

I S S N 0386—5878

土 研 資 料 第1495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(1)

昭和54年 2 月

建設省土木研究所

篠 崎 試 験 所

ま え が き

本報告書は北海道開発局の依頼により、昭和51年度から53年度に亘って実施した、二風谷ダム洪水吐の水理設計および水理模型実験の検討結果をとりまとめたものである。

なお、同ダムの水理模型実験は、54年度も引き続き検討する予定であり、本報告は中間報告としてまとめたものである。

各年度における実施内容は以下のとおりである。

昭和51年度

二風谷ダム洪水吐の基本設計案を検討するための予備実験として、下記の実験を実施した。

1. 順傾斜水叩きに関する実験

実験目的、減勢機能

2. オリフィスに関する実験

実験目的、流量特性、減勢機能、排砂機能

3. 転倒ゲートに関する実験

実験目的、形状と流量特性

昭和52年度

51年度の検討結果に基づき、洪水吐の基本設計および全体模型による水理実験を実施した。

昭和53年度

52年度の検討結果および現地の実施計画案を盛り込んだ、洪水吐形状に模型を改造し、水理実験を実施した。

なお、各年度における水理模型実験は、土木研究所の実施計画に基づき、株式会社建設技術研究所が行ったものである。

昭和54年2月

建設省土木研究所 篠崎試験所

研究員 中 沢 顕 司

福 井 明

目 次

第一章 ダム計画の概要	1
第1節 洪水調節計画の経緯	1
第2節 ダムの計画概要	1
第二章 予備実験	3
第1節 順傾斜水叩き形状に関する実験	3
1-1. 実験目的	3
1-2. 模 型	3
1-3. 水理実験	3
1. 実験結果	3
2. ま と め	4
第2節 オリフィスに関する実験	4
2-1. オリフィスの設計条件	4
2-2. オリフィスの水理設計	4
1. 放流能力	4
2. 上面ベルマウス形状	5
3. オリフィス形状の選定	5
4. 減 勢 工	5
2-3. 水理模型実験	5
1. 実験目的	5
2. 模 型	6
3. 相 似 律	6
4. 実験内容	6
5. 実験結果および考察	8
6. ま と め	9
第3節 転倒（フラップ）ゲートに関する実験	10
3-1. フラップゲートの選定	10
3-2. 水理模型実験	10
1. 実験目的	10
2. 実験概要	10
3. 実験結果および考察	11
4. ま と め	14
第三章 洪水吐第1案（昭和52年度）	59
第1節 洪水吐の設計	59

1-1. 洪水吐の設計条件	59
1-2. 洪水吐の設計計算	59
1. 洪水吐の断面	59
2. ダム高	60
3. 形状	60
第2節 水理模型実験	61
2-1. 実験目的	61
2-2. 模型および相似律	61
2-3. 実験内容	61
2-4. 実験結果および考察	61
2-5. まとめ	65
第四章 洪水吐第Ⅱ案（昭和53年度）	74
第1節 洪水吐の設計	74
1-1. 設計主旨	74
1-2. 設計形状	74
第2節 水理模型実験	74
2-1. 実験目的	74
2-2. 模型および相似律	74
2-3. 実験内容	77
2-4. 実験結果および考察	77
2-5. まとめ	78

目 次

図 - 1	減勢工実験水路模型図	16
図 - 2	水叩き形状図第 1 案	17
図 - 3	水叩き形状図第 2 案	17
図 - 4	水叩き形状図第 3 案	18
図 - 5	水叩き形状図第 4 案	18
図 - 6	水叩き形状図第 5 案	19
図 - 7	水叩き形状図第 6 案	19
図 - 8	水叩き形状図第 7 案	20
図 - 9	水叩き形状図第 8 案	20
図 - 10	水叩き形状図第 9 案	21
図 - 11	水位・河床測定縦断図	22
図 - 12a ~ 18a	河床変動図	23
図 - 12b ~ 18b	河床変動図 (河床安定時)	23
図 - 19	1面ベルマウス基本形状図	30
図 - 20a	二風谷ダムオリフィス形状図 (側面図)	31
図 - 20b	二風谷ダムオリフィス形状図 (平面図)	32
図 - 21	上面ベルマウスタイプおよびピエゾ配置図	33
図 - 22	水叩き面付属構造物形状図	34
図 - 23	貯水位 - ゲート開度 - 放流量関係図 (タイプ I)	35
図 - 24	貯水位 - ゲート開度 - 放流量関係図 (タイプ II)	35
図 - 25	貯水位 - ゲート開度 - 放流量関係図 (タイプ III)	36
図 - 26	流量係数 ~ 貯水位関係図	36
図 - 27	オリフィス上面平均圧力降下係数	37
図 - 28	水面形状図	38
図 - 29	フラップゲート形状図	39
図 - 30	ゲート起伏角の設定図	39
図 - 31a ~ 31h	圧力分布図	40
図 - 32	$H_o \sim Q$ 曲線図	44
図 - 33	H_o / l と $W_x / W_{x'}$ との関係図	44
図 - 34	H_o / l と $(G_x + G_y) / (G'_x + G'_y)$ との関係図	45
図 - 35	H_o / l と X_c / X'_c との関係図	45
図 - 36a ~ 36b	W_i と G_θ との関係図	46
図 - 37a	洪水吐第 I 案形状 (平面図)	66

図-37b 洪水吐第Ⅰ案形状(越流部断面図)	67
図-37c 洪水吐第Ⅰ案形状(オリフィス断面図)	68
図-38 貯水位-流量関係図(Ⅰ案)	69
図-39 流量係数-流量関係図(Ⅰ案)	69
図-40 流速分布・水位・河床測定図(ダム軸下流200m地点)	70
図-41 流速分布・水位・河床測定図	71
図-42 流速分布・水位・河床測定図	72
図-43 水位・流速分布図	73
図-44 河道計画案によるダム下流導流壁形状図	79
図-45a 洪水吐第Ⅱ案形状(平面図)	80
図-45b 洪水吐第Ⅱ案形状(越流部断面図)	81
図-45c 洪水吐第Ⅱ案形状(オリフィス断面図)	82
図-46 貯水位-流量関係図(Ⅱ案)	83
図-47a 水位-流速縦断面図(クレスト下流)	84
図-47b 水位-流速縦断面図(クレスト下流)	85
図-48a 水位-流速縦断面図(オリフィス下流)	86
図-48b 水位-流速縦断面図(オリフィス下流)	87
図-49 実験終了時河床等高線図	88

表 目 次

表 - 1	下流水位測定値表	47
表 - 2	河床変動測定値表	48
表 - 3	実験内容一覧表（本文中）	7
表 - 4(1)	オリフィスタイプⅠの水理諸量数値表	49
表 - 4(2)	オリフィスタイプⅡの水理諸量数値表	51
表 - 4(3)	オリフィスタイプⅢの水理諸量数値表	53
表 - 5(1)	圧力降下係数数値表（タイプⅠ）	55
表 - 5(2)	圧力降下係数数値表（タイプⅡ）	56
表 - 5(3)	圧力降下係数数値表（タイプⅢ）	57
表 - 6	フラップゲートの流量係数表	58
表 - 7	実験No.1. 実施内容一覧表（本文中）	62
表 - 8	実験No.2. 実施内容一覧表（本文中）	62
表 - 9	貯水位－流量関係表（洪水吐Ⅰ案）	63
表 - 10	洪水吐Ⅱ案実験 実施内容一覧表（本文中）	75
表 - 11a	貯水位－流量関係表（Ⅱ案）	89
表 - 11b	貯水位－流量関係表（Ⅱ案）	90
表 - 11c	貯水位－流量関係表（Ⅱ案）	91

写 真 目 次

写真-1 a ~ 5 b	順傾斜水叩き実験流況写真	95
写真-6	オリフィス模型側面全景	95
写真-7 a ~ 15 b	オリフィス減勢部流況写真	96
写真-16 a ~ 17 b	オリフィス排砂状況	100
写真-18	オリフィス移動床実験の流況写真	101
写真-19 ~ 26	フラップゲート放流状況	102
写真-27 a ~ 27 c	洪水吐第Ⅰ案流況写真(越流部単独実験No.1)	104
写真-28 a ~ 28 c	洪水吐第Ⅰ案流況写真(" No.2 a 案)	105
写真-29 a ~ 29 c	洪水吐第Ⅰ案流況写真(洪水吐全門開実験No.1)	106
写真-30 a ~ 30 c	洪水吐第Ⅰ案流況写真(" No.2 a 案)	107
写真-31 a ~ 31 c	洪水吐第Ⅰ案流況写真(" No.2 b 案)	108
写真-32 a ~ 32 c	洪水吐第Ⅰ案流況写真(" No.2 c 案)	109
写真-33 a ~ 33 d	洪水吐第Ⅱ案流況写真(5.000 m ³ /s 放流)	110
写真-34 a ~ 34 d	洪水吐第Ⅱ案流況写真(1.000 m ³ /s 放流)	111
写真-35 a ~ 35 d	洪水吐第Ⅱ案流況写真(2.000 m ³ /s 放流)	112
写真-36 a ~ 36 d	洪水吐第Ⅱ案流況写真(3.000 m ³ /s 放流)	113
写真-37 a ~ 37 d	洪水吐第Ⅱ案流況写真(4.000 m ³ /s 放流)	114
写真-38 a ~ 38 d	洪水吐第Ⅱ案流況写真(5.000 m ³ /s 放流)	115
写真-39 a ~ 39 d	洪水吐第Ⅱ案流況写真(6.200 m ³ /s 放流)	116

第一章 ダム計画の概要

二風谷ダムは、日高山脈に源を発し、大平洋に注ぐ沙流川の本川上二風谷村字二風谷地点に、沙流川総合開発事業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。

第1節 洪水調節計画の経緯

二風谷ダム地点での基本高水流量は、過去の洪水記録等を種々検討した結果、ダム設計洪水流量の対象洪水波形は50年8月23日型（超過確率で $1/100$ 、 $Rav = 239.8 \text{ mm}/2 \text{ 日}$ ）となり、この洪水量に二風谷ダム上流で計画されている、平取、三岩両ダムの治水容量を考慮すると、二風谷ダム地点の基本高水流量は $4,059 \text{ m}^3/\text{s} \approx 4,100 \text{ m}^3/\text{s}$ で、両ダムが無い場合は $5,400 \text{ m}^3/\text{s}$ となった。

二風谷ダムの計画最大放流量を $3,850 \text{ m}^3/\text{s}$ とし、この時の貯水池水位を $WL 47.00 \text{ m}$ とする。

次に、対象洪水に対し、種々の洪水調節方式を検討した結果二風谷ダムは貯水容量が小さく、計画放流量が大きいため、通常の洪水調節方式ではゲート操作が極めて難しいものと判断され、二風谷での洪水調節方式としては孔あきダム方式が最適と考えられた。しかし、現場条件から完全孔あき方式とすると越流幅が取れないため、放流設備は越流部並びに低圧放流管の組合せとなる。

これらの設備で洪水調節を行う場合は、貯水池の利用計画から常時満水位を維持するために、流入量 (Q_i) = 流出量 (Q_o) のゲート操作が必要となるが、常時満水位での放流能力を上回る流入量となった場合はゲートはすべて全開となり、それ以後は自然貯留効果による調節となる。しかし、ここでもゲート操作時の流量が大きく、放流能力以下の流入量に対してはゲート操作が必要などの問題がある。

そこで、洪水のある時点で予備放流（流入量が $300 \text{ m}^3/\text{s}$ ）を基準として行う）を行い、洪水ピーク終了後において、常時満水位以下のある水位まで貯水位を下げた時点で自然調節を中止し、ゲート操作により常時満水位まで回復させ、回復後は $Q_i = Q_o$ のゲート操作により常時満水位を維持する。この方式に基づいて、種々の洪水波形およびゲート操作等により検討した結果、 $WL 42.0 \text{ m}$ を自然調節停止水位とすれば、ダム下流に対する無害放流量（ $900 \text{ m}^3/\text{s}$ ）以内で洪水調節できることが判った。

第2節 ダムの計画概要

1節での検討結果に基づく、二風谷ダムの計画概要は以下のとおりである。

河 川 名	沙流川
位 置	北海道沙流郡二風谷村字二風谷
流 域 面 積	$1,214.8 \text{ Km}^2$
ダ ム 高	34.0 m （検討事項）
ダ ム 型 式	重力式コンクリートダム
目 的	洪水調節、都市用水、不特定用水等
ダム設計洪水流量	$6,200 \text{ m}^3/\text{s}$
基本高水流量	$5,400 \text{ m}^3/\text{s}$

計画最大放流量	3.850 m ³ /s
洪水時満水位	WL 47.00 m
常時満水位	1期洪水期 (5月～9月) WL 44.00 m 2期洪水期 (10月) WL 46.00 m 非洪水期 (11月～4月) WL 47.00 m
計画堆砂面	EL 39.00 m
原河床高	EL 32.00 m
放流設備	常用放水工 オリフィス5門 (詳細は実験により検討) 越流部 (詳細は実験により検討)

第二章 予備実験

第1節 順傾斜水叩き形状に関する実験

1-1. 実験目的

二風谷ダムのオリフィスおよび越流部での減勢方法として、ダム地点での土砂の堆積状況と洪水吐の設計条件等を考慮した、順傾斜水叩き形状を選定した。

本実験の目的は、順傾斜水叩き形状の減勢機能に関する比較検討実験を行い最適形状を選定する。

1-2. 模 型

本実験に使用した越流部および水路形状は、図-1に示す既設模型とし、図-2～図-10に示す順傾斜水叩き形状模型を製作した。

1-3. 水 理 実 験

本実験は、順傾斜水叩き形状についての基礎的実験として行ったもので、前記9種の形状について下記の内容で実施した。

- 1) 順傾斜水叩き下流は、洗堀および減勢状態を比較するため、すべての形状実験について、水叩き下流堆砂面および越流部からの越流水深(20cm)を一定とし、移動河床の末端に堆砂面と同高の固定ゼキを設け、下流水位はまず自然流下状態でいき、次に下流水位を変えて行った。
- 2) 本実験での計測事項としては、越流水深、流量、下流水深、水面形、流況および下流河床変動状況等である。
- 3) 水理実験における諸量の計測方法は次のとおりである。
 - ① 越流水深は、貯水池側面に導いた水位管の水面高をポイントゲージで測定した。水深の測定精度は $\pm 0.2\text{mm}$ 程度である。
 - ② 流量は、実験水路下流四角ゼキの越流深をポイントゲージで測定し、流量公式によって算定した。流量の測定精度は $\pm 1.5\%$ 程度である。
 - ③ 下流水深は、流れが安定と見なせる位置(水叩き始端より下流5mの位置)における横断方向3点の水深を測定した。測定は河床が安定した時の水位と実験終了後の河床高とを測定し、それぞれの差の平均値を下流水深とした。
 - ④ 水面形は、縦断方向3測線(幅1m水路の等分線)、10cm間隔で測定した。測定は河床が安定した時点で実施した。
 - ⑤ 流況観察は写真撮影およびスケッチにより行った。
 - ⑥ 下流河床変動は、水面形と同様に縦断方向3測線、50cm間隔で測定し、写真撮影およびスケッチも実施した。

1. 実験結果

1) 測定結果

各ケースにおける、越流水深、流量、下流水深、下流水位等の測定結果を表-1に、下流河床変動測定結果を表-2および図-11に示す。図-11に示す値は、水位、河床高とも横断方向3点の平

均値である。しかし、跳水区間における水面変動はきわめて不安定であり、縦断距離 30～150 cm での値は目安程度として見てもらいたい。

2) 河床変動

各ケースにおける河床変動の流況観察結果から、河床変動図として図-12a～18aに、河床安定時と見なされる流況図を図-12b～18bにそれぞれ示す。ここにいう、河床安定時とは河床の変動により全体の流況が変化せず、跳水状態を保っている状態を指す。

2. ま と め

今回実施した実験範囲内での順傾斜水叩き形状の良否について選択すれば下記のとおりである。

- 1) 図-2～図-6に示す、第1案～5案形状ではいずれも河床の安定は望めない。(流況写真1a～3b参照)
- 2) 図-7および図-8に示す、第6案と第7案、形状では、ある洗堀深まで達すると河床変動は割合安定するが下流水位の変化に対して不安定である。
- 3) 図-9および図-10に示す、第8案、第9案形状では通水後、短時間で河床の安定状態が得られ、かつ跳水状態が保持されている。(流況写真4a～5b参照)

また、下流水位の変化に対してもほぼ同様な状態である。したがって、第8案および9案はほぼ同様な結果であるから、施工規模を考慮すれば第9案が最適形状といえる。

第2節 オリフィスに関する実験

2-1. オリフィスの設計条件

二風谷ダムにおける、オリフィスの設計条件は下記のとおりである。

- 1) オリフィスは制限水位WL 42.20 mで、 $1.850 \text{ m}^3/\text{s}$ 、洪水時満水位WL 47.00 mで計画最大放流量 $= 3.850 \text{ m}^3/\text{s}$ (但しクレスト同時放流)を放流でき、洪水調節計画を満足すること。
- 2) オリフィスの設置標高は、ダム地点での堆積土砂を考慮して、原河床高EL 32.00 mに合わせ、ダムの排砂効果を期待する。
- 3) オリフィスの配置門数は5門とし、形状は利用水深が比較的低下であることから、形状の簡単な上面1面ベルマウス形状を採用する。
- 4) オリフィスゲートは4方水密ラジアルゲート(出口)と3方水密ローラーゲート(オリフィス上流側)とする。
- 5) オリフィスの減勢工は排砂を考慮して、噴流拡散型と跳水型の併用型とする。

2-2. オリフィスの水理設計

1. 放流能力

オリフィスの放流能力は過去の1面ベルマウスにおける実験に基き、推定すると下記のとおりである。

$$Q = n \cdot C \cdot A \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、Q:放流量 (m^3/s)

n : オリフィス門数 (5 門)

C : 流量係数 ($H/D \approx 2.5$ から $C \approx 0.7$ と仮定、 H : 最高水頭 = 17.35 m 、 D はオリフィス出口高 = 7.0 m)

A : オリフィス出口部の断面積 ($7.0 \times 7.0 = 49.0\text{ m}^2$)

g : 重力加速度 (9.8 m/sec^2)

H : オリフィス敷高と貯水位の標高差 (m)

この式から、貯水位 WL 42.20 m で $1.850\text{ m}^3/\text{s}$ を放流可能とする流量係数値としては、 $C \approx 0.54$ 程度が必要である。

また、 H/D がほぼ 1.8 以下の領域では次式に示す C^2 と H/D の関係は直線変化である。

$$C^2 = a - b (D/H) \dots\dots\dots (2)$$

ここに、a および b はオリフィス形状による係数である。

2. 上面ベルマウス形状

1 面ベルマウスの基本的形状は図 - 19 に示すとおりであるが過去の実験結果から次のことが指摘できる。

- 1) 放流量は上面の傾き θ に支配され、 θ が大きくなれば減少する。
- 2) オリフィス内における損失係数 f は L/D に支配され、おおよそ $L/D < 1$ で $f \approx 0$ と見なせる。
- 3) 管壁面の圧力は、入口の丸味形状および上面の傾きに支配され、入口の円弧半径および傾きが大きくなれば高くなる傾向である。

3. オリフィス形状の選定

これまで述べてきた過去の 1 面ベルマウスの実験結果からの指針および(1)式での推定計算結果より、二風谷ダムのオリフィス形状の試案として図 - 20 a ~ b に示す形状を選定した。

4. 減 勢 工

ダム地点での堆積土砂を排砂する目的でオリフィス敷高を原河床高まで下げた設計を行った。

したがって、減勢工も排出土砂を考慮した噴流拡散型と跳水型の併用型とした。この減勢工の基本設計における留意点は以下のとおりである。

- 1) オリフィスからの排出土砂を減勢工内に滞留させないため、減勢池水深方向に噴流を拡散できる形状とする。
- 2) 減勢方法は跳水内でのエネルギー減殺効果により、下流河道への影響を低減する。
- 3) 減勢工下流の現河床が将来、洗掘された場合の水位低下の影響に対処できる形状とする。
- 4) 減勢工底面敷高は現地調査結果から、EL 23.00 m とする。

以上の点および前章での実験結果を考慮して、図 - 20 a ~ b に示す減勢工形状を選定した。

2-3. 水 理 模 型 実 験

1. 実 験 目 的

本実験の目的は、二風谷ダムオリフィス型洪水吐の合理的な水理設計資料の収集と排砂機能を調査す

るために実施する。

2. 模 型

オリフィス洪水吐の模型は、図-20aおよび図-20bに示したものを基本形状とし、原型の1/3.125の縮率で製作した。

模型のオリフィス部および減勢工部は木製、ビニールペイント仕上げとし、貯水池および減勢工下流はブロック積み、モルタル仕上げとした。(写真-6参照)

3. 相 似 律

原型と模型との幾何学的縮率は1:3.125とし、実験での水理諸量の相似律は、重力の影響が支配的なので、フルードの相似則に従うものとした。

したがって、原型、模型の縮尺値は次のとおりである。

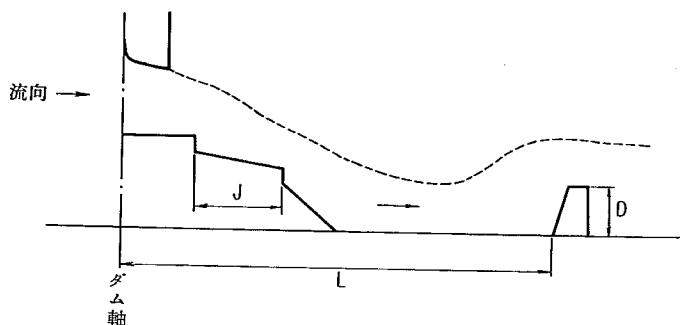
諸 量	次 元	縮 率 比	縮 尺
流 速 (v)	$L T^{-1}$	$hr^{1/2}$	1:5.590169
流 量 (Q)	$L^3 T^{-1}$	$xr \cdot hr^{3/2}$	1:5459.02
時 間 (T)	T	$xr \cdot hr^{-1/2}$	1:5.590169
圧力の強さ (P)	$F L^{-2}$	hr	1:3.125
粗度係数 (C)		1	1:1
掃 流 力 (τ)	$F L^{-2}$	hr	1:3.125

4. 実 験 内 容

オリフィス実験での実施内容は下記のとおりである。

- 1) 本実験は二風谷ダムオリフィス洪水吐の設置予定数5門のうち、1門の抽出模型実験として行った。
- 2) 実験は貯水位 (H) - 流量 (Q) 特性、オリフィス部圧力測定、水面形測定および流況観察等について実施した。
 - (1) オリフィスの放流能力を検討するためのH-Q測定はオリフィスゲート開度(垂直高)を全開(=7.0 m)から1 mピッチで1 m開度までとし、貯水位はWL 3 5.0 mからWL 5 0.0 mの間を約1 mピッチで行った。
 - (2) オリフィス部の圧力測定は、前記3種について図-21に示す、各ピエゾ位置の圧力を貯水位WL 4 7.0 mおよびWL 5 0.0 m 2 ケースについて実施した。
 - (3) オリフィスおよび減勢部の流況観察は表-3にも示すとおり、最終案形状以外は固定床で行ない、最終案についてはオリフィス上流貯水池の河床高をEL 3 2.0 m、減勢工下流河床高は計画河床高のEL 3 0.4 mまで粒経 ($d = 12 \text{ mm}$ 以下) 砂を敷き並べ、表-3の全ケースについて、写真撮影およびスケッチを実施した。
- 3) オリフィス上面ベルマウス形状は図-21に示す3種形状について検討した。
- 4) 減勢工の最適形状を実験的に求めるため下記の方法で実験を進めた。
 - (1) オリフィス上面形状3種での検討。
 - (2) (1)の中での最良形状とし、減勢状態に影響力の強い次の図に示す、傾斜水叩長(J)、減勢工長(L)

およびシル高 (D) をそれぞれパラメーターとした検討。



- (3) 傾斜水叩き面に図-22に示す付属構造物を設置した場合の検討。
- 5) オリフィスの排砂機能を調査するため、移動床実験を実施した。
- 6) 実験での貯水位、流量、流況および河床高等の計測方法は前章実験と同様である。また、圧力測定はピエゾ管からビニールホースでマンノメーター板に接続し、板のガラス管の水柱高を直読した。
- 以上の実験内容をまとめると次表のとおりである。

表-3 実験内容一覧表

実験条件				計測事項			
	実験No	固定床	移動床	H-Q	圧力	流況	備考
オフィリス	Type I	○	-	○	○	○	ゲート開度は1mピッチ圧力はWL 50mとWL 47mで行った。
	Type II	○	-	○	○	○	
	Type III	○	-	○	○	○	
減勢工	I-A	○	-	○	-	○	
	I-B	○	-	○	-	○	
	I-C	○	-	○	-	○	
	II-A	○	-	○	-	○	
	III-A	○	-	○	-	○	
	III-B	○	-	○	-	○	
	III-C	○	-	○	-	○	
	IV-A	○	-	○	-	○	
	IV-B	○	-	○	-	○	
	IV-C	○	-	○	-	○	
最案終	V	-	○	⊖	-	○	ダム上、下流移動床 d = 12mm 以下
	V-1	-	○	○	-	○	

5. 実験結果および考察

1) 放 流 能 力

今回実施したオリフィスタイプ3種でのH-Q測定結果は、図-23～25と表-4(1)～4(3)に示すとおりとなった。

これらの結果から、次式によってオリフィスの流量係数(C)を求め、CとH/Dの関係を図-26に示す。

$$C = Q / A \sqrt{2gH} \quad \text{..... (3)}$$

ここに、(3)式は(1)式(本文4ページ)の $n=1$ としたときの変形で、Q、H、Aおよびgは(1)式と同じである。

2) 圧 力 分 布

オリフィスタイプ3種での圧力測定結果および圧力降下係数(Cd)を(4)式から求め、表-5(1)～5(3)に整理した。

$$Cd = \frac{H-h}{\frac{v^2}{2g}} \quad \text{..... (4)}$$

ここに、H：全水頭(m)、h：ピエゾ水頭(m)、v：オリフィス出口断面の平均流速(m/s)、
g：重力加速度(m/s²)

また、このCdとX/L {Xはダム軸から各ピエゾまでの距離(m)、Lはオリフィス長(m)である}との関係を図-27に示す。図のCdavとは、WL 5.0 mとWL 4.7 mとで求めたCdの平均値である。

3) 流 況 観 察 結 果

オリフィスおよび減勢工部の流況観察結果は、写真-7aから15bに示す。

4) 水面形および排砂機能

オリフィスおよび減勢工部での水面形測定結果は図-28に示す。また、排砂機能調査のための移動床実験での河床変動および流況観察結果は、写真16aから18に示す。

5) 考 察

以上の実験結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 放流能力については、貯水位WL 4.8.0 m以上で放流量に多少のバラツキがあるが、オリフィス形状3種はほぼ同程度の性能を持つものと考えられる。このことは図-26に示した流量係数がほぼ同一曲線上にあることから裏付けられる。
- (2) 圧力結果から最大負圧はどのタイプでも上面円弧の終端付近に発生し、Rを小さくすると負圧の絶対値は大きくなる傾向を示している。

この負圧の最大値は、R=2 mで-5.92 m水柱、R=4 mで-3.42 m水柱であり、いずれの場合も許容負圧-3.0 m水柱よりも大きな結果となった。

- また、図-27に示した C_{dav} の値でも過去の実験値に比較してかなり大きな値となっている。
- (3) 減勢状態の流況観察ではどのタイプでも顕著な差は示さない。したがって、これまでの考察点からいえばオリフィス上面形状としてはタイプⅢが好ましい。
- (4) 減勢工の流況観察から傾斜水叩き上流側段差点でオリフィス流出流速によって水脈が剥離する。この剥離状態によって減勢状態および段差部に停滞する土砂量に対して微妙に影響することが観察された。
- また、減勢状態はJ、L、Dを種々変えて検討したが、いずれのケースでも単位幅流量が大きく、減勢効果はあまり期待できない状態であった。この中で、あえて減勢状態が好ましいと思われるタイプは実験NoⅡ-A、Ⅲ-AおよびⅢ-Bである。
- (5) 移動床実験では固定床での流況と異なり、減勢工下流で水脈は飛散する。(写真-18参照)、これは、オリフィス上流河床高をEL 3 2.0 mまで上げたため、流入部での速度水頭が増加したためと考えられる。
- (6) これまでの考察から、今回実施したオリフィスおよび減勢工の最良案として、タイプⅢ($R=4\text{ m}$ 、 $\theta \approx 14^\circ$)、 $J=6\text{ m}$ 、 $L=7.0\text{ m}$ 、 $D=5\text{ m}$ の形状を選定し、移動床実験を行った。
- これらの実験から、オリフィスの排砂はオリフィス呑口付近のある範囲(写真-16 a~17 b参照)に対しては効果があるが、この範囲外への影響力は少ないものと判断される。この排砂効果は貯水位によって異なり、WL 4 7.0 m時よりWL 4 4.0 m時の方が効果的であった。
- また、減勢工下流河床は前述の如く残存エネルギーが大きいと、推定基礎岩盤面まで洗掘される。

6. ま と め

本実験で得られた資料から、オリフィス設計上の問題点および考慮点についてまとめると、おおよそ次のとおりである。

- 1) オリフィスの上面ベルマウス形状は、 θ が一定なら呑口円弧の大きさを変えてもほとんど放流能力に影響をおよぼさない。
 - 2) オリフィス呑口円弧の終端付近に許容圧以上の負圧が発生するため、この形状を改良する必要がある。
 - 3) 傾斜水叩き形状として段差を設けた場合は、水脈が剥離し、この剥離状態によって、減勢および排砂にも影響するので段差部に給気が必要と考える。
 - 4) オリフィス敷高を現河床高まで下げた場合の排砂効果については、呑口周囲のある範囲での排砂は期待できるが、あまり多くは期待できないと思われる。
 - 5) 減勢工規模としては、いずれのケースでも不十分であり単位幅流量を考えると減勢長は不足気味である。
 - 6) 制限水位WL 4 2.2 0 mでオリフィスゲート全開時の流況はもぐり流出であり、明確な放流量は求められなかったが、H-Qカーブより推定すると計画量はほぼ満足されている。
- したがって、オリフィス出口断面積としては、本実験程度が必要である。

第3節 転倒（フラップ）ゲートに関する実験

3-1. フラップゲートの選定

二風谷ダムは計画概要に示したとおり、沙流川本川上に計画されている。したがって、ダム設計でのダム高は自ずと限界があり、しかも洪水流量が大きいと、越流幅は相当大きく、越流水深の小さい設計となる。

そこで、下記に示すような見地から二風谷ダムクレストゲートとしてフラップゲートを選定した。

- 1) 越流式ゲートであり、自由越流堤としての効果が期待できるため、ダムの洪水に対する安全性の確保には有利である。
- 2) 他の越流式ゲートと比べて構造がシンプルであり、トラブルの生ずる危険性が少ない。
- 3) ゲート操作面からは、自動的に短時間に倒伏させ異常出水に備えることができ、また、開閉装置が万一故障した場合でも自重だけで倒伏でき、動力を要しないで適応できる。
- 4) ゲートを設置する場合の付属設備（橋脚、開閉装置、ゲート室等）も少なく経済的である。
- 5) 近年、ゲートの構造的改良と製作技術の著しい進歩によって、機能的にダムのゲートとして信頼できる。

3-2. 水理模型実験

1. 実験目的

フラップゲートは、これまで主として取水ゲート等で多くの使用実績はあるが、水理学的特性等について研究成果が少なく、ダムクレストゲートとして使用するには、この点での検討が必要である。

本実験はフラップゲートに関する水理設計資料の収集ならびに水理特性等を調査するために実施する。

2. 実験概要

実験は図-29に示すように、スキンプレート形状を変えた2つのタイプ（それぞれA型、B型と名付ける。このB型スキンプレート形状は実物の1/10である）のフラップゲートの模型を製作し、順傾斜水叩き実験で使用した越流頂模型（図-1参照）に交互に取付け、貯水位およびゲート起伏角をパラメーターとして、スキンプレート上の圧力等を測定した。

圧力分布を測定するため、スキンプレートの中央縦断方向にAモデルで13点、Bモデルで14点のピエゾ管を取付けた。

実験での圧力、流量、越流水深等の計測方法は、これまでの実験と同様であり、ゲート起伏角の設定は図-30に示す、ゲート回転ドラム上の円周角（ θ_G ）をY'軸に対し、 0° から 10° ピッチで 70° まで変えた時のゲート先端位置高を水路壁面に印し、ワイヤー巻上げ器を調節して行った。

なお、実験は各起伏角（ただし、全開 $\theta_G = 0^\circ$ は除く）ともフラップゲート放流水脈の裏側に空気を供給して行ったものである。これは、予備放流時の観察で、フラップゲート起立時の放流水がクレスト下流面に落下し、水脈の拡散によって生じるはいり現象と放流水脈によって閉塞された裏側の空気が放流水脈に連行され、水脈の表側（大気圧）と裏側では圧力差が生じ、放流水脈が脈動する。この脈動がゲートにも伝わり微小振動が発生し、不安定な流況となりこの現象を防止するために空気を供給したものである。（実物ではスポイラーまたは給気管によりゲート裏側に空気を供給する必要がある）。

3. 実験結果および考察

1) 圧 力 分 布

A、Bモデルでの堤頂を基準面とする越流水深 (H_0) およびゲート起伏角 (θ_G) をパラメーターとして求めた圧力測定結果を整理し、スキンプレート上の圧力分布図として図-3 1 a ~ 3 1 h に示す。これらの図の縦軸は基準面からのピエゾ水頭高 (cm水柱) を表わし、横軸はゲート回転ドラムの中心軸からピエゾ測点までの水平距離 (cm) を示すものである。

これらの図から次のことがいえる。

- (1) スキンプレート面に働く水圧は、ゲート先端に近づくにしたがって小さくなり、ゲート先端ではほぼ大気圧に収束する。
- (2) θ_G が 30° 以上のケースでは、貯水位 (H_0) の増加にともなって圧力も増加するが、 θ_G がそれ以下のケースでは、ある測点からゲート先端までの領域の圧力は H_0 が上昇しても、ほとんど変わらないか逆に減少している。

このことは、フラップゲートを起立して行く場合、スキンプレートが曲面であるため、ある角度までは基準面からの高さの最高点が曲面上にあり、さらに起立するとゲート先端が最高点となる。これらの関係を調べると、Aモデルでは θ_G が 0° 、 10° 、Bモデルでは θ_G が 0° 、 10° 、 20° の場合は最高点が曲面上となり、この5ケース以外はゲート先端が最高点となる。前者の5ケースでは、流れの支配断面が曲面上にあり、水位上昇にともなう流線の傾きが、この曲りの効果による影響を受け、支配断面より下流の圧力は H_0 に比例しない。

2) 越流水深 H_0 と放流量 Q との関係

H_0 と Q の測定結果を θ_G をパラメーターとして整理し、 $H_0 - Q$ 曲線にまとめ図-3 2 に示す。図の縦軸は H_0 (cm)、横軸は Q (ℓ/sec) である。

次に、 $H_0 - Q$ の測定結果から次式によって流量係数を、算出し、整理したのが表-6 である。

$$C = \frac{Q}{B \sqrt{2g} (H_0 - h_{\max})^{3/2}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 C : フラップゲートの流量係数、 Q : 放流量 (m^3/sec)、 B : ゲート幅 (m)、 g : 重力加速度 (m/sec^2)、 H_0 : 基準面からの越流水深 (m)、 $h_{\max}$: ゲート各起伏時の基準からのゲート最高点 (ただし、 $\theta_G = 0^\circ$ のケースは $h_{\max} = 0$ とする) までの高さ (m) である。

これらの結果から次のことが推測される。

- (1) フラップゲートの流量係数は、起伏角が大きい位置で使用する場合はスキンプレート形状に影響される。
- (2) フラップゲートの流量係数はスキンプレート上に支配断面がある場合 (円頂せき) とゲート先端が支配断面になる場合 (刃形せき) で特性が異なる。すなわち、円頂にある場合は H_0 が小さくなると C も小さくなるが、刃形にある場合は H_0 が小さくなると C は大きくなる傾向を示しているが、今回の実験は回転ドラムとクレストの間で完全水密が取れなかったので、さらに検討する余地がある。

(3) 本実験でのフラップゲート全開時 ($\theta_G = 0^\circ$) におけるCの値を標準的なダムでの越流頂の係数 ($C = 2.0$ 程度) と比較するため、 $Q = C \cdot B \cdot H^{3/2}$ なる式に代入して求めた結果、 $C = 1.69 \sim 1.72$ の範囲であった。

したがって、Cの係数としては、かなり小さくなっており、この点での改善の余地があるものと考ええる。

3) 水 圧 荷 重

フラップゲートの各起伏放流時にスキンプレート面に働く水圧荷重を求めるため、前述の各測点でのピエゾ水頭から、以下の手順により全作用水圧、作用点等を求めた。

$$P_i = \omega (H_i - h_i) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 P_i は i 点に作用する圧力 (gr/cm^2)、 ω は水の単位重量 $= 1.0$ (gr/cm^2)、 H_i は i 点でのピエゾ水頭 (cm)、 h_i は i 点の基準水平面からの高さ (cm) である。

次に、この P_i 点を含めた微少区間の荷重 dw_i の x 、 y 方向成分を求めると dw_i の x 方向成分 dw_{ix} は

$$dw_{ix} = P_i dx = \omega (H_i - h_i) dx \quad \dots\dots\dots (7)$$

dw_i の y 方向成分 dw_{iy} は

$$\begin{aligned} dw_{iy} &= P_i dy = P_i (dx/dy) dx = P_i f'(x) dx \\ &= \omega (H_i - h_i) f'(x) dx \quad \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

() および () 式で求まる dw_{ix} 、 dw_{iy} をスキンプレート上の回転軸中心線からゲート先端までについて、次式により定積分して、ゲート単位幅当りの総荷重 (w_x 、 w_y)、を求めた。

$$\begin{aligned} W_x &= \int_{x_0}^{x_n} dw_{ix} = \int_{x_0}^{x_n} \omega (H_i - h_i) dx \\ &= \omega \left\{ \int_{x_0}^{x_n} H_i dx - \int_{x_0}^{x_n} h_i dx \right\} \quad \dots\dots\dots (9) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_y &= \int_{y_0}^{y_n} dw_{iy} = \int_{x_0}^{x_n} \omega (H_i - h_i) f'(x) dx \\ &= \omega \left\{ \int_{x_0}^{x_n} H_i f'(x) dx - \int_{x_0}^{x_n} h_i f'(x) dx \right\} \quad \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

ただし、 (x_0, y_0) は $x_0 = -l_0 = 3.5 \text{ cm}$ 、 $y_0 = 0.0$ とする。

また、実験モデルの曲線式は $y = f(x) = ax^2$ (a は A モデルで 0.006 、B モデルで 0.01 である) から $y' = f'(x) = 2ax$ である。

同様に、フラップゲートの x 、 y 方向に働く荷重 1 次モーメント G_x 、 G_y を求めると、

$$G_x = \int_{x_0}^{x_n} x dw_{ix} = \int_{x_0}^{x_n} \omega (H_i - h_i) x dx$$

$$= \omega \left\{ \int_{x_0}^{x_n} H_i x dx - \int_{x_0}^{x_n} h_i x dx \right\} \dots\dots\dots (11)$$

$$G_y = \int_{y_0}^{y_n} y dw_{iy} = \int_{x_0}^{x_n} f'(x) f(x) \omega (H_i - h_i) dx$$

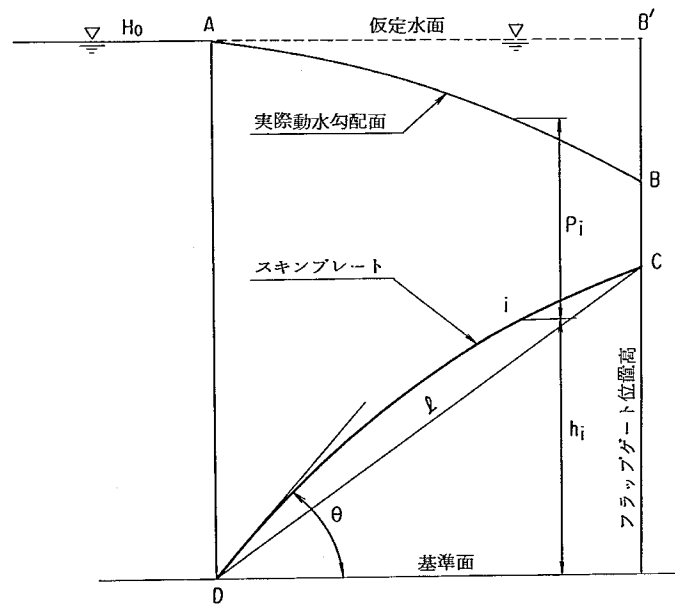
$$= \omega \left\{ \int_{x_0}^{x_n} f'(x) f(x) H_i dx - \int_{x_0}^{x_n} f'(x) f(x) h_i dx \right\} \dots\dots\dots (12)$$

となる。したがって、ゲートの x 、 y 方向に作用する総荷重 W_x 、 W_y の作用点をそれぞれ X_c 、 Y_c とすると

$$X_c = G_x / W_x \dots\dots\dots (13)$$

$$Y_c = G_y / W_y \dots\dots\dots (14)$$

から求まる。また、(9)、(10)、(11)、および(12)式の { } 内の前項は数値積分により、後の項は直接積分によって求まる。さらに、以上の実験値から求めた諸量を一般化するため、 $H_i = H_0$ (貯水位) と仮定した場合 (下図参照)、図に示す実際の動水勾配面 A、B は実測もしくは実験を行わないと求まらない。しかしスキンプレート面に A、B'、C、D に囲まれた水圧荷重が働くものとして求めるのは簡



計 算 モ デ ル 図

単であり、この時、A、B 面に対する荷重と A、B' 面に対する荷重の関係が、ある一定の法則が成立つならば実設計では非常に有効となる。

そこで、A、B' 面での W_x' 、 W_y' 、 G_x' 、 G_y' 、 X_c' および Y_c' を前述の手順で求め、それぞれの実験値との比で表わし、図-33~35 に示した。

これらの図の縦軸は H_0/l (l は A、B モデルでのそれぞれのゲートの弦の長さ) とし、横軸は諸

量の比とした無次元量である。

以上の結果から次のことが明らかとなった。

- (1) 図-33に示す水圧荷重の実験値 (W_x) と仮定値 (W_x') との比のグラフは2種の特性を示している。その1つは起伏角の小さい場合 (円頂ぜき) で H_0 が小さくなれば W_x/W_x' の比はゼロに近づき、もう1つの起伏角の大きい場合 (刃形ぜき) は1.0 ($W_x = W_x'$) に漸近する。

また、グラフは H_0 が大きくなるにつれ、 W_x/W_x' の比は小さくなる傾向を示し、この傾向は特に中間起伏角で著しい。これらは次にあげるフラップゲート各起伏時の水理特性によるものと考えられる。

- ① θ_G が大きいケースでは、流れのセキ上げ背水効果が大きく、 H_0 の上昇に対して影響のおよぶ範囲が狭い。
- ② 中間値以下の θ_G のケースでは、 H_0 が増加すればする程、割合のおよぶ範囲 (水平方向の長さ) が大きくなる。
- ③ θ_G が円頂ぜきとなるケースでは、 H_0 を下げて行くと当然 W_x はゼロに漸近し、 H_0 を上げると前述したように、スキンプレート上の支配断面より下流での圧力が H_0 に比例しない。

