36.250
	70	38.125	37.438	37.188	36.031	36.625	35.656
	80	37.906	37.375	37.375	37.188	37.094	37.688
6200	90	37.562	37.562	37.344	37.500	37.500	37.875
	100	37.688	37.500	37.438	37.812	37.688	37.938
	120	37.625	37.500	37.500	37.750	37.719	38.031
	140	37.688	37.500	37.500	37.750	37.500	37.812
	160	37.688	37.438	37.438	37.719	37.562	37.812
	180	37.688	37.438	37.375	37.562	37.406	37.625

掘削形状	護床工終端高さ	分離壁高さ
C 案	31.5m	36.0m

図-26a 流速分布図

掘削形状	C 案
流量	3,850 m ³ /s
護床工終端高さ	31.5 m
分離壁高さ	36.0 m

流速縮尺
0 5 m/s

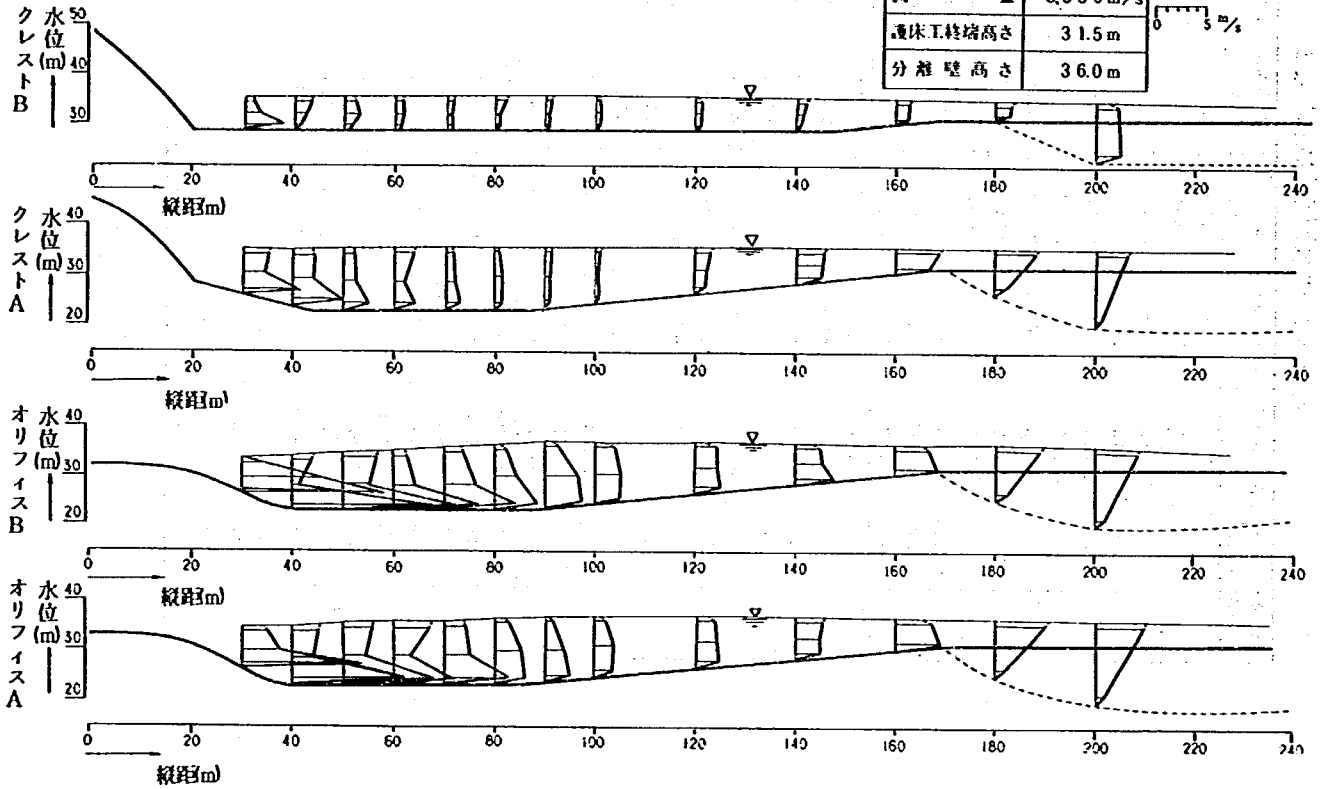


図-26b 流速分布図

掘削形状	C 案
流量	5,400 m ³ /s
護床工終端高さ	31.5 m
分離壁高さ	36.0 m

流速縮尺
0 5 m/s

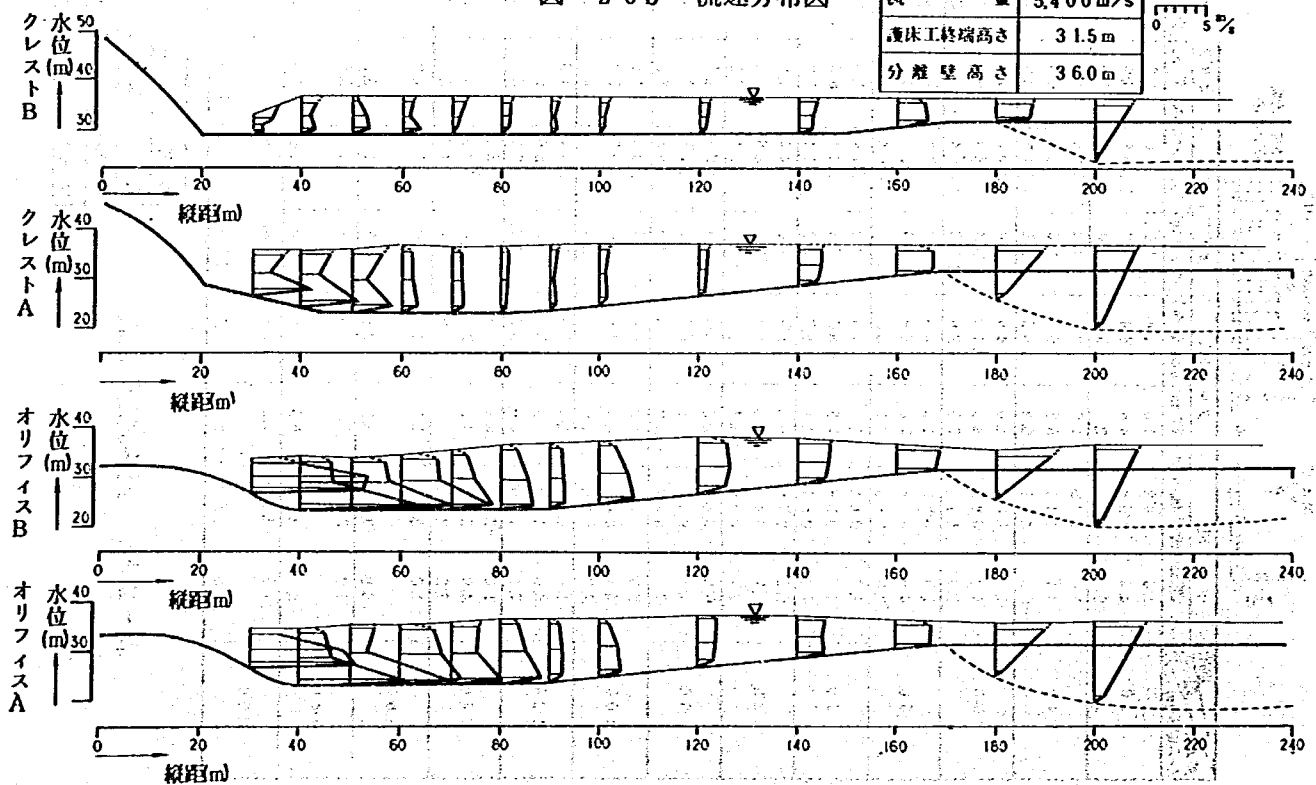


図-26c 流速分布図

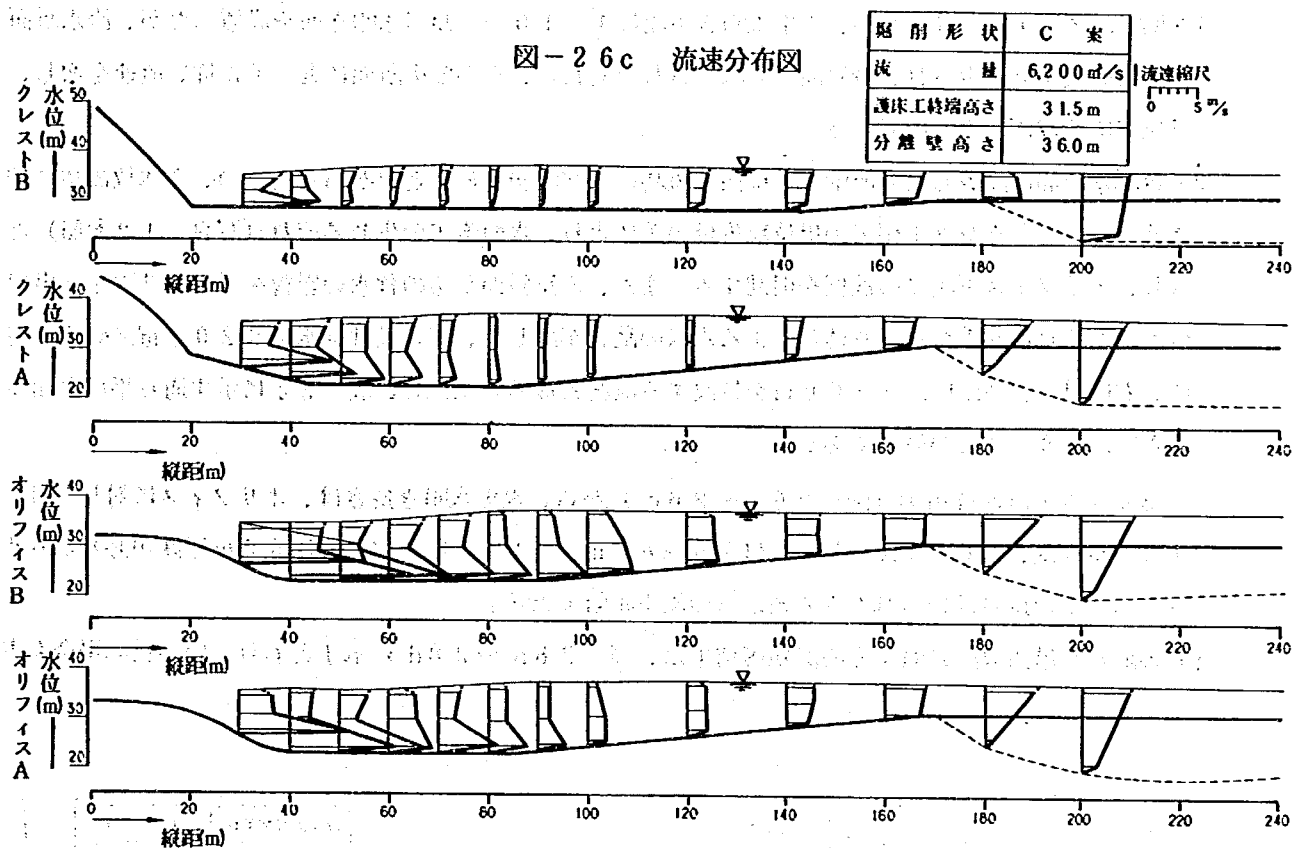
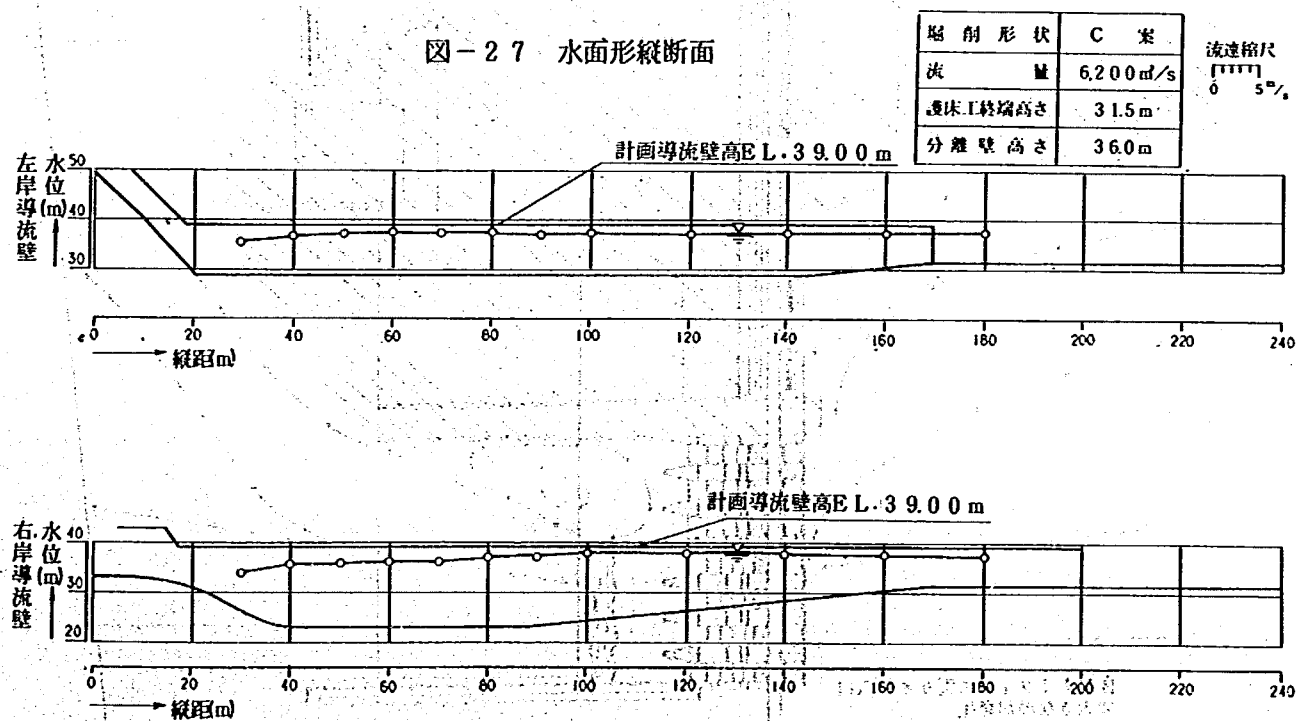


図-27 水面形縦断面



(A×) (C) 断面図 6.8.5-12

これらの検討結果での問題点を要約すると次のとおりである。

- 1) 現況河床にすりつけるため、水平水叩き下流に1:10の逆傾斜水叩き面を設置したが、流水断面が傾斜面天端で縮少され、減勢池内で減勢された流れが、その縮少断面に近づくに従い流速を増し、下流河床洗掘に大きく影響する。
- 2) 各洪水吐間に設置した分流壁は、単独放流時のウズ流防止には効果があるものの、全体放流時にはオリフィス側とクレスト側での単位幅流量の差により、水面落差の生じる流れ（写真-12参照）となり、オリフィス下流での洗掘を促進する。また、逆傾斜面からの背水の影響を受けオリフィス出口付近はもぐり状態となり、巻込みによる水脈の乱れが激しく、ダム設計洪水量 $6,200 \text{ m}^3/\text{s}$ 流下時に、右岸導流壁高E.L. 39.00mを越波する流況となる。ただし、表-22に示す通り平均水面高はW.L. 38.03mが最高である。
- 3) 減勢池内の流速分布図（図-26a～26c）から、水平水叩き長さは、オリフィスに対しては120m程度、クレストAに対しては70～80m、クレストBに対しては50m程度が必要と判断される。この長さはいずれもダム軸からの流下距離である。
- 4) 各洪水吐単独放流に対する流況観察結果は、図-28a～28dに示すとおり、いずれの場合も主

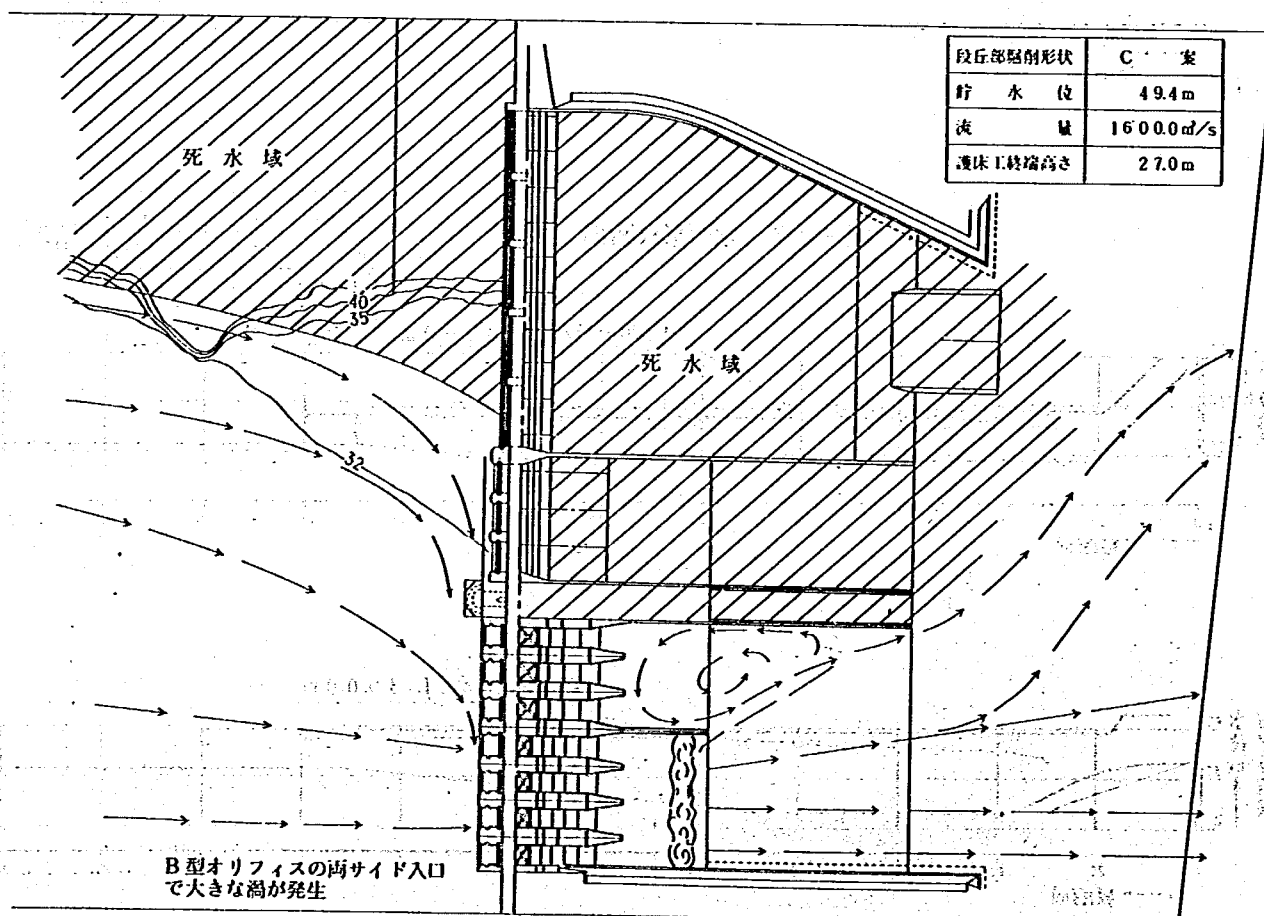


図-28a 流況観察図（オリフィスA）

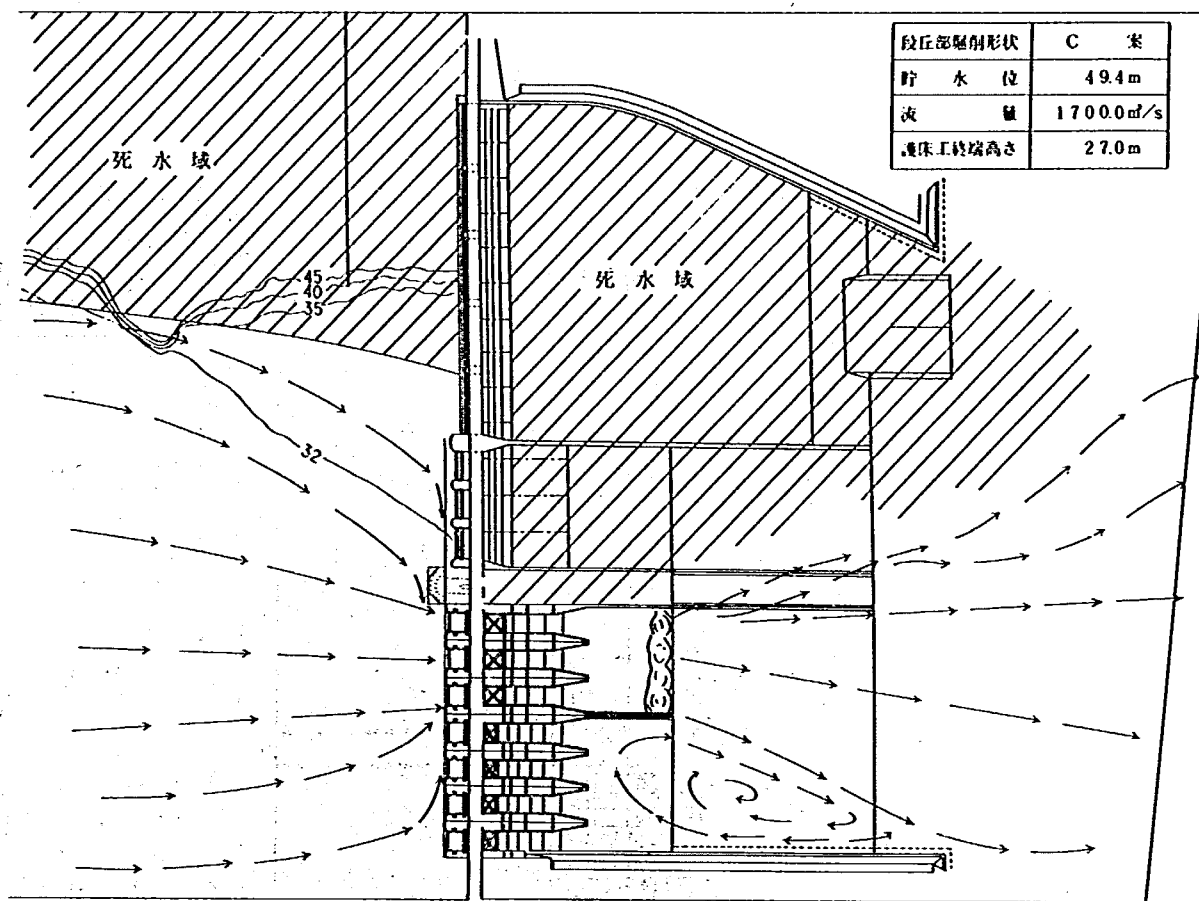


図-28b 流況観察図(オリフィスB)

