

土木研究所資料

月山ダム洪水吐き水理模型実験

—— 中間報告書 ——

昭和59年3月

建設省土木研究所
ダム水工研究室

Copyright © 1984年 by P.W.R.I.

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

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

ま え が き

本報告書は、東北地方建設局の依頼により、昭和55年度から57年度まで土木研究所において実施した月山ダム（57年度に赤川ダムを名称変更）の洪水吐きに関する水理設計ならびに水理模型実験の検討結果を中間報告としてまとめたものである。

月山ダムの洪水吐きは、当初計画においては堤頂長が充分長いこととダムの維持管理を簡素化することに重点を置いた全面越流型の堤趾導流形式で設計された。

その後、ダムサイトのボーリングの再調査で、当初懸念されていた左岸側の地すべり層にアバット掘削の影響があることが判明し、ダム軸の変更が考慮された。この変更ダム軸案は従来の直線から左岸側地すべり層を避けた屈折ダム軸案が有力とされている。

このため、全面越流型では河道中心に対する左右の自由越流頂の長さが非常にアンバランスになるので、洪水吐き案として一般的なクレスゲート付き中央正面越流型を比較設計案とした。

したがって、この報告書は洪水吐きを全面越流型と中央正面越流型の両タイプとした場合の比較検討結果である。ただし、正面越流型については全体模型実験だけを実施し各放流設備の放流能力等の詳細実験は実施されていない。

これらの検討は、筑波研究学園都市内の土木研究所ダム水理実験施設内で実施したものである。

昭和59年3月

建設省土木研究所 ダム水工研究室

主任研究員 中 沢 顕 司

宮 脇 千 晴

目 次

第1章 ダム計画の概要	1
1-1. ダムの目的	4
1-2. 流域の概要	4
1-3. ダムサイトの地質	5
1-4. 洪水調節計画	5
1-5. ダムおよび貯水池	7
第2章 洪水吐きの設計原案	9
第1節 洪水吐きの設計原案形状	12
1.1 常用洪水吐き（放流管）	12
1.2 常用余水吐き（オリフィス）	14
1.3 非常用洪水吐き（自由越流堤）	20
1.4 洪水吐きの配置	21
1.5 減勢工	21
第2節 設計原案形状の水理模型実験	22
2.1 実験の目的および内容	22
2.2 全体模型	22
2.3 抽出模型	23
2.4 相似律	25
2.5 計測方法	25
2.6 全体模型実験の検討結果	26
2.6.1 洪水吐きの放流能力	26
2.6.2 堤趾導流部の検討結果	27
2.6.3 減勢工の検討結果	31
2.7 抽出模型実験の検討結果	48
2.7.1 オリフィス抽出実験	48
2.7.2 放流管の抽出実験	54
2.7.3 越流部抽出実験	61
第3章 洪水吐き比較設計案	131
第1節 比較設計案形状	134

1. 1.	越流部形状	134
1. 2.	放流管形状	139
1. 3.	減勢工形状	141
第 2 節	水理模型実験	142
2. 1.	実験内容	143
2. 2.	実験結果	143
2. 2. 1.	放流能力および放流特性	143
2. 2. 2.	減勢工の流況	144
2. 3.	まとめ	146

目 次

第 1 章

図 1. 流域一覧図	3
図 2. 計画高水流量配分図	6
図 3. 月山ダム洪水調節図	6
図 4. 貯水位－容量曲線	6

第 2 章

図 5. 洪水吐き平面図（設計原案）	15
図 6. 洪水吐き縦断面図（設計原案）	16
図 7. 洪水吐き上流面図（設計原案）	17
図 8. 洪水吐き下流面図（設計原案）	18
図 9. 洪水吐き縦断面詳細図（設計原案）	19
図 10. 放流管部縦断面図（設計原案）	19
図 11. オリフィス部縦断面図（設計原案）	20
図 12. 全体模型製作一般図	22
図 13. 貯水位と放流量の関係	26
図 14. 越流水深と流量係数の関係	27
図 15. ダムサイトの水位 (H)－流量 (Q) 曲線	32
図 16. 噴流拡散式減勢工形状図	33
図 17. 水平水叩き式減勢工形状図	34
図 18. 傾斜式減勢工形状図	35
図 19. 減勢工および下流河道の測定断面位置	36
図 20. 洪水吐きおよび減勢工平面図	41
図 21. 洪水吐きならびに減勢工縦断面図	42
図 22. 減勢工縦断面図	42
図 23. 減勢工および河道横断面の測定位置	43
図 24. オリフィス抽出模型ピエゾ管理設位置	50
図 25. オリフィスの貯水位と放流量の関係	51
図 26. オリフィスの C と H/D の関係	51
図 27. 放流管の貯水位－放流量－ゲート開度の関係（絞り有）	55
図 28. 放流管の流量係数－貯水位－ゲートの開度の関係（絞り有）	56

図 29. 放流管の圧力降下係数分布 (絞り有)	57
図 30. 放流管の貯水位－放流量－ゲート開度の関係 (絞り無)	59
図 31. 放流管の流量係数－貯水位－ゲート開度の関係 (絞り無)	59
図 32. 放流管の圧力降下係数分布 (絞り無)	60
図 33. 貯水位－放流量および越流水深－流量係数の関係	62
図 34. 越流部 3 種の形状図	65
図 35. オリフィス模型製作範囲	65
図 36 a ～ 36 c, 放流管抽出模型製作図	66
図 37 a ～ 37 b, 堤趾導流部の水面形	69
図 38. 堤趾導流部の流速分布図	70
図 39 a ～ 39 c, 減勢工および下流河道の水面形と河床縦断面図	71
図 40. 平均水面と最深河床縦断面図	74
図 41 a ～ 41 i, 減勢工および下流河道の流速分布	75
図 42. 現地の粒度試験結果	78
図 43 a ～ 43 c, 平均水面と最深河床縦断面図	79
図 44. 副ダム圧力分布	82
図 45 a ～ 45 b, オリフィスの圧力分布	83
図 46 a ～ 46 b, オリフィス下流の水面形	84
図 47 - 1 ～ 47 - 20, 放流管圧力分布 (絞り有)	85
図 48 a ～ 48 c, 越流部抽出模型ピエゾ管理設位置	95
図 49 a ～ 49 c, 越流部の圧力分布	97
図 50 a ～ 50 c, 越流部縦断面水面形	100

第 3 章

図 51. 洪水吐き上下流面図 (比較設計案)	135
図 52. 洪水吐き平面図 (比較設計案)	136
図 53. 洪水吐き縦断面図 (比較設計案)	137
図 54. 放流管縦断面詳細図 (比較設計案)	138
図 55. 貯水位－放流量曲線 (比較設計案)	147
図 56 a ～ 56 d, 減勢工内水面形状図	148
図 57 a ～ 57 b, 減勢工および河道の流況図	152

表 目 次

第 2 章

表 1. 貯水位－放流量の調査結果	102
表 2 a～2 c, 減勢工および下流河道の水面形測定結果(実験 A)	103
表 3 a～3 c, 減勢工および下流河道の水面形測定結果(実験 B)	106
表 4 a～4 c, 副ダム圧力測定値	109
表 5 a～5 b, オリフィスのゲート開度毎の貯水位－放流量測定結果	112
表 6 a～6 d, オリフィス圧力測定結果	114
表 7. オリフィス下流の水面形測定結果	118
表 8 a～8 b, 放流管のゲート開度毎の貯水位－放流量測定結果(絞り有)	119
表 9 a～9 h, 放流管の圧力測定結果(絞り有)	121
表 10 a～10 c, 放流管のゲート開度毎の貯水位－放流量測定結果(絞り無)	129
表 11. 越流部の貯水位－放流量測定結果	130

第 3 章

表 12. 貯水位－放流量測定結果(比較設計案)	153
表 13 a～13 b, 減勢工および下流河道の水面形測定結果(比較設計案)	154

第 1 章 ダム計画の概要

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

第1章 ダム計画の概要

月山ダムは、赤川水系の総合開発の一環をなすもので赤川水系梵字川の山形県東田川郡朝日村大字大網地先（図-1参照）に建設省直轄工事として建設中の多目的ダムである。

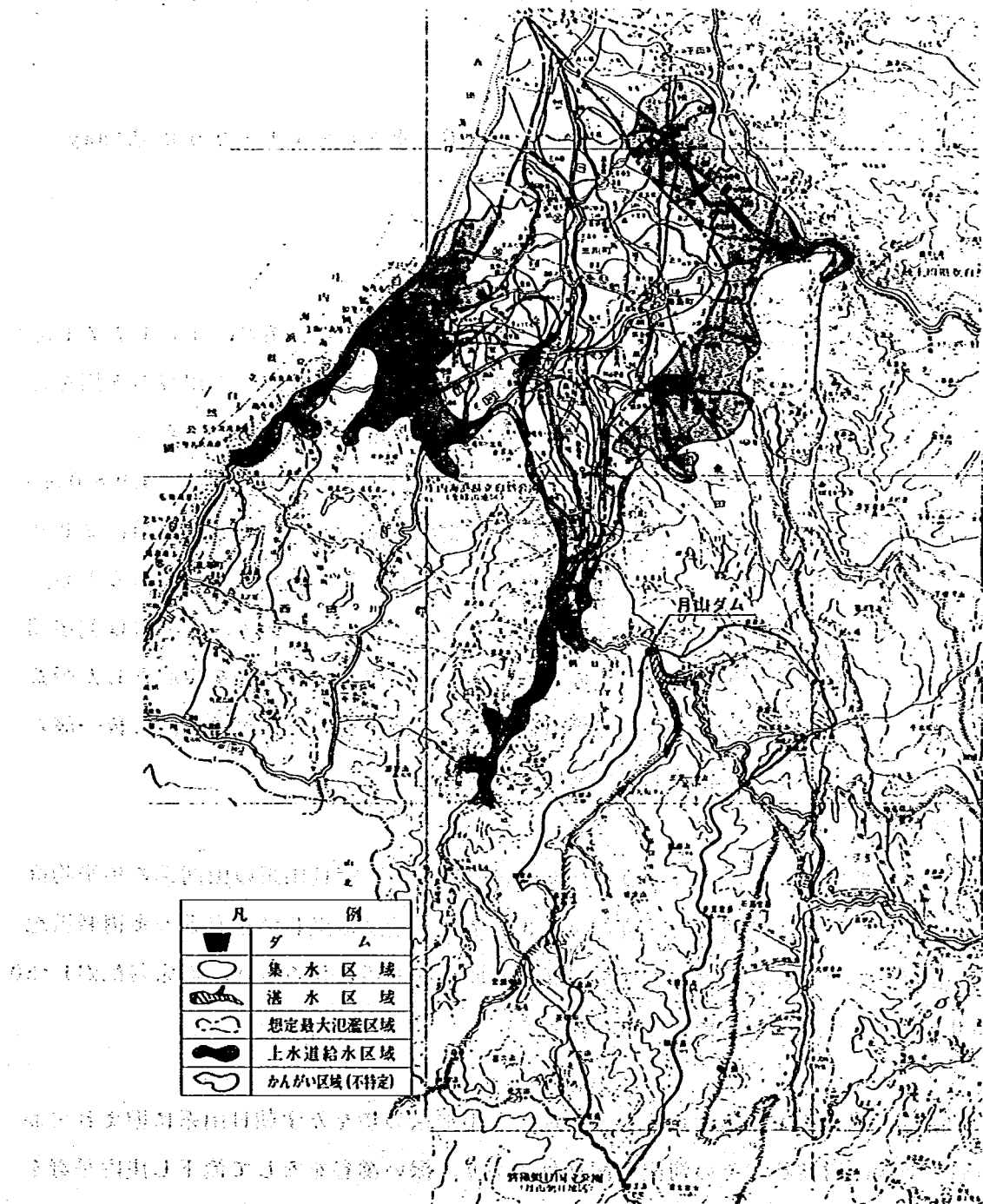


図-1 流域一覧図

ダムは、重力式コンクリートダムとして、高さ125.0m、総貯水容量 $65 \times 10^6 m^3$ 、有効貯水容量 $58 \times 10^6 m^3$ で、つぎに示す目的を達成する。

1-1 ダムの目的

1) 洪水調節

ダム地点の計画高水流量 $2,900 \text{ m}^3/\text{sec}$ のうち、 $1,900 \text{ m}^3/\text{sec}$ の洪水調節を行い、ダム地点下流の水害を防除する。

2) 流水の正常な機能の維持

ダム地点下流の梵字川および赤川沿岸の既得用水の安定供給を行う等、流水の正常な機能の維持と増進をはかる。

3) 水道用水

庄内南部地区の市町村に対し、ダム地点において水道用水として $118,000 \text{ m}^3/\text{day}$ ($1.37 \text{ m}^3/\text{sec}$) の取水を可能ならしめる。

1-2 流域の概要

赤川は、山形県の西部に位置し、その源を山形・新潟県の朝日山系以東丘 ($1,771 \text{ m}$) に発し、朝日村落合にて梵字川を合わせて庄内平野を北上し、内川、大山川等の支川を合流して日本海に注いでいる。その流域面積は 857 Km^2 、流路延長は 70 Km である。

梵字川は、その源を朝日山系寒江山 ($1,695 \text{ m}$) に発する梵字川と月山 ($1,980 \text{ m}$) に発する田麦川とから形成され、落合地区で赤川に合流している。その流域面積は 290 Km^2 、流路延長は 38 Km である。流域が多雨豪雪地帯に属し水量が比較的豊富であるため、上流部は水力発電の適地で、月山ダムの計画地点の上流にはハスダム、下流には梵字川ダムともに発電専用ダムが既に建設されている。また、下流沿川は米作を中心とした穀倉地帯となっており、さらに近年中核都市鶴岡市を中心に商工業の集積が進み、今後一層の発展が期待され、赤川の治水利水の役割は大きい。

1) 気象水文特性

日本海性気候地帯に属し、赤川水系の水源地帯にある月山、朝日山系の山間部の年平均降水量は $3,000 \text{ mm}$ 以上に達し、また、積雪深は $3 \sim 7 \text{ m}$ に達する東北でも有数の多雨豪雪地帯である。洪水は $4 \sim 5$ 月の融雪および $7 \sim 8$ 月の前線性降雨に代表され、河床勾配が $1/80 \sim 1/200$ と急なため洪水の伝播は非常に速い。

2) 地形、地質

赤川流域は、南北に連なる出羽丘陵と、新潟県と山形県の境をなす朝日山系に囲まれており、河川網の形状は樹枝状でその河床勾配は急であり、深い溪谷をなして流下し庄内平野をうるおしている。上流域は広大な樹林に覆われた自然豊かな地域であり、朝日連峰から月山一帯は国立公園となっている。

地域はいわゆるグリーンタフ地域に属しているが、基岩は朝日山系の花崗岩類と月山山系の安山岩類に大別され、この上層はところどころ新第三紀の海底火山活動による凝灰岩類や

月山の火山砕屑岩、火山泥流等に覆われている。

1-3 ダムサイトの地質

ダムサイト付近はグリーンタフ地域に属し、第三紀中新世初期の安山岩類、凝灰岩類（梵字川層）と第三紀新世～鮮新世のシルト岩類（田麦俣層）からなるが、ダムサイトでは梵字川層と安山岩貫入岩であり、これに被覆層として、新生代第四紀洪積世の段丘堆積層、第四紀沖積世の崖錐堆積層や現河床堆積層で構成されている。

1) 地 形

山腹傾斜は $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 前後であり、兩岸とも山腹は比較的急峻である。低位部兩岸には標高 $190 \sim 250\text{ m}$ 付近に河岸段丘が見られ、緩やかな斜面と平坦な斜面で形成されている。

2) 基礎岩盤

ダムサイトの基盤は、ほとんどが安山岩自破碎熔岩および凝灰角礫岩で構成されており、局部的にそれにはさまれた安山岩熔岩やこれらを通じた安山岩貫入岩が見られる。

3) 断 層

小規模断層が認められるが、大規模なものは認められない。

4) 崖 錐

全体的に厚さ $10 \sim 20\text{ m}$ の崖錐や段丘堆積物が認められる。

5) 河床堆積

ダムサイト下流約 700 m に既設の発電ダム（ほぼ満砂状態）があるため、その背砂として厚さ 25 m 程度の河床砂礫が堆積している。

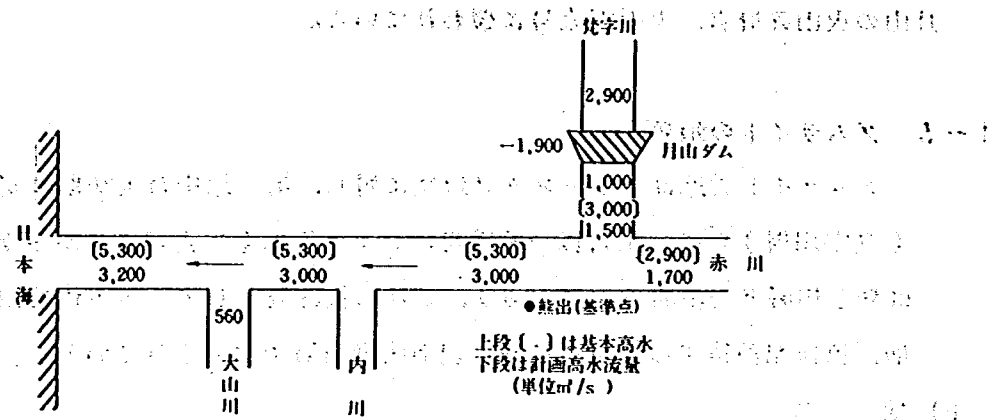
1-4 洪水調節計画

1) 基本高水および計画高水流量

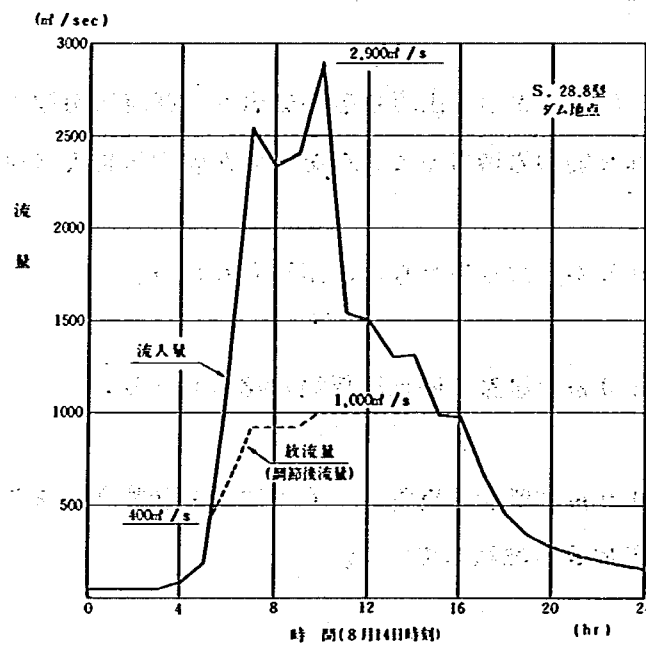
計画規模を雨量の年超過確率 $1/100$ とし、既往の代表洪水である昭和15年7月、21年6月、28年8月、30年6月、44年8月の5洪水について貯留関数法により検討した結果、熊出地点の基本高水流量を $5,300\text{ m}^3/\text{sec}$ とし、月山ダム等上流ダム群により $2,300\text{ m}^3/\text{sec}$ を調節し、計画高水流量は $3,000\text{ m}^3/\text{sec}$ とする。赤川の計画高水流量配分は図-2に示すとおりである。

2) 洪水調節計画

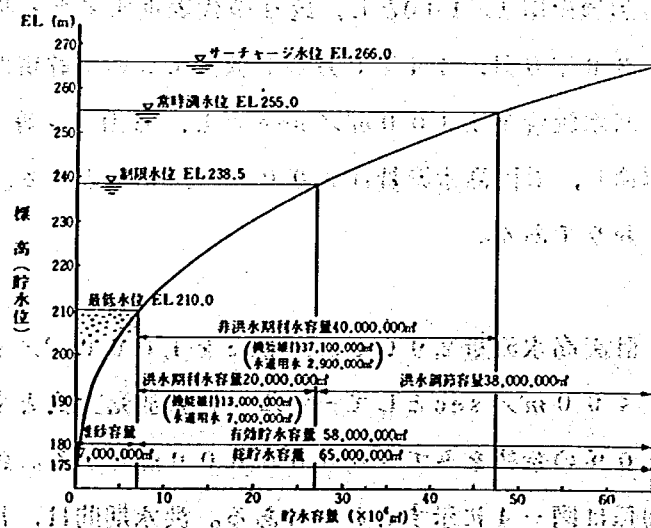
ダムサイトにおける計画高水流量 $2,900\text{ m}^3/\text{sec}$ を $1,000\text{ m}^3/\text{sec}$ に調節する。調節方法は、調節開始流量 $400\text{ m}^3/\text{sec}$ として一定率一定量放流方式とする。（図-3参照）調節に要する容量は2.0%の余裕をみて $38,000,000\text{ m}^3$ とする。調節計画に基づく貯水池の貯水位-容量の関係は図-4に示すとおりである。洪水期間は、出水実績等を考慮して6月1日から9月30日までとする。



図一 2 計画高水流量配分図



図一 3 月山ダム洪水調節図



図一 4 貯水位 - 容量曲線

3) ダム設計洪水流量

ダム設計洪水流量は、基準点の実績流量確率1/200, 実績雨量確率1/200, 既往最大流量, 地域別比流量図および近傍流域の最大洪水資料による雨域移動から求まる洪水流量のうちから最大となる実績雨量確率1/200で求められた $3,000\text{ m}^3/\text{sec}$ である。

1-5 ダムおよび貯水池

1) ダムの諸元

位置 左岸 山形県東田川郡朝日村大字上名川

右岸 山形県東田川郡朝日村大字大網

型式 重力式コンクリートダム

堤高 125.0 m

堤頂長 570.0 m

堤体積 $1,630,000\text{ m}^3$

非越流部標高 $\text{E L. } 270.00\text{ m}$

越流部標高 $\text{E L. } 266.00\text{ m}$

2) 貯水池

集水面積 240.0 km^2

湛水面積 1.8 km^2

湛水延長 7.0 km

総貯水容量 $65,000,000\text{ m}^3$

有効貯水容量 $58,000,000\text{ m}^3$

制限水位 $\text{E L. } 238.50\text{ m}$

常時満水位 $\text{E L. } 255.00\text{ m}$

サーチャージ水位 $\text{E L. } 266.00\text{ m}$

設計洪水位 $\text{E L. } 268.70\text{ m}$

最低水位 $\text{E L. } 210.00\text{ m}$

以上のダム計画の概要は月山ダム概要資料から抜粋したものである。

第2章 洪水吐きの設計原案

2015年5月4日

第2章 洪水吐きの設計原案

洪水吐きはダム計画から計画高水流量以下の流入に対応できる常用洪水吐きと計画流入量以上に対応する非常用洪水吐きそれぞれが必要と考えられる。

これら両者の必要放流量は常用洪水吐きで $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、非常用洪水吐きで $2,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。

常用洪水吐きは貯水池利用計画から管路流方式が採用されるのが通常であるが、非常用洪水吐きの型式はここでは全面越流型式を採用した。この選定主旨は次に示すとおりである。

- 1) 堤頂長が 570 m と長いことから越流幅を充分確保でき、貯水容量から見て下流河道の水位上昇速度およびダム高を選定できる余地がある。
- 2) 計画高水高水流量を上廻る出水に対してある程度の洪水調節機能を持たせられ、無操作で自然流下させ得るためダム管理上のメリットが大きい。
- 3) クレストゲート類が無いため将来の維持管理をほとんど必要としない。

以上から、月山ダムの洪水吐きは現場事務所の設計原案形状として常用洪水吐きは放流管、非常用洪水吐きは自由越流頂形式が採用された。これらの概略は図-5～図-8に示すとおりである。次に各洪水吐きの設計の概略を述べることにする。

図-5 常用洪水吐き
図-6 非常用洪水吐き

図-7 常用洪水吐き
図-8 非常用洪水吐き

第1節 洪水吐きの設計原案形状

1.1 常用洪水吐き（放流管）

放流管の最大放流量は計画から最大で $1,000\text{ m}^3/\text{sec}$ の放流能力を有すれば設計条件を満足するが、ここでは次に示す主旨に基づいて設計を行った。

- 1) 貯水池堆砂による治水容量の減少に伴う調節方式の変更や将来の流量改訂への対応等を考慮し、制限水位 E L. 238.50 m で $1,000\text{ m}^3/\text{sec}$ 放流可能なものとする。
- 2) 放流管の呑口中心標高は制限水位 E L. 238.50 m に対し管路流とし、貯水池の有効利用を図るためできるだけ低標高とするが、水平堆砂位 E L. 210.00 m とフィレットの上端標高 E L. 190.00 m を考慮して E L. 200.00 m とした。
- 3) 放流管の型式は最大放流量が大きく、設置標高での堤体縦断が長いことから半管路型式とし、呑口形状では4面ベルマウス形状とする。また、放流管の条数は放流量から2条とする。
- 4) 放流管の主ゲートとしての流量調節ゲートはラジアルゲートとし、予備ゲートはコースターゲートとする。

以上から、放流管の必要断面を求めると

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

ここに、

A : 放流管の吐口断面積 (m^2)

Q : 計画最大放流量 ($1,000\text{ m}^3/\text{sec}$)

n : 放流管の条数 ($n = 2$)

c : 流量係数 ($c = 0.9$ と仮定)

g : 重力加速度 ($= 9.8\text{ m}/\text{sec}^2$)

H : 放流管吐口中心から設計対象水位までの標高差

(E L. $238.50 - \text{E L. } 200.00 = 23.5\text{ m}$)

から、 $A \approx 20.224\text{ m}^2$ であり、吐口断面を正方形とすると、その1辺の長さは約 4.5 m が必要となる。吐口断面高を $D (= 4.5\text{ m})$ とし、ベルマウス形状は次に示す式によって求める一般的な放物線形状とした。

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

$$\therefore \frac{X^2}{(4.5)^2} + \frac{Y^2}{(1.125)^2} = 1$$

また、ベルマウス形状に接続し、呑口形状での急変流を整流する直管部の長さは 6.5 m とした。したがって、放流管の全長は 11.0 m で、正方形断面の水平管である。

次に、この放流管の下流面曲線は基本三角形の頂点を E L. 270.00 m とした堤体下流面勾配 1:0.8 と吐口からの自由落下曲線もしくはそれより緩かな曲線で設計すれば下流面での負圧がさけられる。

原案では、吐口断面下面を原点 (D C. 10.0 m, E L. 197.750 m) とした。堤体下流面の直線式と接する下流面曲線式を $Y = AX^2 + \tan \theta X (\theta = 0^\circ)$ とすると (ただし、座標は原点より右方向および下向き方向を正とする) 直線式は

$$Y = -\frac{1}{0.8}X - C = 1.25X - \{270.0 - (1.25 \times 10 + 197.75)\} = 1.25X - 59.75$$

であり、 $Y = AX^2 + \tan \theta X = AX^2$ から両式が接する条件により A を求めると $A = 0.00653765$ が得られるが、この式はバケットより下方になるため、バケットカーブ ($R = 20.0$ m で中心座標が D C. 81.21 m E L. 188.0 m) に接する曲線式として求めた。

したがって、原点より求めるバケットカーブの式は $(X - 81.21)^2 + (Y - 9.75)^2 = 20^2$ であり、この式と求める放物線式 $Y = AX^2$ が接する条件から、 $A = 0.005376$ であり、接点座標は、 $X = D C. 79.264$ m, $Y = E L. 171.959$ m となる。

主ゲートはゲート半径を D の 2 倍の $R = 9.0$ m とし、ゲートピンの位置は、吐口断面の上面標高 (E L. 202.25 m) より 2 m 高い E L. 204.25 m とした。したがって、ゲート下端と下流面曲線との交点座標は、 $X = D C. 12.588$ m, $Y = E L. 197.714$ m である。

以上により求められた放流管の詳細図は図-9~図-10に示すとおりである。

1.2 常用余水吐き(オリフィス) : 非洪水期の融雪洪水を孔あきによる自然調節とし、ダム管理の負担を軽減することと常時満水位の維持を主目的として設置する。この常用余水吐きの設計条件は次に示すものである。

常用余水吐きは非洪水期の融雪洪水を孔あきによる自然調節とし、ダム管理の負担を軽減することと常時満水位の維持を主目的として設置する。この常用余水吐きの設計条件は次に示すものである。

- 1) 余水吐きの放流能力はサーチャージ水位で $4.0.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の放流能力を有するものとする。
- 2) 余水吐きの設置標高は制限水位 E.L. 238.50 m 付近とする。
- 3) 非洪水期の洪水量が $400 \text{ m}^3/\text{sec}$ を上廻る場合には放流管による調節を行う。

したがって、その必要吐口断面は、先に示した(1)式に $n=1$, $H=266.0-238.5=27.5 \text{ m}$, $C=0.9$ を代入すれば $A=19.14 \text{ m}^2$ となり、吐口断面を正方形とすれば1辺の必要長さは約 4.5 m である。これは、常時満水位 E.L. 255.0 m 維持における余水吐きの流れの状態が管路流となる条件 $H/D > 1.8$ ($H=255-238.5=16.5 \text{ m}$, $D=4.5 \text{ m}$) を充分満たしている。

次に、余水吐きの傾斜角を既往設計資料から $\tan \theta = 1.0^\circ$ とし、余水吐きの管路長さを水平軸で 7.0 m 、吐口断面下面標高を E.L. 238.50 m とする。

余水吐きの呑口形状は4面ベルマウス形状を採用することとし、下面ベルマウスを基準とし、長円と短円の比を放流管と同様に $1:0.25$ とすれば各ベルマウス形状は

$$\text{上面ベルマウス} \quad \frac{X^2}{(4.9)^2} + \frac{Y^2}{(1.125)^2} = 1$$

$$\text{下面ベルマウス} \quad \frac{X^2}{(4.5)^2} + \frac{Y^2}{(1.125)^2} = 1$$

$$\text{側面ベルマウス} \quad \frac{X^2}{(4.7)^2} + \frac{Y^2}{(1.125)^2} = 1$$

これらの詳細な形状および寸法は図-11に示すとおりである。

余水吐きの下流面形状は放流管の場合と同様に吐口断面下面を原点とした堤体下流面直線式 $Y=1.25X-2.4$ と下流面形状を放物線とした $Y=AX^2 + \tan \theta X = AX^2 + 0.176327X$ ($\theta=1.0^\circ$) とが接する条件から、未知数 A を求めると $A=0.012008$ が得られ、下流面式は $Y=0.012008X^2 + 0.176327X$ となり、接点の座標は $X=44.707$ および $Y=31.883$ である。さらに、流量調節用の主ゲートはラジアルゲートとし、半径 $R=9.0 \text{ m}$ 、ゲートピン標高を E.L. 243.50 m とした。

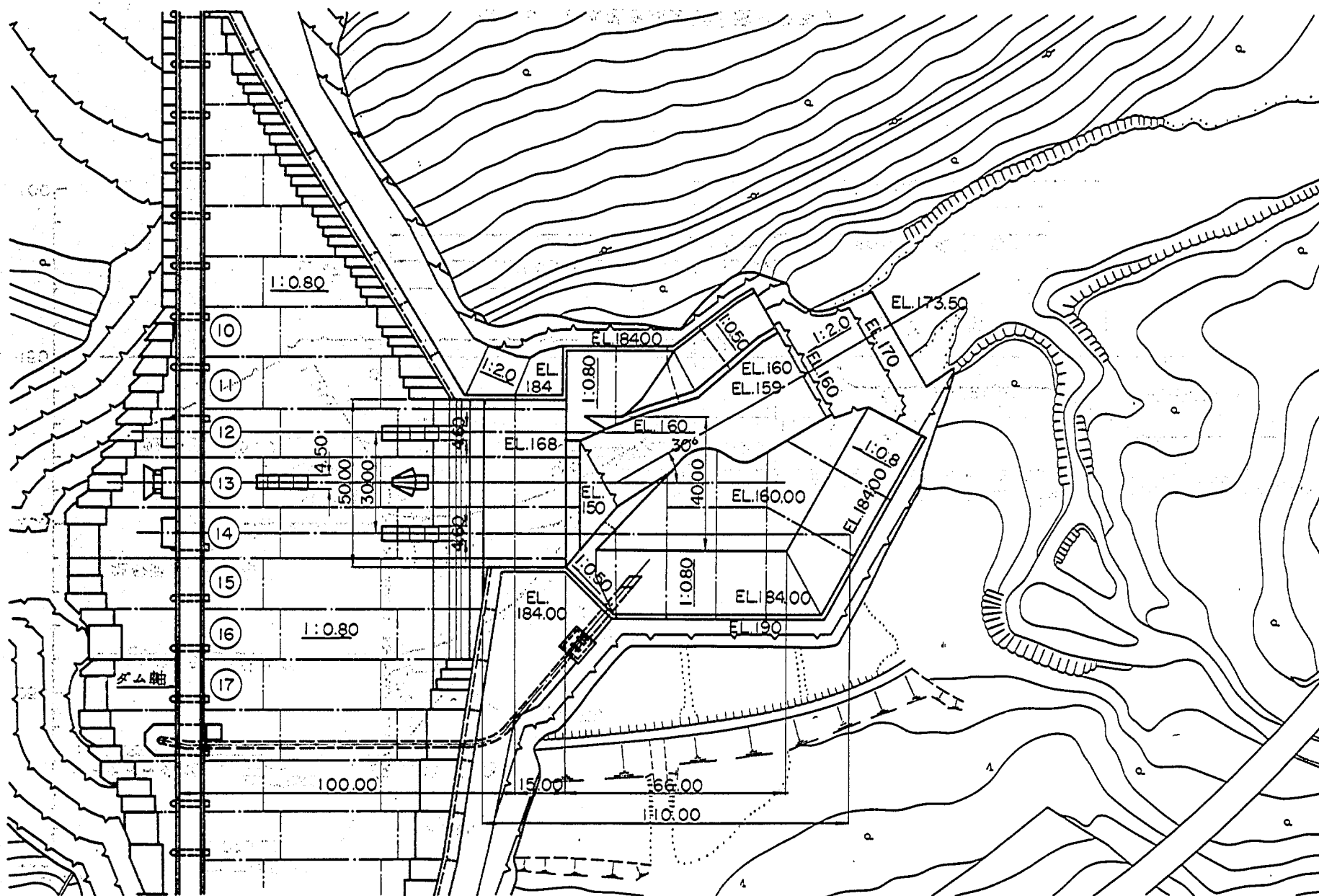
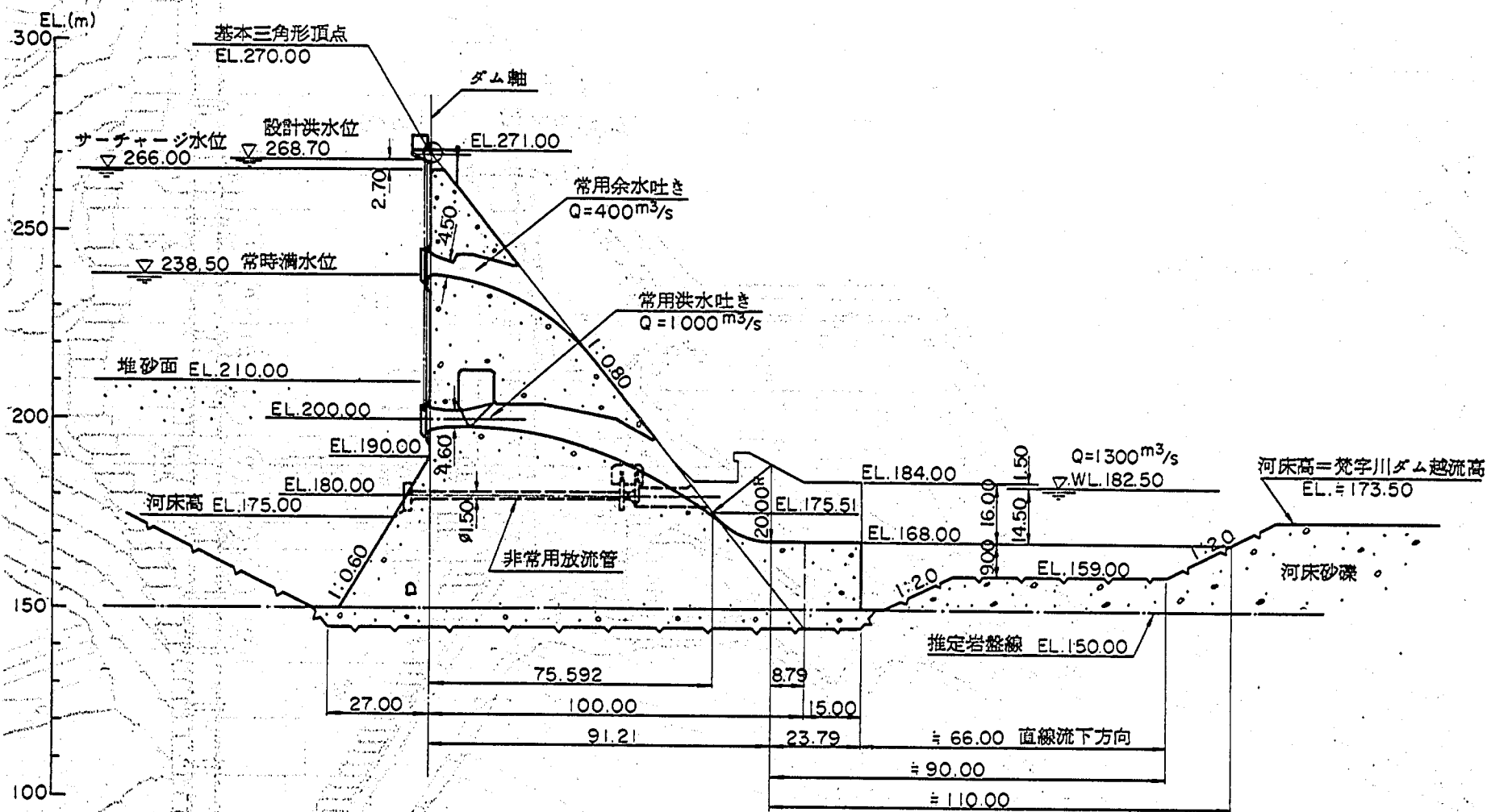


図-5 洪水吐き平面図（設計原案）



図一 6 洪水吐き縦断面図 (設計原案)

図-7 洪水吐き上流面図（設計原案）

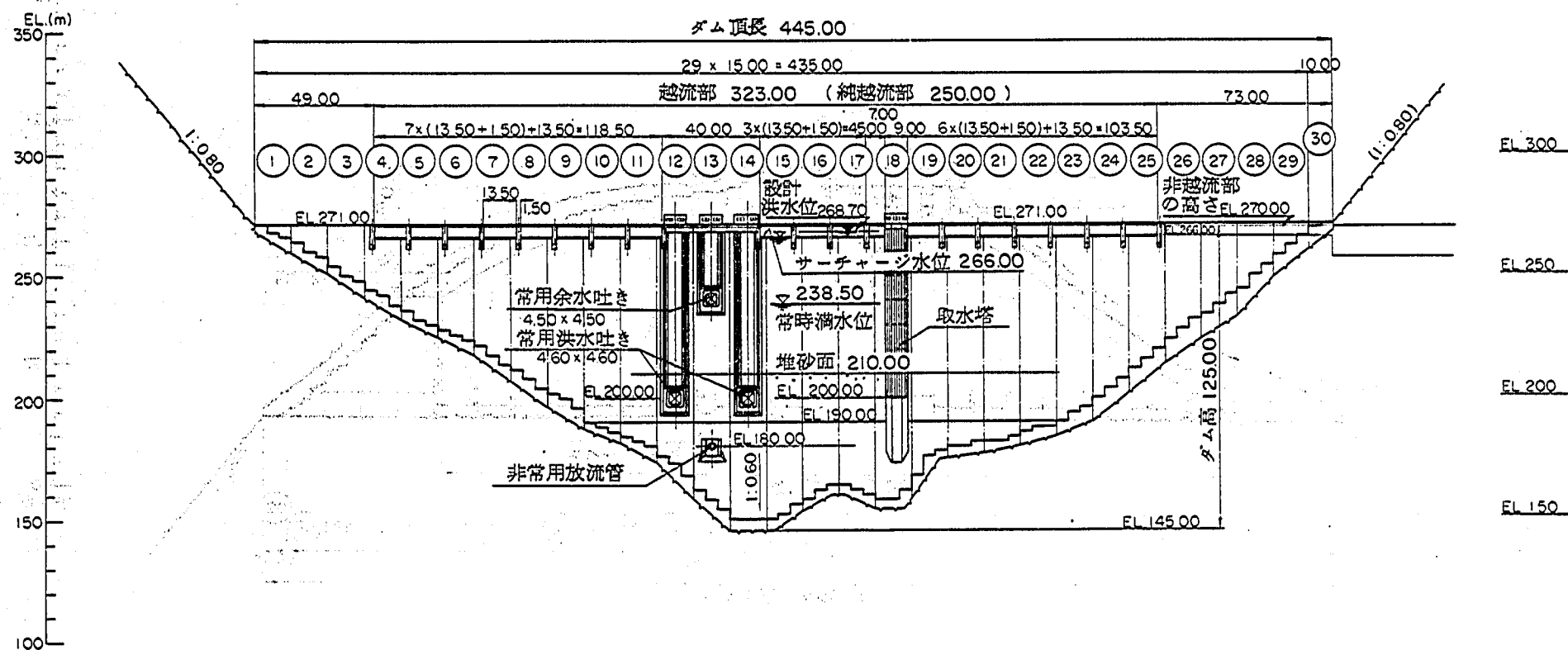


図-7 洪水吐き上流面図（設計原案）

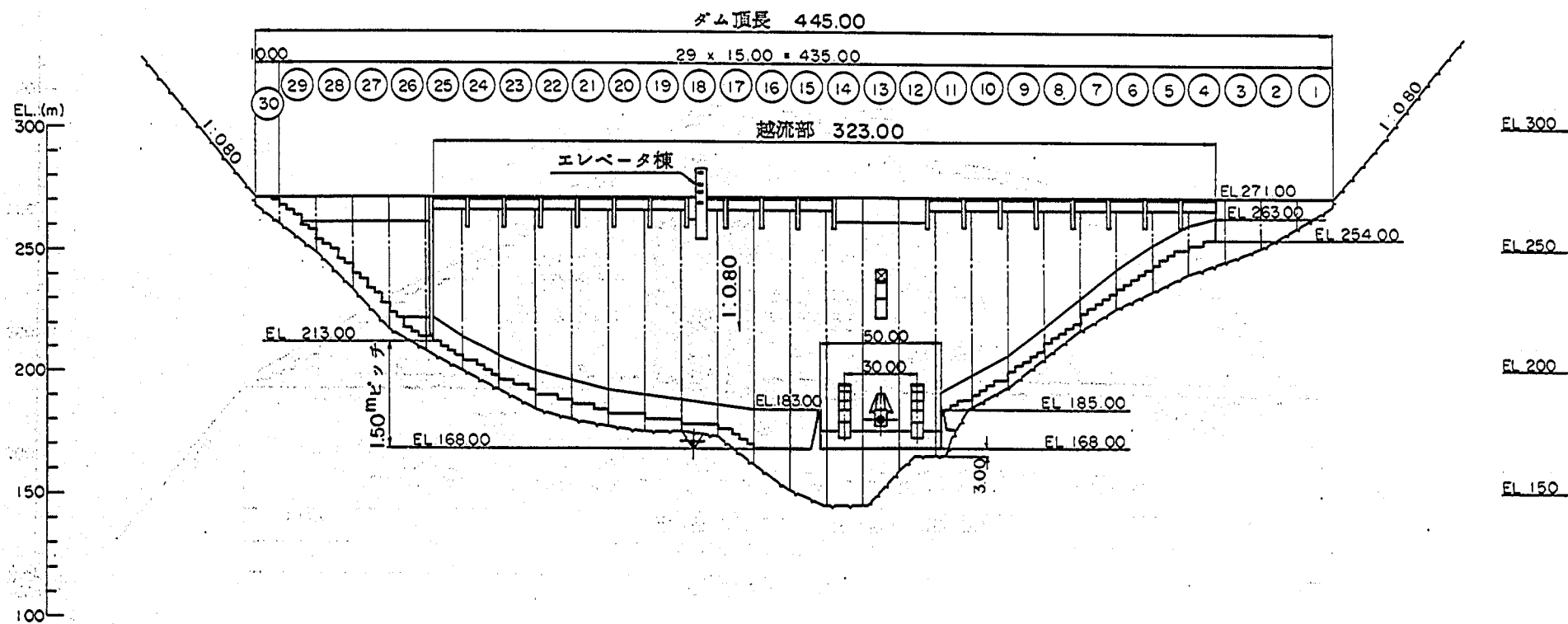


図-8 洪水吐き下流面図(設計原案)