次に、 H_0 を一定とした場合の単位幅当りの水圧荷重 (W_i) と θ_G の関係を図-36a と 36b に示す。この両図から、 W_i がピーク値となる θ_G は H_0 およびモデル形状によって変化することが判った。

- (2) 図-34に示す、フラップゲート各起伏放流時の開閉トルク ($G_x + G_y$) と H_0 の関係も、当然ではあるが水圧荷重と同様な傾向であり、図から、フラップゲートが水圧を受けた時の開閉トルクは θ_G が大きい場合には、 $H_i = H_0$ として計算してもそれ程変わらないが θ_G が小さい場合には、実際のトルクより著しく大きくなることを示している。したがって、設計トルクは、 W_i と θ_G との関係で明らかのように、設計水頭 H_0 によって変ることに留意すべきである。
- (3) 図-35に示すように、フラップゲートが水圧荷重による回転モーメントを受けるとき、モーメントの作用点は、 H_0 および θ_G を変えると位置が移動し、その変化はゲートが刃形ぜきの状態では少なく、円頂ぜきの状態ではかなり変化することを示している。

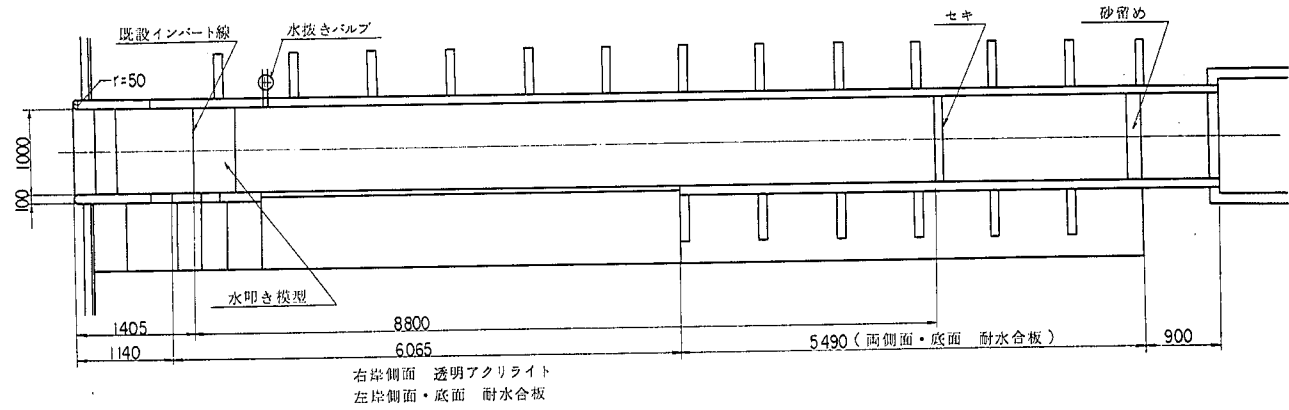
4. ま と め

これまで、今回の実験で明らかとなったフラップゲートの水理特性等について、述べてきたが、これらの結果から、フラップゲートをダムのカレストゲートとして採用する場合の問題点についてまとめると次のとおりである。

- 1) フラップゲートでは、使用目的から設計越流水深が小さくなるため、通常の設計であると越流係数はかなり小さくなり、放流能力が低下する。しかし、ゲート形状、カレスト形状およびゲートの設置位置等の適切な配慮をすれば、他形式ゲートに比べ放流能力において、それ程遜色がないものと思われる。
- 2) フラップゲートの越流係数は、ゲートのスキンプレートおよび越流部形状によって変るのは当然とし、ゲートの起伏角によっても異なる点を留意する。

- 3) フラップゲート越流時の水圧分布特性から、ゲート面の受ける水圧荷重は、設計水頭 H 。およびゲート起伏角 θ_G によって変るが、今回の実験での目安から、 H 。と l (弦長) との比が1.0以上であれば、 θ_G の大きさに比例するが、比が1.0以下では θ_G によって荷重が変る。
- 4) 1)項にも関連するが、 H 。とスキンプレート形状との関係によっては、全開時に流線の剥離によって負圧が生じる。
- 5) フラップゲート全開時以外の放流時に、ゲート振動を防止できる、ゲートの最適構造および給気設備等についての検討が必要である。
- 6) これまで収集できた資料だけでは、設計資料として不十分であり、さらに実験を進め資料を収集しなければならないものとする。

平面図



側面図

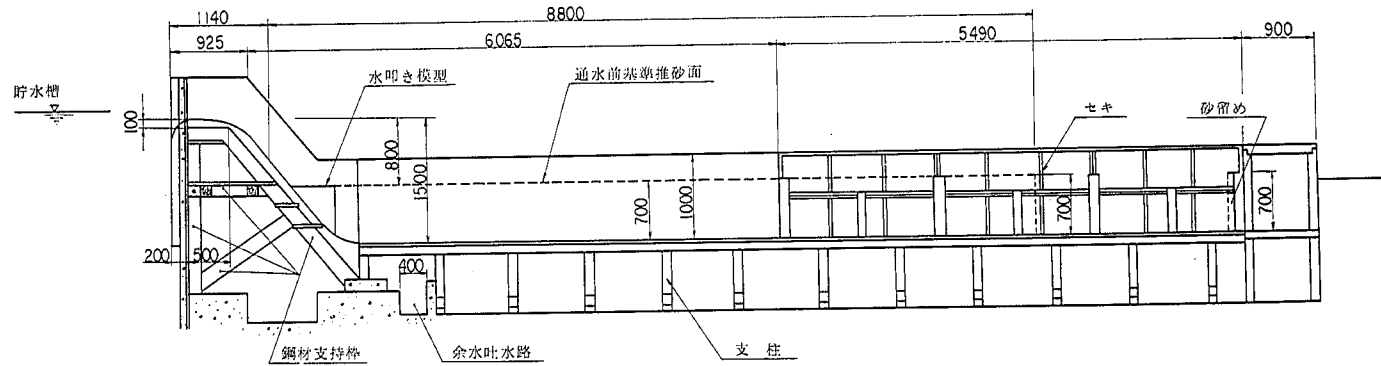


図 - 1. 減勢工実験水路模型図

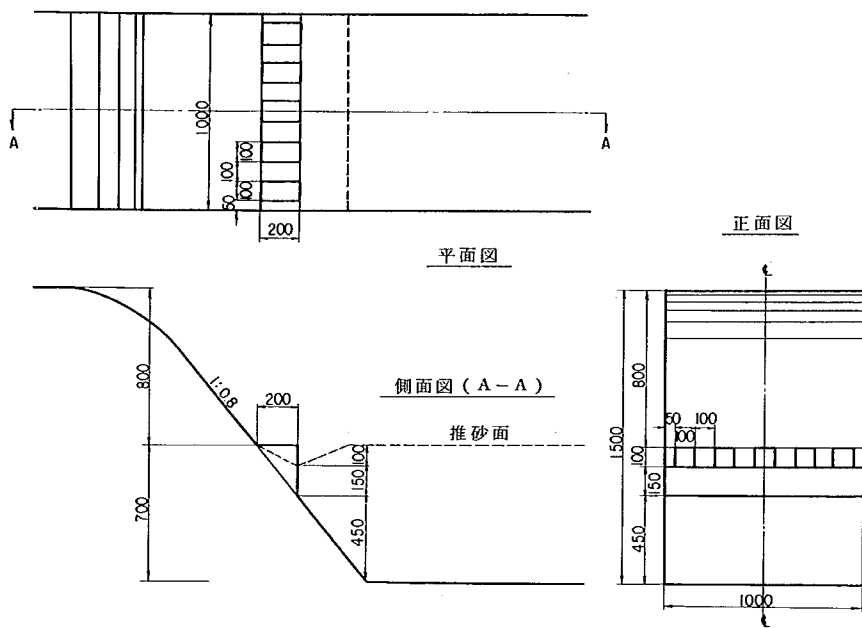


図 - 2. 水叩き形状図第 1 案

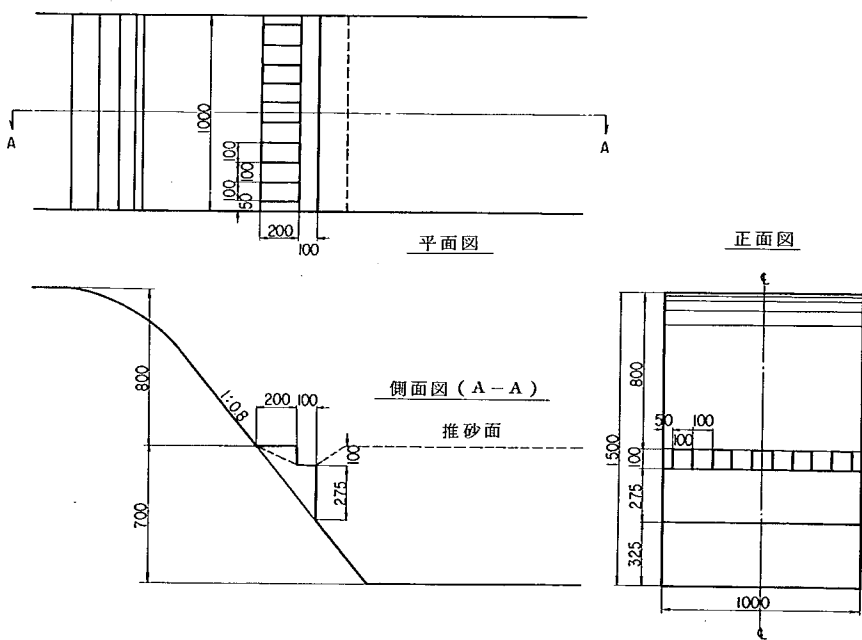


図 - 3. 水叩き形状図第 2 案

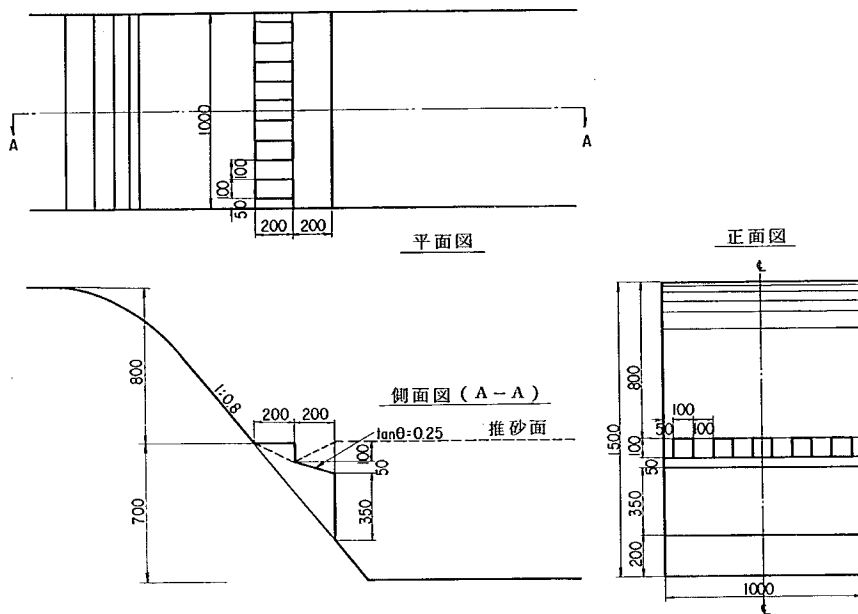


图 - 4. 水叩き形状图第3案

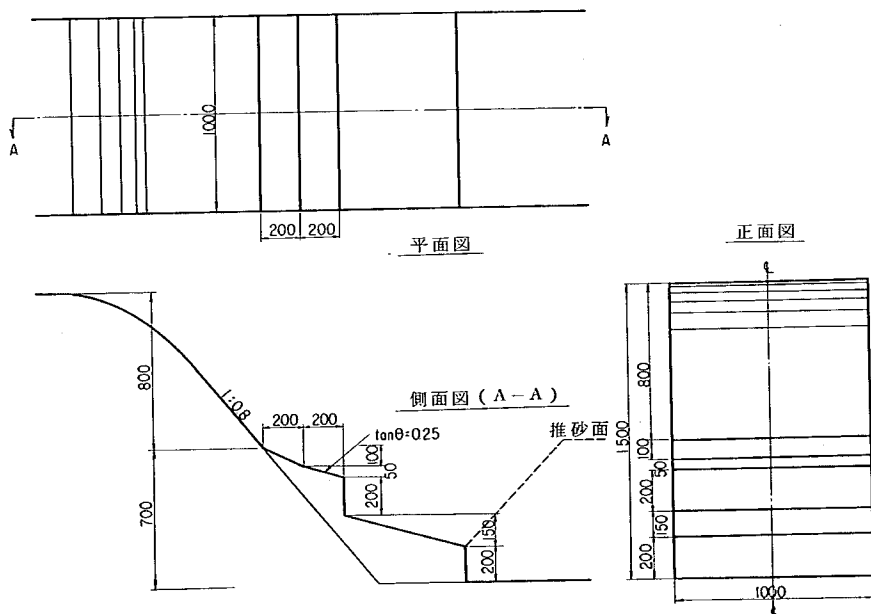
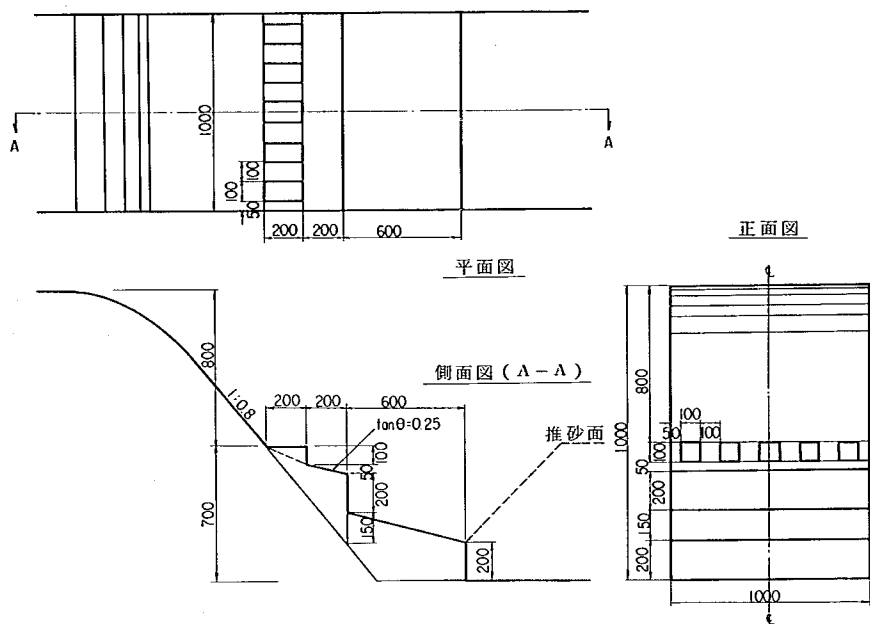
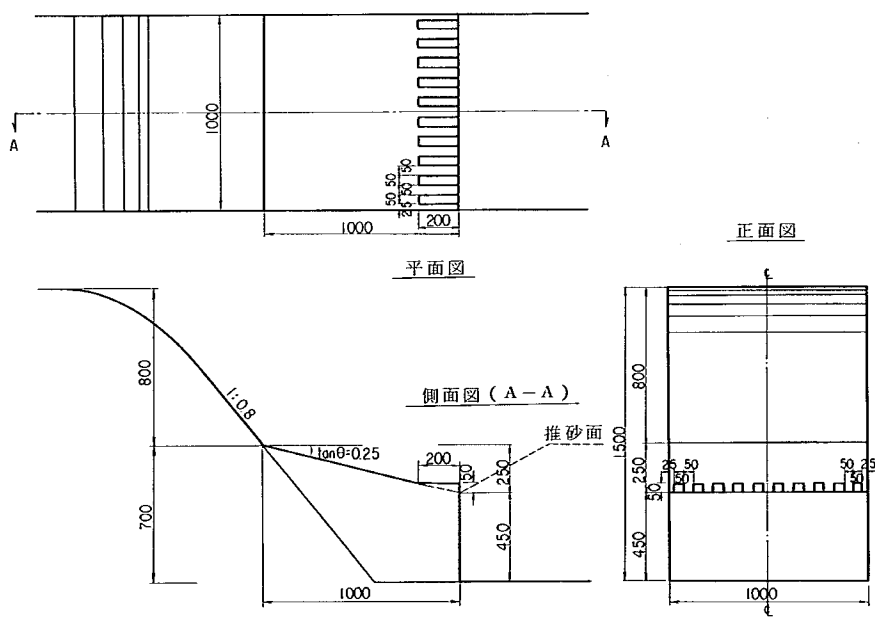


图 - 5. 水叩き形状图第4案



图一 6. 水叩き形状图第5案



图一 7. 水叩き形状图第6案

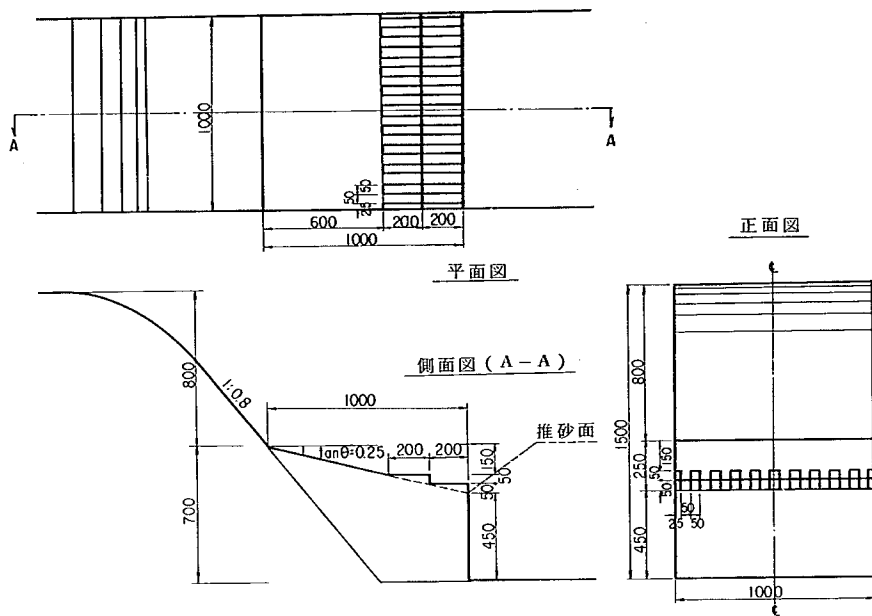


图 - 8. 水叩き形状図第 7 案

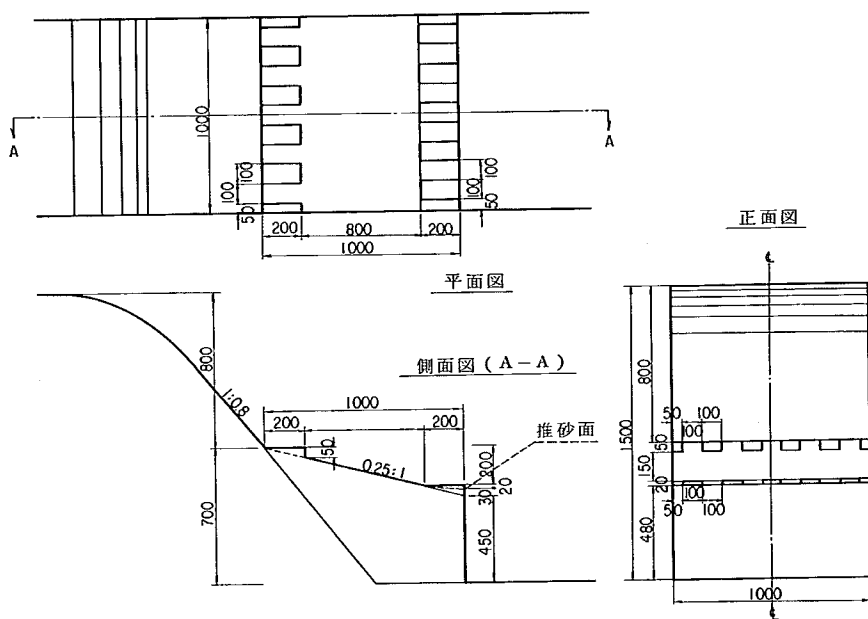


图 - 9. 水叩き形状図第 8 案

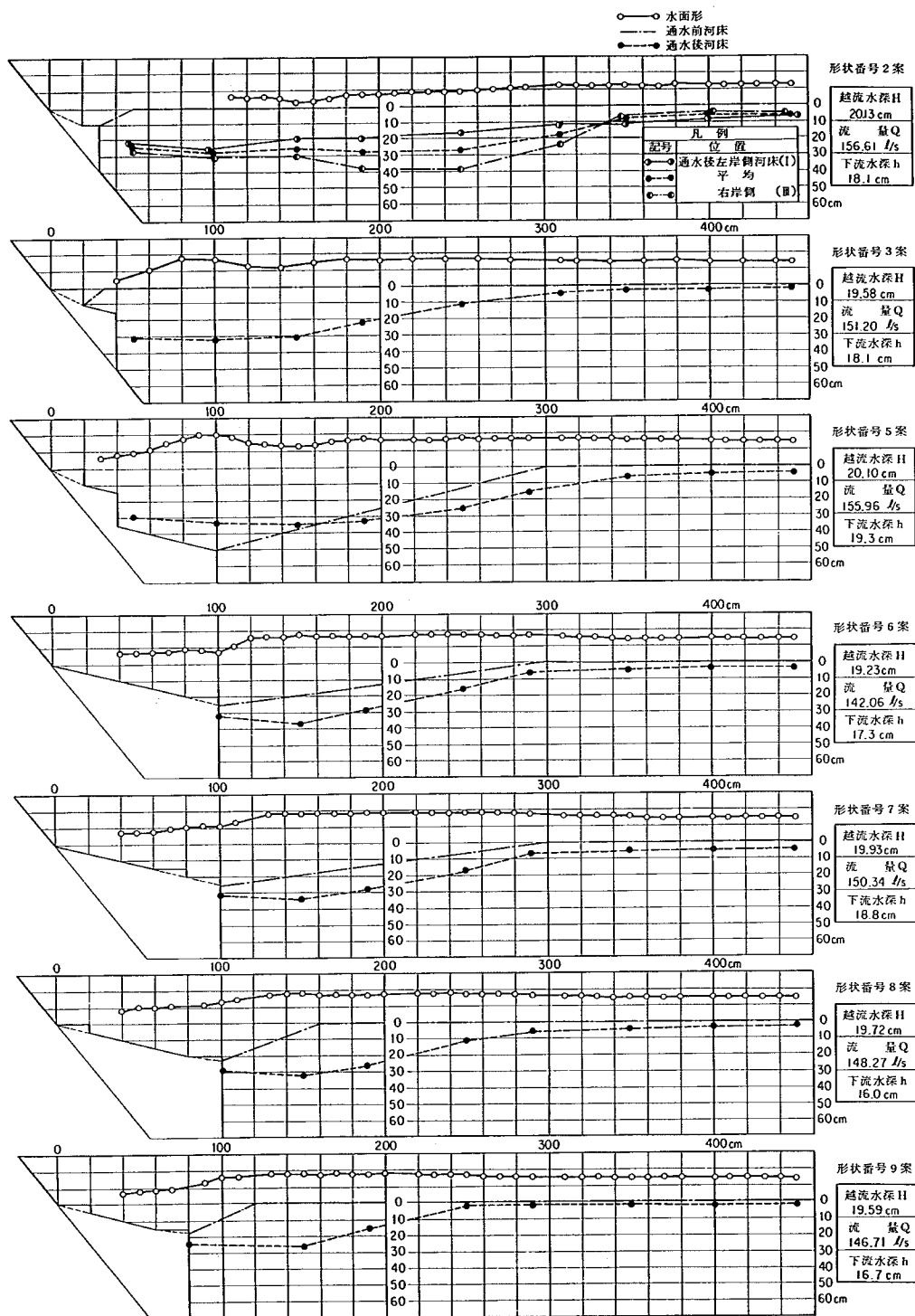


图-11. 水位・河床測定縦断面

形状 2 案

越流水深 H	20.13 cm
流 量 Q	156.6 l / s
下流水深 h	18.1 cm
下流側フルード数	0.649

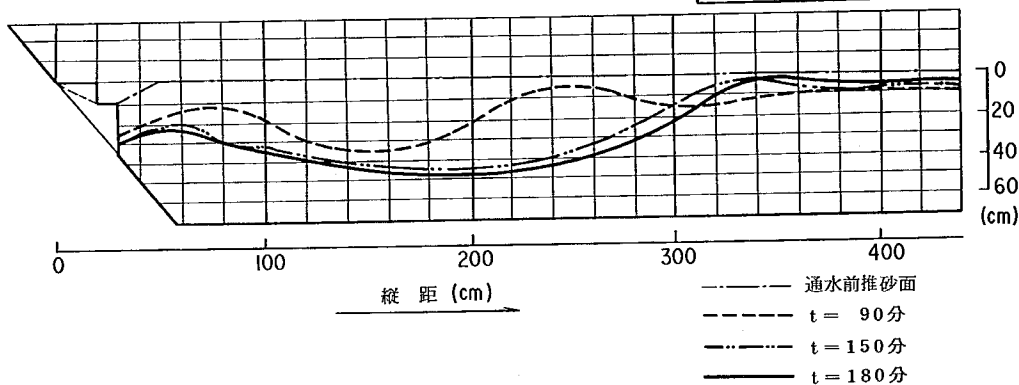


図 - 1 2 a 河 床 変 動 図

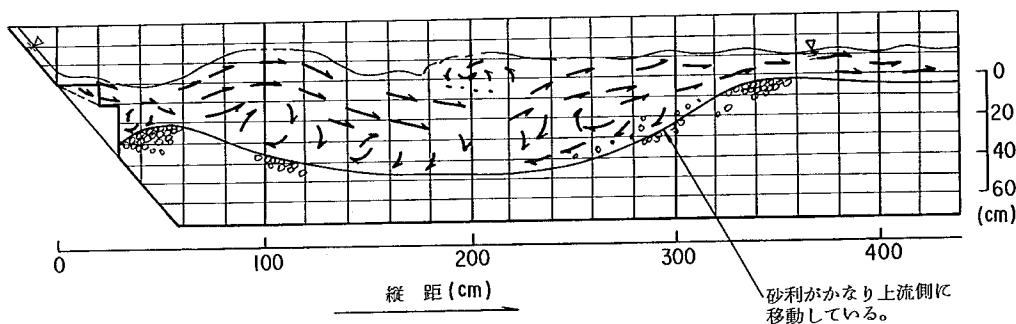


図 - 1 2 b 流 況 図 ($t = 180$ 分)

通水開始より 30 分程度迄 2 分間程度の周期で突込みと跳水を繰返す。しかし $t = 60$ 分を越すころには 10 分以上の周期を持ちだした。 $t = 150$ 分程度では河床はほぼ安定しているが、しかし河床変動図に見られるように縦距 300 cm 前後の河床の砂利はやはり除々に下流に流下している。従ってこの形状は完全な河床の安定は得られない形状である。又この形状は下流水位の変動に弱い。下流水位を自然流下状態より更に 5 cm 程度高くすると潜流となり急激に土砂を下流側へ移動させる傾向がある。

形状3案

越流水深 H	19.58 cm
流 量 Q	151.20 /s
下流水深 h	18.1 cm
下流側フルード数	0.627

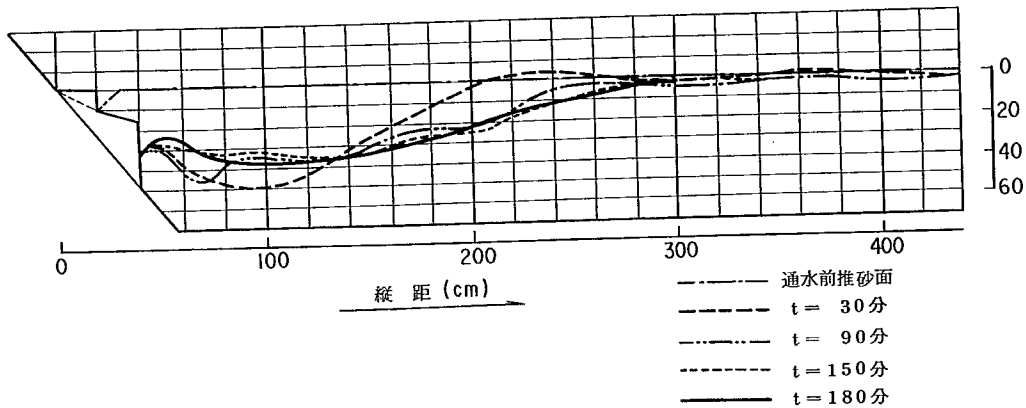


図-13a 河床変動図

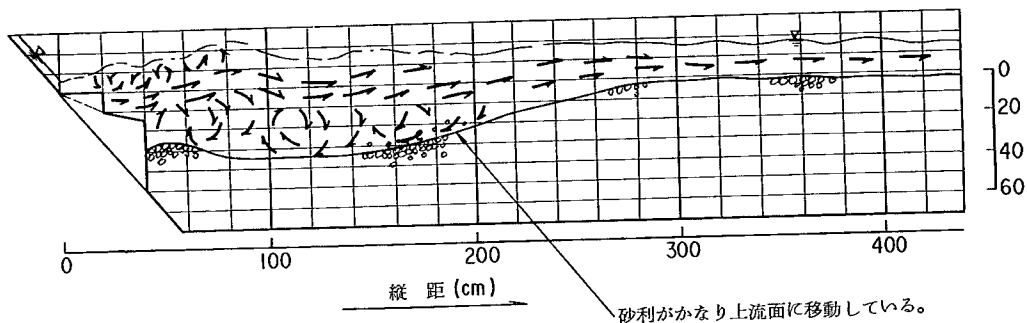


図-13b 流況図 ($t = 180$ 分)

通水開始より15分程度迄かなり洗掘が進行する。 $t = 15 \sim 30$ 分の間は跳水は発生していないが河床はほぼ安定した状態を保っている。 $t = 35$ 分に突然跳水を発生し河床のバランスが崩れた。そして $t = 85$ 分に突込み現象を生じすぐ跳水状態にもどった。その間ほぼ1分程度である。その後わずかな砂利の移動はあるもののほぼ安定した状態を保っていたが $t = 100$ 分再び突込み現象を生じた。この形状は $t = 90$ 分以降は10～20分の周期で突込みを生じ河床の安定は望めない。又下流水位の変動にも弱い。

形状5案

越流水深 H	20.10 cm
流 量 Q	155.96 /s
下流水深 h	19.3 cm
下流側フルード数	0.588

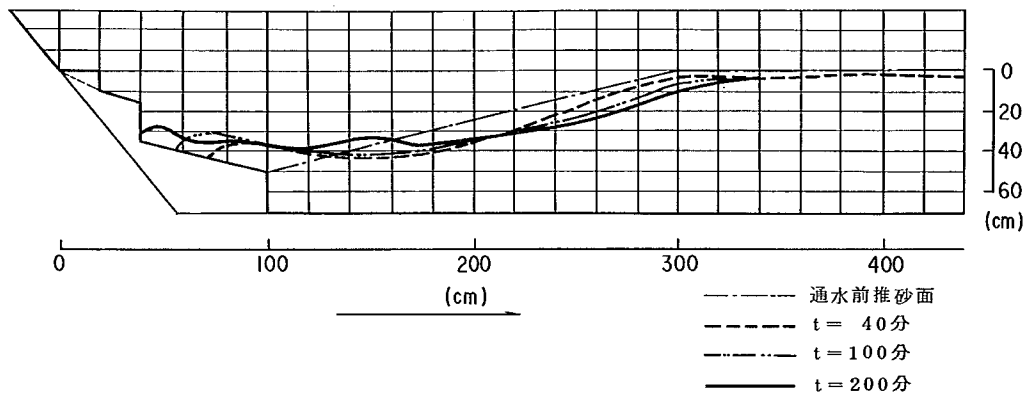


図-14a 河床変動図

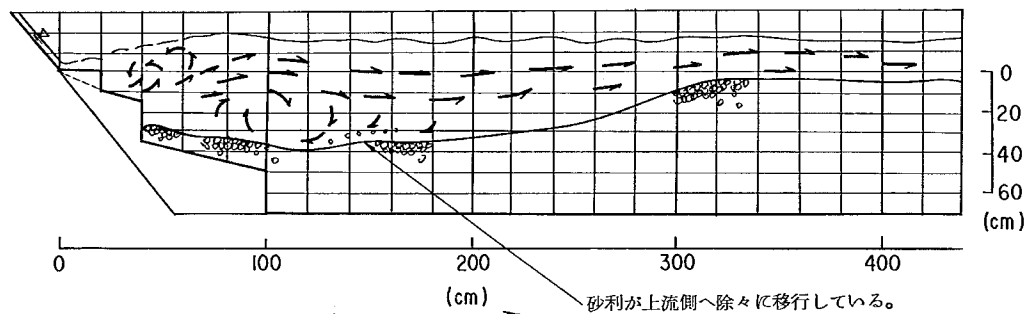


図-14b 流況図 ($t = 200$ 分)

この形状は通水後河床変動図に見られるように下流側の砂利が徐々に下部エプロン上に推積していく。そしてついに $t = 140$ 分上部エプロン延長線上に砂利の推積線が重なり突込み現象を生じた。その後しばらく下部エプロン上（縦距 40～100 cm）において不安定な流況をしめしながらも大きな流況の変化はなかったが $t = 190$ 分突込み現象を再び生じた。従ってこの形状も突込み現象の発生する時間間隔 50～60 分とかなり長い周期を持つもののやはり安定した河床及び流況を示すとは言えない。

形状6案

越流水深 H	19.23 cm
流 量 Q	142.06 /s
下流水深 h	17.3 cm
下流側フルード数	0.631

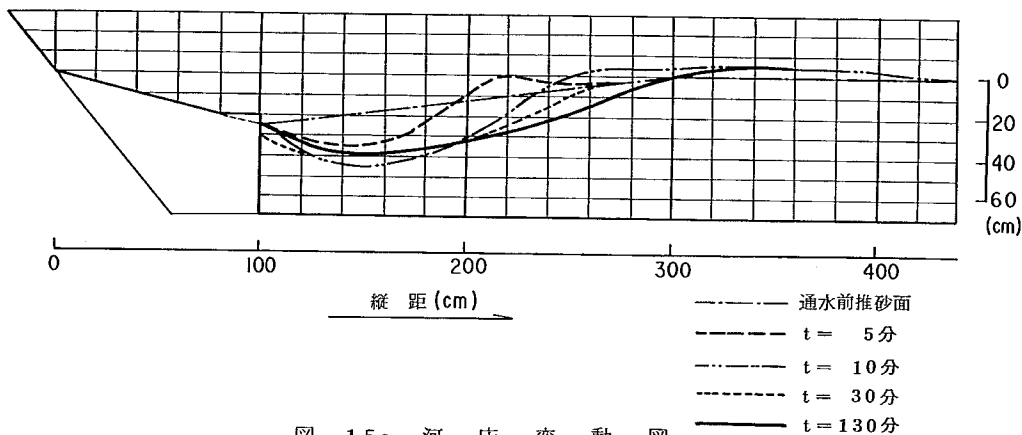


図-15a 河床変動図

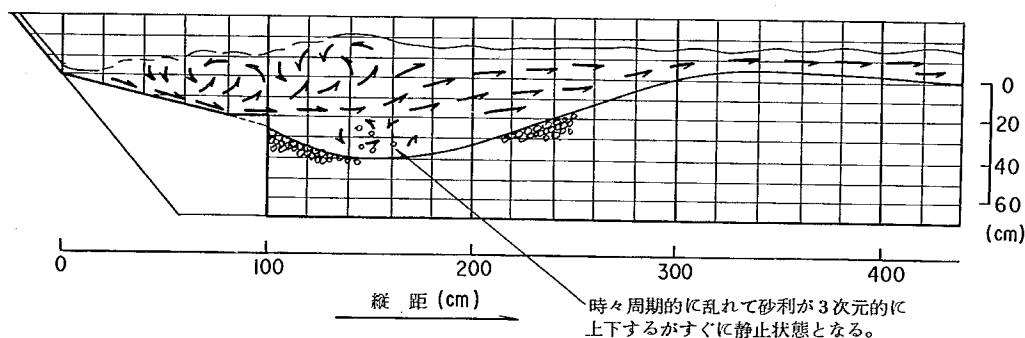
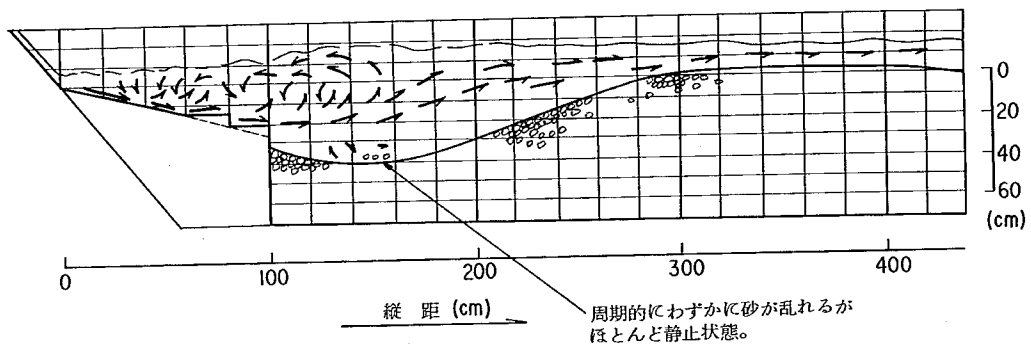
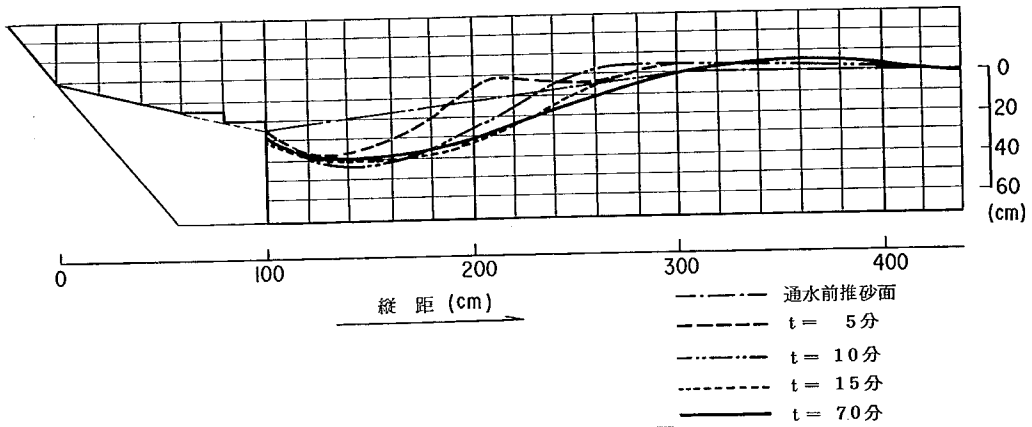


図-15b 流況図 ($t = 130$ 分)

通水後5~10分エブロン直下(縦距100~200 cm)の河床でかなり突込みに近い激しい河床洗掘を生ずる。 $t = 15 \sim 30$ 分はほとんど河床変動はない。 $t = 40$ 分ころよりエブロン直下(縦距100~200 cm)で周期的に流線の乱れを生じ若干の河床変動を伴う。その後大きな流況の変化はないがしかしエブロン直下の河床は不安定である。又この形状は下流水位の変化に弱い。

形状7案

越流水深 H	19.93 cm
流 量 Q	150.34 /s
下流水深 h	18.8 cm
下流側フルード数	0.589

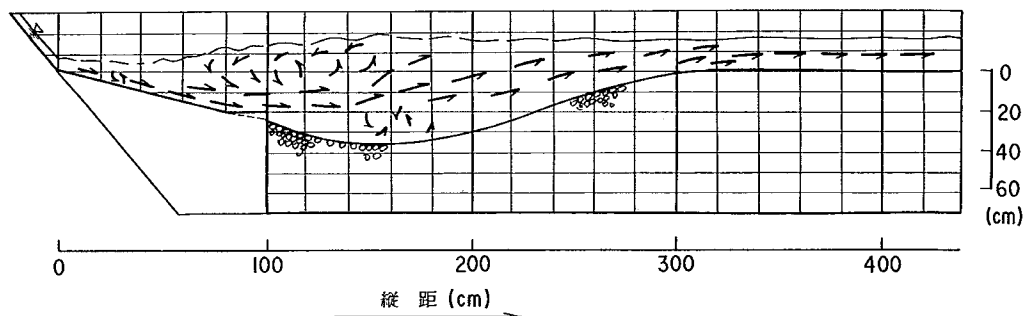
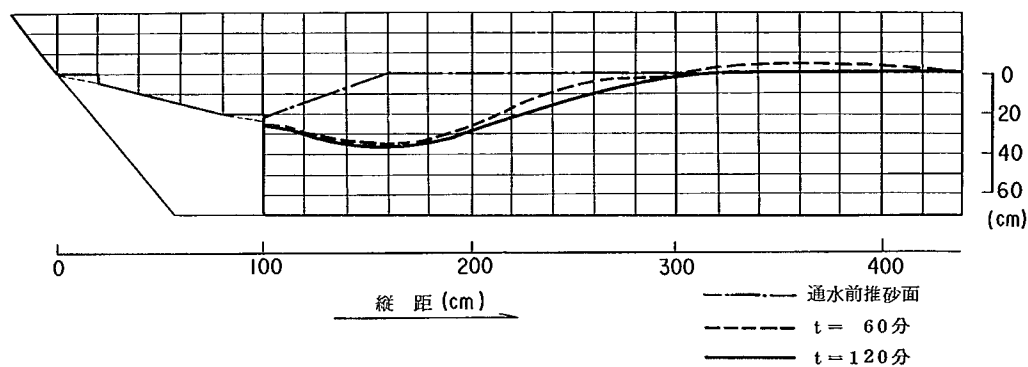


通水後5~10分迄急激に洗掘が進行する。 $t = 10 \sim 30$ 分はエプロン直下で小さな突込みを周期的に生じながら徐々に洗掘が進行する。その後エプロン直下でやや不安定な流況を示すもの かなり安定した流況を保つ。