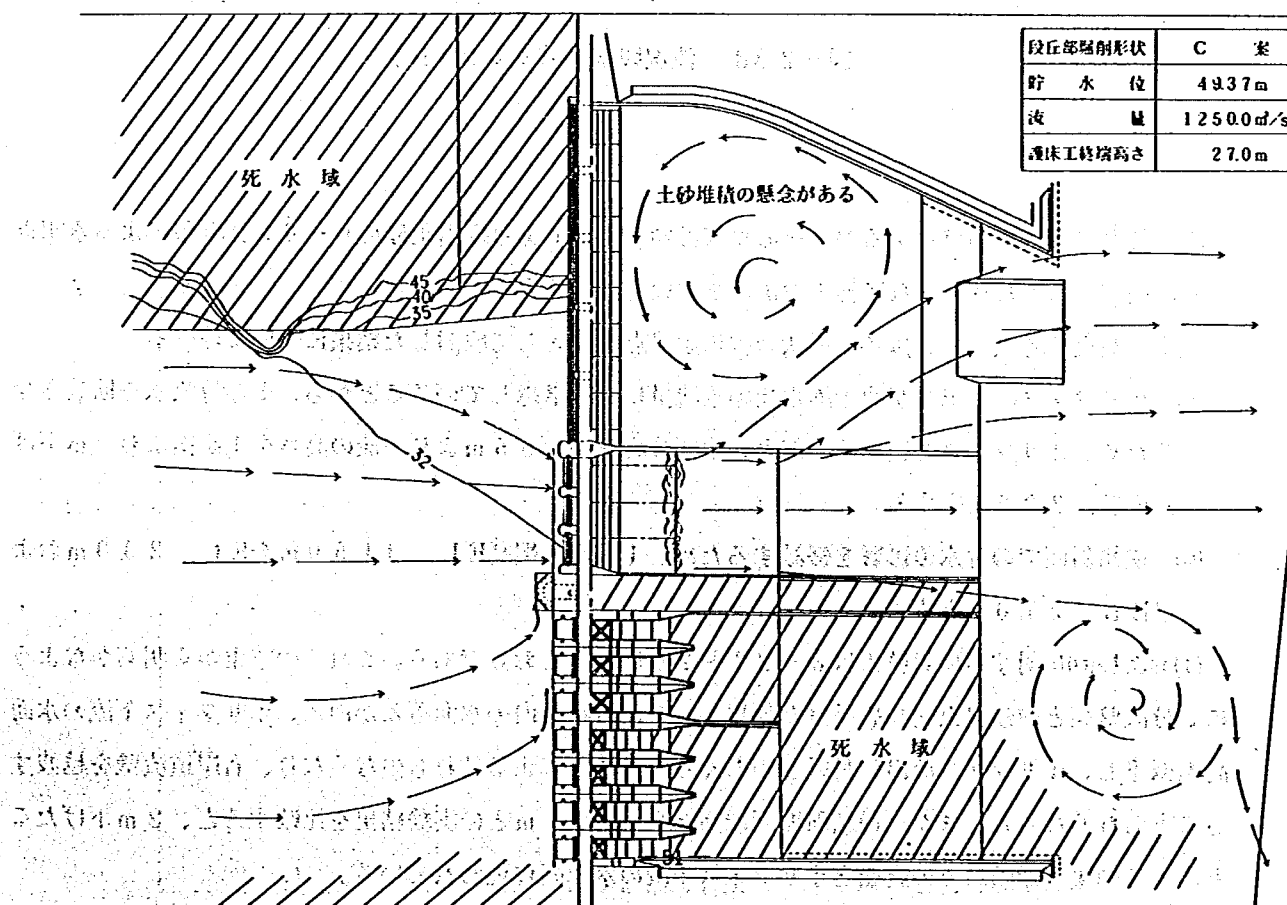


図-28c 流況観察図(クレストA)

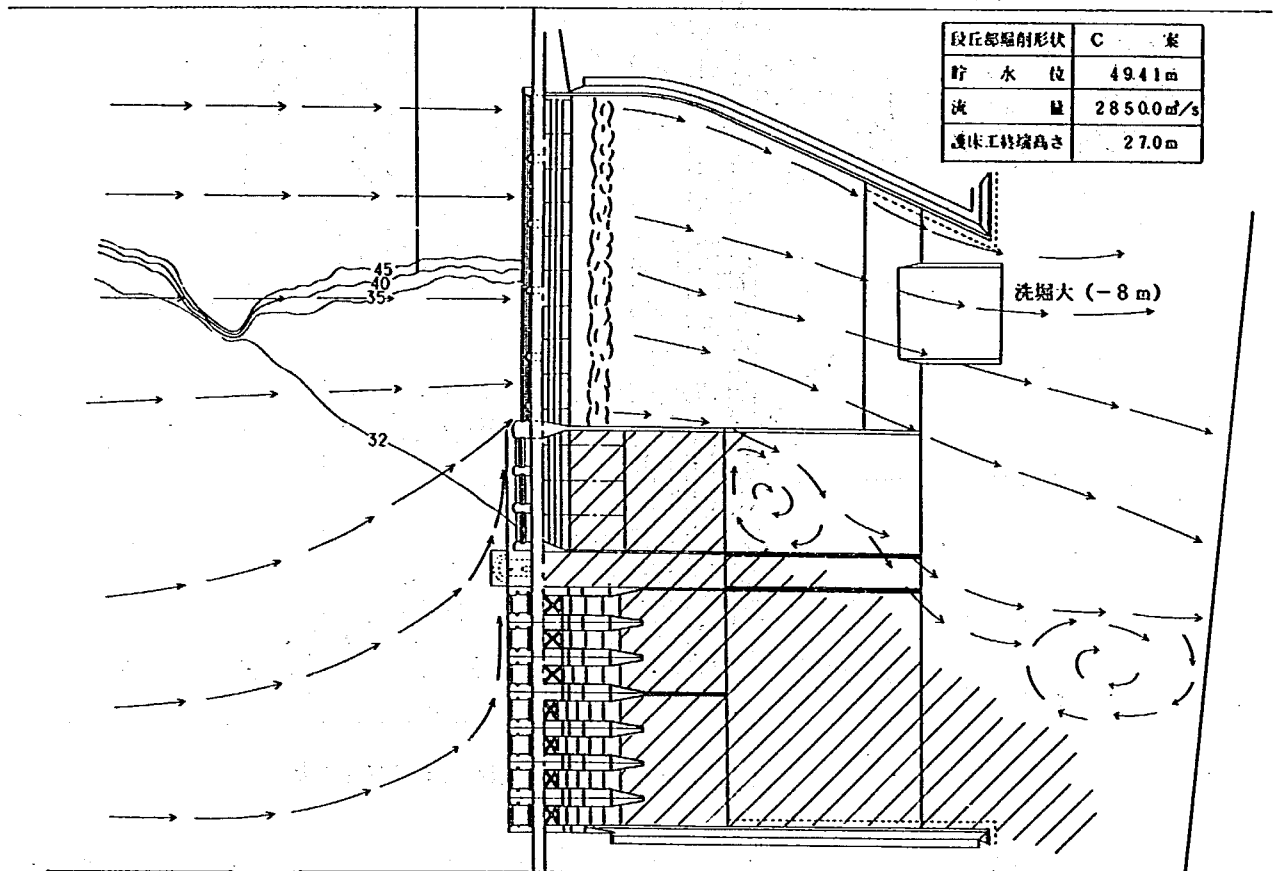


図-28d 流況観察図 (クレストB).

流の外側でウズ流が発生するが、そのウズはゆるやかであり排出土砂のローリング現象による水叩き面の損傷にはそれ程大きな影響をおよぼさないものとする。

以上の結果を考慮して、減勢工形状の次に示す点を改善して検討した結果について述べる。

(イ) オリフィスの放流量が他の洪水吐の放流量に比べ卓越していることから、その放流水を拡散させるため、オリフィスと利水放流部との中間分流壁高の8.5 mより下流の高さを1次案より3 m下げたE.L. 33.0 mとする。

(ロ) 逆傾斜面での背水の影響を軽減するため、1次案天端高E.L. 31.50 mをE.L. 29.0 mおよびE.L. 27.0 mとする。

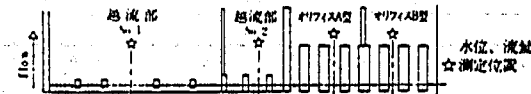
(イ)および(ロ)に対する検討結果は表-23～26に示すとおりである。これらの結果から明らかなように、分流壁高と逆傾斜天端高を下げた効果として、減勢池内の水面落差が消え、オリフィス下流の水面高も低下し、オリフィス流出口付近でのもぐりの巻込みによる乱れも少なくなり、右岸道流壁を越波することなくなった。また、逆傾斜面天端高2.9 mと2.7 mとの実験結果を比較すると、2 m下げたことによる効果は逆傾斜での流速とオリフィス下流の水面高に現われている。



場所 ゲル 断面 距離 (m)	項目	クレスト B		クレスト A		オリフィス B		オリフィス A	
		水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)
30	1.0	0.90	1.5	2.63	1.5	4.00	1.0	2.79	
	3.0	0.95	4.0	1.83	3.0	13.69	3.0	6.97	
	4.5	1.74	7.0	5.04	5.0	13.72	5.5	13.06	
40	1.5	0.73	2.0	2.58	2.0	2.47	1.0	2.19	
	3.5	0.74	5.5	2.40	5.0	2.18	5.0	1.69	
	5.0	0.83	9.0	3.46	8.5	13.92	9.5	10.21	
50	2.0	0.97	2.5	2.17	2.0	3.27	1.0	2.47	
	4.0	0.68	6.0	1.65	6.0	3.13	5.0	1.72	
	5.0	0.77	10.0	4.75	9.0	11.58	9.5	8.51	
60	1.0	0.71	2.0	1.31	2.0	3.27	1.5	3.31	
	3.0	0.60	6.5	1.03	6.0	4.48	5.0	1.68	
	5.0	0.49	10.5	2.35	9.0	8.68	9.5	7.71	
70	1.0	0.39	2.0	0.77	2.0	2.33	1.5	2.40	
	3.0	0.48	7.0	1.07	6.0	2.04	5.5	1.74	
	5.5	0.41	11.0	1.34	10.0	6.10	10.0	5.67	
80	1.5	0.55	2.0	0.45	2.0	1.39	1.5	1.20	
	3.5	0.47	7.0	0.45	6.0	2.60	6.0	1.62	
	10.5	0.27	11.0	0.50	10.5	4.62	10.5	3.77	
90	1.0	0.56	2.0	0.42	2.0	1.90	2.0	0.98	
	3.5	0.47	7.0	0.45	6.5	2.85	6.5	1.55	
	5.5	0.27	10.5	0.60	10.5	3.40	10.5	2.75	
100	1.0	0.65	2.0	0.45	2.0	2.20	1.0	1.38	
	3.5	0.56	6.5	0.43	6.5	2.64	5.5	1.77	
	10.5	0.44	10.0	0.34	10.5	2.77	10.0	2.24	
120	1.0	0.64	1.5	0.39	2.0	2.76	1.5	2.20	
	3.5	0.67	5.0	0.43	5.0	2.70	5.5	1.99	
	10.5	0.49	8.0	0.36	9.0	2.85	8.5	2.18	
140	1.5	0.83	1.0	1.25	1.5	3.45	1.5	2.70	
	4.0	0.79	3.0	1.03	4.5	3.14	4.5	2.71	
	10.5	0.78	5.5	1.07	7.5	3.27	8.0	2.68	
160	1.0	1.37	1.0	2.54	1.0	3.93	1.5	3.51	
	4.0	1.33	3.5	2.45	6.0	4.10	6.5	3.46	
180	1.0	1.64	1.5	2.54	1.5	4.54	2.0	3.82	
	3.0	1.52	9.0	1.26	10.5	0.72	8.5	0.80	
200	1.0	2.20	2.0	2.42	1.5	3.74	1.5	2.68	
	10.5	2.21	11.5	2.15	13.5	0.53	11.5	0.54	

表-23a 流速測定結果表

測定形状	C 案
流量	3,850m³/s
遊床工終端高さ	29.0m
分堰壁高さ	33.0m



場所 ゲル 断面 距離 (m)	項目	クレスト B		クレスト A		オリフィス B		オリフィス A	
		水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)
30	1.0	2.38	1.5	3.41	1.0	2.86	1.0	2.73	
	3.0	1.29	5.0	1.73	3.0	6.70	4.0	4.71	
	4.0	5.79	7.5	6.02	5.5	14.87	7.0	13.5	
40	1.0	1.25	2.0	3.52	2.0	3.47	1.5	2.74	
	3.0	1.82	5.5	2.00	5.0	2.97	6.0	1.85	
	5.0	3.62	9.0	4.38	9.0	14.09	10.5	7.59	
50	1.0	2.51	2.0	2.21	2.0	3.96	1.0	3.31	
	3.0	2.69	6.0	1.33	5.0	2.25	6.0	1.69	
	5.5	2.26	10.0	3.04	9.0	8.06	10.0	4.73	
60	1.0	0.90	2.5	2.01	2.0	3.24	1.0	3.44	
	3.5	1.44	8.0	1.01	5.5	2.25	6.0	1.72	
	5.5	1.08	11.0	3.18	9.5	7.44	10.0	5.90	
70	1.0	1.01	3.0	1.03	2.0	2.44	1.5	2.73	
	3.5	0.68	7.0	0.81	6.0	3.00	7.0	1.37	
	5.5	0.58	11.0	1.44	9.5	5.04	11.5	5.45	
80	1.5	0.86	2.5	0.67	2.0	1.57	1.5	1.33	
	3.5	0.72	7.0	0.67	6.0	2.50	6.5	1.60	
	5.5	0.44	11.0	0.83	10.5	4.50	12.0	3.90	
90	1.0	0.49	3.0	0.49	2.5	1.36	2.0	0.87	
	3.5	0.55	7.0	0.75	7.0	2.40	6.5	1.67	
	6.0	0.75	11.0	0.67	11.5	3.35	11.0	2.15	
100	1.0	0.79	2.0	0.48	1.5	1.86	2.0	1.53	
	3.0	0.56	6.0	0.42	6.5	2.76	6.5	1.74	
	5.5	0.68	10.0	0.43	11.0	3.00	10.5	2.56	
120	1.0	1.15	1.5	0.70	1.0	3.01	1.5	1.97	
	3.5	1.00	5.0	0.49	6.0	2.85	6.0	2.25	
	6.0	0.80	8.0	0.51	10.0	2.68	10.0	2.03	
140	1.5	1.56	1.5	1.33	1.0	3.23	1.0	2.45	
	3.5	1.37	4.0	1.18	5.0	3.14	4.5	2.53	
	6.0	1.39	7.0	1.04	9.0	3.08	8.0	2.27	
160	1.0	3.18	1.0	2.57	1.0	3.87	1.5	3.32	
	5.0	3.19	5.0	2.54	7.5	3.89	6.5	2.99	
180	0.5	3.63	2.0	3.11	1.5	4.09	2.0	3.31	
	3.5	3.53	10.0	2.27	11.5	0.97	15.0	1.43	
200	1.0	3.94	1.5	2.64	2.0	3.51	1.5	2.83	
	11.5	3.62	12.0	1.90	14.5	1.52	16.0	1.15	

表-23b 流速測定結果表

測定形状	C 案
流量	5,400m³/s
遊床工終端高さ	29.0m
分堰壁高さ	33.0m



場所 項目	クレスト B		クレスト A		オリフィス B		オリフィス A	
	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)
30	1.2	3.58	1.9	4.05	1.5	2.68	1.7	2.81
	3.0	1.66	4.8	2.89	4.0	1.170	4.3	1.697
	5.0	6.54	6.2	8.72	6.2	14.62	7.4	2.24
	1.3	1.73	2.0	3.50	2.0	3.61	2.0	2.58
40	3.3	1.23	5.8	3.30	6.0	4.56	6.2	2.52
	5.6	1.92	9.0	5.14	11.0	14.18	10.3	8.68
	1.5	0.84	2.2	3.07	2.0	3.50	2.0	2.86
50	4.0	0.72	6.3	2.68	5.8	2.69	6.0	1.47
	6.3	0.82	10.4	1.98	9.2	11.01	10.2	9.89
	1.5	0.85	2.0	2.17	2.0	3.37	2.1	3.72
60	4.0	0.79	6.6	1.32	6.3	2.70	6.6	1.90
	6.8	0.64	11.1	3.58	10.0	9.03	11.0	6.85
	1.4	0.64	2.1	1.09	2.0	2.40	2.1	2.47
70	4.0	0.43	7.1	0.99	6.0	2.04	6.4	1.68
	6.8	0.68	11.0	1.73	10.8	7.29	11.0	5.53
	1.6	0.64	2.3	0.54	2.3	1.36	2.5	1.49
80	4.0	0.56	6.9	0.69	6.9	1.50	7.0	1.38
	6.6	0.54	11.1	0.74	11.2	3.68	11.9	3.91
	1.5	0.85	2.1	0.47	2.5	1.42	2.5	0.75
90	4.1	0.93	6.5	0.69	7.1	2.10	7.4	1.58
	6.5	0.60	11.5	0.56	11.8	3.70	11.8	3.12
	1.5	0.90	2.1	0.58	2.3	1.95	2.3	1.47
100	4.1	1.25	6.2	0.46	7.0	2.62	7.0	1.32
	6.8	0.88	10.2	0.43	11.1	3.15	11.1	2.20
	1.3	1.62	2.0	0.78	2.2	2.62	2.0	2.06
120	4.1	1.40	6.0	0.80	6.2	2.71	5.9	1.83
	6.9	1.44	9.0	0.79	10.0	2.58	9.9	1.94
	1.8	2.17	1.4	1.55	2.0	3.23	2.0	2.43
140	4.0	2.18	4.0	1.49	5.8	3.15	6.0	2.20
	6.7	1.97	7.0	1.37	9.0	3.28	9.0	2.37
	1.0	3.68	1.5	2.86	1.5	4.00	1.9	3.14
160	5.8	3.67	5.8	2.70	7.8	3.89	7.5	2.83
	1.0	4.07	2.1	3.49	1.8	4.22	2.9	3.31
	4.3	3.89	9.2	0.93	12.4	0.70	14.5	1.02
200	1.0	4.27	1.9	2.30	2.0	3.73	1.8	2.75
	11.2	3.76	12.6	1.01	14.0	1.46	6.4	1.42