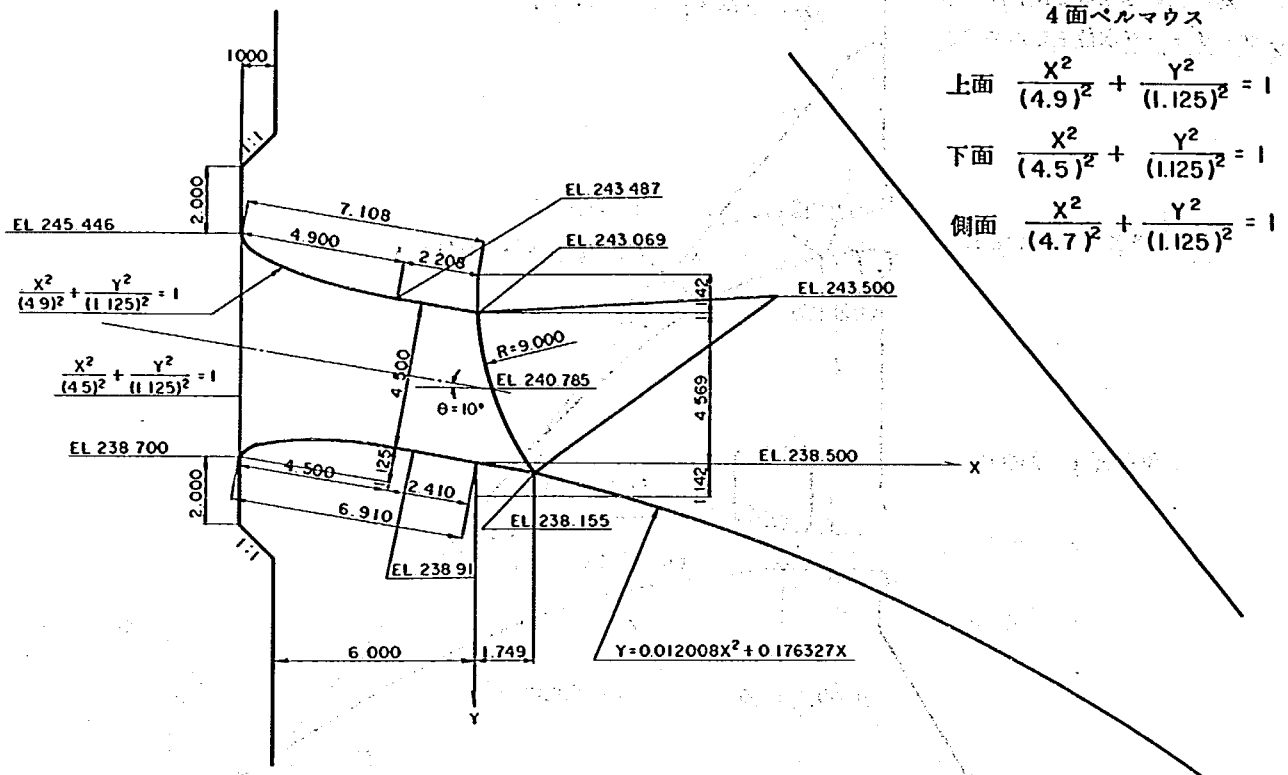


図-11 オリフィス部縦断面図（設計原案）

1.3 非常用洪水吐き（自由越流堤）

計画規模以上の流入洪水を放流する非常用洪水吐きの型式は前述の如くサーチャージ水位 E L. 266.0 m に敷高を合わせた自由越流堤であり、その放流能力はダム設計洪水流量 3,000 m³/sec から計画最大放流量 1,000 m³/sec を差引いた 2,000 m³/sec を放流できれば良く、その設計水深は 2.70 m（設計洪水位 E L. 268.70 m - E L. 266.00 m）である。

したがって、その越流幅の必要長は、次式から、

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

ここに、

B：越流幅（m）

Q：設計流量（= 2000 m³/sec）

C：流量係数（ここでは、越流頂形状を台形とし、C = 1.8 と仮定）

H：越流水深（2.7 m）

B の必要長は約 250 m となり、径間ピア幅を 1.5 m、1 径間を 13.5 m とすると 19 径間が必要となる。（資料第 1 巻）

1.4 洪水吐きの配置

これまで述べてきたように、洪水吐き（余水吐きも含む）の必要数は放流管2条、オリフィス1条および自由越流部1.9径間であり、ダムブロックジョイントの横幅を15mとした場合、洪水吐き中心線と下流河道の位置関係を考慮すると、図-8に示したように、堤体中央部の3ブロックに放流管2条とオリフィス1条を配置し、自由越流部は左岸側に8径間、右岸側に1.1径間の非対称配列となる。これら、自由越流部からの流れは地形掘削後のダム下流面の岩盤とのジョイントとして打設されるフーチングを利用したいわゆる堤趾導流部によって減勢工に導かれる。このフーチング形状はワンリフト1.5mを基準とし、地形掘削ラインに沿わせた。この場合、ここで特に問題になると思われるのは右岸側の越流頂と堤趾部の越流落差が大きいため、堤趾導流壁が相当な高さが必要となることが予想される。

1.5 減勢工

図-5に示したように、洪水吐き中心線と下流河道の河芯線が一致しないため、減勢後の流れを河道に沿わせるには減勢工の形状は平面屈曲形状となる。

減勢工付近の河床は前述した梵字川ダムの背砂が堆積し、その深さは平均で2.5m程度となっている。また、減勢工下流の水位はこの既設ダムによるせき上げ背水によってかなり高い計算結果が得られている。

このような現況から、減勢工の設計形状は噴流拡散式、水平水叩き式、順傾斜水叩き式およびローラーバケット式等が考えられるが、いずれも一長一短があって一概に決められない。したがって、最終的決定は水理模型実験の結果に委ねることになるが、ここでは図-6に示したようにE.L.168.00mを水平水叩きとした噴流拡散式とした。

減勢工導流壁は水平水叩き下流端までは鉛直とし、その下流は地形掘削に沿わせた鉛直壁と傾斜壁の複合断面形状である。また、導流壁は下流河道に流れを沿わせるため、右岸側は水平水叩き下流端から下流6.6mで120°、左岸側は同様に3.2m地点で140°のそれぞれ屈折形状となっている。

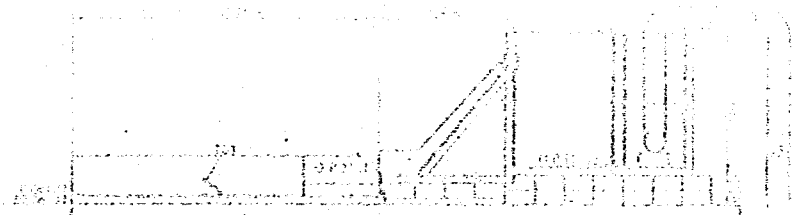


図-6 一般模範図(全) 図-8

第2節 原案設計形状の水理模型実験

洪水吐きの原案設計形状に対する水理的な検討は全体模型実験により流況および放流特性上の問題点を把握し、それらの問題点については改善を施し、最善策を適宜見出すこととした。また、各洪水吐きの放流能力および圧力特性等についてはそれぞれの抽出拡大模型によりその詳細を検討することとした。

2.1 実験の目的および内容

本実験は、月山ダム洪水吐き形状として全面越流型式を採用した場合の洪水吐きの最適形状、設計資料およびダムの管理資料を収集すると同時に問題点を把握し、その改善策について検討を加えることを目的とする。

したがって、実験は全体模型での問題点を適宜改善しながら進め、それらの検討結果を盛込んだ抽出実験を実施する。

実験内容は、実施項目が数多いため、以下に述べる検討結果を各項目ごとに記述することとする。

2.2 全体模型

洪水吐きの全体模型は、実物との縮率を $1/62.5$ とした幾何学的な相似模型で、模型は図-12に示すように高さ 2.3 m ×最大幅 6.0 m ×長さ 9 m の範囲に流入部での接近流速を無視できる程度の貯水槽、ダムの堤体、減勢工および下流河道の地形模型を取り入れた。

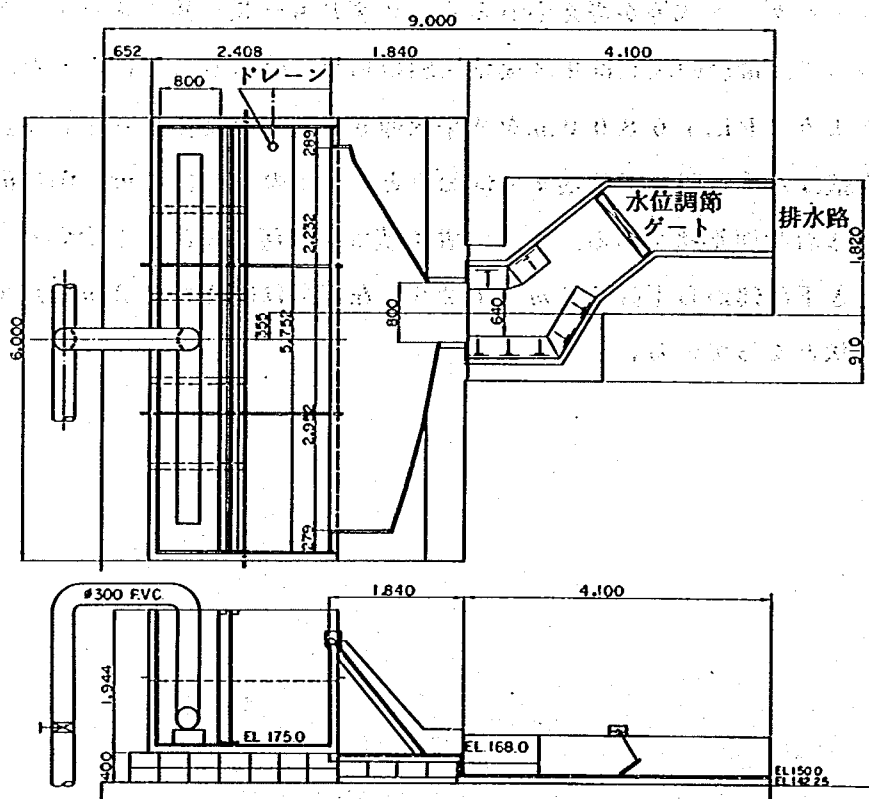


図-12 全体模型製作一般図

模型は写真-1に示すように、堤趾導流壁および減勢工導流壁の片側は流況を可視するため透明アクリル製であるが、他は木製加工により製作した。その主材料は直線部は杉正角ラワン合板とし、曲線部は米杉板またはラワン平割材を使用している。

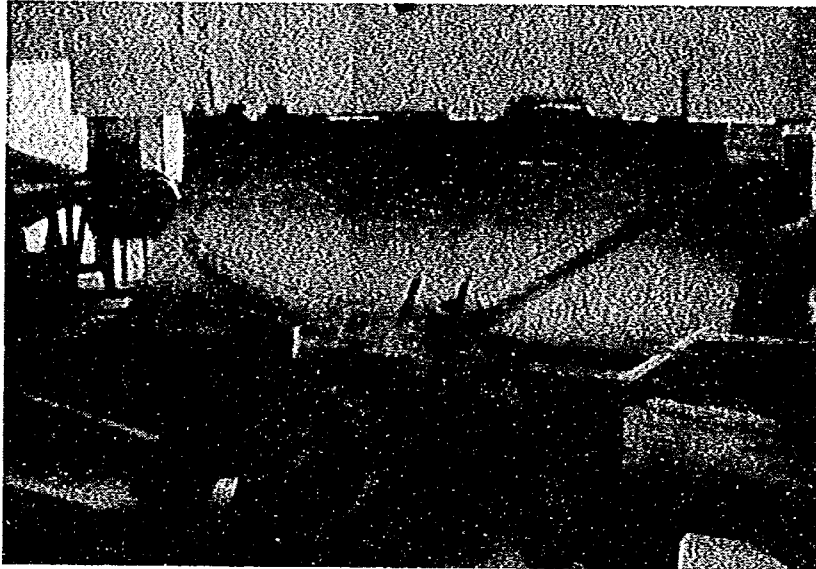


写真-1
模型全影
全面越流型

模型の製作精度は各断面に対して洪水吐き関係は $\pm 1\text{ mm}$ 以内、他の部分はおおむね $\pm 3\text{ mm}$ 以内で製作されており、表面は合成樹脂調合ペイント2~3回塗りで仕上げたものである。

下流河道地形の製作範囲は減勢工末端から 150 m 区間を取り入れ、現況河床高付近 (E.L. 173.0 m) から推定岩盤線 (E.L. 150 m) までは兩岸の地形を鉛直にカットし、土砂を敷き並べた移動床とした。

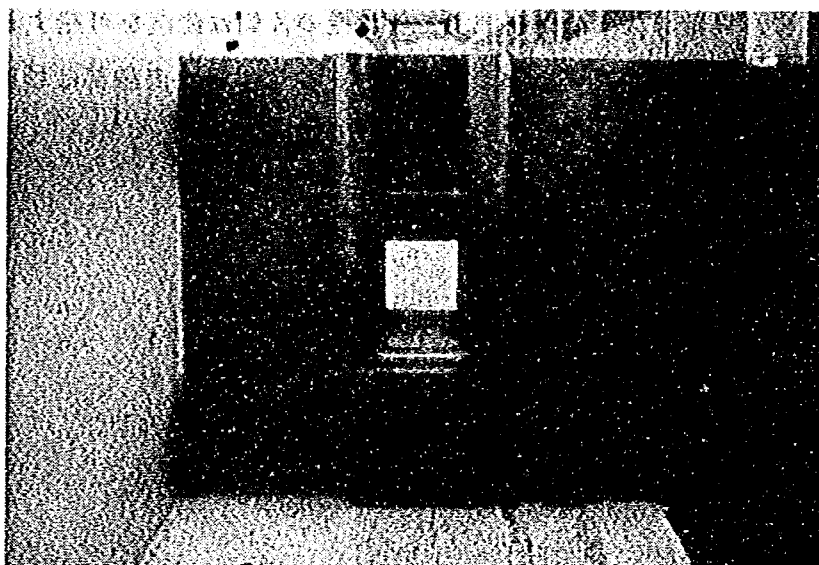
2.3 抽出模型

各洪水吐きの詳細資料 (貯水位-ゲート開度-放流量、管内圧力、開水路底面圧力および水面形等) を調査するためにクレスト1門の抽出模型 (縮尺 $=1/20$)、上段オリフィスの抽出模型 (縮尺 $=1/25$)、および下段放流管1条の抽出模型 (縮尺 $=1/30$) をそれぞれ製作した。

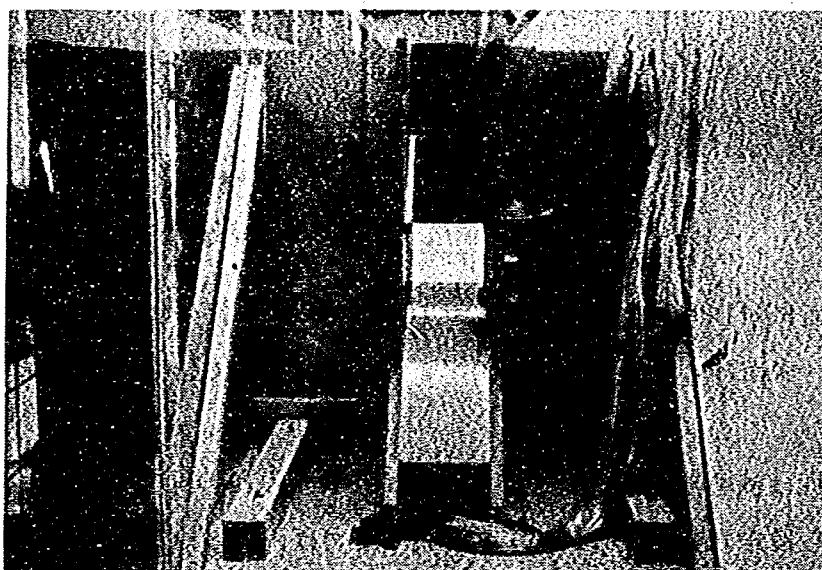
クレストの抽出模型は図-34に示すように越流頂形状3種類と両側ピアを木製加工で製作し、全体模型と同様に塗装仕上げを施した。

オリフィスの抽出模型は図-35、および写真-2、3に示す範囲を木製加工で製作し、片面は管内および開水路の流況を観察できるように透明アクリル板を使用した。

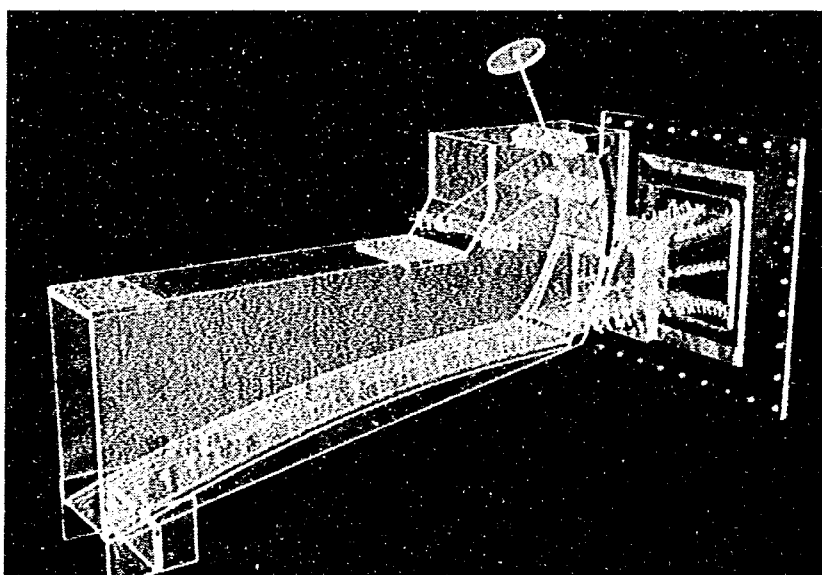
下段放流管の抽出模型は図-36a~36cおよび写真-4、5に示すように、木型を用いた透明アクリル板の熱加工の後、整形処理を施したものである。



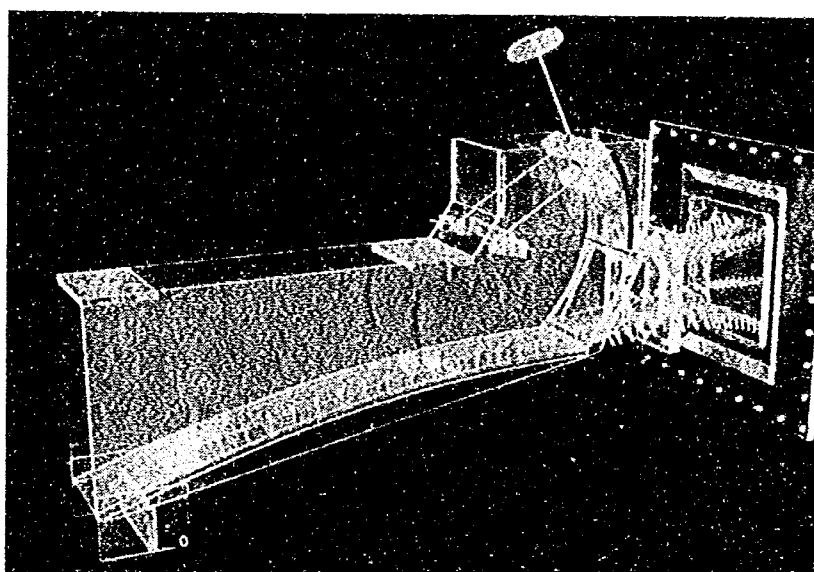
写真一2
オリフィス抽出模型
上流面



写真一3
オリフィス抽出模型
下流面



写真一4
放流管抽出模型
(絞り有り)



写真一5
放流管抽出模型
(絞り無し)

2.4 相似律

本実験における水理現象は空気速行現象を除いて実物と模型での相似関係は重力の影響が支配的であるので、フルードの相似律に従って行った。

したがって、各模型に対する基本諸量の縮尺は次表に示すとおりである。

基 本 量	縮 尺 関 係	洪水吐き 全体模型	上段オリフィス 抽出模型	下段放流量 抽出模出
長さの縮尺 K_L		1/62.5	1/25	1/30
時間 " K_T	$K_L^{1/2}$	1/7.906	1/5	1/5.477
流速 " K_V	$K_L^{1/2}$	"	"	"
流量 " K_Q	$K_L^{5/2}$	1/30.881	1/3.125	1/4.930
圧力 " K_P	K_L	1/62.5	1/25	1/30

2.5 計測方法

本実験での水理諸量の計測事項と計測方法は次のとおりである。

- 1) 流量は実験模型への給水システムの途中に設置された電磁流量計(100φおよび300φの切換で実験流量5ℓ/sec~700ℓ/sec内は測定精度±1%以内)で計測した。
- 2) 貯水位は貯水槽又は圧力水槽と連通管で接続された水位管の水面を1/10mm目盛まで直続できるポイントゲージまたは1mm目盛付きのストレッチで計測した。
- 3) 水面形は各測点に対して基準高との差をポイントゲージまたは1mm目盛付きのストレッチで測定した。

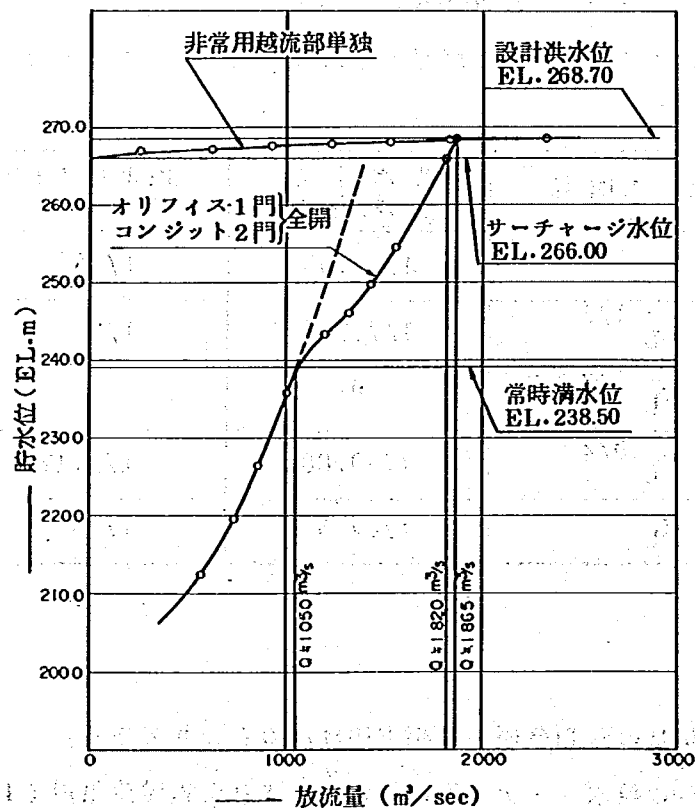
- 4) 圧力は各圧力測定位置に埋設したピエゾ管の圧力をマンノメーター板に連絡し、基準高からの水柱高として1mm目盛付きスケールで直続した。
- 5) 流速はプロベラ式流速計の10秒間の回転数を3回計測し、その平均値から換算した。
- 6) 流況は目視および写真、ビデオ撮影を実施し、流況図を作成した。

2.6 全体模型実験の検討結果

2.6.1 洪水吐きの放流能力

洪水吐きの設計原案形状における貯水位における貯水位－放流量の関係調査は、オリフィス1条および放流管2条の全開放流と非常用越流部19径間単独放流の2ケースについて行った。

この結果は図－13、図－14 および表－1 に示すとおりである。これらに示す越流部の流量係数は先に示した(1)式で求めたものである。



図－13 貯水位と放流量の関係

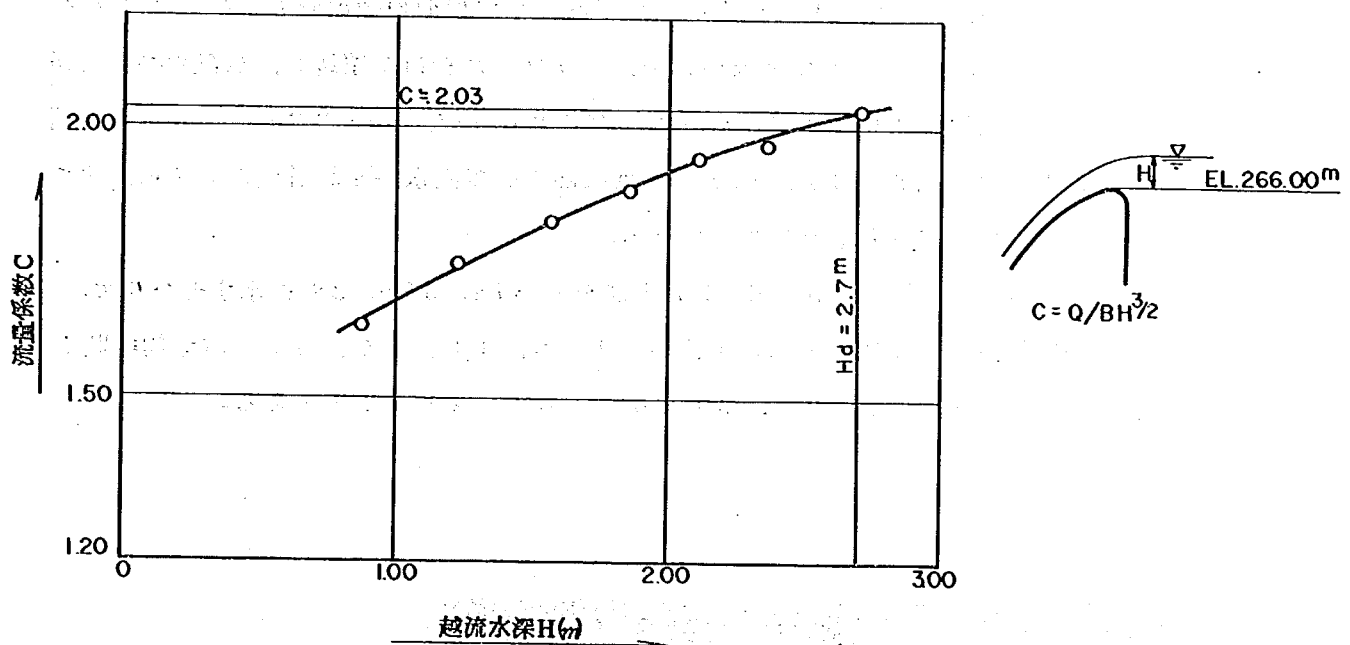


図-14 越流水深と流量係数の関係

これらの実験結果および解析結果から次のことが明らかになった。

- 1) 制限水位 EL. 238.50 m でゲート全開時の放流管2条の放流能力は約 $1,050\text{ m}^3/\text{sec}$ であり、設計放流量 $1,000\text{ m}^3/\text{sec}$ を満足している。
- 2) サーチャージ水位 EL. 266.00 m でオリフィス1条と放流管2条の全国放流量は約 $1,800\text{ m}^3/\text{sec}$ であった。したがって、常用オリフィスの放流量が仮に設計どおり $400\text{ m}^3/\text{sec}$ とすれば放流管2条分は $1,400\text{ m}^3/\text{sec}$ であり、 $1,000\text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時の放流管のゲート開度は約7割開度であることがわかる。
- 3) 非常用洪水吐き19径間の設計洪水水位 EL. 268.70 m での放流量は約 $2,300\text{ m}^3/\text{sec}$ であり、その時の流量係数は $C = 2.03$ であった。本実験では越流頂形状を標準型としているため実験値の C は設計時の $C = 1.8$ より約13%程度上廻っている。
- 4) 以上から、当然ではあるが、洪水時はサーチャージ水位時に放流管2条によって計画最大放流量 $1,000\text{ m}^3/\text{sec}$ を放流し、越流頂形状を設計時の台形状とし $C = 1.8$ 程度とすれば非常用洪水吐きからの放流量は設計洪水水位で $2,000\text{ m}^3/\text{sec}$ となり、放流管ゲートを閉操作しない限り、全洪水吐きからの放流量は設計洪水水位時にダム設計洪水流量 $3,000\text{ m}^3/\text{sec}$ をわずかに上廻る結果となる。

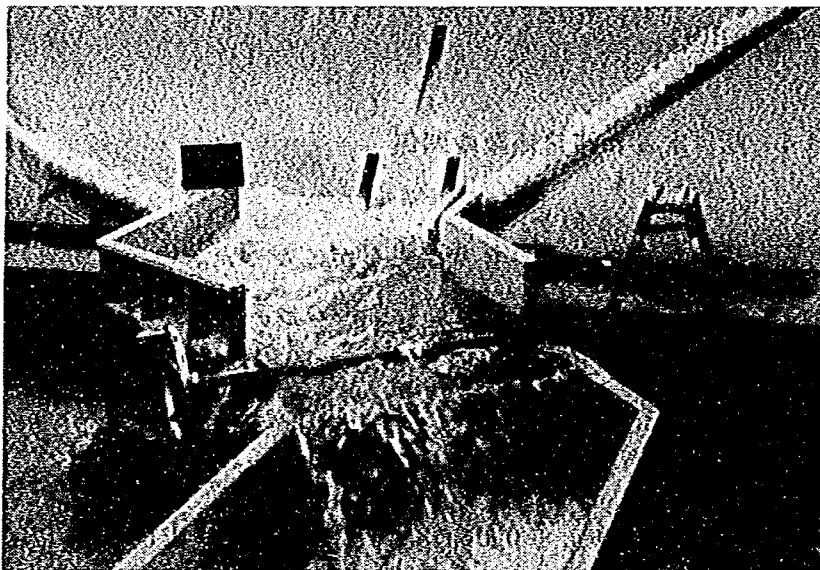
2.6.2. 堤趾導流部の検討結果

堤趾導流部のフィレットは図-8に示したように左岸側が EL. 254.0 m から EL. 185.0 m 、右岸側で EL. 213.0 m から EL. 168.0 m まで、越流頂からは最

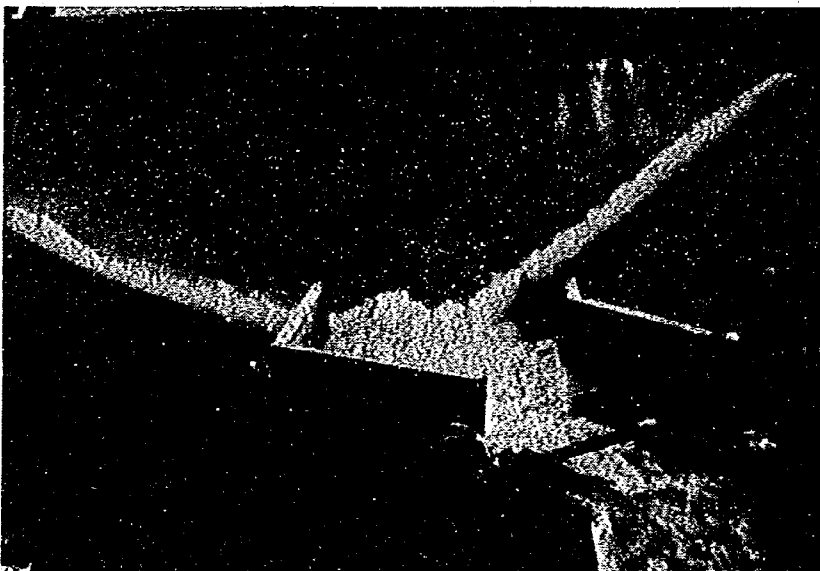
上段でそれぞれ 12 m および 53 m の落差がある。

堤趾導流部の流況，流速および水面形測定は，全体模型の放流管およびオリフィスにはゲートが取り付けられていないため，オリフィス呑口を閉塞し，放流管2条と越流部からの放流量を $3,000\text{ m}^3/\text{sec}$ および $3,800\text{ m}^3/\text{sec}$ の2ケースについて行った。この場合の $3,800\text{ m}^3/\text{sec}$ とは越流部での越流水深を設計値の 2.7 m ，すなわち，設計洪水位に合わせた放流量である。

これらの結果は，流況写真-6，7および図-37a，37b，38に示すとおりで，流速の測定位置は左岸側堤趾部の上流から1，8，18，27，35と右岸側堤趾部の上流から1，9，17，23，30のそれぞれのフィレット上である。



写真一6
堤趾導流部の流況
貯水位=EL 26820m
 $Q=3,000\text{ m}^3/\text{sec}$



写真一7
堤趾導流部の流況
貯水位=268.70m
 $Q=3,800\text{ m}^3/\text{sec}$

測定および観察結果からつぎのことが明らかになった。

- 1) $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時は越流部からの放流量がおおよそ $1,600 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、貯水位は E L. 268.2 m 程度であり、この値は設計水深より約 0.5 m 低いため、導流壁での水脈のはね上りは写真-8.9で明らかなように導流壁高を超えていない。それでも左岸側導流壁の下流と右岸側導流壁の上流は壁高いっぱいである。

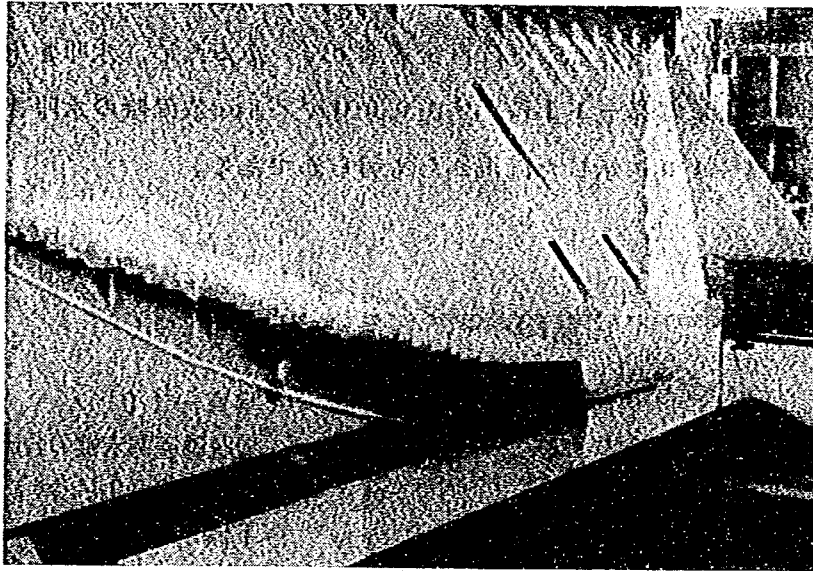


写真-8
右岸側堤趾部の水面高
 $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$

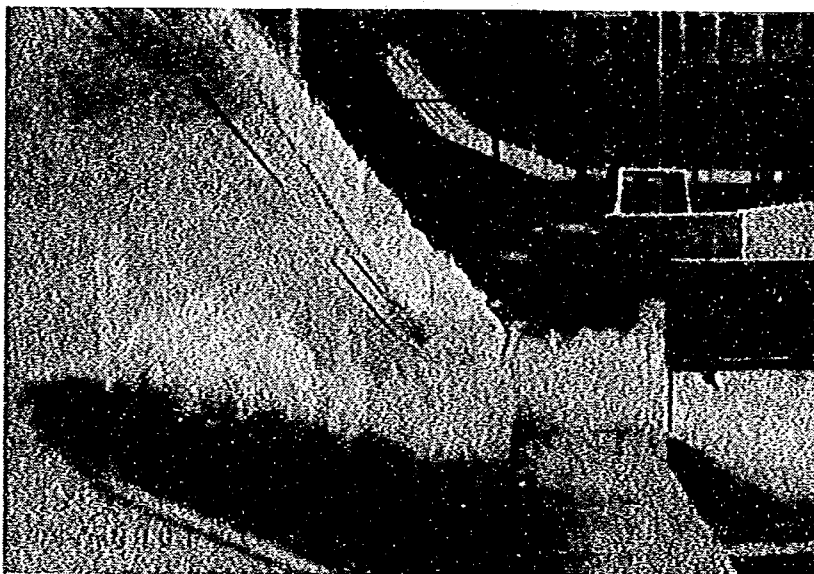


写真-9
左岸側堤趾部の水面高
 $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$

- 2) 設計洪水位に合わせた $3,800 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時における導流部での最高水面形の測定結果は図-37a, 37bに示したように左側では中間付近が最高水面となり、その値は 11.2 m 、右岸側では上流付近が最高水面でその値は 10.8 m でいずれも導流壁を越波している。この結果と越流水の落差は右岸側が左岸側に比べ4倍強も高く、越流部の単

位幅流量は左右で一定であること等を考えると、水脈のはね上り高さは平面的な導流壁の拡がり角度と導流部の平均勾配に大きく左右されるものと思われる。

3) 設計洪水位放流における堤趾導流部の底面付近の下流への流れ方向の流速は図 38 に示したように左岸側では勾配が急なため、下流に行くに従って加速されるが、右岸側では導流部の平均勾配が緩やかなため導流部での減勢が効き流速値はそれ程増加していない。

4) 堤趾導流部左右の流れは、写真-10に示すようにほぼ水叩き中央部で衝突し下流に分散している。また、放流管の高速流れともほぼ直交状態でぶつかるため、水叩き上での減勢効果が大きい。このことは写真-11に示す $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時の水叩き下流への水脈の飛散距離と写真-10に示した流況からも明らかである。

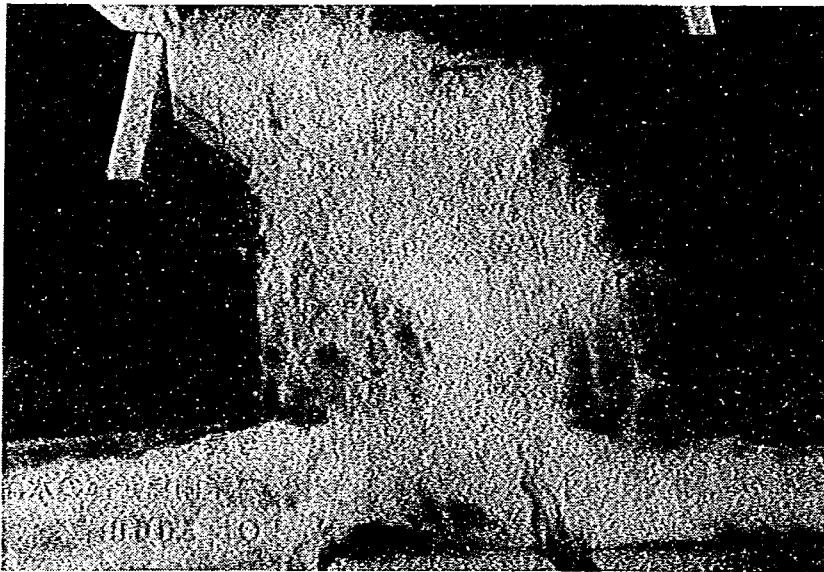
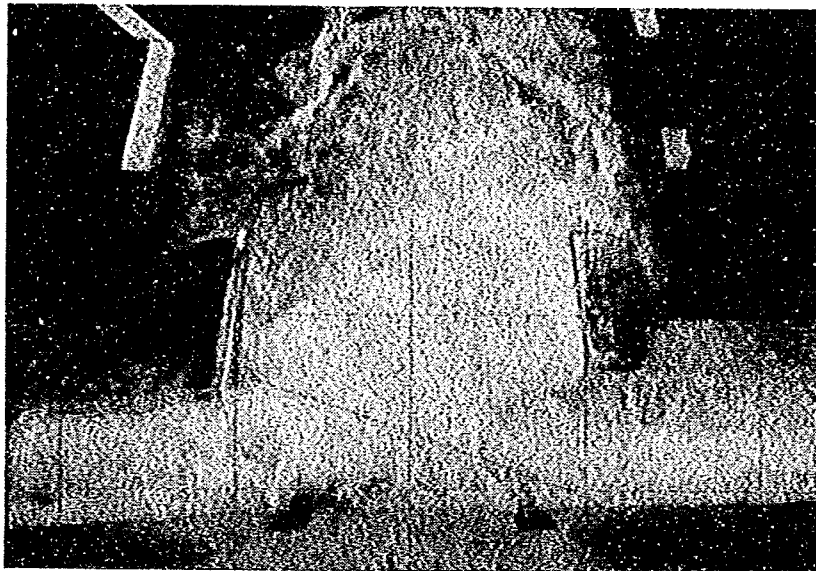