この型はバブルピアーの配置形状が複雑であるが水理的に跳水安定にはかなり有効に作用していると思われる。しかし下流水位の変動にはやはり弱い。

形状8案

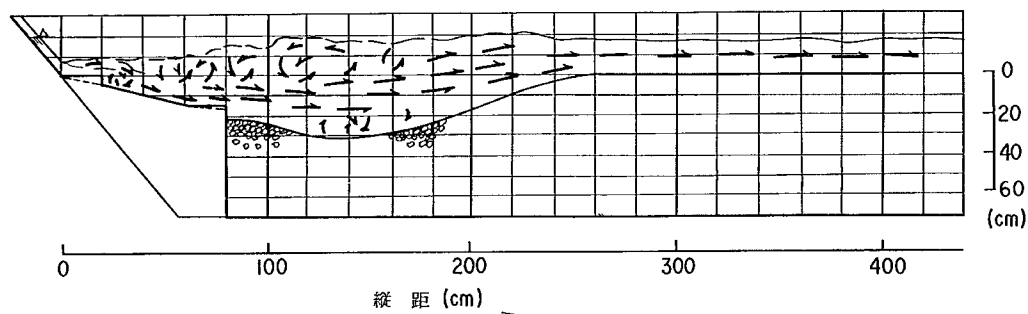
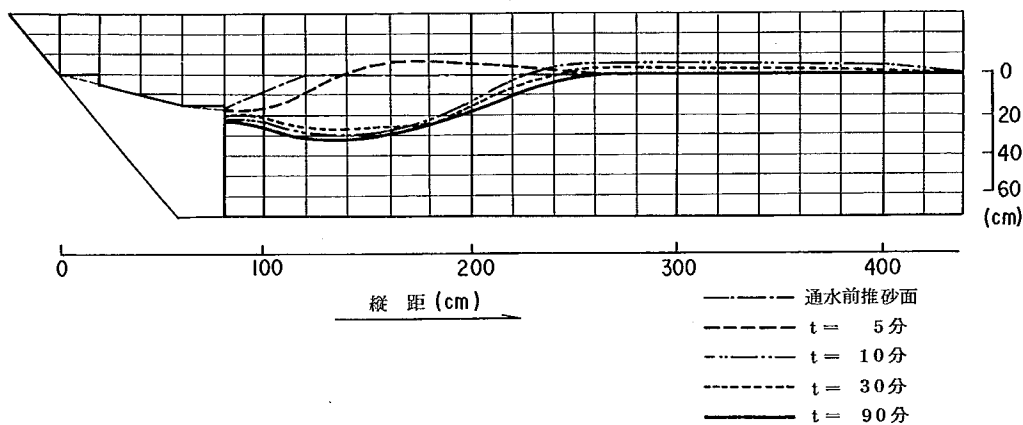
越流水深 H	19.72 cm
流 量 Q	149.27 /s
下流水深 h	16.0 cm
下流側フルー数	0.745



この形状はシュートブロックとエプロン下流端のバフフルビアーが有効に作用し一度安定するとほとんど河床変動を生じない。ほぼ20分程度で河床は安定しその後徐々に砂利が下流側へ移動するもののだいたい安定した流況を示す。

形状 9 案

越流水深 H	19.59 cm
流 量 Q	146.7 l / s
下流水深 h	16.7 cm
下流側フルード数	0.687



この形状は実験 5 の型に対してエブロン長を 20 cm 短かくしたものである。通水後 10 分程度では河床は安定し跳水を発生する。エブロン下流端（縦距 100 ～ 200 cm）でわずかに不安定な流況を示してはいるが全体の流況に変化は生じない。又下流水位の変動に対しても大きな流況の変化及び河床の変動を生じない。かなり良好な形状であると言える。

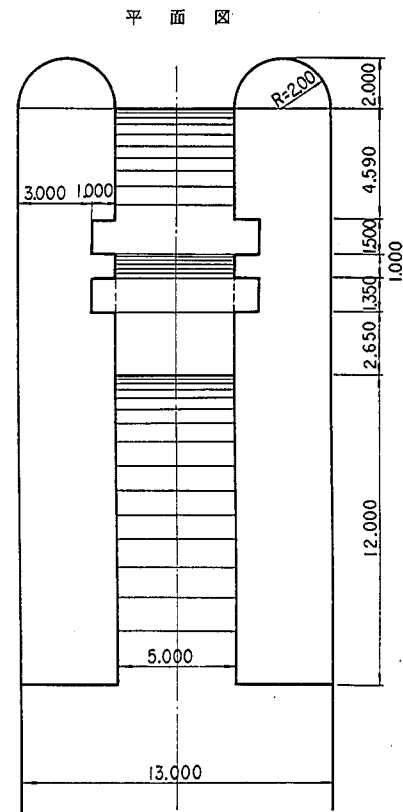
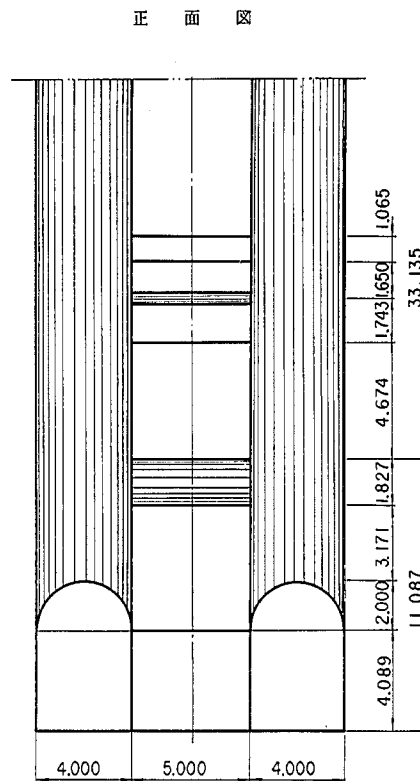
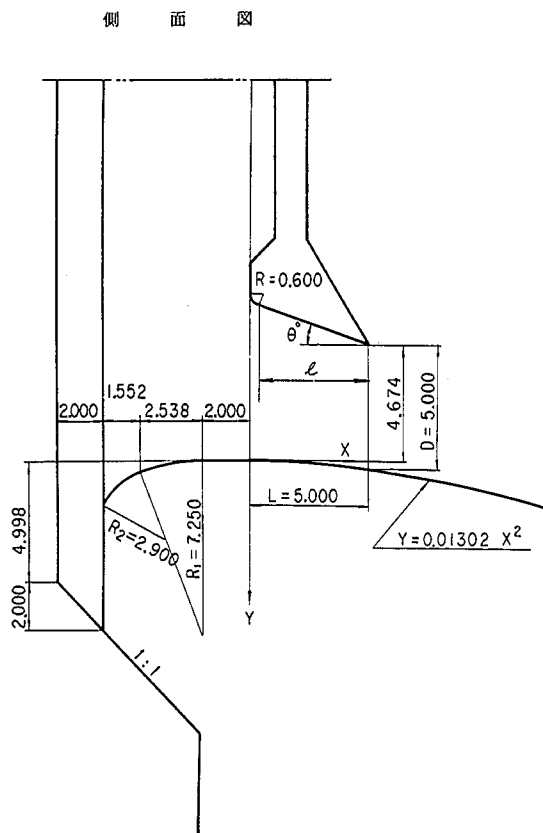


図 - 19. 1 面ベルマウス基本形状図

図-20a 二風谷ダムオリフィス形状図(側面図)

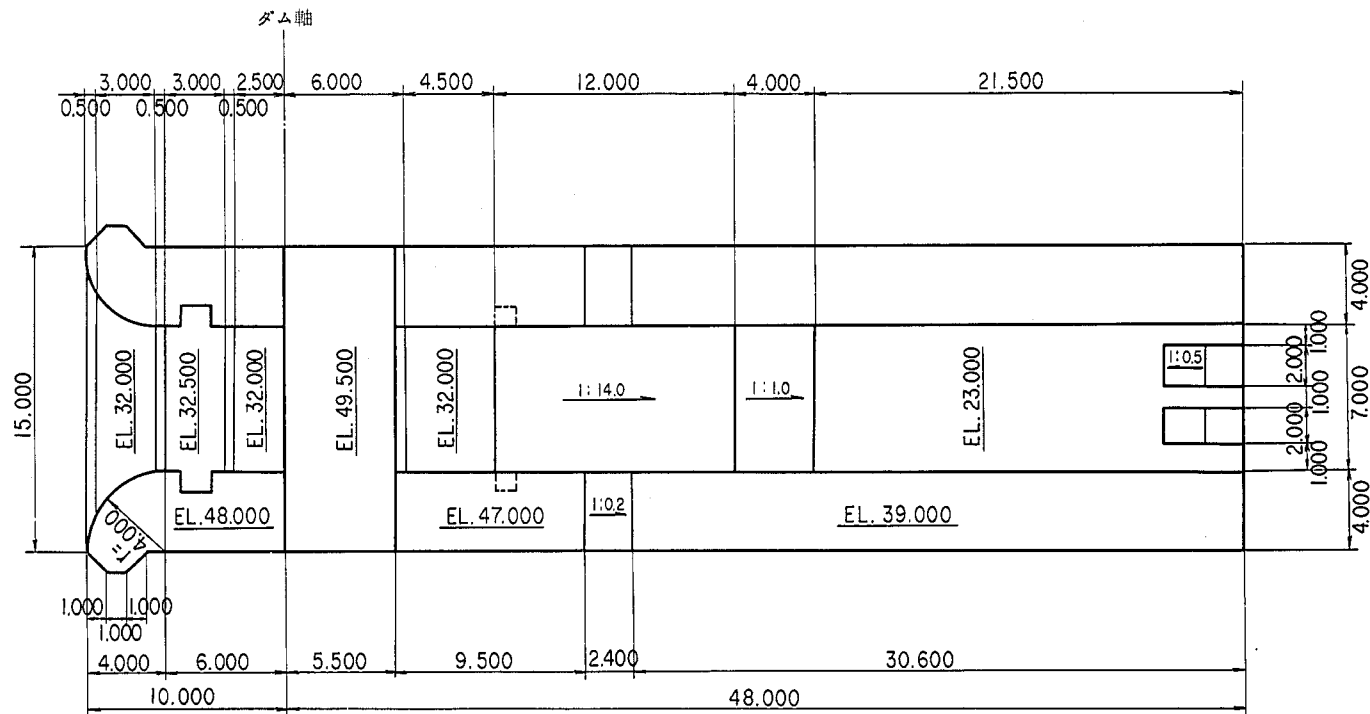


図-20b 二風谷ダムオリフィス形状図(平面図)

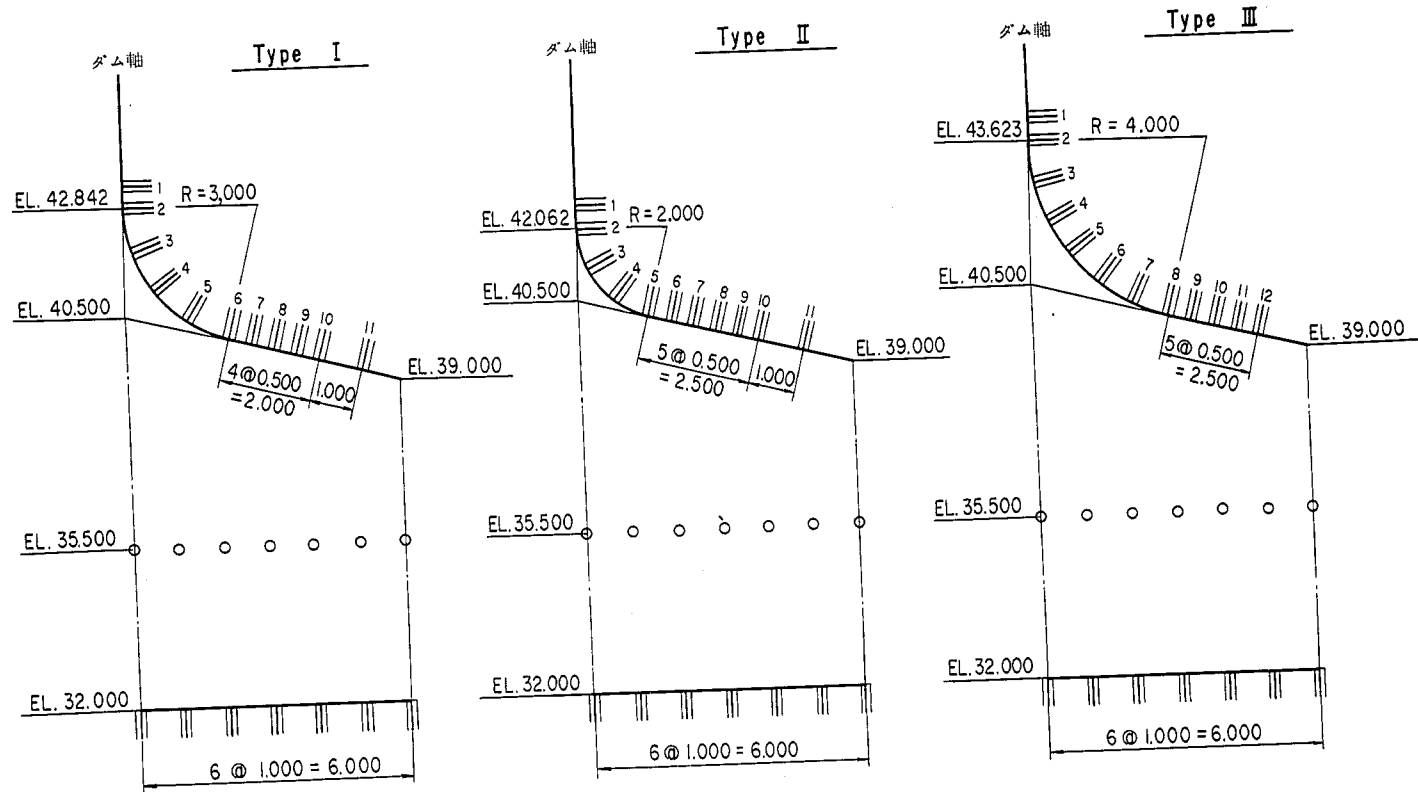


図-21. 上面ベルマウスタイプおよびピエゾ配置図

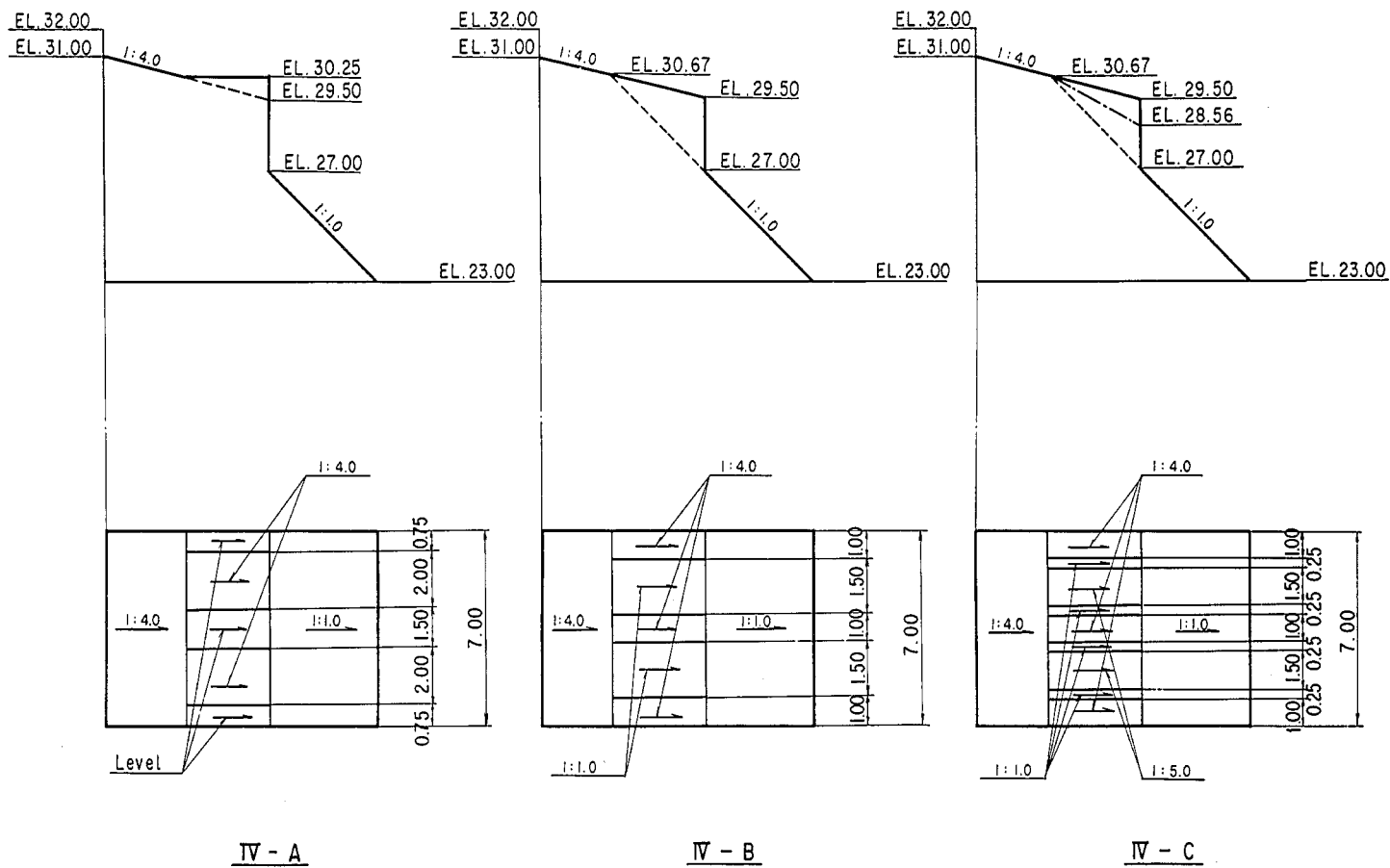
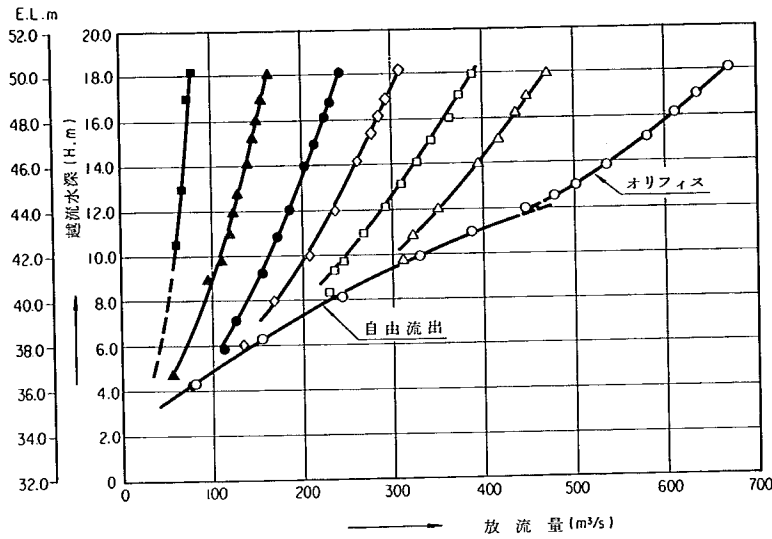


図 - 22. 水叩き面付属構造物形状図

オリフィスⅠ型

R=3.0

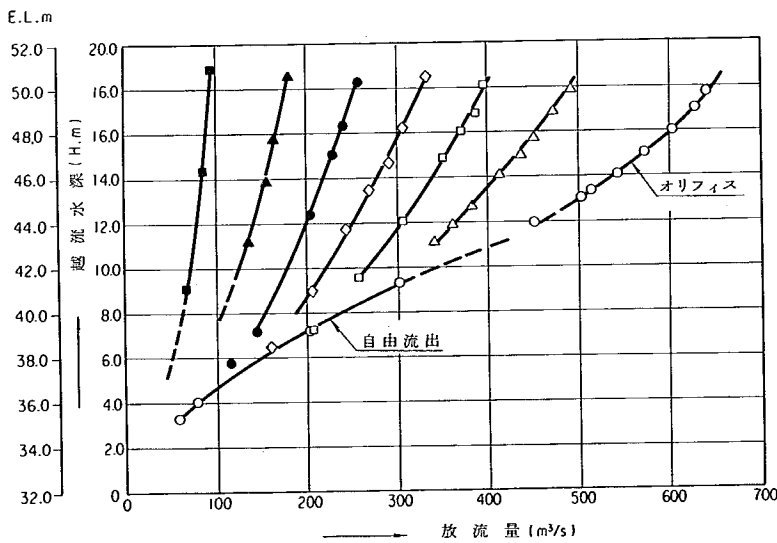


凡	例
ゲート開度	記号
全開	○—○
6.0	△—△
5.0	□—□
4.0	◇—◇
3.0	●—●
2.0	▲—▲
1.0	■—■

図-23. 貯水位-ゲート開度-放流量関係図(タイプⅠ)

オリフィスⅡ型

R=2.0

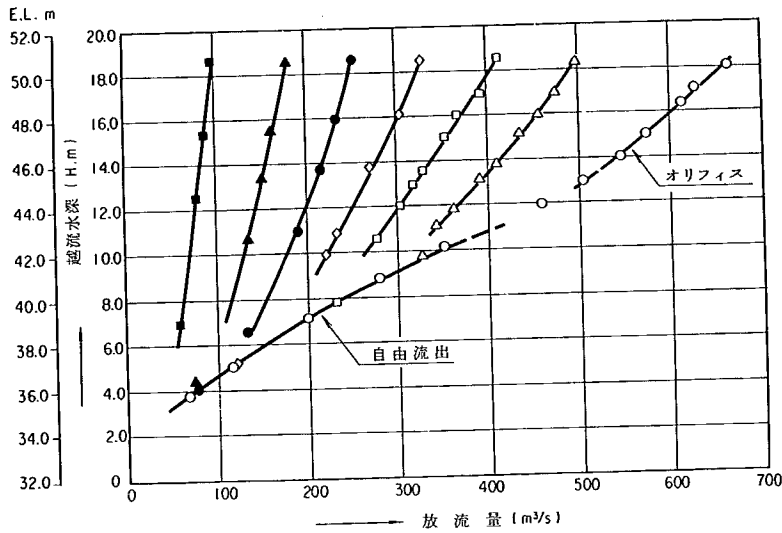


凡	例
ゲート開度	記号
全開	○—○
6.0	△—△
5.0	□—□
4.0	◇—◇
3.0	●—●
2.0	▲—▲
1.0	■—■

図-24. 貯水位-ゲート開度-放流量関係図(タイプⅡ)

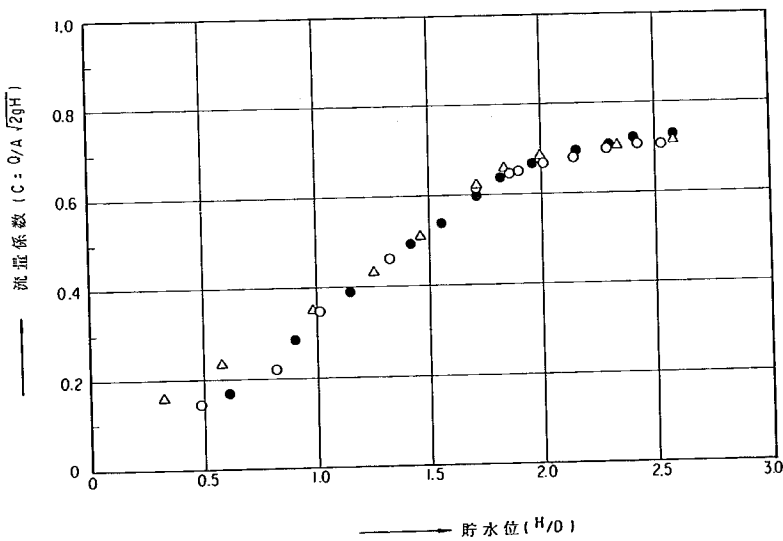
オリフィスⅢ型

R = 40



凡	例
ゲート開度	記号
全開	○—○
6.0	△—△
5.0	□—□
4.0	◇—◇
3.0	●—●
2.0	▲—▲
1.0	◻—◻

図-2.5. 貯水位-ゲート開度-放流量関係図 (タイプⅢ)



凡	例
オリフィス型	記号
I	○—○
II	●—●
III	△—△

図-2.6. 流量係数~貯水位関係図

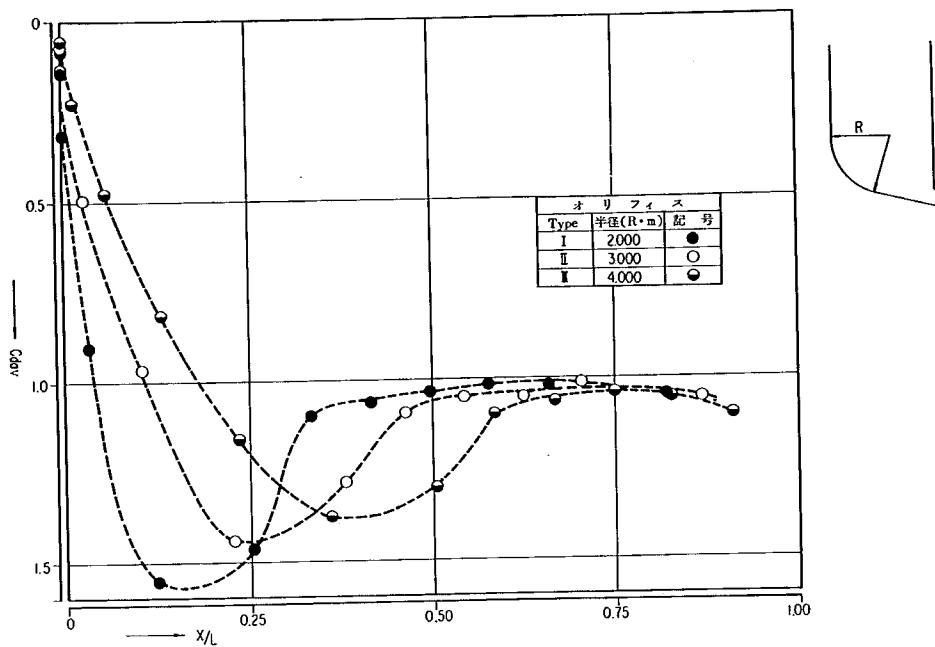
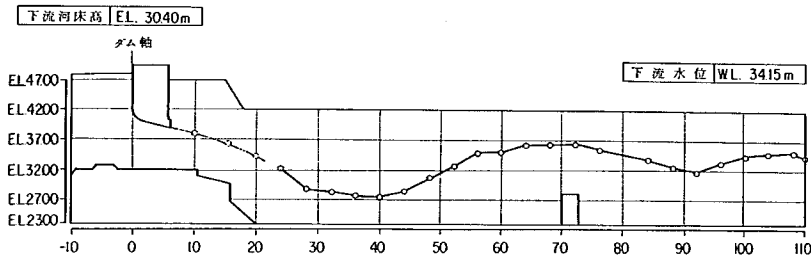
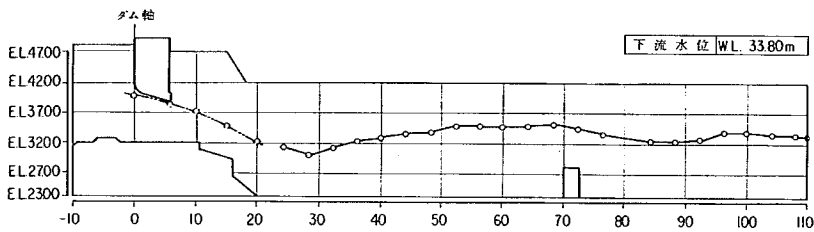