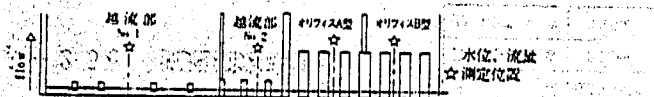
表-23c 流速測定結果表

掘削形状	C 案
流量	6200m³/s
堰床工終端高さ	29.0m
分離壁高さ	33.0m

表-24 水面形測定形果表

流量 Q (m³/s)	堰床 高さ (m)	左岸導流壁 (m)	クレスト B (m)	クレスト A (m)	オリフィス B (m)	オリフィス A (m)	右岸導流壁 (m)
3850	30	34.75	34.56	34.69	32.25	33.56	32.50
	40	35.13	35.06	34.63	33.44	34.13	33.19
	50	35.06	35.06	34.88	33.50	34.00	33.81
	60	35.19	35.13	34.94	33.81	34.13	34.38
	70	35.19	35.13	35.13	35.06	34.81	35.06
	80	35.25	35.19	35.25	35.44	35.38	35.56
	90	35.19	35.19	35.25	35.81	35.63	35.94
	100	35.19	35.13	35.31	35.88	35.75	35.88
	120	35.13	35.19	35.38	35.88	35.69	35.81
	140	35.19	35.25	35.38	35.69	35.69	35.63
5400	160	35.25	35.19	35.31	35.44	35.56	35.44
	180	35.13	35.25	35.31	35.25	35.38	35.56
	30	35.19	34.81	35.50	33.69	34.87	33.31
	40	36.37	35.81	35.50	34.50	35.00	33.62
	50	36.69	36.31	35.75	34.56	35.12	34.69
	60	36.87	36.37	36.25	34.81	35.31	35.37
	70	36.94	36.44	36.44	35.69	36.00	36.12
	80	36.94	36.62	36.56	36.62	36.56	36.62
	90	36.87	36.62	36.69	37.50	36.87	36.75
	100	36.75	36.62	36.69	36.81	36.81	37.00
6200	120	36.75	36.62	36.69	36.94	36.94	37.00
	140	36.81	36.56	36.75	37.00	36.81	36.87
	160	36.44	36.44	36.62	36.69	36.69	36.75
	180	36.31	36.44	36.31	26.37	36.50	36.44
	30	35.81	34.94	35.75	34.12	34.81	34.12
	40	36.81	36.12	35.81	34.44	35.37	34.56
	50	37.50	36.87	36.12	34.19	35.31	35.19
	60	37.81	37.00	36.69	34.81	35.19	35.94
	70	37.81	37.19	37.00	35.75	36.12	36.37
	80	37.75	37.37	37.19	36.69	36.69	36.81
6200	90	37.50	37.31	37.19	37.25	37.00	37.37
	100	37.50	37.31	37.31	37.37	37.25	37.44
	120	37.44	37.31	37.31	37.50	37.37	37.44
	140	37.50	37.19	37.25	37.31	37.37	37.37
	160	37.37	37.00	37.19	37.12	37.30	37.25
	180	36.44	37.12	37.00	37.00	37.25	37.19

掘削形状	堰床工終端高さ	分離壁高さ
C 案	29.0m	33.0m



場所 ダム 側から 距離(m)	項目	クレスト B		クレスト A		オリフィス B		オリフィス A	
		水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)
30	1.2	0.96	2.0	2.85	0.8	2.15	0.9	2.53	
	2.2	2.53	3.5	2.32	2.2	10.18	3.0	4.27	
	3.8	2.92	5.9	2.23	4.5	14.51	4.9	12.80	
40	1.0	1.45	1.9	2.32	1.6	3.35	1.2	2.85	
	2.7	1.26	5.0	1.80	4.2	8.36	4.1	1.80	
	4.1	1.60	8.0	4.19	7.0	14.61	7.2	13.15	
50	1.1	0.95	2.4	2.26	1.0	2.92	2.0	2.57	
	2.9	0.83	5.3	1.21	4.0	5.96	5.9	3.79	
	4.1	0.65	8.8	2.02	7.0	10.80	8.1	10.32	
60	1.0	0.54	2.5	1.53	1.9	3.10	1.5	2.99	
	2.3	0.39	5.9	0.87	4.9	2.97	5.0	1.97	
	4.0	0.29	9.0	1.61	7.3	8.67	8.3	8.24	
70	1.0	0.45	2.6	0.56	2.0	1.61	2.0	1.91	
	2.6	0.38	5.5	0.67	5.0	2.59	6.2	1.53	
	4.1	0.28	8.9	1.94	8.5	5.58	9.8	4.22	
80	1.2	0.41	2.0	0.57	2.0	1.25	2.0	1.16	
	2.6	0.44	5.1	0.72	6.0	2.27	6.0	1.19	
	4.1	0.27	8.4	0.87	9.0	4.40	9.3	4.14	
90	1.4	0.45	2.2	0.38	2.0	1.37	2.0	1.20	
	2.6	0.42	5.9	0.46	5.4	2.06	5.8	1.99	
	3.8	0.36	9.2	0.49	9.2	3.32	9.2	2.84	
100	1.0	0.46	1.9	0.44	1.9	1.80	2.0	1.57	
	2.4	0.45	5.0	0.55	5.9	2.63	5.0	1.80	
	4.0	0.46	8.0	0.44	9.0	2.69	8.2	2.15	
120	1.0	0.60	2.3	0.45	1.8	2.64	2.0	1.91	
	2.4	0.68	4.6	0.43	5.0	2.58	5.0	1.84	
	3.9	0.61	7.0	0.37	8.0	2.65	8.2	2.04	
140	1.2	0.93	0.9	1.50	2.0	2.85	1.9	2.34	
	2.7	0.90	3.1	1.28	5.0	2.75	4.8	2.05	
	4.0	0.74	4.9	1.14	7.6	2.64	8.0	2.06	
160	1.0	1.36	1.0	2.63	1.4	3.31	1.6	2.68	
	4.0	1.39	3.0	2.49	6.2	2.91	6.9	2.41	
180	0.5	1.86	0.8	2.44	1.5	3.98	1.9	3.20	
	2.0	1.74	5.5	0.68	6.4	0.65	8.2	2.05	
200	1.9	2.55	1.9	2.58	1.9	3.38	2.8	2.41	
	10.0	1.88	7.0	2.43	8.0	1.51	12.9	1.12	

表-25a 流速測定結果表

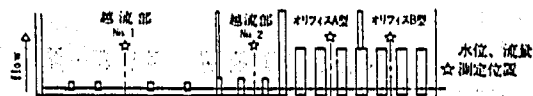
掘削形状	C 案
流量	3850m³/s
堰体工終端高さ	27.0m
分難壁高さ	33.0m



場所 ダム 側から 距離(m)	項目	クレスト B		クレスト A		オリフィス B		オリフィス A	
		水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)	水深(m)	流速(m/s)
30	1.0	2.43	1.5	3.52	1.0	2.27	1.2	2.48	
	2.7	1.35	4.0	2.06	3.0	11.79	3.9	8.24	
	4.2	5.90	6.2	9.00	5.0	14.84	6.2	13.39	
40	1.0	1.24	2.0	3.30	2.0	3.11	2.0	2.65	
	3.8	2.36	5.5	2.83	5.4	4.18	5.8	2.11	
	5.8	4.41	8.9	3.23	8.9	14.87	9.3	11.88	
50	1.5	2.14	2.0	2.64	2.0	2.99	1.8	2.63	
	3.5	2.49	6.2	1.88	6.2	4.04	5.3	1.71	
	5.4	3.13	10.0	1.63	10.0	11.14	9.5	9.35	
60	1.2	2.26	2.0	1.61	2.0	2.89	2.0	3.22	
	3.0	1.94	6.2	1.34	6.2	2.08	6.0	1.82	
	4.9	2.08	10.5	1.21	10.5	9.35	10.0	7.31	
70	1.2	1.64	2.8	0.91	2.8	2.49	2.3	2.98	
	3.4	1.28	7.1	0.74	7.0	1.93	6.0	1.62	
	5.3	0.91	10.9	0.88	10.9	4.11	10.0	5.54	
80	1.1	1.20	2.6	0.63	2.6	1.33	2.2	1.34	
	3.3	0.82	6.9	0.61	6.9	1.48	6.7	1.38	
	5.5	0.56	10.2	0.61	10.2	2.46	10.9	4.17	
90	1.3	0.87	1.6	0.60	2.1	1.65	2.0	0.83	
	3.0	0.91	5.6	0.53	6.1	2.00	6.2	1.39	
	5.1	0.95	9.5	0.64	10.1	3.60	10.9	2.86	
100	1.2	1.00	1.9	0.57	2.0	1.81	2.5	1.28	
	3.5	0.67	5.8	0.43	5.8	1.91	6.8	1.39	
	5.0	1.05	9.5	0.57	9.8	2.84	10.9	2.39	
120	1.1	1.45	1.7	0.82	1.5	2.51	2.0	1.69	
	3.3	1.33	4.5	0.50	4.5	2.35	5.7	1.67	
	5.4	1.12	7.5	0.51	7.5	2.76	9.9	1.81	
140	1.0	1.89	1.2	1.53	1.2	3.01	1.8	2.10	
	3.0	1.73	3.8	1.33	4.5	3.04	5.1	2.06	
	5.5	1.66	6.1	1.27	6.2	2.57	9.0	1.72	
160	1.0	2.95	0.5	2.74	0.5	3.30	1.9	2.50	
	3.9	2.68	3.0	2.69	3.6	2.96	8.0	2.26	
	0.9	3.64	0.7	2.86	0.5	4.03	1.0	3.23	
180	3.1	3.43	3.0	1.06	3.0	1.46	4.2	2.50	
	1.0	4.16	0.9	2.52	0.5	3.43	1.0	2.82	
	3.0	3.45	3.1	1.52	3.0	1.73	4.1	2.11	

表-25b 流速測定結果表

掘削形状	C 案
流量	5400m³/s
堰体工終端高さ	27.0m
分難壁高さ	33.0m



場所 ゲル 幅 (mm)	クレスト B		クレスト A		オリフィス B		オリフィス A	
	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)	水深 (m)	流速 (m/s)
30	1.0	3.09	2.0	3.65	1.5	2.09	1.5	2.44
	3.0	1.72	4.9	2.92	4.5	7.78	4.5	4.94
	5.0	6.41	8.0	9.17	6.5	14.02	7.0	10.48
40	1.4	1.44	2.0	3.42	2.5	3.09	2.0	2.60
	3.8	1.47	6.5	3.08	5.6	2.44	6.2	1.68
	6.0	4.26	10.0	7.96	9.0	10.69	10.6	9.41
50	1.5	1.95	2.0	2.96	2.0	2.56	2.0	2.74
	4.8	2.27	6.0	2.34	5.8	2.48	6.5	1.66
	6.0	1.08	10.0	1.59	9.8	8.35	10.7	8.28
60	1.5	1.25	2.5	1.92	2.2	2.22	2.0	2.85
	4.0	1.40	6.9	1.39	6.0	2.28	6.2	2.27
	6.2	1.25	11.5	1.76	10.0	9.24	0.6	6.87
70	1.5	1.42	2.5	1.04	2.0	2.19	2.5	2.33
	3.8	0.62	7.0	0.80	6.0	2.92	7.1	1.86
	6.1	0.78	11.5	1.06	10.6	7.05	11.5	5.04
80	1.4	1.26	2.2	0.52	2.3	1.33	2.6	1.43
	4.0	1.31	6.8	0.59	6.9	1.92	7.0	1.61
	6.5	0.72	11.9	1.02	11.0	4.31	12.0	4.10
90	1.2	1.29	2.2	0.62	2.5	1.09	2.0	0.89
	3.8	0.80	6.8	0.54	7.5	1.56	7.0	1.38
	6.3	0.87	11.2	0.65	11.0	2.99	11.8	2.59
100	1.0	1.14	2.3	0.67	2.0	1.80	2.0	1.01
	4.0	0.98	6.3	0.59	6.4	2.22	7.0	1.53
	6.4	1.63	10.9	0.72	10.1	3.76	11.2	1.86
120	1.2	1.60	2.0	1.16	2.0	2.16	2.0	1.63
	4.0	1.41	5.9	0.99	6.1	2.68	6.0	1.63
	6.6	1.63	9.9	0.75	10.2	3.15	10.0	1.52
140	1.2	1.60	1.2	2.05	2.1	2.98	1.9	2.12
	4.0	1.41	4.2	1.79	6.0	2.96	5.0	2.04
	6.6	3.55	7.3	1.60	9.2	2.94	9.1	1.81
160	1.0	3.70	1.0	3.06	2.0	3.27	1.2	2.53
	4.8	4.39	5.0	2.80	8.4	3.03	9.0	2.08
	1.0	3.72	1.0	3.41	1.0	3.96	1.0	2.97
180	4.0	3.65	4.4	0.59	4.0	0.65	4.5	0.71
	1.0	2.92	1.0	2.34	1.0	3.60	1.0	2.60
	4.1	9.17	4.0	1.31	4.2	0.99	4.0	1.59

表-25c 流速測定結果表

掘削形状	C 案
流量	6,200m ³ /s
渡床工終端高さ	27.0m
分離壁高さ	33.0m

表-26 水面形測定結果表

流量 Q (m ³ /s)	堰頂 ゲル幅 (m)	左岸導流壁 (m)	クレスト B (m)	クレスト A (m)	オリフィス B (m)	オリフィス A (m)	右岸導流壁 (m)
3850	30	33.81	33.56	33.62	30.81	32.50	31.06
	40	34.12	34.00	33.44	31.50	32.44	31.81
	50	34.19	34.00	33.69	31.81	32.62	32.62
	60	34.12	34.06	33.87	32.56	32.75	33.75
	70	34.19	34.00	34.06	33.75	33.69	33.31
	80	34.25	34.06	34.19	34.31	34.37	34.37
	90	34.19	34.12	34.25	34.62	34.62	34.75
	100	34.12	34.19	34.19	34.56	34.75	35.12
	120	34.06	34.25	34.31	34.44	34.49	34.81
	140	34.19	34.31	34.31	34.50	34.94	34.75
5400	160	34.12	34.06	34.25	34.19	34.81	34.49
	180	34.06	34.19	34.19	33.81	34.56	34.56
	30	34.69	34.37	34.81	32.37	34.19	33.50
	40	35.69	35.56	34.75	33.00	34.34	33.44
	50	35.44	35.19	35.06	33.37	34.81	34.56
	60	36.31	35.81	35.56	34.37	34.62	34.75
	70	36.25	36.12	35.75	35.37	35.19	35.62
	80	36.31	36.00	35.94	35.75	35.75	36.00
	90	36.31	35.87	35.87	36.19	36.12	36.31
	100	36.19	36.00	36.00	36.31	36.50	36.50
6200	120	36.25	35.94	36.12	36.40	36.47	36.50
	140	36.19	36.00	36.19	36.44	36.31	36.31
	160	36.06	35.87	36.06	36.34	36.25	36.37
	180	35.62	35.81	35.87	35.94	36.25	36.15
	30	35.25	34.75	35.06	33.69	34.50	33.81
	40	36.50	35.94	35.25	33.56	34.94	34.87
	50	37.06	36.56	35.56	34.31	35.25	35.37
	60	37.19	36.50	36.12	34.62	35.31	35.94
	70	37.37	36.75	36.44	35.19	36.00	36.62
	80	37.19	36.69	36.50	36.19	36.31	36.75
6200	90	37.00	36.75	36.62	36.62	36.62	37.00
	100	37.06	36.81	36.56	36.94	36.94	37.19
	120	36.94	36.75	36.81	36.87	36.94	37.12
	140	37.00	36.81	36.94	36.81	36.81	36.94
	160	36.81	36.44	36.56	36.87	36.75	36.87
	180	36.31	36.31	36.37	36.50	36.50	36.56

掘削形状	渡床工終端高さ	分離壁高さ
C 案	27.0m	33.0m

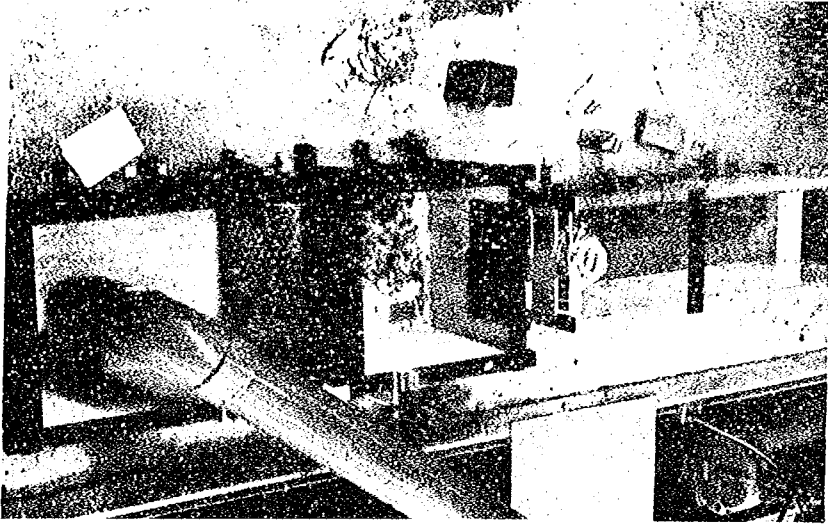
第6節 洪水吐1次案検討結果のまとめ

これまで述べてきた、昭和54年度洪水吐1次案での検討結果をまとめると次のとおりである。

1. 貯水池左岸の段丘部の堀削形状は、堀削底面高をE L. 40.00 mとし、横断カットラインはダム軸上流50 m程度のダム軸と平行線とし、縦断カットラインは最左岸ピアースайдから10 m程度でカットすれば水理的に問題がないものと思われる。
2. 洪水吐1次案形状での放流能力は図-24に示した能力を持ち、洪水吐全体として計画最大放流量 $3,850 \text{ m}^3/\text{s}$ に対しては約11%、ダム設計洪水量に対しては約14%の余裕を持っている。
3. 設計されたオリフィスおよびクレスト形状は、いかなる放流条件に対しても圧力的には問題がないものと思われる。