写真-10
堤趾導流部末端の合流状況
 $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
下流水位無し



写真-11
放流管単独放流の水叩き
からの飛散状況
 $Q = 1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
下流水位無し

しかし、写真－１２に示すように、設計洪水位での放流状態では導流部の流積が増し、左岸側放流管の出口に導流部の流水がかぶさっている。また、下流水位がある場合には写真－１２に示したように導流部の水脈の飛び出し高さが異なるため、右岸側導流部からの流れの上に左岸側導流部からの流れが重なり、合流後の流れは右岸に片寄っている。



写真－１２
堤趾導流部末端の合流状況
 $Q = 3,800 \text{ m}^3/\text{sec}$
下流水位＝E L. 188.30 m

2.6.3. 減勢工の検討結果

月山ダムの減勢工は前述のように、洪水吐きの中心線と下流河道の河芯線が一致しないため、その形状は平面湾曲あるいは屈曲形状となることと、下流発電ダムのせき上げ背水と背砂位（基岩から約25 m堆積）がかなり高く一般的な水平水叩き形式が採用しにくいという難点がある。そこで、ここではいくつかの減勢方式について順次検討を加え最適形状を見い出すこととした。

検討した実施形状ならびに減勢方式は次表に示すとおりで、今後はこの順序に従って実験結果を述べることにする。なお、常用余水吐きは抽出実験の項で後で詳しく述べるが、ここでは、敷高をE L. 255.0 mとし、その形状を1面ベルマウス形状として改造されている。

実験種別	減勢工導流壁断面形状	減勢方式
実験 A	平面屈曲複合断面	噴流拡散式 水平水叩き式 順傾斜式
実験 B	平面湾曲長方形断面	順傾斜式 水平水叩き式

1. 実験 A

ここでは、図-5に示したように減勢工の導流壁を平面屈曲複合断面とし、3種類の減勢方式について比較検討を実施した。

この3種の選定理由ならびに設計主旨の概略はつぎのとおりである。

1) 噴流拡散式

減勢工から約600m下流の既設ダム（越流頂天端標高EL. 173.47m）の越流量とせき上げ背水位の関係から求められたダムサイトでの水位と流量の関係は図-15に示すとおりである。

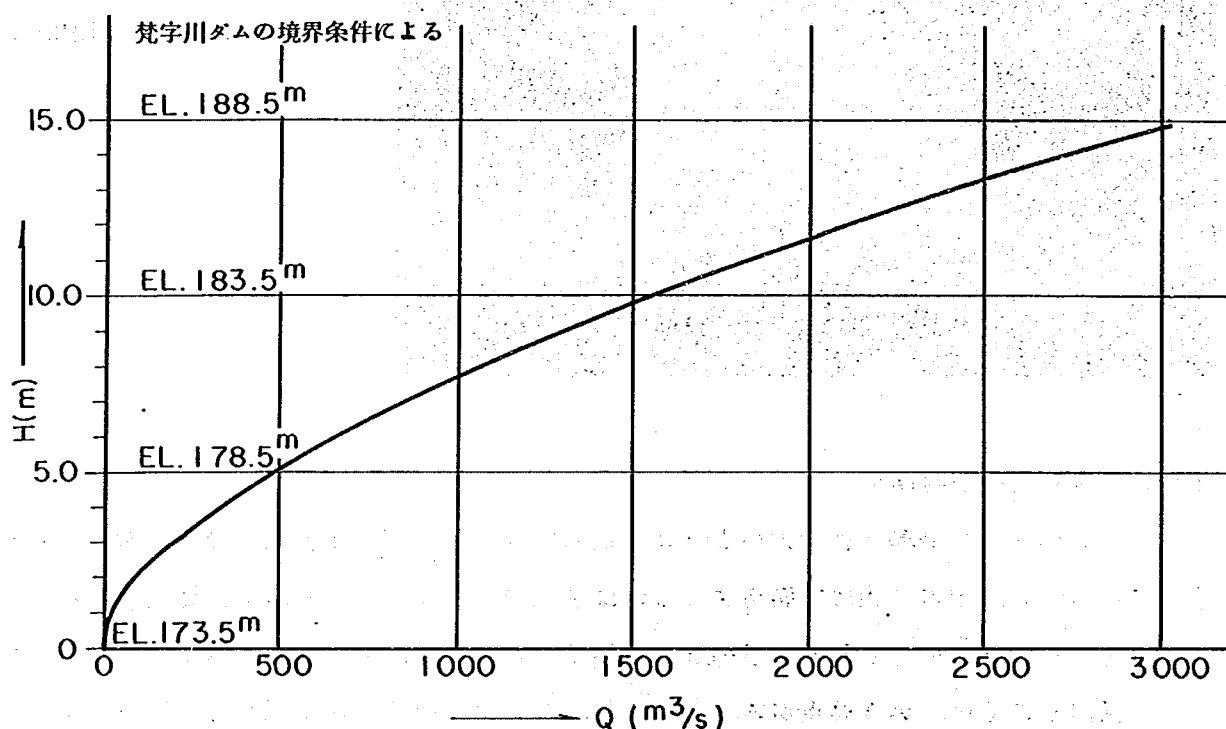


図-15 ダムサイトの水位(H)ー流量(Q)曲線

この図から明らかなように、減勢工の推定岩盤線EL. 150.0mに比べ、下流水位は計画最大放流量1,000 m^3/sec に対しEL. 181.0m、ダム設計洪水流量3,000 m^3/sec に対してはEL. 188.3mであり、しかも既設ダムの越流頂標高とダムサイト付近の河床高(EL. 173.50m)はほとんど一致していることから現況河床はダムまで水平堆砂に近い形状と思われる。したがって、既設ダムの排砂(排砂設備はある)が進まない限り、現況河床は変化がなく、減勢工ではかなり高い背水位が期待できる。

以上から、減勢工形状は図-16に示す最も経済的に施工できる水平水叩きによる噴流拡散式とした。この水平水叩き敷高は次式(3.1)～(3.5)によって求まる理想跳水の対応水深と背水位との比較を繰返し試算し決定した。この結果、水平水叩き敷高はEL. 168.0mであり、この敷高での試算結果はつぎのとおりである。なお、設計対象流量は計画高水流

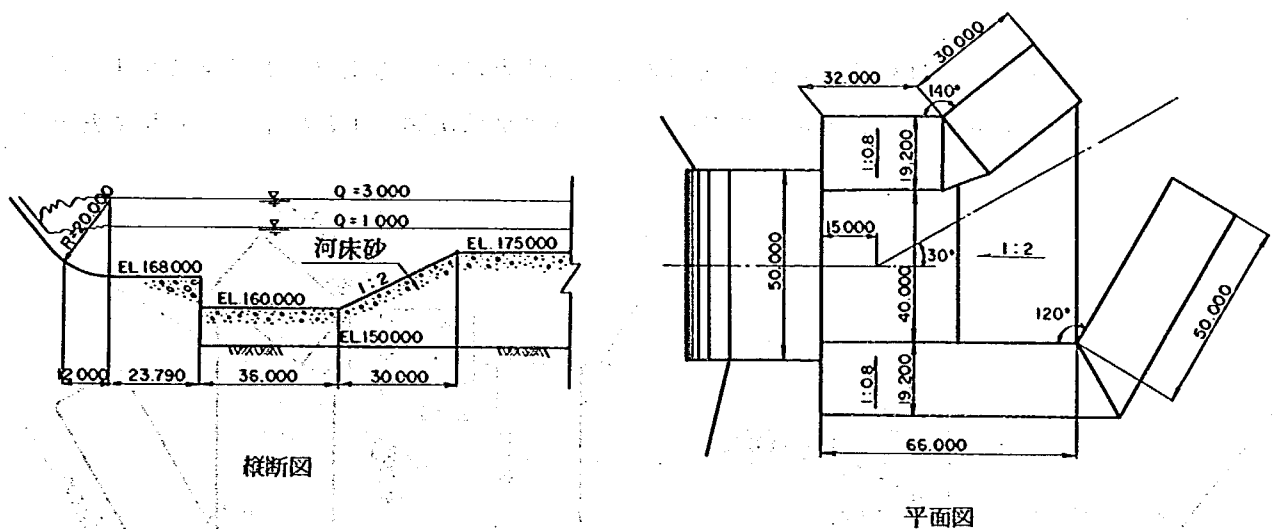


図-16 噴流拡散式減勢工

量 ($2,900 \text{ m}^3/\text{sec}$) とダム設計洪水流量 ($3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$) が同程度であることからここでは $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ とした。したがって、下流河道の背水位は $\text{EL. } 188.3 \text{ m} - \text{EL. } 168.0 \text{ m} = 20.3 \text{ m}$ である。

$$V_1 = C\sqrt{2gH} = 0.9\sqrt{19.6 \times 100.7} \approx 40.0 \text{ m/sec} \quad (3.1)$$

$$h_1 = Q/BV_1 = 3000/50 \times 40 = 1.5 \text{ m} \quad (3.2)$$

$$F_1 = V_1/\sqrt{gh_1} = 40/\sqrt{9.8 \times 1.5} = 10.4 \quad (3.3)$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2}(\sqrt{1+8F_1^2}-1) = \frac{1.5}{2}(\sqrt{1+8 \times 10.4^2}-1) \approx 21.4 \text{ m} \quad (3.4)$$

$$L = 4.5h_2 = 4.5 \times 21.4 = 96.3 \text{ m} \quad (3.5)$$

ここに、 V_1 は跳水前の平均流速 (m/sec), C は速度損失係数 ($=0.9$), H はトライアル計算によって求まる値で水平水叩き敷高から貯水位までの落差 ($\text{EL. } 268.7 - \text{EL. } 168.0 = 100.7 \text{ m}$), h_1 は跳水前の射流水深 (m), Q は設計対象流量 ($=3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$), B は減勢工導流幅 ($=50.0 \text{ m}$), F_1 は跳水前のフルード数, h_2 は跳水後の対応水深 (m), L は必要跳水長 (m)。

この水平水叩き敷高は推定岩盤線から 18 m も高いため、水叩き長さは L の約 $1/4$ の長さとし、ダム軸から 115 m でカットしたので水平長は 23.79 m である。

2) 水平水叩き式

前述の試算から水平水叩き敷高 $\text{EL. } 168.0 \text{ m}$ で跳水後の対応水深は約 21 m 程度が最適であることがわかったが、施工的には 18 m の床板が必要なため、ここでは減勢工の底面

積の約半分に基岩が得られる E L. 160.0 m を水平水叩き標高とした。したがって、下流水位は必要対応水深より 7 m ~ 8 m 深くなり。減勢池内は潜り跳水現象を形成することが予想される。

ただし、このケースでは堤体面と水平水叩きとの屈曲点には圧力上昇をおさえるすりつけバケットカーブは取り付けしていない。実験を行った基本形状は図-17 に示すとおりである。

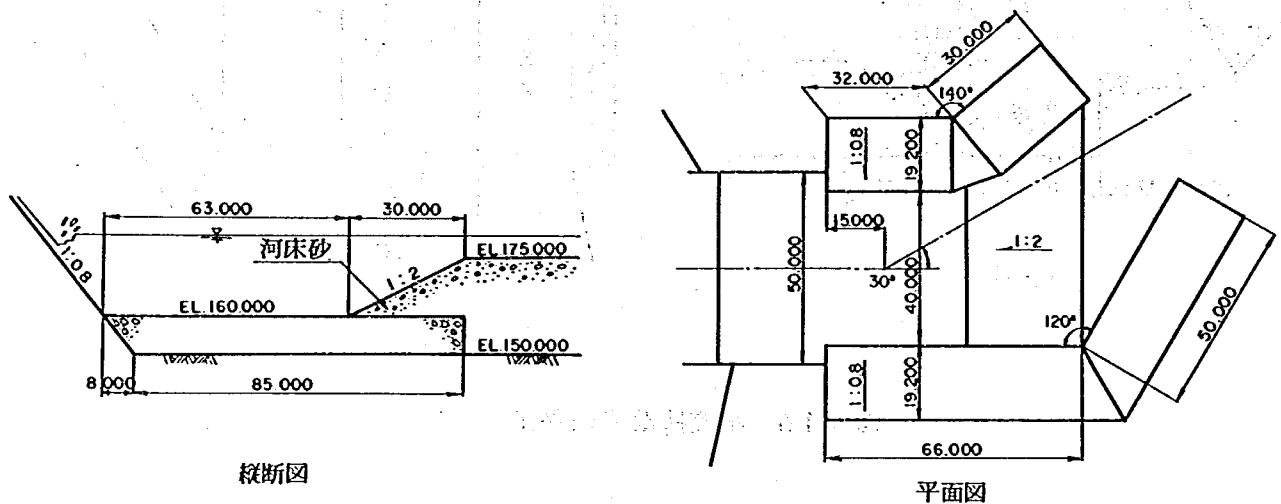


図-17 水平水叩式減勢工

3) 順傾斜水叩き式

順傾斜水路における跳水は下流水深によってその発生位置が異なり、次の3種に大別される。

ケースA：下流水深が十分に高く、跳水の始端および終端がいずれも傾斜水路区間にある場合。

ケースB：下流水深がケースAよりも小さく、跳水の始端は傾斜水路区間に残るが、終端は水平水路区間上にある場合。

ケースC：下流水深がケースBよりさらに下がり、跳水の始端および終端が水平水路上にある場合。

ここで、ケースCは水平水路の跳水である。月山ダムの場合は前述のように、流量と下流水位との関係は $1,000 \text{ m}^3/\text{sec} - \text{E L. } 181.0 \text{ m}$, $3,000 \text{ m}^3/\text{sec} - \text{E L. } 188.3 \text{ m}$ であり、傾斜水路の終端を推定岩盤 E L. 150.0 m に合わせると下流水深は 31.0 m および 38.3 m となり十分高いので、タイプとしてはケースAと推測される。

藤本¹⁾の研究によればケースAにおいて、フルード数が1.5以下、水路勾配の $\tan \theta$ が0.3以下に対して次式が適用できるという結果が得られている。

跳水水深は d_2 は、

$$\frac{d_2}{h_1} = 2C_1 \cos \phi_1 \dots \dots \dots (4.1)$$

跳水長 L は,

$$\frac{L}{h_1} = K \left(2C_1 \cos \phi_1 - \frac{1}{\cos \theta} \right) \dots\dots\dots (4.2)$$

ここに,

$$C_1 = \frac{1}{\cos \theta} \sqrt{\frac{1}{3} (2G_1^2 \cos \theta + 1)}$$

$$\phi_1 = \frac{1}{3} \left\{ \frac{\pi}{2} + \sin^{-1} \left(\frac{G_1^2}{C_1^3} \right) \right\}$$

$$G_1^2 = \frac{F_1^2}{1 - K \tan \theta}$$

$$K = 1 / (0.131 + 0.002 F_1 + 0.65 \tan \theta) \quad (\text{ただし } F_1 \geq 4)$$

θ は傾斜水路と水平線とのなす角度 ($\theta = 14.036^\circ$, 勾配 = 1:4 とする)

F_1 は流入フルード数 (= 10.4)

(4.1) 式および (4.2) 式に噴流拡散の項で設定した水理設計条件を代入して d_2 および L を求めるとそれぞれ $d_2 = 57.2 \text{ m}$, $L = 177.0 \text{ m}$ となる。

したがって, d_2 は $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時の下流水深 38.3 m を上廻っているが, 堤趾導流部の流況観察結果から合流時の衝突による減勢効果が期待できるので, その下流水深でも減勢は可能と判断し, 図-18 に示す順傾斜水叩き形状を設定した。

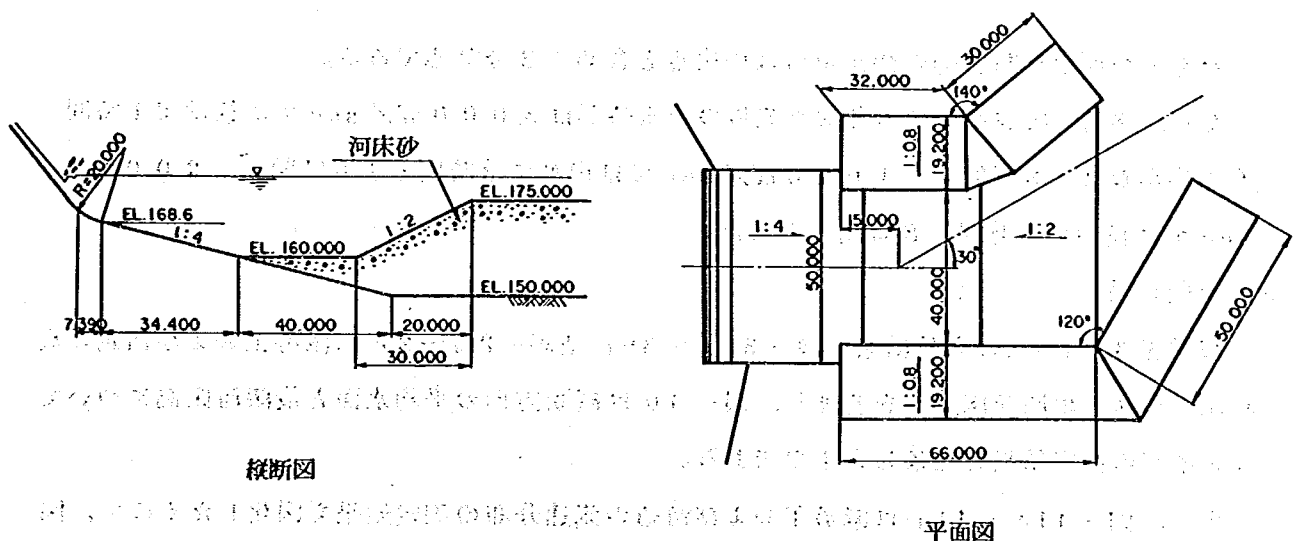


図-18 順傾斜式減勢工

4) 実験内容

3種類の減勢機能に関する実験は、河道条件として現況河床高 E L. 273.50 m まで平均粒径で 0.6 mm (模型値) の細砂を敷き並べた移動床とし、各放流量に対する下流水位を設定して実施した。

流量条件はオリフィス単独放流の $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、放流管 2 門単独放流の $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ および放流管 2 門と越流部の同時放流による $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ の 3 ケースを実施した。

実験での計測項目は減勢池内の流況、水面形、流速および河床変動高とし、測定断面は図-19 に示す A~H 断面と No.1~No.9 断面で H~No.9 までは 20 m ピッチである。

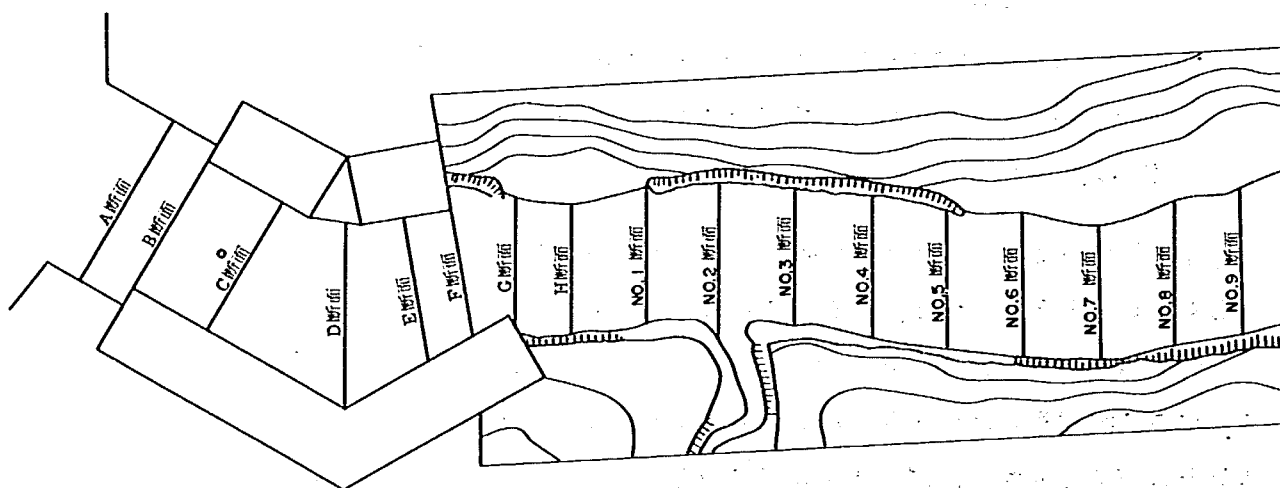


図-19 減勢工および下流河道の側定断面位置

これら各断面の横断方向の測定位置は中央点を含めた 3 分割点である。

なお、移動床実験における各洪水流量の通水時間は $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ では模型で 1 時間 (実物換算は約 8 時間)、 $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ では模型で 2 時間 (16 時間)、 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ では模型で 1 時間 (8 時間) とした。

5) 実験結果

減勢工 3 タイプでの実験結果は図-39a~39c と表-2a~2c に減勢工および河道の縦断水面形状と縦断河床形状を整理し、図-40 は縦断方向の平均水面と最深河床高について 3 タイプの測定結果を比較したものである。

また、図-41a~41i は減勢工および河道の流速分布の測定結果を図化したもので、図中の同一測点の実線、点線および 1 点鎖線は水深方向のそれぞれ表面付近、中間点、底面付近の流速を表わすものである。

これらの測定結果と流況観察から 3 タイプでの減勢機能を各放流量ごとにまとめるとつぎのようになる。

(1) ダム設計洪水流量 $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ について

a. 流況と水面形

流況写真-13に示すように、噴流拡散式では堤趾導流部の最終端の標高差と下流水位の影響で左右堤趾導流部からの流れが水叩き上で完全に衝突せずに交差状態となるため、減勢工内では流速の大きい左岸側堤趾導流部の流れによって減勢工中心から右岸沿いに流れが集中している。この交差状態で合流することにより減勢池内の水面変動が他の2つのタイプより激しく、さらに導流壁が傾斜面であるため、この変動を助長している。写真Bに示したように、水叩き下流の流れは水深方向へはあまり拡散せず表面付近をそのまま流下している。

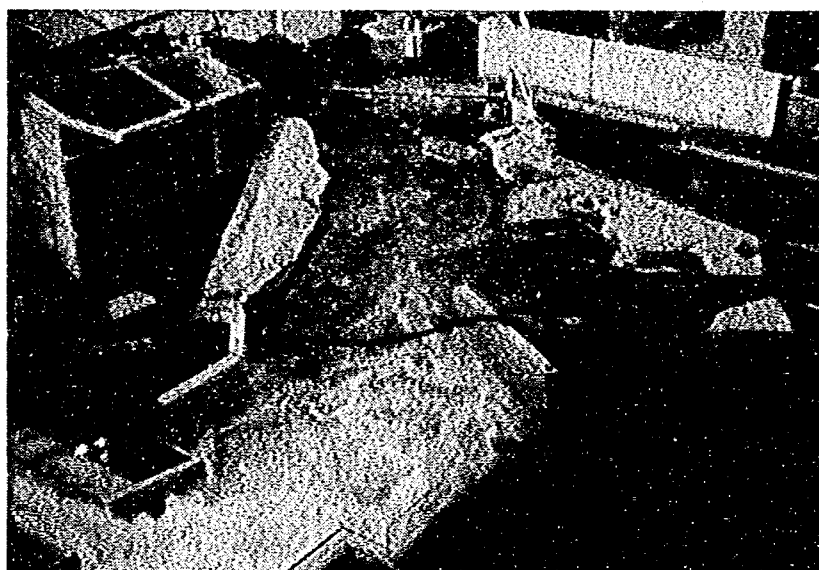
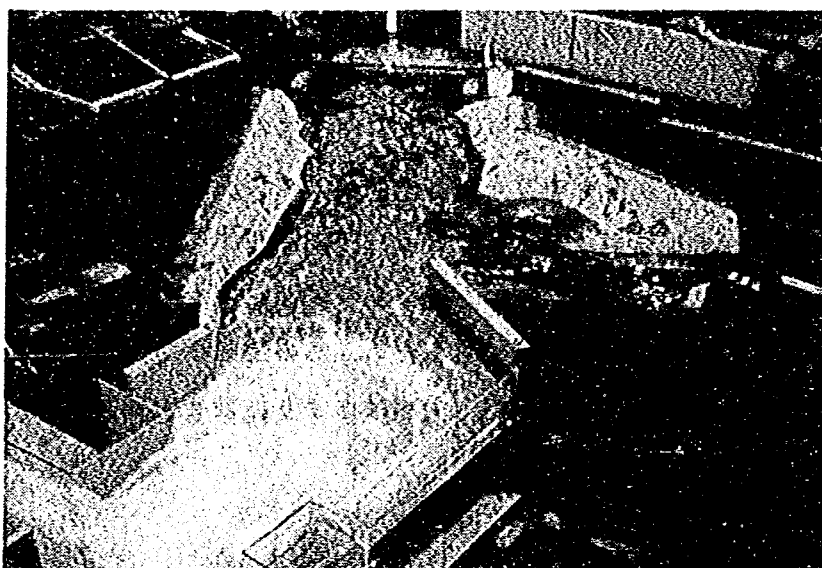


写真-13
実験A・噴流拡散式
減勢工から下流河道の流況
 $Q=3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
下流水位=EL.188.30m

減勢池内の流れが右岸に片寄っていることは表-2aに示す水面形の測定結果でも明らかであり、水面形の最高値は右岸屈曲点前後のD～E測線でその値はEL. 189.4mで左岸では右岸側に比べ約2m程度低くなっている。

流況写真-14および15に示すように水平水叩き式では底面敷高を下げたことにより各洪水吐きからの流水は下流水位の中へ突込みもぐり跳水となり、その跳水現象はほぼ右岸屈曲付近で終了している。このため、減勢池内の水面変動は比較的緩やかで、水面形もほぼ均一になっている。したがって、減勢池内の流れも片寄りが無く、主流は中央付近を流下している。

流況写真-16, 17に示すように、順傾斜水叩き式では各洪水吐きからの流水は水平水叩き式と同様に下流水位の中へ突込んでいるが、右岸側堤趾導流部から流れが支配的となり、合流後の流れは噴流式と逆に中央から左岸沿いに流れが集中している。この流れの集中により、跳水現象の終端は水平水叩き式より約30m下流となっている。また、当然ではあるが減勢池内の水面形は右岸より左岸沿いで約1m程度高くなっている。



写真一 1 4

実験 A ・水平水叩き式

減勢工から下流河道の流況

$Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$

下流水位 = EL. 188.30 m



写真一 1 5

実験 A ・水平水叩き式

減勢池内の流況

$Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$

下流水位 = EL. 188.30 m



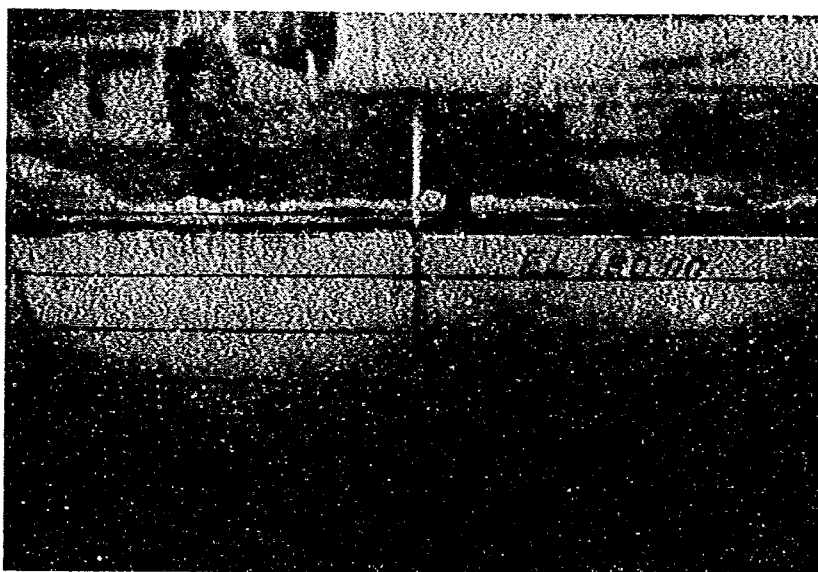
写真一 1 6

実験 A ・順傾斜式

減勢工から下流河道の流況

$Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$

下流水位 = EL. 188.30 m



写真—17
実験A・順傾斜式
減勢池内の流況
 $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
下流水位 = EL. 188.30 m

b 流速

図—41a～41iに示したように、減勢池内の流速は流況観察結果と良く一致しており、噴流式では平面的に中央から右岸側の流速値が左岸側に比べて大きく、水深方向では表面付近の流速が非常に大きく減勢工出口付近でも $7.7 \text{ m}/\text{sec}$ 程度となっている。

水平水叩き式では屈曲点までは中央がやや速いが左右岸の流速はほぼ同程度で、水深方向では中間層が最大流速となっている。しかし、流水の拡散が噴流式に比べ広範囲となり、全体的に流速値も小さくなっている。屈曲点より下流は流れが直進性を示すため、河道内では中央から右岸沿いが速くなっている。また、減勢工出口付近の流速は $5.5 \text{ m}/\text{sec}$ 程度である。

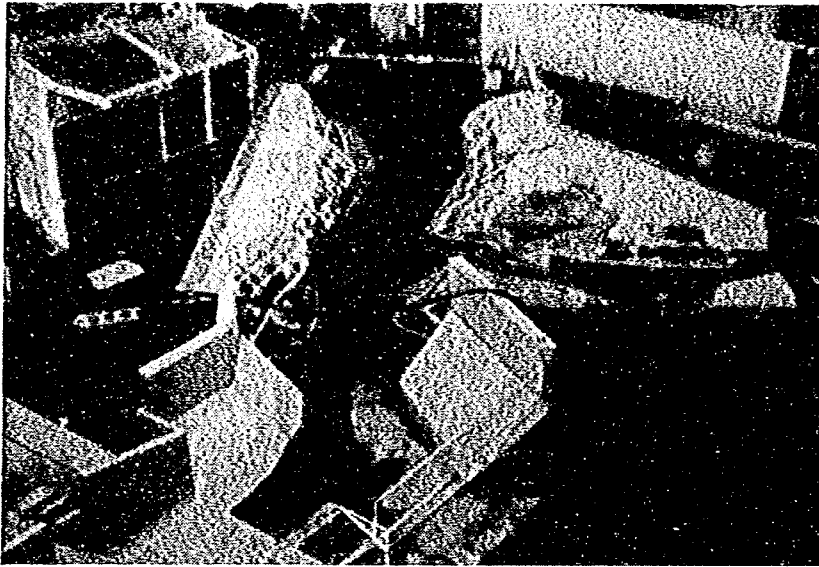
順傾斜式では減勢池内の流速が極端に小さくなり、測線断面Cより下流では $4 \text{ m}/\text{sec}$ 以下となり、河道内の流れはほぼ均一流速である。

c 河床変動

河床砂として使用した砂は平均粒径で 0.6 mm であり、現地河床の粒度分布調査の結果は図—42に示すように平均粒径が 1.1 mm と非常に小さいため相似比を合わせることは困難であった。

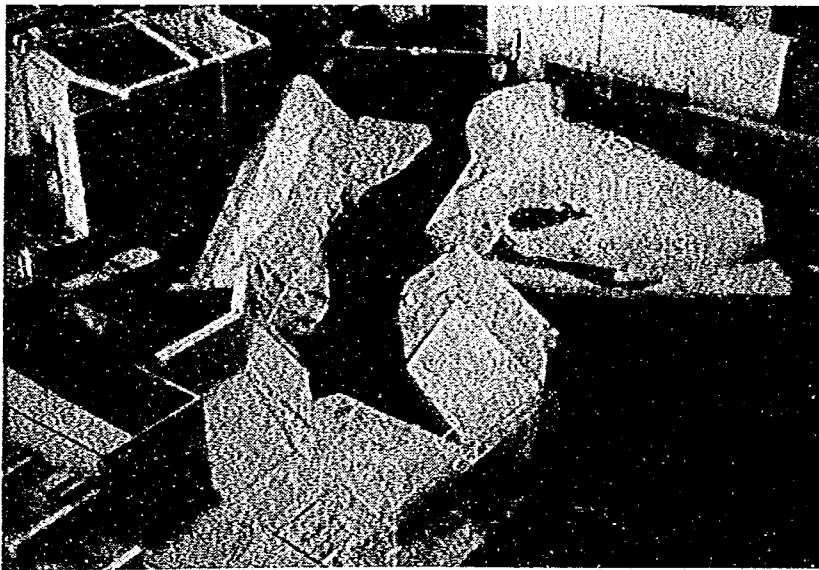
また、実際の洪水波形も実験には取り入れていないので河床変動は定性的な傾向を把握することだけを主眼として実施している。

$3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 通水後（通水時間8時間）の河床状況はそれぞれ写真—18～20に示すとおりで、流況および流速の項で述べた事実を裏付ける結果となっている。すなわち、噴流式では表面流が速く右岸沿いが主流となるため、減勢池内の土砂は通水後も残留しているが、減勢工下流右岸側の沢の合流部では局所洗掘となり、通水後の河床面は砂連が発達している。



写真一 1 8

実験 A ・噴流拡散式
 $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 通水後の
 河床洗掘状況



写真一 1 9

実験 A ・水平水叩き式
 $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 通水後の
 河床洗掘状況



写真一 2 0

実験 A ・順傾斜式
 $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 通水後の
 河床掘状況

水平水叩き式では河床が全体的に低下し、極端な局所洗掘は見当らず、河床面にも砂連が見られない。

順傾斜式では河床変動の傾向は水平水叩きとほとんど同様であるが、左岸沿いの洗掘がわずかに進んでいる。

2. 実験B

ここでは、減勢工の導流壁を鉛直自立型の平面湾曲形状としたもので、この変更理由はつきに示す点を考慮したものである。

- ① 減勢工両側の山腹基盤は第1章で述べたようにそれ程強固でなく、上部に地すべり層が認められ、導流壁の損傷がこれらに多大な影響を与える恐れがある。
- ② 実験Aの検討結果では下流水位との関係で複合断面上部の傾斜面上で水位変動が生じそのはい上がり高が高いことと、その形状が減勢機能を低下させぬ要因となっている。
- ③ 複合断面形状では平面規模が大きく流れに対する自由度が有り過ぎ、下流河道の河芯にすべての放流量を導流することが難かしく、河道の側方侵食で心配である。

本実験は図-20に示すように、減勢工を平面湾曲形状に改造し、この改造部分以外は実験Aで使用した洪水吐き形状である。

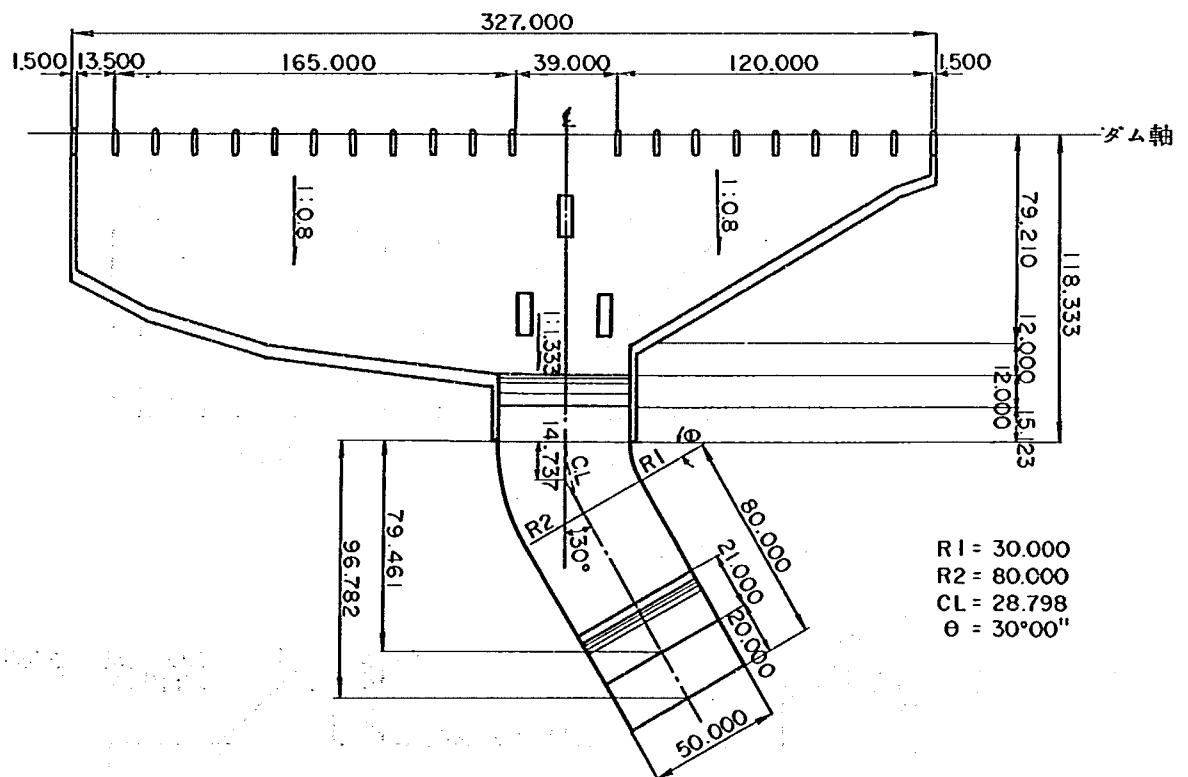


図-20 洪水吐き及び減勢工平面図

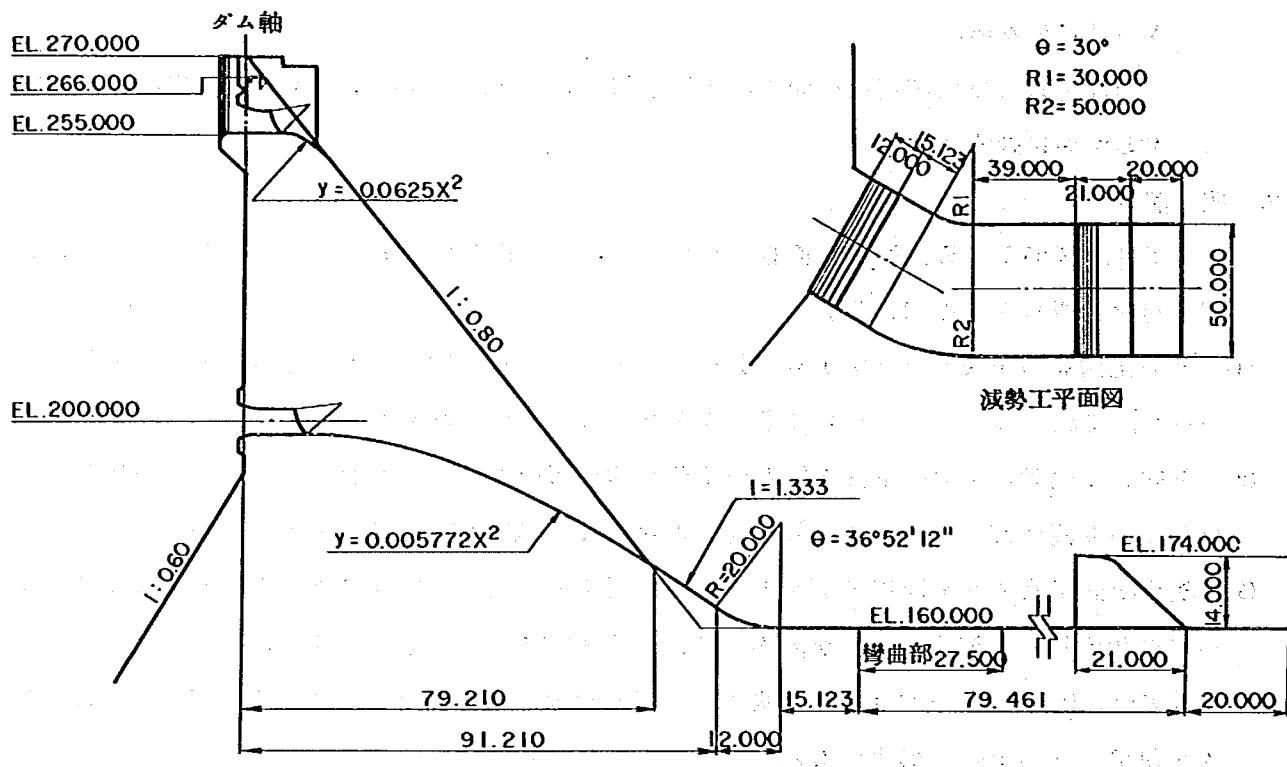


図-21 洪水吐きならび減勢工縦断面図

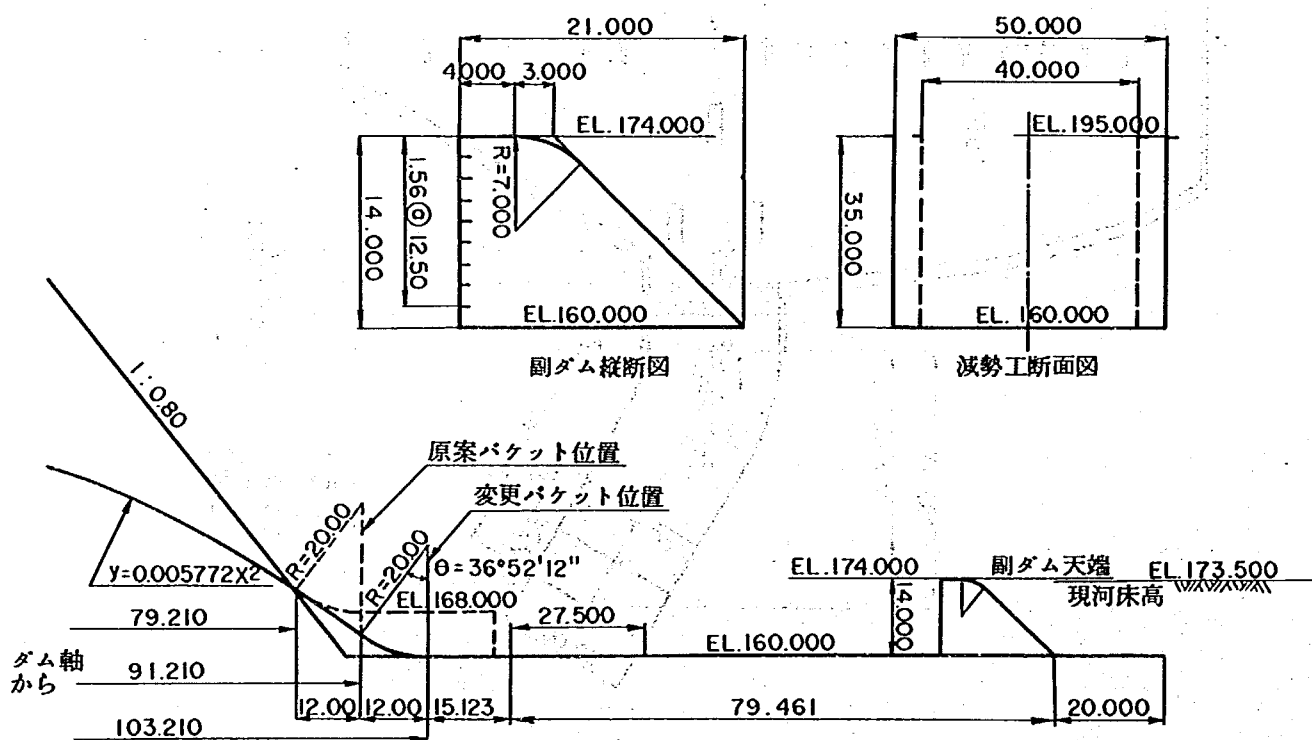


図-22 減勢工縦断面図

減勢工の幅は50mおよび40mの2タイプとし、50mタイプについては図-21に示すように、堤体と減勢工とのすりつけ形状を $R=20m$ のバケット形状および順傾斜勾配1:4の2種形状としたが40mタイプはバケット形状1種について検討を加えた。