図-27. オリフィス上面平均圧力降下係数



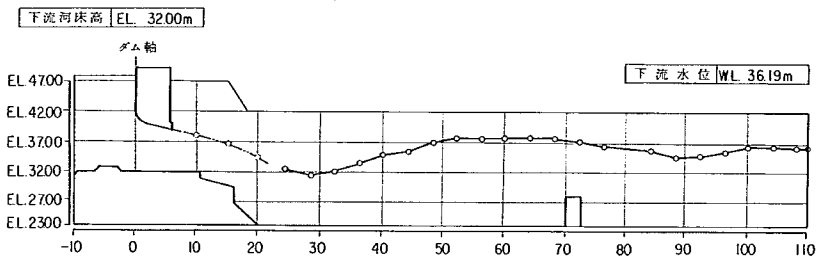
実験条件	
オリフィス形状	Type II
減勢工	最終案
ゲート開度	全開

放流条件	
貯水位	WL. 4693m
放流量	579.10 ^{m³} /sec



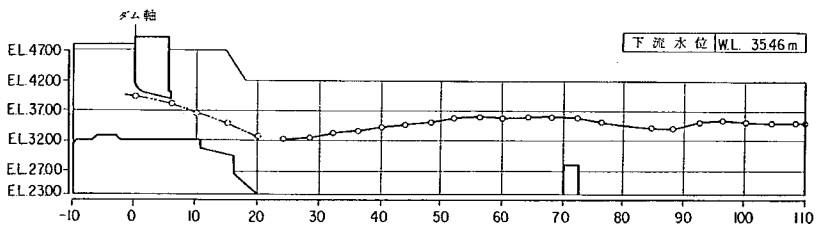
実験条件	
オリフィス形状	Type III
減勢工	最終案
ゲート開度	全開

放流条件	
貯水位	WL. 4398m
放流量	452.51 ^{m³} /sec



実験条件	
オリフィス形状	Type III
減勢工	最終案
ゲート開度	全開

放流条件	
貯水位	WL. 4696m
放流量	578.03 ^{m³} /sec



実験条件	
オリフィス形状	Type III
減勢工	最終案
ゲート開度	全開

放流条件	
貯水位	WL. 4395m
放流量	449.80 ^{m³} /sec

図-28. 水面形状図

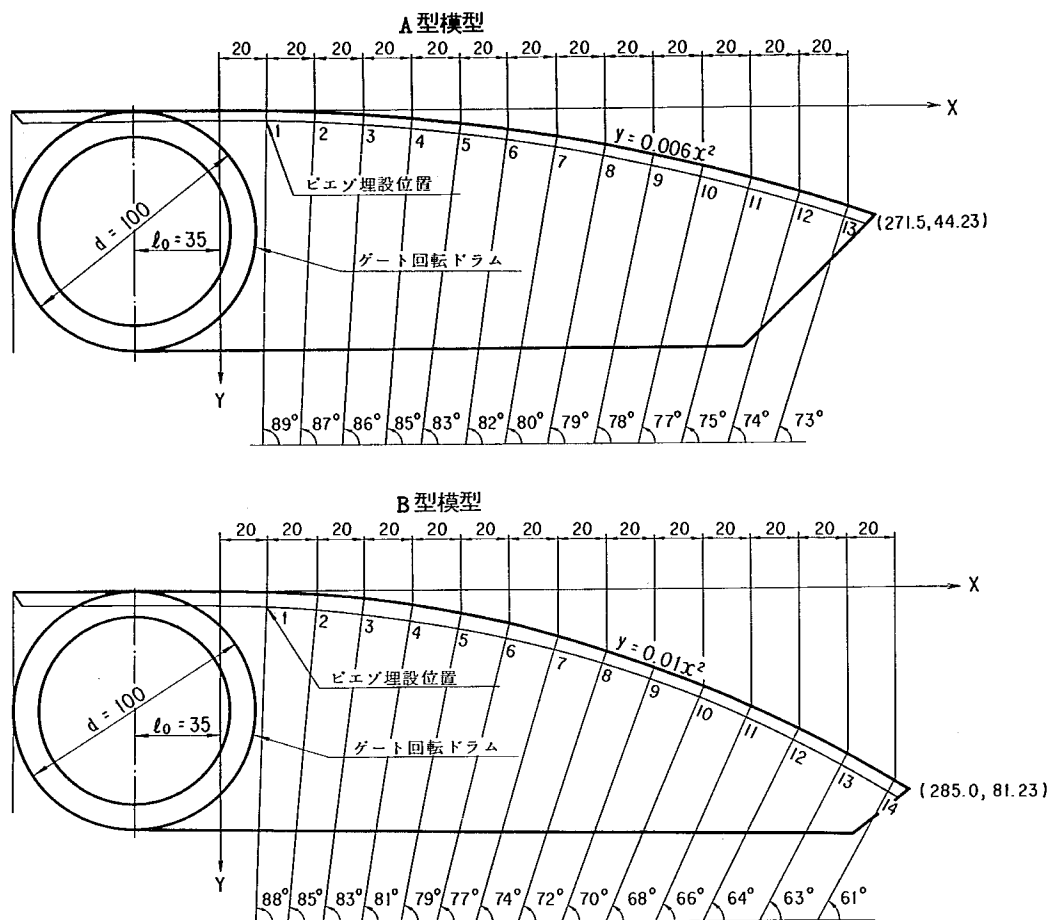


図-29. フラップゲート形状図

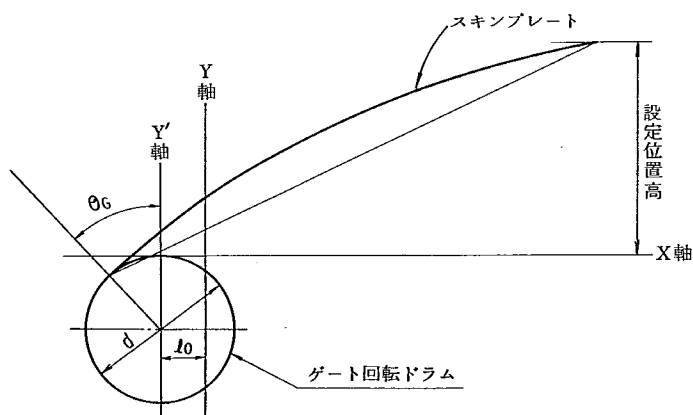


図-30. ゲート起状角の設定図

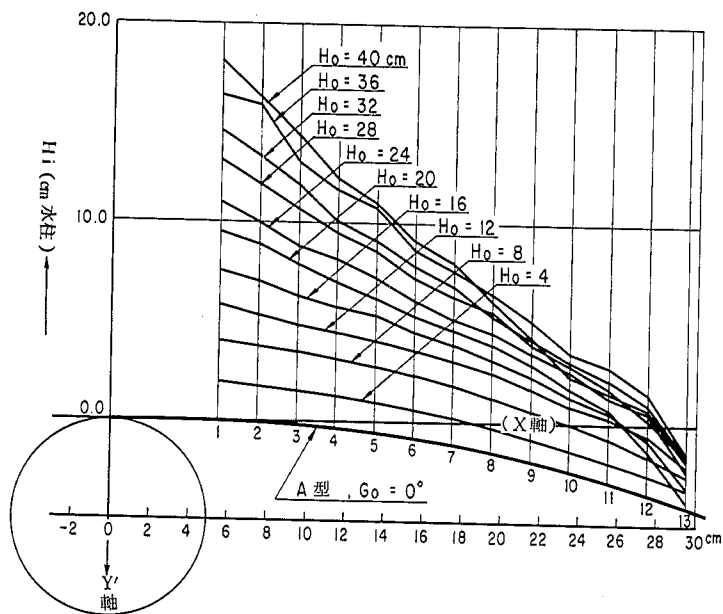


图-31a 压力分布图

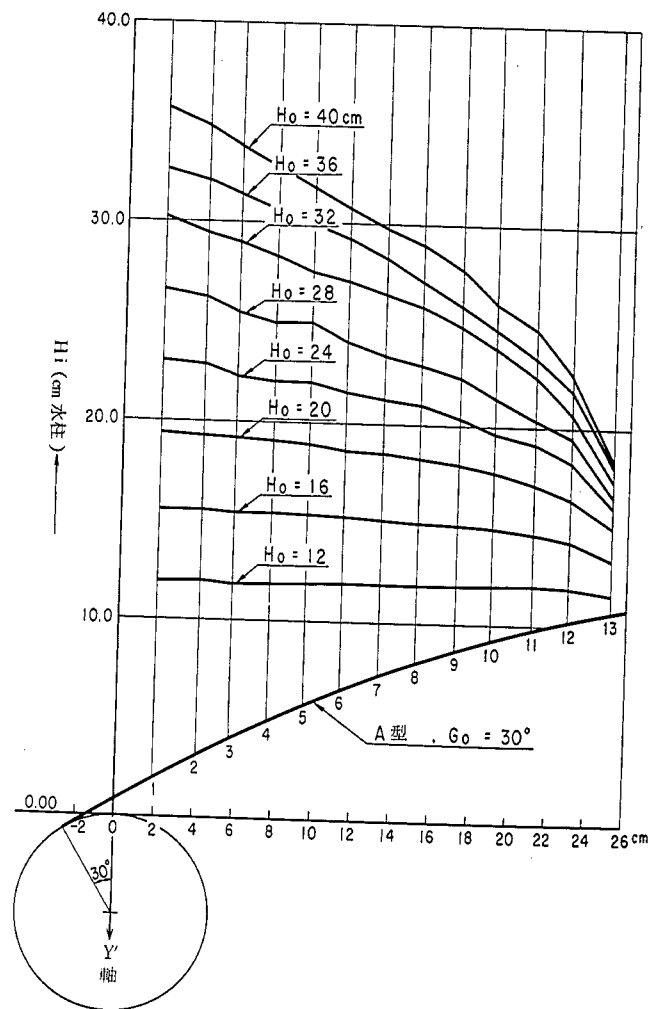


图-31b 压力分布图

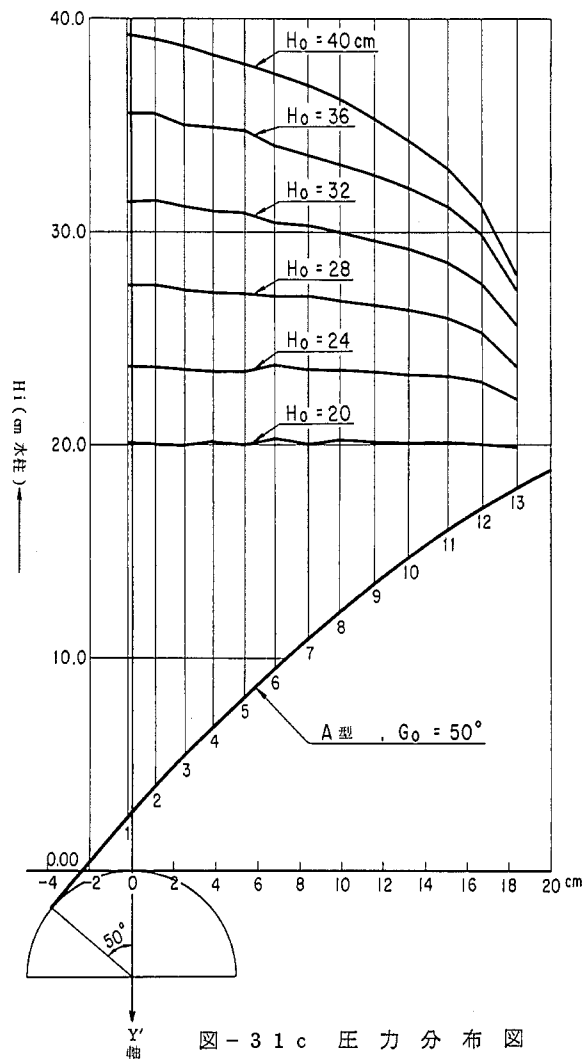


图-31c 压力分布图

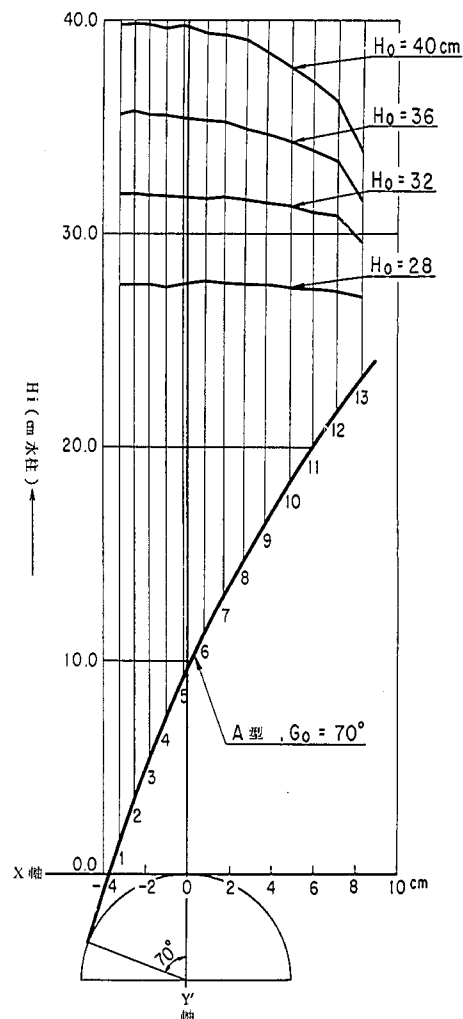


图-31d 压力分布图

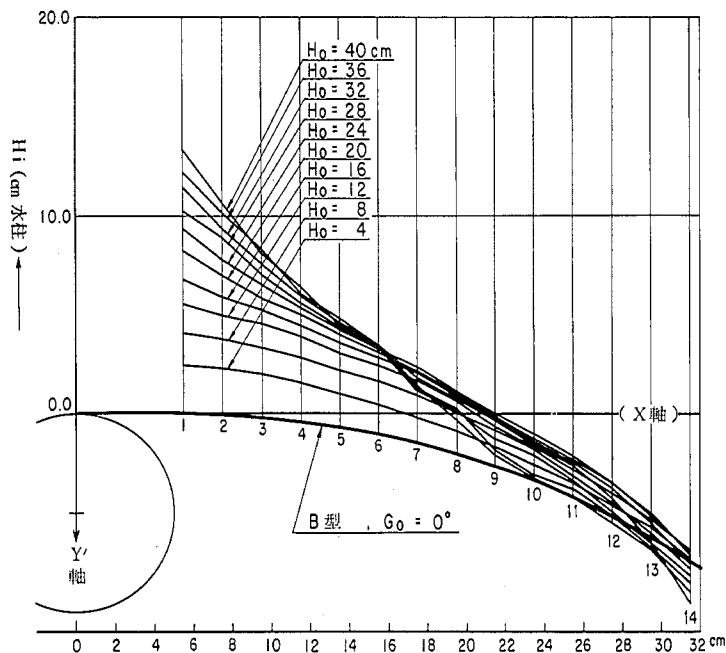


图-31e 压力分布图

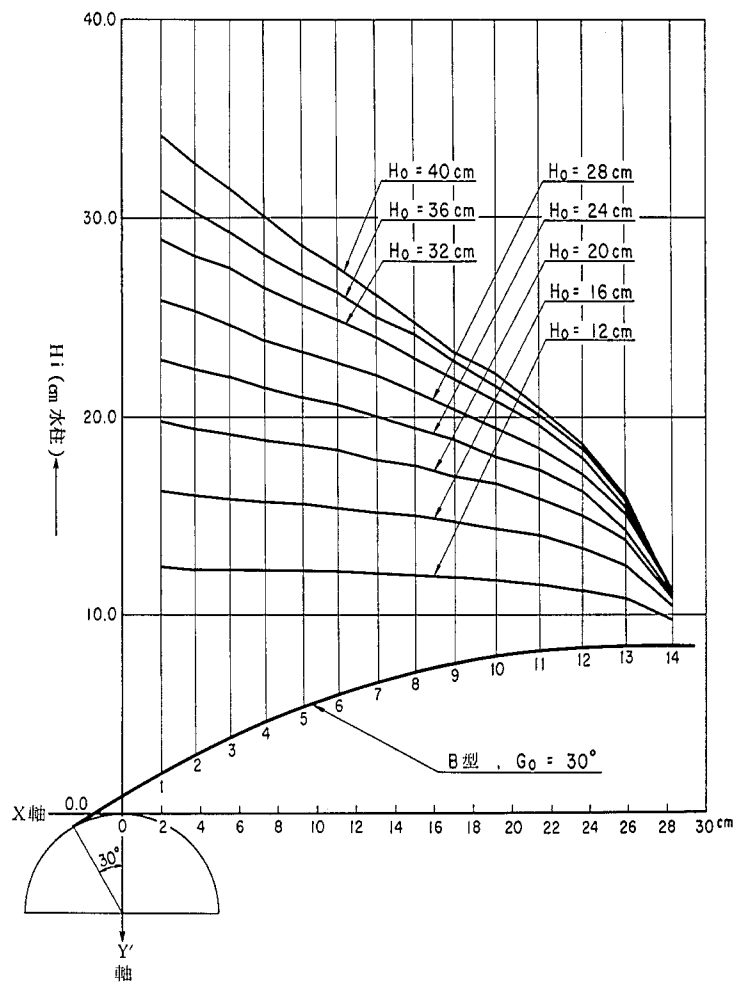


图-31f 压力分布图

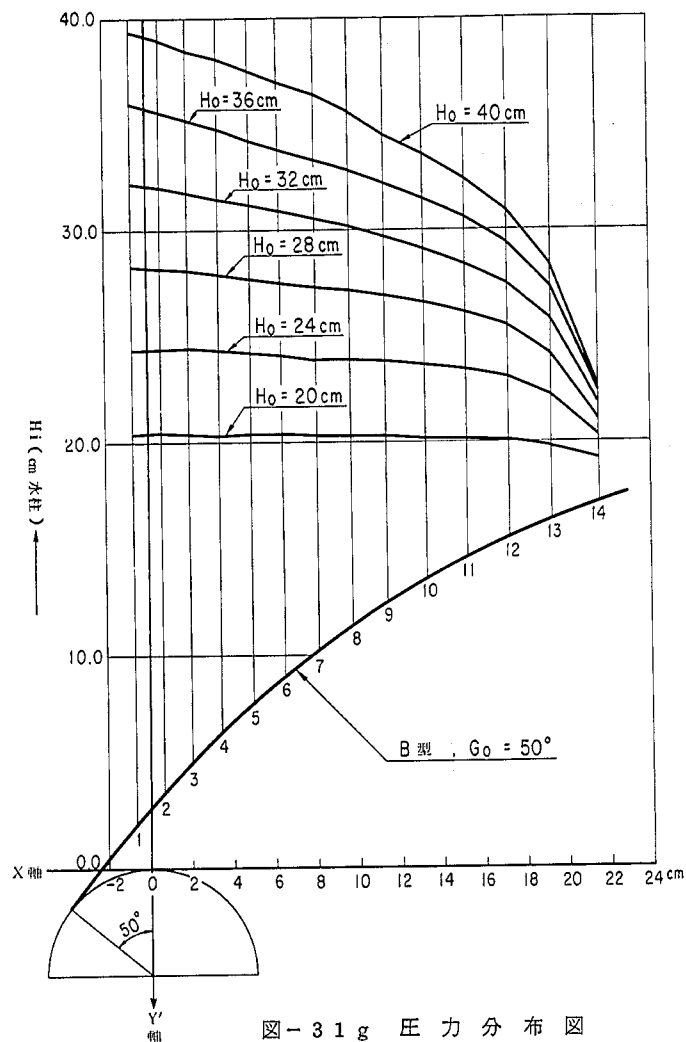


图-31g 压力分布图

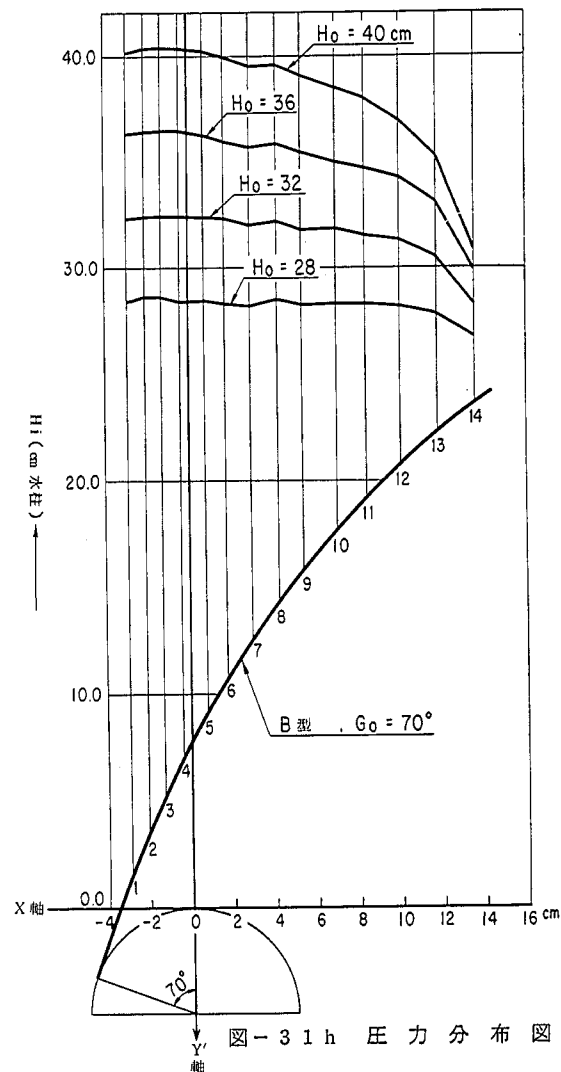


图-31h 压力分布图

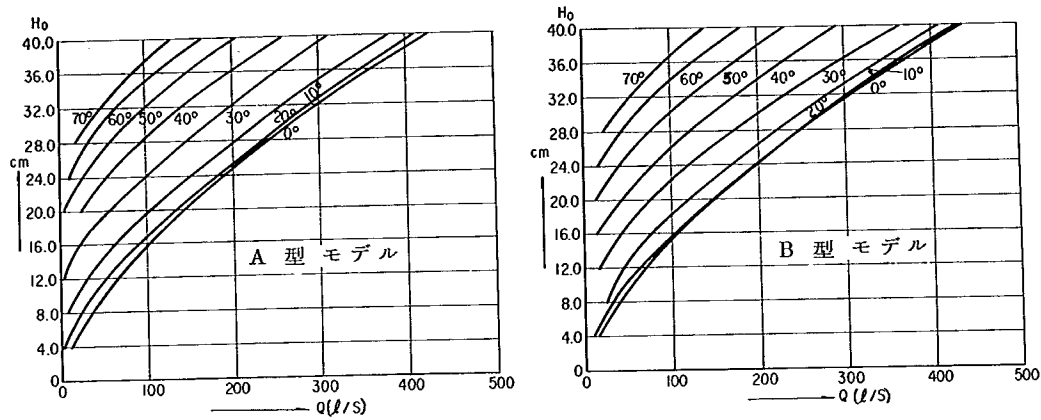


図-32. $H_0 \sim Q$ 曲線図

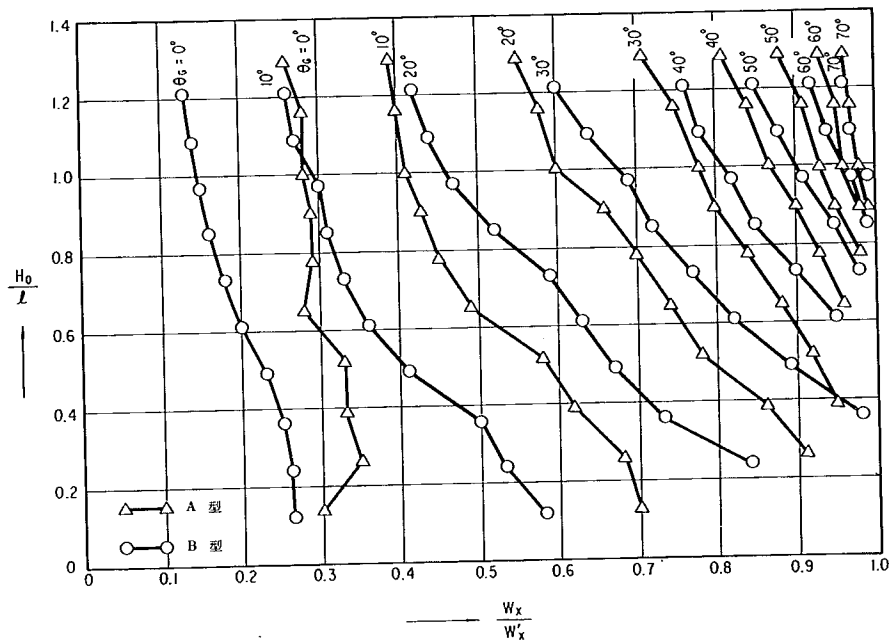


図-33. H_0/l と $W_x/W_{x'}$ との関係図

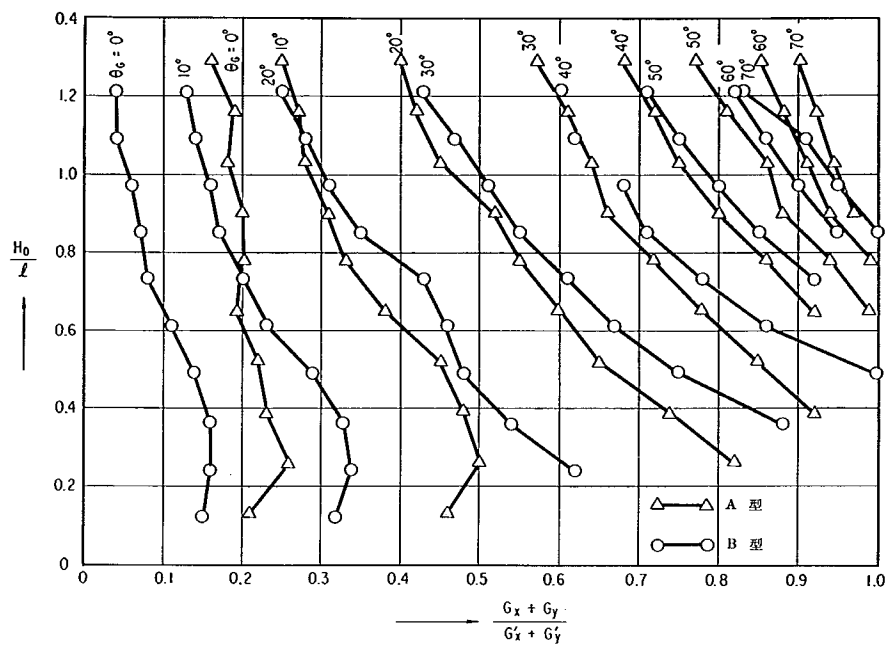


図-34. H_0 / l と $(G_x + G_y) / (G'_x + G'_y)$ との関係図

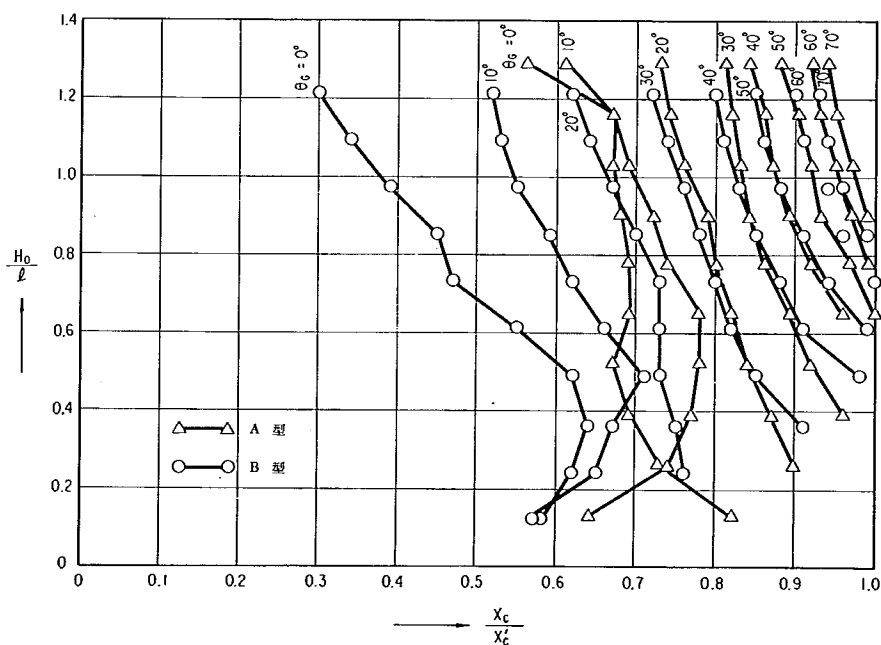


図-35. H_0 / l と X_c / X'_c との関係図

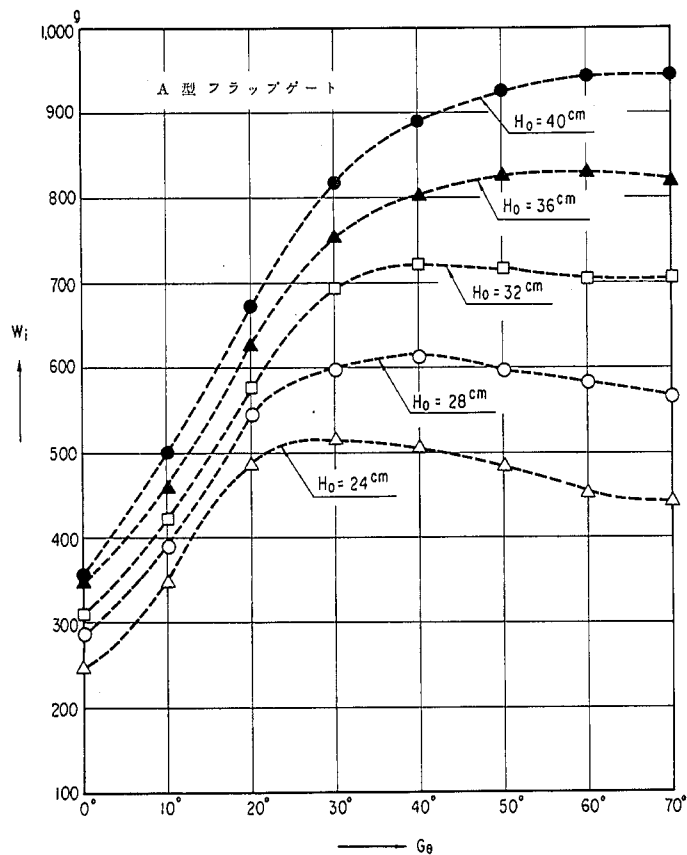


図-36a W_i と G_θ との関係

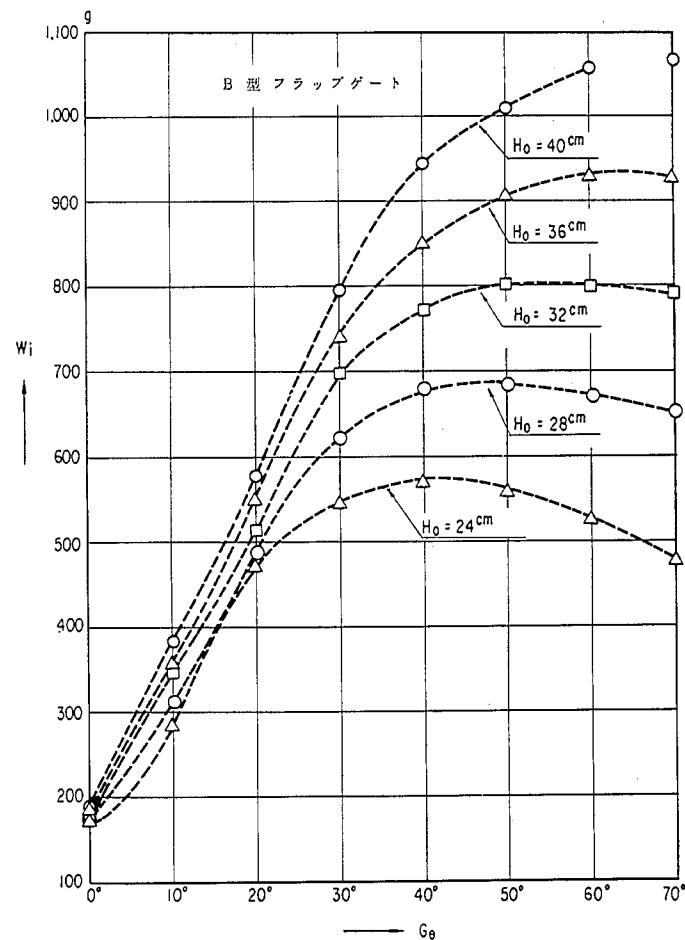


図36b W_i と G_θ との関係

表-1 下流水位測定値表

測定項目	2 案				3 案				5 案				6 案				7 案				8 案				9 案				
越流水深H cm	20.13				19.58				20.10				19.23				19.93				19.72				19.59				
流量Q L/s	156.61				151.20				155.96				142.06				150.34				149.27				146.71				
下流水深H cm	18.1				18.1				19.3				17.3				18.8				16.0				16.7				
測定位置 断面位置	I	II	III	平均	I	II	III	平均	I	II	III	平均	I	II	III	平均	I	II	III	平均	I	II	III	平均	I	II	III	平均	
30 cm									6.3	6.2	6.0	6.2																	
40					4.5	5.9	5.4	5.3	8.5	8.2	8.0	8.2	7.0	7.3	6.8	7.4	7.1	7.9	7.2	7.4	8.9	8.3	8.5	8.6	6.4	7.9	8.0	7.4	
50									10.7	9.6	8.9	9.7	6.8	6.8	7.2	6.9	7.9	7.6	7.7	7.3	10.5	9.9	10.2	10.2	7.7	7.4	9.5	8.2	
60					9.6	10.3	12.0	10.6	11.6	11.7	12.1	11.8	8.2	8.1	8.2	8.2	8.3	7.7	7.8	7.9	9.8	9.6	10.5	10.0	8.7	8.1	9.9	8.9	
70									14.9	15.0	15.3	15.1	7.7	8.5	8.6	8.3	9.4	9.1	8.8	9.1	11.6	10.9	11.2	11.2	10.0	9.0	9.7	9.6	
80					17.8	17.8	18.6	18.1	17.6	18.8	19.8	18.1	10.1	8.2	9.3	9.2	10.0	9.8	10.5	10.1									
90									19.8	20.3	20.3	20.1	8.8	8.1	9.5	8.8	10.6	10.1	11.0	10.8	11.5	11.0	18.5	11.7	12.3	14.2	14.8	13.8	
100					17.8	16.6	17.6	17.3	19.9	20.2	20.3	20.1	8.8	9.0	9.5	9.1	10.9	10.7	11.1	10.9	13.2	12.7	14.4	13.4	15.1	17.5	16.0	16.2	
110	3.7	6.8	8.9	6.5					20.0	18.7	18.5	19.1	10.6	11.8	13.0	11.8	13.0	12.7	13.3	13.0	13.8	13.1	14.7	14.5	15.8	16.6	17.3	16.6	
120	5.3	6.0	6.4	5.9	12.9	13.7	12.5	13.0	15.5	15.0	16.1	15.5	15.9	16.6	15.8	16.1													
130	6.6	5.9	6.1	6.2					15.2	13.6	13.7	14.2	17.4	17.2	17.2	17.3	17.4	18.5	18.4	18.1	16.3	17.1	17.8	17.1	17.7	17.5	19.4	18.2	
140	5.7	4.6	4.1	4.8	11.5	12.3	11.7	11.8	12.4	12.9	13.3	12.9	17.4	17.5	17.4	17.4	17.8	19.1	18.9	18.6	17.9	17.7	17.5	17.7	18.8	17.7	17.9	18.1	
150	4.5	2.8	2.2	3.1					12.4	13.0	14.1	13.2	18.3	17.7	18.6	18.2	18.6	18.4	18.5	18.5	17.7	17.2	18.5	17.8	18.6	17.3	18.2	18.0	
160	4.4	4.0	4.0	4.1	12.8	15.2	16.9	15.0	12.5	14.8	14.5	13.9	17.6	17.4	17.9	17.6	18.6	19.0	18.4	18.7	17.2	17.7	17.9	17.6	17.5	17.5	17.0	17.3	
170	5.7	4.5	6.3	5.5					16.7	15.7	15.4	15.9	17.3	17.6	17.9	17.6	18.1	17.5	18.1	17.9	17.7	17.6	18.0	17.8	18.3	17.8	18.3	18.1	
180	7.2	5.5	8.3	7.0	17.2	16.6	16.9	16.9	16.6	16.3	16.5	16.5	16.7	17.4	17.4	17.2	18.0	17.3	18.8	18.0	17.7	17.6	17.6	17.6	18.2	18.2	18.0	18.1	
190	7.3	7.3	7.8	7.5					15.3	16.0	16.0	17.8	16.9	17.6	17.7	17.4	17.8	19.0	18.1	18.3	18.2	17.7	17.3	17.7	17.8	18.2	17.5	17.8	
200	7.9	7.2	7.5	7.5	15.6	15.4	16.6	15.9	16.5	16.0	16.5	16.3	17.0	17.3	17.3	17.2	18.9	18.6	18.7	18.7	17.9	17.8	18.2	18.0	18.2	17.9	18.3	18.1	
210	8.3	8.7	7.9	8.3					17.5	17.5	17.3	17.4	17.8	17.7	17.9	17.8	18.4	18.5	18.8	18.6	18.2	18.0	17.8	18.0	17.8	18.1	18.3	18.1	
220	9.7	8.1	8.7	8.8	16.5	16.9	17.4	16.9	17.5	17.5	17.3	17.4	17.8	17.7	17.9	17.8	18.4	18.5	18.8	18.6	18.2	18.0	17.8	18.0	17.8	18.1	18.3	18.1	
230	9.3	8.6	7.5	8.4					16.6	16.8	16.5	16.6	17.4	17.9	18.1	17.8	18.5	18.7	18.2	18.5	18.2	18.2	17.8	18.1	17.4	17.3	18.0	17.6	
240	9.0	9.5	8.8	9.1	16.5	16.6	16.5	16.5	17.3	17.4	17.6	17.4	17.6	18.2	18.3	18.0	18.4	18.6	18.5	18.5	18.1	18.4	18.1	18.2	17.4	17.4	17.3	17.4	
250	9.2	9.7	8.9	9.3					18.5	17.5	17.7	17.9	17.5	17.7	18.2	17.8	18.4	18.7	18.3	18.5	17.9	17.5	17.7	17.7	16.8	17.2	17.0	17.0	
260	9.9	9.4	9.6	9.6	16.0	16.3	17.7	16.7	17.2	17.5	17.3	17.3	17.6	18.1	17.7	17.8	18.4	18.5	18.3	18.4	17.3	17.2	17.7	17.4	16.2	16.4	15.8	16.1	
270	10.2	10.5	10.1	10.3					16.8	17.5	17.7	17.3	17.2	17.1	17.5	17.3	18.0	18.3	18.9	18.4	17.2	17.5	17.3	17.3	15.8	15.8	15.9	15.8	
280	11.8	10.6	10.5	11.0	15.8	16.2	15.6	15.9	17.7	17.4	17.7	17.6	16.8	17.4	17.1	17.1	18.5	17.6	18.2	18.1	16.8	16.9	17.0	16.9	16.1	15.9	15.7	15.9	
290	11.8	11.2	11.1	11.4					17.5	17.7	17.6	17.6	16.8	16.8	16.7	16.8	17.2	17.1	17.2	17.2	16.3	16.5	16.6	16.5	15.7	15.6	15.7	15.7	
300																													
310	13.4	12.1	12.1	12.5	15.3	15.3	15.2	15.2	16.8	16.9	16.6	16.8	16.0	16.1	16.1	16.1	16.6	16.5	16.5	16.5	15.9	16.1	15.9	16.0	15.2	15.1	15.5	15.2	
320	12.8	12.5	12.1	12.5	15.1	15.2	15.3	15.2	16.4	17.0	16.2	16.5	16.0	16.0	16.1	16.0	16.1	16.1	16.4	16.2	15.6	16.1	15.8	15.8	15.1	15.1	15.3	15.2	
330	12.5	12.5	12.7	12.5					16.6	16.7	16.5	16.6	15.9	15.9	15.8	15.9	15.9	15.8	15.9	15.6	15.9	15.7	15.7	15.3	15.2	15.3	15.3		
340	12.2	12.6	12.5	12.4	14.8	15.4	14.7	15.0	16.9	16.8	16.4	16.7	15.7	15.8	15.7	15.7	15.6	15.9	16.0	15.8	15.3	15.6	13.8	14.9	14.8	14.8	15.1	14.9	
350	12.3	12.8	12.3	12.5					16.1	16.2	16.2	16.2	15.4	15.5	15.3	15.4	15.9	16.0	16.0	16.0	15.4	15.4	15.4	15.3	15.4	15.0	14.7	14.8	14.8
360	12.1	12.3	12.2	12.2	14.4	15.0	15.1	14.8	16.0	16.2	16.2	16.1	15.4	15.3	15.3	15.3	15.4	15.6	15.0	15.3	15.1	15.5	15.2	15.3	14.7	14.8	15.0	14.8	
370	11.6	12.0	12.1	11.9					15.8	15.9	15.9	15.9	14.9	15.2	15.1	15.1	15.0	15.5	15.5	15.3	14.9	14.9	15.2	15.0	14.7	14.6	14.7	14.7	
380	13.2	12.3	12.5	12.7	14.7	14.5	14.6	14.5	15.8	16.2	15.7	15.9	14.8	15.1	15.0	15.0	14.9	15.1	15.2	15.1	14.7	14.9	15.1	14.9	14.4	14.3	14.5	14.4	
390																													
400	13.0	12.5	12.2	12.6	14.2	14.4	14.2	14.3	15.5	15.7	15.3	15.5	14.8	15.1	14.8	14.9	14.9	15.1	14.9	15.0	14.5	14.8	14.8	14.7	14.4	14.3	14.4	14.4	
410	12.9	12.6	12.7	12.7					15.3	15.2	15.1	15.2	14.6	14.5	14.8	14.6	14.8	15.0	14.8	14.9	14.8	14.8	14.7	14.8	14.4	14.5	14.4	14.4	
420	12.0	12.4	12.5	12.3	14.1	14.2	14.1	14.1	15.3	15.3	14.8	15.1	14.7	14.5	14.6	14.6	14.7	14.9	14.9	14.8	14.6	14.6	14.5	14.6	14.3	14.2	14.3	14.3	
430	12.5	12.2	12.7	12.5					15.4	15.2	15.0	15.2	14.5	14.4	14.6	14.5	14.9	14.8	14.8	14.8	14.4	14.4	14.2	14.3	14.3	14.3	14.1	14.2	
440	12.4	12.6	12.5	12.5	14.2	14.5	14.4	14.4	15.0	15.0	15.1	15.0	14.4	14.6	14.3	14.4	14.7	14.7	14.7	14.7	14.4	14.4	14.4	14.3	14.4	14.2	14.2	14.0	14.1
450	12.2	12.6	12.4	12.4	14.3	14.3	14.3	14.3	15.1	14.8	14.1	14.7	14.3	14.4	14.4	14.4	14.6	14.5	14.4	14.5	14.1	14.3	14.4	14.3	13.9	14.0	14.0	14.0	
460																													
470																													
下流水一位					12.9	14.5	14.5	14.2	14.3	14.8	14.6	14.7	14.7	14.3	14.0	14.2	14.2	15.1	14.4	14.3	14.6	13.9	14.1	13.9	14.0	13.8	13.9	13.9	13.9

河床変動測定点説明図

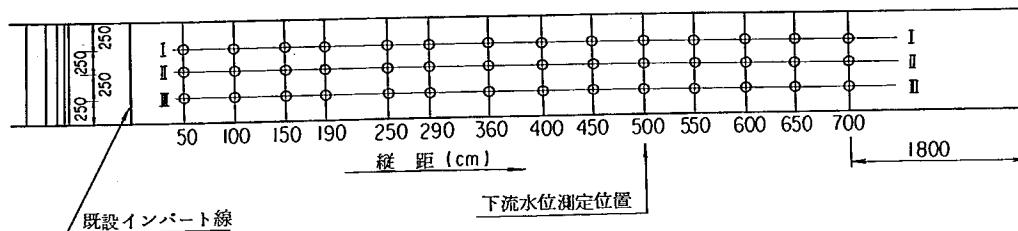


表-2 河床変動測定値表 (注) 通水前基準推砂面からの掘削り深さ

形状 番号	縦距 (cm) 横断位置	50	100	150	190	250	290	350	400	450	500	550	600	650	700
2案	I	21.3	26.9	19.4	18.9	15.8		10.3	8.2	7.0	6.0	5.1	5.2	6.0	5.3
	II	23.9	28.4	24.9	25.7	25.5		0.5	4.5	5.5	6.0	5.6	6.4	6.4	5.4
	III	26.0	30.0	30.3	38.6	37.8		6.9	4.3	5.2	5.3	4.8	5.2	4.7	4.9
	平均	23.7	28.4	24.9	27.7	26.4		7.9	5.6	5.9	5.8	5.2	5.6	5.7	5.2
3案	I	31.3	32.1	29.0	21.7	10.3		3.3	3.1	3.0	2.8	2.6	3.2	3.2	2.9
	II	29.9	32.0	30.6	22.4	10.8		3.4	4.1	3.6	3.3	3.5	3.3	3.5	4.0
	III	31.2	32.0	30.9	22.4	11.5		3.6	3.4	3.5	3.7	3.5	5.0	4.1	4.6
	平均	30.8	32.0	30.2	22.1	10.9		3.4	3.5	3.4	3.3	3.2	3.8	3.6	3.8
5案	I	30.2	33.7	34.5	32.9	23.6	16.0	6.6	5.2	4.5	4.2	3.3	3.4	4.2	4.6
	II	30.4	33.5	34.9	32.7	25.0	15.5	6.9	5.2	4.9	3.7	4.4	4.5	4.7	4.7
	III	27.9	32.9	35.0	33.2	24.9	16.8	7.4	5.4	4.9	4.6	4.0	6.2	5.5	4.6
	平均	29.5	33.4	34.8	32.9	24.5	16.1	7.0	5.3	4.8	4.2	3.9	4.7	4.8	4.6
6案	I		31.2	35.3	29.4	17.1	5.5	2.4	2.5	1.9	1.7	1.9	2.0	2.4	3.5
	II		33.4	38.8	28.9	14.9	6.9	8.1	6.9	5.9	4.7	4.0	3.3	3.2	2.4
	III		31.2	36.5	29.1	16.9	5.5	3.2	4.2	3.8	4.2	2.8	4.0	3.3	3.5
	平均		31.9	36.9	29.1	16.3	6.0	4.6	4.5	3.9	3.5	2.9	3.1	3.0	3.1
7案	I		30.9	32.3	26.0	17.5	6.9	3.5	3.4	2.7	2.9	2.4	2.5	2.7	3.4
	II		32.3	36.2	30.1	17.5	7.7	7.8	7.3	6.1	4.5	3.9	3.3	3.9	4.2
	III		30.6	32.6	29.6	17.1	6.5	4.7	4.5	4.2	4.5	3.2	4.4	5.1	5.0
	平均		31.3	33.7	28.6	17.4	7.0	5.3	5.1	4.3	4.0	3.2	3.4	3.9	4.2
8案	I		29.1	31.2	25.2	11.3	4.5	2.1	1.8	2.3	1.5	1.4	2.4	2.6	1.5
	II		29.2	34.0	27.3	10.5	7.1	7.3	6.5	4.8	3.5	3.5	3.2	2.6	1.5
	III		28.8	31.7	26.3	11.2	4.8	3.6	2.5	2.8	3.4	3.2	3.2	3.6	3.1
	平均		29.0	32.3	26.3	11.0	5.5	4.3	3.6	3.3	2.8	2.7	2.9	2.9	2.0
9案	I		23.7	24.6	12.4	0.5	0.2	0.5	1.7	2.4	1.6	0.8	1.3	2.0	2.9
	II		24.4	26.0	16.3	3.2	3.9	4.9	5.1	3.0	3.0	1.8	1.5	2.1	2.6
	III		25.7	28.8	19.2	2.6	1.8	1.9	1.7	2.2	2.2	2.1	4.3	3.5	2.9
	平均		24.6	25.5	16.0	2.1	2.0	2.4	2.8	2.3	2.3	1.6	2.4	2.5	2.8

表-4 (1) オリフィスタイプ I の水理諸量数値表

ゲート開度 (G・m)	貯 水 位 (W.L.・m)	越 流 水 深 (H・m)	放 流 量 ($Q \cdot m^3/sec$)	H/D	流 量 係 数 $C=Q/A\sqrt{2gH}$
全 開	5 0.08	18.08	671.15	2.583	0.727
	4 8.89	16.89	637.63	2.413	0.715
	4 8.07	16.07	609.08	2.296	0.700
	4 7.03	15.03	580.25	2.147	0.690
	4 5.74	13.74	536.03	1.963	0.667
	4 4.90	12.90	500.71	1.842	0.643
	4 4.81	12.81	494.38	1.830	0.637
	4 4.72	12.72	493.02	1.817	0.637
	4 4.64	12.64	487.45	1.806	0.632
	4 4.54	12.54	477.78	1.791	0.622
	4 4.31	12.31	462.01	1.759	0.607
	4 3.94	11.94	445.74	1.705	0.595
	☆ 4 2.89	10.89	385.20	1.556	0.538
	4 1.88	9.88	328.20	1.412	0.481
	4 0.19	8.19	240.97	1.170	0.388
	3 8.30	6.30	153.78	0.900	0.282
	3 6.32	4.32	75.88	0.617	0.168
6.0	4 9.99	17.99	469.53	2.998	0.595
	4 8.95	16.95	449.80	2.826	0.587
	4 8.21	16.21	435.69	2.702	0.582
	4 6.94	14.94	417.09	2.491	0.580
	4 5.92	13.92	395.52	2.319	0.570
	4 3.94	11.94	349.14	1.990	0.543
	4 2.72	10.72	320.28	1.787	0.526
	☆ 4 1.67	9.67	310.64	1.612	0.537
5.0	5 0.02	18.02	387.77	3.604	0.590
	4 9.00	17.00	373.05	3.400	0.584
	4 8.07	16.07	361.03	3.214	0.581
	4 7.08	15.08	342.93	3.016	0.570
	4 6.08	14.08	325.14	2.816	0.559
	4 5.09	13.09	307.65	2.618	0.549
	4 4.15	12.15	289.90	2.430	0.538
	4 2.92	10.92	267.33	2.184	0.522
	4 1.70	9.70	243.15	1.940	0.504
	4 1.28	9.28	233.80	1.856	0.495
	☆ 4 0.16	8.16	229.93	1.632	0.519

ゲート開度 (G・m)	貯 水 位 (W.L.・m)	越 流 水 深 (H・m)	放 流 量 (Q・m ³ /sec)	H/D	流 量 係 数 $C=Q/A\sqrt{2gH}$
4.0	50.25	18.25	307.06	4.563	0.580
	48.94	16.94	294.01	4.253	0.576
	48.14	16.14	284.64	4.035	0.572
	47.38	15.38	275.94	3.845	0.568
	44.15	12.15	260.91	3.538	0.559
	43.94	11.94	234.35	2.985	0.547
	42.04	10.04	206.99	2.511	0.527
	39.85	7.85	166.85	1.963	0.480
	☆ 37.97	5.97	133.72	1.492	0.442
3.0	50.17	18.17	240.94	6.056	0.608
	48.77	16.77	230.53	5.590	0.606
	48.13	16.13	224.56	5.375	0.601
	46.89	14.89	213.33	4.963	0.595
	45.95	13.95	201.75	4.650	0.581
	45.23	13.23	197.60	4.410	0.584
	44.01	12.01	184.29	4.002	0.572
	42.78	10.78	170.79	3.594	0.559
	41.26	9.26	153.32	3.088	0.542
	39.16	7.16	127.83	2.388	0.514
	37.77	5.77	109.41	1.923	0.490
	☆ 36.28	4.28	75.51	1.426	0.393
2.0	50.05	18.05	162.46	9.025	0.617
	48.94	16.94	155.23	8.476	0.609
	48.06	16.06	149.99	8.030	0.604
	47.22	15.22	146.22	7.610	0.605
	46.10	14.10	139.69	7.050	0.600
	44.58	12.58	128.73	6.290	0.586
	43.95	11.95	124.25	5.975	0.580
	42.97	10.97	120.71	5.485	0.588
	41.74	9.74	111.13	4.870	0.574
	39.89	7.89	93.57	3.945	0.537
	36.62	4.62	62.28	2.310	0.468
	☆ 35.25	3.23		1.615	
1.0	50.18	18.18	79.33	18.180	0.600
	47.02	15.02	74.00	15.020	0.616
	45.05	13.05	66.24	13.050	0.592
	42.54	10.54	59.11	10.540	0.588
※ ☆印より下の欄の貯水位では完全なフリーフロー状態となる。					

表-4 (2) オリフィスタイプIIの水理諸量数値表

ゲート開度 (G・m)	貯水水位 (W.L.・m)	越流水深 (H・m)	放流量 (Q・m ³ /sec)	H/D	流量係数 $C=Q/A\sqrt{2gH}$
全 開	49.64	17.64	639.11	2.520	0.701
	48.97	16.97	628.54	2.424	0.703
	47.97	15.97	604.61	2.281	0.697
	47.00	15.00	570.72	2.143	0.679
	46.02	14.02	542.49	2.003	0.668
	45.25	13.25	513.32	1.892	0.650
	44.97	12.97	503.48	1.852	0.644
	☆43.91	11.91	450.14	1.701	0.601
	41.26	9.26	301.10	1.323	0.456
	39.20	7.20	202.80	1.029	0.348
	37.70	5.70	112.85	0.814	0.218
	35.34	3.34	56.67	0.478	0.143
6.0	49.85	17.85	490.92	2.976	0.625
	48.85	16.85	473.65	2.809	0.621
	47.66	15.66	450.48	2.609	0.612
	46.97	14.97	436.35	2.495	0.606
	46.05	14.05	413.14	2.342	0.593
	44.67	12.67	380.07	2.111	0.574
	43.87	11.87	361.03	1.979	0.564
	☆43.06	11.06	341.08	1.843	0.552
5.0	50.16	18.16	399.41	3.632	0.605
	48.93	16.93	387.12	3.386	0.607
	48.08	16.08	372.41	3.216	0.599
	46.94	14.94	352.25	2.988	0.588
	46.42	14.42	327.57	2.884	0.557
	44.06	12.06	308.25	2.412	0.573
	41.60	9.60	259.38	1.919	0.540
	☆39.34	7.34	209.62	1.468	0.499
4.0	50.53	18.53	332.46	4.631	0.623
	48.24	16.24	306.46	4.060	0.613
	46.75	14.75	291.07	3.687	0.611
	45.57	13.57	270.19	3.391	0.592
	43.70	11.70	244.26	2.925	0.576
	41.03	9.03	206.99	2.257	0.556
	☆38.28	6.28	162.46	1.570	0.523

ゲート開度 (G・m)	貯 水 位 (W.L.・m)	越 流 水 深 (H・m)	放 流 量 (Q・m ³ /sec)	H/D	流 量 係 数 C=Q/A√2gH
3.0	50.21	18.21	255.99	6.070	0.645
	48.34	16.34	240.39	5.448	0.640
	46.98	14.98	228.35	4.994	0.635
	44.34	12.34	204.37	4.115	0.626
	39.18	7.18	142.48	2.392	0.572
	☆ 36.02	4.02	77.41	1.341	0.415
2.0	50.48	18.46	181.26	9.231	0.681
	47.80	15.80	164.90	7.902	0.669
	45.83	13.83	155.71	6.917	0.676
	43.22	11.22	136.01	5.608	0.655
1.0	50.80	18.80	96.84	18.803	0.721
	46.42	14.42	87.15	14.416	0.741
	41.18	9.18	68.53	9.178	0.729
※ ☆印より下の欄の貯水位では完全なフリーフロー状態となる。					

表-4 (3) オリフィスタイプⅢの水利諸量数値表

ゲート開度 (G・m)	貯 水 位 (W.L.・m)	越 流 水 深 (H・m)	放 流 量 (Q・m ³ /sec)	H/D	流 量 係 数 $C=Q/A\sqrt{2gH}$
全 開	49.99	17.99	662.71	2.571	0.720
	48.96	16.96	628.54	2.423	0.704
	48.31	16.31	612.05	2.330	0.699
	46.97	14.97	572.18	2.138	0.682
	45.92	13.92	543.93	1.988	0.672
	44.93	12.93	502.08	1.847	0.644
	43.94	11.94	456.57	1.705	0.609
	42.15	10.15	349.76	1.450	0.506
	40.81	8.81	277.67	1.258	0.431
	39.12	7.12	199.67	1.017	0.345
6.0	50.35	18.35	496.49	3.059	0.623
	48.91	16.91	472.96	2.818	0.619
	47.94	15.94	455.22	2.657	0.613
	47.06	15.06	433.68	2.510	0.601
	45.73	13.73	408.55	2.288	0.593
	45.13	13.13	387.77	2.189	0.575
	43.78	11.78	361.03	1.963	0.566
	43.06	11.06	342.31	1.844	0.554
	☆41.72	9.72	325.14	1.619	0.561
5.0	50.44	18.44	411.83	3.688	0.619
	48.94	16.94	380.07	3.388	0.596
	48.03	16.03	364.81	3.207	0.588
	46.94	14.94	352.25	2.989	0.588
	45.59	13.59	327.57	2.719	0.573
	44.88	12.88	317.26	2.577	0.570
	44.08	12.08	302.29	2.415	0.561
	42.47	10.47	277.67	2.093	0.554
	☆39.78	7.78	230.53	1.557	0.533
4.0	50.41	18.41	328.79	4.602	0.618
	48.00	16.00	303.48	4.000	0.612
	45.65	13.65	271.34	3.413	0.592
	42.77	10.77	232.71	2.692	0.572
	41.84	9.84	220.80	2.461	0.568
	☆37.11	5.11	117.63	1.277	0.420

ゲート開度 (G・m)	貯 水 位 (W.L.・m)	越 流 水 深 (H・m)	放 流 量 (Q・m ³ /sec)	H/D	流 量 係 数 $C=Q/A\sqrt{2gH}$
3.0	50.49	18.49	252.69	6.165	0.632
	37.88	15.88	234.38	5.295	0.633
	45.63	13.63	215.98	4.542	0.629
	42.91	10.91	187.33	3.636	0.610
	38.55	6.55	131.90	2.183	0.554
	☆ 36.02	4.02	76.27	1.341	0.409
2.0	50.48	18.48	181.26	9.242	0.680
	47.45	15.45	164.41	7.723	0.675
	45.30	13.30	152.36	6.648	0.674
	42.61	10.61	134.63	5.306	0.667
	36.31	4.31	73.25	2.153	0.569
	☆ 35.45	3.45	60.51	1.727	0.526
1.0	50.55	18.55	97.25	18.550	0.729
	47.30	15.30	89.14	15.300	0.735
	44.49	12.49	78.94	12.490	0.721
	38.83	6.83	38.76	6.830	0.726
※ ☆印より下の欄の貯水位では完全なフリーフロー状態となる。					

表-5(1) 圧力降下係数値表 (タイプ I)