ただし、これまでの実績として、主ゲートの微少開度放流はゲートに対する振動を誘発するので避けるべきである。

4. 減勢工形状には、前述した問題点の他に魚道計画および護床工形状を含めた総合的な検討を必要とする。



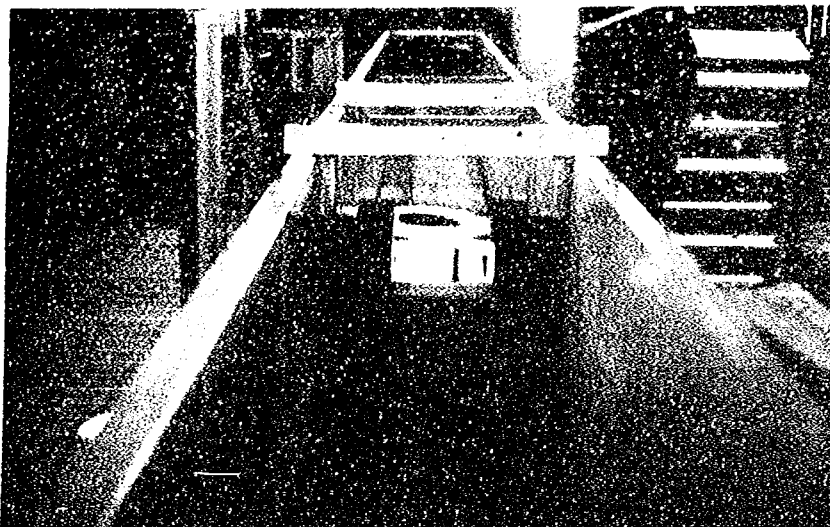
写真番号ー1
オリフィス抽出模型



写真番号ー2
オリフィス抽出模型
オリフィスB の側面



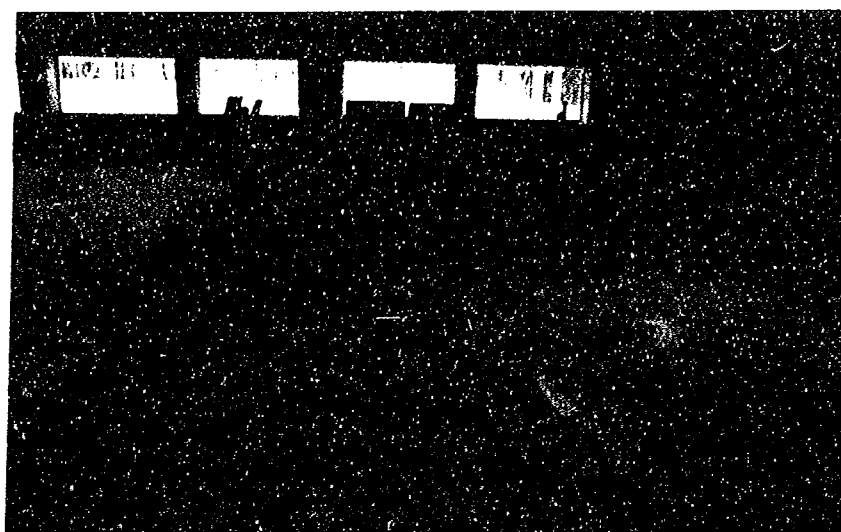
写真番号ー3
クレストA 抽出模型
下流ナップ面側



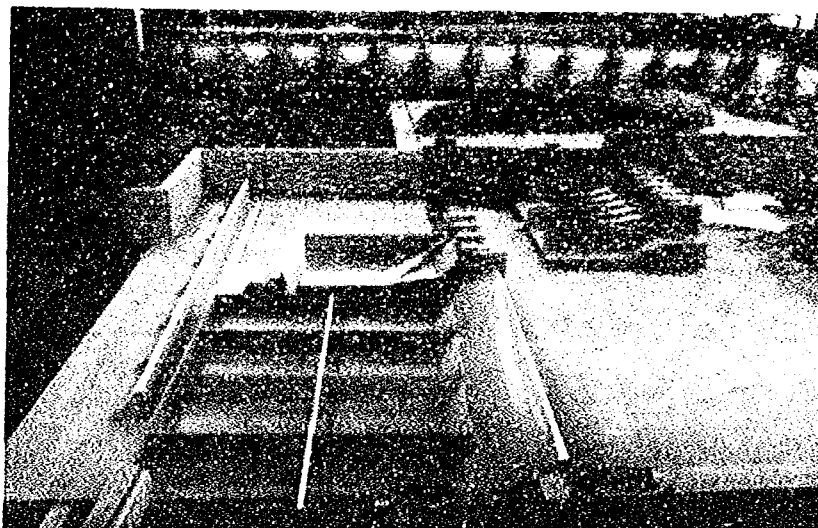
写真番号－４
クレストA 抽出模型
上流側面



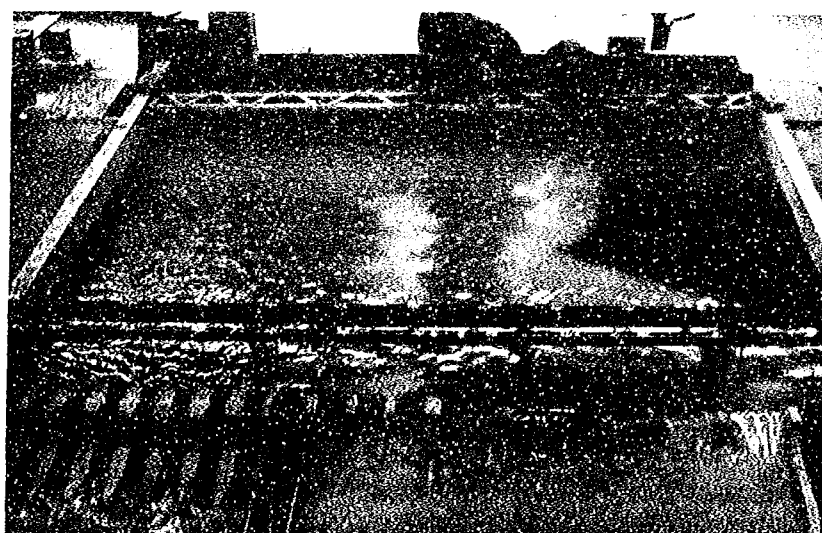
写真番号－５
クレストA 抽出模型
下流側面



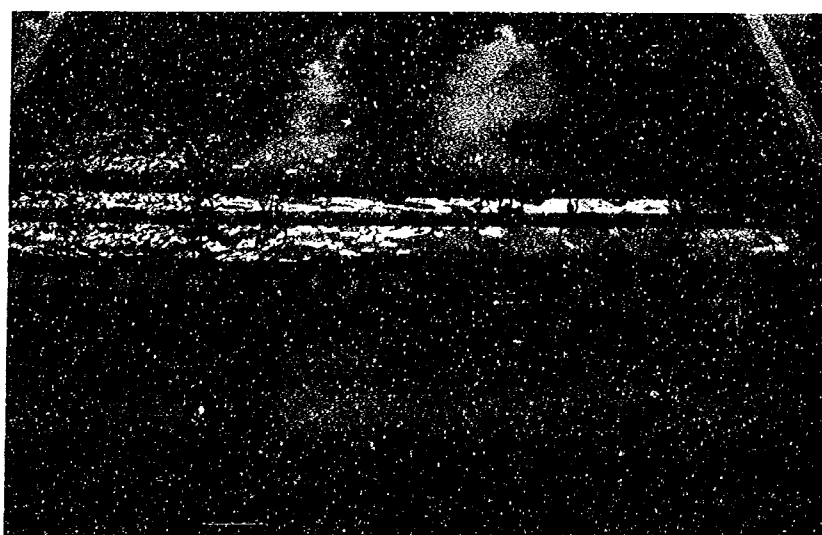
写真番号－６
全体模型



写真番号-7
全体模型



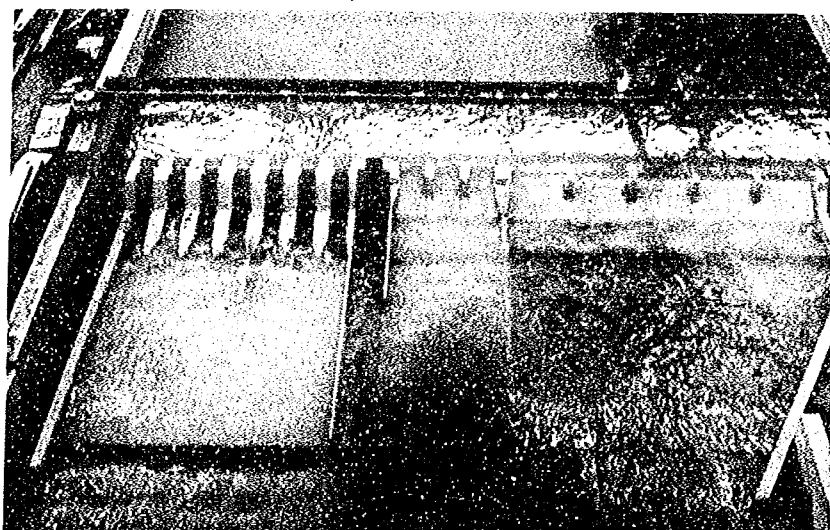
写真番号-8
段丘部堀削形状A
5,400 m³/s の流況



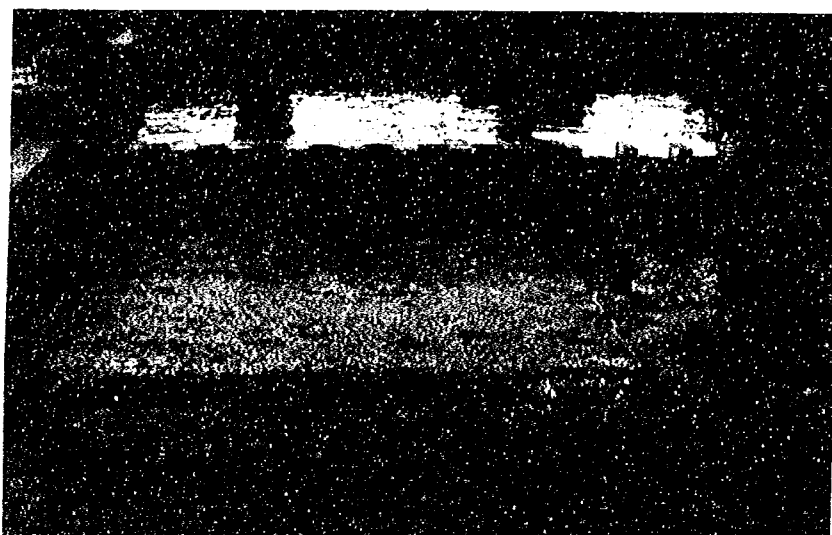
写真番号-9
段丘部堀削形状B
5,400 m³/s の流況



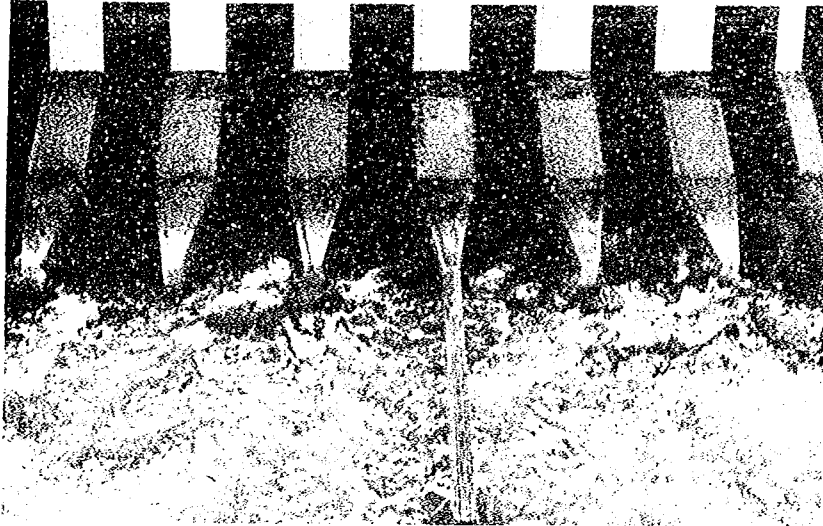
写真番号－１０
段丘部堀削形状C
5.400 m³/s の流況



写真番号－１１
逆傾斜天端高E L . 3 1.5 m
3.800 m³/s の流況



写真番号－１２
逆傾斜天端高E L . 3 1.5 m
3.800 m³/s の流況



写真番号-13

逆傾斜天端高E L . 2 9. 0 m

3,850 m³/s の流況



写真番号-14

逆傾斜天端高E L . 2 9. 0 m

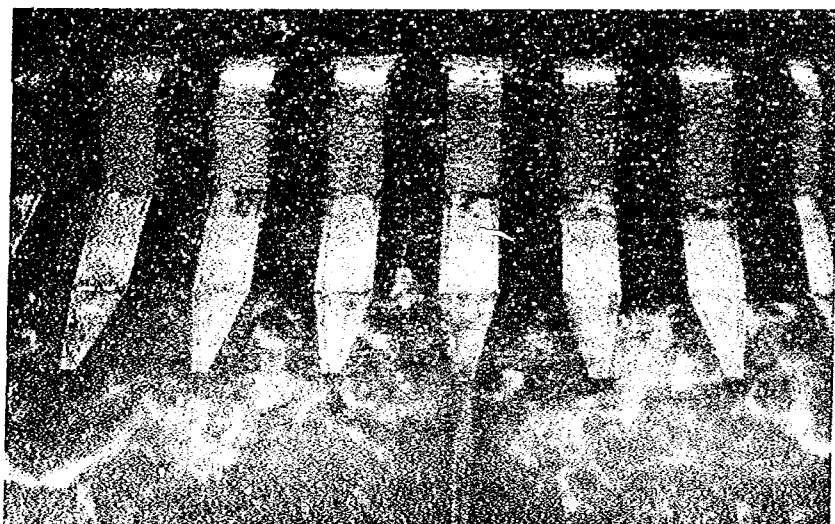
3,850 m³/s の流況



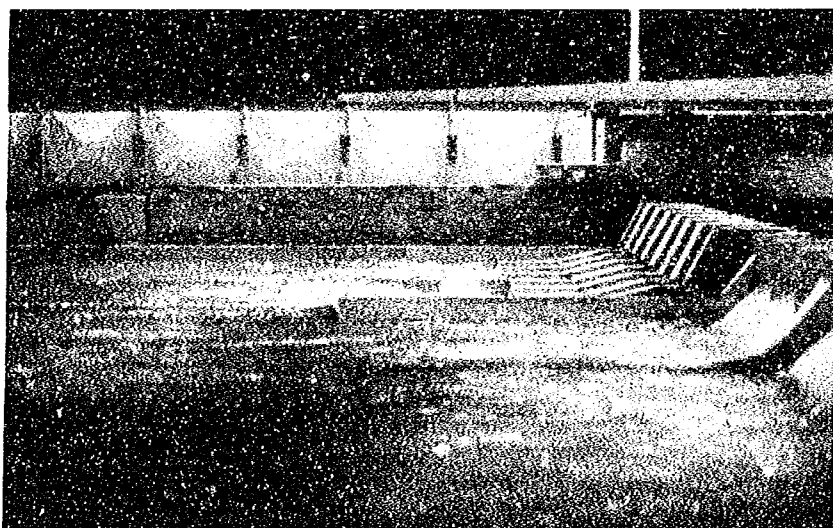
写真番号-15

逆傾斜天端高E L . 2 9. 0 m

3,850 m³/s の流況



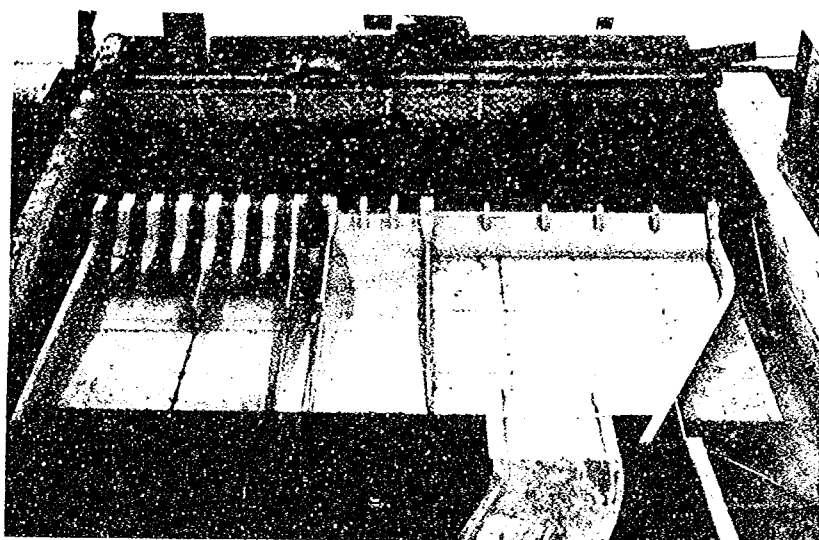
写真番号－16
逆傾斜天端高E L . 27.0 m
3,850 m³/s の流況



写真番号－17
逆傾斜天端高E L . 27.0 m
3,850 m³/s の流況



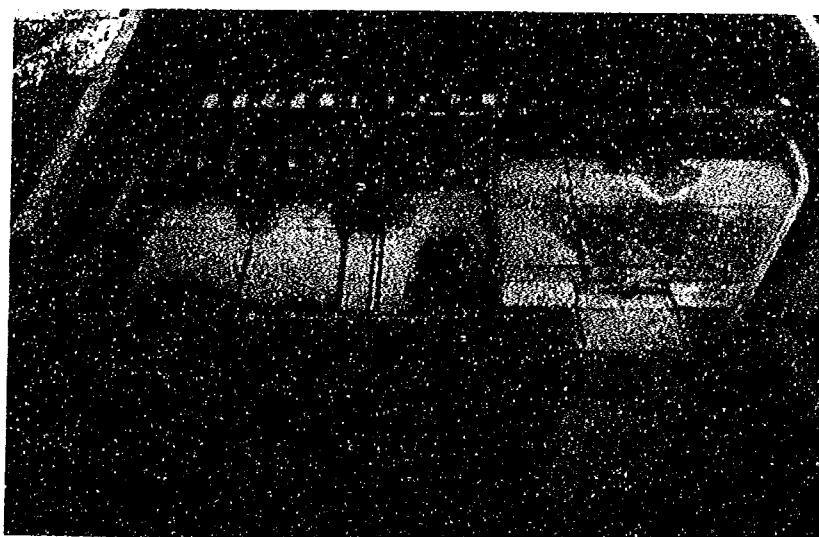
写真番号－18
逆傾斜天端高E L . 27.0 m
3,850 m³/s の流況



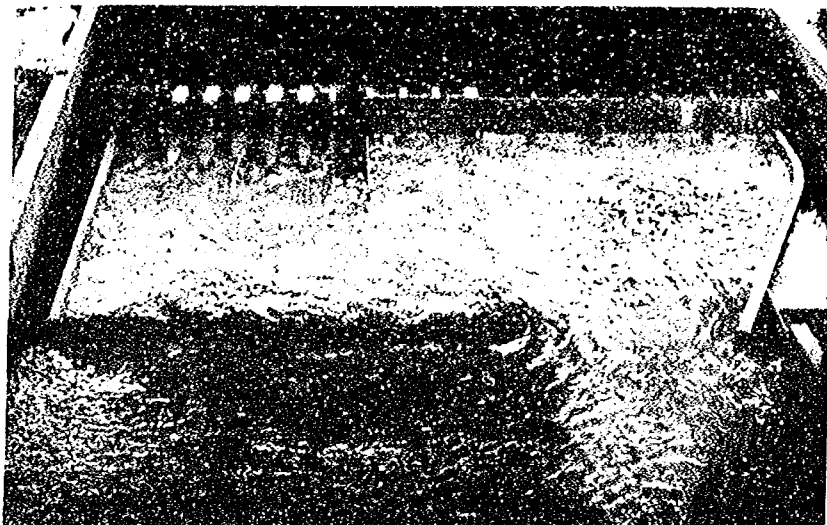
写真番号－１９
全体模型移設後



写真番号－２０
全体模型移設後



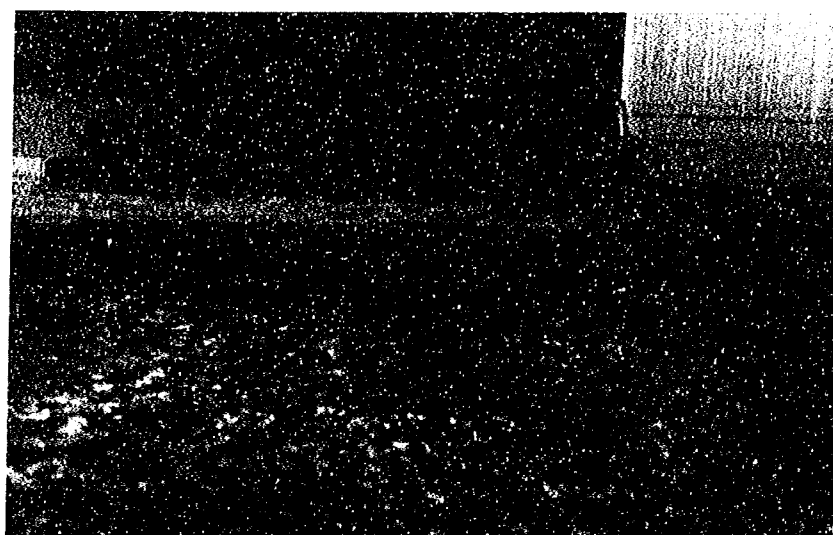
写真番号－２１
護床工１次案設置状況



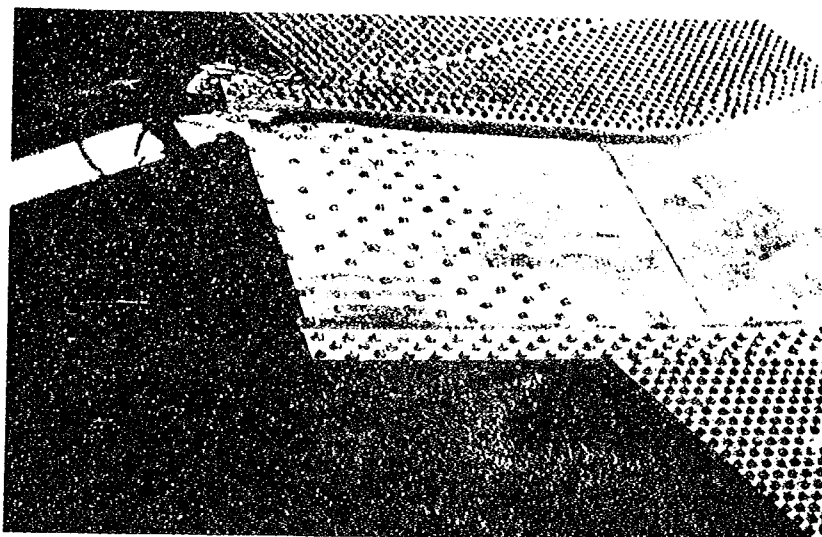
写真番号－ 2 2
護床工 1 次案
3,850 m³/s の流況
下流計画水位