図-22に示す副ダム位置は先に示した(3.1)~(3.5)式に水叩き敷高 $EL. 1,600m$ 、 $Q=3,000m^3/sec$ 、 $B=50m$ および $H=108.7m$ を代入して決定したものである。この計算結果である跳水後の対応水深22mは同流量の下流水深28mより小さいため特に副ダムの設置は必要ないが、堆積土砂の減勢工内への巻込みを防止する意味で、現河床高に近い副ダム高14.0mを設置した。

以上、3タイプの実験は、放流量については $3,000m^3/sec$ 、 $1,000m^3/sec$ および $200m^3/sec$ で、測定項目については、副ダムの作用圧以外はすべて実験Aと同様である。この副ダムの作用圧は、副ダム前面の左岸、中央、右岸の3測線に計24本の圧力測定用ピエゾ管を埋設して測定している。水面形および流速の測定断面位置は図-23に示す断面1~断面17の各横断の左岸、中央、右岸の3測点で実施している。また、各放流量に対する下流水位は副ダム下流の水面が安定した位置で与えている。

次に3タイプの実験結果は比較検討の意味で各放流量ごとに説明するが、今後の説明でタイプ1とは幅50mのバケット形状、タイプ2とは幅50mの順傾斜形状、タイプ3とは幅40mのバケット形状を指すものである。

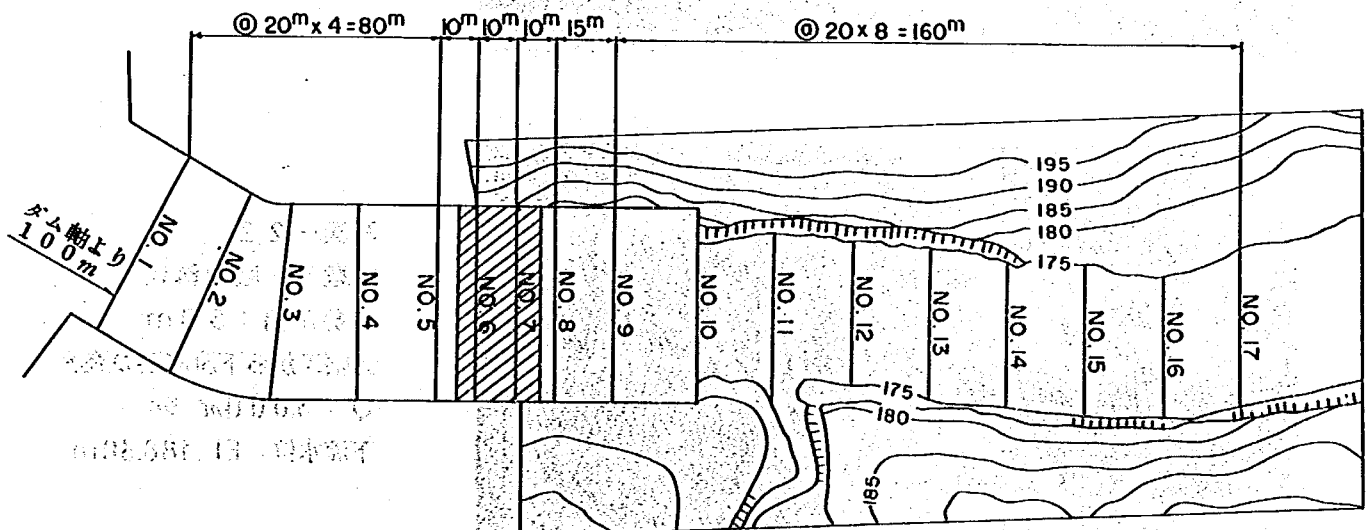


図-23 減勢工及び河道横断測定位置

1) ダム設計洪水流量 $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流について

3タイプの減勢工内の流況は写真-21~23, 水面形および流速の測定結果は図-43a~43c, 表-3a~3cに示すとおりである。これらの結果から, タイプ1では左岸側堤趾導流部からの流れが右岸側導流壁の湾曲部に向い, その流れが反射して減勢工末端から河道では左岸沿いが主流となっている。したがって, 水面形は測定断面 $\#1 \sim \#6$ までは右岸導流壁沿いが高く, $\#7 \sim \#12$ 断面では逆に左岸導流壁沿いが高くなり, $\#13$ 断面より下流では均等水面高である。その最高水面高は $\#1$ 断面の右岸沿いでE.L.194.7mとなっている。また, 流速値についても水面形とほぼ同様な傾向であり, 河道では左岸沿いの流速値が右岸沿いに比べ大きくなっている。

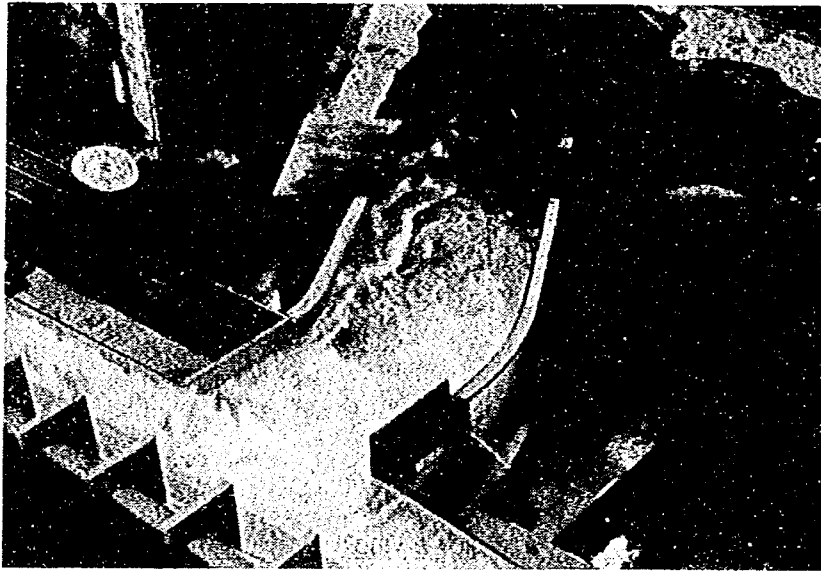


写真-21

実験B・水平水叩き式

減勢工幅: 50m

減勢工から下流河道の流況

$Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$

下流水位 = E.L.188.30m

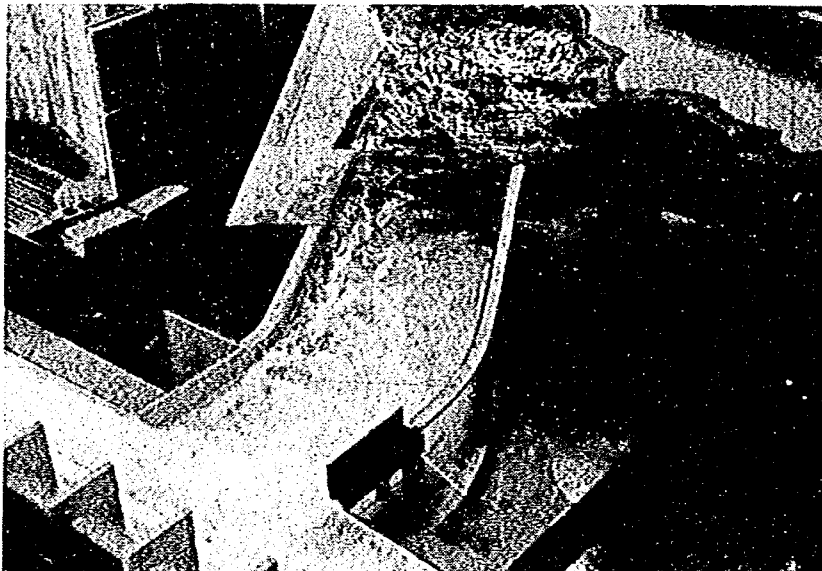


写真-22

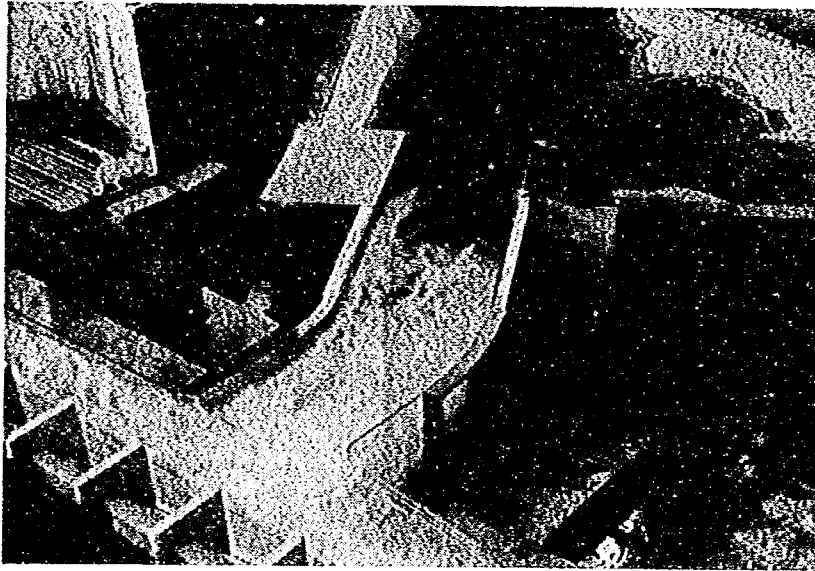
実験B・順傾斜式

減勢工幅: 50m

減勢工から下流河道の流況

$Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$

下流水位 = E.L.188.30m



写真一 23

実験B・水平水叩き式

減勢工幅：40m

減勢工から下流河道の流況

$Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$

下流水位 = EL.188.30m

タイプ2では減勢池に突入した放流管からの高速流が順傾斜面で上向きとなり、左岸側堤趾導流部からの流れと衝突するため、タイプ1のように右岸側導流壁へ直接向う流れは無くなっているが、全体の流れは右岸沿いとなっている。また、減勢池内の水面形の変動もタイプ1に比べ小さくなっている。したがって、最高水面高となる $\#1$ 断面の右岸沿いの値もタイプ1より1.4m低いEL. 193.3mに低下している。水面形は $\#1 \sim \#5$ 断面では右岸沿いが高くなっているが、 $\#6$ 断面より下流ではほぼ均等高さになっている。また、減勢池内の主流の流速値の大きさもタイプ1に比べ小さくなっている。

タイプ3では、減勢工幅を下流河道へのすりつけが容易な40mに規制したことにより、減勢池内の全体の平均水面が他の2タイプ($B = 50\text{m}$)に比べ1m程度高くなり、下段放流管2条の流出間隔とほぼ減勢工幅が一致し洪水吐きからの流れは湾曲に沿って流下している。この規模での最高水面高はやはり $\#1$ 断面の右岸沿いでEL. 194.2mとなっている。また、下段放流管からの高速潜流がそのまま水叩き底層を流れ、ここでの流速が $10 \text{ m}/\text{sec}$ を上廻っている。

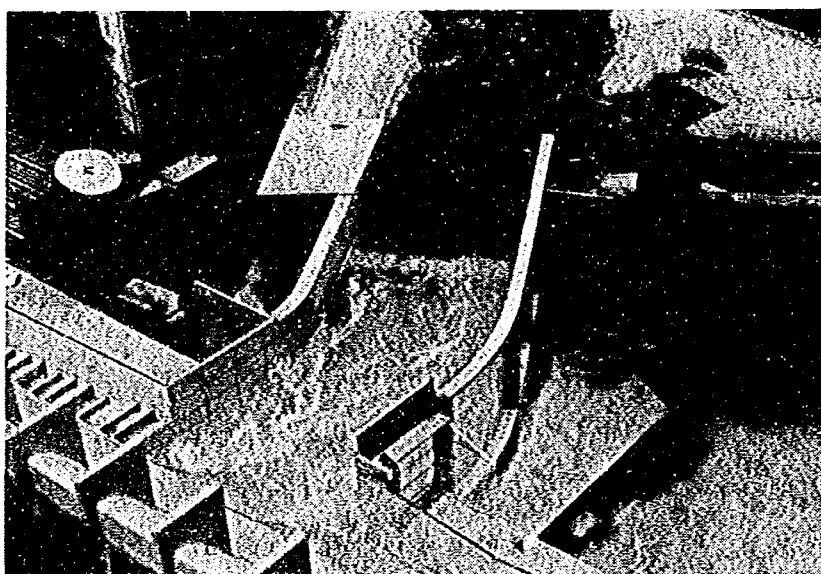
2) 計画最大放流量 $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ について

この放流量は下段放流管2条だけで下流水位がEL. 181.50mの放流状態であり、3タイプでの実験結果は流況写真一24～26、水面形および流速の測定結果は図一43a～43c、表一3a～3cに示すとおりである。

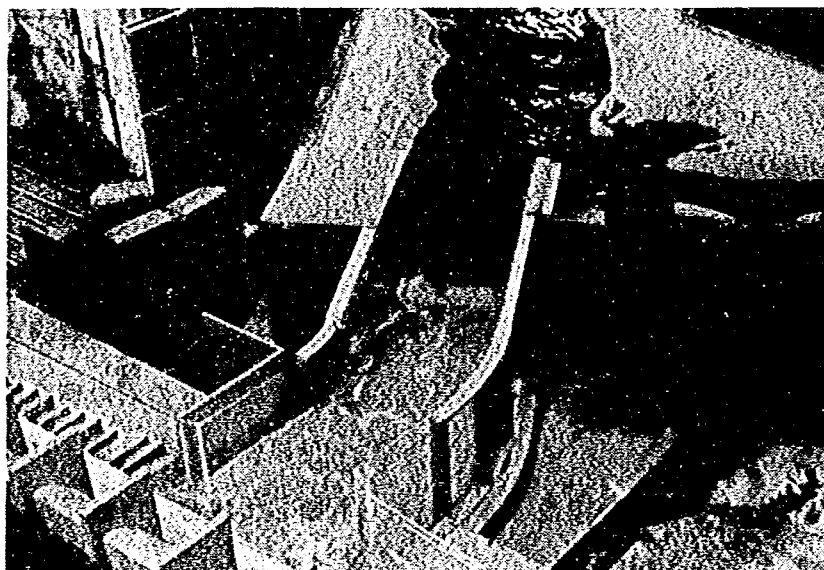
これらの結果では、いずれのタイプでも右岸側放流管からの高速流は湾曲導流壁沿いを高速潜流となって進行し、そのまま下流河道へ向うため副ダム上の横断 $\#6$ の右岸側の流速は他の2測点よりかなり大きな値を示している。しかし、減勢工規模が対象流量 $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ で設計されており、流況および副ダム前面の水面形から判断して減勢池内は完全減勢状態である。



写真一24
 実験B・水平水叩き式
 減勢工幅：50m
 減勢工から下流河道の流況
 $Q = 1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
 下流水位=EL.181.50m



写真一25
 実験B・順傾斜式
 減勢工幅：50m
 減勢工から下流河道の流況
 $Q = 1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
 下流水位=EL.181.50m



写真一26
 実験B・水平水叩き式
 減勢工幅：40m
 減勢工から下流河道の流況
 $Q = 1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
 下流水位=EL.181.50m

3) 上段オリフィス $200\text{ m}^3/\text{sec}$ 放流について

この放流条件における下流水位は $\text{EL. } 176.50\text{ m}$ を与え 3 タイプでの実験結果は流況写真-27~29, 水面形および流速の測定結果は図-43a~43c, 表-3a~3c に示すとおりである。

上段オリフィスからの流れは堤体上で水脈が拡散して減勢池に流入し、いずれのタイプでも湾曲部の中間付近までで減勢が終り、その付近より下流の流れは穏やかである。したがって、水面もほとんどの断面で均等高となり、流速値も $\sqrt{3}$ 断面以後ではすべて $3\text{ m}/\text{sec}$ 以内に納まっている。

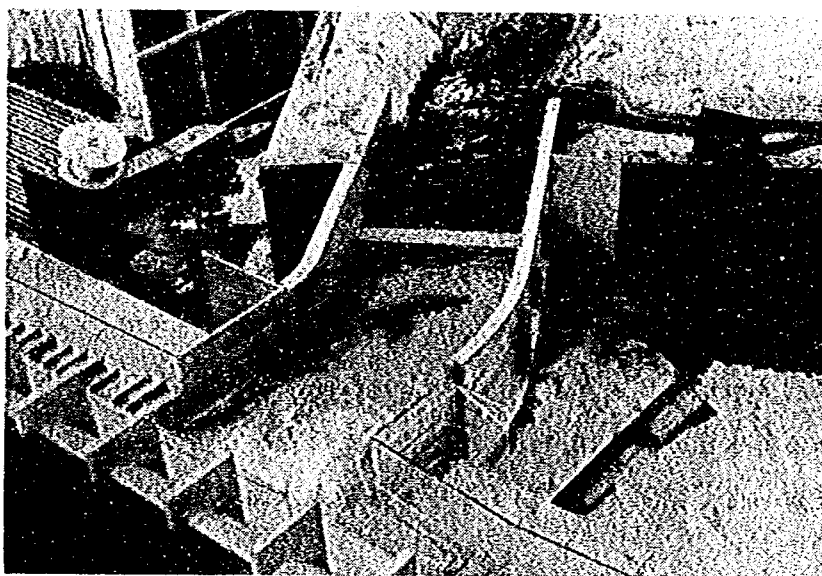
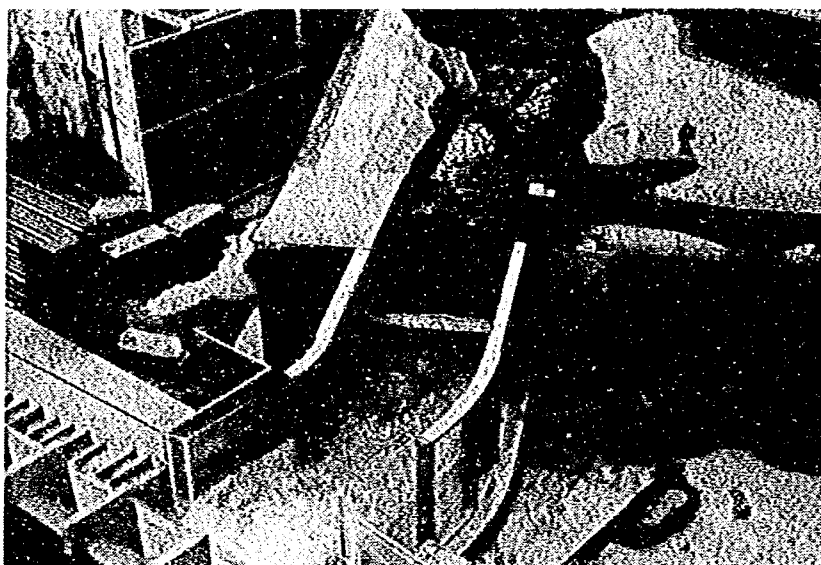


写真-27
実験B・水平水叩き式
減勢工幅：50m
減勢工から下流河道の流況
 $Q = 200\text{ m}^3/\text{sec}$
下流水位 = $\text{EL. } 176.50\text{ m}$



写真-28
実験B・順傾斜式
減勢工幅：50m
減勢工から下流河道の流況
 $Q = 200\text{ m}^3/\text{sec}$
下流水位 = $\text{EL. } 176.50\text{ m}$



写真—29
 実験B・水平水叩き式
 減勢工幅：40m
 減勢工から下流河道の流況
 $Q = 200 \text{ m}^3/\text{sec}$
 下流水位=EL.176.50m

4) 副ダムの作用圧力について

副ダム上流面に作用する圧力の測定結果は図-44および表-4a~4cに示すとおりである。これらの結果はこれまで述べてきたように、いずれのタイプでも導流壁が湾曲形状のため放流量が $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ のケースでは右岸側の作用圧が他の2測線より大きくなっている。特にタイプ2の $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ のケースでその差は最大となり、差圧の大きさは約3m水柱程度である。しかし、測定ケースすべての各圧力測点標高と水面高との差である静水圧分布と作用圧を比較するとほとんど静水圧分布と一致していることが判る。したがって、副ダムに作用する圧力は最大水面高から求まる静水圧分布と考えられる。

2.7 抽出模型実験の検討結果

2.7.1 オリフィス形状は、図-11に示したように設計原案では設置標高を制限水位EL.

238.50m付近とし、その形状は傾斜角 10° の4面ベルマウス付きの角形管路となっている。その後、非洪水時の洪水流量、洪水調節方式、調節容量およびオリフィス形状についての詳細な検討を行った結果、つぎに示す結論に達し、オリフィス形状を設計変更したものである。

- 1) 非洪水期の洪水（主として融雪洪水）を孔あきによる自然調節とし、ダム管理の負担を軽減する。
- 2) オリフィスは超過確率 $\frac{1}{2}$ 程度の非洪水期の洪水（ $280 \text{ m}^3/\text{sec}$ ）を放流工（放流能力 $=40 \text{ m}^3/\text{sec}$ ）と合わせて放流できる能力とする。
- 3) オリフィスの敷高は常時満水位EL. 255.0mと一致させる。
- 4) オリフィスは低圧管路であるので施工が簡単な一面ベルマウス形状とする。
- 5) オリフィスは敷高から考えて基本三角形内に収納が困難なため、カーテンウォール型

式とし、管長は $L = 5.0 \text{ m}$ 程度とする。

以上の設計変更条件からオリフィスの吐口断面積 A は

$$A = (Q - q) / C \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (5)$$

ここに A は吐口の必要断面積 (m^2)、 Q は超過確率 $\frac{1}{2}$ の非洪水期の洪水流量
($= 280 \text{ m}^3/\text{sec}$)、 q は放流工の放流能力 ($40 \text{ m}^3/\text{sec}$)、 C は流量係数
($= 0.95$)、 H はオリフィスの吐口断面の高さを 5 m と仮定した中心標高からサー
チャージ水位までの水頭 ($= 8.5 \text{ m}$)

(1)式から $A = 19.57 \text{ m}^2$ で吐口断面を正方形とすると高さ $D = 4.5 \text{ m} \times$ 幅 $B = 4.5 \text{ m}$ と
なる。

オリフィス上面の絞り角度 (θ) は過去の一面ベルマウスの実験資料と設計水頭 ($H_d = EL. 268.7 \text{ m} - EL. 255.0 \text{ m} = 13.7 \text{ m}$) を参考にして $\theta = 15^\circ$ とし、設計水
頭が D の 3 倍程度であるので呑口曲線は半径 $R = 1.0 \text{ m}$ の単一円弧とした。

一面ベルマウス型オリフィスでは管内の流れを整流するため、呑口の両側ピアを上流へ
張り出すことにより良好な流れが得られている。この張り出し長さと設計水頭との関係は
まだ明確にされていないが、おおよそ D 以上の長さを取れば安定した流況が得られている。
そこで、本設計においてもピアの張り出し長さを約 D とした 4.2 m を与え、予備ゲートの
リセス分 0.8 m と合わせたダム軸からの張り出し長さを 5.0 m とした。

オリフィスの洪水調節用の主ゲートは半径 $R = 7.0 \text{ m}$ のラジアルゲートとし、ゲートピ
ンの標高を吐口上端標高 $EL. 259.50 \text{ m}$ より 0.5 m 高くした $EL. 260.00 \text{ m}$ とし
た。

したがって、吐口上端からゲートピンまでの水平距離 (X) は $X = 6.982 \text{ m}$ であり、
オリフィスの下面敷高とのゲート接点は上端を原点とすれば $(Y - 0.5)^2 + (X - 6.982)^2 = 7^2$ 、 $Y = -4.5$ の連立方程式の解である $X = 2.083 \text{ m}$ でダム軸からの
水平距離は 6.283 m となる。この 6.283 m に 0.717 m を加えたダム軸から 7.0 m の
位置をオリフィス下流面曲線の始端とし、堤体勾配 $1:0.8$ とに接する放物線として求め
ると、 $Y = 0.0625 X^2$ が下流面曲線となり、堤体勾配との接点はダム軸から 17.0 m
標高 $EL. 248.75 \text{ m}$ の地点である。しかし、求められた下流面曲線はオリフィスの
 H_d における吐口中心の平均流速から求まる自由落下軌跡 $Y_0 = \frac{1}{2} g \frac{X_0^2}{U_0^2} = \frac{1}{2} \times 9.8 \times \frac{X_0^2}{13.48^2} = 0.027 X_0^2$ より、かなり下向きの曲線である。よって、その下流面では流
線の剥離による負圧が発生するが、低圧管路であるので許容負圧 (-3.0 m 水位) 以下に
おさまるものと思われる。

1. 模 型

設計変更されたオリフィス形状は図-35 に示したとおりで、この形状の標高 $EL. 240.0 \text{ m}$ より上部の抽出模型を縮率 $1/25$ で木製加工で製作した。完成模型は写真-2, 3 に示した

とおりである。

2. 実験内容

オリフィス抽出実験の実施項目および内容はつぎのとおりである。

- 1) 各ゲート開度ごとの貯水位と放流量の関係調査, この場合, ゲート開度はゲート下流接点から鉛直高さで 0.5 m から 0.5 m ビッチで全開 ($= 4.5\text{ m}$) までの 9 開度, 貯水位は E L. 255.0 m から E L. 268.7 m 間の数点ないし 10 数点である。
- 2) 図-24 に示す各位置に埋設した 56 測点の圧力調査, この場合, ゲート開度は全開および 4.0 m 開度の 2 ケース, 貯水位は設計洪水水位およびサーチャージ水位の 2 ケースについて実施している。
- 3) 管路部より下流の水面形の調査は圧力調査と全く同様な開度と貯水位について実施している。この場合, 水面形の縦断測線は水面形が最も高くなる測線を選定して測定したものである。

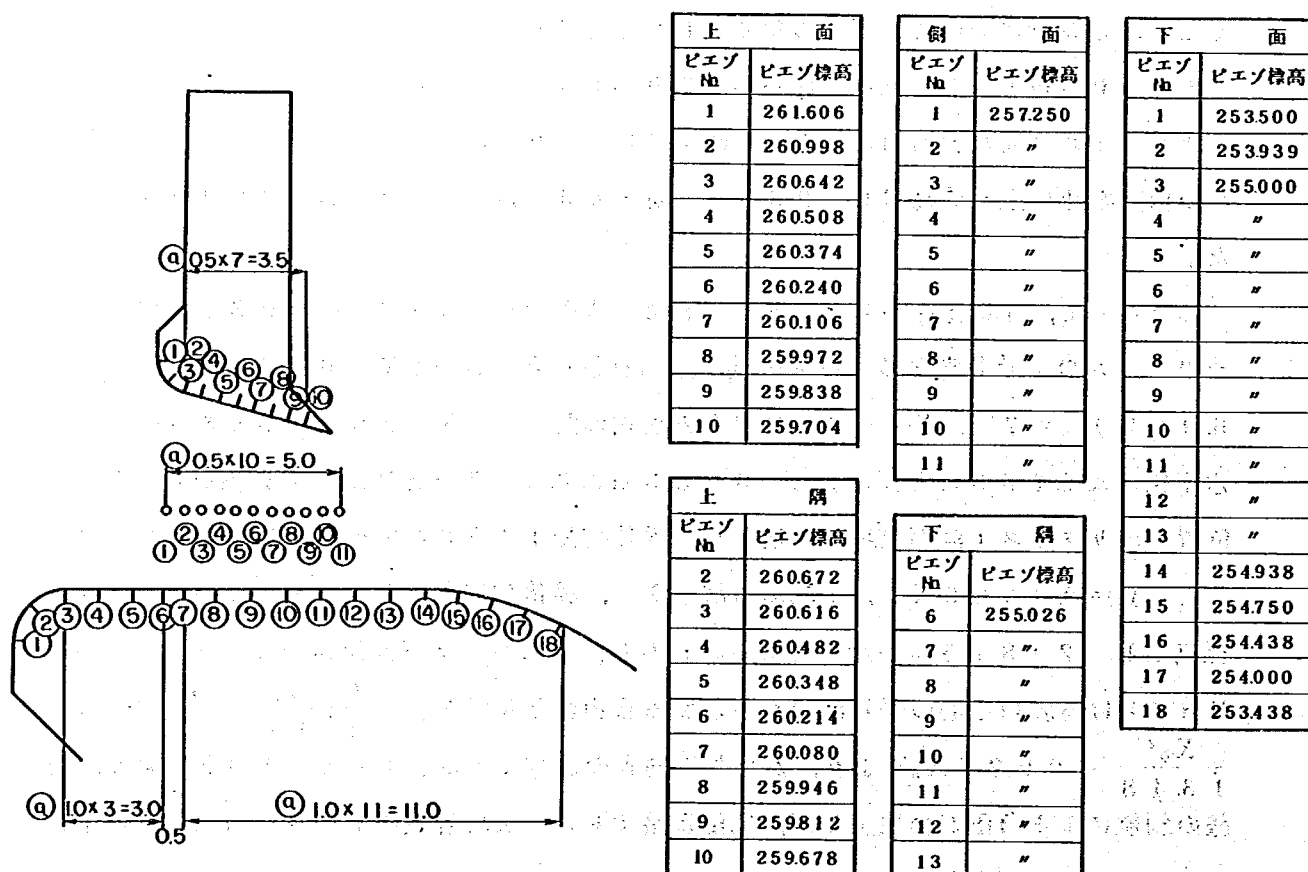


図-24 ピエゾ埋設位置

3. 実験結果

1) 放流能力および放流特性について

各ゲート開度ごとの貯水位と放流量の調査結果は図-25および表-5a~5bに示すとおりで、この表中の流量係数(C)は先に示した(5)式の吐口断面Aを $4.5 \times D$ としたゲートの開放面積(m^2)、Hをオリフィス敷高から貯水位までの水頭(m)としてそれぞれ与えて算出したもので、 H/D は相対水深として無次元化した値である。このCと H/D との関係は図-26に示すとおりである。

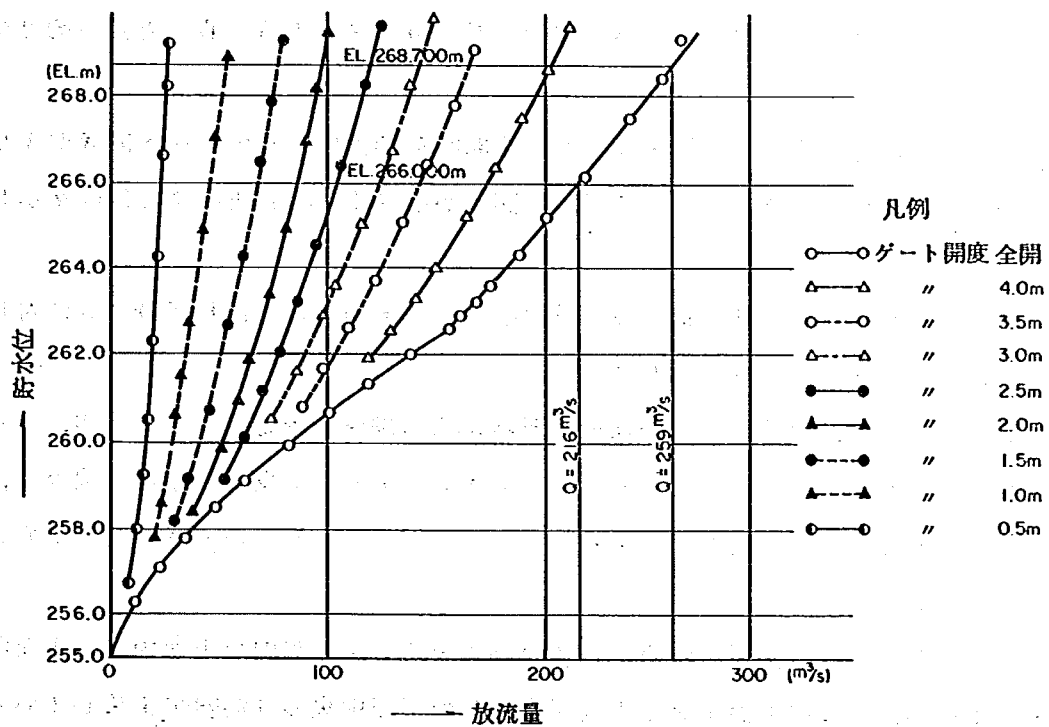


図-25 オリフィスの貯水位と放流量の関係

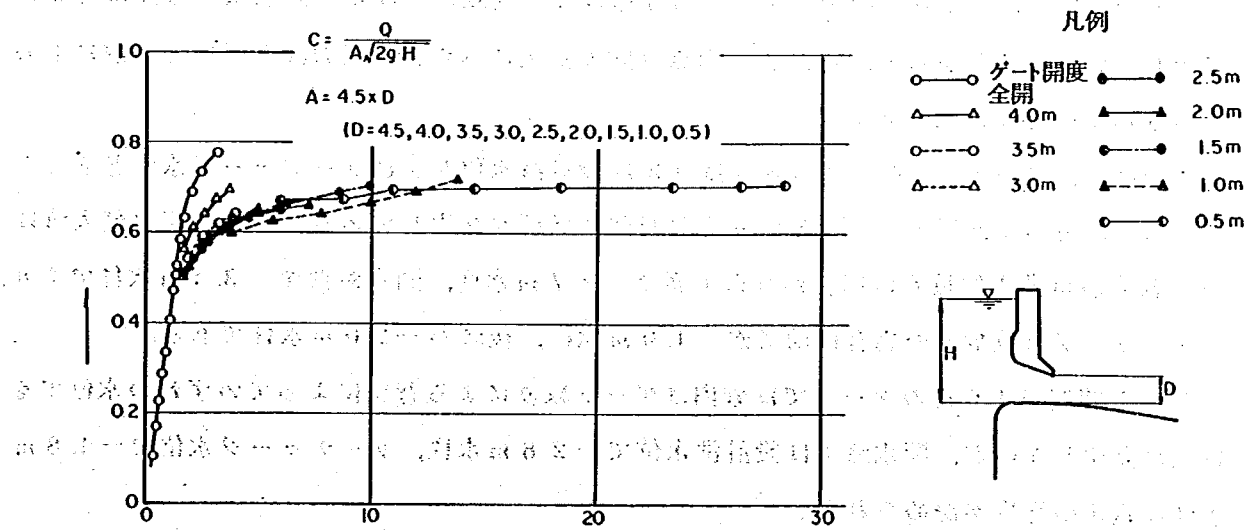


図-26 オリフィスCとH/Dの関係

これらの結果からつぎのことが明らかになった。

- ① オリフィスの設計条件としたサーチャージ水位 E L. 266.0 m におけるゲート全開時の放流能力は $216 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり、設計値の $240 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して $24 \text{ m}^3/\text{sec}$ の容量不足である。この時の流量係数は $C = 0.78$ であった。
- ② 図-26 に示した C と H/D との関係からゲート全開放流時の貯水位が E L. 266.2 m 付近の $H/D = 2.5$ までは一次比例の増加傾向を示していることから、流れは自由越流状態が維持され、それ以上の水位では増加率が低減し、オリフィス流が形成されると判断できる。今回の C と H/D との関係を最小2乗法で求めると $C = 0.377 (H/D)$ であり、これまでの同様な一面ベルマウス実験での $C = 0.385 (H/D)$ と比べ約2%低減している。
- ③ 各ゲート開度ごとの C の平均値を見ると、全開時を最大値としてゲート開度が 3.0 m から 2.5 m 付近で極小値となり、さらにゲート開度が小さくなると上昇する傾向を示している。
- ④ ゲート半開放流時の C と H/D との関係では各ゲート開度ごとに $H/D 7.3$ に対してほぼ C の値は一定値となる傾向を示している。

③の原因としては、全開時には上面絞り形状による縮流の影響だけであるが、ゲート開度が変わるとラジアルゲートであるため、スキンプレート先端の接線角が異なり、この角度と流出流線との相対角度が変化することによって吐口下流での縮流の度合が変わるためと考えられる。

- 2) オリフィス管内および下流開水路の圧力についてオリフィス管内の上面中央、上面隅角、側面中央、下面隅角および下面中央と下流開水路部の下面中央の6測線で実施している。

放流条件4ケースでの圧力分布の測定結果は図-45a～45b および表-6a～6b に示すとおりである。これらの図に示す圧力分布線は各測点における圧力水頭を標高に換算して示している。したがって、対応する測点位置より上に示される圧力は正圧力で、逆に下方に示される圧力は負圧である。

この結果、ゲート全開時(4.5 m開度)には設計洪水水位およびサーチャージ水位どちらの場合にも、呑口上面円弧部と下流開水路曲面部に負圧が発生している。この負圧の最大値はいずれも設計洪水水位放流の場合に呑口上面で-2.7 m水柱、開水路部で-3.4 m水柱であり、サーチャージ水位放流の場合は前者が-1.9 m水柱、後者が-2.0 m水柱である。

ゲート開度が4.0 mのケースでは管内はゲート絞りによる背圧によっていずれの水位でも負圧は発生しないが、開水路では設計洪水水位で-2.8 m水柱、サーチャージ水位で-1.8 m水柱の負圧の発生が認められる。

以上の結果は、設計当初に予想した許容負圧-3.0 m水柱を開水路で上廻り、呑口上面円弧部での負圧の大きさから考えて、さらに曲率の大きい円弧または絞り角度とするか、傾斜

管形状での設計を要するものと判断できる。

3) 流況および水面形

オリフィス流入部の流況観察では設計洪水水位およびサーチャージ水位のいずれの場合も吸い込み渦が両側戸溝付近に発するが管内の流況を乱す程ではない。(写真-30および31参照)

吐口部下流の水面形の測定結果は図-46a～46bおよび表-7に示すとおり、放流条件4ケースでは吐口からの放流水脈はゲートビンに対していずれの場合も2.0m以上の余裕があることから、いかなる放流条件もゲートビンに対しては問題がないものと判断する。