実験条件	オリフィス形状	Type	I
	ゲート開度	全	開

放流条件	貯水位	W.L. 50.000 m
	放流量	671.20 m ³ /sec

放流条件	貯水位	W.L. 47.030 m
	放流量	580.20 m ³ /sec

測線	Na	X/L	Y/D	ピエゾ 位置 (EL・m)	圧力標高 (P _H ・m)	圧力水頭 (P・m)	圧力降下 係数 C _d
上 面	1	0.000	1.620	43.342	48.797	5.455	0.125
	2	0.000	1.549	42.842	48.016	5.174	0.206
	3	0.027	1.409	41.866	44.500	2.634	0.575
	4	0.106	1.285	40.996	39.813	-1.184	1.064
	5	0.227	1.190	40.327	35.750	-4.577	1.489
	6	0.379	1.133	39.932	37.719	-2.213	1.277
	7	0.459	1.116	39.811	39.406	0.405	1.102
	8	0.540	1.098	39.689	39.813	0.124	1.059
	9	0.621	1.081	39.568	39.813	0.245	1.059
	10	0.702	1.064	39.447	40.219	0.772	1.017
	11	0.864	1.029	39.204	39.813	0.609	1.059
側 面	1	0.000	0.500	35.500	43.844	8.344	0.640
	2	0.167	0.500	35.500	43.188	7.688	0.708
	3	0.333	0.500	35.500	42.313	6.813	0.799
	4	0.500	0.500	35.500	41.844	6.344	0.848
	5	0.667	0.500	35.500	40.438	4.938	0.994
	6	0.833	0.500	35.500	40.500	5.000	0.988
	7	1.000	0.500	35.500	39.656	4.156	1.076
下 面	1	0.000	0.000	32.000	44.344	12.344	0.588
	2	0.167	0.000	32.000	43.719	11.719	0.653
	3	0.333	0.000	32.000	43.094	11.094	0.718
	4	0.500	0.000	32.000	42.469	10.469	0.783
	5	0.667	0.000	32.000	41.719	11.719	0.861
	6	0.833	0.000	32.000	40.906	10.906	0.946
	7	1.000	0.000	32.000	40.125	10.125	1.027

測線	Na	X/L	Y/D	ピエゾ 位置 (EL・m)	圧力標高 (P _H ・m)	圧力水頭 (P・m)	圧力降下 係数 C _d	平均圧力降 下係数 C _{dm}
上 面	1	0.000	1.620	43.342	46.844	3.502	0.026	0.076
	2	0.000	1.549	42.842	46.625	3.783	0.057	0.132
	3	0.027	1.409	41.866	44.031	2.165	0.419	0.497
	4	0.106	1.285	40.996	40.750	-0.246	0.878	0.971
	5	0.227	1.190	40.327	37.063	-3.264	1.393	1.441
	6	0.379	1.133	39.932	37.875	-2.057	1.280	1.279
	7	0.459	1.116	39.811	39.344	-0.467	1.074	1.088
	8	0.540	1.098	39.689	39.625	-0.064	1.035	1.047
	9	0.621	1.081	39.568	39.563	-0.005	1.044	1.052
	10	0.702	1.064	39.447	39.813	0.366	1.009	1.013
	11	0.864	1.029	39.204	39.500	0.296	1.053	1.056
側 面	1	0.000	0.500	35.500	42.156	6.656	0.681	0.661
	2	0.167	0.500	35.500	41.750	6.250	0.738	0.723
	3	0.333	0.500	35.500	41.281	5.781	0.804	0.802
	4	0.500	0.500	35.500	41.000	5.500	0.843	0.846
	5	0.667	0.500	35.500	40.031	4.531	0.978	0.986
	6	0.833	0.500	35.500	40.031	4.531	0.978	0.983
	7	1.000	0.500	35.500	39.375	3.875	1.070	1.073
下 面	1	0.000	0.000	32.000	43.031	11.031	0.559	0.574
	2	0.167	0.000	32.000	42.313	10.313	0.659	0.656
	3	0.333	0.000	32.000	41.844	9.844	0.725	0.722
	4	0.500	0.000	32.000	41.250	9.250	0.808	0.796
	5	0.667	0.000	32.000	40.656	8.656	0.891	0.876
	6	0.833	0.000	32.000	40.063	8.063	0.974	0.960
	7	1.000	0.000	32.000	39.438	7.438	1.061	1.044

表-5(2) 圧力降下係数値表 (タイプII)

実験条件	オリフィス形状	Type II
	ゲート開度	全開

放流条件	貯水位	W.L. 49.925 m
	放流量	650.46 m ³ /sec

放流条件	貯水位	W.L. 46.906 m
	放流量	580.25 m ³ /sec

測線	Na	X/L	Y/D	ピエゾ位置 (EL・m)	圧力標高 (P _H ・m)	圧力水頭 (P・m)	圧力降下係数 C _d
上 面	1	0.000	1.509	42.562	48.000	5.438	0.214
	2	0.000	1.437	42.062	46.094	4.032	0.426
	3	0.032	1.315	41.207	40.219	-0.988	1.080
	4	0.122	1.217	40.516	34.594	-5.922	1.705
	5	0.252	1.160	40.122	35.781	-4.341	1.573
	6	0.333	1.143	40.000	39.563	-0.437	1.153
	7	0.414	1.126	39.879	39.938	0.059	1.111
	8	0.495	1.108	39.757	40.250	0.493	1.076
	9	0.576	1.091	39.636	40.469	0.833	1.052
	10	0.657	1.074	39.515	40.469	0.954	1.052
	11	0.818	1.039	39.272	40.188	0.916	1.083
側 面	1	0.000	0.500	35.500	43.813	8.313	0.680
	2	0.167	0.500	35.500	43.188	7.688	0.749
	3	0.333	0.500	35.500	42.563	7.063	0.819
	4	0.500	0.500	35.500	42.188	6.688	0.861
	5	0.667	0.500	35.500	40.906	5.406	1.003
	6	0.833	0.500	35.500	40.875	5.375	1.007
	7	1.000	0.500	35.500	39.969	4.469	1.107
下 面	1	0.000	0.000	32.000	44.281	12.281	0.628
	2	0.167	0.000	32.000	43.656	11.656	0.697
	3	0.333	0.000	32.000	43.063	11.063	0.763
	4	0.500	0.000	32.000	42.469	10.469	0.829
	5	0.667	0.000	32.000	41.813	9.813	0.902
	6	0.833	0.000	32.000	41.563	9.563	0.930
	7	1.000	0.000	32.000	40.938	8.938	1.000

測線	Na	X/L	Y/D	ピエゾ位置 (EL・m)	圧力標高 (P _H ・m)	圧力水頭 (P・m)	圧力降下係数 C _d	平均圧力降下係数 C _{dm}
上 面	1	0.000	1.509	42.562	46.500	3.938	0.057	0.136
	2	0.000	1.437	42.062	45.469	3.407	0.201	0.314
	3	0.032	1.315	41.207	41.688	0.481	0.729	0.905
	4	0.122	1.217	40.516	36.813	-3.703	1.411	1.558
	5	0.252	1.160	40.122	37.188	-2.934	1.358	1.466
	6	0.333	1.143	40.000	39.500	-0.500	1.035	1.094
	7	0.414	1.126	39.879	39.688	-0.191	1.009	1.060
	8	0.495	1.108	39.757	39.844	0.087	0.987	1.032
	9	0.576	1.091	39.636	39.906	0.270	0.978	1.015
	10	0.657	1.074	39.515	39.875	0.360	0.983	1.018
	11	0.818	1.039	39.272	39.688	0.416	1.009	1.046
側 面	1	0.000	0.500	35.500	42.125	6.625	0.668	0.674
	2	0.167	0.500	35.500	41.781	6.281	0.716	0.733
	3	0.333	0.500	35.500	41.281	5.781	0.786	0.803
	4	0.500	0.500	35.500	41.000	5.500	0.825	0.843
	5	0.667	0.500	35.500	40.125	4.625	0.948	0.976
	6	0.833	0.500	35.500	40.094	4.594	0.952	0.980
	7	1.000	0.500	35.500	39.438	3.938	1.044	1.076
下 面	1	0.000	0.000	32.000	42.844	10.844	0.568	0.598
	2	0.167	0.000	32.000	42.219	10.219	0.655	0.676
	3	0.333	0.000	32.000	41.781	9.781	0.716	0.740
	4	0.500	0.000	32.000	41.219	9.219	0.795	0.812
	5	0.667	0.000	32.000	40.688	8.688	0.869	0.886
	6	0.833	0.000	32.000	40.781	8.781	0.856	0.893
	7	1.000	0.000	32.000	40.125	8.125	0.948	0.974

表-5(3) 圧力降下係数数値表(タイプⅢ)

実験条件		オリフィス形状		Type Ⅲ	
		ゲート開度		全開	

放流条件		貯水位	W.L. 50.053 m
		放流量	664.27 m ³ /sec

放流条件		貯水位	W.L. 46.959 m
		放流量	578.07 m ³ /sec

測線	Na	X/L	Y/D	ピエゾ位置 (EL・m)	圧力標高 (P _H ・m)	圧力水頭 (P・m)	圧力降下係数 C _d	平均圧力降下係数 C _{dm}
上 面	1	0.000	1.732	44.123	49.281	5.158	0.082	0.056
	2	0.000	1.660	43.623	48.781	5.158	0.136	0.081
	3	0.016	1.535	42.746	47.000	4.254	0.326	0.226
	4	0.064	1.416	41.912	44.531	2.619	0.589	0.481
	5	0.141	1.309	41.161	41.594	0.433	0.909	0.814
	6	0.244	1.219	40.530	38.531	-1.999	1.229	1.162
	7	0.367	1.150	40.049	36.625	-3.424	1.432	1.378
	8	0.505	1.106	39.742	37.500	-2.242	1.339	1.303
	9	0.586	1.089	39.621	39.625	0.004	1.112	1.097
	10	0.667	1.071	39.500	39.844	0.344	1.089	1.068
	11	0.747	1.054	39.379	40.063	0.684	1.065	1.047
	12	0.828	1.037	39.257	39.969	0.712	1.076	1.059
	13	0.909	1.019	39.136	39.563	0.427	1.119	1.098
側 面	1	0.000	0.500	35.500	44.125	8.625	0.632	0.637
	2	0.167	0.500	35.500	43.563	8.063	0.692	0.693
	3	0.333	0.500	35.500	42.844	7.344	0.769	0.769
	4	0.500	0.500	35.500	42.406	6.906	0.816	0.821
	5	0.667	0.500	35.500	41.156	5.656	0.949	0.954
	6	0.833	0.500	35.500	41.000	5.500	0.966	0.969
	7	1.000	0.500	35.500	40.156	4.656	1.056	1.062
下 面	1	0.000	0.000	32.000	44.563	12.563	0.586	0.568
	2	0.167	0.000	32.000	43.969	11.969	0.649	0.643
	3	0.333	0.000	32.000	43.281	11.281	0.722	0.713
	4	0.500	0.000	32.000	42.594	10.594	0.796	0.789
	5	0.667	0.000	32.000	42.000	10.000	0.859	0.863
	6	0.833	0.000	32.000	41.344	9.344	0.929	0.931
	7	1.000	0.000	32.000	40.438	8.438	1.025	1.031

測線	Na	X/L	Y/D	ピエゾ位置 (EL・m)	圧力標高 (P _H ・m)	圧力水頭 (P・m)	圧力降下係数 C _d	平均圧力降下係数 C _{dm}
上 面	1	0.000	1.732	44.123	46.790	2.627	0.029	0.056
	2	0.000	1.660	43.623	46.781	3.158	0.025	0.081
	3	0.016	1.535	42.746	46.063	3.317	0.126	0.226
	4	0.064	1.416	41.912	44.313	2.401	0.373	0.481
	5	0.141	1.309	41.161	41.813	0.692	0.725	0.814
	6	0.244	1.219	40.530	39.188	-1.342	1.095	1.162
	7	0.367	1.150	40.049	37.563	-2.486	1.323	1.378
	8	0.505	1.106	39.742	37.969	-1.773	1.266	1.303
	9	0.586	1.089	39.621	39.281	-0.343	1.081	1.097
	10	0.667	1.071	39.500	39.531	0.031	1.046	1.068
	11	0.747	1.054	39.379	39.656	0.277	1.029	1.047
	12	0.828	1.037	39.257	39.563	0.306	1.042	1.059
	13	0.909	1.019	39.136	39.313	0.177	1.077	1.098
側 面	1	0.000	0.500	35.500	42.406	6.905	0.641	0.637
	2	0.167	0.500	35.500	42.031	6.531	0.694	0.693
	3	0.333	0.500	35.500	41.500	6.000	0.769	0.769
	4	0.500	0.500	35.500	41.094	5.594	0.826	0.821
	5	0.667	0.500	35.500	40.156	4.656	0.958	0.954
	6	0.833	0.500	35.500	40.063	4.563	0.971	0.969
	7	1.000	0.500	35.500	39.375	3.875	1.068	1.062
下 面	1	0.000	0.000	32.000	43.063	11.063	0.549	0.568
	2	0.167	0.000	32.000	42.438	10.438	0.637	0.643
	3	0.333	0.000	32.000	41.969	9.969	0.703	0.713
	4	0.500	0.000	32.000	41.406	9.406	0.782	0.789
	5	0.667	0.000	32.000	40.813	8.813	0.866	0.863
	6	0.833	0.000	32.000	40.344	8.344	0.932	0.931
	7	1.000	0.000	32.000	39.594	7.594	1.057	1.031

表-6 フラップゲートの流量係数表

		A モ デ ル								B モ デ ル							
$H_o \backslash \theta_G$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	
4	0.371	0.368							0.364	0.478							
8	0.358	0.380	0.519						0.366	0.411	0.746						
12	0.364	0.377	0.446	0.578					0.370	0.408	0.436	0.535					
16	0.367	0.392	0.441	0.466					0.375	0.424	0.431	0.454	0.676				
20	0.369	0.417	0.435	0.455	0.495	0.896			0.377	0.411	0.428	0.442	0.522	0.774			
24	0.370	0.405	0.440	0.466	0.481	0.494	0.753		0.379	0.406	0.437	0.452	0.484	0.552	0.722		
28	0.373	0.398	0.438	0.473	0.479	0.497	0.510	0.558	0.381	0.400	0.442	0.452	0.486	0.508	0.544	0.651	
32	0.375	0.398	0.449	0.459	0.474	0.489	0.478	0.478	0.383	0.399	0.434	0.451	0.485	0.502	0.513	0.544	
36	0.382	0.398	0.438	0.459	0.472	0.472	0.484	0.467	0.387	0.400	0.463	0.456	0.479	0.496	0.497	0.507	
40	0.384	0.396	0.436	0.461	0.471	0.474	0.472	0.466	0.390	0.402	0.424	0.454	0.476	0.488	0.486	0.491	

第三章 洪水吐第 I 案(昭和52年度)

第1節 洪水吐の設計

1-1 洪水吐の設計条件

第二章での予備実験および沙流川(二風谷)ダム調査事務所での検討結果から、洪水吐の全体設計条件は下記のとおとなる。

- 1) ダム設計洪水量の対象洪水波形は、昭和50年8月23日型とする。
- 2) 洪水吐は、貯水位 WL. 47.00 m で計画最大放流量 3,850 m³/s を放流可能設備とする。
- 3) オリフィス敷高は EL. 32.00 m とし、設置門数は5門とする。
- 4) ダム下流維持流量および小洪水に対処できる、放流能力 300 m³/s 程度の常用放流設備を設置する。
- 5) クレストナップ下流は傾斜水叩き形状とする。
- 6) 洪水吐配置施工幅は最大16ブロック(15×16=240 m)まで可能であるが、河川改修計画による築堤を考慮すれば、15ブロック(225 m)が適当である。
- 7) 二風谷ダムでの転流工の対象流量が2,250 m³/s と大きく、バイパス単独とすると大規模設備となるため、半川締切による1次転流を行い、2次転流はオリフィスとバイパスで行う計画である。
- 8) ダム下流水位の支配断面としては、ダム下流(約2 km)の二風谷頭首工(ダム築造後も残存予定)となる。

1-2 洪水吐の設計計算

前述の設計条件に基づき、洪水吐の設計形状を以下の計算手順で求めた。

1. 洪水吐の断面

$$K(w) = Q_c + Q_o$$

ここに、 Q_c : 越流頂より放流される量 (m³/s)

Q_o : オリフィスより放流される量 (m³/s)

で、 Q_c を計算する上でのパラメーターとして、 D_1 = 越流頂標高 (EL. m)、 B_1 = 越流幅 (m)、 $H_d = 47.0 - D_1$ = 設計水深 (m) を計算ケースごとに与え、 $H = W - D_1$ = 越流水深 (m) とすると、(W = 貯水位 EL. m)

$$H \leq 0 \text{ のとき } Q_c = 0$$

$$H > 0 \text{ のとき}$$

$$Q_c = 1.704 \left(1 + 0.704 \frac{H}{H_d}\right)^{\frac{1}{2}} \left\{1 - 0.1 \left(\frac{H}{H_d}\right)^{\frac{3}{2}}\right\} B_1 H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (15)$$

次に、 Q_o を求める上でのパラメーターは、 D_2 = オリフィス敷高 (EL. m)、 B_2 = オリフィス総幅 (m) をケースごとに与え、 $H = W - D_2$ = 操作水深 (m) とすると、

$$H \leq 0 \text{ のとき } Q_o = 0$$

$$H > 0 \text{ のとき}$$

$$Q_0 = B_2 (k_0 + k_1 H + k_2 H^2 + k_3 H^3 + k_4 H^4) \dots\dots\dots (16)$$

$$k_0 = -0.0231912865$$

$$k_1 = -7.15539964 \times 10^{-3}$$

$$k_2 = 0.9713680127$$

$$k_3 = -0.0608068477$$

$$k_4 = 1.171852538 \times 10^{-3}$$

ただし、オリフィス形状は、予備実験結果を検討し、設計条件の近似している五木ダムオリフィス（A案）の1.25倍の形状とした（オリフィス開口高=6.25m）。

(15)および(16)式に、各パラメーターの組合せおよび数種の洪水波形を与え、貯水位 $EL = 47.000\text{ m}$ で $3.850\text{ m}^3/\text{s}$ を放流可能な洪水吐の必要断面等を検討した結果、 $D_1 = EL - 4.400\text{ m}$ 、 $B_1 = 110\text{ m}$ 、 $D_2 = EL - 3.200\text{ m}$ 、 $B_2 = 36.0\text{ m}$ 、設計最高水位 (W_e) = 49.356 m 、サーチャージ水位 (W_d) = 48.639 m となった。

2. ダム高

ダムの余裕高 (H_f) は

- 1) 貯水位が設計最高水位 (W_e) からの余裕高

$$H_f = h_w + h_a + h_i = 1.164 + 0.5 + 0.0 = 1.644\text{ m}$$

- 2) 貯水位が設計洪水位またはサーチャージ水位からの余裕高

$$H_f = h_w + \frac{h_e}{2} + h_a + h_i = 1.164 + \frac{0.763}{2} + 0.5 = 2.046\text{ m}$$

- 3) 貯水位が常時満水位からの余裕高

$$H_f = h_w + h_e + h_a + h_i = 1.164 + 0.763 + 0.5 = 2.427\text{ m}$$

ここに、 h_w = 風波高 = 1.164 m 、 h_e = 地震波浪高 = 0.763 m

h_a = 不慮による加算値 = 0.5 m 、 h_i = ダム種類による加算値 = 0.0 m

したがって、必要ダム高は

$$W_e = 49.356\text{ m} \text{ の場合} \quad EL = 49.356 + 1.644 = 51.020\text{ m}$$

$$W_d = 48.639\text{ m} \text{ の場合} \quad EL = 48.639 + 2.046 = 50.685\text{ m}$$

$$\text{常時満水位} = 47.0\text{ m} \text{ からの場合} \quad EL = 47.000 + 2.427 = 49.427\text{ m}$$

$EL = 51.000\text{ m}$ となる。

3. 形状

1. 越流部堤頂下流側曲線は、放物線形状として次式から求めると

$$\frac{Y}{H_{\max}} = 0.3 \left(\frac{X}{H_{\max}} \right)^2$$

$$H_{\max} = \text{最大操作水深} = 47.00 - 44.00 = 3.00\text{ m}$$

$10 Y = X^2$ となる。

2. オリフィスの上面ベルマウス形状は

$$\frac{Y}{D} = \frac{1}{4} \sqrt{1 - \left(1 - \frac{X}{D}\right)^2} + \tan \theta X \quad (\text{ここに、} \theta = 30^\circ, D = 6.0 \text{ m}) \text{ から}$$

$$Y = 0.25 \sqrt{12.0X - X^2} + 0.5774 X \text{ となる。}$$

3. オリフィス堤体下流面曲線は $v = \sqrt{2gh}$ ($h = 4.70 - 3.20 = 1.50 \text{ m}$) を $2v^2 y / g = x^2$ に代入すると、 $6.0 y = x^2$ となる。

以上の検討結果に基づき、図-37a～37c に示す形状を選定した。

第2節 水理模型実験

昭和52年度の水理実験は、つぎの骨子で実施した。

- 1) 二風谷ダム洪水吐の設計第I案(図-37a～37cに示す)に対する検討実験(以後は実験No.1と呼ぶ)

- 2) 1)項による実験結果に基づき、模型部分改造による検討実験(以後は実験No.2と呼ぶ)

2-1 実験目的

本実験の目的は、全体模型による水理実験を実施し、洪水吐の放流機能を調査するとともに、実設計のための水理設計資料を収集する。

2-2 模型および相似律

模型は、図-37a～37cに示す原型の1/50の縮率で製作した。また、実験での水理量は、これまでの実験と同様にフルードの相似則に従った。

2-3 実験内容

1. 実験No.1での実施内容をまとめると表-7に示すとおりで、これら一連の実験はどれもダム上下流河床を移動床として行い、各ケースごとに河床敷高をE.L. 3.100mの水平堆積砂形状に整形して行った。この移動河床材として使用した砂の平均粒径は、貯水池内で $d = 0.663 \text{ mm}$ 、ダム下流右岸 $d = 0.667$ 、左岸 $d = 0.701$ であり、比重 $G_s = 2.65$ である。

また、表-7に示した水理諸量の計測方法はこれまでの実験と同様である。

2. 実験No.2での実施内容をまとめると表-8のとおりで、表の中での実験条件に示すa、b、cは、模型改造状態を表わし、それぞれは下記の内容であり、改造の対象はどれも実験No.1である。

- (1) 改造aとは、越流部順傾斜水叩き末端の位置はダム軸から6.015mである。
- (2) 改造bとは、オリフィスと越流部との境界線にある分離壁の長さを6.0mから3.0mに変えた。
- (3) 改造cとは、越流部水叩き長さの延長を2.4mとし、末端に長さ4mの水平水叩き部を加え(位置はダム軸より5.615m)、同時にオリフィス水平水叩き長を2.65m延長し、末端に長さ3.5m、高さ1.5mのエンドシルを設けた。

2-4 実験結果および考察

1. 放流能力について

設計第I案による洪水吐(オリフィス5門+クレスト4門+常用オリフィス1門)のそれぞれ単独および全体での放流能力の検討結果は、図-38～39および表-9に示すとおりである。

表-7 実験No 1 実施内容一覧表

実験番号	実験条件	貯水池水位 (W.L.)	測定項目				通水時間 (hr)
			流量	水面形	流速	河床高	
1-1	主オリフィス単独放流 (全門全開)	32~44	○	○	○	○	4.5
		44	○				
1-2	常用オリフィス単独放流 (全門全開)	32~44	○	○	○	○	4.5
		44	○				
1-3	越流部単独放流 (全門全開)	44~52	○	○	○	○	5.0
		49	○				
1-4	洪水吐全門全開	44~52	○	○	○	○	4.5
		49	○				

表-8 実験No 2 実施内容一覧表

実験番号 (条件)	測定項目による実験 番号および測定位置	実験条件	貯水池 水位 (W.L.)	測定項目				通水 時間 (hr)
				流量	水面形	流速	河床高	
a ₁	2-1-1 (越流部中心線上)	越流部単独放流 (全門全開)	49	○	○	○	○	4.5
	2-1-2 (分離壁周辺)			○	○	○		
a ₂	2-2-3 (主オリフィス中心線上)	主オリフィス単独放流 (全門全開)	44	○	○	○	○	6.0
	2-2-4 (分離壁周辺)			○	○	○		
a ₃	2-3-5 (越流部中心線上)	洪水吐全開	49	○	○	○	○	7.0
	2-3-6 (分離壁周辺)			○	○	○		
	2-3-7 (主オリフィス中心線上)			○	○	○		
b ₁	3-1-8 (分離壁周辺)	越流部単独放流 (全門全開)	49	○	○	○	○	5.0
b ₂	3-2-9 (分離壁周辺)	主オリフィス単独放流 (全門全開)	44	○	○	○	○	4.25
b ₃	3-2-10 (分離壁周辺)	洪水吐全開	49	○	○	○	○	4.2
c	4-1-11 (越流部中心線上)	洪水吐全開	49	○	○	○	○	7.0
	4-1-12 (主オリフィス中心線上)			○	○	○		
	4-1-13 (分離壁周辺)			○	○	○		

※ 通水時間は模型時間である。

※ 実験条件の洪水吐全開においては常用オリフィスは全閉の状態である。

表-9 貯水位 流量関係表（洪水吐土案）

	貯 水 位 W.L. (m)	放 流 量 Q (m³/s)	流 量 係 数 C
主 オ リ フ ィ ス 部 単 独 全 門 全 開	34.15	155.87	0.1143
	35.96	426.16	0.2303
	37.86	749.19	0.3329
	40.06	1218.09	0.4615
	41.72	1642.98	0.5668
	43.48	1849.10	0.5870
	43.98	1905.83	0.5923
	44.08	1963.30	0.6076
越 流 部 単 独 全 門 全 開	43.71	1901.53	0.5977
	45.65	452.24	1.7781
	46.29	796.26	1.9148
	48.05	2013.00	2.0582
	48.93	2810.85	2.1399
	49.01	2823.76	2.0984
	49.99	3770.85	2.1434
	49.07	2963.88	2.1636
	49.20	3078.01	2.1631

表-9 に示す流量係数は次式によって求めた。

$$Q_o = N_o \cdot C_o \cdot A_{no} \sqrt{2gH_o} \quad (17)$$

$$Q_c = N_c \cdot C_c \cdot B_c \cdot H_c^{\frac{3}{2}} \quad (18)$$

ここに、サフィクション。および c はそれぞれオリフィス、クレストを表わすものとし、 Q ：放流量（m³/sec）、 N ：門数および径間数（ $N_o=5$ 、 $N_c=4$ ）、 A_n ：オリフィス出口断面積（ $7 \times 6 = 42$ m²）、 B ：径間幅（ $B_c=30.0$ m）、 H ：それぞれの敷高と貯水位との標高差（m）、 g ：重力加速度（ $=9.8$ m/sec²）である。

また、図-39 に示す、マル印は主オリフィス、三角印はクレストでの実験値をプロットしたもので、実線は実験値からの推定曲線、破線は設計値として(17)および(18)式で求めた結果である。

以上の結果から、つぎのことが明らかとなった。

- 1) 貯水位 WL. 47.00mでの放流量は、実験による推定カーブから、約4,000 m³/sとなる結果であり、設計値(=3,850 m³/s)を約4%上廻っている。(但し、常用オリフィス分、約3,600 m³/sを含んだものである)
- 2) 図-39から、今回の実験値は設計値を多少下廻る結果であり、1)項でも常用オリフィス分が計画量を上廻っているため、この分を差引くと放流能力は、設計値より多少不足している。しかし、実験での測定精度および全体模型での結果であることを考慮すると、放流量は実験値を上廻ってくるものと考えられる。

2. 越流部順傾斜水叩き形状について

水叩き形状は、実験内容の項で述べたとおり、3種類の形状について実施された。すなわち、実験No. 1での形状、改造a案および改造c案であり、以後はそれぞれ、原案、a案、c案と呼ぶこととする。

- 1) 原案における、ダム軸から200m下流での流速分布、河床変動、水面形および流況の観測結果は、図-40に示すとおりである。
- 2) a案における原案と同様な測定結果は図-41に示すとおりである。
- 3) c案における同様な測定結果は図-42に示すとおりである。

以上の結果から次のことが明らかとなった。

- 1) 原案の水叩き形状では、下流河床安定後、順傾斜水叩き部で跳水が起らず、越流水のほとんどは下流水面の上をすべるように飛散(写真-27b参照)してしまい、飛散後の水面変動が激しく、この変動波の影響はダム軸より200m下流でも相当残存する流況を呈している。
 - 2) a案では、水叩き面を基礎岩盤まで延長したことにより、越流水は下流面に突込み水叩き面で跳水を生じ、原案よりも減勢状態は良くなった。このことは、ダム軸下流200m地点での河床洗掘量が減っていることでも明らかである。しかし、水叩き末端より下流での河床付近の流速は5 m/sを上廻っており、基礎岩盤に与える影響はかなり大きいと考える。
 - 3) c案では、水叩き面先端のシュート部によって、越流水が水中で拡散され、減勢状態はa案よりもさらに良い流況となり、a案での水叩き始端部の露出射流も消えている。また、水叩き末端での河床付近の流速も5 m/sを下廻っている。
- ## 3. オリフィス部の減勢効果について

原案とc案によるオリフィス下流での減勢効果を比較すると、流速分布および水面形の測定結果(図-41~42参照)からも明らかなように、減勢状態はダム軸下流80m以内では単位幅流量が大きいためほとんど変らない。

しかし、c案では水叩き末端のエンドシルの効果で噴流が拡散され、エンドシルより下流河床付近の流速は大幅に減少していることから、河床基盤に与える影響を考えるとエンドシルの効果は大きい。

4. 分離壁の長さについて

a案(60m)とb案(30m)で分離壁の長さを変えた場合の検討結果は、図-43に示す、この結果から、分離壁の長さを変えたことによる流況の変化はほとんど変らないが、河床洗掘の状態からは、

長さ30mの場合の方が、基盤の露出する範囲が少ない。(写真-30cと31c参照)

このことは、高エネルギーを持ったオリフィスからの噴流が早く河道左岸方向(クレスト側)へ拡散されるためと考えられる。したがって、分離壁の長さは30m程度でよいものとする。

2-5 ま と め

以上述べてきた、洪水吐第Ⅰ案による検討結果をまとめるとつぎのとおりである。

1. 洪水吐第Ⅰ案による放流能力は、貯水位 WL. 47.00mでの最大計画放流量 $3,850 \text{ m}^3/\text{s}$ を若干下廻る。(但し、常用オリフィス分を除く)
2. 越流部順傾斜水叩き形状は、今回実施した3種の中ではc案形状が好ましい。
3. オリフィス減勢工は、放流量が $2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ を越えると、単位幅流量が大きいため完全減勢は望めない。また、減勢工末端には、基礎岩盤への影響を緩和する意味でエンドシルが必要である。
4. 越流減勢部とオリフィス減勢部との境界に設置する分離壁の長さは、30m程度でよいものとする。
5. 洪水吐下流河床に堆積している土砂は、将来的にはかなりの範囲で基礎岩盤まで洗掘されるだろう。
6. 貯水池内の堆積土砂に対する、オリフィスの排砂機能はオリフィス抽出実験結果と大同小異の結果であり、敷高より低い位置の堆積土砂に対しては、ほとんど排砂できないものと思われる。

图-37a 洪水吐第 I 案形状(平面图)

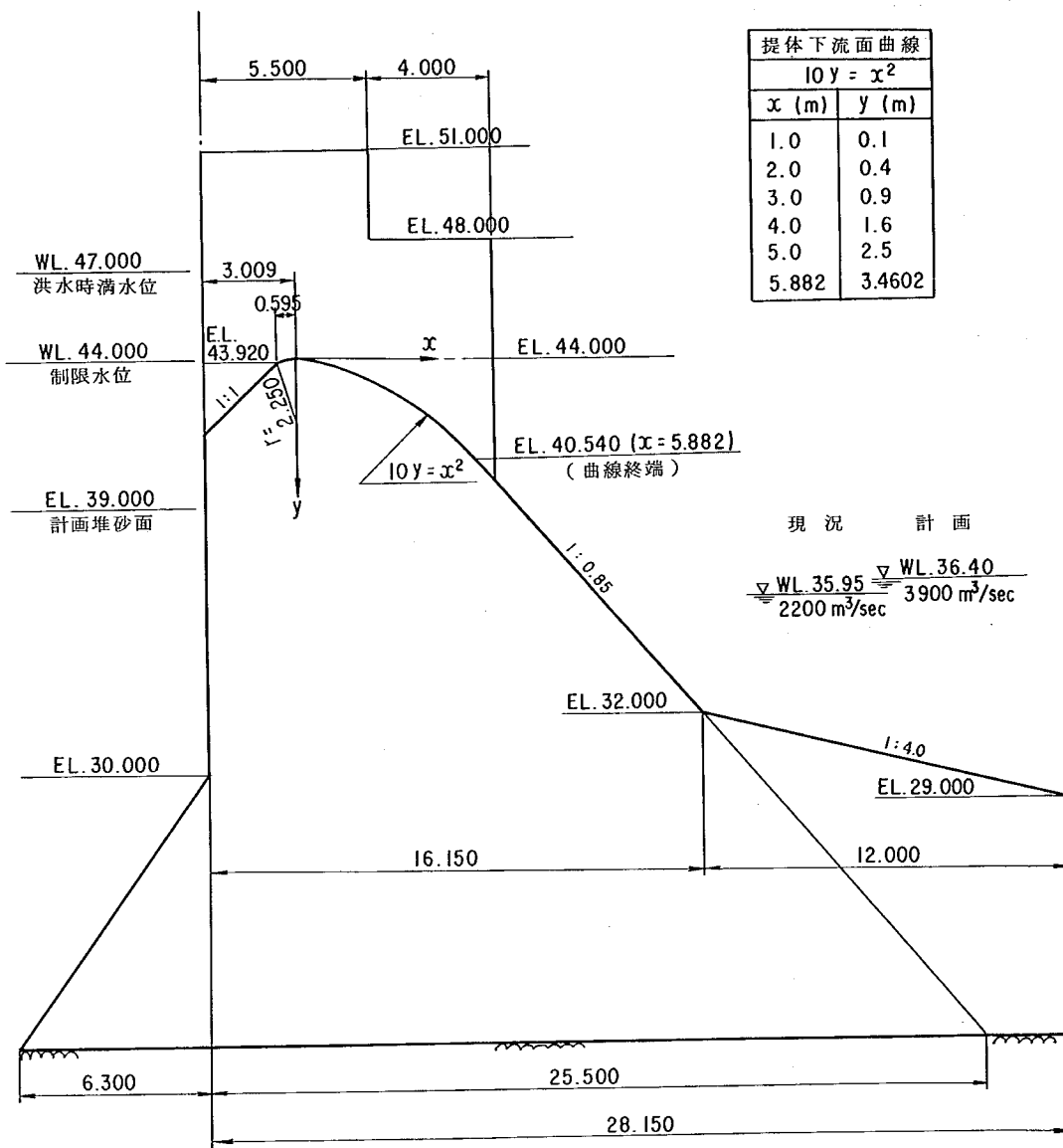


图 - 3 7b 洪水吐第 I 案形状 (越流部断面图)

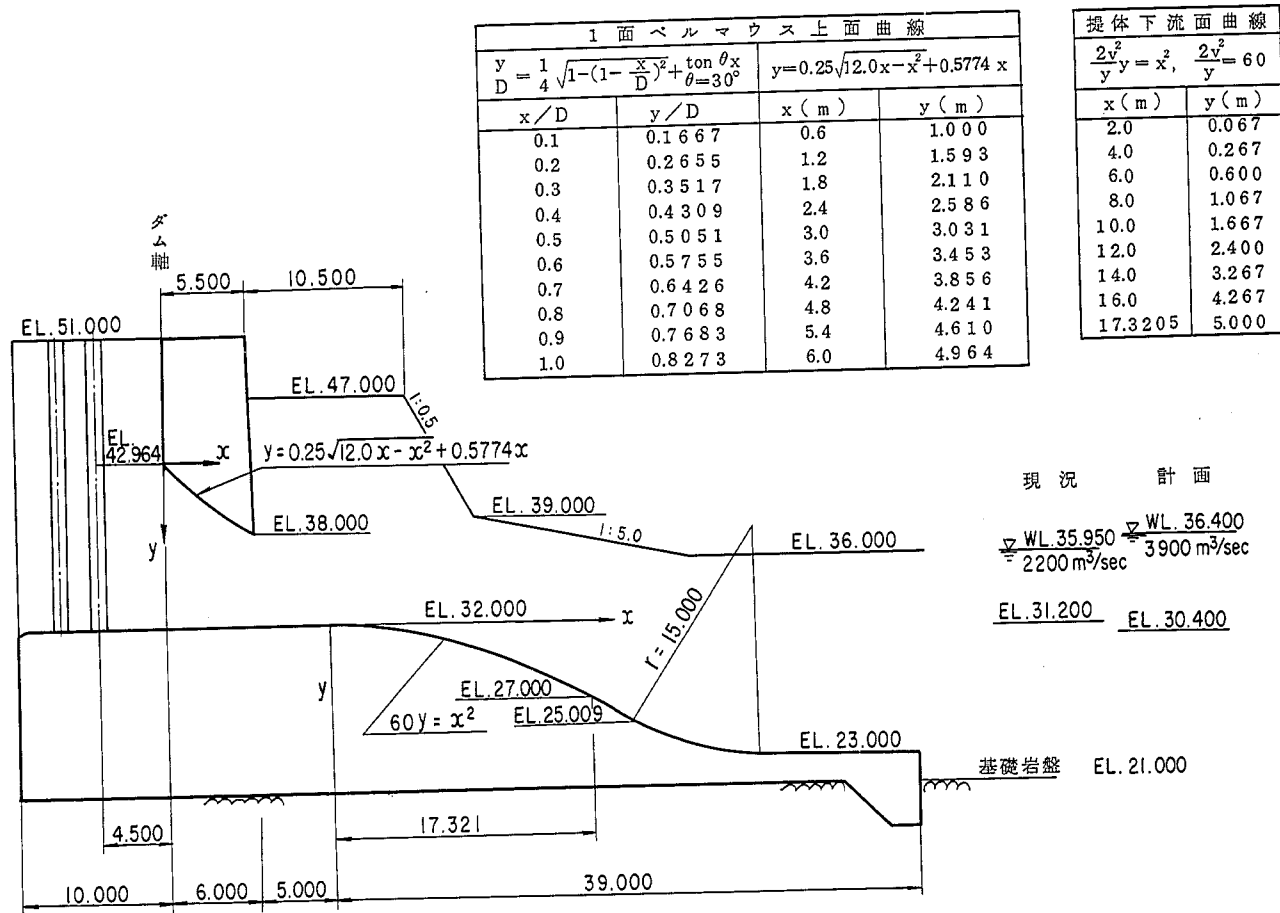


図-37c 洪水吐第Ⅰ案形状(オリフィス断面図)

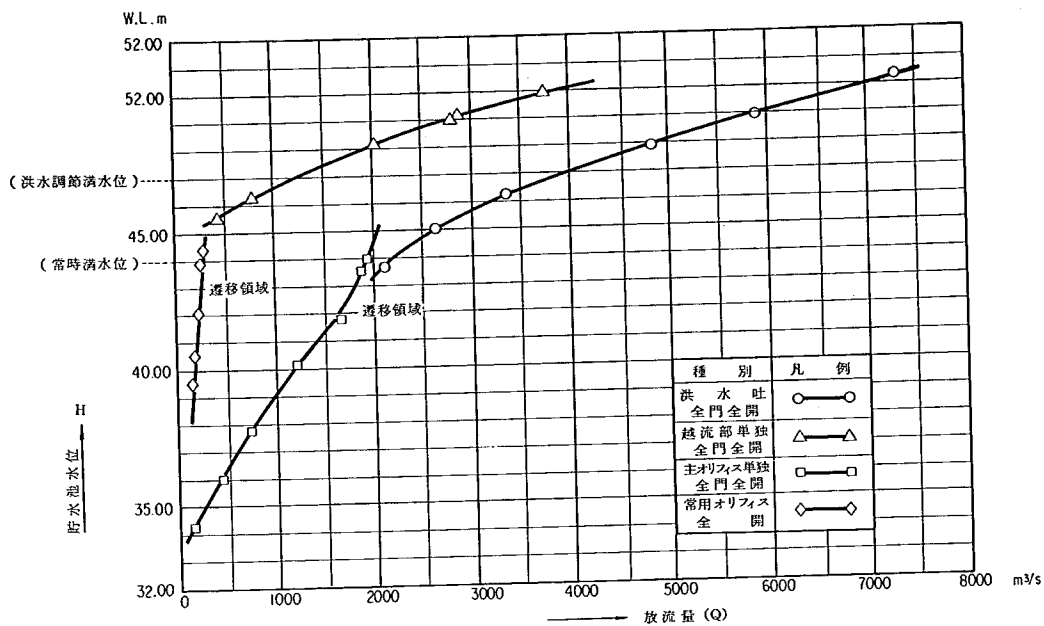


図-38. 貯水位-流量関係図(第I案)

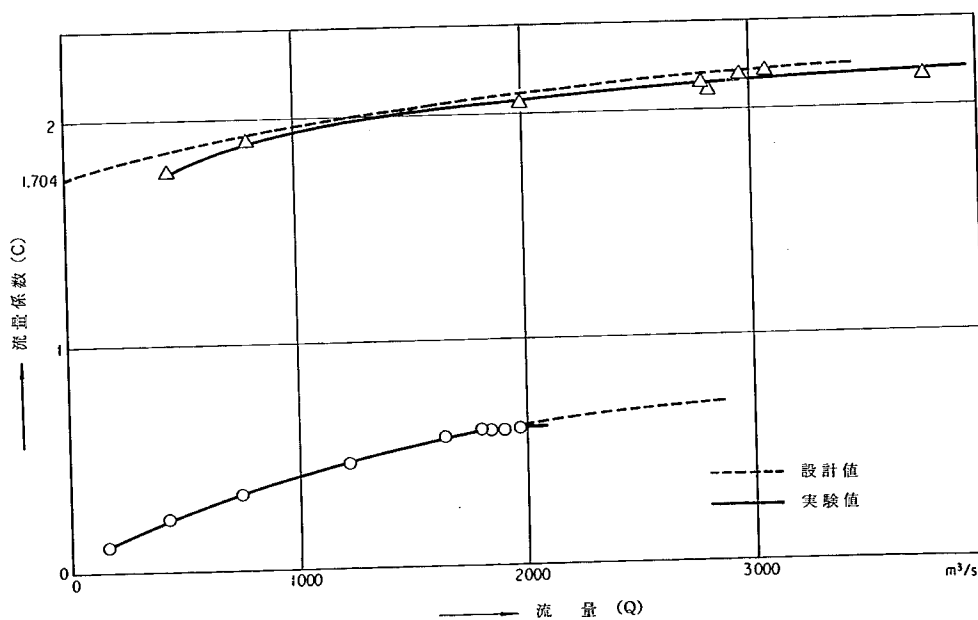


図-39. 流量係数-流量関係図(第I案)