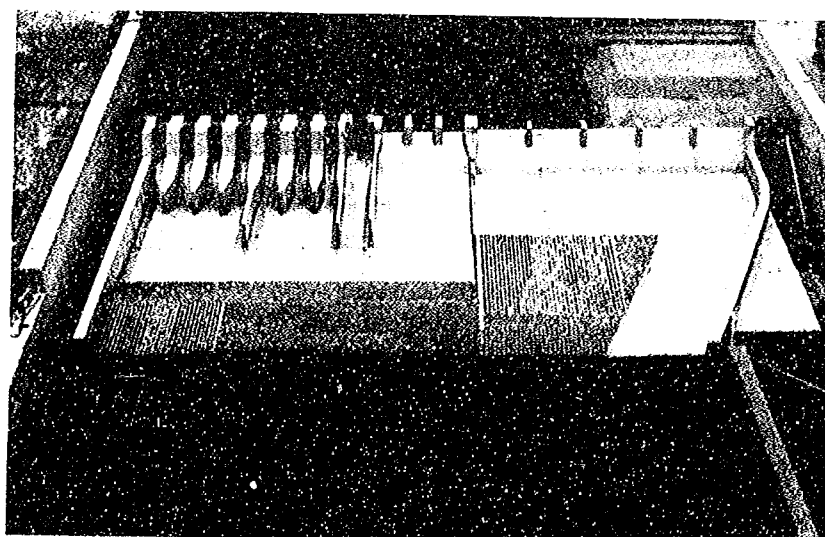
写真番号－ 2 3
護床工 1 次案
3,850 m³/s の流況



写真番号－ 2 4
護床工 1 次案
3,850 m³/s の流況



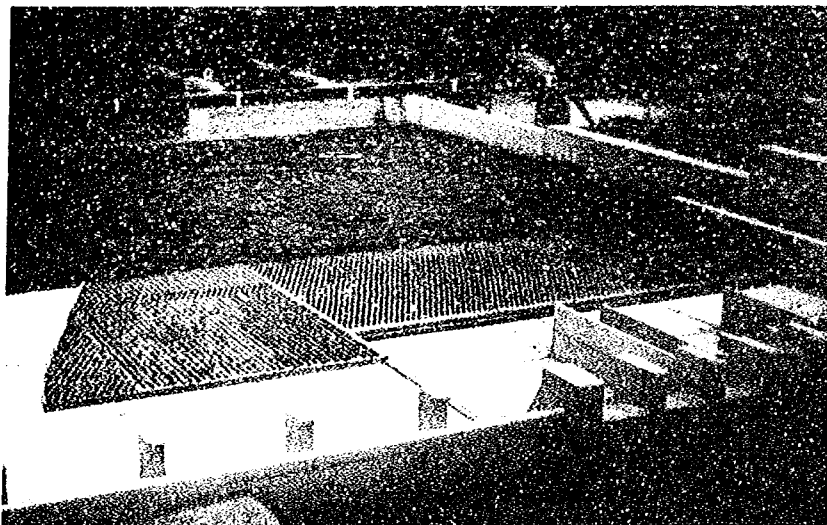
写真番号-25
護床工1次案
3,800 m³/s 6時間通水後
洗堀状況



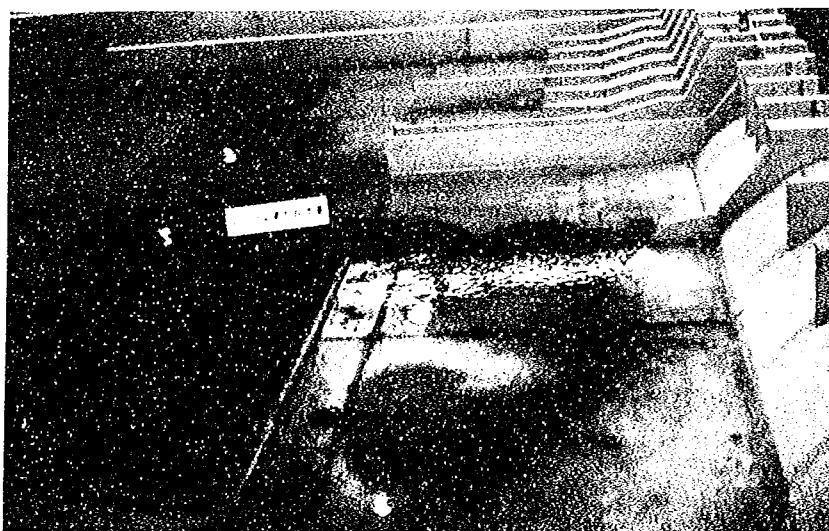
写真番号-26
護床工2次案設置状況



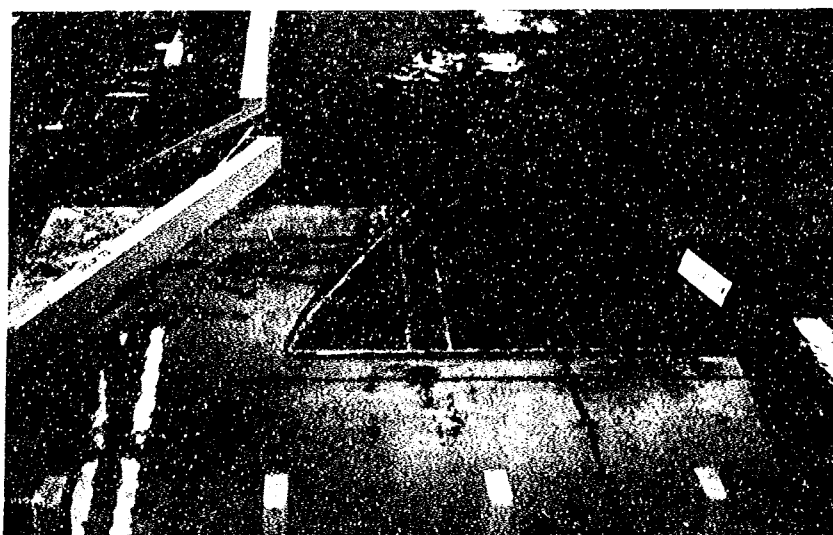
写真番号-27
護床工2次案
漁獲池と漁道形状



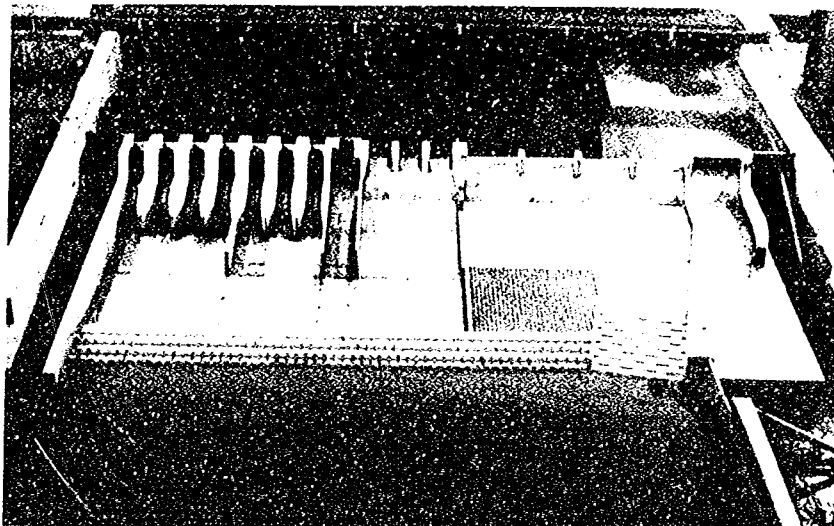
写真番号-28
護床工2次案設置状況



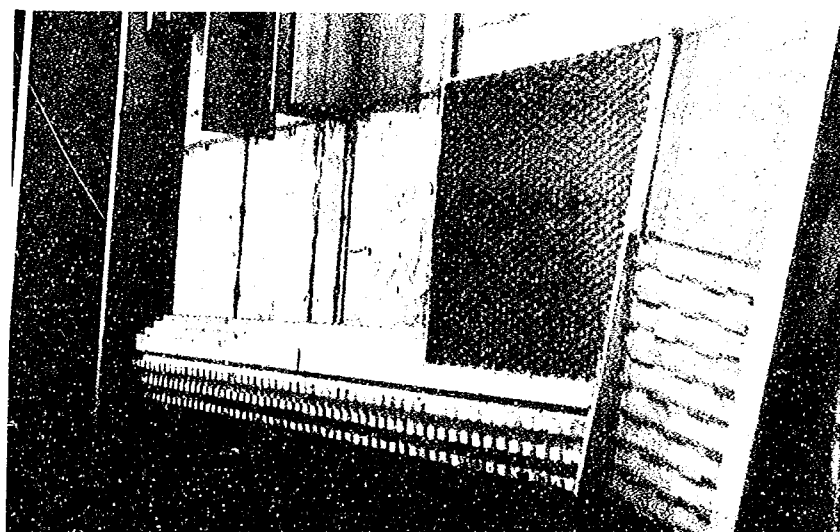
写真番号-29
利水最大 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 放流
漁獲池の流況



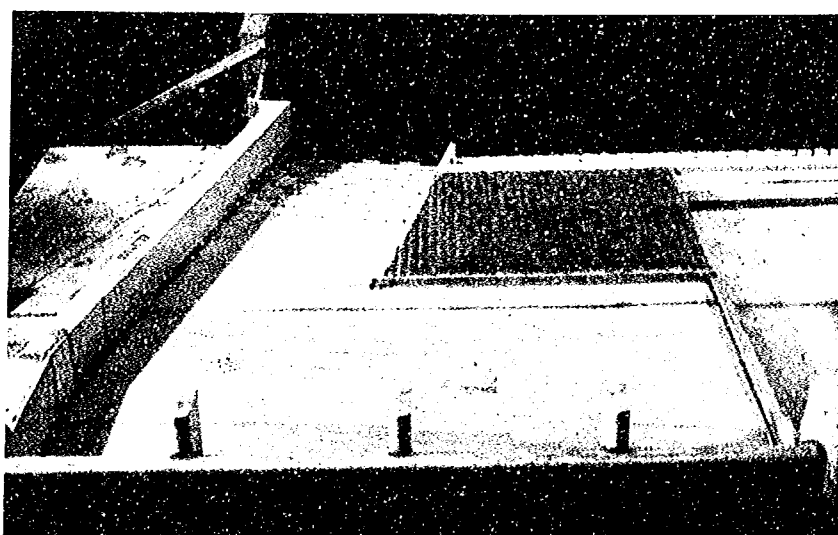
写真番号-30
利水最大 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 放流
魚道の流況



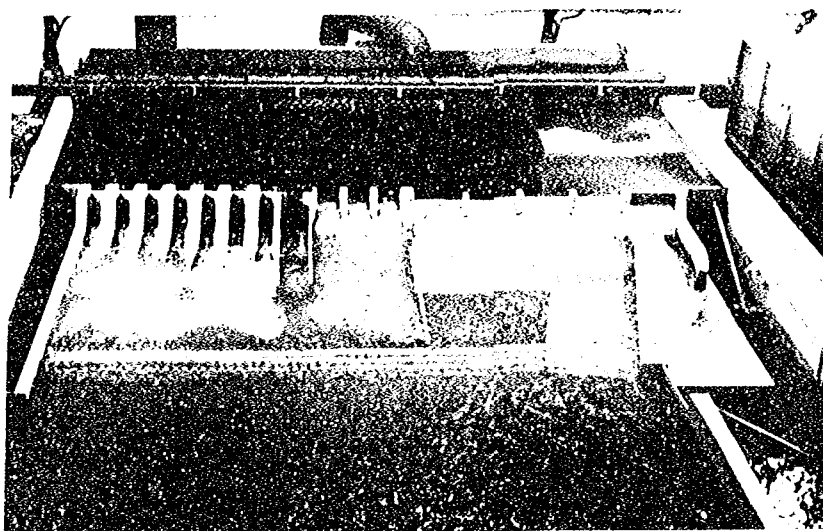
写真番号-3 1
洪水吐最終案形状



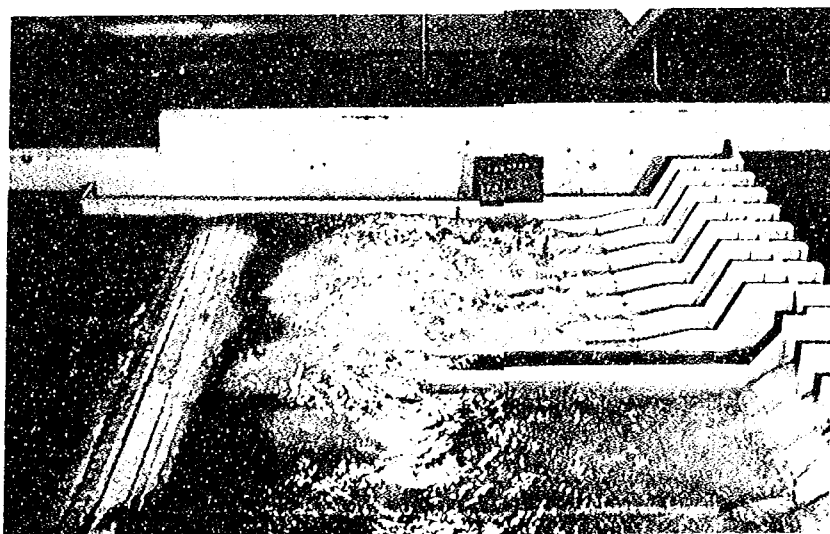
写真番号-3 2
洪水吐最終案形状
魚道および減勢工形状



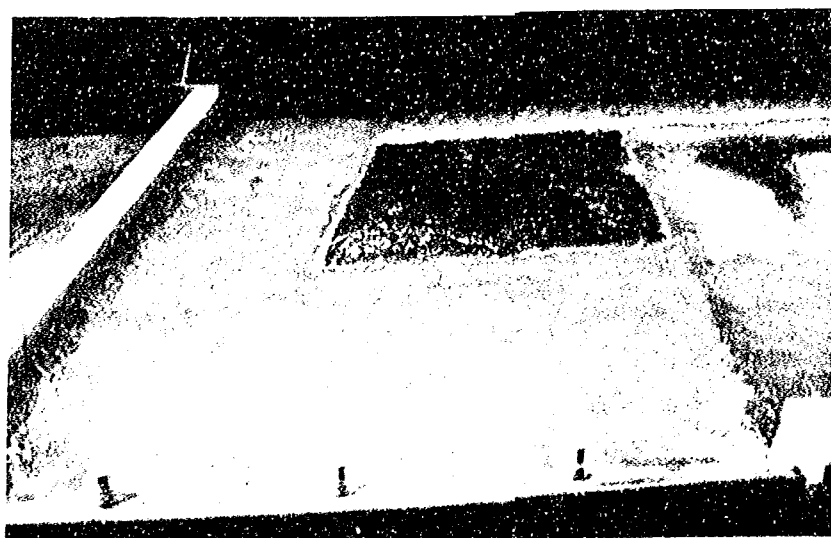
写真番号-3 3
自由越流部および魚道形状



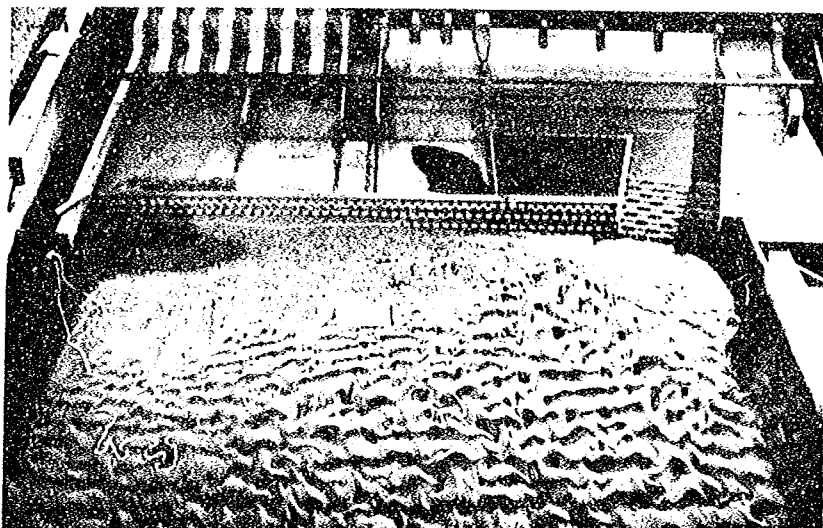
写真番号－ 3 4
洪水吐最終案形状
3,850 m³/s の流況



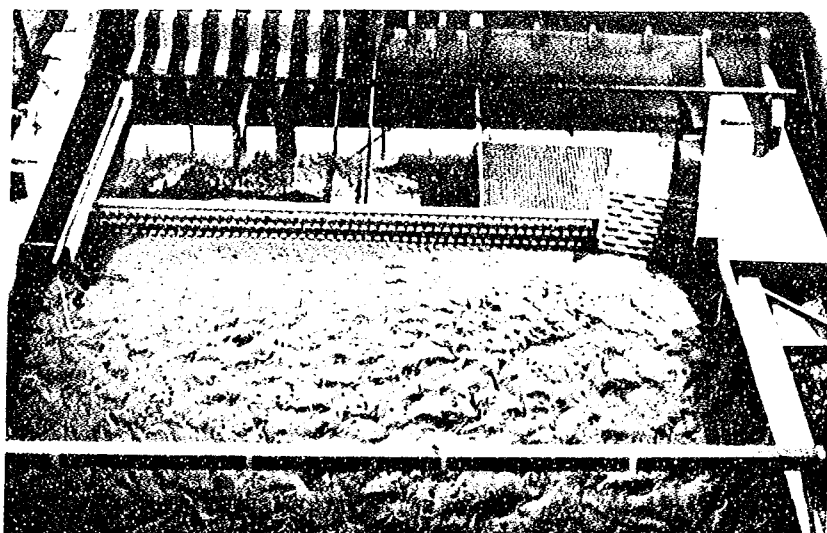
写真番号－ 3 5
洪水吐最終案形状
3,850 m³/s 放流時の右岸沿いの流況



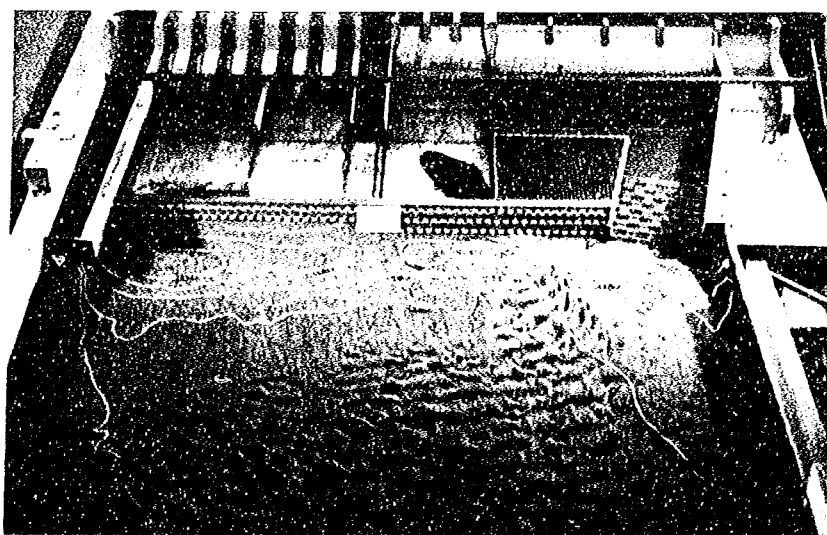
写真番号－ 3 6
洪水吐最終案形状
3,850 m³/s 放流時の左岸沿いの流況



写真番号-37
洪水吐最終案形状
3,850 m³/s 約16時間（現地換算）
後の下流洗堀状況



写真番号-38
洪水吐最終案形状
3,850 m³/s 約32時間（現地換算）



写真番号-39
洪水吐最終案形状
3,850 m³/s 48時間（現地換算）
後の下流洗堀状況

第3章 護床工および魚道

第3章 護床工および魚道

昭和54年度は前章までに述べてきた検討事項で終了してしまったが、減勢工、護床工および魚道等の詳細な検討までには至らなかった。55年度の水力実験は54年度の実験結果を踏まえ、土木研究所と沙流川ダム(二風谷ダム)調査事業所との打合せ協議の結果、次の方針で最終的な結論を得ることとした。

1. 貯水池左岸段丘部の掘削形状はほぼ54年度のC案形状とする。
2. 各洪水吐の配置は54年度1次案形状と同じ配置とする。すなわち、右岸から上段オリフィス4条、下段オリフィス3条、利水放流管、クレストローラーゲート3門、自由越流堤の順序とする。
3. 自由越流堤下流の減勢池は漁獲池を兼ねるため、漁獲期の放流量 $40\text{ m}^3/\text{s}$ に対して水深3m以内となる。減勢池底面敷高と洪水放流時に減勢できる規模と形状を実験的に検討する。
4. 魚道は3での減勢池に接続させ $40\text{ m}^3/\text{s}$ 流下時の魚道内の流速が $1\text{ m}/\text{sec}$ 以内になる設計形状とする。
5. オリフィスおよびクレストローラーゲート下流の減勢工形状は現河床の洗掘を防止できる護床工形状と合わせて検討する。

以上の方針に基づき55年度の水理実験は減勢工、護床工、魚道に対する検討が主となるため、水理的な影響がほとんどないものと思われる位置として54年度ダム位置を約100m上流(写真-10と写真-19を参照)に移設した。