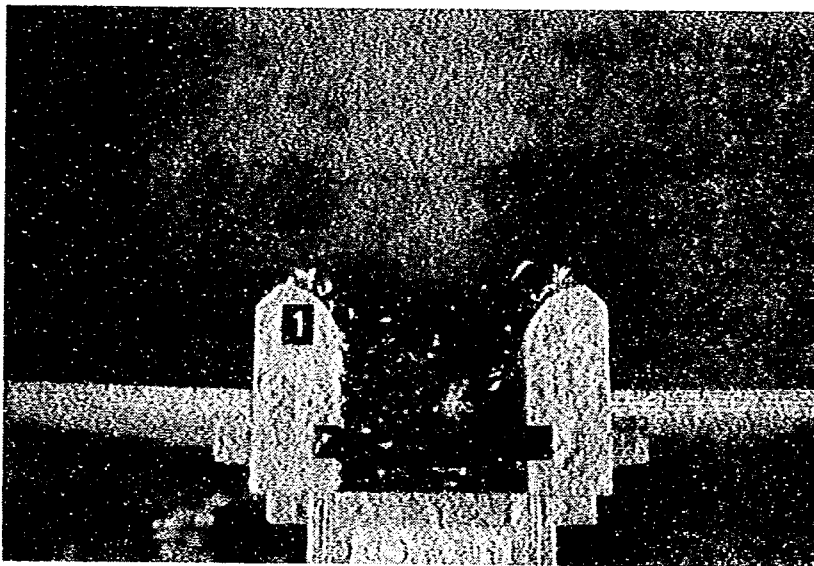


写真-30
オリフィス管口の吸い込み渦
ゲート開度=全開
貯水位=EL.268.70m

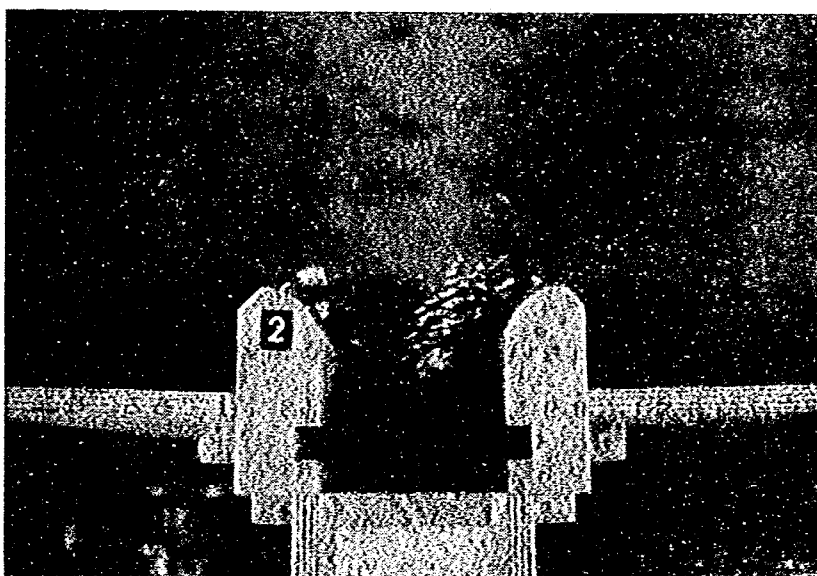


写真-31
オリフィス管口の吸い込み渦
ゲート開度=全開
貯水位=EL.266.00m

2.7.2 放流管の抽出実験

全体模型での放流管は吐口断面 $4.5 \times 4.5 = 20.25 \text{ m}^2$ の正方形断面で4隅に隅取り円弧を入れない形状で概略の放流能力を試験したが、方形の高圧放流管ではベベリシグ現象と呼ばれる隅角部での流れの変形によって生じる空洞現象をさけるため4隅に隅取り円弧を挿入するのが安全とされている。したがって、ここでも全体模型の吐口断面積に等しい断面積を選定し、呑口断面に対して0.5%, ベルマウス終端断面積で4%の隅取り円弧を挿入した。さらにベルマウス終端付近の負圧の発生を防ぐため、経験的に5%程度の断面絞り形状を採用した。

したがって、ベルマウス終端断面は $4.5 \times 4.5 \times 1.05 = 21.265 \text{ m}^2$ から一辺の長さは約4.6 mの正方形断面となる。

そこで、ベルマウス形状は4面(上面、左右側面、下面)とも対称な $\frac{X^2}{4.6^2} + \frac{Y^2}{11.5^2} = 1$ の楕円形状である。このベルマウス終端から3.4 m区間を同一断面の直管部とし直管部終端から吐口までの3.0 m区間の上面および左右側面を直線絞り形状とした。

ラジアルゲートは吐口上端標高 E.L. 202.25 m より2 m 高い E.L. 204.25 m とし、ゲート半径は $R = 9.0 \text{ m}$ である。したがって、放流管の下面とゲートの交点は吐口鉛直断面より2.55 m 下流である。放流管は設計水頭が68.7 m という高圧管路であるので、ゲート下端より下流をゲート下端の接線角 $\theta = 46^\circ 14' 17''$ の斜長0.8 m の段落ち形状とし、この段落ち部の横断面に給気箱を取付け、高速流れに連行される大気を供給し、下流開水路での圧力低下を防止する。

放流管の下流開水路下面曲線は段落ち下端を原点(D.C. 13.128 m, E.L. 197.197 m) とし、放物線 $Y = ax^2$ で与えられると堤体下流面との接点がバケットカーブより下方になるため、この曲線に近似した $Y = 0.005772X^2$ とし、バケットカーブとのすりつけ区間に1.109 mの直線を挿入した。求められた下流面式は常時満水位での放流水の自由落下軌跡曲線とほぼ一致し、設計洪水水位での軌跡曲線に対しては下方となる。

以上の詳細は図-36a~36cに示したとおりで、36aのカッコ内および36b、36cの寸法は模型製作寸法(単位=mm)である。放流管の吐口断面積は絞りを入れケース1で 19.392 m^2 、絞りを入れないケース2で 20.392 m^2 であり、直管部断面に対する絞り比率は前者が1:0.955で後者は当然1:1である。なお、抽出模型は直管部末端の接続フランジから下流形状2種を製作し、比較検討を行った。

1. 実験内容

本実験の実施内容はつぎに示すとおりである。

- ① 各ゲート開度ごとの貯水位と放流量の調査、この場合、ゲート開度は0.5 mから0.5 mピッチで4.0 mまでと全開(4.5 m or 4.6 m開度)の9開度に対し、貯水位は E.L. 255.0

mからEL. 268.70m間の任意点水位

- ② 放流管内および下流開水路部の圧力調査, この場合, ゲート開度は各ケースとも全開および4.35m or 4.40開度の2ケース, 貯水位は全開放流に対し, 設計洪水水位, サーチャージ水位, 常時満水位の3ケースで4.35m or 4.40m開度での貯水位は設計洪水水位だけを実施している。なお, この4.35m or 4.40m開度はゲートが隅取部にかかり水脈のはね上がりの最も高いと予想される開度である。
- ③ 開水路部の流況と水面形の調査, この場合のゲート開度および設定貯水位は圧力調査と全く同様である。

2. ケース1 (絞り有り) の実験結果

1) 放流能力と放流特性について

各ゲート開度ごとの貯水位と放流量の調査結果は図-27 および表-8a~8b示すとおりである。この表中の流量係数(C)は設計の項に示した(1)式によって求めた。(ただし, Hは管路部底面敷高EL. 197.75mから貯水位までの水頭差である)

図-28 は各ゲート開度における貯水位とCとの関係を図化したものである。

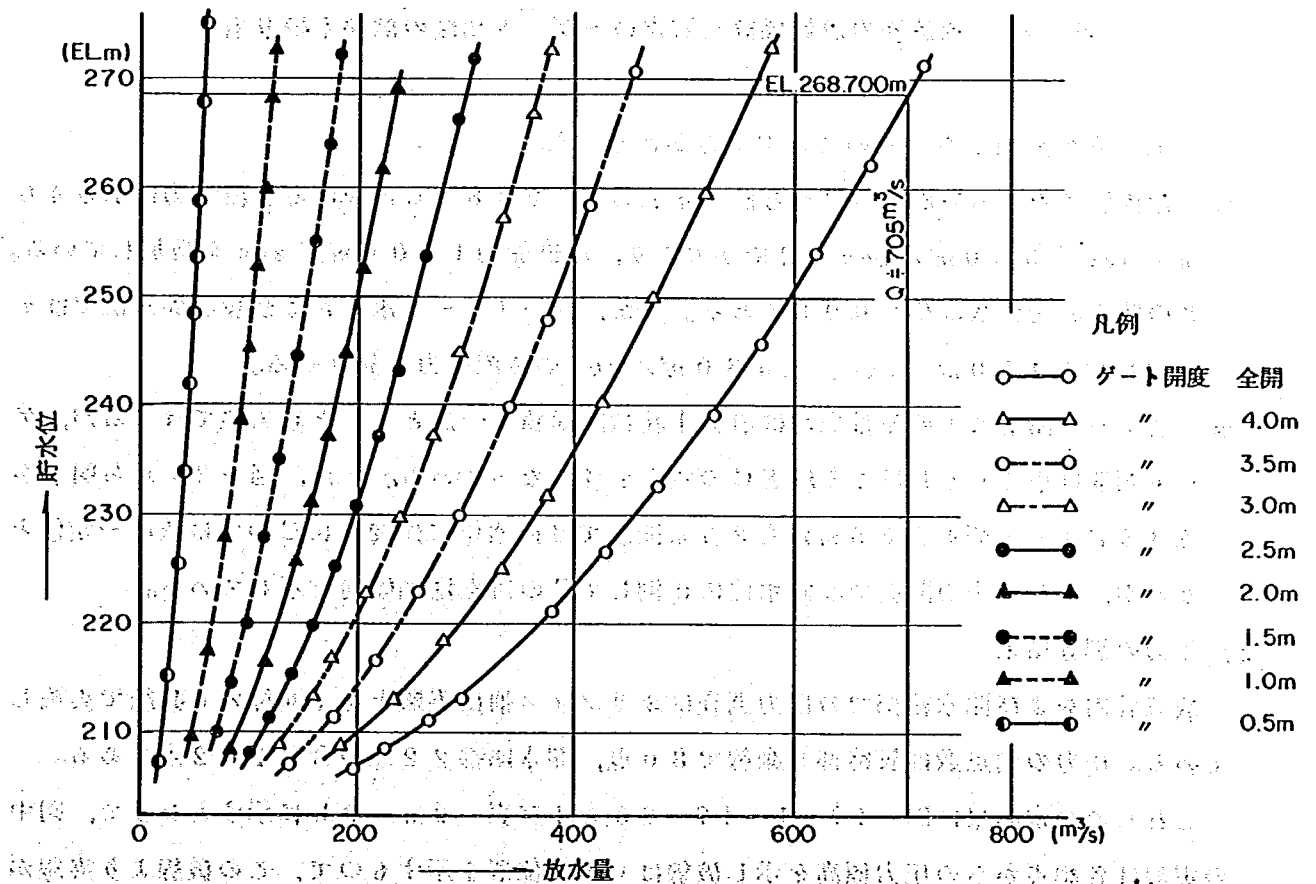


図-27 放流管の貯水位-放流量-ゲート開度の関係 (絞り有)

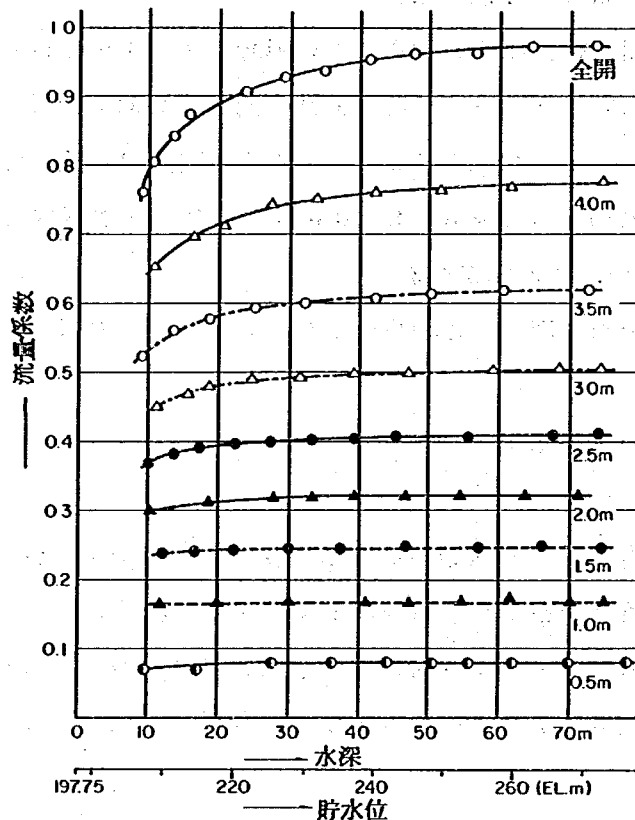


図-28 放流管の流量係数-貯水位-ゲート開度の関係(校り有)

これからの結果からつぎのことが明らかになった。

- ① 放流管に対する設計条件である制限水位 E.L. 238.5 m における放流能力は $1.040 \text{ m}^3/\text{sec}$ ($520 \text{ m}^3/\text{sec} \times 2 \text{ 条}$) であり、設計能力 $1.000 \text{ m}^3/\text{sec}$ を満足している。この時の流量係数は $C = 0.95$ である。また、サーチャージ水位および設計洪水水位ではそれぞれ約 $1.450 \text{ m}^3/\text{sec}$, $1.480 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放流能力と見なせる。
- ② 各ゲート開度ごとの流量係数は計算上吐口断面積を一定としたため当然ではあるが、ゲート開度は小さくなればなるほど C の値も小さくなっている。また、図-28 から明らかのようにゲート開度が 0.5 m から 2.5 m 開度では貯水位に無関係に C の値はほぼ一定値となるが、それ以上の開度では貯水位に比例して C の値も増加傾向を示している。

2) 圧力の調査結果

放流管内および開水路部での圧力調査はオリフィス抽出実験と全く同様な 6 測線で実施している。圧力の測点数は管路部 5 測線で 80 点、開水路部 22 点の合計 102 点である。

これらの測定結果は図-47-1~47-20 および表-9 a~9 h に示すとおりで、図中の実線は各測点からの圧力標高を示し破線はピエゾ位置を示すもので、この破線より実線が上にあれば正圧、下方にあれば負圧であることを表わしている。また、横軸は呑口前面から(本図は)沿管の距離 4 m から 1.0 m までである。この破線より実線が上にあれば正圧、下方にあれば負圧であることを表わしている。また、横軸は呑口前面からの水平距離で管路長さはゲート全閉で 13.55 m でゲート全開では 1.10 m である。

これらの結果からつぎのことが推測される。

- ① ゲート全開放流ではいずれの貯水位でも、上面隅角、側面中央および下面隅角測線で負圧が認められる。この負圧の発生箇所はいずれも同位置で、上面隅角測線ではベルマウス曲線終端付近、側面中央測線では吐口付近、下面隅角測線では隅取円弧の除去形状の終端となっている。この負圧の最大値は設計洪水水位時の放流でそれぞれ -1.8 m 、 -1.5 m 、および -3.6 m 水柱となっている。しかし、これらの負圧発生点前後の圧力分布を調べて見ると側面中央および下面隅角測線の負圧値は前後の圧力勾配および貯水位変動に対する圧力変動から考えて正しいとは思われない。この原因は圧力測定を多点圧力自動計測装置によって行ったが、圧力測定用センサー（動歪圧力変換器）の動作不良あるいは圧力伝達管の途中に空気が残留していた場合が考えられる。
- ② 開水路の下面中央測線では一部負圧が認められたが、その最大値は -0.8 m 水柱程度である。
- ③ ゲート全開放流時の貯水位 3 ケースにおける管路部での圧力降下係数の平均値を各測線ごとに表わしたのが図-29 である。

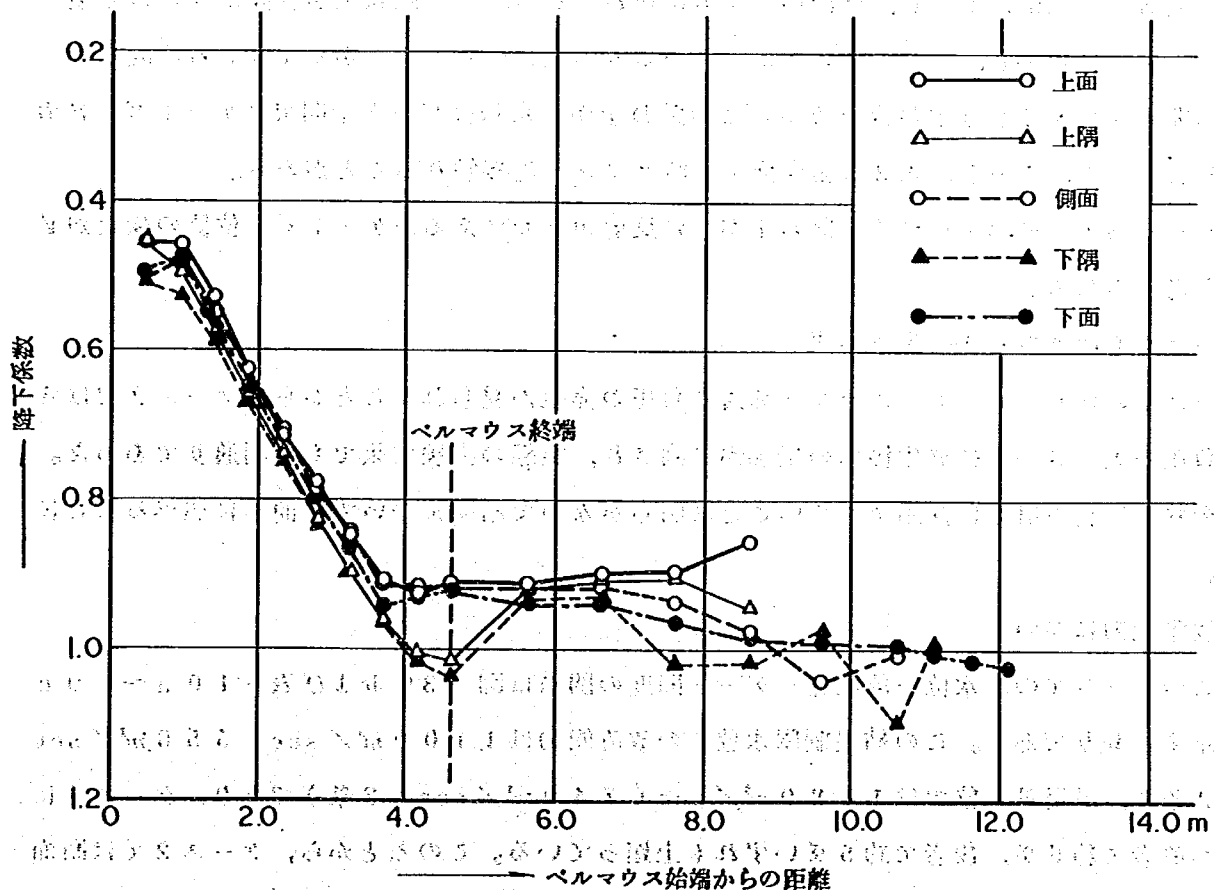


図-29 放流管圧力降下係数分布図（絞り有）

圧力状態の指標となる圧力降下係数は次式によって求めた

$$C_d = \frac{H - P}{\frac{U^2}{2g}} \quad (\text{ただし, } U = Q/A) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに,

C_d : 圧力降下係数

H : 各ピエゾ点から貯水位までの水頭 (m)

P : 各ピエゾ点での圧力水頭 (m 水柱)

$U^2 / 2g$: 放流管吐口断面での速度水頭 (m)

この結果, ベルマウス終端付近で上面隅角および下面隅角測線の C_d の値が上下に変動しているが, 他の測線の C_d はベルマウス終端まで比較的スムーズに降下し, その後はほぼ C_d が 1.0 すなわち速度水頭分だけ圧力が降下している。このことはベルマウス終端より下流では断面絞りの影響がほとんどなく, 各測線とも背圧を受けていないことを示している。

3) 開水路流況

開水路断面はゲートの水密ゴムを吐口周囲連続とするため, 図-36a の平面図に示したように吐口断面より片側で 0.5 m 拡幅された断面となっている。このため, 吐口からの放流水脈が拡散して側壁に衝突し, 壁沿いに上方に跳ね上がる。この跳ね上がり高は吐口の流速 (= 水頭) に比例し, ゲート開度では上面の隅取円弧にゲートがかかる 4.35 m 開度 (断面積開度比で 97%) が最高となる。この跳ね上がり水脈はゲート全開ではゲートピンに直接触れることはないが, 4.35 m 開度では時々ピンに直接触れることがある。

したがって, 拡幅を小さくし跳ね上がりの反射角をおさえるかゲートピン位置の変更が必要と考えられる。

3. ケース 2 (絞り無し) の実験結果

ケース 1 の絞り形状でもベルマウス終端に負圧の発生が見られたことから, ケース 2 ではさらに負圧の大きさおよび発生箇所の増加が推測され, 実際の実験結果でも予測通りであった。この形状を実施設計案に採用できないことは明らかなので結果については簡単に述べることにする。

1) 放流能力について

このケースでの貯水位-放流量-ゲート開度の関係は図-30 および表-10a~10c に示すとおりである。この結果制限水位での放流能力は 1,100 m^3/sec (550 $m^3/sec \times 2$ 条), 設計洪水水位では 1,480 m^3/sec (740 $m^3/sec \times 2$ 条) であり, ケース 1 に比べ前者で約 6%, 後者で約 5% いずれも上廻っている。このことから, ケース 2 では断面絞り比率以上に実流量は増加している。また, 流量係数と貯水位の関係は図-31 に示すとおりで, ケース 1 と同様にゲート開度が 2.5 m 以下では流量係数は各ゲート開度に対してはほぼ一定値と見なせる。

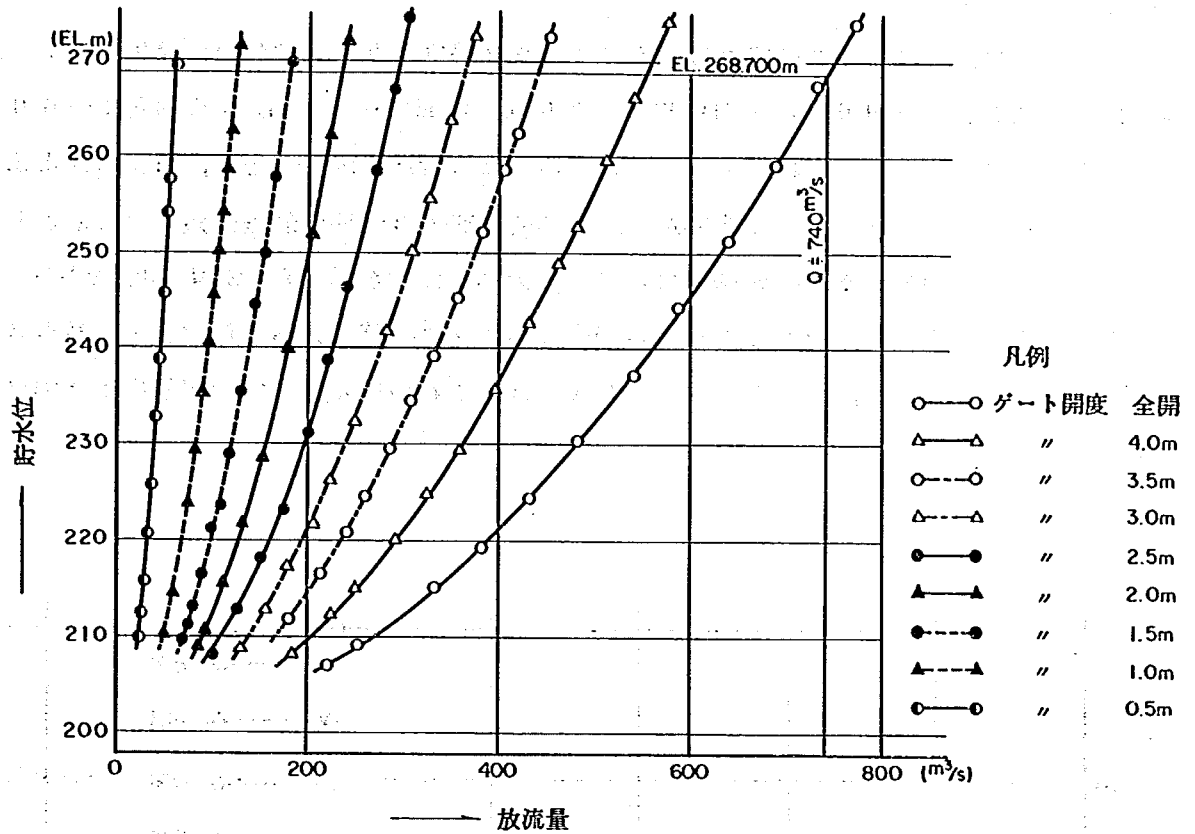


図-30 放流管の貯水位-放流量-ゲート開度の関係 (絞り有)

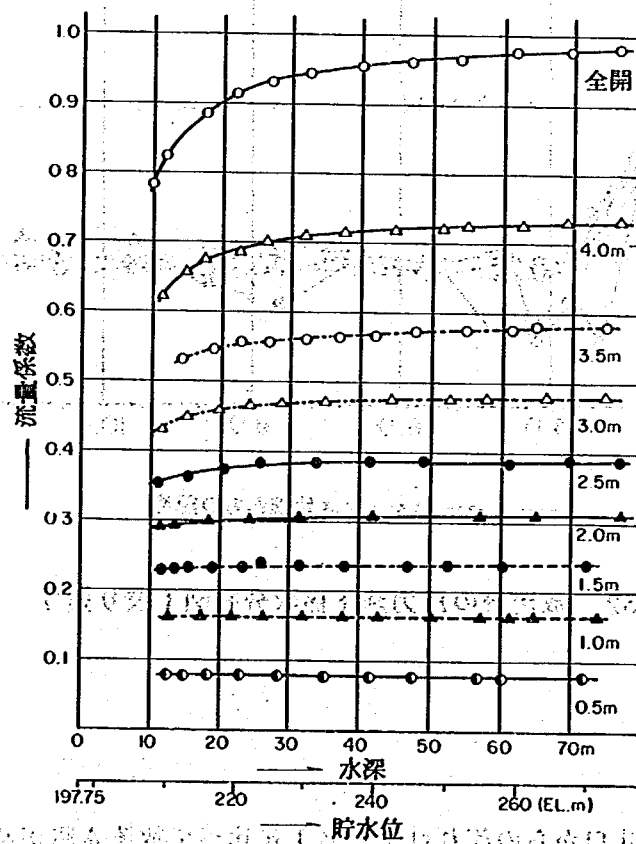


図-31 放流管の流量係数-貯水位-ゲート開度の関係 (絞り有)

2) 圧力の調査結果

ゲート全開放流ではいずれの貯水位でもベルマウス終端より下流で負圧が発生し、その最高値は上面隅角部で -9.0 m 、上面中央で -3.0 m 、側面で -1.3 m 、下面隅角で -6.0 m および下面中央で -1.5 m 水柱である。これらの値は設計洪水水位での値で、負圧値は水頭の減少に比例して小さくなる。この結果から、特に隅取部での流線の剝離が顕著であることが判る。ケース1と同様に求めた各測線での平均圧力降下傾向を示したのが図-32である。この図から明らかなように、絞りを入れない場合はベルマウス終端から下流で圧力係数がさらに降下している。しかし、ゲート開度 4.40 m ではいずれの貯水位でも放流管内の圧力はすべて正圧であった。

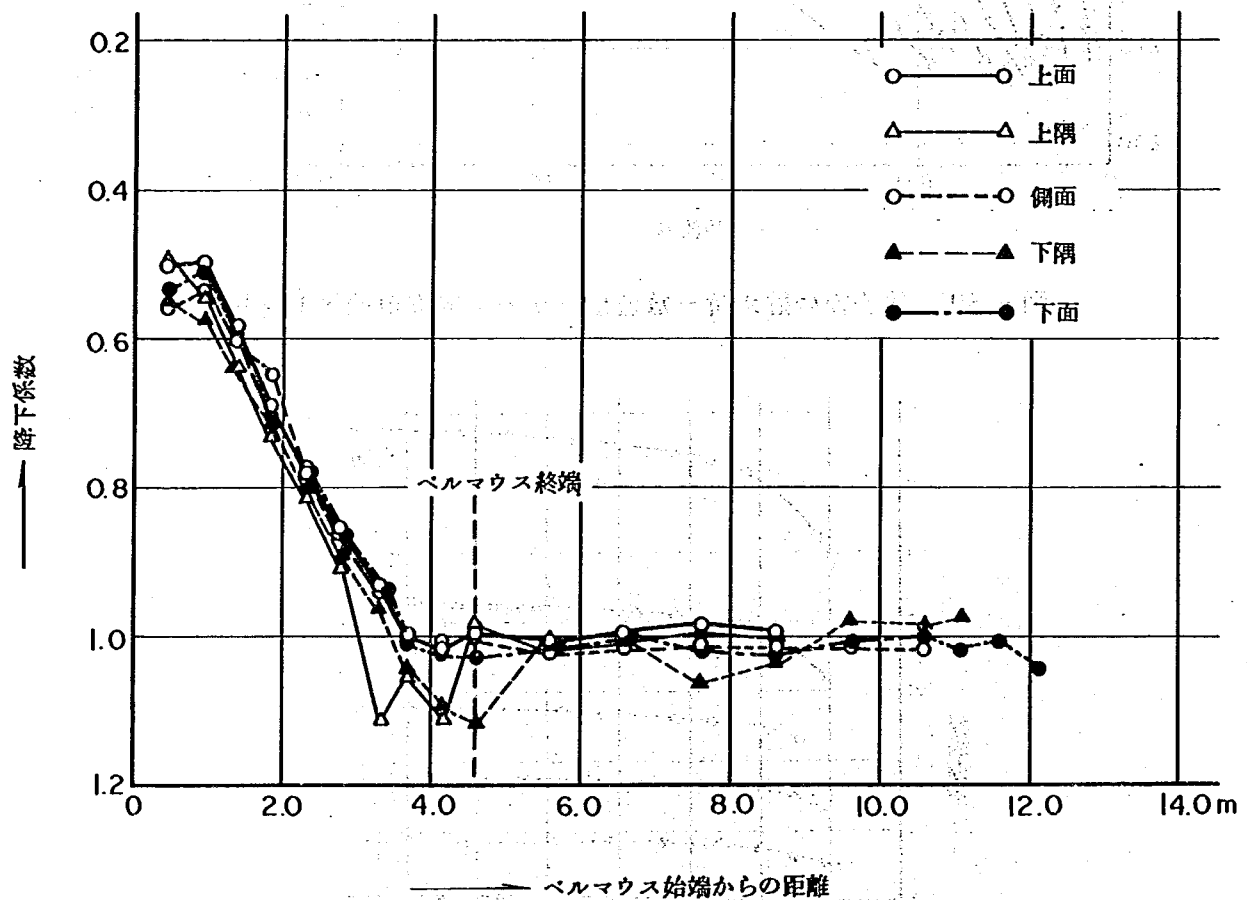


図-32 放流管の圧力降下係数分布図（絞り無）

3) 開水路の流況

管内の負圧の影響で吐口からの流れはケース1に比べて放流水脈が乱れている。このため跳ね上がり現象は基本的にはケース1と同様であるが、水脈の上下動が激しいため、サーチ

チージ水位での放流でも時々ゲートピンに水脈が触れている。

2.7.3 越流部抽出実験

全体模型での越流部の検討結果から、越流頂形状を標準越流頂とした場合には設計洪水水位での放流量に約 $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ の余裕があった。したがって、設計流量とするには2つの方法が考えられ、その1つは形状を変えずに越流部の径間数を減らす方法、他の1つは設計水頭が小さいので越流頂形状の施工面を重視して単純形状とし、径間数をそのままとする方法である。

本実験は2つの方法に対応できる資料を得るため、図-34に示した3種類の越流頂形状1径間分の模型を1/20縮尺で製作し、それらの貯水位と放流量の関係および越流面縦断3測線(左岸ピア沿い、中央、右岸ピア沿い)の圧力分布および水面形の調査を行った。

なお、今後の説明は図-34に示した標準越流型をタイプI、上下面円弧の台形型をタイプII、円弧無しの台形型をタイプIIIとそれぞれ呼称することとする。タイプI～タイプIIIの越流面に埋設した圧力測定用ピエゾ管の位置は図-48a～48cに示す各位置である。

3タイプの貯水位と放流量と流量係数の調査結果は図-33および表-11に示すとおりである。

この結果、設計洪水水位 $E.L. 268.70 \text{ m}$ では、タイプIで1門当り $125 \text{ m}^3/\text{sec}$ (19門当り $2,375 \text{ m}^3/\text{sec}$)、流量係数 $C \approx 2.09$ 、タイプIIで1門当り $117 \text{ m}^3/\text{sec}$ (19門当り $2,223 \text{ m}^3/\text{sec}$)、 $C \approx 1.95$ 、タイプIIIで1門当り $121 \text{ m}^3/\text{sec}$ (19門当り $2,299 \text{ m}^3/\text{sec}$)、 $C \approx 2.02$ である。

したがって、いずれのタイプでも19門当りの設計量 $2,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対しては余裕が認められ、どのタイプでも採用が可能で、タイプIを選定した場合には3径間(純径間幅 $B = 21.6 \text{ m}$)、タイプIIとIIIでは径間($B = 22.95 \text{ m}$)をそれぞれ軽減できる。また、貯水位と放流量の関係および流量の係数と貯水位の関係は図-48に示したとおりで、3タイプの放流特性を明確に表わしている。

3タイプの越流面の圧力調査は設計水頭($H_d = 2.7 \text{ m}$)で実施し、それらの結果は図-49a～49cに示すとおりであった。これらの図から明らかなように、3測線の圧力分布はほぼ同様であり、流れは乱れない2次元流であることが判る。(写真-32～34参照)タイプIIおよびタイプIIIでは曲率面および屈曲点の下流直下で負圧が発生するが、それ以外では正圧分布である。この負圧の最大値はタイプIIで -1.0 m 水柱、タイプIIIでは -1.6 m 水柱程度であり、圧力的にはコンクリート面に対する危険性はないものと判断できる。また、タイプIIIでは実際の施工時に上下流の屈曲点に面取りを採用すれば負圧の大きさはタイプII程度に低減するものと思われる。

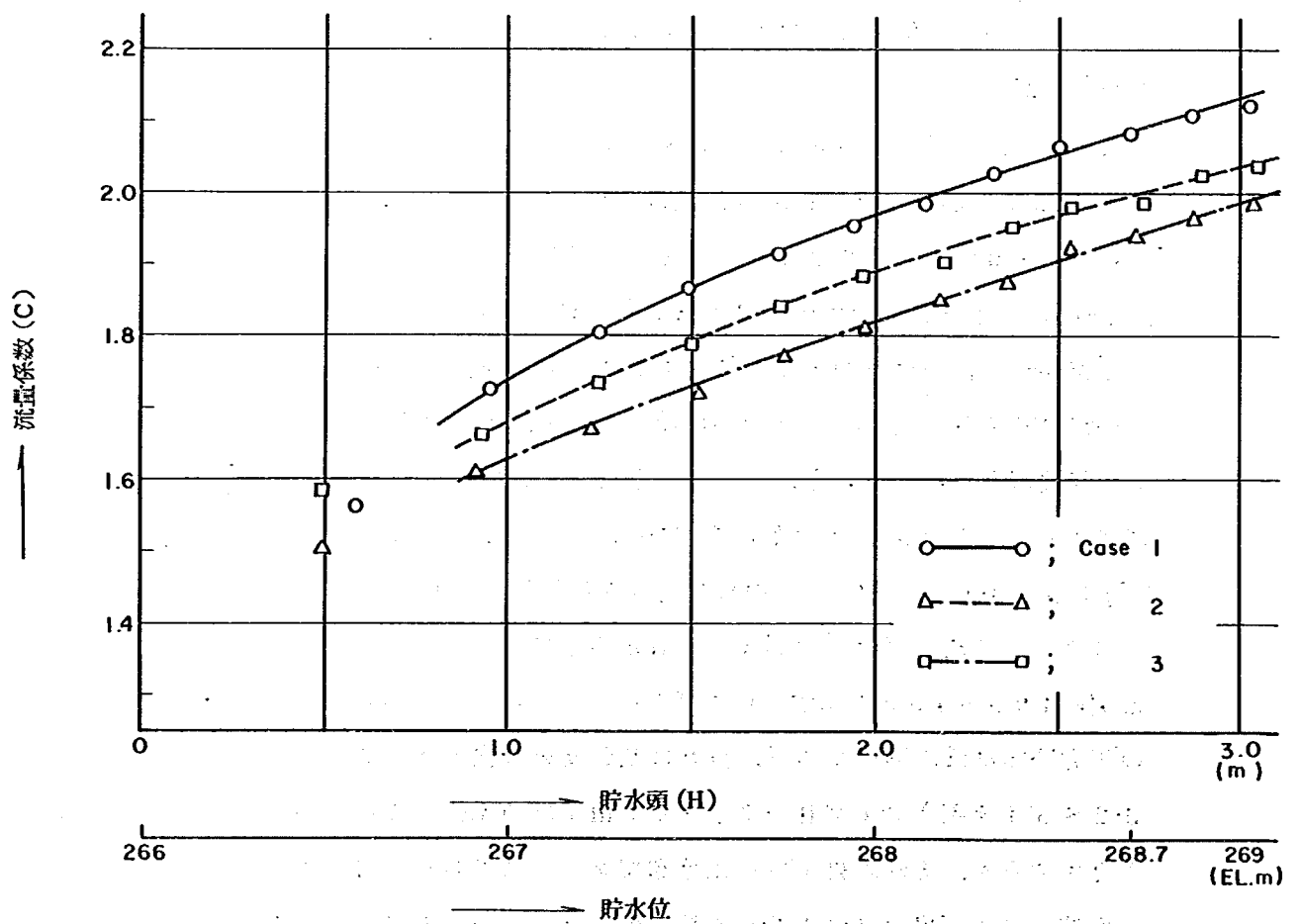
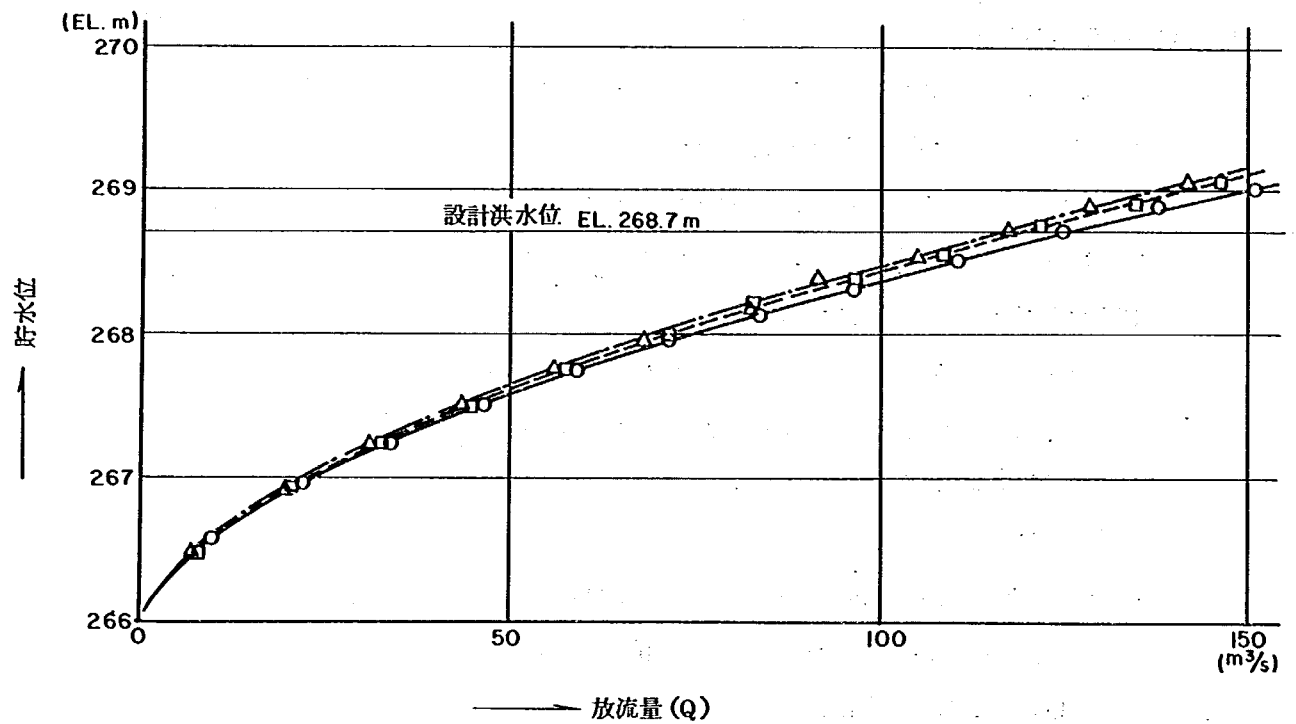
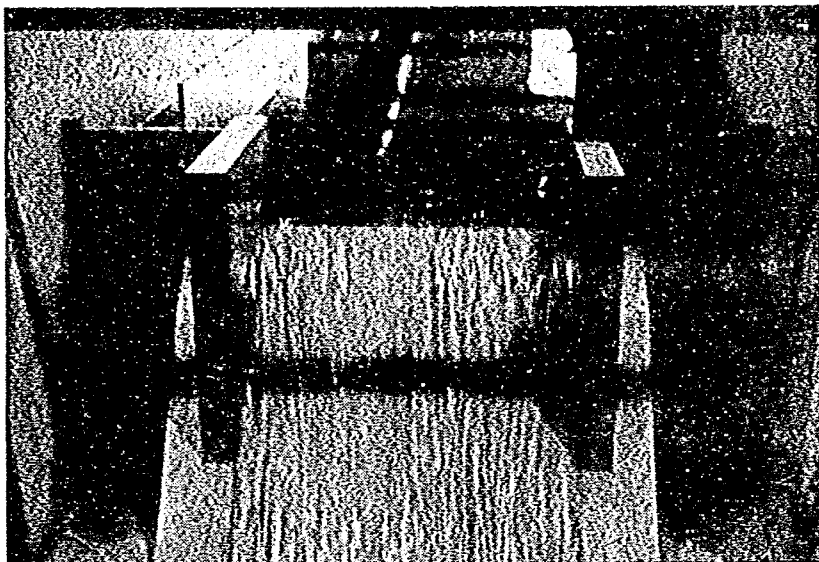
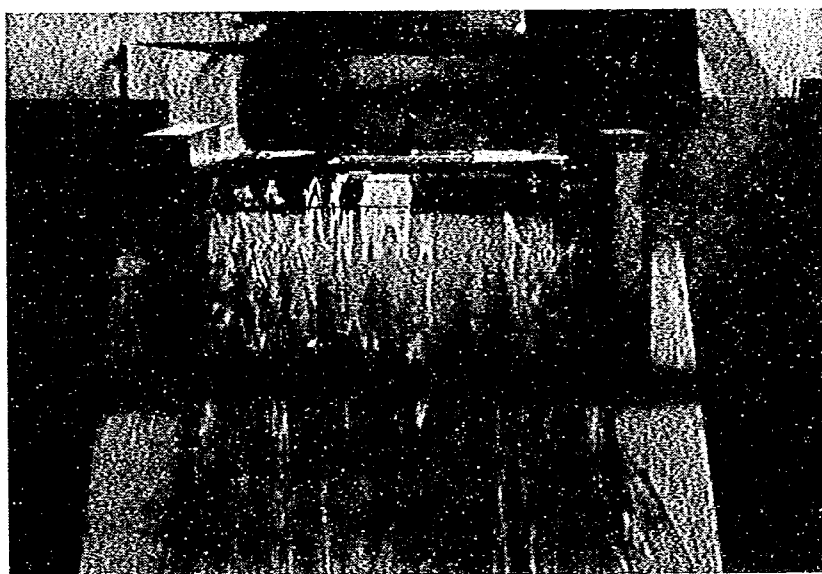