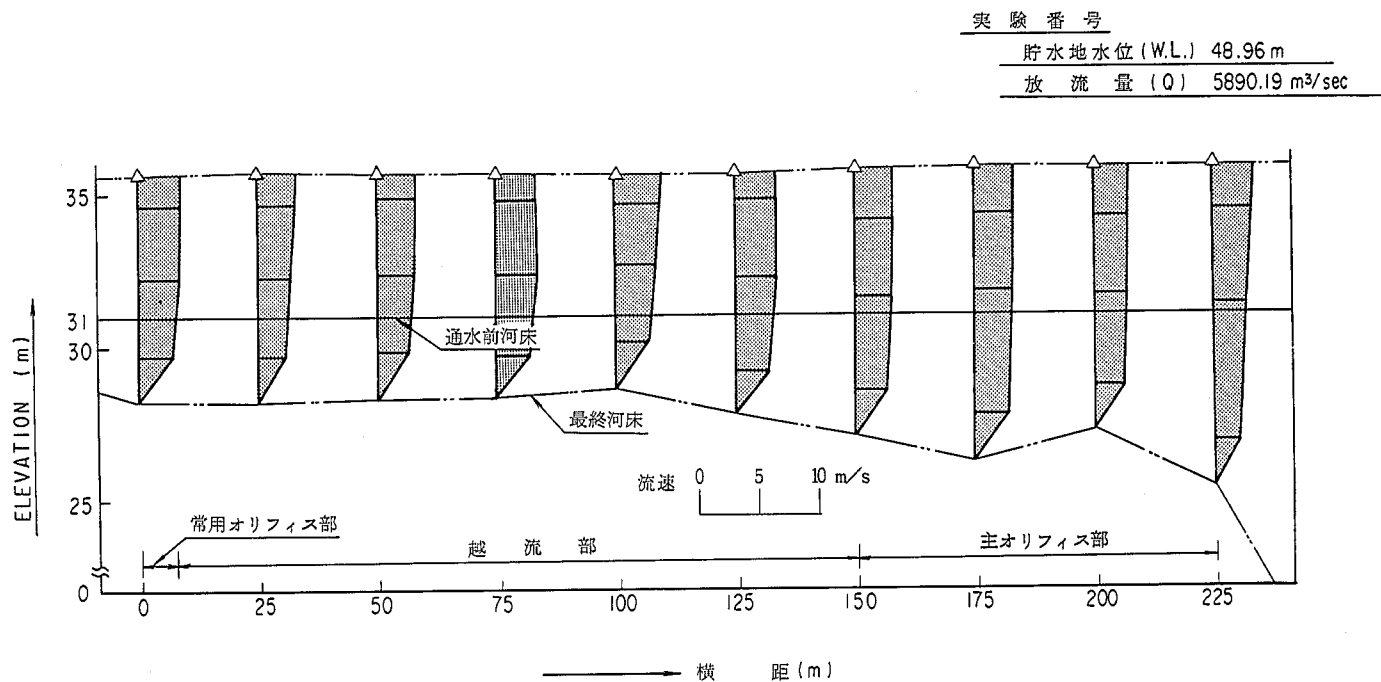


図 - 40. 流速分布・水位・河床測定図 (ダム軸下流 200 m 地点)

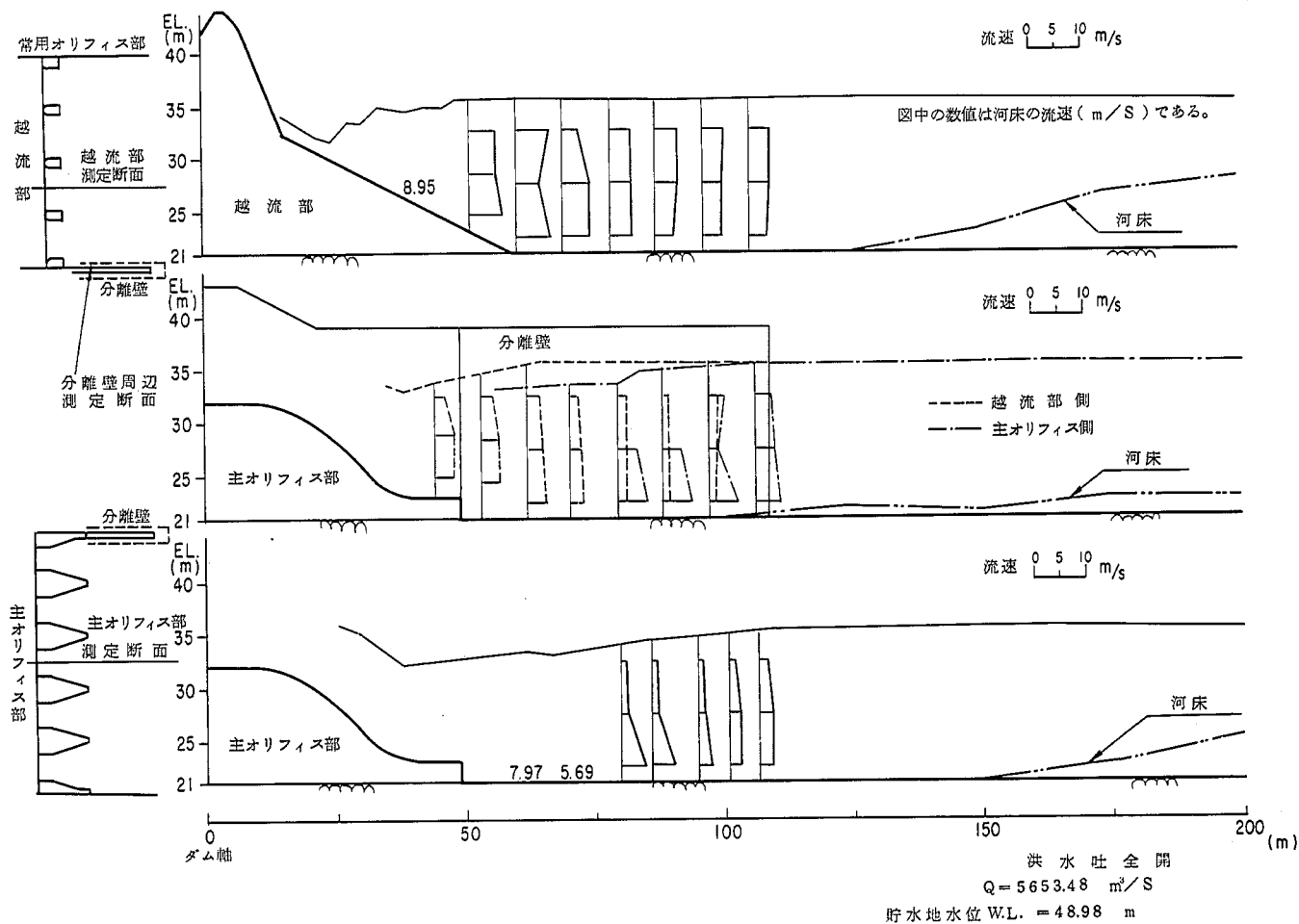


図-41. 流速分布・水位・河床測定図 (ダム軸下流 200 m 地点)

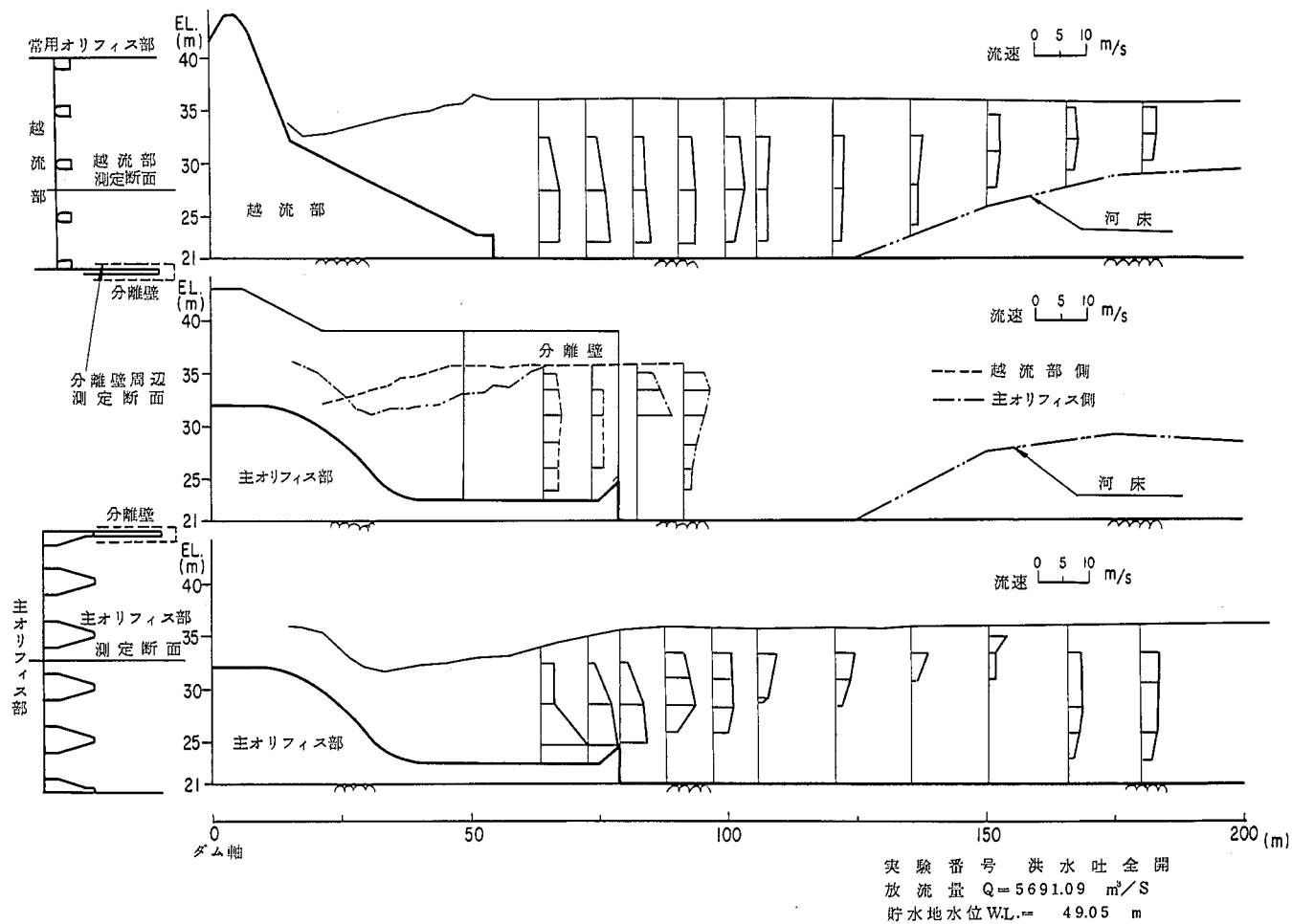


図-42. 流速分布・水位・河床測定図(ダム軸下流200m地点)

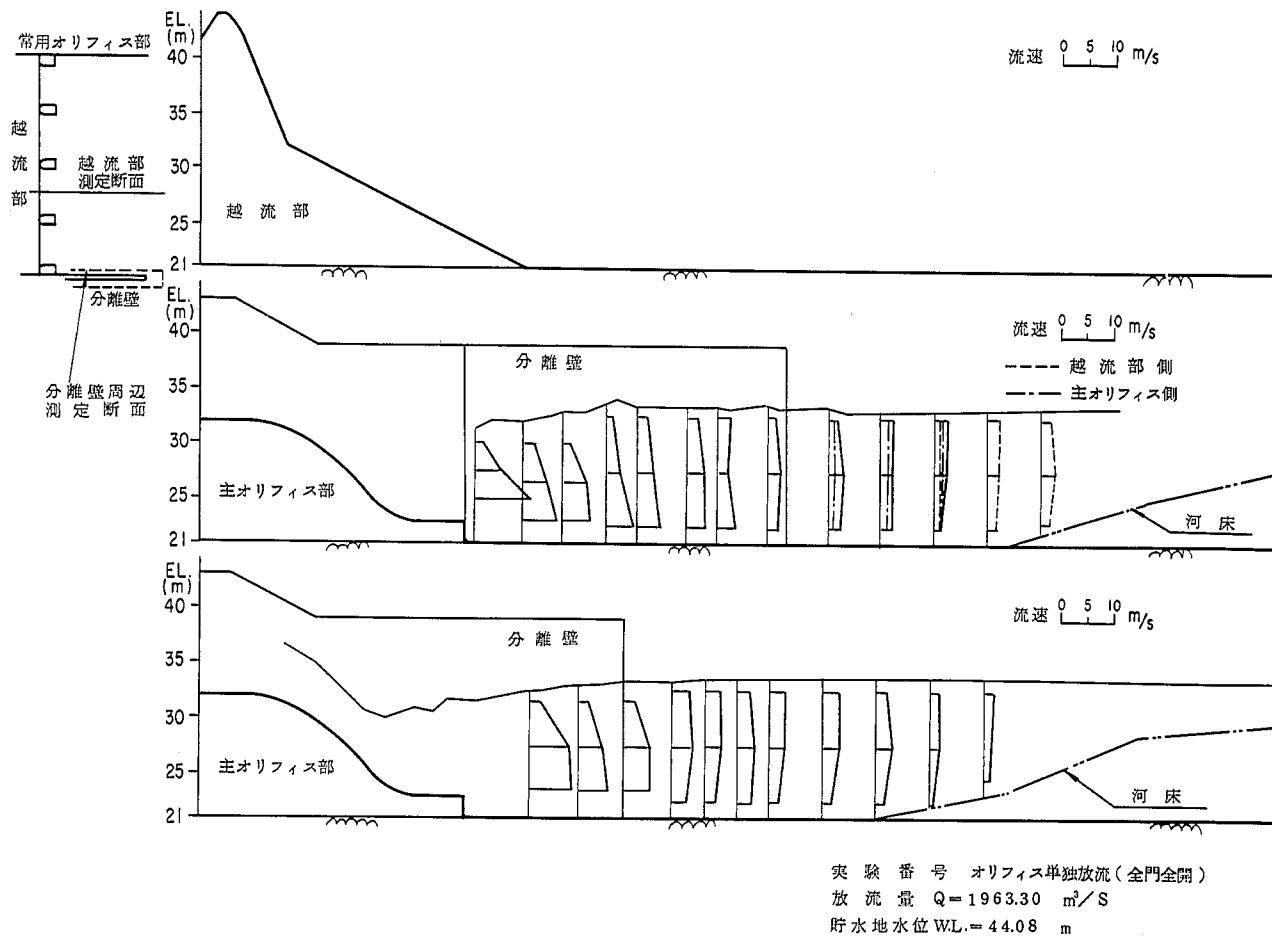


図-43. 水位・流速分布図

第四章 洪水吐第Ⅱ案(昭和53年度)

今年度は、先年度の洪水吐第Ⅰ案の検討結果ならびに現地での河道改修計画案を盛り込んだ。沙流川ダム事務所案（以後、洪水吐第Ⅱ案と呼ぶ）に対する検討実験を実施した。

第1節 洪水吐の設計

1-1. 設計 主 旨

洪水吐第Ⅱ案の設計主旨は下記に示すとおりである。

1. 第Ⅰ案でのクレストゲートの径間幅30mは、流量調節および万一を考慮した場合、大きすぎるとの懸念がある。
そこで、ダム高、設計最高水位、サーチャージ水位等に変更せず、径間幅について検討する。
2. クレストスパン長を変えた場合の放流量の不足分はオリフィスでカバーする。
3. オリフィス部、越流部をセパレートする分離壁高はEL36.0m、長さは30.0mとする。
4. オリフィス5門の配列は、右岸4門、左岸1門とする。
5. ダム下流左右岸導流壁は改修計画案形状とする。

1-2. 設 計 形 状

設計主旨に基づいて、設計された洪水吐第Ⅱ案の設計形状は、下記に示すとおりである。

1. 洪水吐の基本的形状は第Ⅰ案と同様である。
 2. クレストスパンを31m×4門および14.5m×8門形状とする。この場合、ピアの幅は両サイドで2.5m、中間はすべて2.0mとする。
 3. オリフィス形状は、抽出実験の項で述べたように、放流量を増すため、上面ベルマウス部の傾斜角 θ を 25° および 15° の形状とする。この場合、1門での流出幅を7.0mから7.2mに変更し($B_o = 7.2 \times 5 = 36.0$ m)、開口高6.0mは変えず、 B_o の増加分はピア幅を減少させ、トータル幅は変えない。
 4. 越流部下流の順傾斜水叩き始まり標高を、第Ⅰ案より3m下げEL29.0mとし、末端に長さ4mの水平シュート部を設けた形状とする。
 5. ダム下流、両岸の導流壁形状は図-44に示すとおりである。
- 以上により、設計された洪水吐第Ⅱ案形状は、図-45a～45cに示すとおりである。

第2節 水理模型実験

2-1. 実 験 目 的

本実験は、洪水吐第Ⅱ案形状の放流機能および減勢機能等を調査検討する。

2-2. 模型および相似律

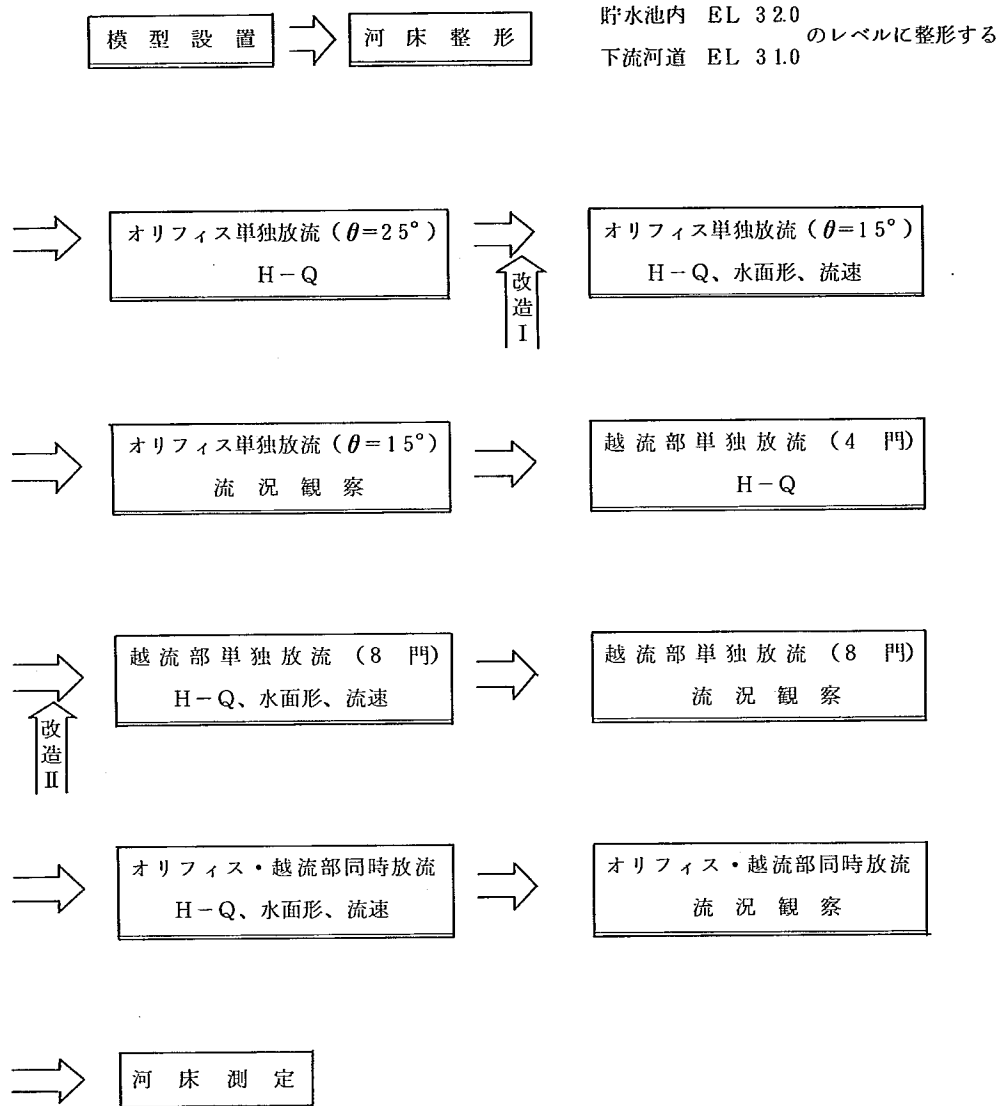
模型は、第Ⅰ案で用いた模型を第Ⅱ案形状に改造し、オリフィスベルマウス形状は2種を製作し、交換可能な構造とした。クレストピアについても同様である。

表-10 洪水吐Ⅱ立案実験実施内容一覧表

種 別	実 験 番 号	測 定 項 目				備 考
		H-Q	水面形	流 速	測 定 位 置	
単 独 放 流 ($\theta=25$)		H-Qのみを行ない貯水位 W.L. 32~50 mの間で6点程度とし、ゲート開度は1~6 m (全開) の6ケースとした。				
オリ フィ ス 単 独 放 流 ($\theta=25$)	1	1	○			H-Qは全てオリフィス ($\theta=25$) と同じやり方で実験番号の1~6はその時のゲート開度を表わしている
		2	○	○	○	
		3	○			
		4	○	○	○	
		5	○			
		6	○	○	○	
	流況は500, 1000, 2000, 2900 m ³ /s 放流時とし、ゲートは全開とした。					
越 流 部 単 独 放 流 (4門)		H-Qのみを行ない貯水位 W.L. 44~50 mの間で5点とした。				
越 流 部 単 独 放 流 (8門)	2	1	○	○	○	H-Qは越流部4門の時と同じやり方とした。尚、水面形および流速測定流量は1000, 2000, 2900 m ³ /s
		2	○	○	○	
		3	○	○	○	
	流況は500, 1000, 2000, 2900 m ³ /s 放流時とした。					
オリ フィ ス ・ 越 流 部 同 時 放 流 ($\theta=15$ ・8門)	3	1	○	○	○	H-Qは貯水位 W.L. 44~50 mの間で5点。水面形および流速測定流量は3000, 5000, 6200 m ³ /s
		2	○	○	○	
		3	○	○	○	
	流況は3000, 4000, 5000, 6200 m ³ /s 放流時とした。					

※ 河床測定は全ての実験が終了した状態の河床を計測した。

1) 実験フロー



実験フロー

したがって、模型の縮率（ $1/50$ ）および相似律は、すべて第Ⅰ案と同様である。

2-3. 実験内容

実験は、第Ⅰ案と同様に実験目的を達成するため、洪水吐各形状おのおの単独の場合と、組合せた場合の貯水位-流量特性、流速分布、水面形および河床変動等を観測した。

これらの実施内容および実験手順をまとめると、表-10と実験フローに示すとおりである。

但し、オリフィス（形状 $\theta = 25^\circ$ ）単独放流および越流部（4門）単独放流のケースは、H-Q測定だけを実施したものである。

また、本実験での水理諸量の計測方法は、これまでの実験と全く同様である。

2-4. 実験結果および考察

1. 放流能力について

各実験ケースでの、貯水位-流量特性は、表-11a~11cおよび図-46に示す結果となった。

これらの表に示す流量係数は、(17)および(18)式（本文63ページ）で求めた。（但し、 $B_0 = 31.0 \times 4 = 124 \text{ m}$ or $14.5 \times 8 = 116.0 \text{ m}$ である）。

これらの結果から、つぎのことが明らかとなった。

- 1) オリフィスベルマウス形状2種での放流量は、ゲート開度が4m以下のケースではほとんど変わらないが、ゲート開度が5m以上になると、形状差が効いて $\theta = 15^\circ$ の方が流出量は多くなる。 $WL = 47.0 \text{ m}$ で開度が6m時は、推定曲線から、 $\theta = 15^\circ \rightleftharpoons 2,530 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $\theta = 25^\circ \rightleftharpoons 2,370 \text{ m}^3/\text{s}$ となり約6.3%の差がでる。

これは、ゲート開度が4m以下での流線は、上面形状の影響を受けず、流出量のほとんどはHとAnで決まるが、5m以上の開度では、上面形状に沿った流れとなり上面勾配の差によって、出口部での縮流の度合が異なるため、流出量の支配断面積が変わるためである。

- 2) 同様に、クレストスパンを4門から8門に変えた場合も、越流総幅の縮少率（ $116 \div 124 \rightleftharpoons 0.935$ ）よりもさらに減少している。例えば、 $WL = 49.0 \text{ m}$ のときの流出量は、 $n = 4 \rightleftharpoons 2,780 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $n = 8 \rightleftharpoons 2,480 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、減少率は、 $2,480 \div 2,780 \rightleftharpoons 0.892$ となる。この差はnを増したことによる縮流の影響と考えられる。

- 3) 図-46に示すように、第Ⅱ案では、貯水位 $WL = 47.0 \text{ m}$ 時にはどの組合せを選んでも、最大計画放流量 $3,850 \text{ m}^3/\text{s}$ の放流能力は持たない結果となった。（但し、常用オリフィス分を含まない）。また、実験曲線は、貯水位が高くなればなるほど、タイプの選定によっては放流能力の差が大きくなることを示し、ダム設計流量 $= 6,200 \text{ m}^3/\text{s}$ を設計最高水位 $WL = 49.356 \text{ m}$ で吐くのは非常に厳しいといえる。

2. 越流部減勢機能について

越流部（ $n = 8$ ）順傾斜水叩き下流の流速分布および水面形の測定結果を図-47a~47bに示す。

これらの結果から、越流部水叩き下流（ダム軸から80m以上）の流速は、いづれの放流条件下においても4m/sを下廻っている。したがって、水叩き始端標高を3m下げた効果としては、水叩き下流の河床洗掘に対しては大幅に改良されたと考える。また、水叩き面での流況は、もぐり状態であり、こ

の点から3 mは下げ過ぎのように思われる。

3. オリフィス部減勢機能について

オリフィス部 ($\theta = 15^\circ$) での流速分布および水面形の測定結果は図-48 a~48 bに示す。

また、流況観察では、左岸オリフィス1門からの放流水は右岸4条からの放流水が右岸計画導流壁（弯曲形状）によって、左岸導流壁に向うため、流れを遮ぎられ減勢工下流でウズ巻き状の流れとなる。このウズ流がクレストからの放流水と干渉し、ダム設計洪水量 $6,200 \text{ m}^3/\text{s}$ 放流時には、左岸計画導流壁高 E.L. 39.0 mの天端を若干越波する。

左岸オリフィス1門の減勢工には魚道の関係からエンドシルを設置しなかったため、測定結果に明らかなように、底流は減勢されず、 5 m/s 以上の流速が、かなり下流まで残っている。

右岸オリフィス4門からの放流水は前述のごとく左岸方向へ流れ、放流貯水位によっては、クレストからの流れと干渉し、分離壁の延長線上で流れのよどみができる。

右岸減勢工内（ダム軸から80 m以内）での、流況および流速分布は、第Ⅰ案のc案とほぼ同様な結果である。しかし、ダム軸より下流112 m付近で右岸導流壁が弯曲しているため、この付近で流線の集中が見られ、導流壁沿いの流速も他の測線に比べ増大していることから、導流壁に対して充分な検討が必要と思われる。

4. 下流河道について

全ケース終了後の河道状態は図-49に示す結果となった。図で明らかなように、洪水吐下流はかなりの範囲で基盤が露出し、特に左岸オリフィス下流は帯状に洗掘されている。

この状態は、かなり長時間でしかもトータル洪水量として非常に多い結果ではあるが、将来はかなりの洗掘を予想すべきであろう。

2-5 ま と め

以上の実験結果をまとめるとつぎのとおりである。

1. 洪水吐第Ⅱ案の検討結果では、クレストの門数を8門とした場合は、かなり放流能力としては減少する。

特にダム設計洪水量に対しては、この減少分を今回実施したオリフィス形状ではカバーできない。

2. 左・右非対称にオリフィスを配置し、しかも右岸導流壁を弯曲形状とした場合は、種々の問題が生じ好ましくないものと考えられる。
3. 魚道確保のため、左岸にオリフィス1門を配置する場合は、減勢工内に補助構造物が必要と考える。
4. 洪水吐第Ⅱ案では、おおよそ以上の問題点があり、来年度、これらの問題点を解決すると同時に、最終設計のための水理資料を収集し、洪水吐の最適形状を選定する予定である。

縮尺 1/2000
単位 m

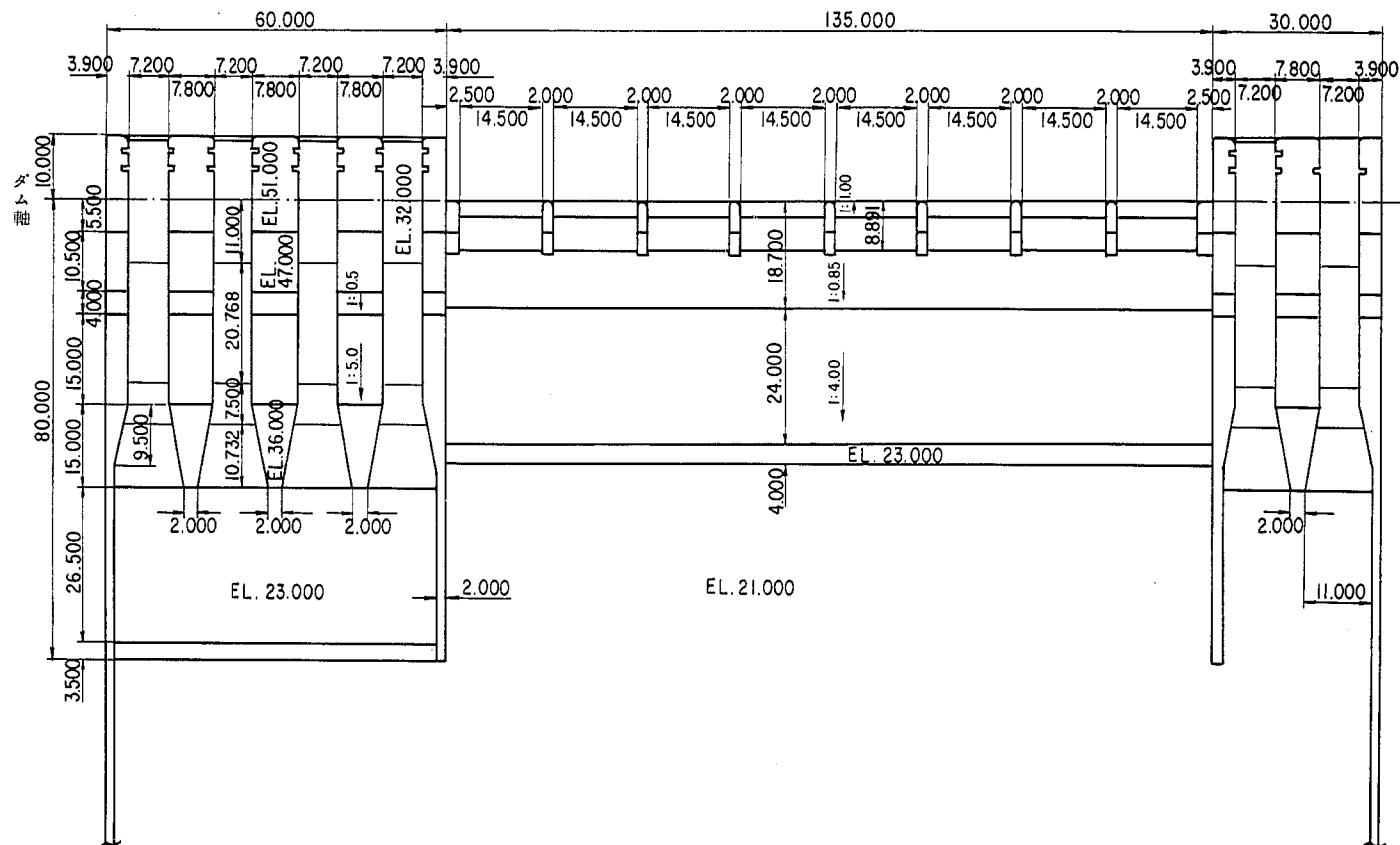


図 - 4 5a 洪水吐第Ⅱ案形状 (平面図)

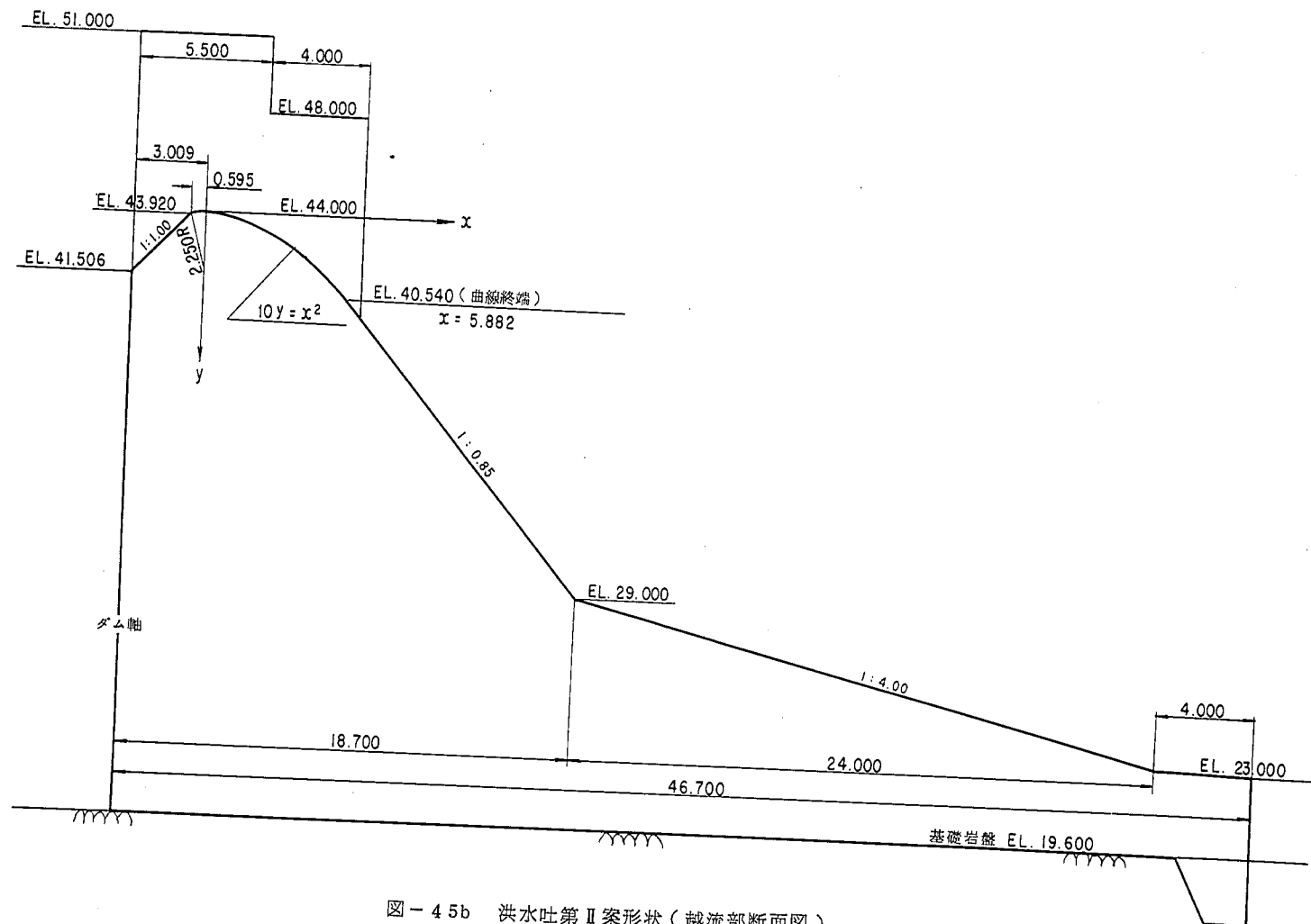


圖 - 4 5b 洪水吐第 II 案形狀 (越流部断面圖)

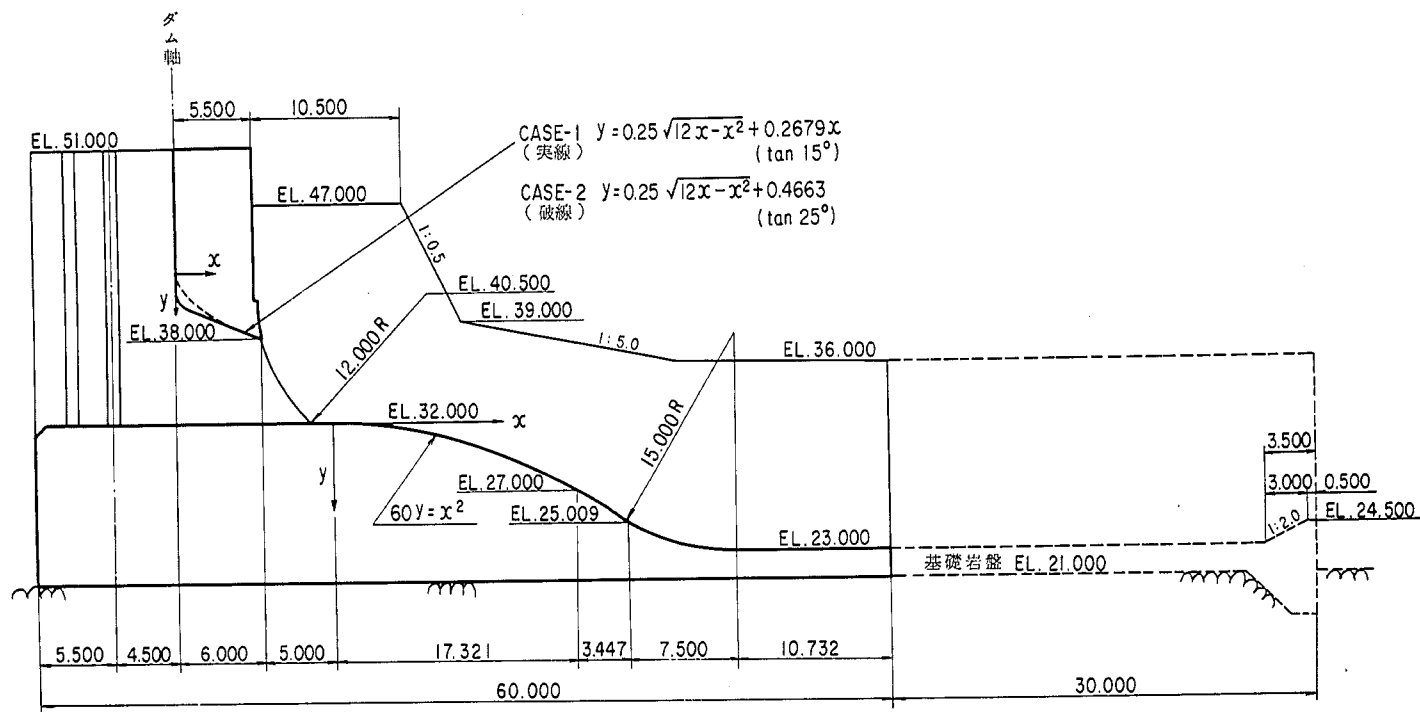


図-45c 洪水吐第Ⅱ案形状(オリフィス断面図)

二風谷ダム H ~ Q 曲線図

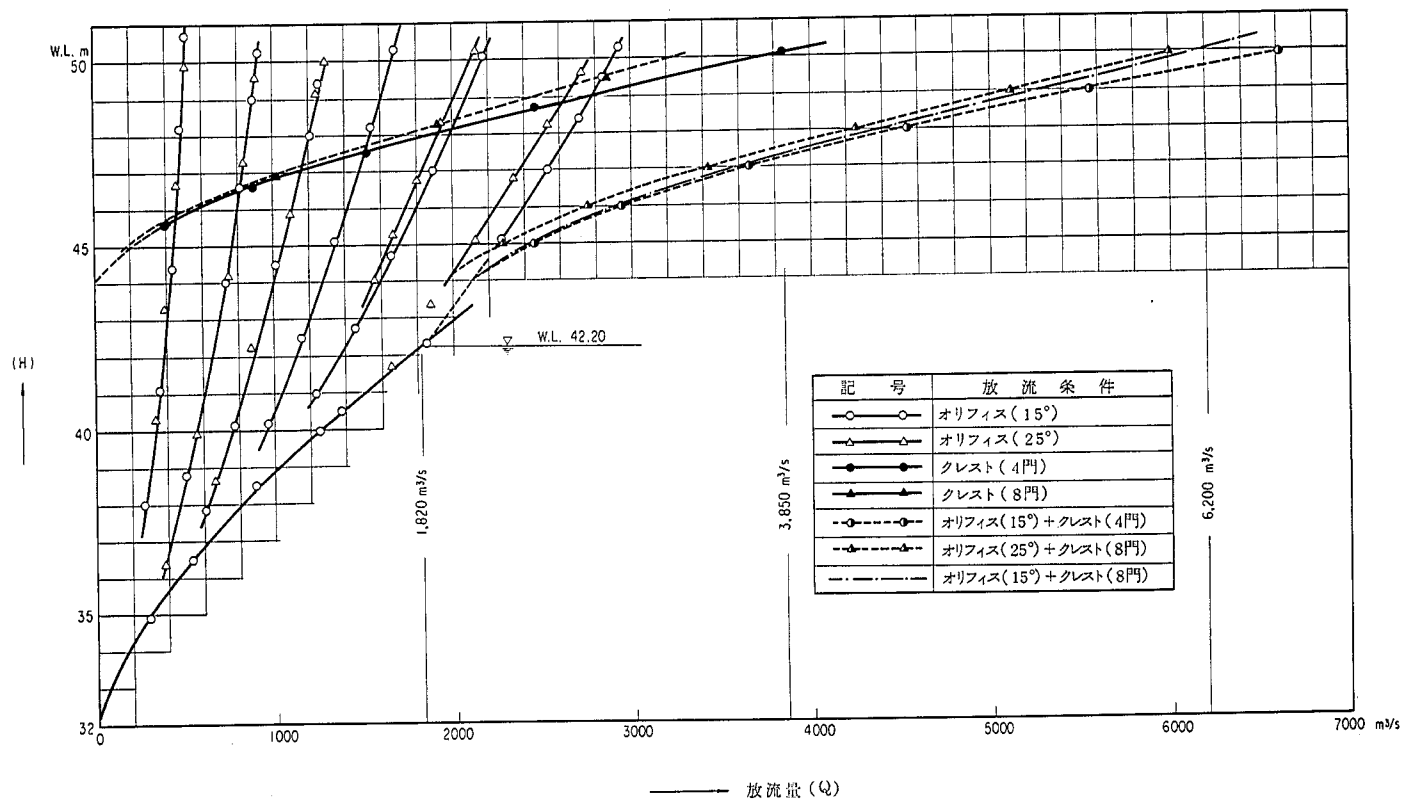


図 - 4 6. 貯水位 - 流量関係図 (Ⅱ案)