第1節 護床工1次案の検討

護床工1次案は洪水吐1次案での検討結果と現地の魚道計画を盛り込み選定した形状でその詳細は図一

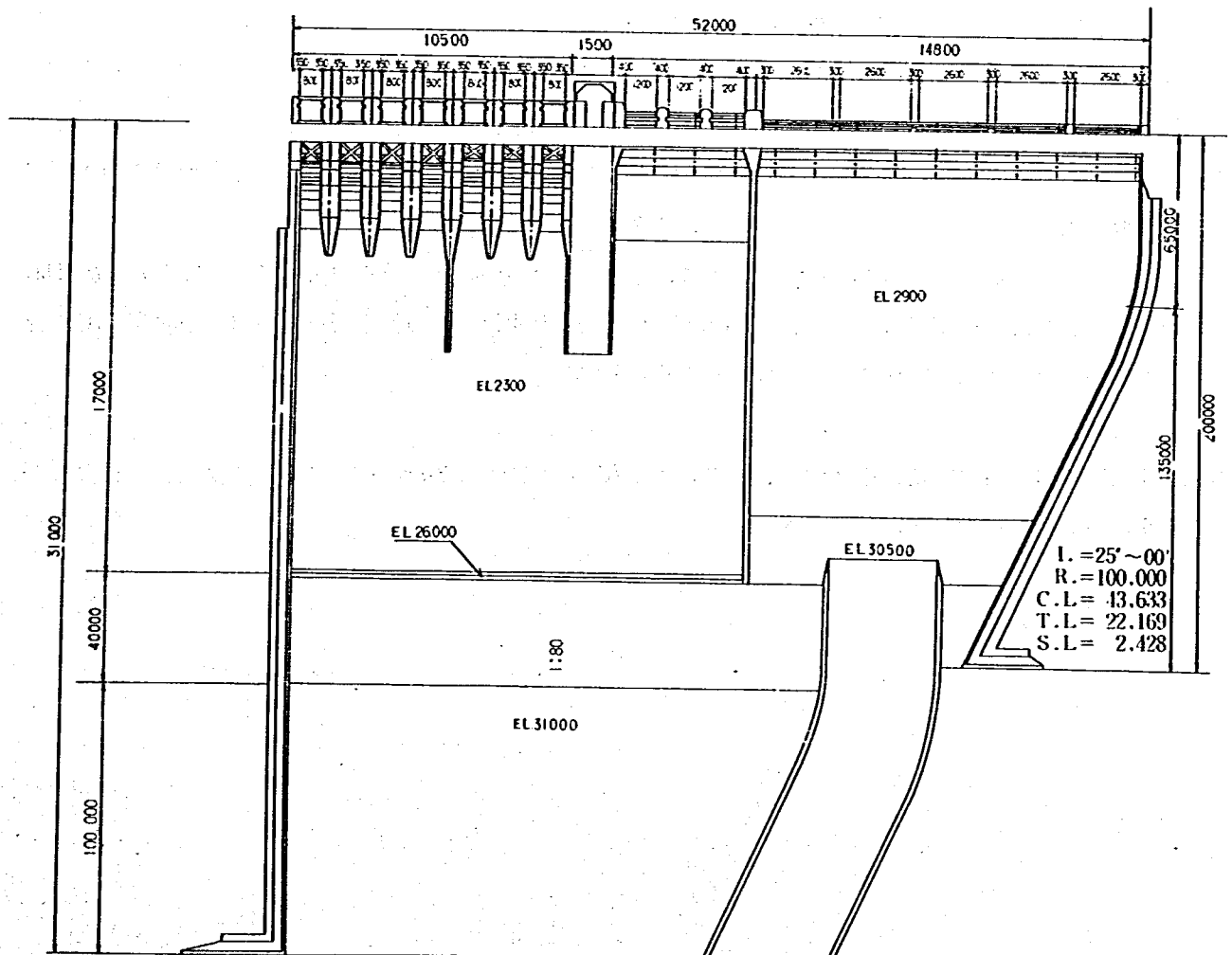


図-29 洪水吐全体平面図(護床工第1次案)

29に示す通りである。

1-1 護床工1次案形状

この護床工1次案の基本設計形状は、次に示すとおりである。

- 1) 段丘部の堀削形状はダム軸上流50mラインで平行カットしカット面の斜面は1:1、底面敷高はEL、40.00mであり、堀削量は約4万 m^3 弱である。
- 2) 各洪水吐の配列は図に示すとおり、右岸から上段オリフィス4条下段オリフィス3条、利水放流管、クレストゲート3門、自由越流堤5門である。
- 3) オリフィスA、B利水放流管およびクレストAの減勢工底面敷高はダム軸下流170mまでをEL、23.00mの水平面とし、終端に高さ1.5m×幅1.5mの階段2段型エンドシルを設置した。
- 4) 自由越流堤下流は順傾斜水叩き末端からダム軸下流145mまでをEL29.00mの水平面とし、その水平末端からダム軸170mまで1:10の逆傾斜面で護床工にすりつけた。
- 5) 各洪水吐間の分流壁はクレストAとクレストB間の分流壁を除き、ダム軸下流85mまでに天端高EL、36.0mで設置し、クレストAとクレストBとの間の分流壁はダム軸下流170mまでに天端高EL、31.0mで設置したものである。
- 6) 護床工は1mの正方形で高さ50cmのブロックをちどり形状にダム軸下流170mから300m区間に敷き並べた(写真-21参照)
- 7) 魚道は幅40m、深さ1mの開水路で図-29に示すように、下流河道最深部に向かって設置した。

1-2 検討内容

護床工1次案での検討内容は次に示すとおりである。

- 1) 護床工1次案に対する放流量は3,850 m^3/s および6,200 m^3/s の2種の洪水流について、各洪水吐のゲート開度を全門全開条件で検討する。
- 2) 1)での判断資料として、各洪水吐の縦断方向中心線上4測線で流速分布を測定し、水面形はこの4測線に右岸導流壁沿い1測線を加えた5測線で測定する。
- 3) 2つの洪水流に対するダム下流水位の条件は、計画水位(現地のダム調査事業所によってダム下流2km地点の二風谷頭首工を支配断面とし、不等流計算から求めた水位である)と現況水位(現地河床勾配に合わせた模型の整形河床そのままの流下水位である)とする。

1-3 検討結果

護床工1次案に対する実験結果を整理し、表-27a~27d および図-30a~30d にまとめた。これらの護床工1次案の検討結果は次のとおりである。

表-27a 水面形および流速測定結果数値表

実験条件 $Q=3850\text{m}^3/\text{s}$ 下流水位=計画高 全ゲート全開

横断測線	オリフィスA中央		オリフィスB中央		クレストA中央		クレストB中央	
	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)
30	34.74	2.13 11.94 5.54	34.08	2.29 13.56 13.19	36.94	-2.26 7.52 -1.76	37.00	-1.42 3.78 -1.06
40	34.78	2.17 11.89 1.43	34.28	2.27 12.66 3.46	36.94	-1.75 6.10 -1.13	37.44	-0.54 2.32 0.92
50	34.96	2.46 11.15 1.53	34.85	-2.83 12.42 1.93	37.09	-1.92 5.36 -1.15	37.50	1.31 0.96 1.60
60	35.26	2.93 8.94 1.70	35.03	-3.33 10.55 3.88	37.13	-1.54 3.56 -0.62	37.41	0.61 0.50 1.03
70	35.59	2.68 7.38 2.05	36.08	-2.68 7.57 3.27	37.28	-0.74 2.02 -0.35	36.90	0.62 0.40 0.48
80	36.04	1.96 3.70 1.87	36.9	-1.19 4.97 2.72	37.44	-0.24 0.56 0.66	37.19	-0.19 -0.35 -1.70
100	36.50	0.84 1.31 1.41	36.99	1.21 1.54 1.84	37.19	-0.09 -0.29 -0.13	37.19	-0.39 -0.45 -0.29
120	36.72	1.26 0.92 1.21	37.27	1.76 16.00 2.18	37.63	-0.13 -0.11 -0.03	37.50	-0.11 0.31 0.36
140	36.71	1.38 1.09 1.09	36.96	2.10 1.72 1.93	37.69	0.81 0.71 0.68	37.59	0.43 0.31 0.36
160	36.79	1.30 0.56 1.11	37.18	2.02 0.87 1.96	37.75	1.99 1.23 1.72	37.59	0.30 1.30 1.25
180	36.59	2.29 1.82 2.21	37.19	2.74 2.39 2.70	37.59	3.29 2.70 3.07	37.19	1.42 2.47 2.88
200	35.09	5.77 5.65	35.94	5.34 5.04	36.78	5.82 4.02	37.16	2.29 2.89 3.05
220	34.84	6.69 4.96	35.63	5.79 4.76	36.56	5.94 3.43	37.06	3.03 2.86 3.42
240	35.04	5.70 5.22	35.38	5.81 4.57	36.44	6.04 4.89	37.06	3.43 3.43 3.54
260	35.13	5.16 4.45	35.13	5.64 4.66	36.38	5.63 3.98	37.06	3.68 3.53 3.67
280	35.38	4.35 0.77	35.65	4.97 0.87	36.63	5.16 5.16	36.81	4.14 3.29 3.99

表-27b 水面形および流速測定結果数値表

実験条件 $Q=3,850\text{ m}^3/\text{s}$ 下流水位=現況 全ゲート全開

横断測線	オリフィスA中央		オリフィスB中央		クレストA中央		クレストB中央	
	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)
30	33.88	-1.83 13.05 -1.48	32.06	-2.22 13.69 12.78	35.59	-2.15 6.06 -1.99	34.84	-1.35 3.51 -1.53
40	34.41	-1.64 11.97 -1.97	33.69	-2.27 13.07 5.06	35.84	-2.19 5.49 -0.25	36.06	0.78 1.09 1.29
50	34.78	-2.13 9.19 -1.40	33.5	-2.82 11.81 3.63	35.84	-1.94 4.70 -0.55	36.06	0.88 0.70 0.75
60	34.9	-3.02 7.61 -1.44	34.19	-2.88 9.60 6.14	35.97	-1.73 2.93 -0.57	36.03	-0.04 -0.23 -0.09
70	35.56	-2.06 5.98 -1.88	34.88	-1.78 6.44 -1.94	36.06	-0.64 1.03 -0.38	36.03	-0.02 -0.17 -0.12
80	36.03	-1.45 4.43 -0.83	35.9	-1.07 4.53 -1.67	36.19	0.62 0.82 0.65	36.06	-0.11 -0.26 -0.14
100	36.56	-0.55 1.88 0.98	36.44	1.83 1.77 2.07	36.00	-0.22 0.38 -0.46	36.13	-0.15 -0.27 -0.27
120	36.63	1.24 1.07 0.97	36.63	2.07 1.73 1.98	36.31	-0.07 0.51 -0.06	36.09	-0.27 0.44 0.32
140	36.75	1.44 1.06 1.20	36.69	2.41 1.82 1.97	36.28	0.55 0.48 0.50	36.13	0.31 0.83 0.68
160	36.78	1.52 0.91 1.33	36.63	2.45 1.38 1.82	36.38	1.04 0.71 1.10	36.06	0.91 1.80 1.77
180	36.5	2.32 2.14 2.28	36.5	2.93 2.32 2.75	36.25	2.39 1.89 2.26	35.88	1.79 2.23 2.87
200	35.03	5.58 5.48	35.38	5.21 4.98	35.41	5.14 4.59	35.63	2.83 3.55 3.93
220	34.53	5.86 5.36	34.94	5.80 4.96	34.88	6.19 4.69	35.4	3.75 4.53 4.32
240	34.34	6.88 5.24	34.72	6.14 5.03	34.56	6.39 4.87	35.16	4.20 4.82 4.76
260	34.00	5.74 5.26	34.06	7.54 6.01	33.96	7.12 5.79	35.00	4.72 5.24 4.83
280	33.00	5.57 1.78	32.12	6.63 0.83	32.69	5.50 2.43	34.34	4.88 4.55 6.17

表-27c 水面形および流速測定結果数値表

実験条件 $Q=6,200\text{ m}^3/\text{s}$ 下流水位=計画高 全ゲート全開

横断測線	オリフィスA中央		オリフィスB中央		クレストA中央		クレストB中央	
	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)
30	35.63	-1.36 13.29 5.01	33.91	-1.26 14.18 9.29	36.53	-3.58 9.30 -2.75	35.78	-2.31 9.15 -1.61
40	36.03	-2.14 11.41 -1.80	35.25	-2.16 12.73 -1.72	36.50	-3.27 7.45 -2.19	36.81	-0.77 6.85 -1.50
50	36.44	-1.93 10.14 -1.71	35.16	-1.38 11.50 -1.09	36.78	-2.77 6.03 -0.80	37.34	-1.58 3.85 -2.36
60	36.13	-2.15 8.51 -1.20	35.12	-3.09 10.24 -1.68	36.97	-2.27 4.31 -0.78	37.69	2.51 2.47 2.62
70	36.78	-1.46 7.30 -1.44	36.00	-2.22 7.97 -1.88	37.49	-1.21 2.12 -0.82	37.78	2.19 1.78 2.84
80	37.34	1.40 4.74 1.60	37.79	-1.22 1.19 -1.31	37.66	-0.52 1.01 -0.73	37.75	2.29 1.34 1.78
100	38.03	1.07 1.96 1.48	38.09	-0.81 2.95 2.96	37.66	-0.45 0.57 -0.56	37.78	1.54 0.66 1.08
120	38.06	1.14 1.09 1.39	38.19	1.76 2.63 2.31	37.66	0.71 0.72 0.52	37.78	1.36 0.67 0.77
140	38.06	1.50 1.16 1.33	38.16	2.45 2.33 2.33	37.78	0.62 0.51 0.39	37.25	1.22 0.97 0.95
160	38.19	1.63 1.06 1.42	38.22	2.37 1.65 2.36	37.91	0.77 0.59 0.66	37.72	1.91 2.30 2.37
180	37.97	2.59 2.43 2.63	37.91	3.57 3.28 3.50	37.72	3.30 2.19 2.22	36.94	3.49 3.64 3.65
200	36.31	7.41 5.91 6.10	36.41	6.18 5.97 5.82	36.81	5.10 4.83 5.00	36.78	4.52 4.73 4.62
220	35.84	7.40 5.33 6.37	36.16	5.57 5.69 6.45	36.41	6.04 5.06 5.45	36.53	5.18 5.26 5.24
240	36.00	6.57 4.41 5.93	35.97	6.75 4.93 6.58	36.25	6.34 5.61 5.89	36.41	5.89 5.38 5.62
260	36.13	7.00 3.98 4.93	35.78	6.50 5.61 6.43	35.91	6.31 5.61 6.03	36.41	5.09 5.09 5.24
280	36.49	5.62 0.61 3.72	36.03	6.47 6.50 3.78	36.22	4.79 1.65 5.22	35.81	7.17 5.30 6.65

表-27d 水面形および流速測定結果数値表

実験条件 $Q=6,200\text{ m}^3/\text{s}$ ($q=200.7\text{ l/s}$) 下流水位=現況 全ゲート全開

横断測線	オリフィスA中央		オリフィスB中央		クレストA中央		クレストB中央	
	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)	水面形 (EL・m)	流速 (m/sec)
30	35.46	-1.29 12.21 -2.01	34.43	-1.07 14.40 1.002	36.06	-3.38 9.26 -1.47	35.66	-2.47 8.98 -1.38
40	35.94	-1.66 12.91 -1.52	35.36	-0.23 14.44 -1.85	36.31	-3.54 7.34 -1.87	36.53	-1.28 5.92 2.13
50	36.22	-1.57 11.25 -1.63	35.16	-2.37 13.45 -1.39	36.63	-2.77 6.23 -1.69	37.28	1.27 4.86 2.39
60	36.22	-2.52 9.29 -1.69	35.00	-2.57 11.21 -1.51	36.96	-2.32 3.87 -1.07	37.56	2.42 2.45 2.68
70	36.44	-2.43 7.49 -1.08	35.81	-2.16 8.64 -1.25	37.31	-1.15 1.88 -0.78	37.56	2.94 2.84 2.64
80	36.41	-1.27 4.46 -0.78	36.50	-1.81 5.39 -2.29	37.38	-0.44 0.86 -0.57	37.56	2.53 2.26 2.16
100	37.69	-0.65 1.73 -0.77	37.75	1.02 2.94 2.18	37.56	0.73 0.52 -0.49	37.63	2.23 1.10 1.65
120	37.97	1.51 1.32 1.42	38.03	2.00 2.98 2.65	37.72	-0.32 -0.32 -0.36	37.59	2.12 1.24 1.48
140	37.94	1.71 1.51 1.37	38.00	2.39 2.62 2.67	37.78	0.46 0.36 0.44	37.59	1.66 1.33 1.40
160	37.88	1.84 1.44 1.71	38.60	2.58 1.76 2.31	37.88	1.21 0.82 0.90	37.56	2.62 2.49 2.43
180	37.81	2.32 2.38 2.50	37.72	3.51 3.27 3.53	37.75	2.59 2.30 2.67	37.25	3.73 3.67 3.67
200	36.06	5.96 6.03 6.02	36.38	6.41 6.01 5.99	36.65	5.57 5.28 5.19	36.81	4.97 5.15 5.02
220	35.63	6.93 6.88 6.84	36.06	6.52 6.04 6.50	36.00	6.43 5.58 5.80	36.13	5.86 5.92 5.88
240	33.06	5.20 6.99 6.68	35.53	7.87 6.68 8.00	35.75	6.76 5.90 6.04	36.00	6.29 6.37 6.32
260	34.81	7.35 6.27 6.00	34.81	8.96 8.49 8.10	34.81	7.85 7.01 7.50	36.03	5.87 5.87 6.08
280	33.44	6.20 1.06 2.30	33.06	9.02 9.02 8.90	32.41	9.94 -0.86 9.50	35.19	7.63 7.27 7.80