図-33 貯水位～放流量及び貯水頭～流量係数の関係



写真一三二
タイプⅠ
越流部の流況
 $H = 2.7 \text{ m}$



写真一三三
タイプⅡ
越流部の流況
 $H = 2.7 \text{ m}$



写真一三四
タイプⅢ
越流部の流況
 $H = 2.7 \text{ m}$

次に3タイプの設計洪水位放流における越流面3測線の水面形の調査結果は図-50 a ~ 50 c に示すように、いずれのタイプでも両側ピアの縮流でピア沿いの水面形は低下するが越流頂付近では回復している。また、全体の水面形はタイプIIおよびタイプIIIでは越流面に沿わない流れの乱れが下流にまで伝わっているが、流況写真にも示したようにそれ程気になる流況ではない。



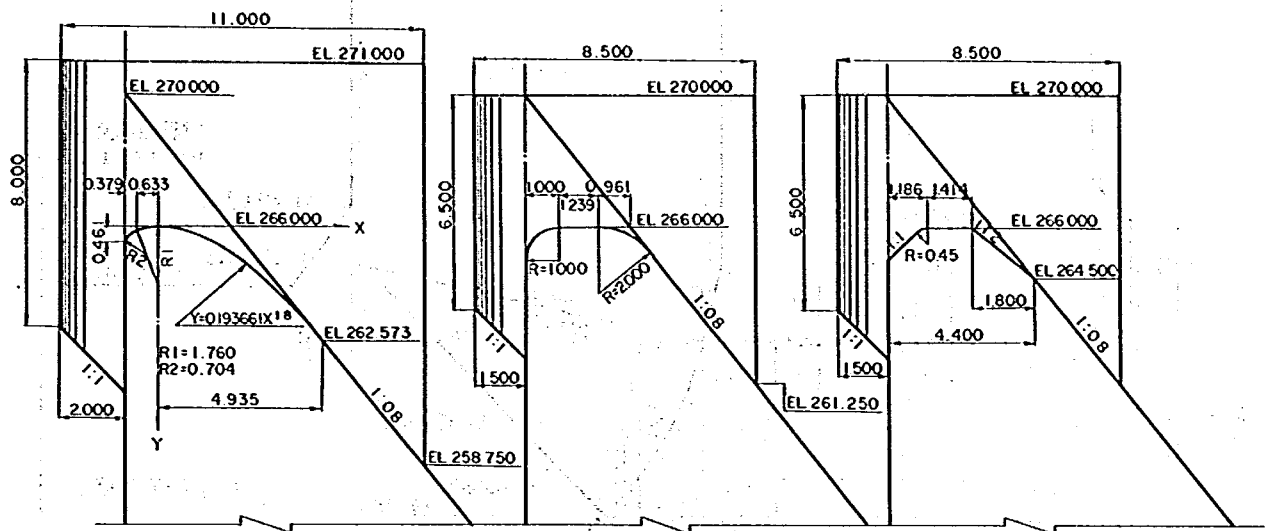


図-34 越流部3種の形状図

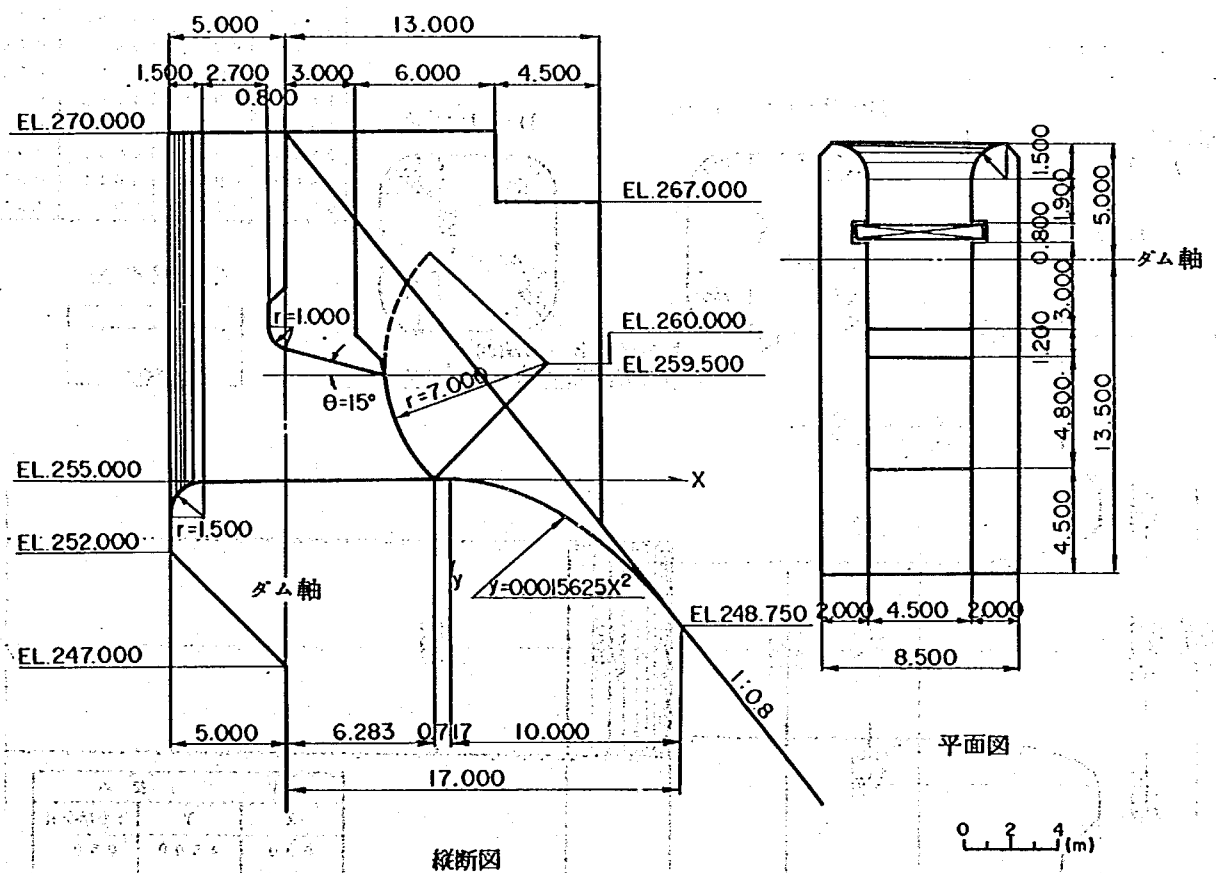


図-35 オリフィス模型製作範囲

図の単位はメートル単位である

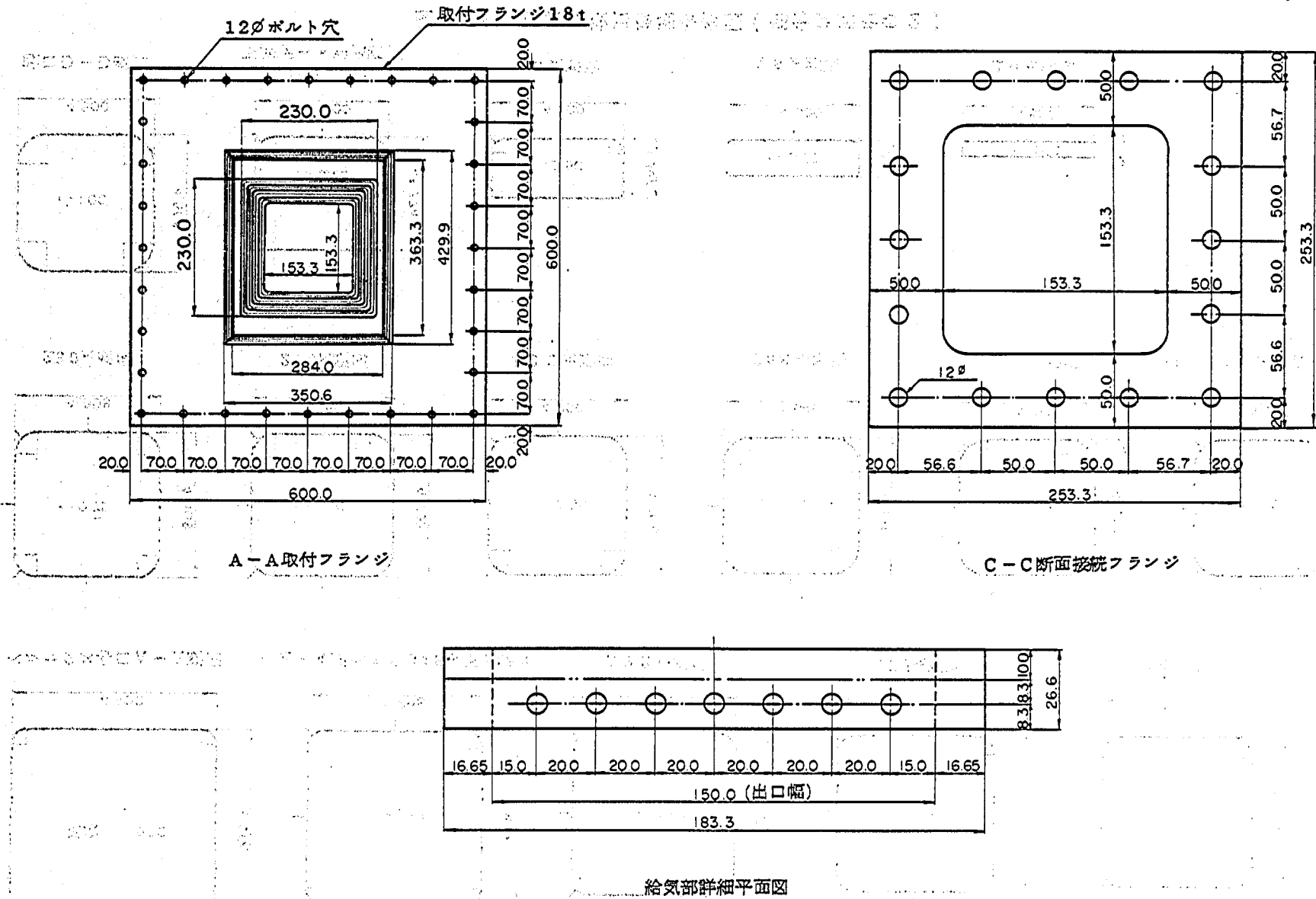


図-36b 放流管抽出模型製作図(部分詳細その1)

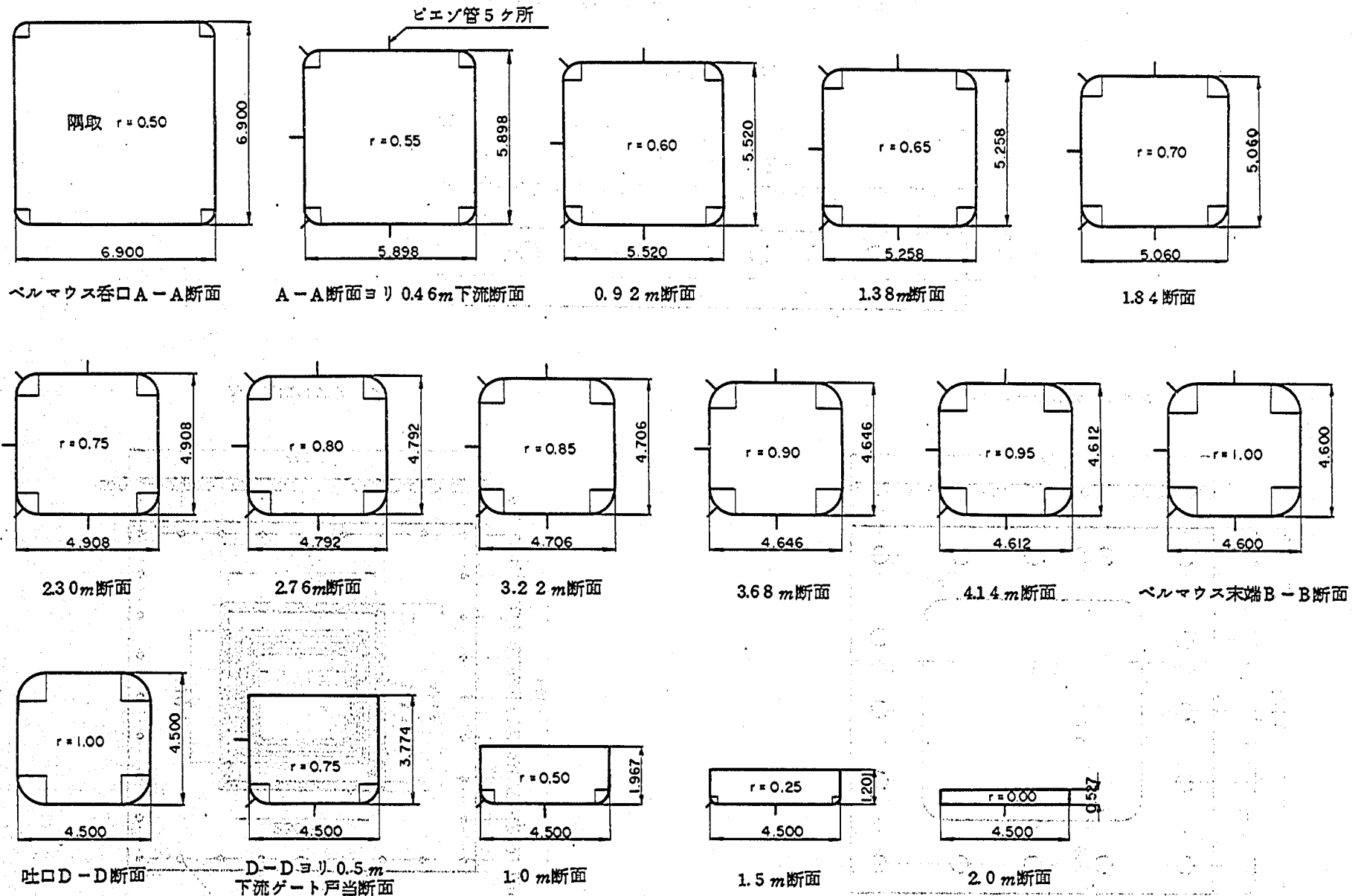


図 - 36c. 放流管抽出模型製作図 (部分詳細その 2)

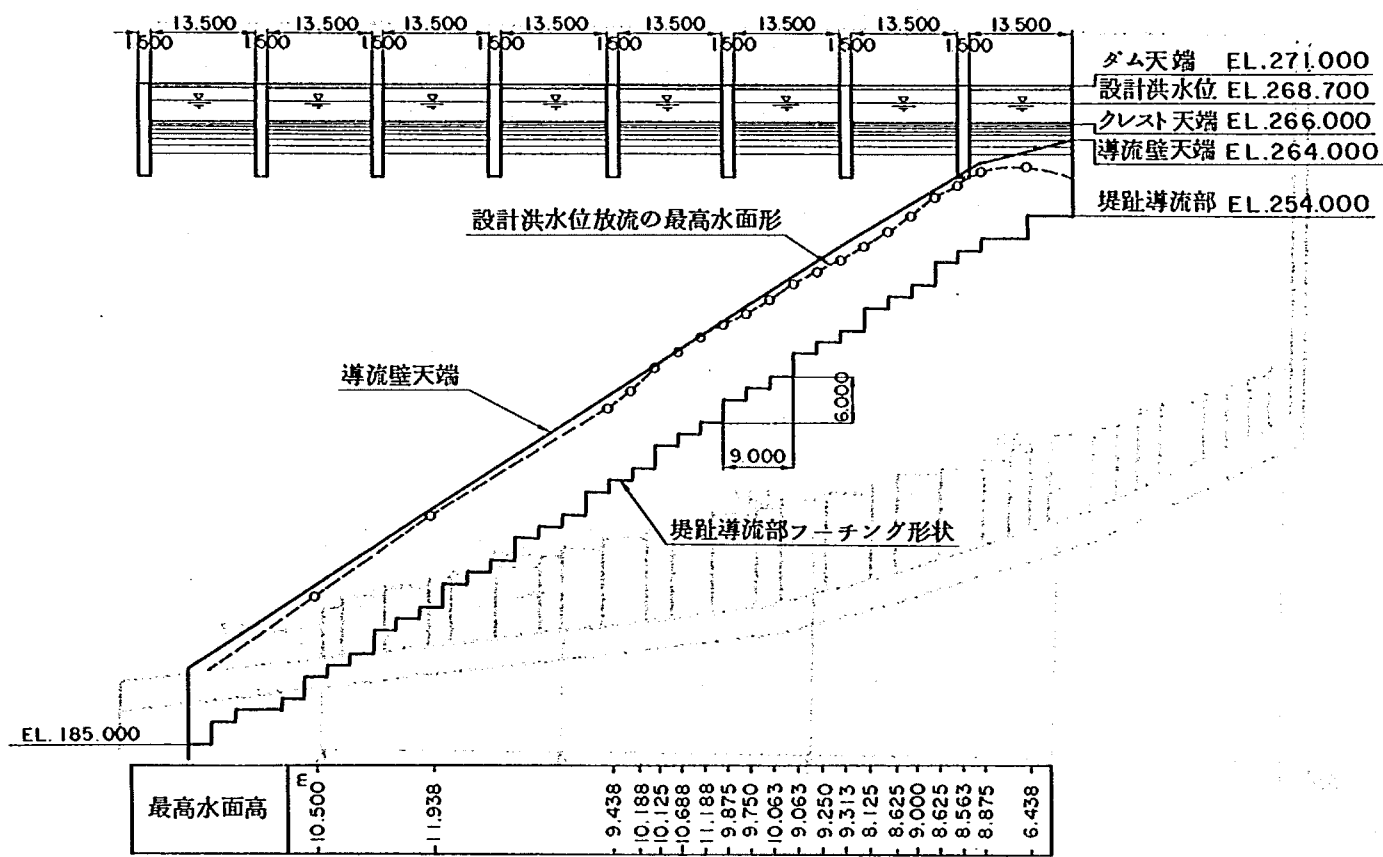


図- 37a 堤趾導流部水面形測定結果図 (左岸側, 貯水位=268.70m)

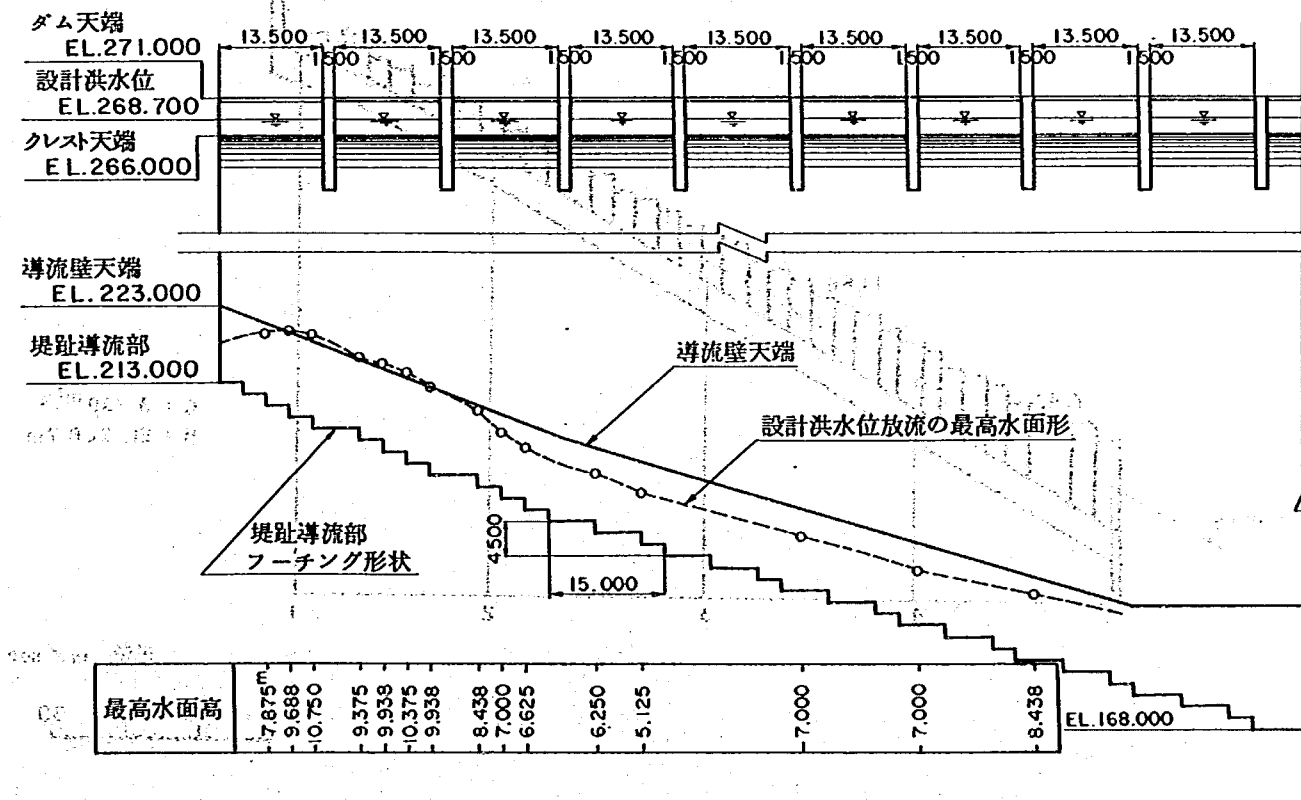
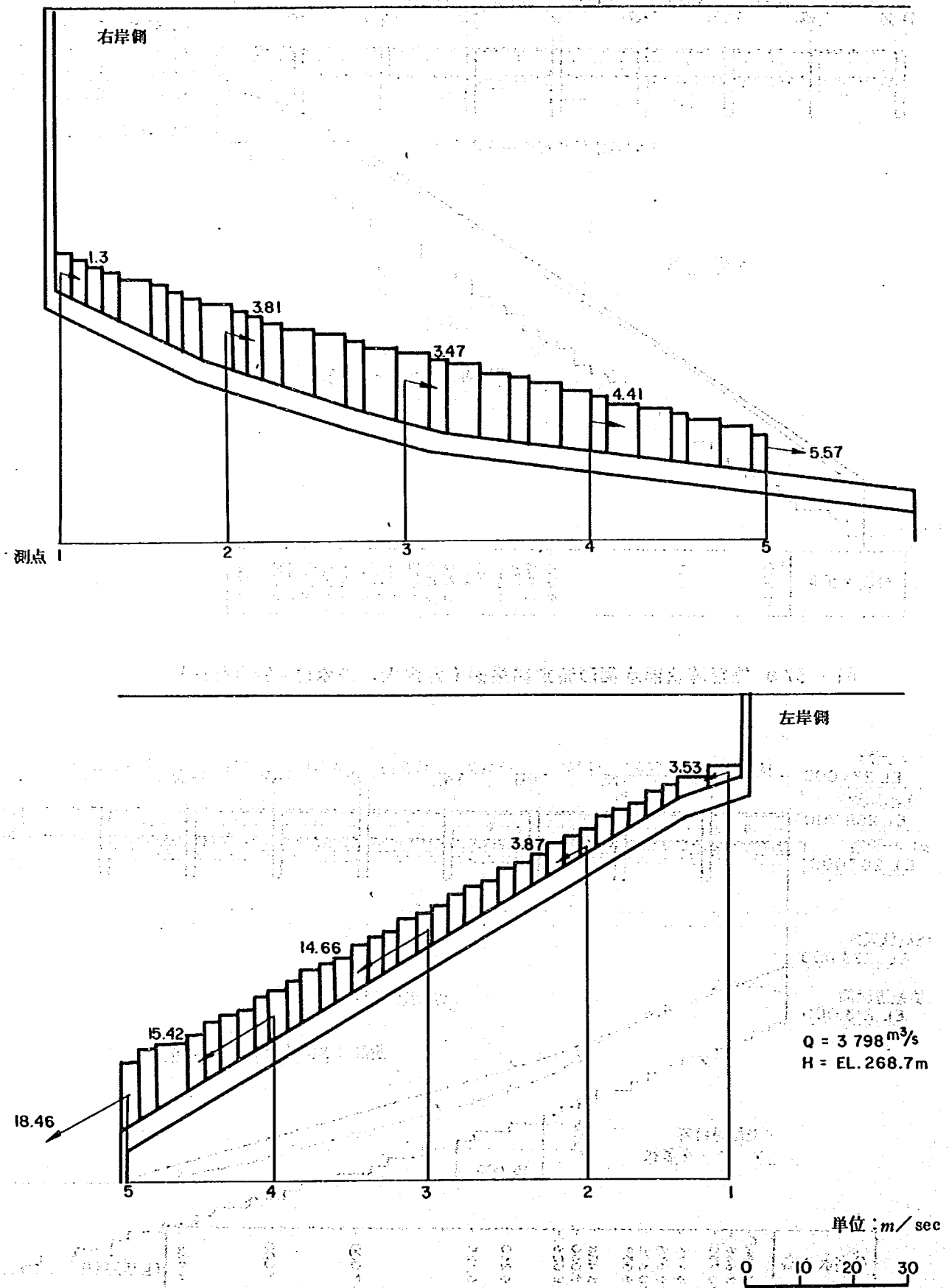
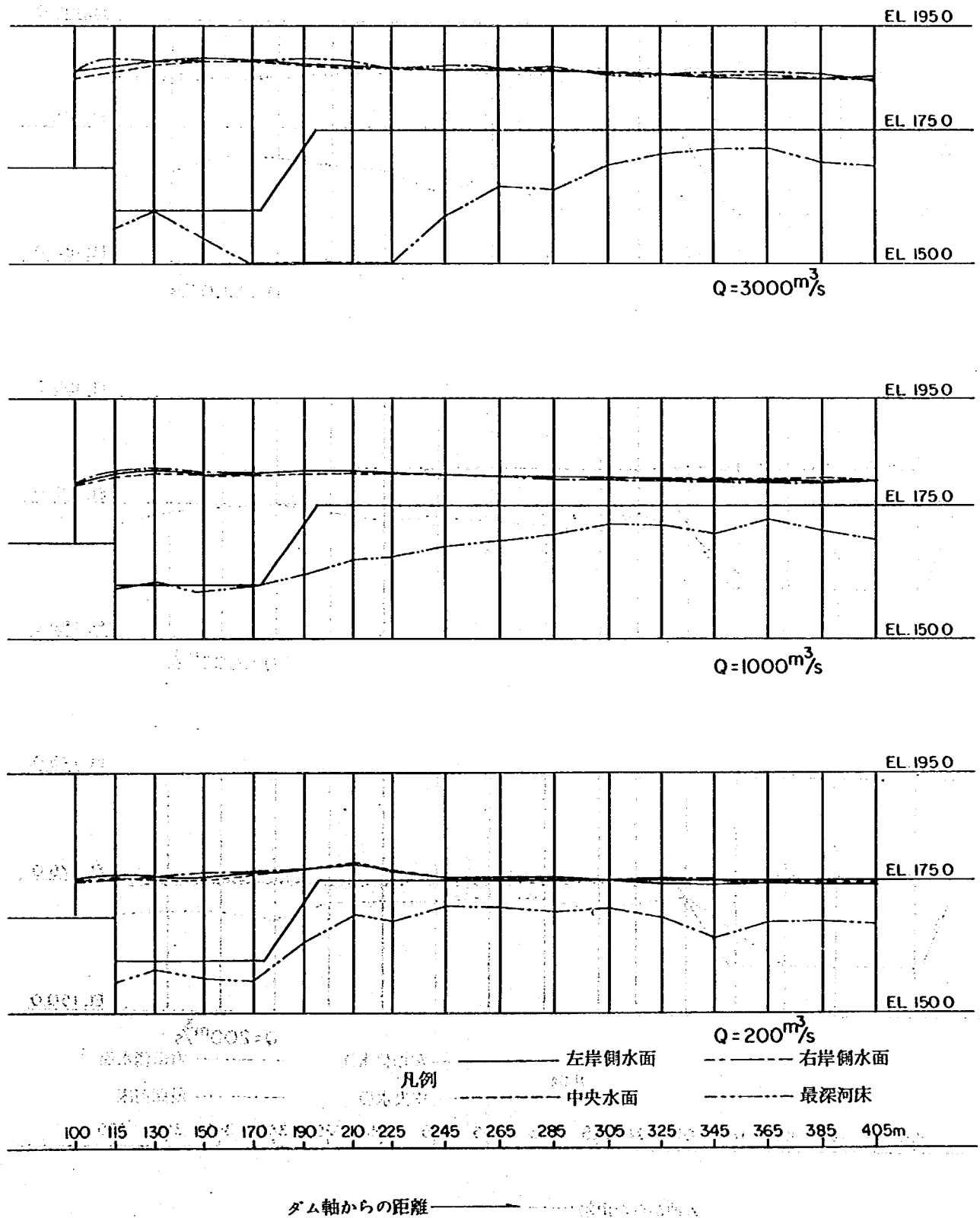


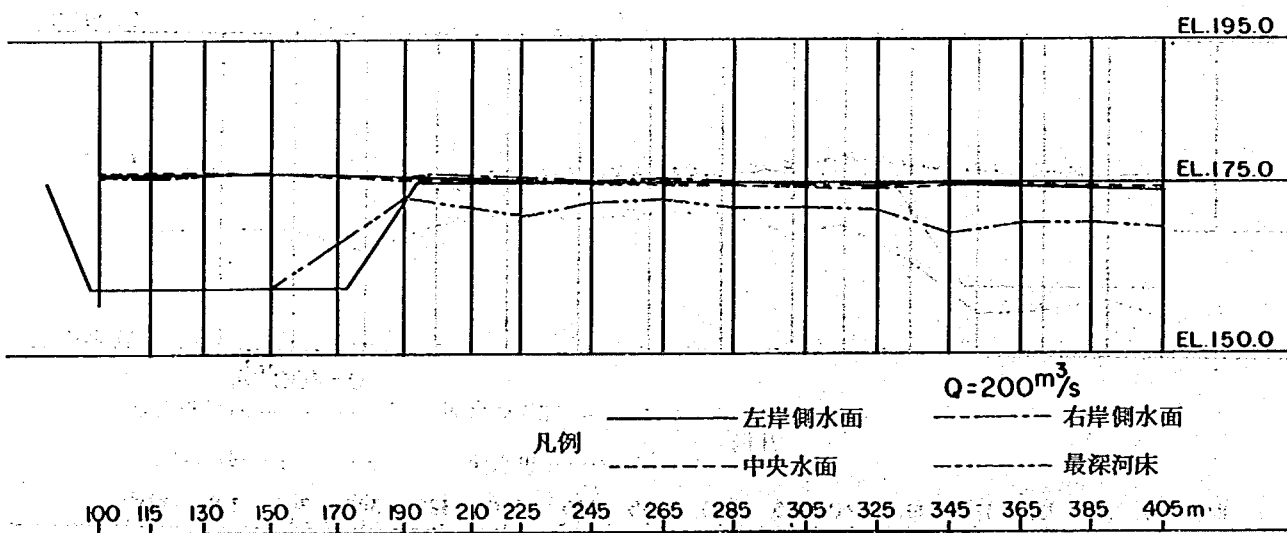
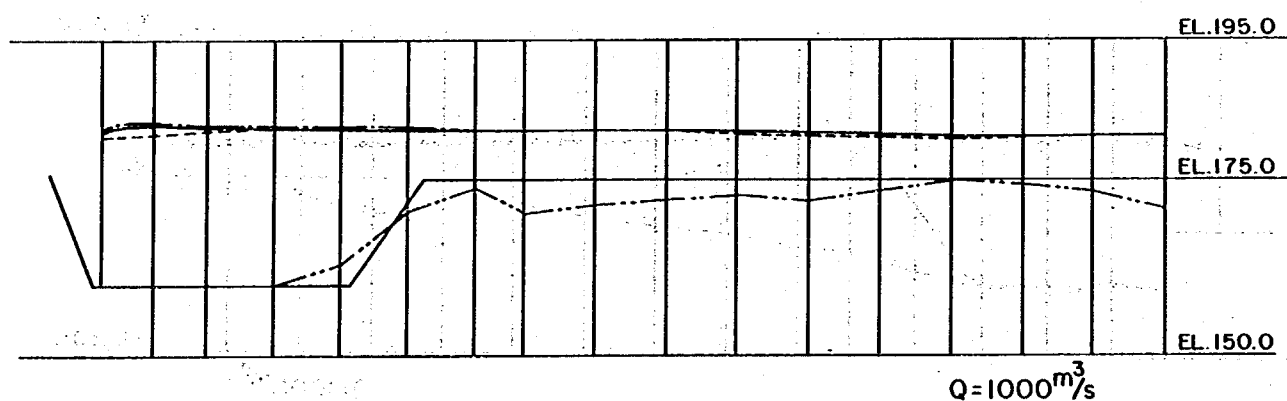
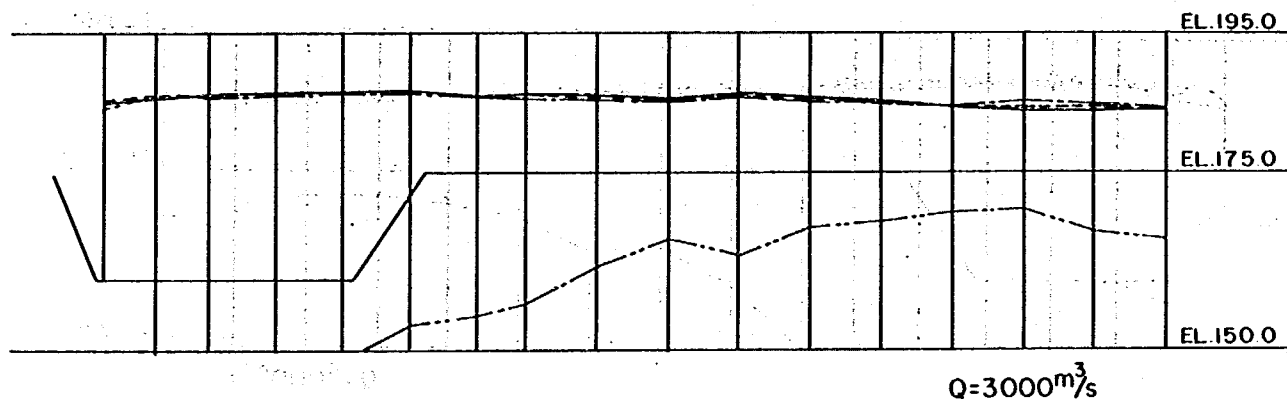
図- 37b 堤趾導流部水面形測定結果図 (右岸側, 貯水位=268.70m)



図一.38 . 堤趾導流部の流速分布図



(図→ 39 a 減勢工および下流河道の水面形状と河床地形縦断図 (噴流拡散式))



ダム軸からの距離

図-39b 減勢工および下流河道の水面形状と河床地形縦断面図（水平水叩き式）

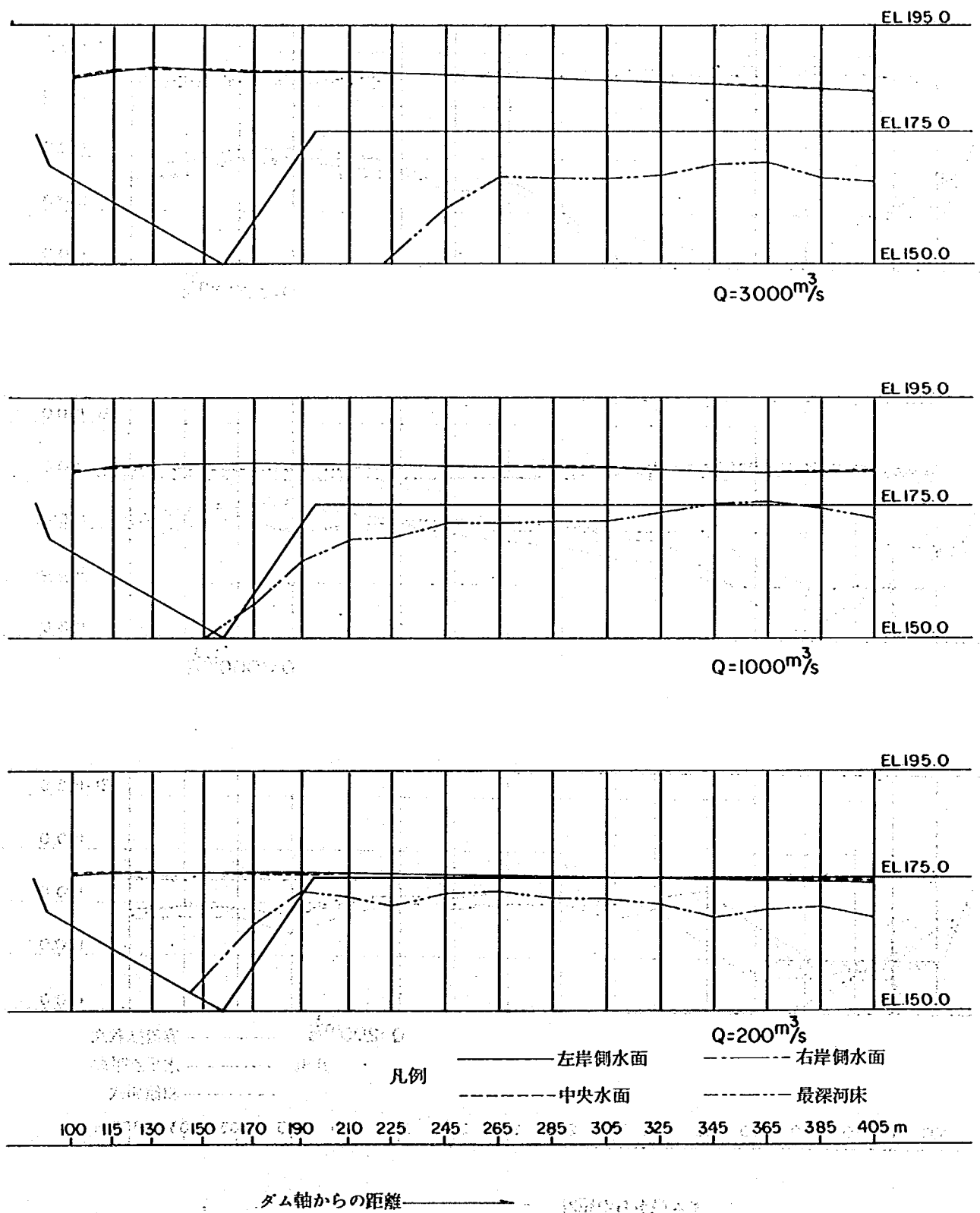
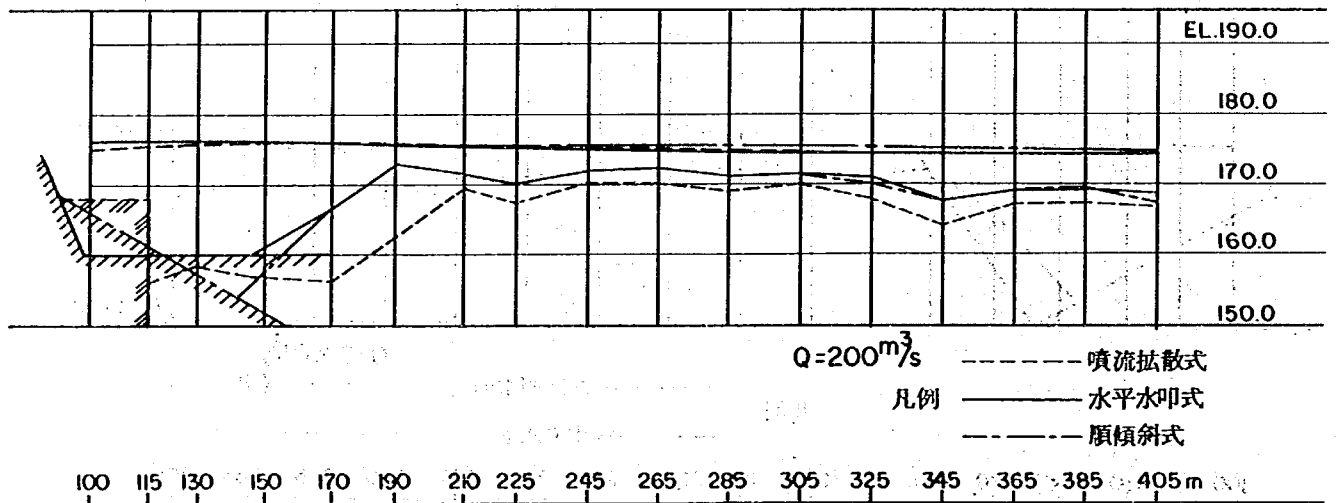
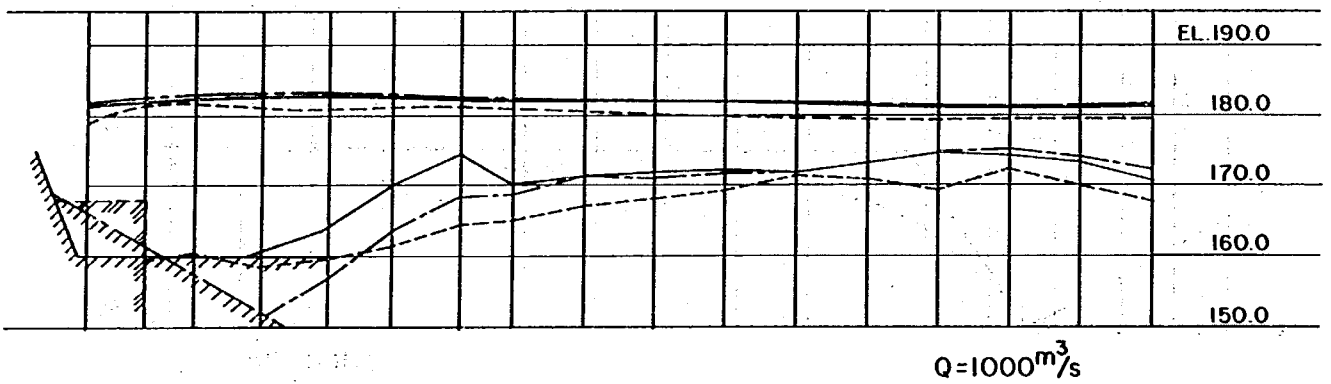
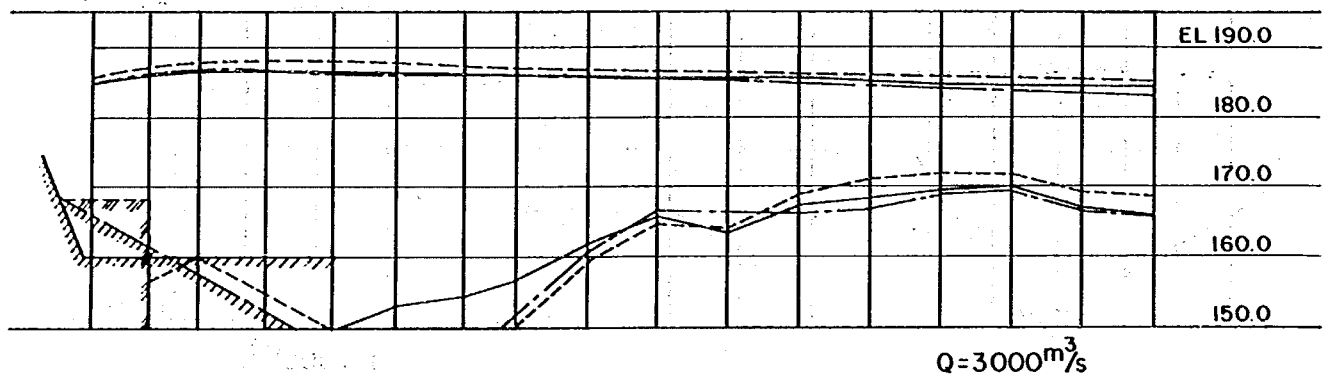
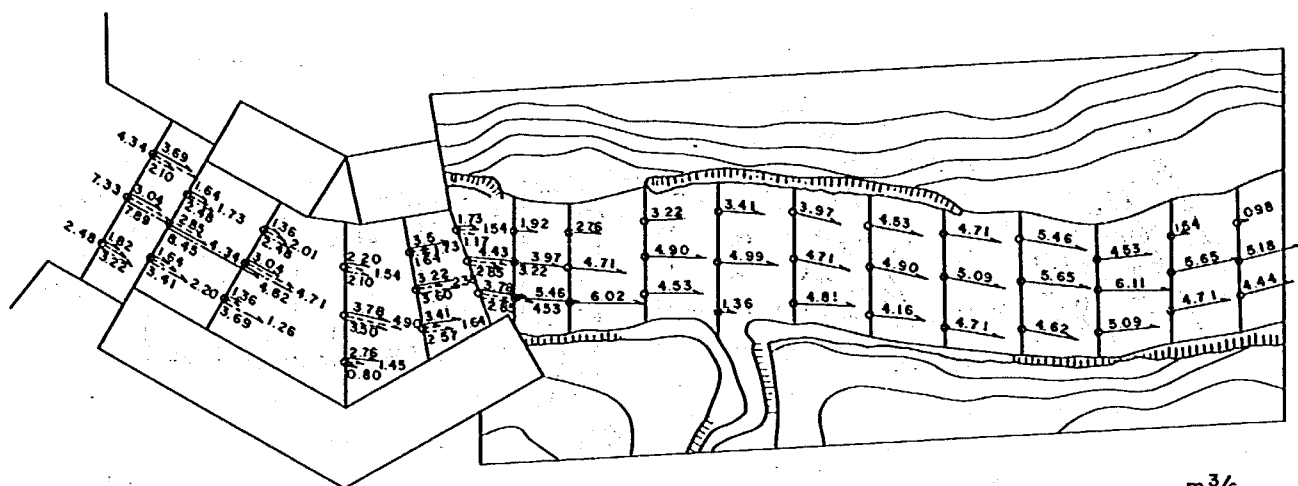