実 験 条 件	
実 験 番 号	2 - 1
貯水位 (W.L.m)	46.87
流 量 ($Q.m^3/s$)	1016.11

実 験 条 件	
実 験 番 号	2 - 2
貯水位 (W.L.m)	48.25
流 量 ($Q.m^3/s$)	1913.00

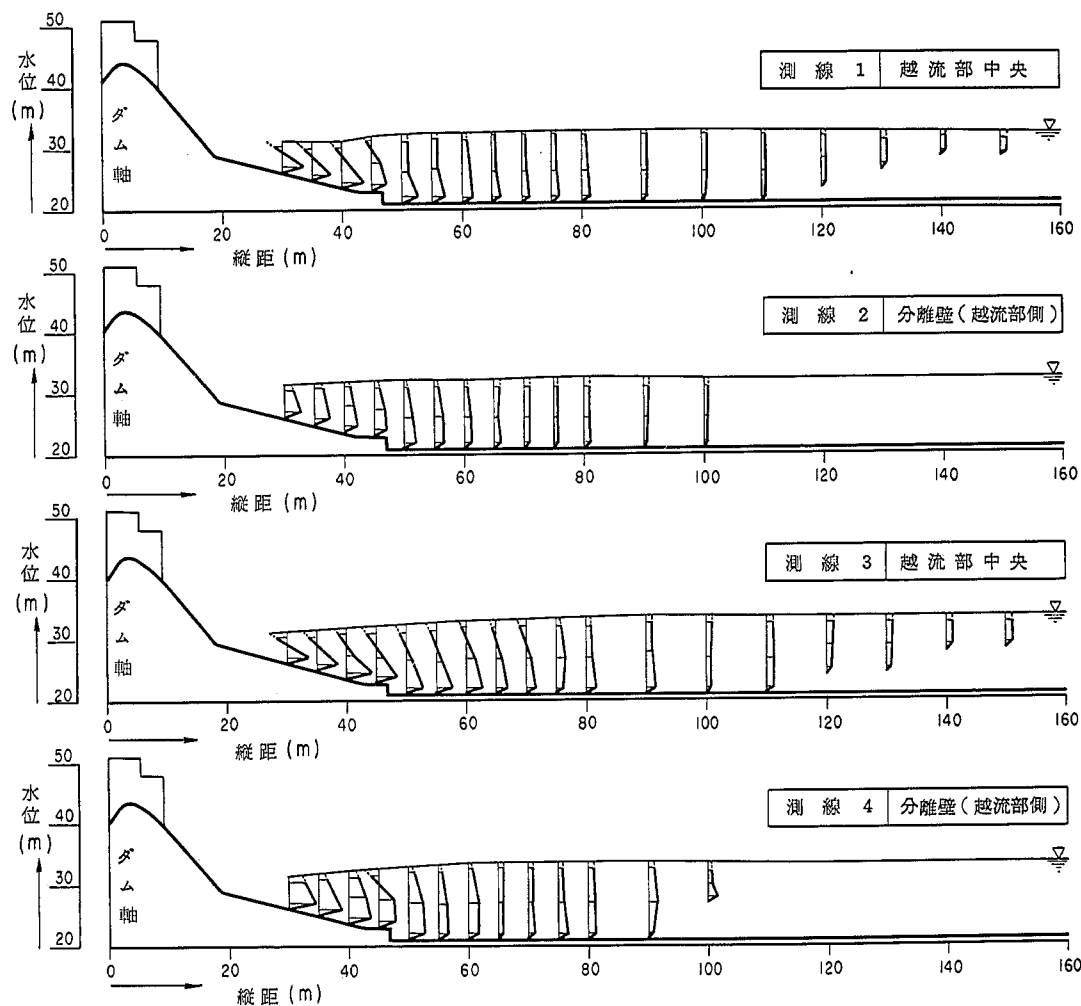


図-47a 水位-流速縦断面図(クレスト下流)

実 験 条 件	
実 験 番 号	2 - 3
貯水位 (W.L.m)	49.45
流 量 (Q.m ³ /s)	2 860.42

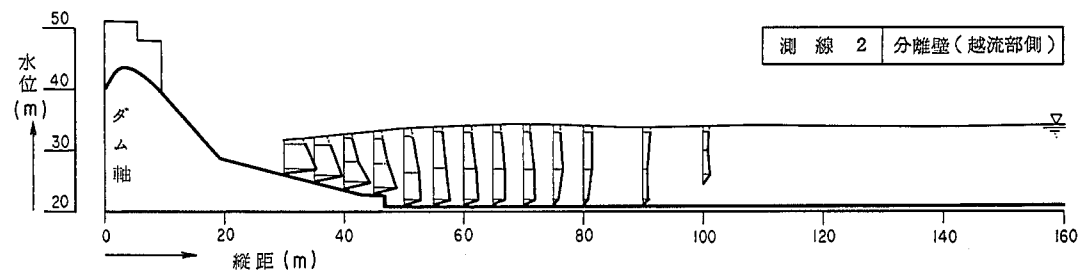
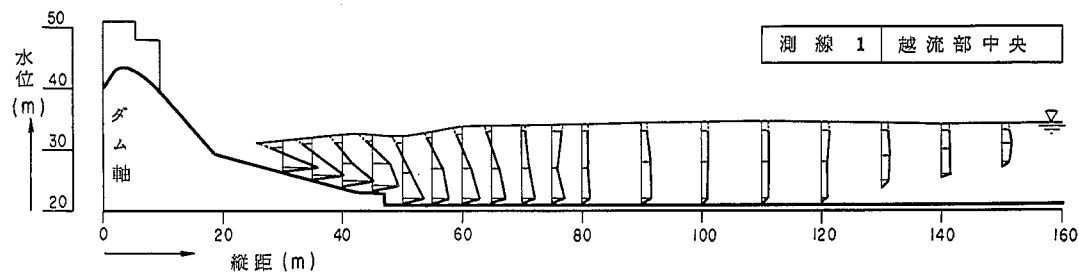


図 - 4 7b 水位 - 流速縦断面図 (クレスト下流)

実 験 条 件	
実 験 番 号	1 - 4
貯水位 (W.L.m)	50.31
流 量 ($Q.m^3/s$)	1677.78

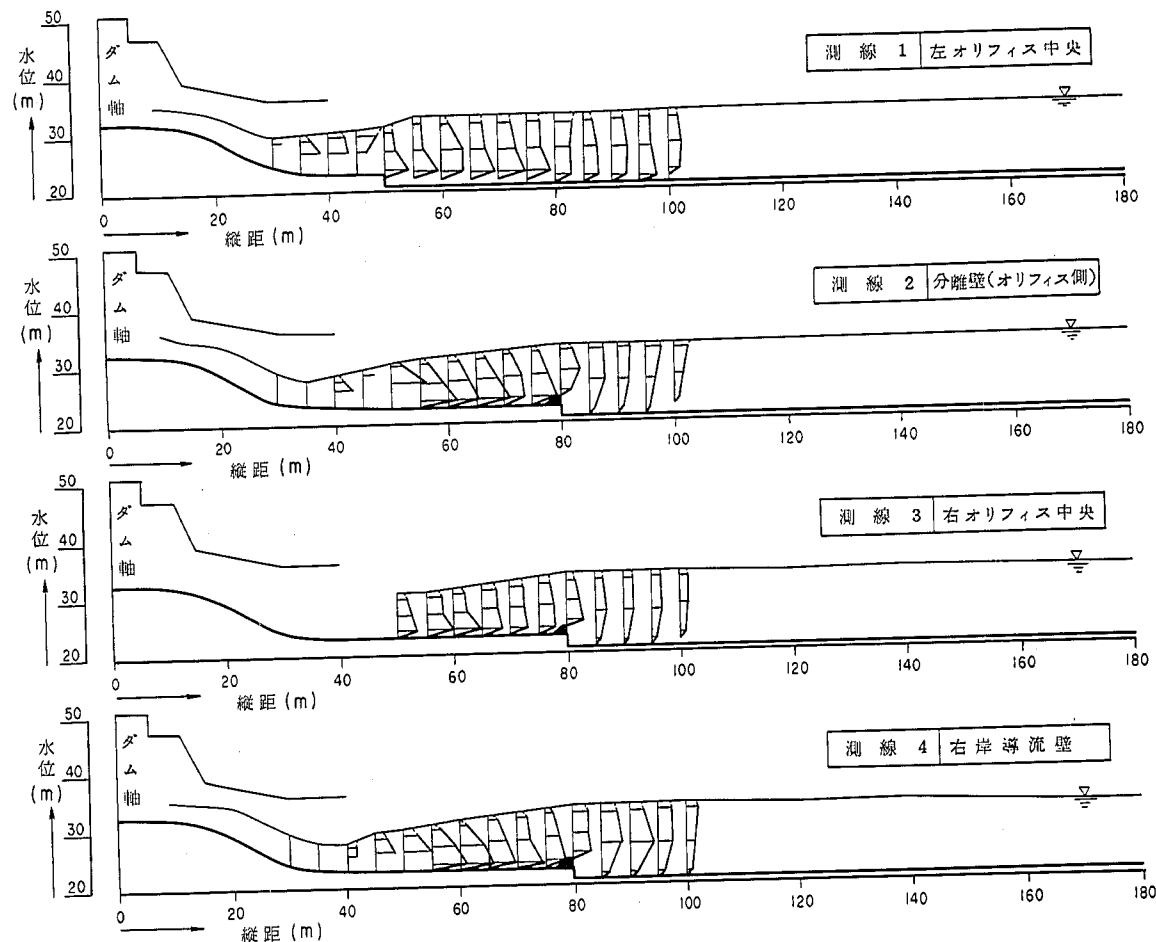


図 - 48a 水位 - 流速縦断面図 (オリフィス下流)

実験条件	
実験番号	1-6
貯水位 (W.L.m)	50.27
流量 ($Q, m^3/s$)	2932.73

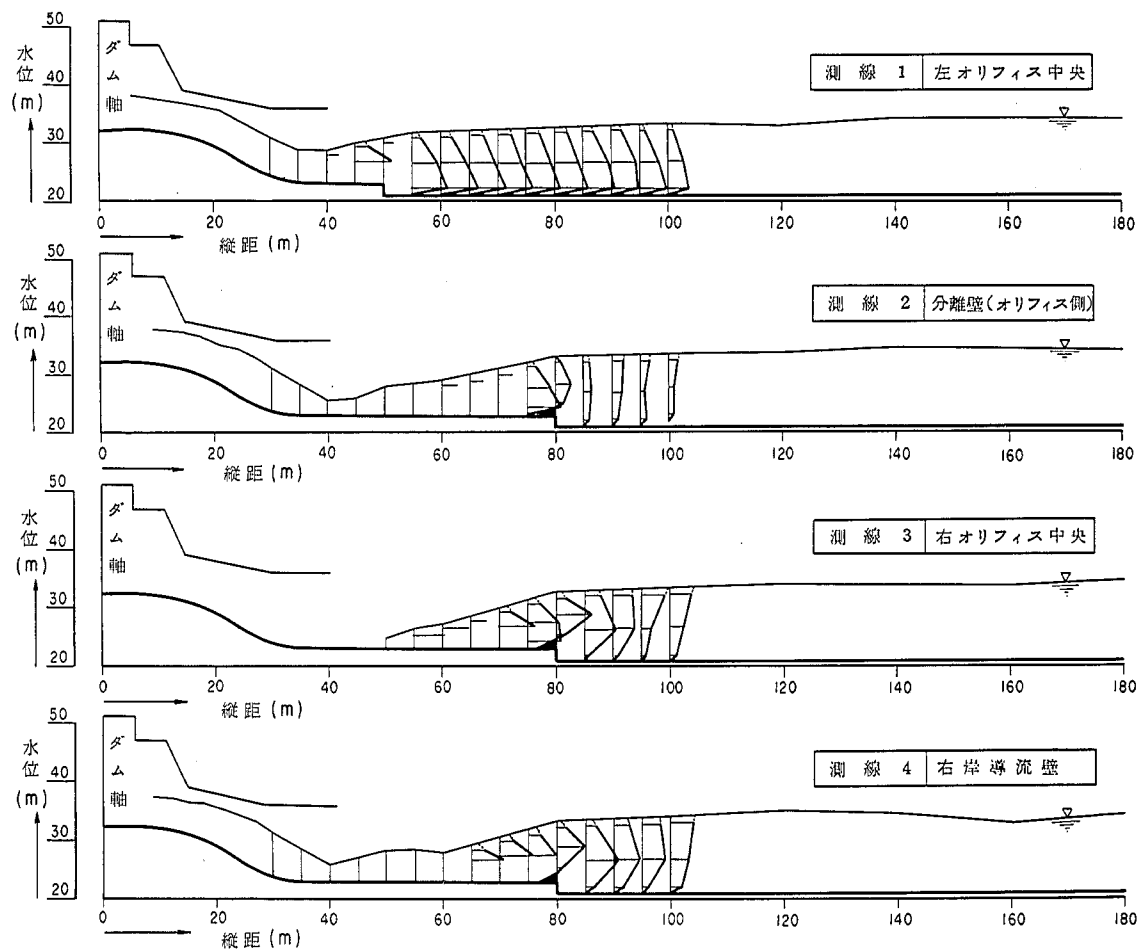


図-48b 水位-流速縦断面図(オリフィス下流)

図-49. 実験終了時河床等高線図

表-11a 貯水位 流量関係表 (Ⅱ案)

種 別	ゲート 開 度	測 定 結 果				
		貯 水 位 W.L.・m	越流水深 H・m	放 流 量 Q・m³/s	H/D	流 量 係 数 C=Q/A√2gH
オリ フ ィ ス 単 独 放 流 θ=25°	全 開	49.65	17.65	2719.89	2.942	0.677
		48.20	16.20	2531.78	2.700	0.658
		46.75	14.75	2340.15	2.458	0.637
		45.09	13.09	2119.65	2.182	0.613
		43.38	11.38	1882.37		
	6 m	50.27	18.27	2135.75	3.654	0.627
		48.30	16.30	1942.13	3.260	0.658
		46.76	14.76	1800.71	2.952	0.588
		45.32	13.32	1669.08	2.664	0.574
		43.99	11.99	1574.41	2.398	0.571
	5 m	50.20	18.20	1653.96	4.550	0.681
		47.68	15.68	1522.78	3.920	0.632
		44.49	12.49	1301.58	3.125	0.577
		41.27	9.27	1036.50	2.375	0.540
		38.25	6.25	853.77	1.525	0.557
	4 m	49.95	17.95	1290.46	5.983	0.637
		49.14	17.14	1240.47	5.713	0.627
		45.87	13.87	1106.36	4.623	0.621
		42.14	10.14	873.92	3.380	0.574
		38.65	6.65	662.88	2.217	0.538
	3 m	49.56	17.56	907.69	8.780	0.680
		47.30	15.30	828.38	7.650	0.664
		44.17	12.17	738.32	6.085	0.664
		39.87	7.87	554.17	3.935	0.620
		36.38	4.38	382.42	2.190	0.573
	2 m	49.87	49.87	519.44	17.870	0.771
		46.71	46.71	459.50	14.710	0.752
		43.28	43.28	391.61	11.280	0.732
		40.34	40.34	330.97	8.340	0.719
オリフィス形状						
$y = 0.25\sqrt{12x-x^2} + 0.4663x$						

表-11b 貯水位 流量関係表 (Ⅱ案)

種 別	ゲ-ト 開 度	測 定 結 果					
		貯 水 位 W.L.・m	越流水深 H・m	放 流 量 Q・m ³ /s	H/D	流 量 係 数 C=Q/A√2gH	
オリフィス 単 独 放 流 $\theta=15^\circ$	全 開 6 m	50.27	18.27	2932.73	3.045	0.717	
		49.52	17.52	2842.62	2.920	0.710	
		48.39	16.39	2709.97	2.732	0.700	
		47.03	15.03	2529.86	2.505	0.682	
		45.13	13.13	2272.89	2.188	0.656	
		★42.29	10.29	1845.53	1.715	0.602	
		41.57	9.57	1643.23	1.595	0.555	
		40.52	8.52	1368.86	1.420	0.490	
		40.08	8.08	1248.34	1.347	0.459	
		38.46	6.46	893.18	1.077	0.367	
	5 m	36.51	4.51	535.05	0.752	0.263	
		34.90	2.90	291.77	0.483	0.179	
		50.11	18.11	2171.25	3.622	0.640	
		46.96	14.96	1894.13	2.992	0.615	
		44.72	12.72	1650.14	2.544	0.581	
	4 m	42.75	10.75	1445.42	2.150	0.553	
		41.00	9.00	1233.14	1.800	0.516	
		50.32	18.32	1675.54	4.580	0.614	
		48.18	16.18	1552.80	4.045	0.606	
		45.09	13.09	1343.33	3.273	0.582	
	3 m	42.54	10.54	1154.83	2.635	0.558	
		40.23	8.23	965.00	2.058	0.528	
		49.42	17.42	1260.64	5.807	0.631	
		47.97	15.97	1205.97	5.323	0.631	
		44.52	12.52	1013.77	4.173	0.599	
	2 m	40.15	8.15	765.01	2.717	0.560	
		37.85	5.85	604.26	1.950	0.523	
		50.26	18.26	915.18	9.130	0.672	
		48.98	16.98	891.76	8.490	0.679	
		46.63	14.63	812.34	7.315	0.666	
	1 m	43.97	11.97	729.00	5.985	0.661	
		38.80	6.80	501.11	3.400	0.603	
		50.74	18.74	512.26	18.740	0.742	
		48.23	16.23	484.33	16.230	0.754	
		44.44	12.44	429.14	12.440	0.763	
	オリフィス形状 $y = 0.25\sqrt{12x - x^2} + 0.2679x$						

表-11c 貯水位 流量関係表 (Ⅱ案)

種 別		測 定 結 果				
		貯 水 位 W.L.・m	越 流 水 深 H・m	放 流 量 Q・m³/s	H/D	流 量 係 数 $C=Q/BH^{3/2}$
越 流 部 単 独 放 流	4 門	50.10	6.10	3848.78		2.060
		48.69	4.69	2458.96		1.952
		47.49	3.49	1517.80		1.877
		46.57	2.57	880.70		1.724
		45.63	1.63	386.08		1.496
	8 門	49.45	5.45	2860.42		1.938
		48.25	4.25	1913.00		1.882
		46.87	2.87	1016.11		1.802
		46.72	2.72	914.46		1.757
		45.70	1.70	391.73		1.524

種 別		測 定 結 果				
		貯 水 位 W.L.・m	越 流 水 深 H・m	放 流 量 Q・m³/s	H/D	流 量 係 数 $C=Q/A\sqrt{2gH}$
同 時 放 流 オリ フ ィ ス ・ 越 流 部		49.71		6221.41		
		48.66		5092.72		
		48.12		4541.82		
		47.50		4012.12		
		47.18		3739.50		
		46.06		2959.28		

写 真 集

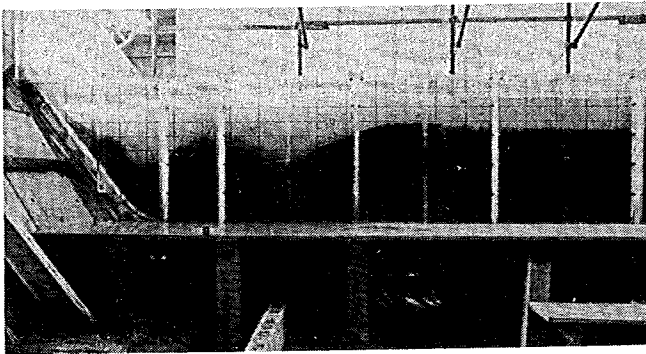


写真-1a 順傾斜水叩き実験流況
写真（水叩き形状第2案）
河床変動時の流況

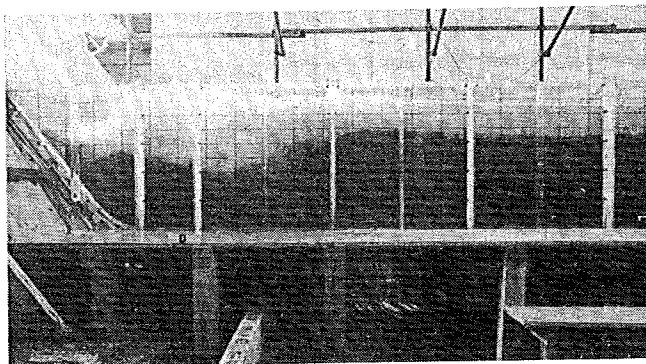


写真-1b 順傾斜水叩き実験流況
写真（水叩き形状第2案）
河床安定時の流況

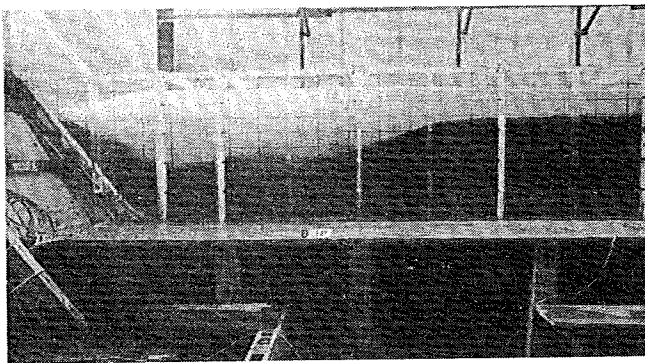


写真-2a 順傾斜水叩き形状第3案
河床変動時の流況

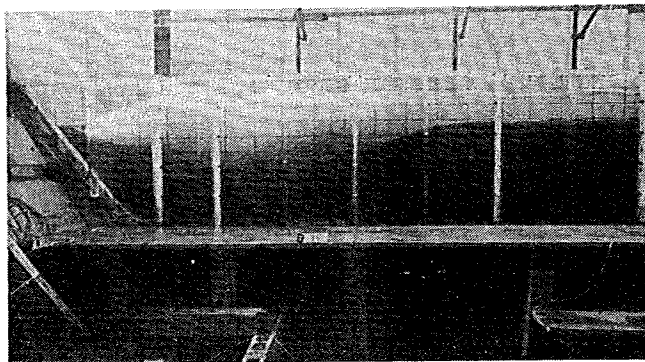


写真-2b 順傾斜水叩き形状第3案
河床安定時の流況

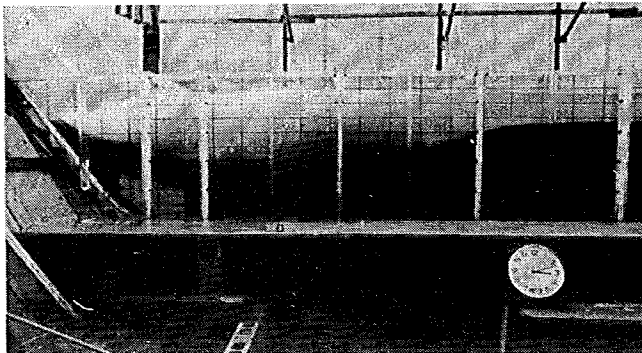


写真-3a 順傾斜水叩き形状第 5 案
河床変動時の流況

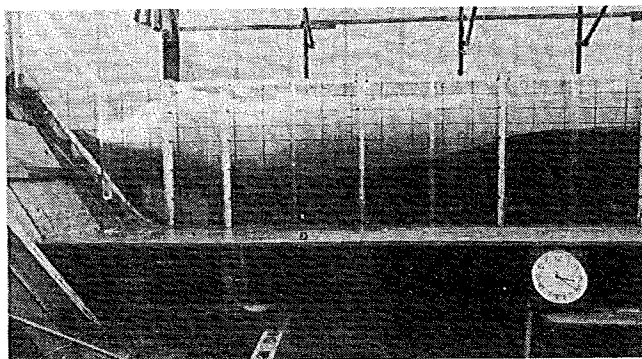


写真-3b 順傾斜水叩き形状第 5 案
河床安定時の流況

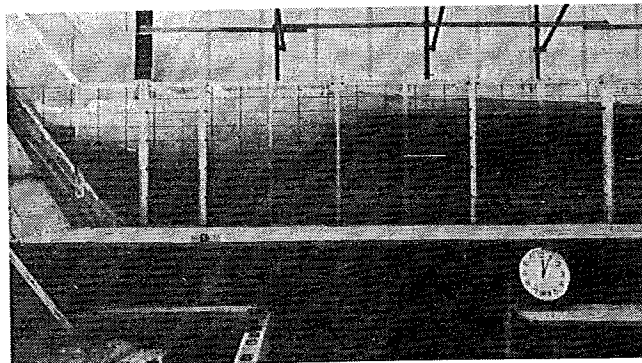


写真-4a 順傾斜水叩き形状第 8 案
河床変動時の流況

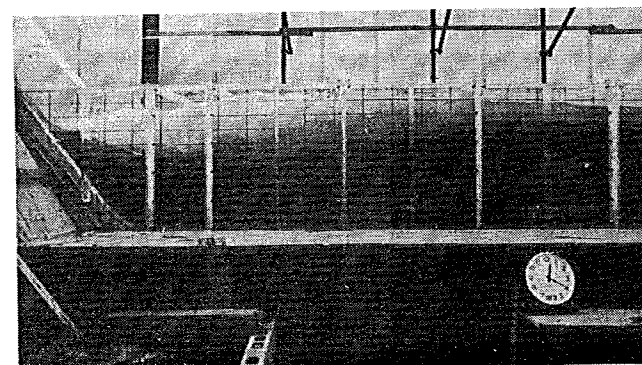


写真-4b 順傾斜水叩き形状第 8 案
河床安定時の流況

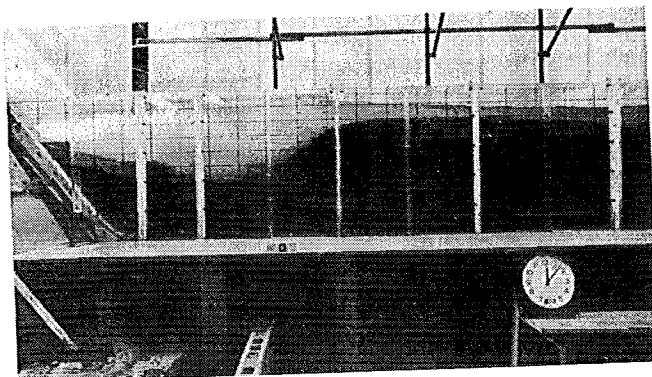


写真-5a 順傾斜水叩き形状第9案
河床変動時の流況

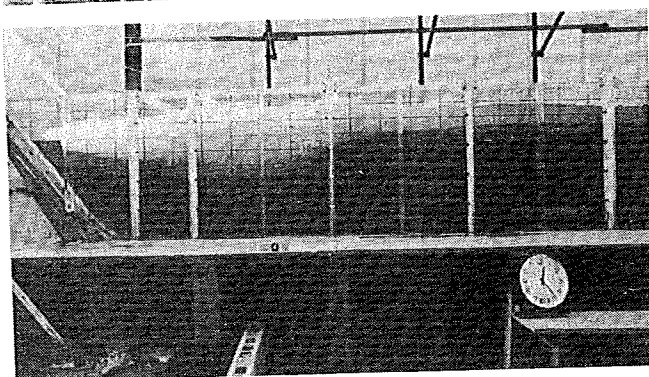


写真-5b 順傾斜水叩き形状第9案
河床安定時の流況

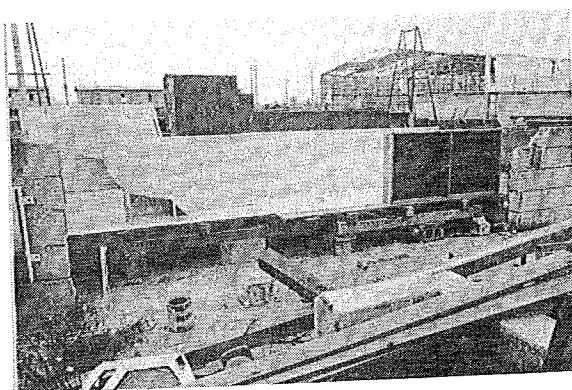


写真-6 オリフィス模型側面全景

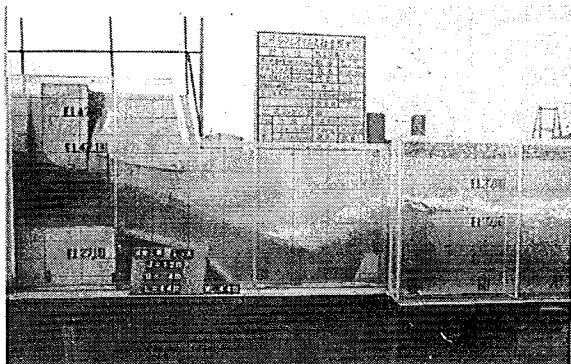


写真-7a オリフィス減勢部流況写真
実験番号 I-A
貯水位 WL. 4.395 m

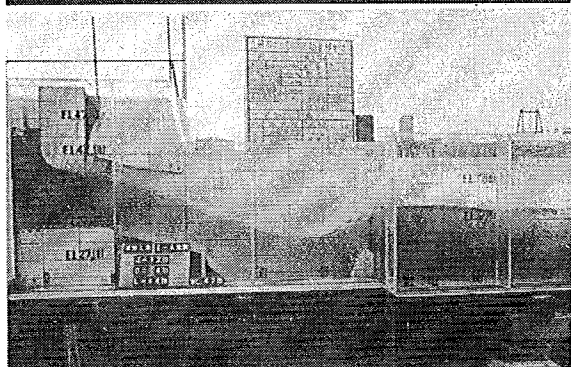


写真-7b オリフィス減勢部流況写真
実験番号 I-A
貯水位 WL. 4.701 m

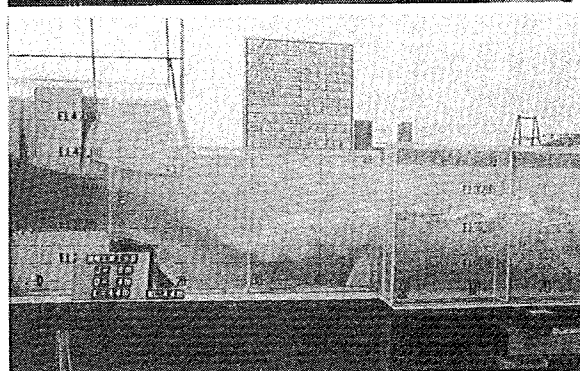


写真-8a オリフィス減勢部流況写真
実験番号 I-B
貯水位 WL. 4.405 m

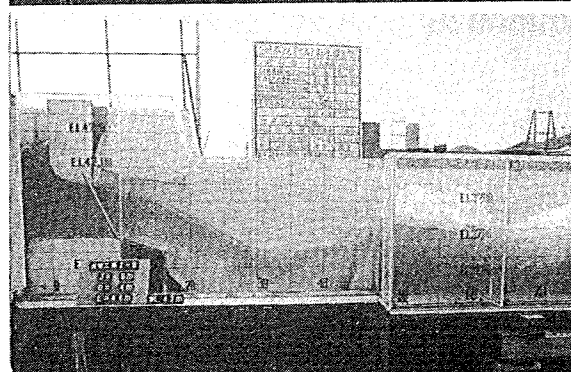


写真-8b オリフィス減勢部流況写真
実験番号 I-B
貯水位 WL. 4.682 m

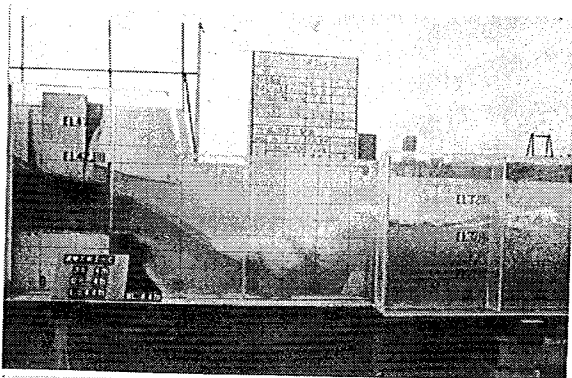


写真-9a オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅰ-C
貯水位WL. 4 4.02 m

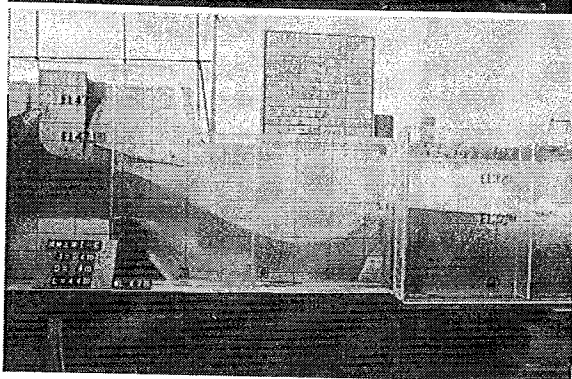


写真-9b オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅰ-C
貯水位WL. 4 6.92 m

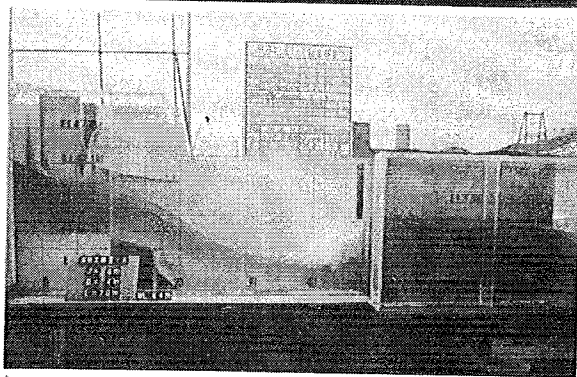


写真-10a オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅱ-A
貯水位WL. 4 3.88 m

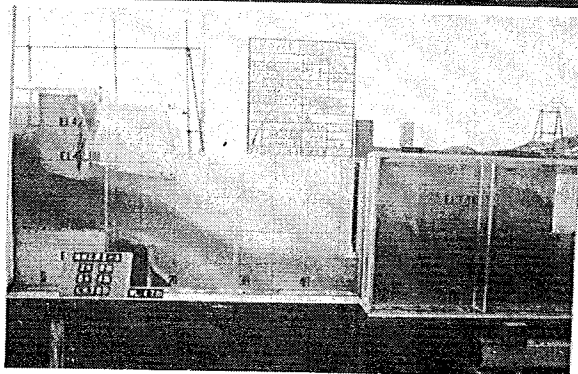


写真-10b オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅱ-A
貯水位WL. 4 6.91 m

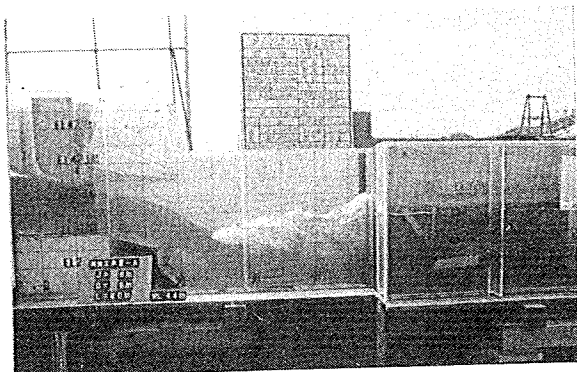


写真-11a オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅲ-A
貯水位WL. 4.391 m

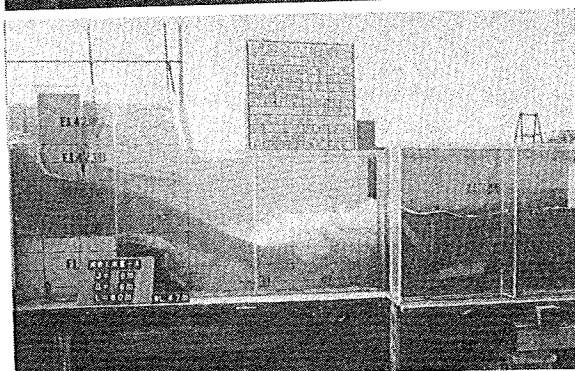


写真-11b オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅲ-A
貯水位WL. 4.700 m

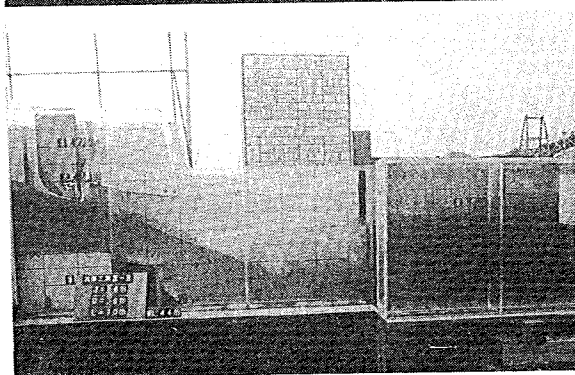


写真-12a オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅲ-B
貯水位WL. 4.403 m

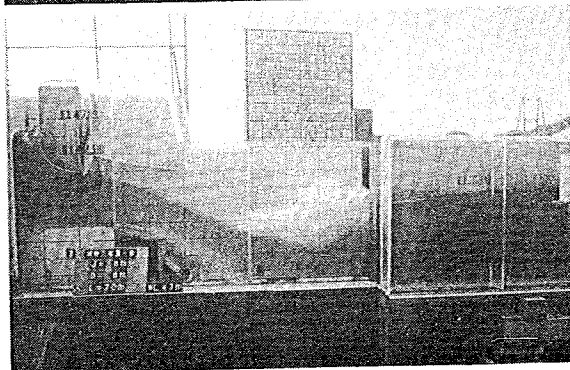


写真-12b オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅲ-B
貯水位WL. 4.696 m

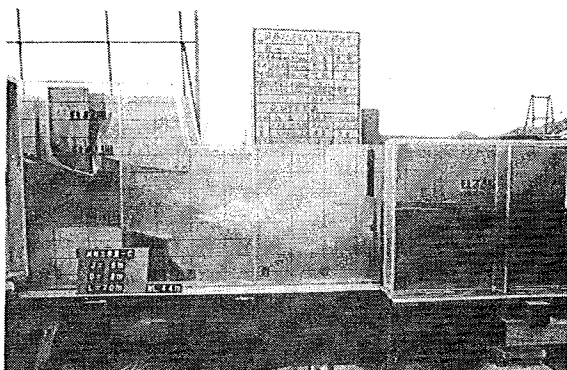


写真-13a オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅲ-C
貯水位WL. 43.99 m

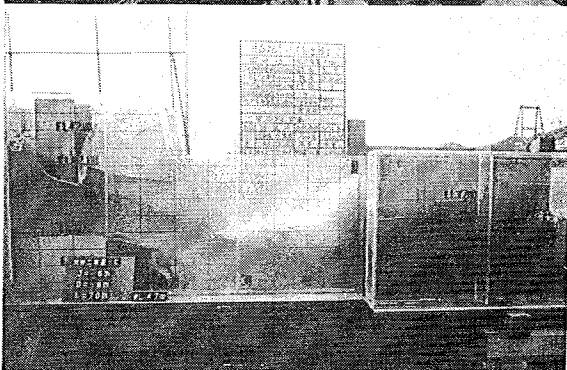


写真-13b オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅲ-C
貯水位WL. 47.04 m

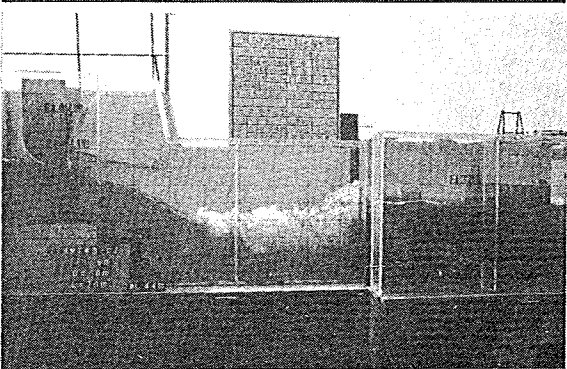


写真-14a オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅳ-A
貯水位WL. 43.94 m

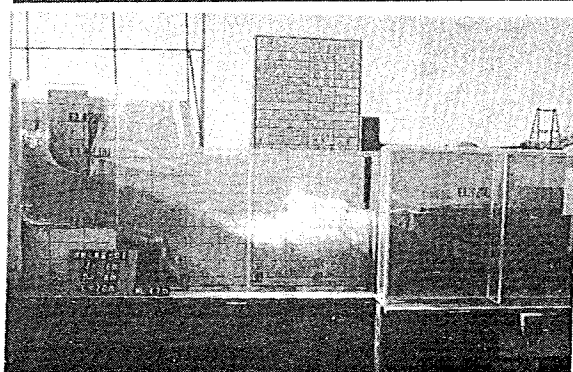


写真-14b オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅳ-A
貯水位WL. 46.97 m

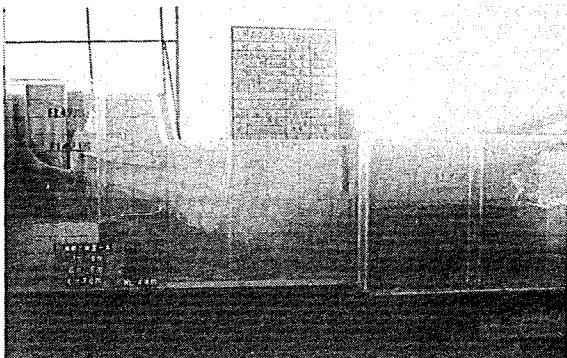


写真-15a オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅳ-B
貯水位WL. 4343 m

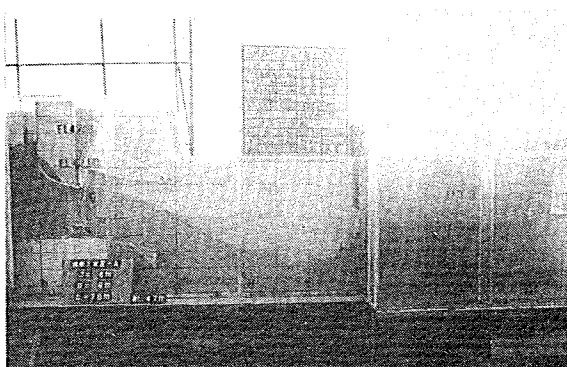


写真-15b オリフィス減勢部流況写真
実験番号Ⅳ-B
貯水位WL. 4691 m

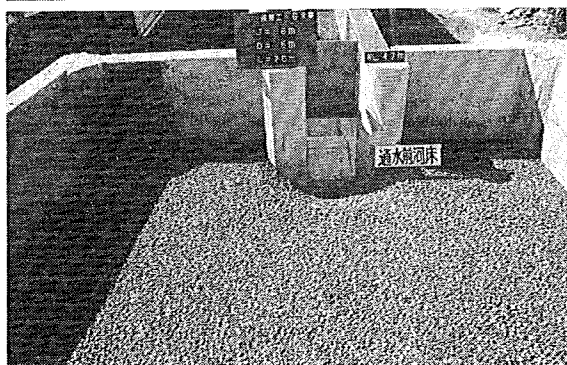


写真-16a オリフィス排砂状況
実験番号Ⅴ
通水前

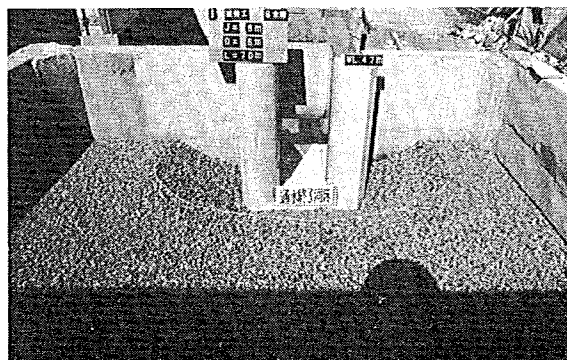


写真-16b オリフィス排砂状況
実験番号Ⅴ
貯水位WL. 4693 mで放流後

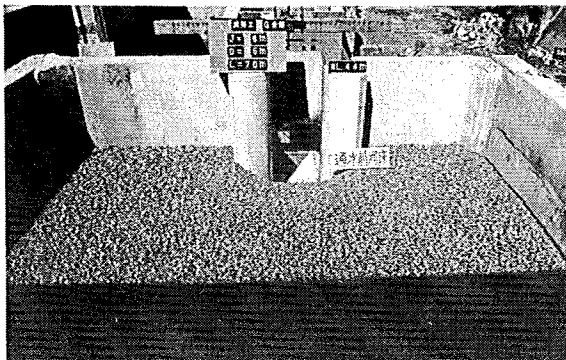


写真-17a オリフィス排砂状況
実験番号 V
通水前

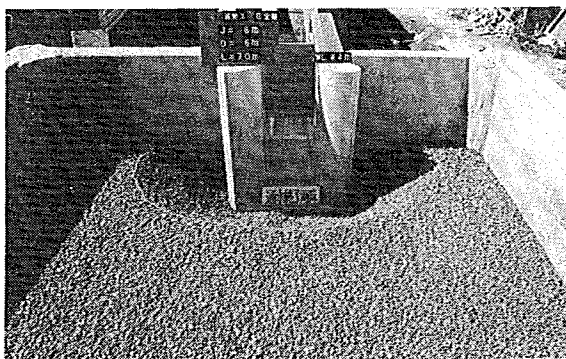


写真-17b オリフィス排砂状況
実験番号 V
貯水位WL. 43.98 m で放流後

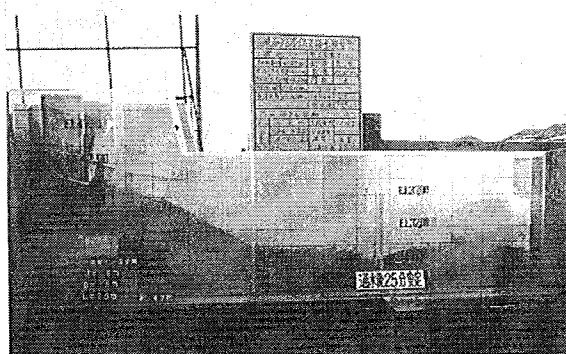
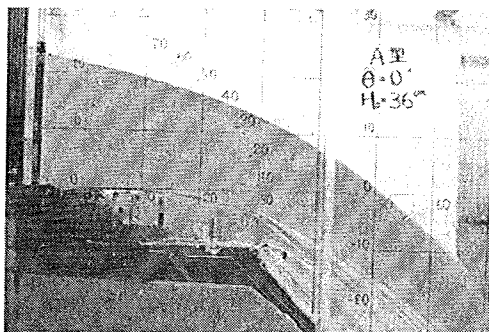
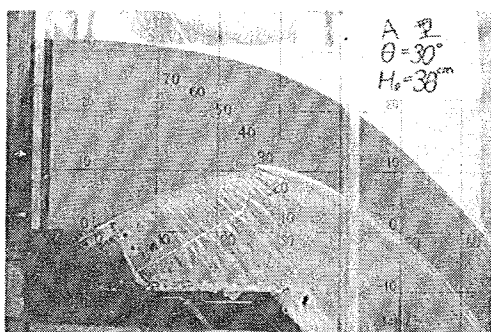