図-30a 水面形および流速分布図（護床工1案）

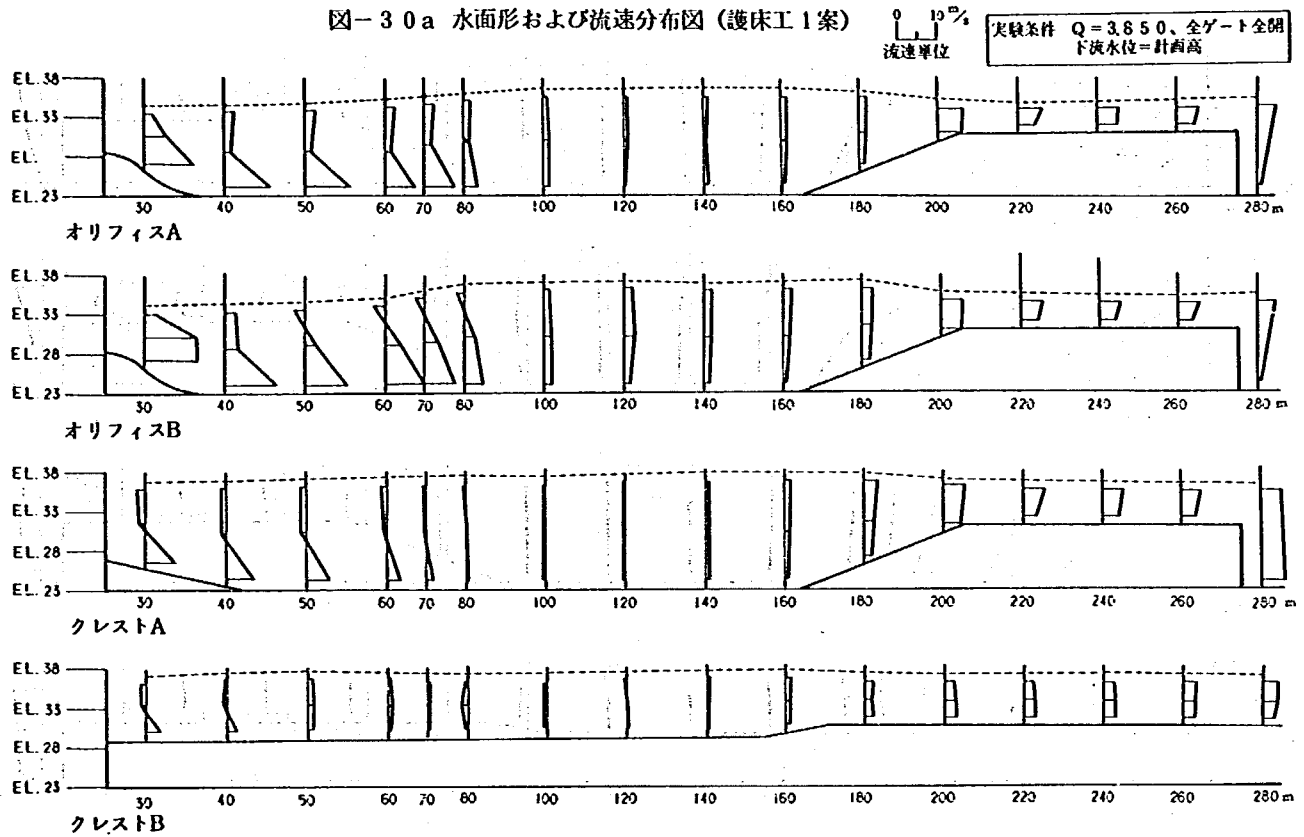


図-30b 水面形および流速分布図（護床工1案）

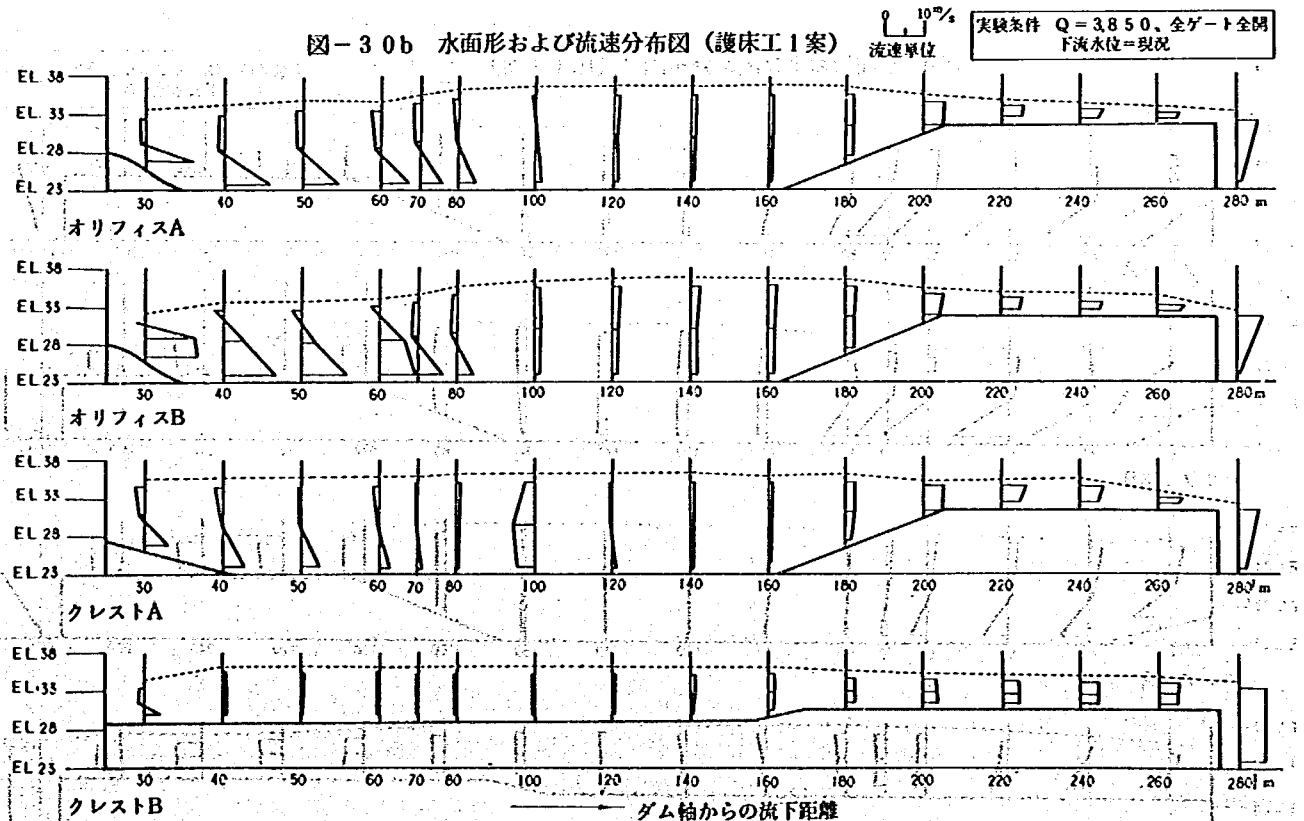


図-30c 水面形および流速分布図（護床工1案）

0 10^{m/s}
流速単位

実験条件 $Q=6,200$ 、全ゲート全開
下流水位=計画高

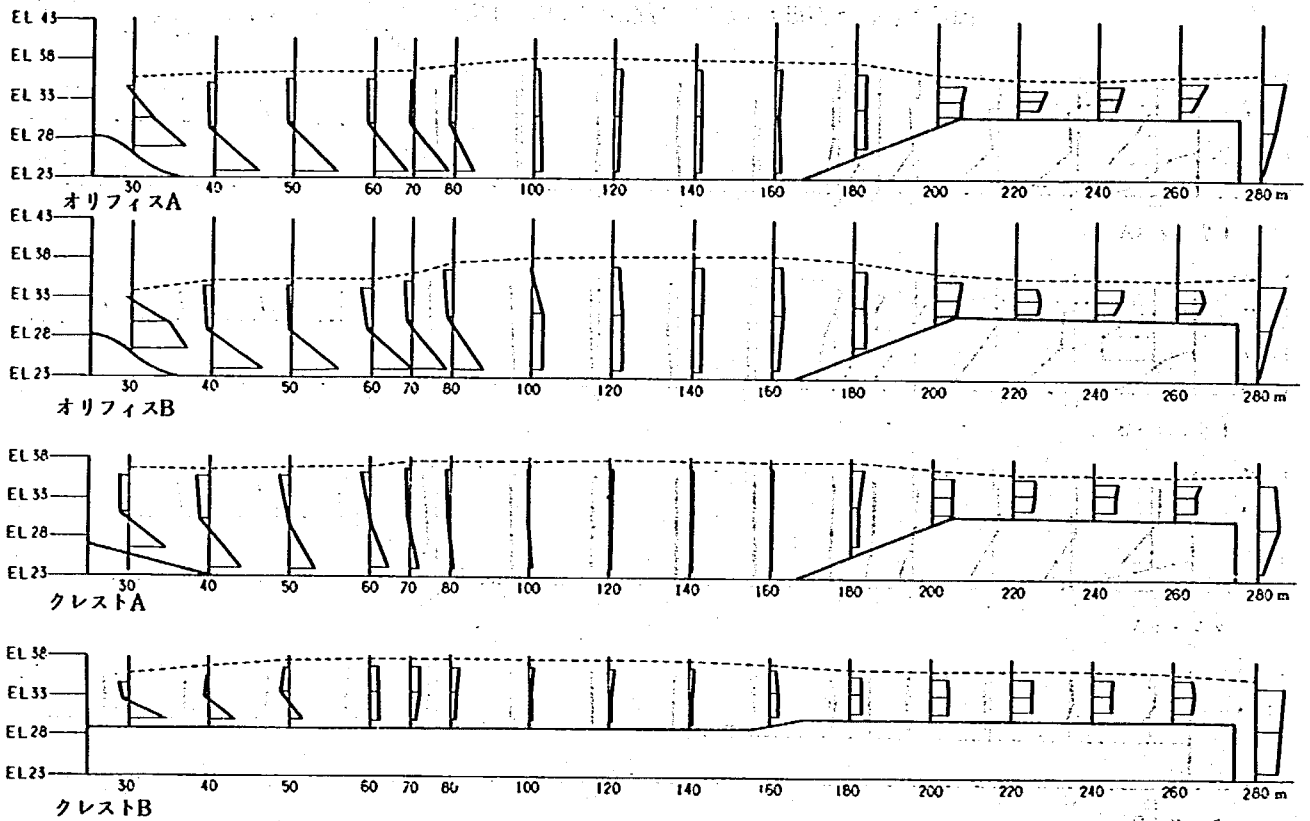
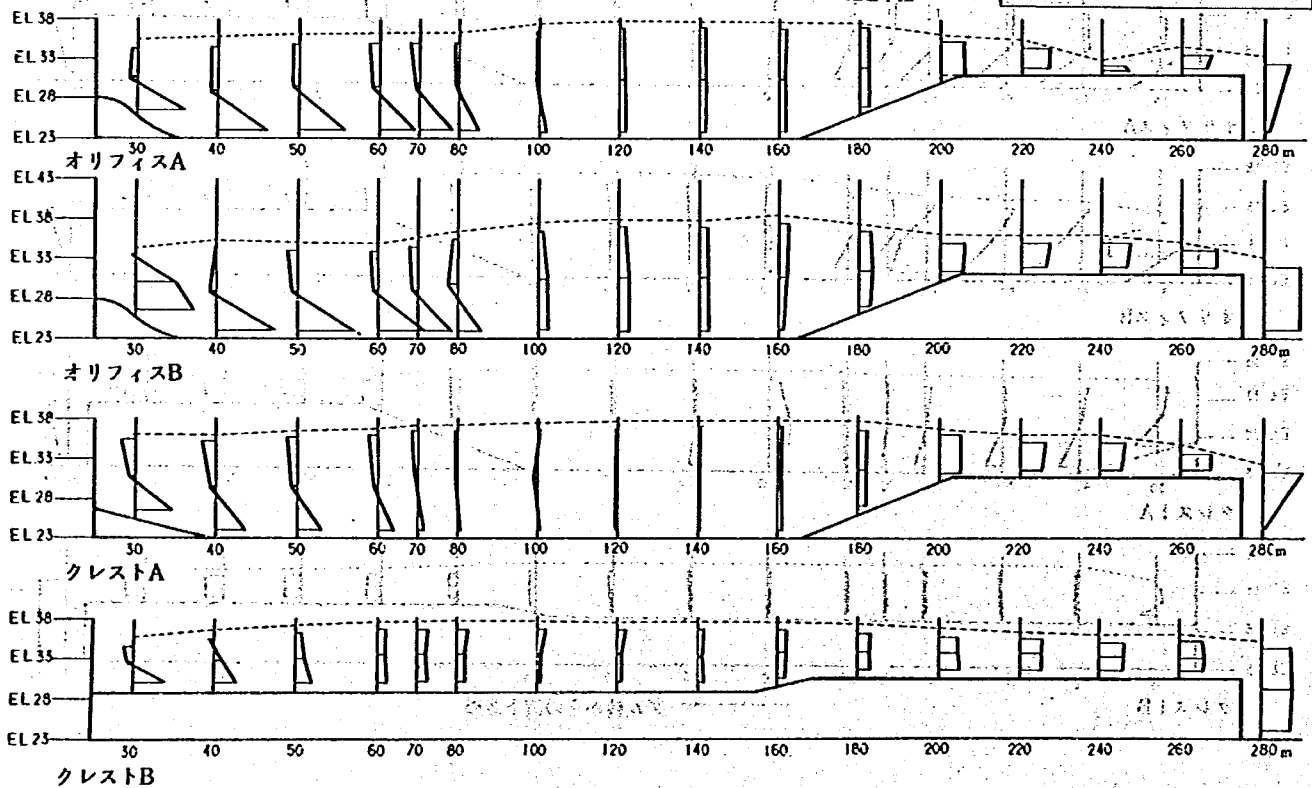


図-30d 水面形および流速分布図（護床工1案）

0 10^{m/s}
流速単位

実験条件 $Q=6,200$ 、全ゲート全開
下流水位=現況



- 1) 現地での不等流計算結果である計画背水位 (KP $\frac{2}{21}$ で $3,700 \text{ m}^3/\text{sec}$ のとき約EL 36.0m)が得られるなら護床工1次案形状は下流河床の洗堀防止効果においてかなり顕著で、護床工下流洗堀は $3850 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時にはほとんど進行しない結果が得られた。また $6,200 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流に対しても洗堀防止効果はかなり期待できる結果となった。ただし、これらの洪水流の通水時間はいずれも実物換算で約64時間である。
 - 2) 下流水位を期待せず、現況河床に洪水流を流下した場合、護床工の効果はある程度期待できるが、下流河床の洗堀は相当進行する結果となった。
 - 3) 分流壁を85mでカットした効果としては、オリフィスからの流れが早く拡散する流れとなり、表-27 a ~ 27 d に示すように右岸導流壁沿いの水面高から導流壁高は計画高 (EL. 39.0m) で問題がないものと判断できる。
 - 4) 減勢工規模を決定するため実施した減勢池内の流速および水面形の測定結果である図-30a ~ 30dから、オリフィスの放流に対してはダム軸下流120m付近で他の洪水吐はさらに流下距離の短い範囲で完全減勢状態が得られることから、1次案は規模的に過大であるものと思われる。
 - 5) 図-29に示した魚道の設置位置は、放流量の卓越したオリフィスの拡散流に対して横切る位置となることから、この拡散流に流送される土砂によって魚道が埋まることが予想される。
- また、魚道の根固め付近の洗堀も避けられないものと判断される。

第2節 護床工2次案の検討

前節護床工1次案での検討結果を踏まえて、護床工形状を改良した2次案として図-31に示す形状を選定し

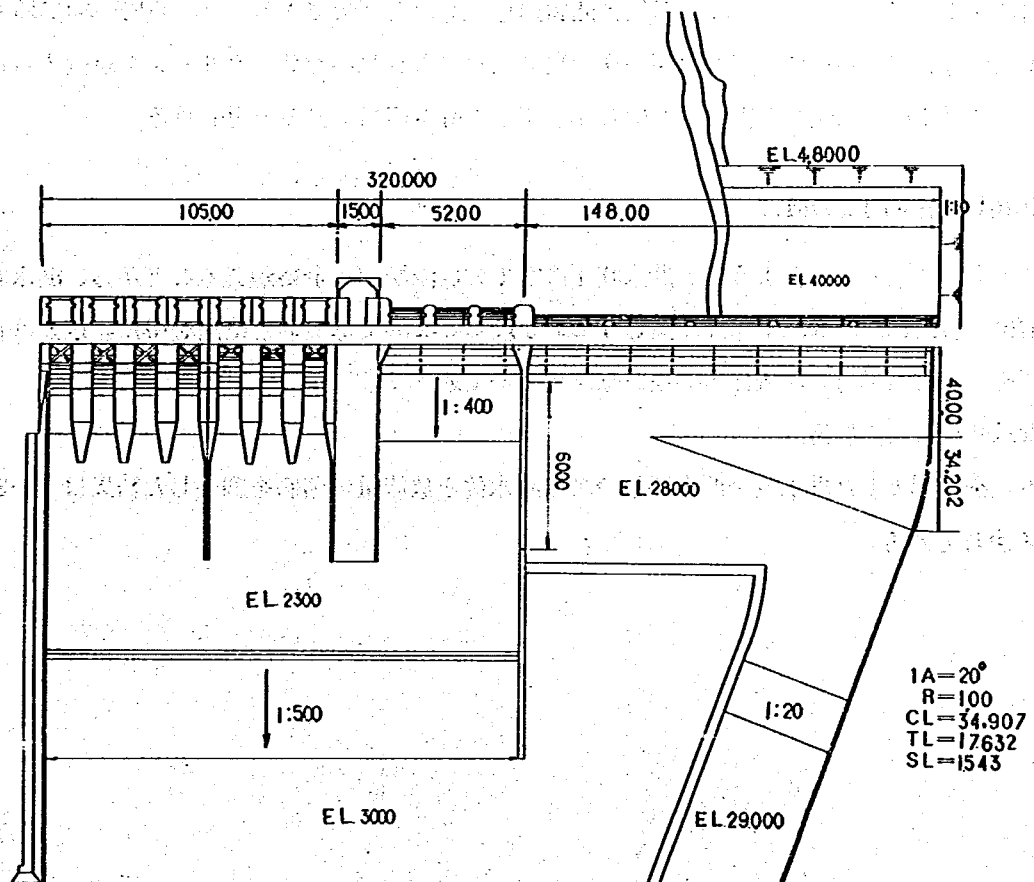


図-31 洪水吐全体平面図 (護床工2次案)

た。この形状は1次案に比べ減勢工の規模を大幅に縮小し、護床工の敷設範囲もダム軸下流200mの導流壁末端までとし、魚道は左岸導流壁沿いに変更した。模型をこの選定形状に改造した後、1次案と同じ放流条件下の実験により検討した。ただし、この2次案実験では、流況と河床洗掘状況を目視による観察にとどめ、水量の計測は行っていない。

これらの結果、下流水位が計画水位での放流条件では護床工の効果は1次案とほとんど変わらないものと判断できる。

しかし、下流水位を与えない場合は、1次案に比べ護床工下流河床の洗掘はさらに進行する状況を呈する。

したがって、護床工下流ではダム築造にともないダム上流からの供給流砂量が無くなり、下流河床に新たな平衡条件が生ずるまでは河床低下が続き、特に護床工直下流では現況の河床材料がダム下流約2km地点にある取水堰堤（二風谷頭首工、天端高EL、29.85m）による背砂によって堆積されたかなり細粒砂を含んだものであることを考慮すると、局所的に基礎岩盤近くまでの洗掘が十分予想される。かといって、この洗掘防止には過去の護床工の事例から見て、広範囲の敷設が必要となる。

また、二風谷頭首工がダム築造後も存続する計画であり、現況の河床勾配（ダムと頭首工の区間で約1/100）が平衡条件に達するのは以外に早く、頭首工の背水位が得られること等を考えると護床工敷設はあまり得策でないものとする。

次に2次案の魚道位置を変更した効果として、オリフィスからの拡散流に対して、1次案により距離的に遠ざかったのと、流線方向も改善されたため、流送土砂による影響がかなり弱くなった。

魚道に対する漁期の最大放流量である40m³/sの流況観察結果から、クレストAとクレストBの中間分流壁に深さ1m、長さ60mの切りかき（切りかき敷高EL、30.00m）での越流深は約60cm程度で、魚道の流速も1m以内に収まっていることから設計形状に問題がないものと判断できる。（写真29～30参照）

また、実際には、切りかきには魚を水深の深い減勢工内に入れないためスクリーンを設置することから、このスクリーンによる損失水頭を考慮すると切りかき深さ1mも適当であると思われる。

第3節 自由越流堤4門での検討

第2章での実験結果で述べたように、洪水吐1次案での放流能力に余裕があることから、洪水吐形状の見直し検討の結果、自由越流堤5門案を4門案とするのが最も経済的であると結論を得た。以後は自由越流堤の最左岸1門を減らした場合の放流能力の検討結果について述べる。

3-1 洪水吐全体での放流能力

自由越流堤を4門とした洪水吐全門全開放流での貯水位と放流量の関係を調査した結果は表-28および図-32に示すとおりである。

表-28 H~Q 測定結果

(洪水吐全体、クレストB = 4 門)			
貯 水 位 (WL、m)	放 流 量 (m^3/s)	貯 水 位 (WL、m)	放 流 量 (m^3/s)
35.19	302.6	43.61	2473.6
36.59	620.7	44.62	2791.7
37.70	926.4	45.45	3078.9
38.76	1241.4	46.01	3418.6
39.03	1321.7	46.43	3702.6
39.34	1417.5	47.26	4363.6
39.50	1466.9	47.90	4944.1
39.72	1534.9	48.64	5583.4
40.31	1692.3	48.88	5833.5
40.73	1812.8	49.26	6213.4
42.22	2158.6	49.50	6503.7

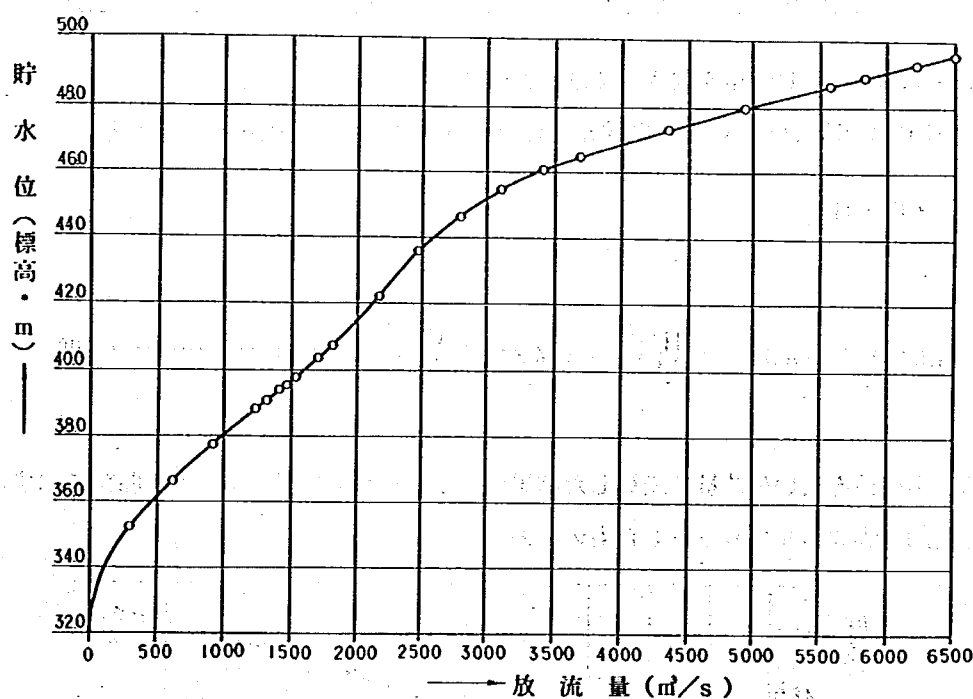


図-32 放流能力曲線 (洪水吐全体、ただしクレストB 4 門)

この結果図-32の推定曲線からサーチャージ水位WL、47.0 mで最大放流量 $3,850 m^3/s$ に対して約6%、ダム設計洪水水位WL、49.4でダム設計洪水量 $6,200 m^3/s$ に対して約3%の余裕がある結果となった。しかし実験での流量計の精度と計測精度を考えると $6,200 m^3/s$ に対しては、ほぼ誤差範囲にあるものと思われる。