図-39c 減勢工および下流河道の水面形状と河床地形縦断面図(順傾斜式)



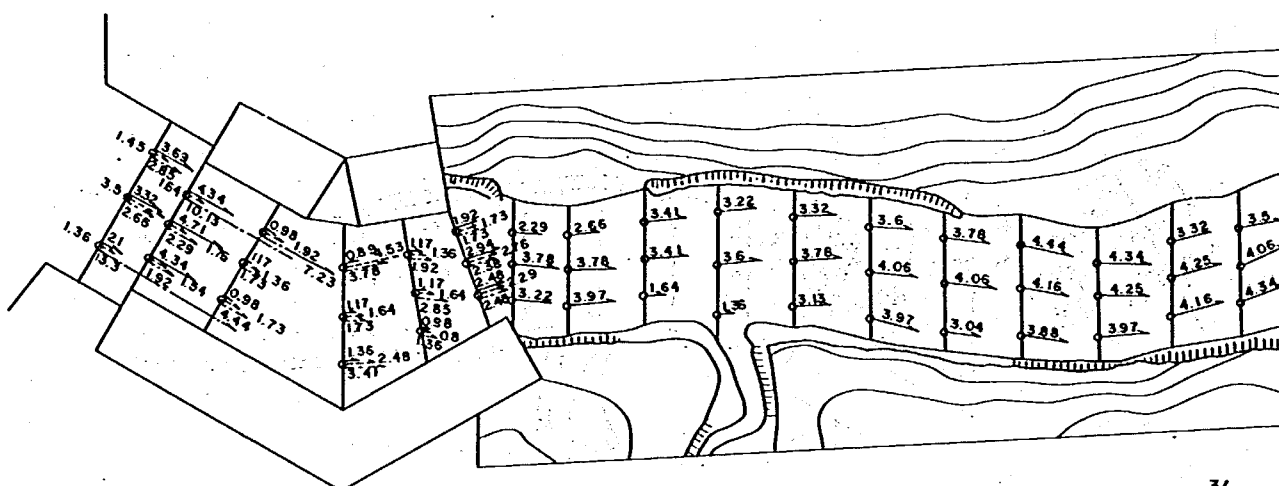
ダム軸からの距離

(分級断面) 図一40 平均水面と最深河床縦断図 (1/4, 1/100, 1/1000)



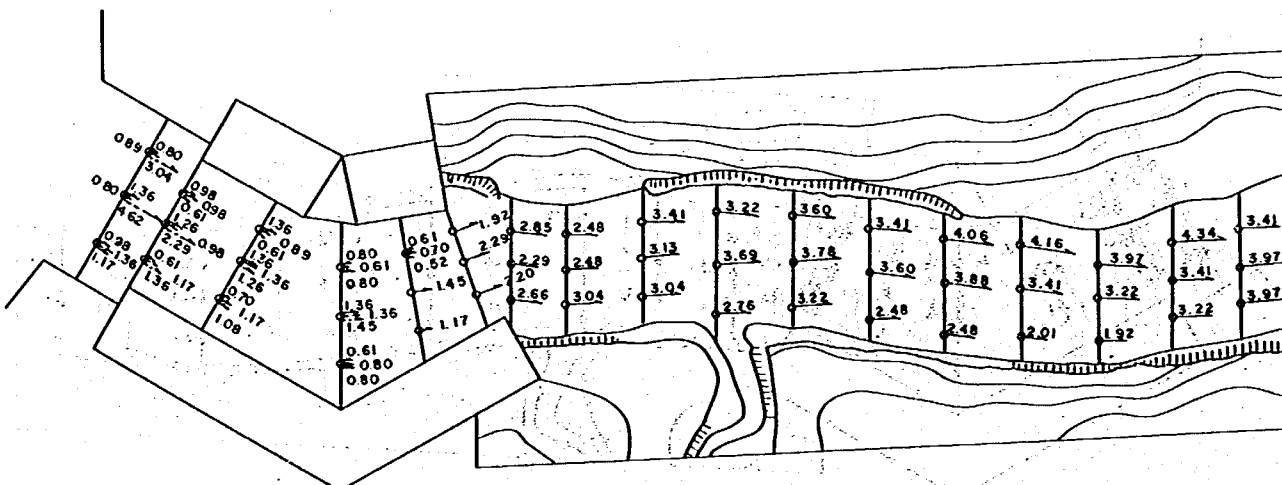
$Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$

図-41 d 減勢工および下流河道流速分布 (水平水叩き式)



$Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$

図-41 e 減勢工および下流河道流速分布 (水平水叩き式)



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

図-41 f 減勢工および下流河道流速分布 (水平水叩き式)

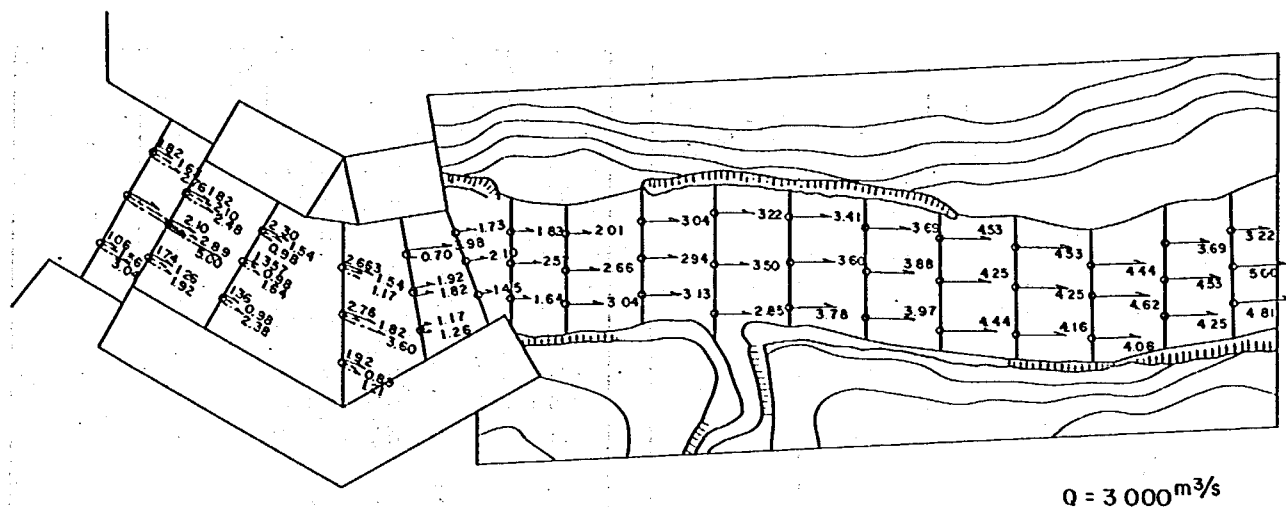


図-41g 減勢工および下流河道流速分布（順傾斜式）

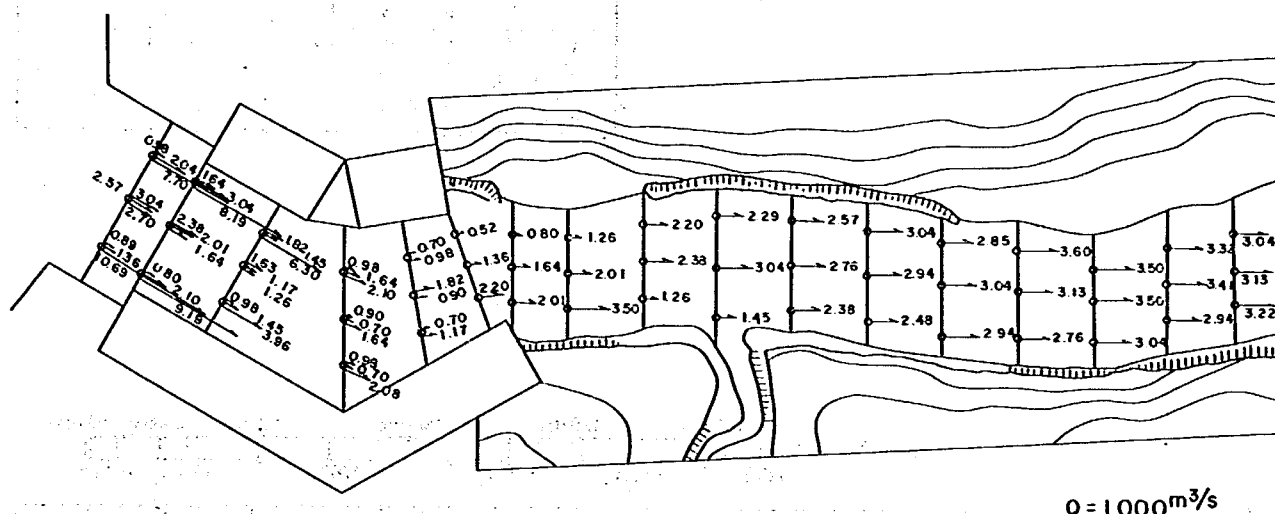


図-41h 減勢工および下流河道流速分布（順傾斜式）

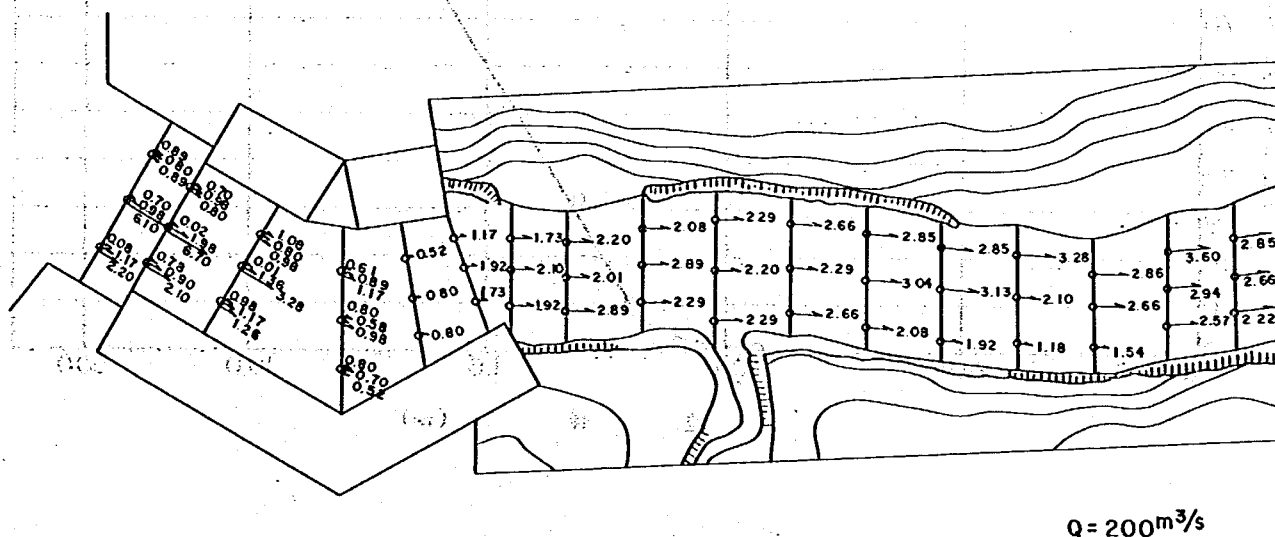


図-41i 減勢工および下流河道流速分布（順傾斜式）

試料番号 深 さ	No (m ~ m)		No (m ~ m)	
	粒 径 mm	質量百分率%	粒 径 mm	質量百分率%
ふ る い 分 け	50.8		50.8	
	38.1		38.1	
	25.4	100	25.4	
	19.1	96.1	19.1	
	9.52	95.0	9.52	
	4.76	93.6	4.76	
	2.00	83.4	2.00	
	0.84	51.1	0.84	
	0.42	31.5	0.42	
	0.25	10.2	0.25	
	0.105	0.7	0.105	
	0.074	0.5	0.074	

試 料 番 号 深 さ	No	
	(m ~ m)	
4.76 mm以上の粒子 %	6	17
細 礫 分 (4.76 ~ 2mm) %	11	
粗 砂 分 (2 ~ 0.42mm) %	51	82
細 砂 分 (0.42 ~ 0.074mm) %	31	
シルト分 (0.074 ~ 0.005mm) %	} 1	
粘土分 注)(0.005mm以 下) %		
コロイド分(0.001mm以下) %		
2000 μ mふるい通過質量百分率%	83	
420 μ mふるい通過質量百分率%	32	
74 μ mふるい通過質量百分率%	1	
最 大 粒 径 mm	25.4	
60 % 粒 径 mm	1.1 (1.0)	
30 % 粒 径 mm	0.41 (0.43)	
10 % 粒 径 mm	0.25	
均 等 係 数 U_c	4.4	
曲 率 係 数 U_c'	0.61	
土 粒 度 の 比 重 G_s		
使用した分散剤		

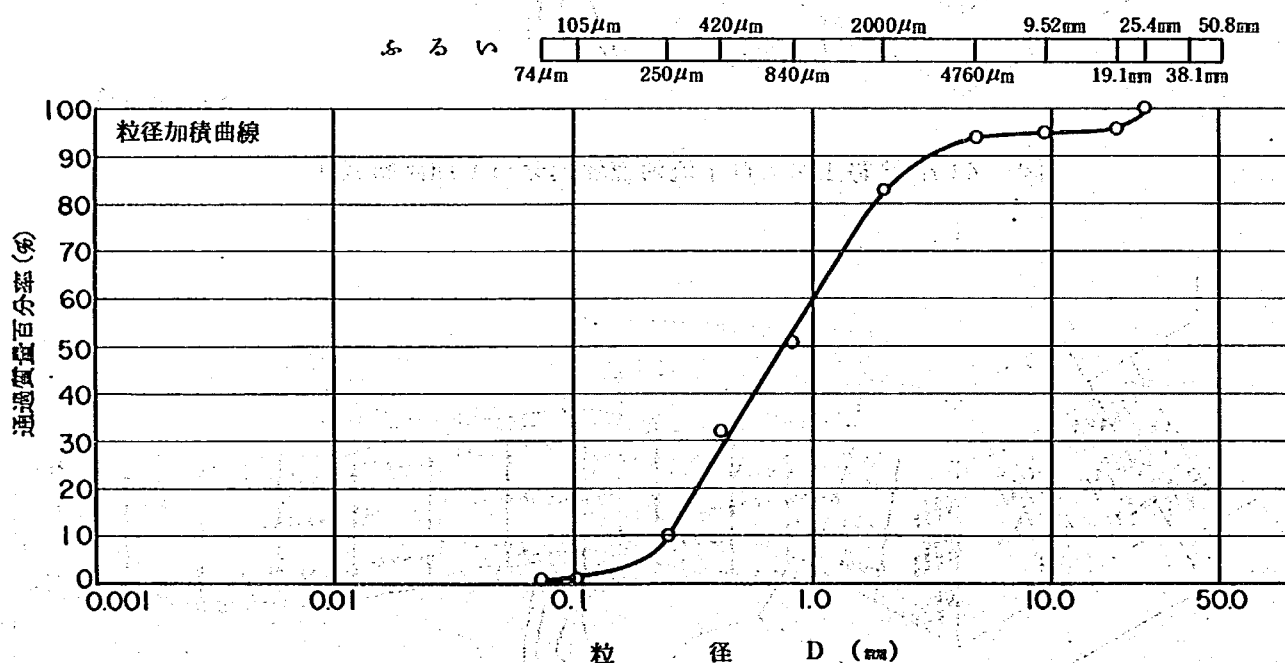


図-42 現地の粒度式験結果
(左図参照) 並(右図参照) 並(右図参照) 並(右図参照) 並(右図参照)