写真-18 オリフィス移動床実験の
流況写真
貯水位WL. 46.93 m



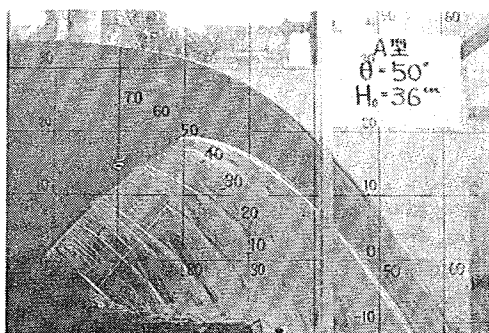
A型
 $\theta = 0^\circ$
 $H_0 = 36 \text{ cm}$

写真-19 フラップゲート放流状況



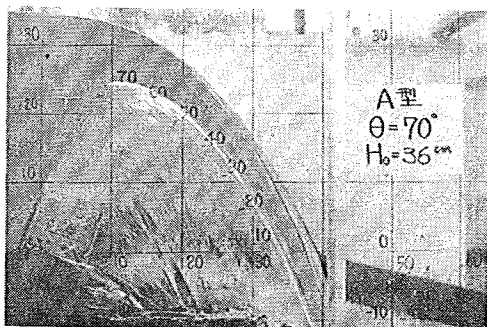
A型
 $\theta = 30^\circ$
 $H_0 = 36 \text{ cm}$

写真-20



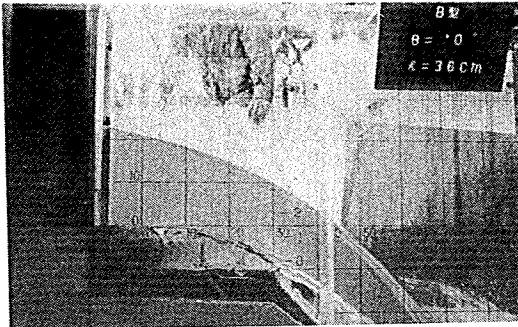
A型
 $\theta = 50^\circ$
 $H_0 = 36 \text{ cm}$

写真-21



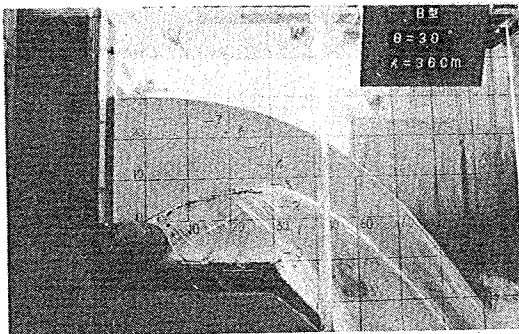
A型
 $\theta = 70^\circ$
 $H_0 = 36 \text{ cm}$

写真-22



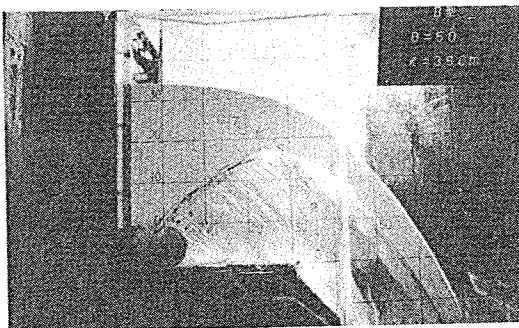
B型
 $\theta = 0^\circ$
 $H_0 = 3.6 \text{ cm}$

写真 - 23 フラップゲート放流状況



B型
 $\theta = 30^\circ$
 $H_0 = 3.6 \text{ cm}$

写真 - 24



B型
 $\theta = 50^\circ$
 $H_0 = 3.6 \text{ cm}$

写真 - 25



B型
 $\theta = 70^\circ$
 $H_0 = 3.6 \text{ cm}$

写真 - 26

写真-27a

洪水吐第1案流況写真(越流部単
独実験No.1)
貯水位WL.4893m

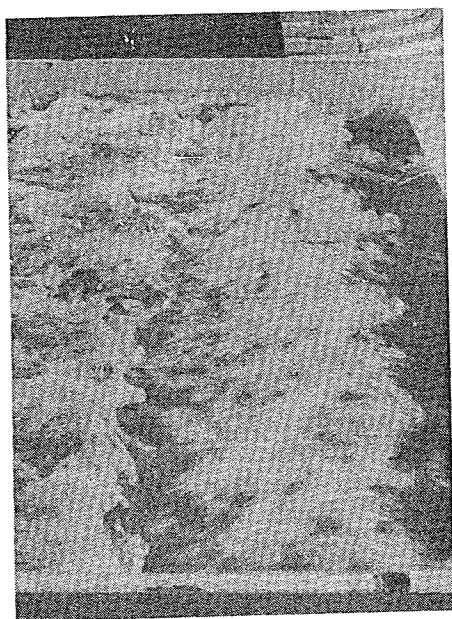
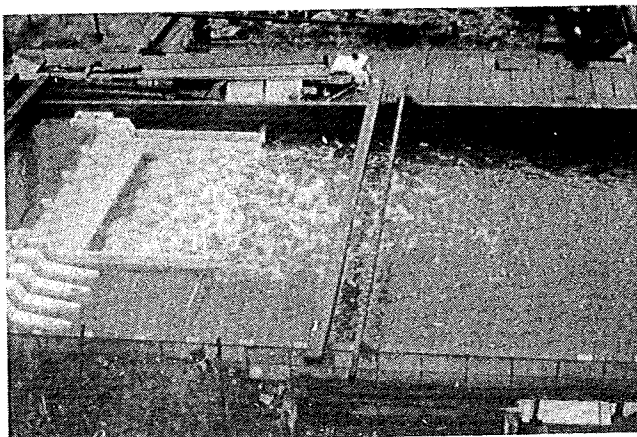


写真-27b 越流部左岸側より

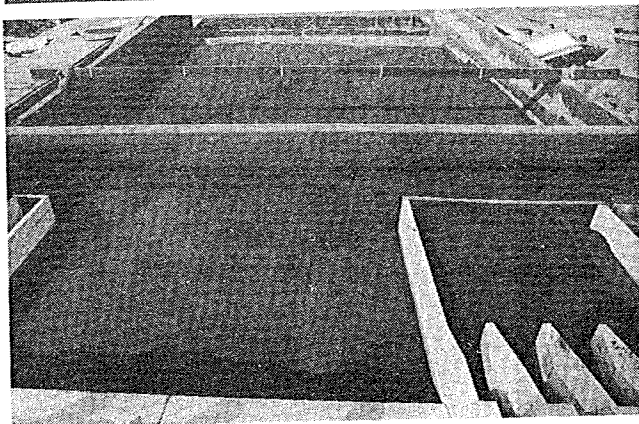


写真-27c 通水後の河床

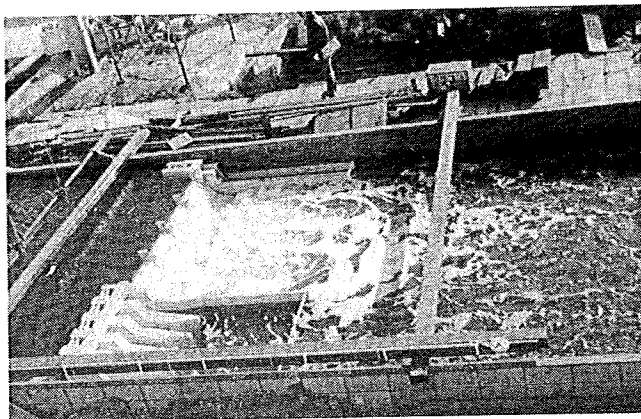


写真-28a 洪水吐第1案流況
写真(越流部単独
実験No.2a案)
貯水位WL. 49.07 m

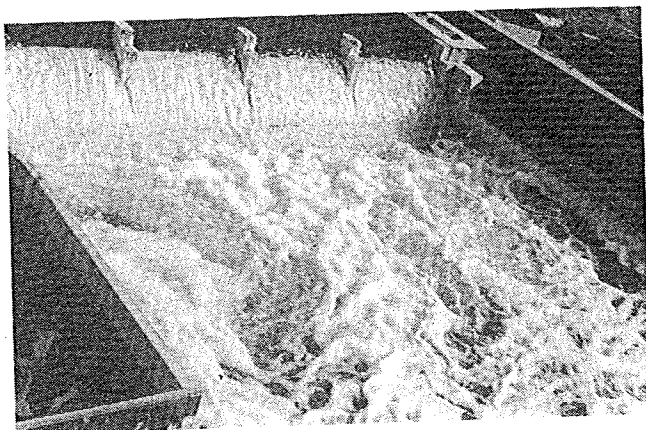


写真-28b 下流側より

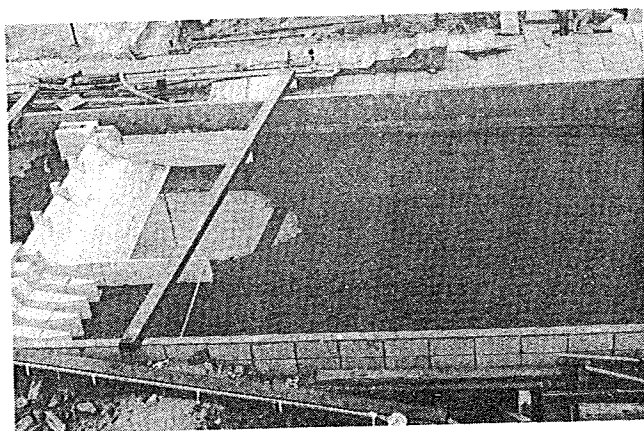


写真-28c 通水後の河床

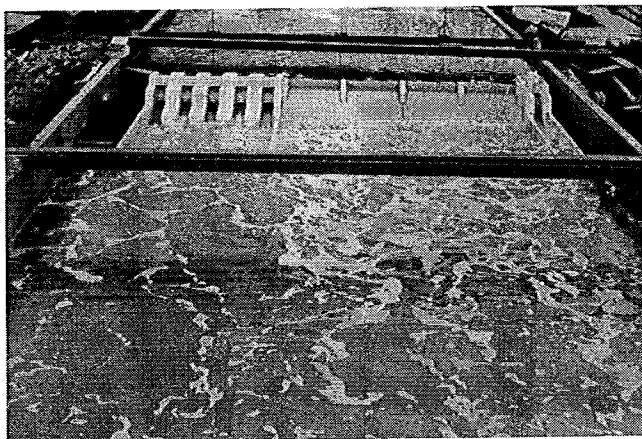


写真-29a 洪水吐第Ⅰ案流況
写真(洪水吐全門
全開実験No.1)
貯水位WL.48.96 m

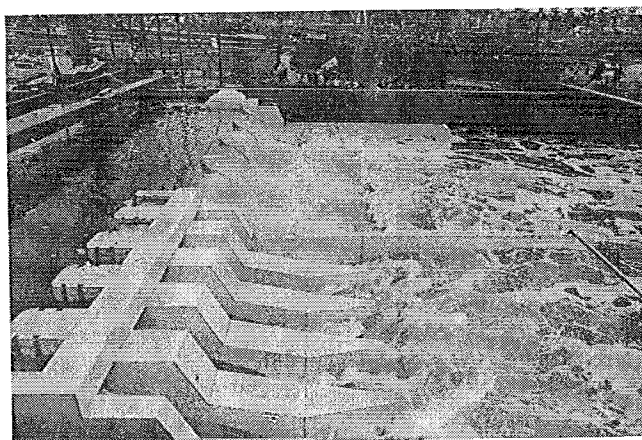


写真-29b 洪水吐右岸側より

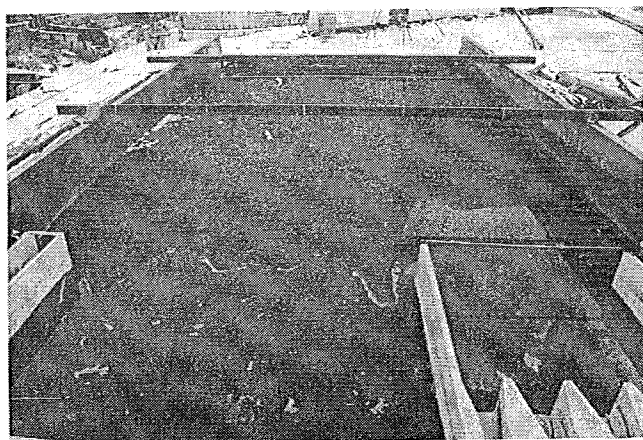


写真-29c 通水後の河床

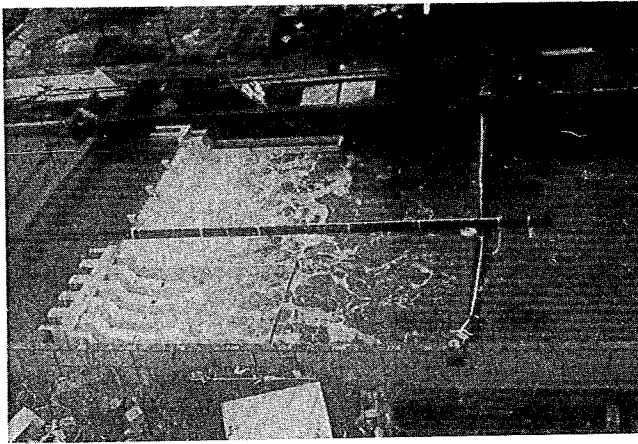


写真-30a 洪水吐第Ⅰ案流況
写真(洪水吐全門
全開実験No.2 a 案)
貯水位WL.48.98 m

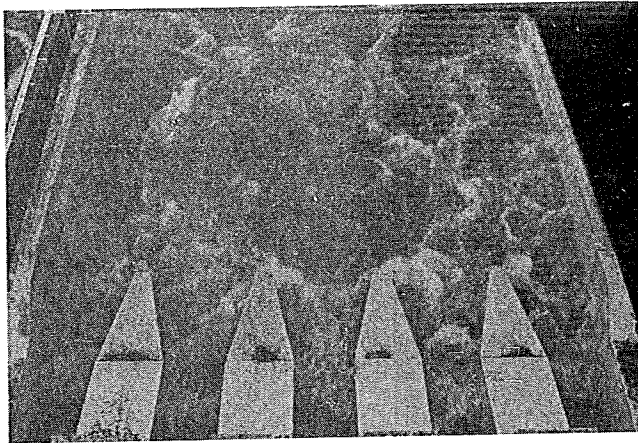


写真-30b 上流側より

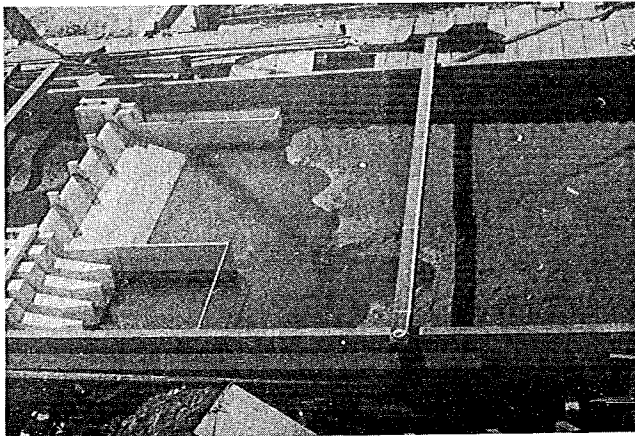


写真-30c 通水後の河床

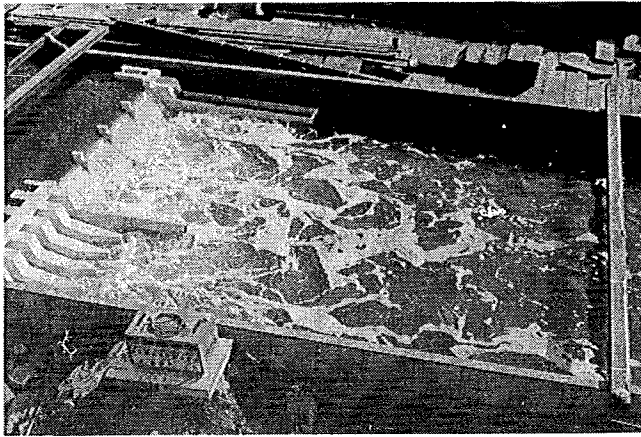


写真-31a 洪水吐第1案流況
写真(洪水吐全門
全開実験No 2 b 案)
貯水位WL. 48.96 m

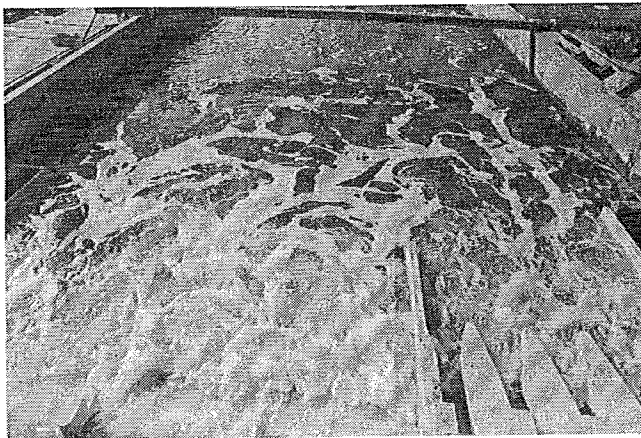


写真-31b 上流側より

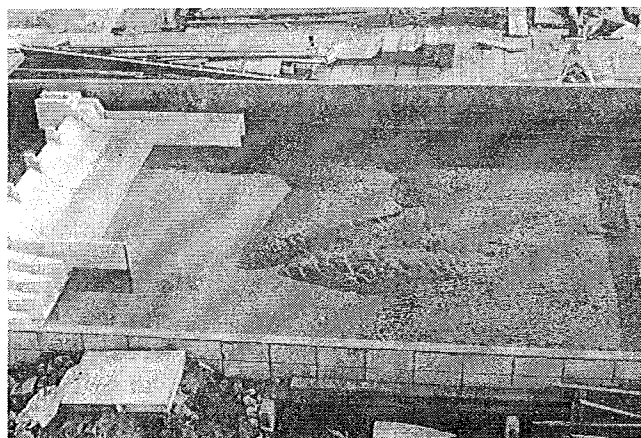


写真-31c 通水後の河床

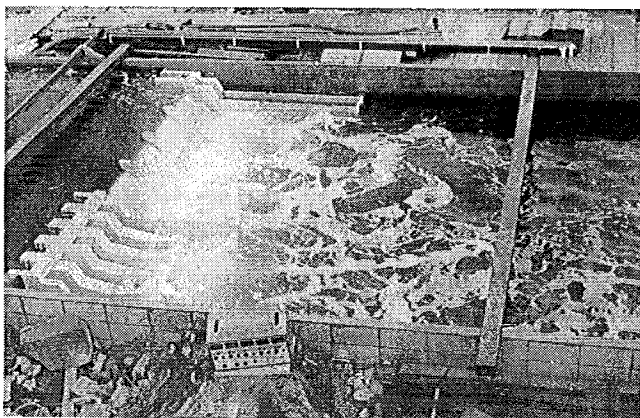


写真-32a 洪水吐第Ⅰ案流況
写真(洪水吐全門
全開実験No.2c案)
貯水位WL. 4.903 m

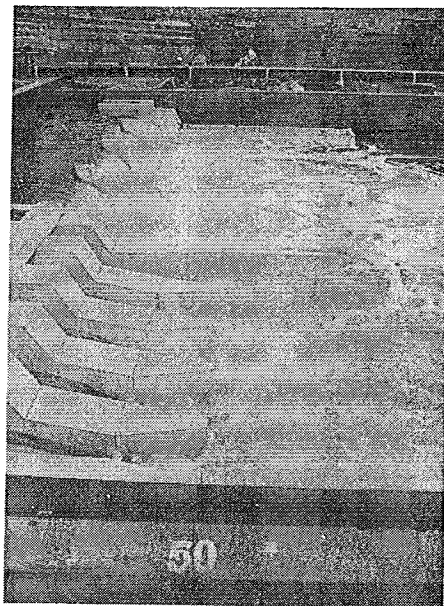


写真-32b 洪水吐右岸側より

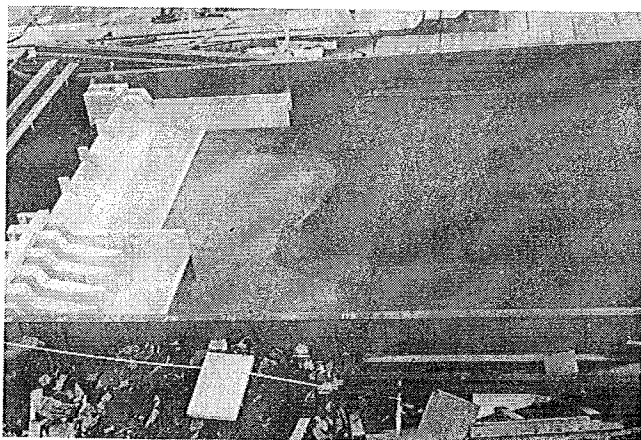


写真-32c 通水後の河床

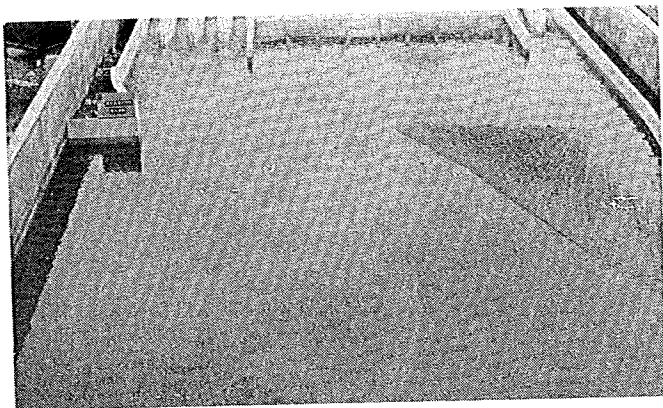


写真-33a 洪水吐第Ⅱ案流況
写真(500 m³/s
放流)

オリフィス単独放流(15°)
ゲート開度=全開
貯水位WL. 36.32 m

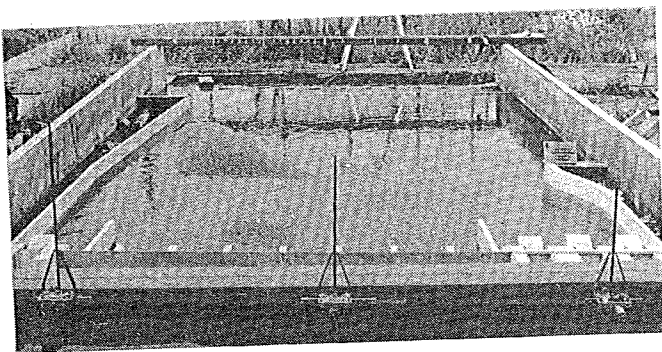


写真-33b 上流より

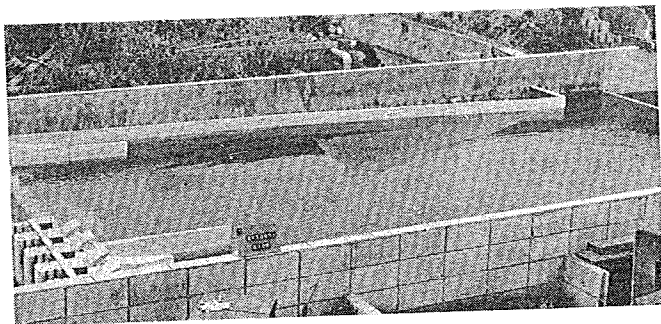


写真-33c 右岸より

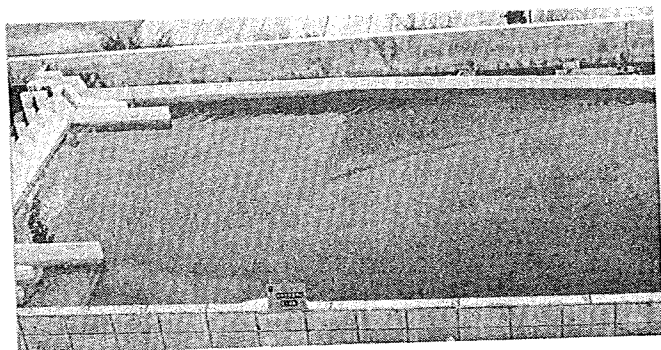


写真-33d 右岸上方より

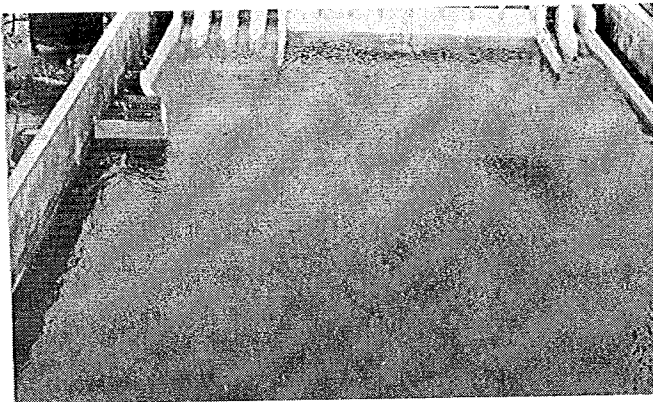


写真-34a 洪水吐第Ⅱ案流況
写真(1,000 m³/s
放流)

オリフィス単独放流(15°)
ゲート開度=全開
貯水位WL. 38.95 m

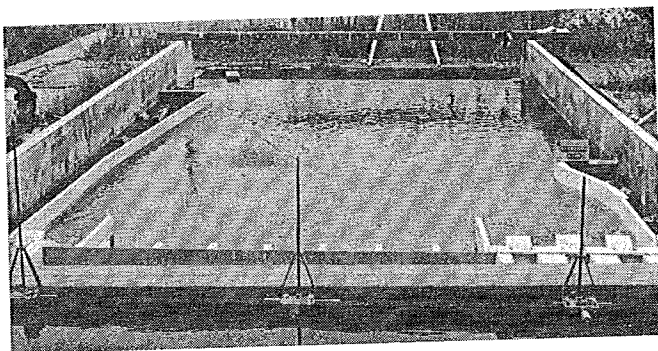


写真-34b 上流側より

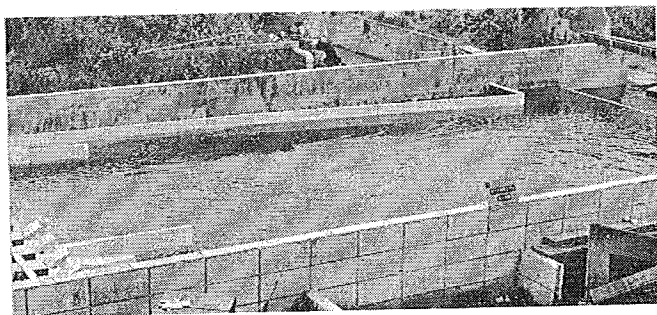


写真-34c 右岸より

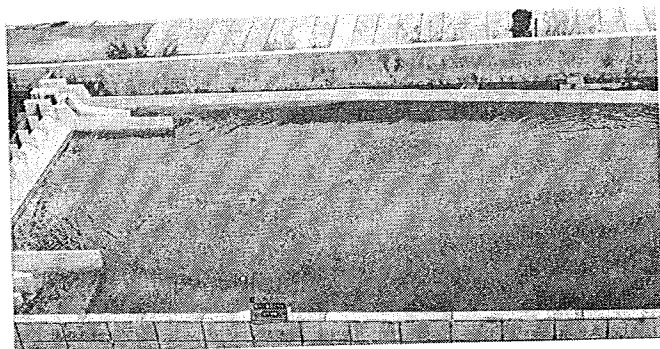


写真-34d 右岸上方より

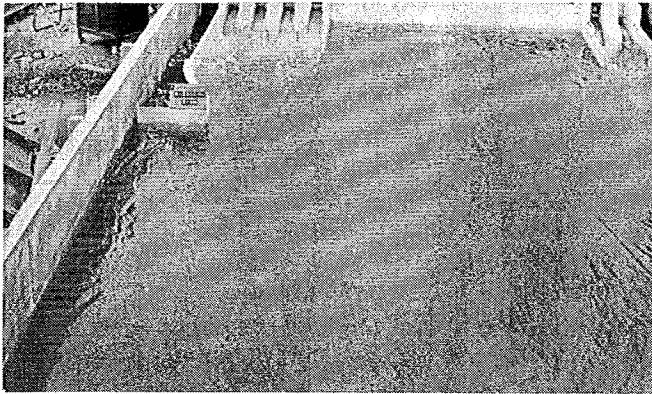


写真-35a 洪水吐第Ⅱ案流況
写真(2,000 m³/s
放流)
オリフィス単独放流(15°)
ゲート開度=全開
貯水位WL. 43.10 m

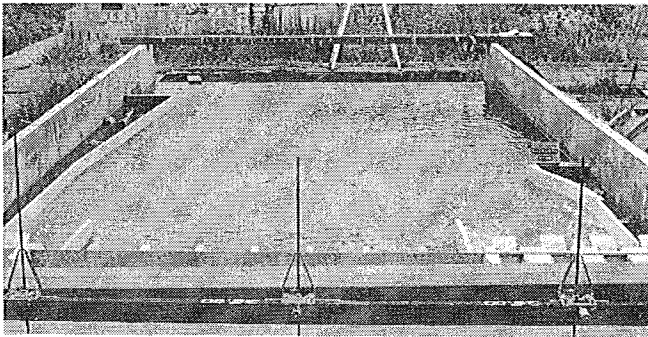


写真-35b 上流側より

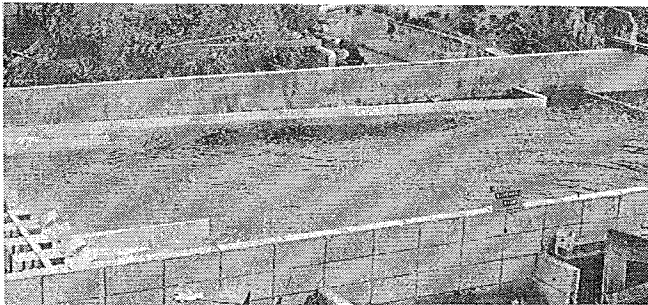


写真-35c 右岸より



写真-35d 右岸上方より



写真-36a 洪水吐第Ⅱ案流況
写真(3,000 m³/s
放流)

オリフィス・越流部同時放流
(8門-15°)
貯水位WL. 46.12 m

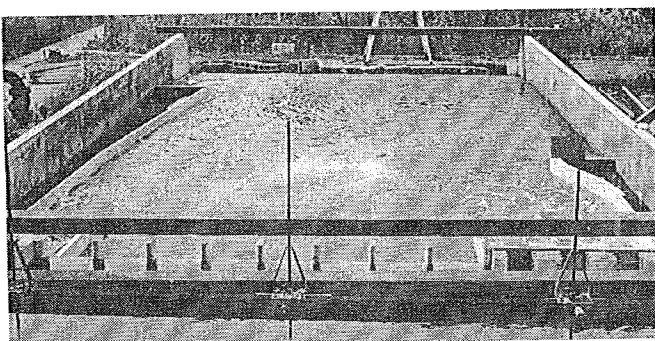


写真-36b 上流より

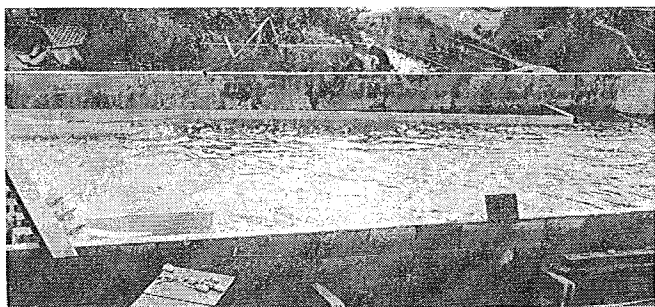


写真-36c 右岸より



写真-36d 右岸上方より

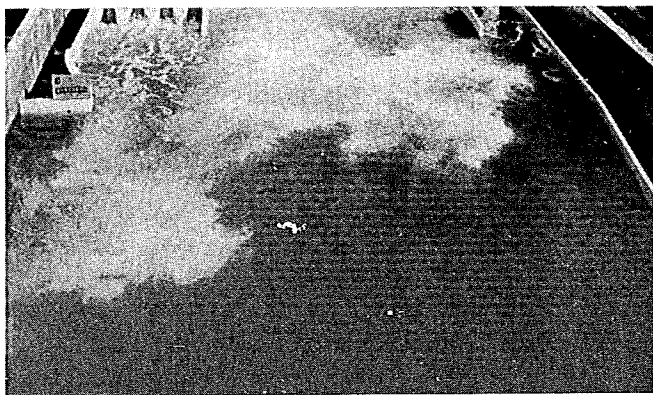


写真-37a 洪水吐第Ⅱ案流況
写真(4,000 m³/s
放流)

オリフィス・越流部同時放流
(8門-15°)
貯水位WL. 47.53 m

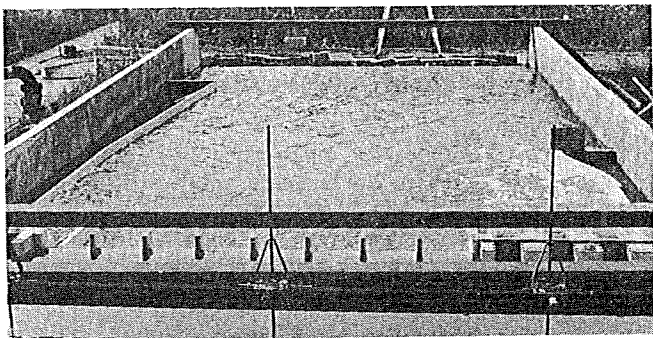


写真-37b 上流より

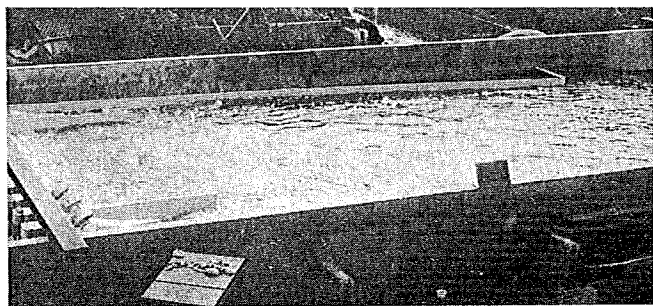


写真-37c 右岸より

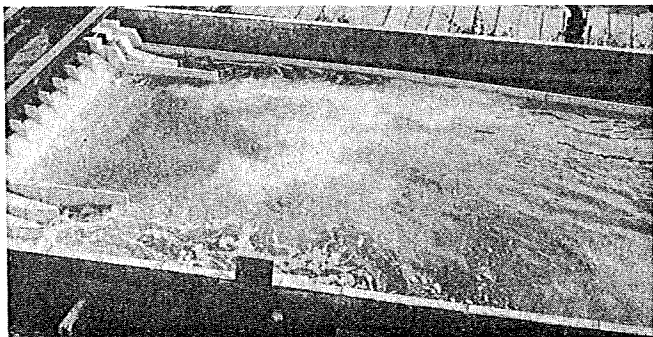


写真-37d 右岸上方より

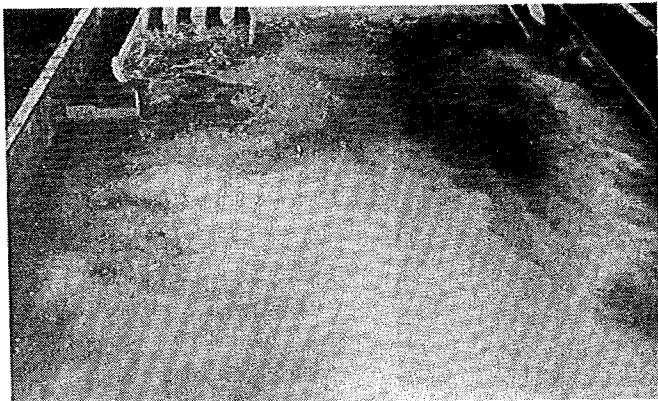


写真-38a 洪水吐第Ⅱ案流況
写真(5,000 m³/s
放流)

オリフィス・越流部同時放流
(8門-15°)
貯水位WL.48.70 m

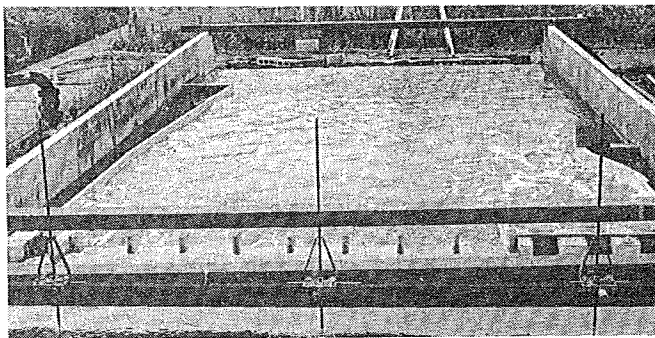


写真-38b 上流より

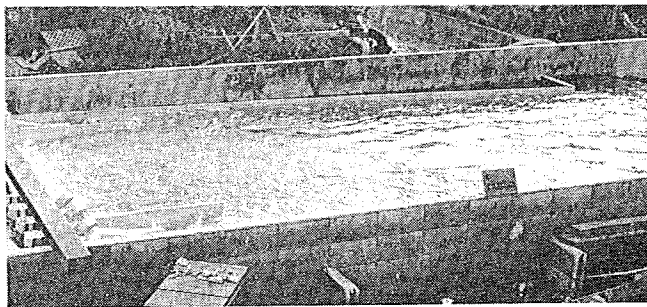


写真-38c 右岸より

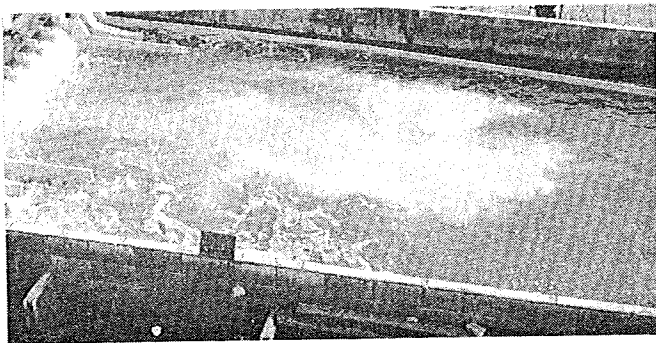


写真-38d 右岸上方より



写真-39a 洪水吐第Ⅱ案流況
写真(6,000 m³/s
放流)

オリフィス・越流部同時放流
(8門-15°)
貯水位WL. 50.10 m

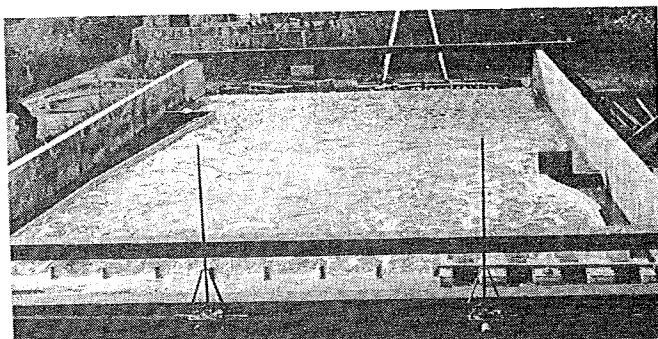


写真-39b 上流より

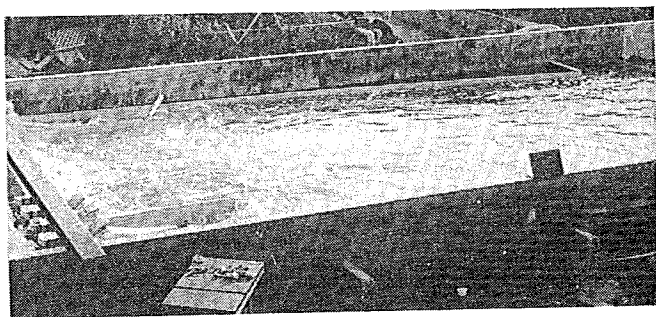


写真-39c 右岸より

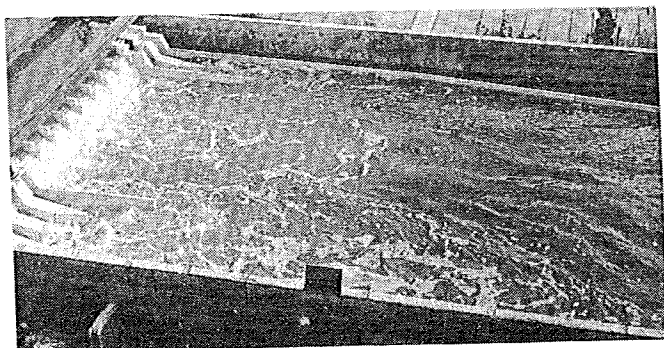


写真-39d 右岸上方より