3-2 自由越流堤の放流能力

自由越流堤4門での貯水位と放流量の測定結果は表-29に示すとおりである。この表に示す流量係数は第1

表-29 水理諸量数値表(自由越流堤4門分)

貯水位 (WL, m)	越流水深 H (m)	$\frac{H}{H_d}$ ($Q_d=4.4$)	放流量 Q (m³/s)	流量係数 C	推定放流量 (19式による)
45.96	0.96	0.218	160.6	1.642	177.8
46.46	1.46	0.332	321.2	1.751	338.5
46.80	1.80	0.409	472.5	1.881	469.2
47.14	2.14	0.486	623.8	1.916	617.0
47.43	2.43	0.552	769.0	1.952	756.8
47.76	2.76	0.627	941.9	1.975	930.8
47.98	2.98	0.677	1,071.6	2.003	1,055.6
48.29	3.29	0.748	1,253.8	2.020	1,243.7
48.51	3.51	0.798	1,380.4	2.018	1,385.6
48.54	3.54	0.805	1,402.0	2.024	1,405.5
48.76	3.76	0.855	1,559.5	2.057	1,555.2
48.78	3.78	0.859	1,568.8	2.053	1,569.1
48.96	3.96	0.900	1,670.7	2.038	1,696.5
49.20	4.20	0.955	1,856.0	2.073	1,871.8
49.36	4.36	0.991	1,995.0	2.107	1,993.0
49.56	4.56	1.036	2,167.9	2.141	2,146.9

章での(3)式に $B = 26 \times 4 = 104 \text{ m}$ を代入して求めた値である。

求められた資料の中の H/H_d と C との関係から最小2乗法により、曲線式を求めると、

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

における C は

$$C = 1.690 + 0.836 \left(\frac{H}{H_d} \right)^2 - 0.432 \left(\frac{H}{H_d} \right)^4 \dots\dots\dots (19)$$

となる。

この両式から、実験値を使い放流量を逆算した結果は、表-29および図-33の実線曲線に示すとおりである。

また、図-33の丸印は実験値をプロットしたものである。

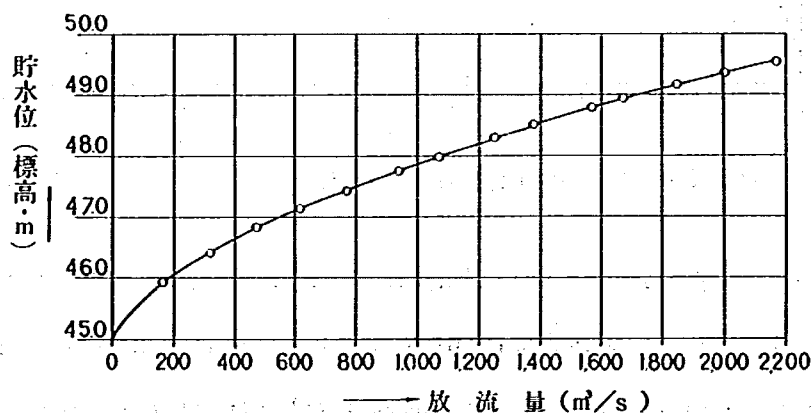


図-33 クレストB放流能力曲線(4門分)

この結果、 $H < 1.8 \text{ m}$ (WL、46.80m)において計算値が実験値を上廻っているが、実験でのこの範囲は流量公式の使用精度範囲から考えると、適用範囲外でありやむをえないものと思われる。

しかし、この範囲以外ではほぼ偏差値は±1%以内に収まっており、実用上この両式を使用できるものと考ええる。

第4章 検 討 結 果

第4章 検 討 結 果

昭和51年度から55年度に亘って検討してきた二風谷ダム洪水吐の形状および規模は、設計資料に示されるものを採用すれば設計条件を満足し、所定の機能を満たすことができる。

ただし、設計資料9、10については次の点を考慮するものとする。設計資料9に示す減勢ブロックの設置高は二風谷頭首工がダム築造後も半永久的に残存する条件ならばEL、25.0mまたはEL、27.0mまで設置すれば、EL、23.0mまで設置した場合と比較して、直下流の局所洗掘形態の多少の差を除いて、減勢機能的にはほとんど変わらないものと推測できる。

また、設計資料10に示す魚道のステップ敷高も同様にEL、27.0mまで設置すれば良いものと思われる。

さらに、ダム管理資料としては、次に示すそれぞれの実験式によって求まる、貯水位と放流量とゲート開度との関係を使用できる。

1. オリフィスA形状の放流機能式

$$Q = N_{oA} \cdot C_{oA} \cdot A_{oA} \sqrt{2g H_{oA}} \quad \dots\dots\dots (1K)$$

$$C_{oA} = (0.750 G_{oA} - 0.313 G_{oA}^3 + 0.469 G_{oA}^5) \sqrt{1 - \left(\frac{D_{oA}}{H_{oA}} \right) G_{oA}} \quad \dots\dots\dots (2K)$$

ここに、 N_{oA} ：オリフィスAの条数（4条）、 C_{oA} ：オリフィスA形状のゲート開度による流出係数、 A_{oA} ：オリフィスAの出口断面積（= 280 m²）、 H_{oA} ：貯水位からオリフィスAの敷高までの標高差(m)、 g ：重力加速度（= 98 m/s²） G_{oA} ：放流時のゲート開度（=ゲート開き/3.5m）、 D_{oA} ：オリフィスAの出口断面高（= 3.5m）、 Q = 放流量（m³/s）

2. オリフィスB形状の放流機能式

$$Q = N_{oB} \cdot C_{oB} \cdot A_{oB} \sqrt{2g H_{oB}} \quad \dots\dots\dots (3K)$$

$$C_{oB} = (0.763 G_{oB} - 0.375 G_{oB}^3 + 0.513 G_{oB}^5) \sqrt{1 - \left(\frac{D_{oB}}{H_{oB}} \right) G_{oB}} \quad \dots\dots\dots (4K)$$

ここに、 N_{oB} ：オリフィスBの条数（3条）、 C_{oB} ：オリフィスB形状のゲート開度による流出係数、 A_{oB} ：オリフィスBの出口断面積（= 40.0 m²）、 H_{oB} ：貯水位からオリフィスBの敷高差(m)、 G_{oB} ：放流時のゲート開度（=ゲート開き/5.0m）、 D_{oB} ：オリフィスBの出口断面高（5.0m）

3. クレストA形状の放流機能式

(1) 自由越流時

$$Q = N_{c1} \cdot C_{c1} \cdot B \cdot H_{c1}^{\frac{3}{2}} \quad \dots\dots\dots (5K)$$

$$C_{c1} = 1.657 + 0.426 \left(\frac{H_{c1}}{H_d} \right)^2 - 0.199 \left(\frac{H_{c1}}{H_d} \right)^4 \quad \dots\dots\dots (6K)$$

ここに、 N_{c1} ：クレストAの径間数（= 3）、 C_{c1} ：越流係数B：径間幅（= 12m）、 H_{c1} ：貯水位からクレストAの越流頂天端までの越流水深(m)、 H_d ：クレストAの設計水頭（= 6.9m）、 Q ：放流量（m³/s）

(2) ローラーゲート半開操作時

$$Q = N_{c1} \cdot 1.90 \cdot B \{ H_{c1}^{\frac{3}{2}} - (H_{c1} - G_{c1})^{\frac{3}{2}} \} \quad \dots\dots\dots (7K)$$

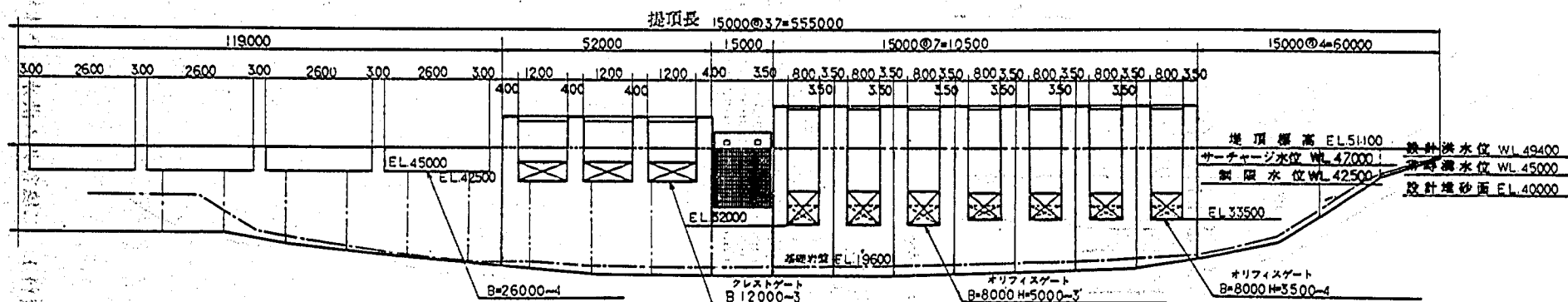
ここに、 Nc_1 、 B 、 Hc_1 ：自由越流時と同じ、 Gc_1 ：ゲート開き〔ゲートリップ先端から戸当りゴムまでの標高差(m)〕ただし、(7K)式は $Hc_1/Gc_1 > 1.7$ の範囲において適用できる。

4. クレストB形状の放流機能式

$$Q = Cc_2 \cdot B \cdot Hc_2^{\frac{3}{2}}$$

$$Cc_2 = 1.690 + 0.836 \left(\frac{Hc_2}{Hd} \right)^2 - 0.432 \left(\frac{Hc_2}{Hd} \right)^4 \dots\dots\dots (8K)$$

ここに、 Cc_2 ：自由越流堤の越流係数、 B ：自由越流幅(=104.0m)、 Hc_2 ：貯水位から自由越流頂天端までの越流水深(m)、 Hd ：クレストBの設計水頭(=4.4m)



設計資料 2 二風谷ダム洪水吐上流面図

操作橋天端 EL61.000

50000

10.000

6000

7000

7000

3000

6000

12000

15000

3000

1.000

堤頂標高 EL51.100

設計洪水水位 49.400

サーチャージ水位 47.000

常時満水位 45.000

制限水位 42.500

設計堆砂面 40.000

EL40.713

EL39.213

EL47.000

EL45.000

EL39.000

EL39.000

EL37.000

オリフィスゲート
B=8000 H=3500

角落シゲート
B=8000 H=6500

コースターゲート
B=8000 H=6500

10000

$$Y = \frac{1}{8}(7X - X^2) + 0.176327X$$

tan θ = 10/100

1:0.5

1:4.0

EL29.423

R=1500

EL25.010

30°

EL36.000

EL23.000

24.125

7643

3481

4019

31.768

7.500

10.732

10.000

50000

117000

167000

ベルマウス形状座標	
$Y = \frac{1}{8}(7X - X^2) + 0.176327X$	
X (m)	Y (EL. m)
0	39.213
0.2	38.789
0.4	38.601
0.6	38.454
0.8	38.330
1.0	38.220
1.5	37.991
2.0	37.806
2.5	37.654
3.0	37.529
6.0	37.000

F 虎面曲線座標	
$4.8931Y = X^2$	
X (m)	Y (EL. m)
0	33.5000
2	33.4183
4	33.1730
6	32.7643
8	32.1920
10	31.4563
11	31.0271
12	30.5571
13	30.0462
14.125	29.4225

設計資料 3. オリフィス A 断面

操作橋天端 EL. 61.000

50000

23000

27000

3000

6.000

7.000

7.000

3.000

6.000

12.000

15.000

1.000

堤頂標高 EL. 51.00

設計洪水水位 49.400

サーチャージ水位 47.000

常時満水位 45.000

洪水制限水位 42.500

設計填砂面 40.000

EL. 41.224

EL. 39.724

EL. 47.000

EL. 45.000

EL. 39.500

EL. 37.000

EL. 39.000

オリフィスゲート
B=8000 H=5000

9682

コースターゲート
B=8000 H=8500

角落シゲート

1.000

EL. 32.000

EL. 31.000

11.000

基礎岩盤 EL. 19.600

10.000

11.000

17321

3447

7500

39268

10732

50000

117000

167000

ベルマウス形状座標

$$Y = \pm(10X - X^2)^{1/2} + 0.176327X$$

X (m)	Y (E.L. m)
0	39.724
0.2	39.222
0.4	39.000
0.6	38.827
0.8	38.679
1.0	38.548
1.5	38.269
2.0	38.038
2.5	37.840
3.0	37.667
4.0	37.386
5.0	37.176
6.0	37.000

下流面曲線座標

$$60.000Y = X^2$$

X (m)	Y (E.L. m)
0	32.0000
2	31.9333
4	31.7333
6	31.4000
8	30.9333
10	30.3333
11	29.9833
12	29.6000
13	29.1833
14	28.7333
15	28.2500
16	27.7333
17.321	27.0000

$$Y = \frac{1}{3}(10X - X^2)^{1/2} + 0.176327X$$

$$\tan \theta = 10 - X$$

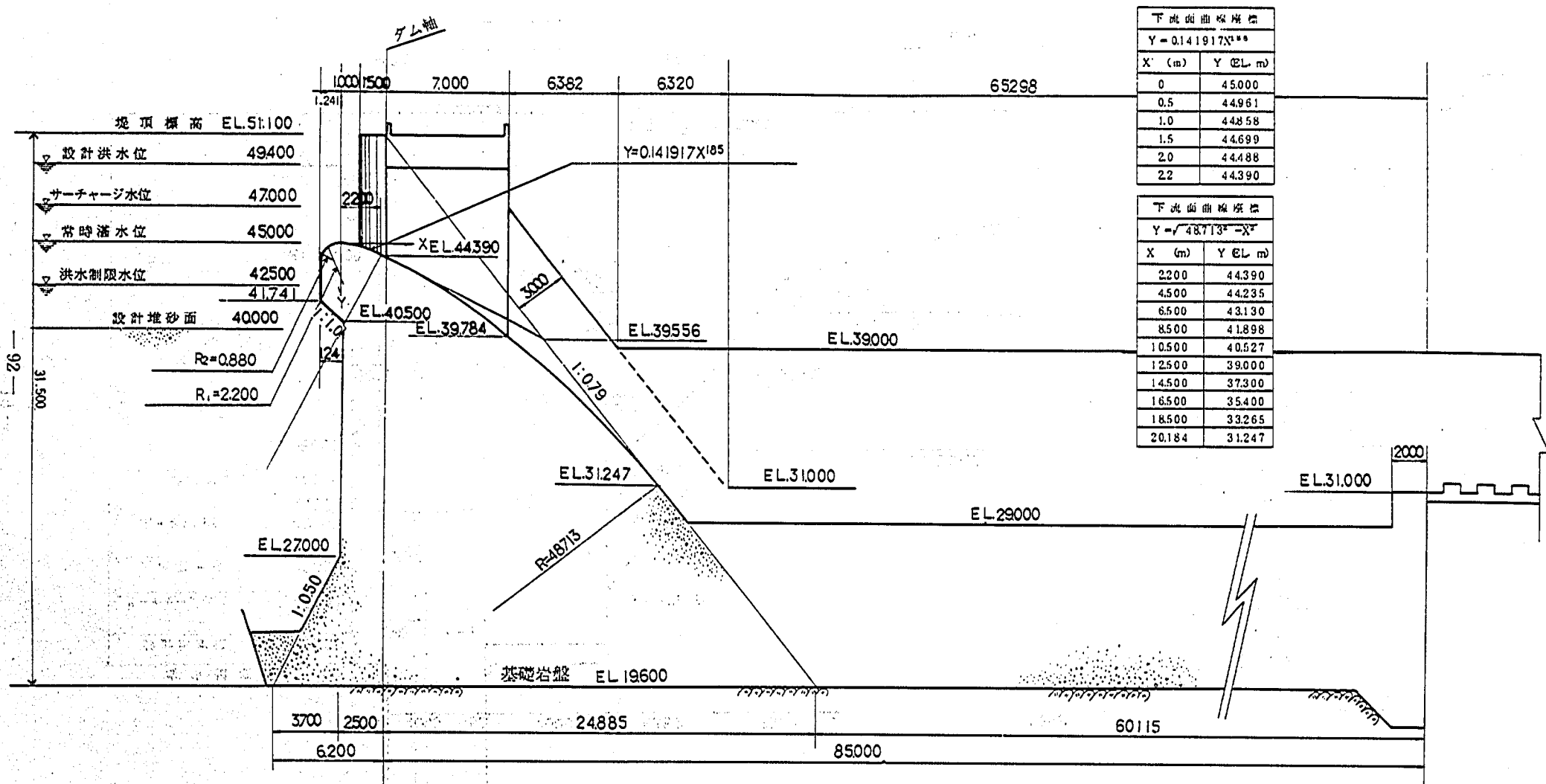
$$60.000Y = X^2$$

$$R/5000$$

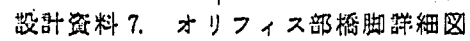
30°



設計資料 4. オリフィスB 断面



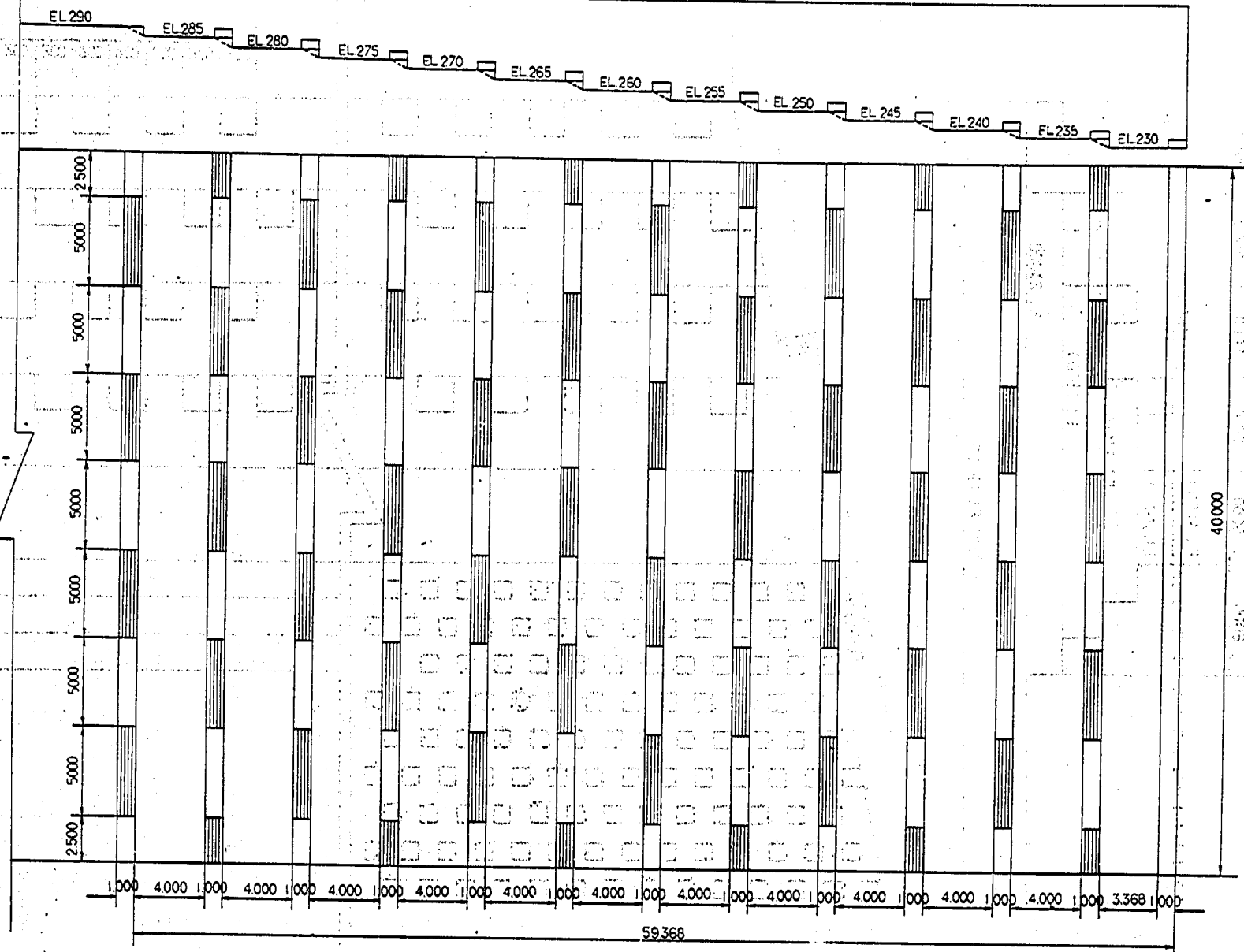
設計資料 6. 越流部B断面



左岸導流壁高 EL.39000

魚道導流壁高 EL.31000

設計資料 10. 魚道断面形状



59368

40000

3368

二風谷ダム洪水吐
水理模型実験報告書

ISSN
土研資料第1613号
昭和55年9月(1980)
建設省土木研究所ダム水工研究室

キーワード

要 旨

二風谷ダム洪水吐の水理機能

郵便はがき

40円切手
をはいて
下さい

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所
ダム水工研究室御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1613号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印