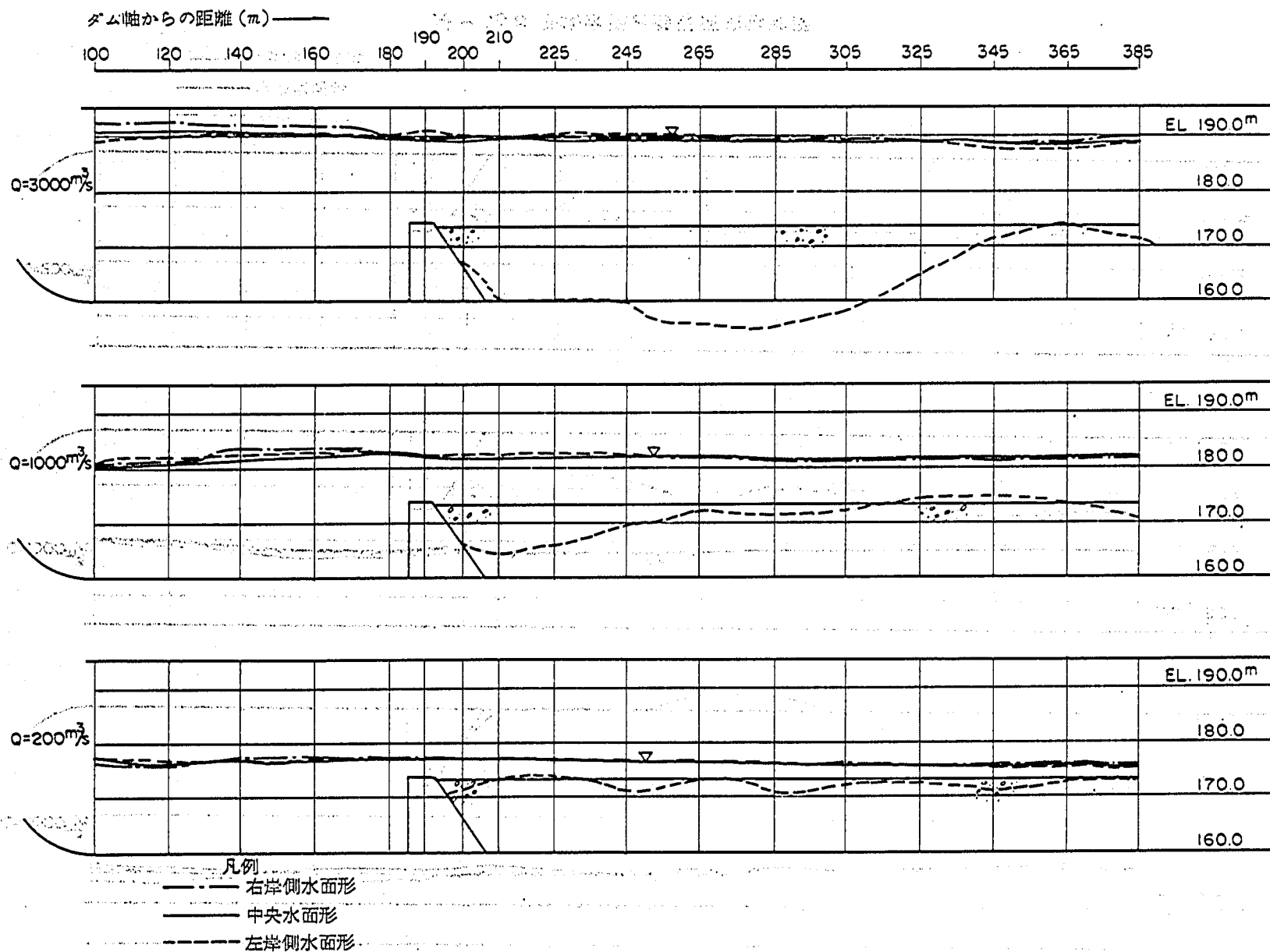


図-43 a 平均水面と長深河床縦断面図

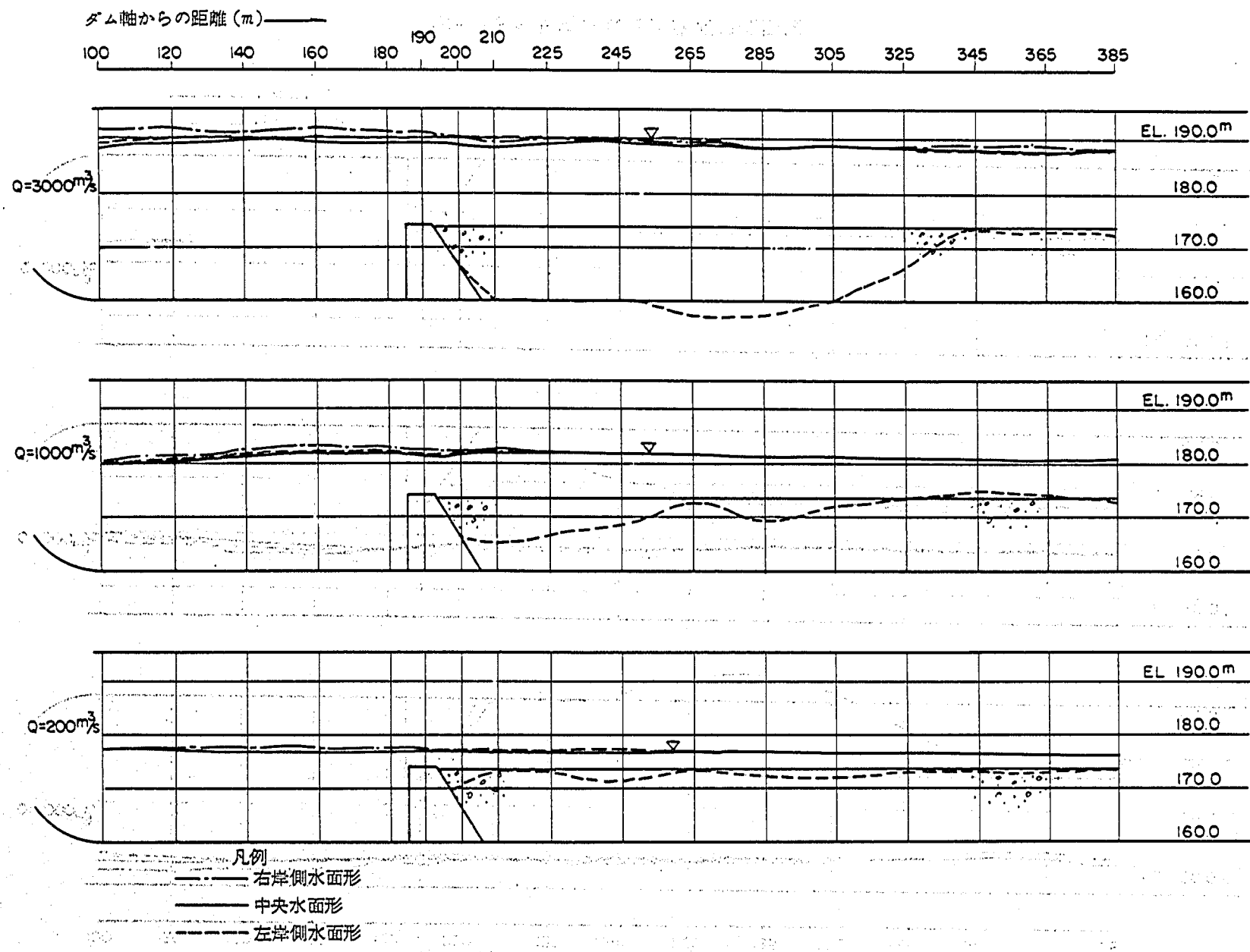


図-43b 平均水面と最深河床縦断図

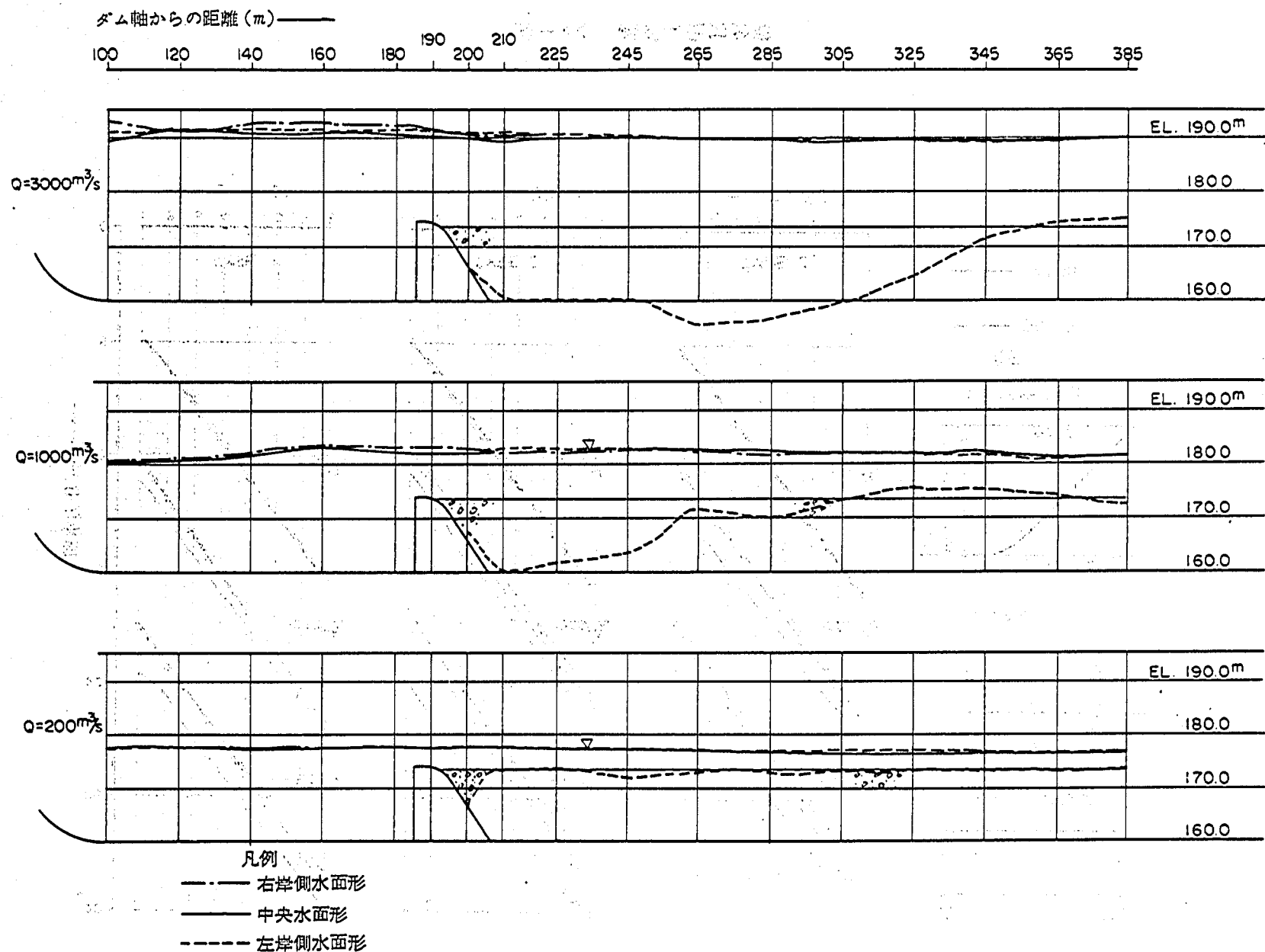


図-43 c 平均水面と最深河床縦断図

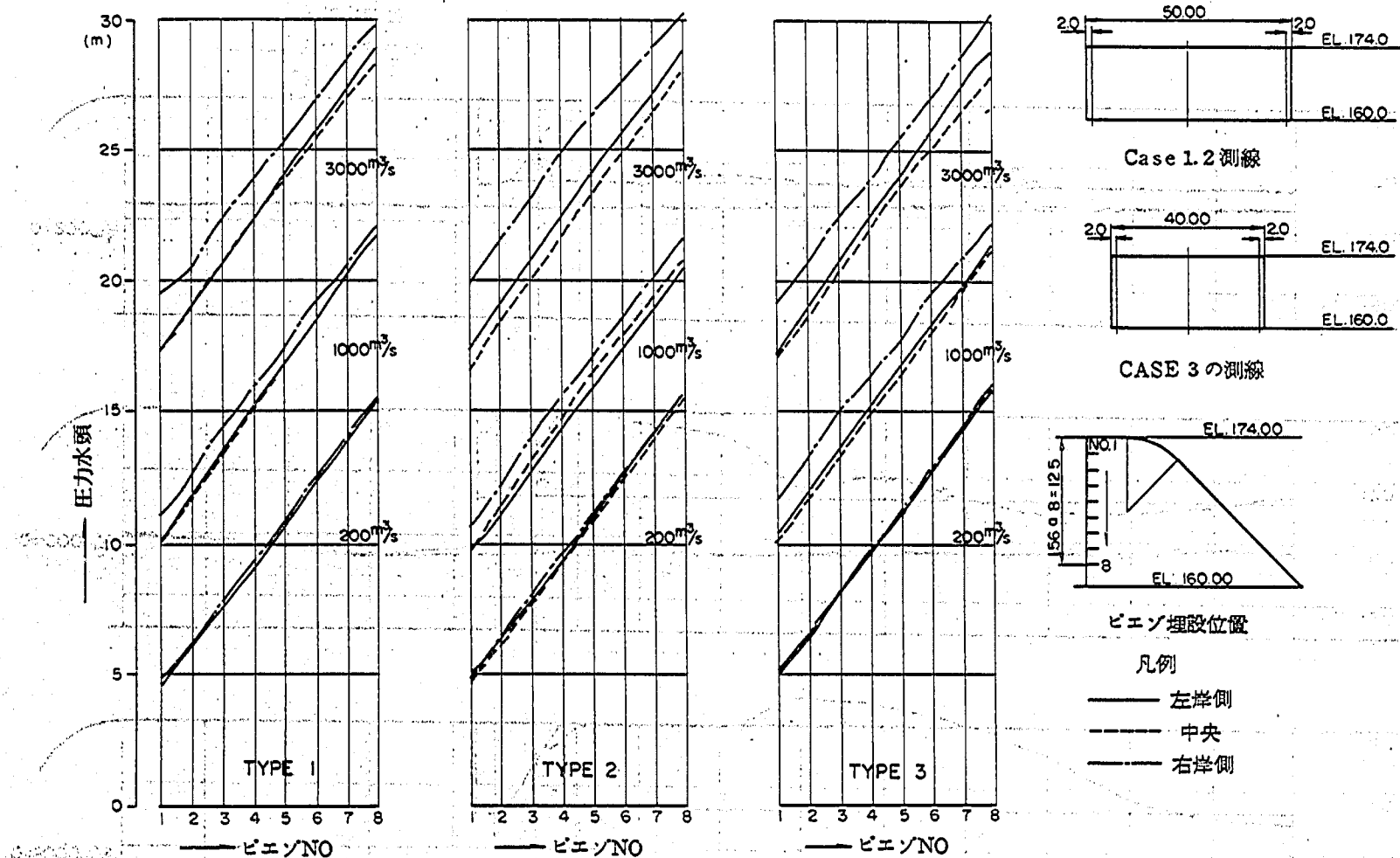


図-44 副ダム圧力分布

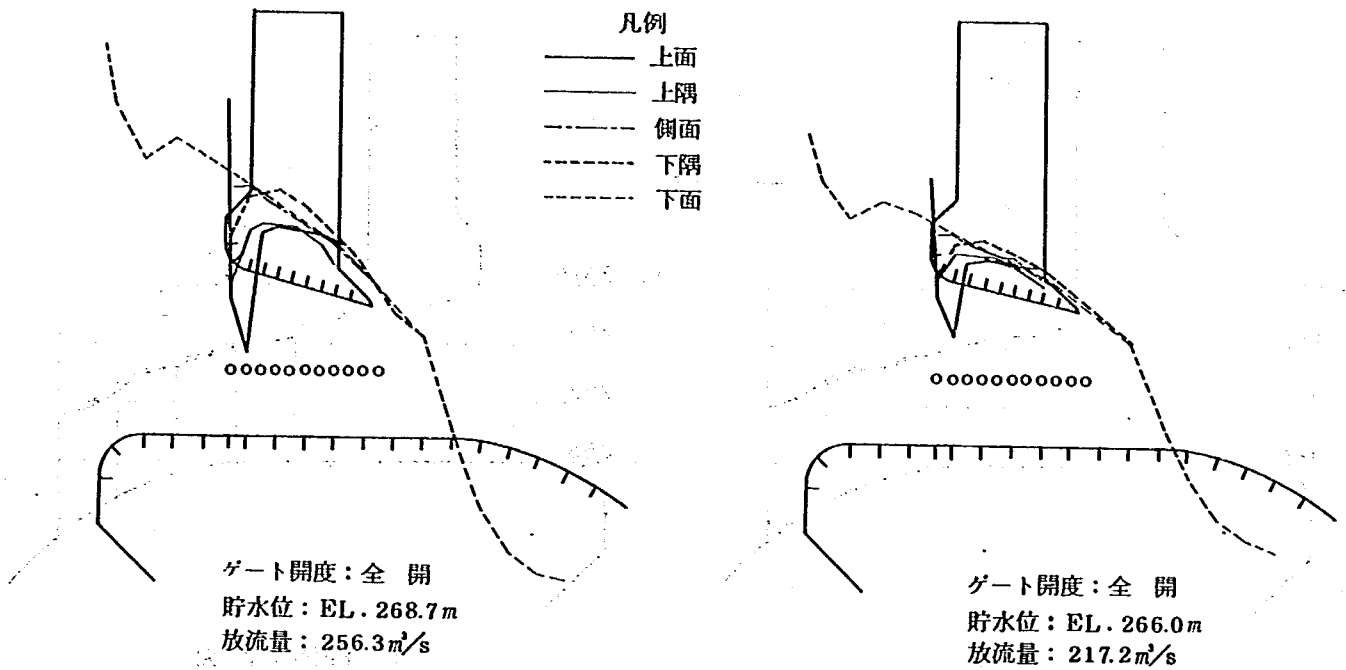


図- 45 a オリフィス圧力分布

水源地水質：くろいせ G6A-12

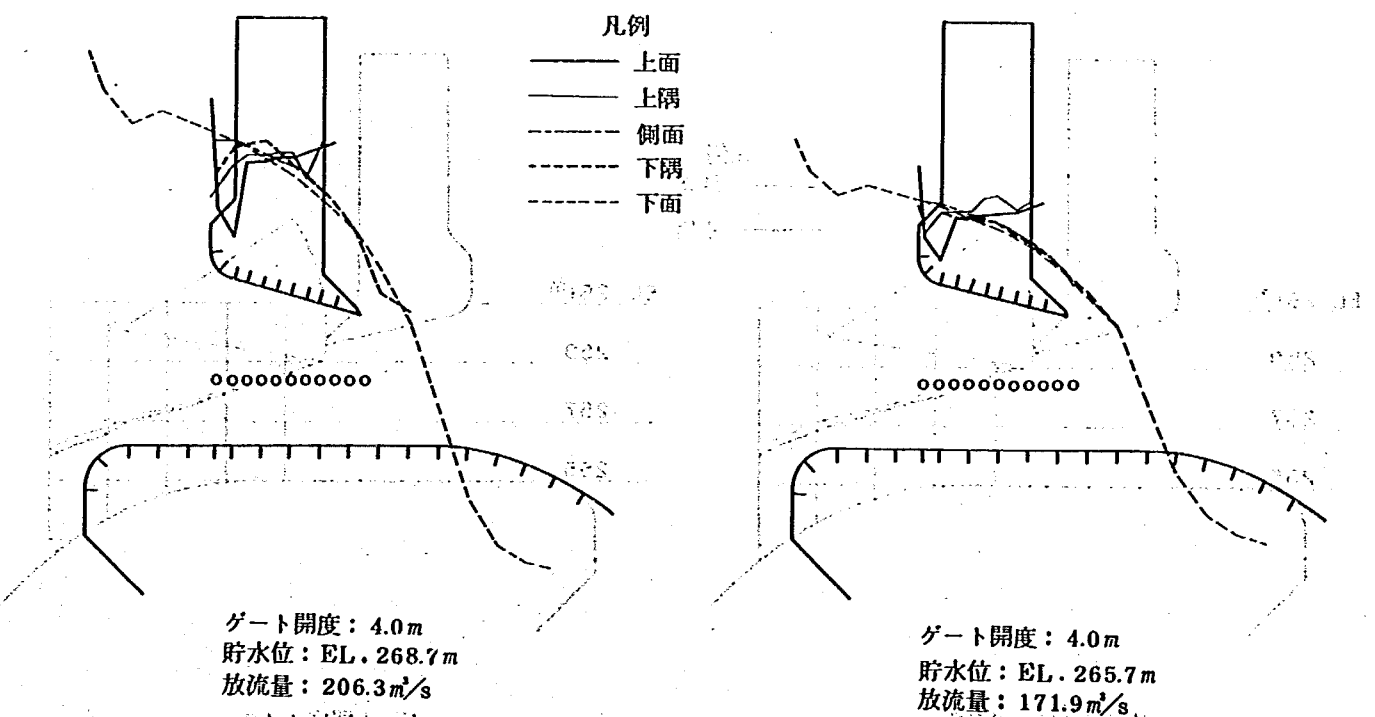


図- 45 b オリフィス圧力分布

水源地水質：くろいせ G6A-12

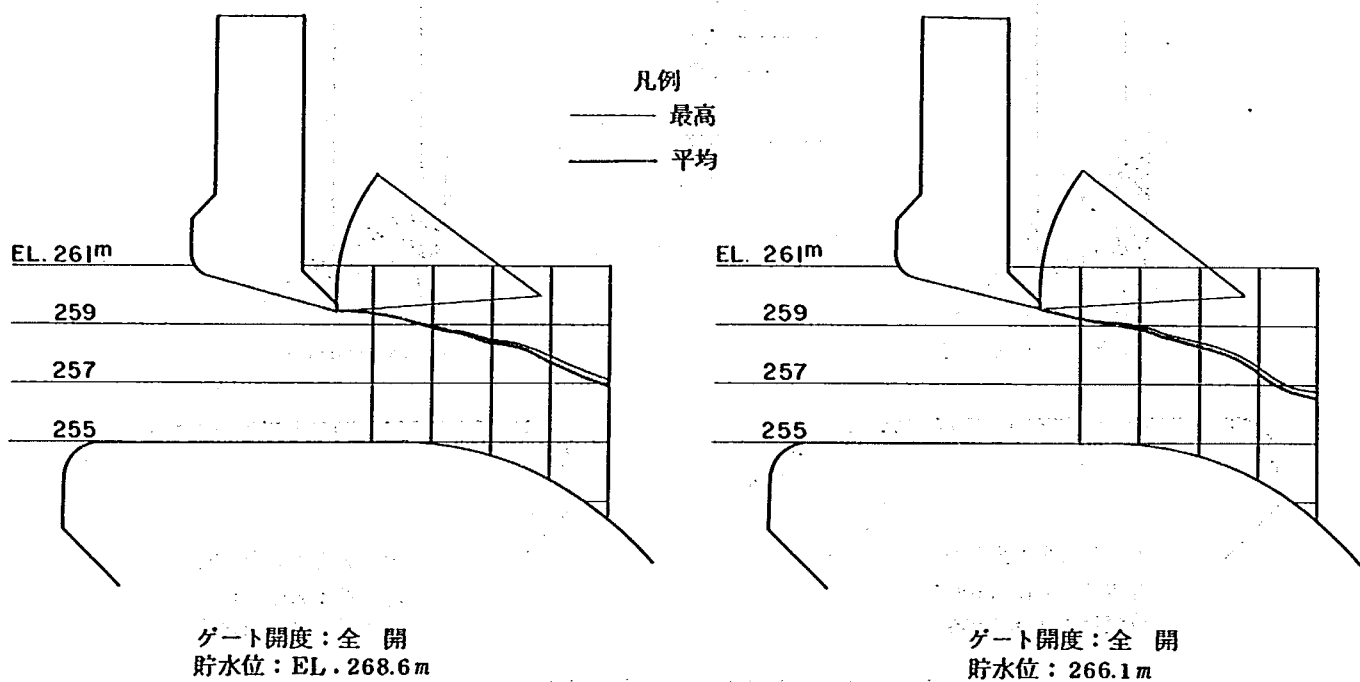


図-46a オリフィス水面形状

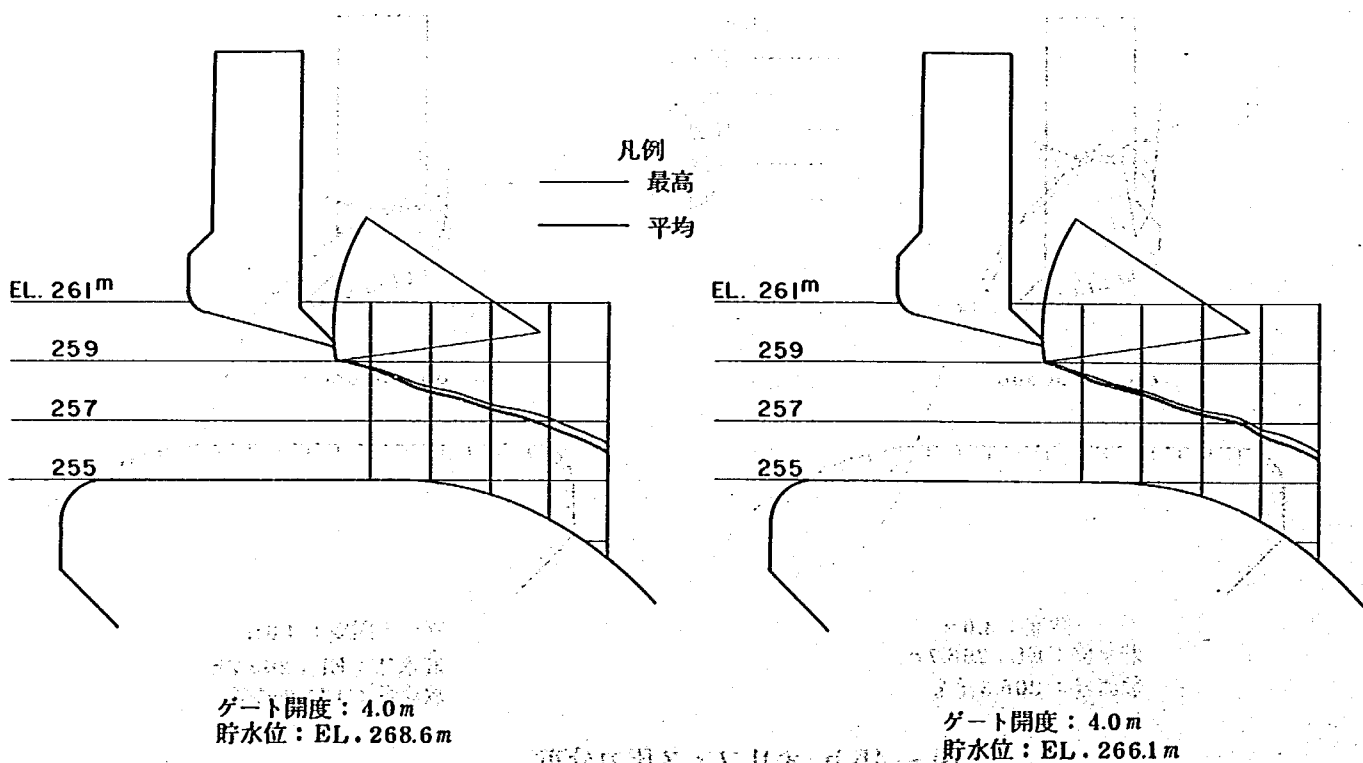


図-46b オリフィス水面形状

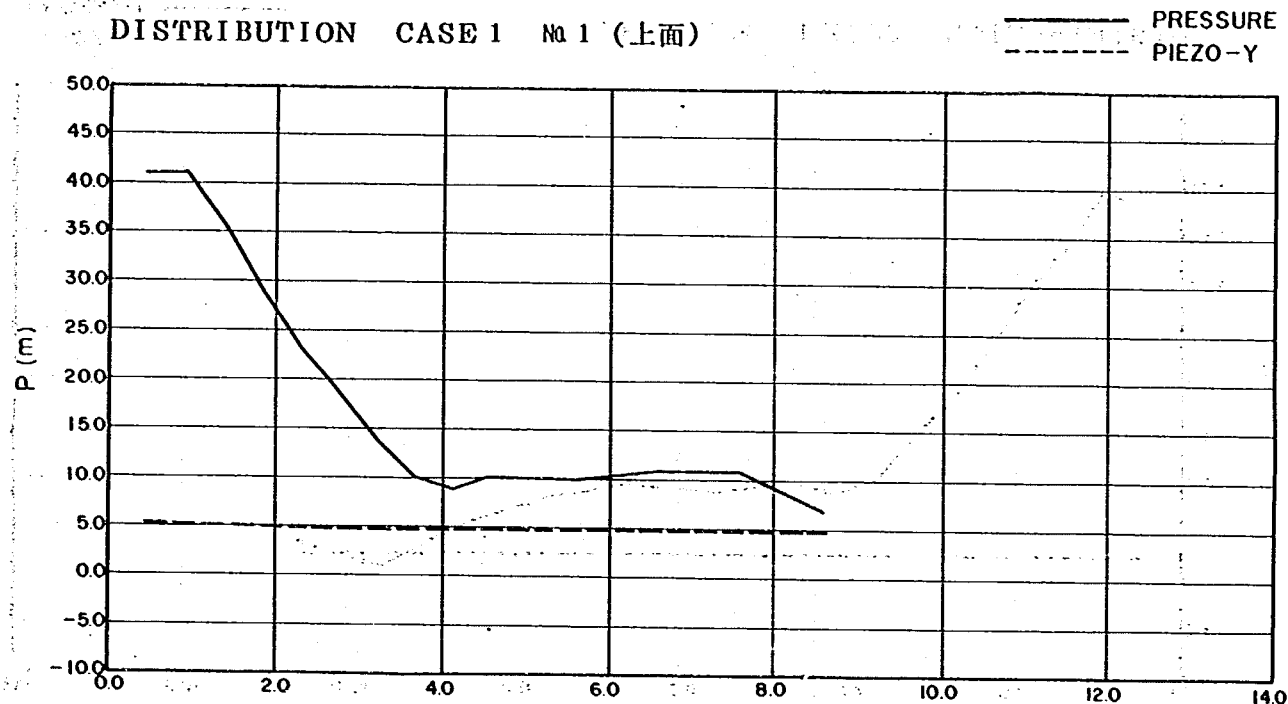


図 47-1 放流管圧力分布 (絞り有)

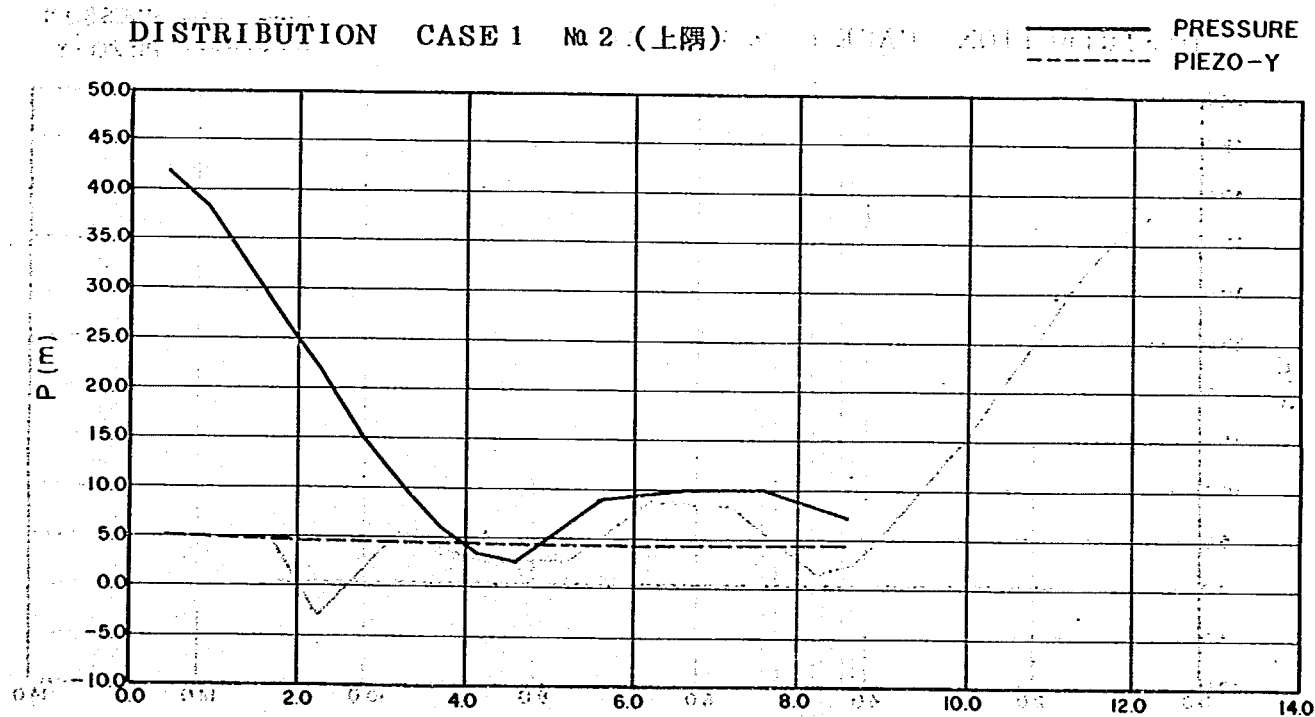


図 47-2 放流管圧力分布 (絞り有)

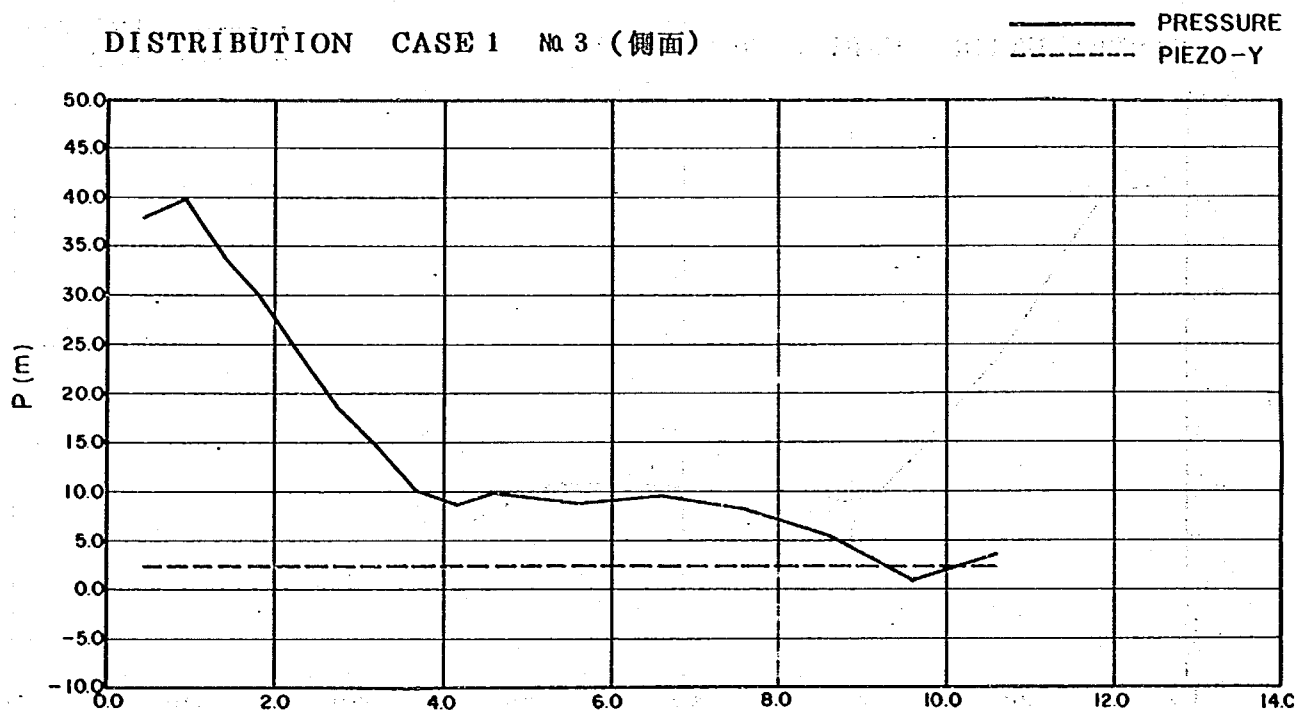


図-47-3 放流管圧力分布 (絞り有)

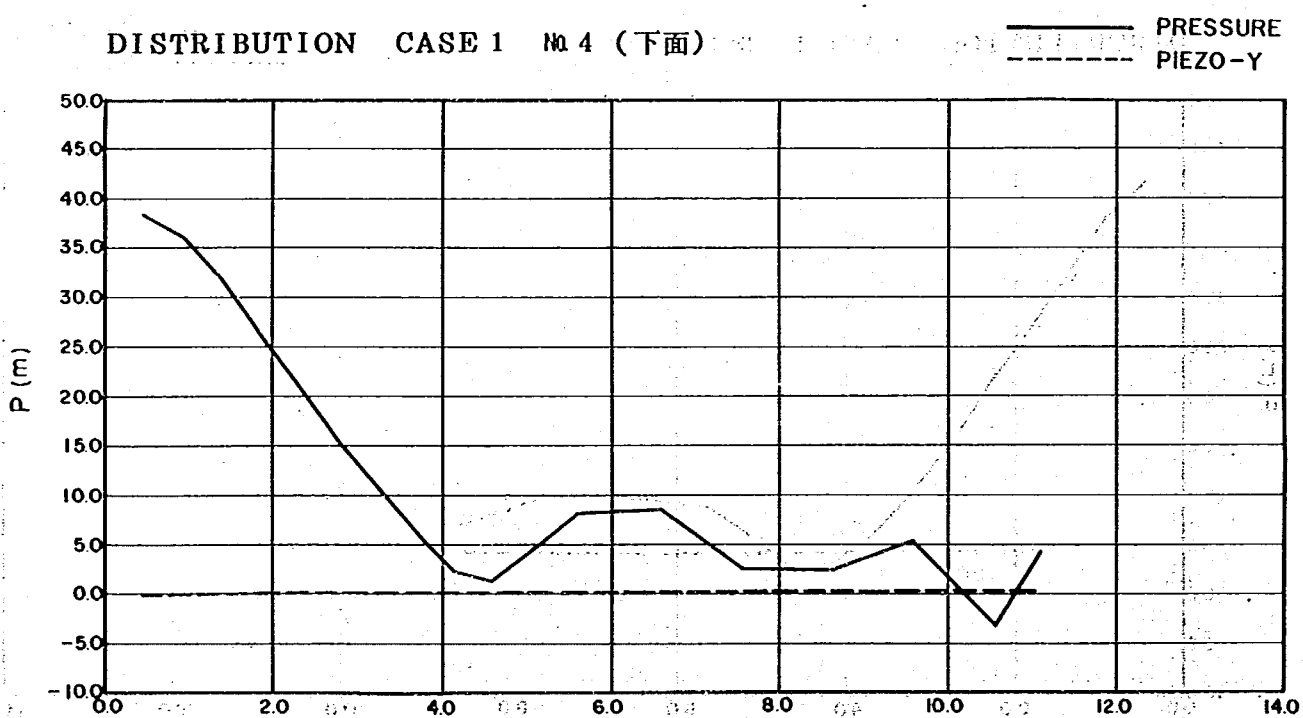


図-47-4 放流管圧力分布 (絞り有)

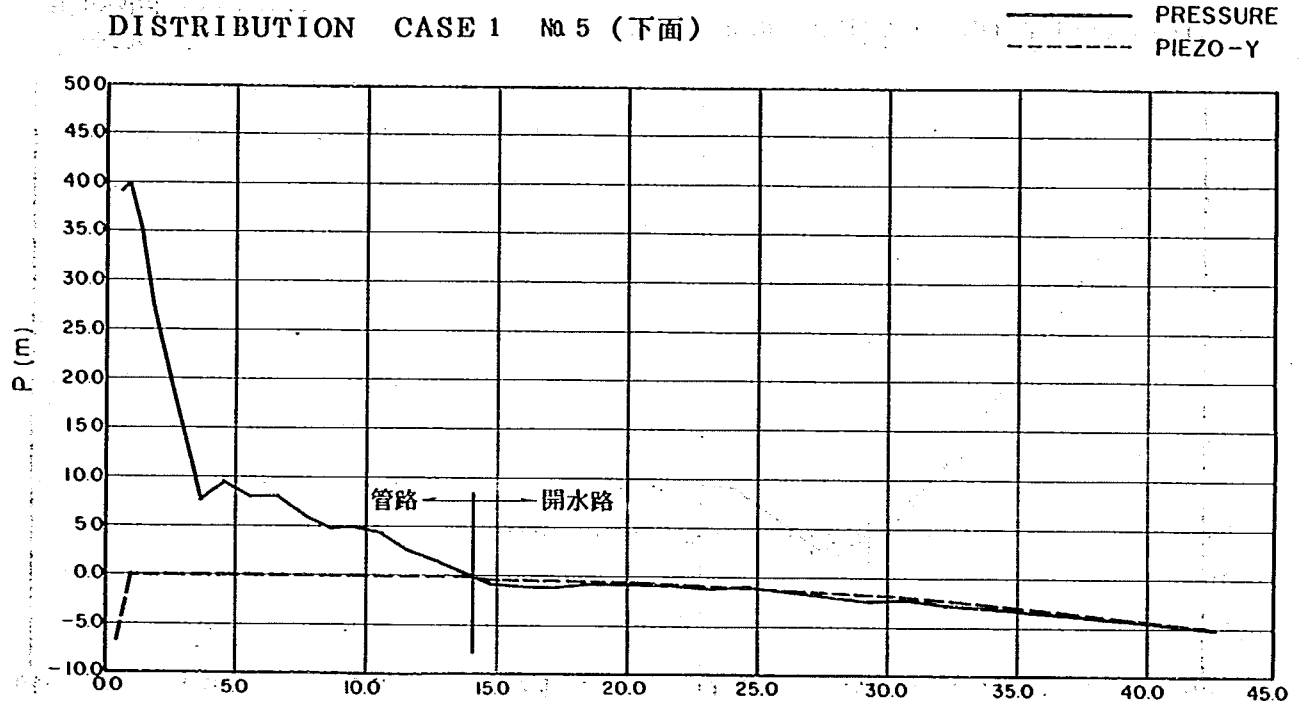


図-47-5) 放流管圧力分布 (絞り有)

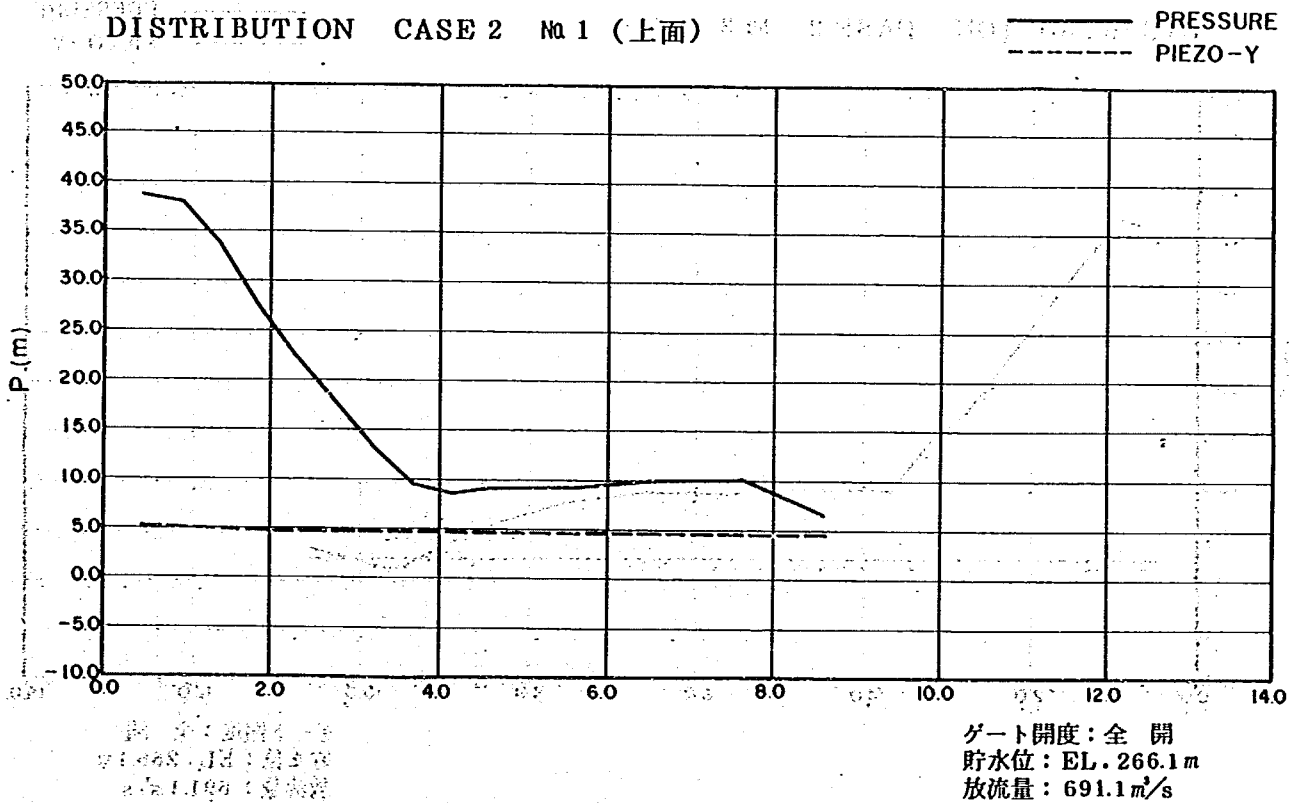


図-47-6) 放流管圧力分布 (絞り有)

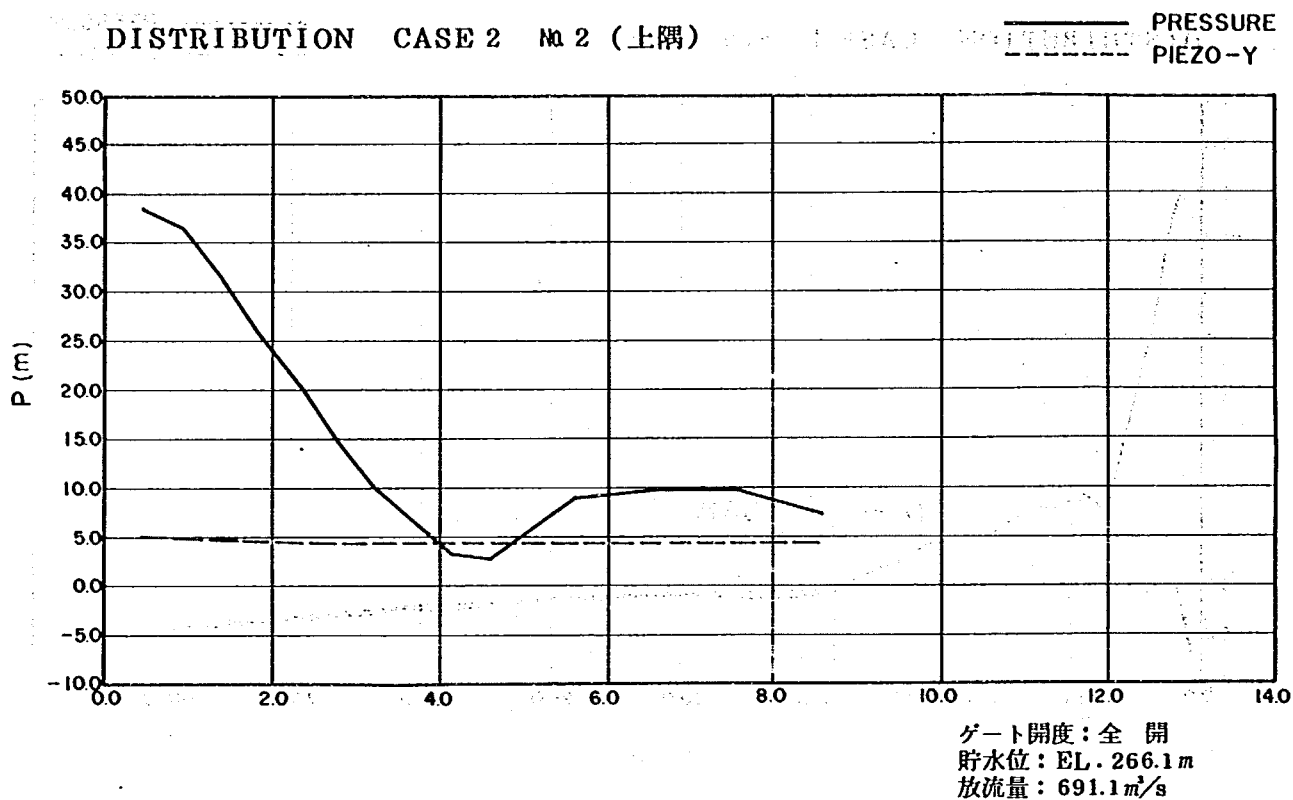


図-47-7) 放流管圧力分布 (絞り有)

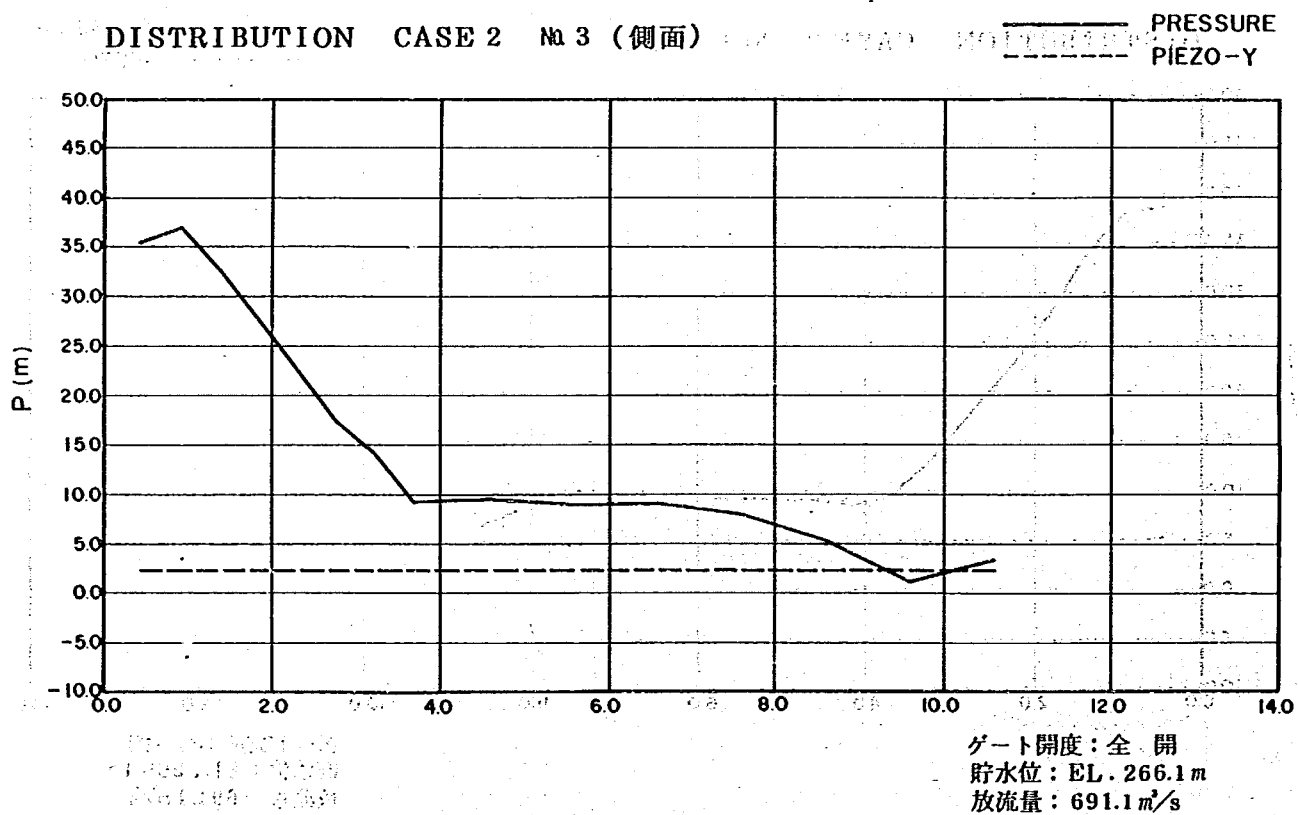


図-47-8) 放流管圧力分布 (絞り有)

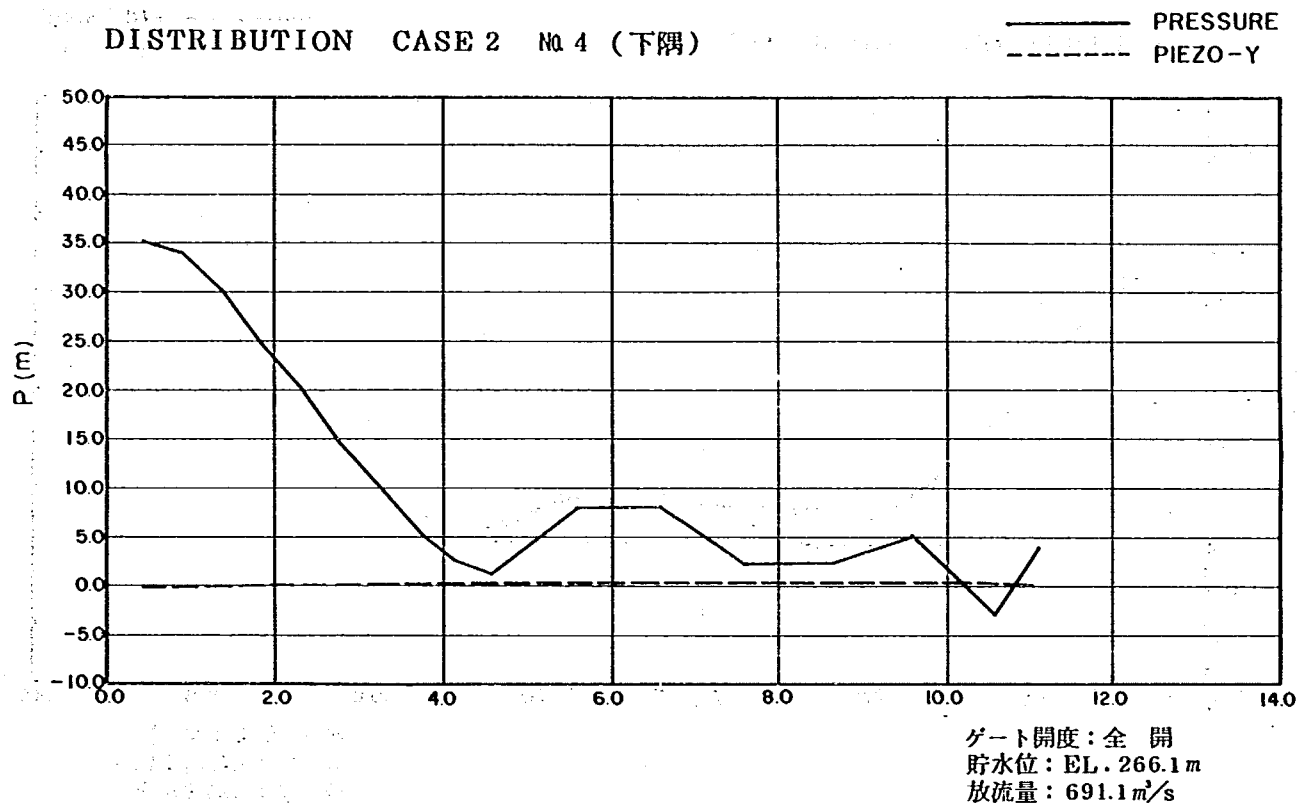


図-47-9 放流管圧力分布 (絞り有)

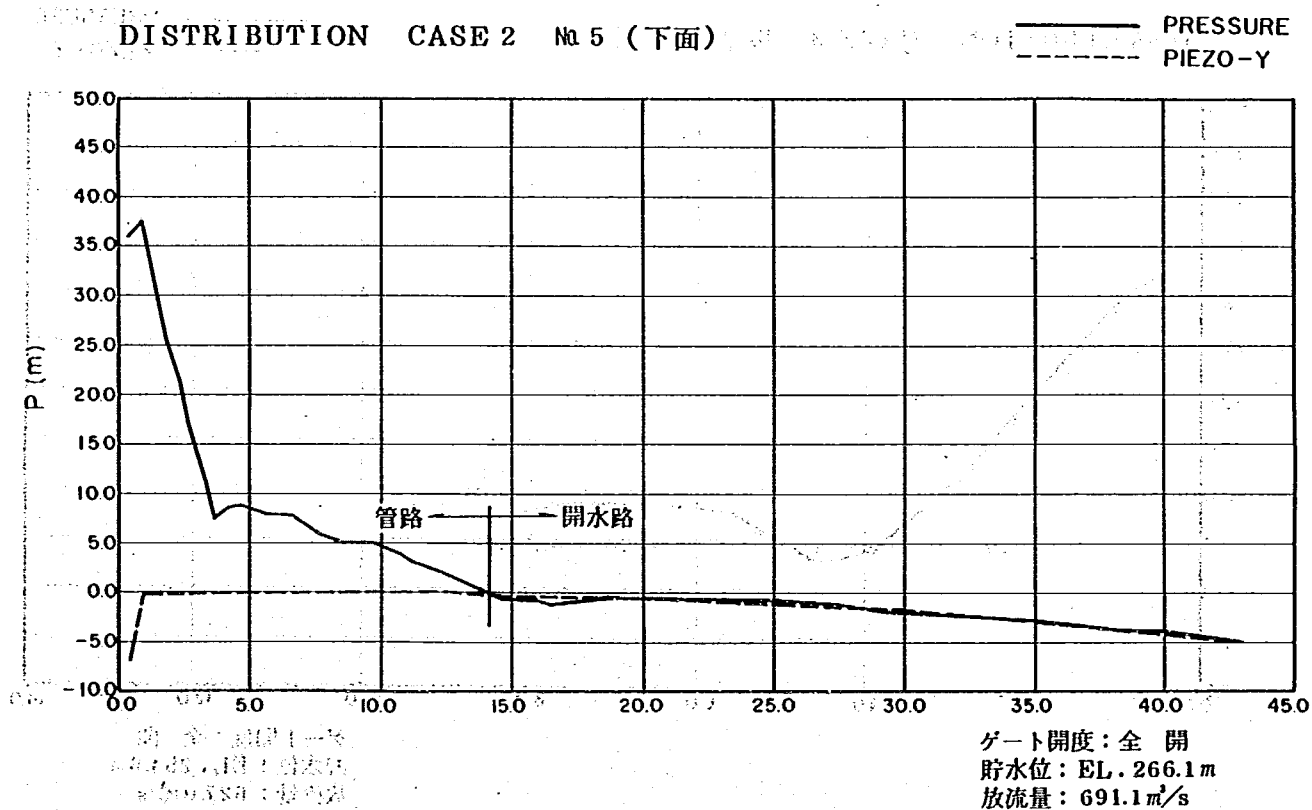


図-47-10 放流管圧力分布 (絞り有)

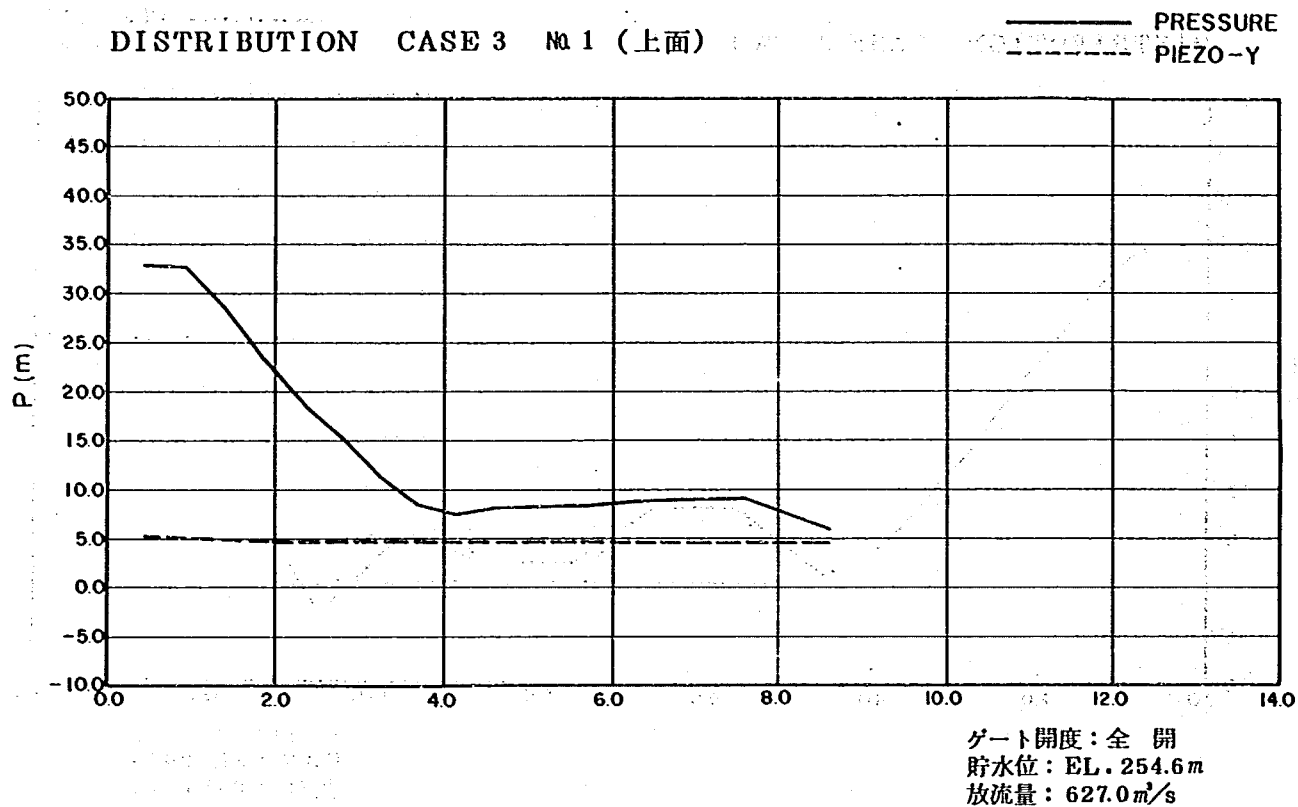


図-47-11 放流管圧力分布 (絞り有)

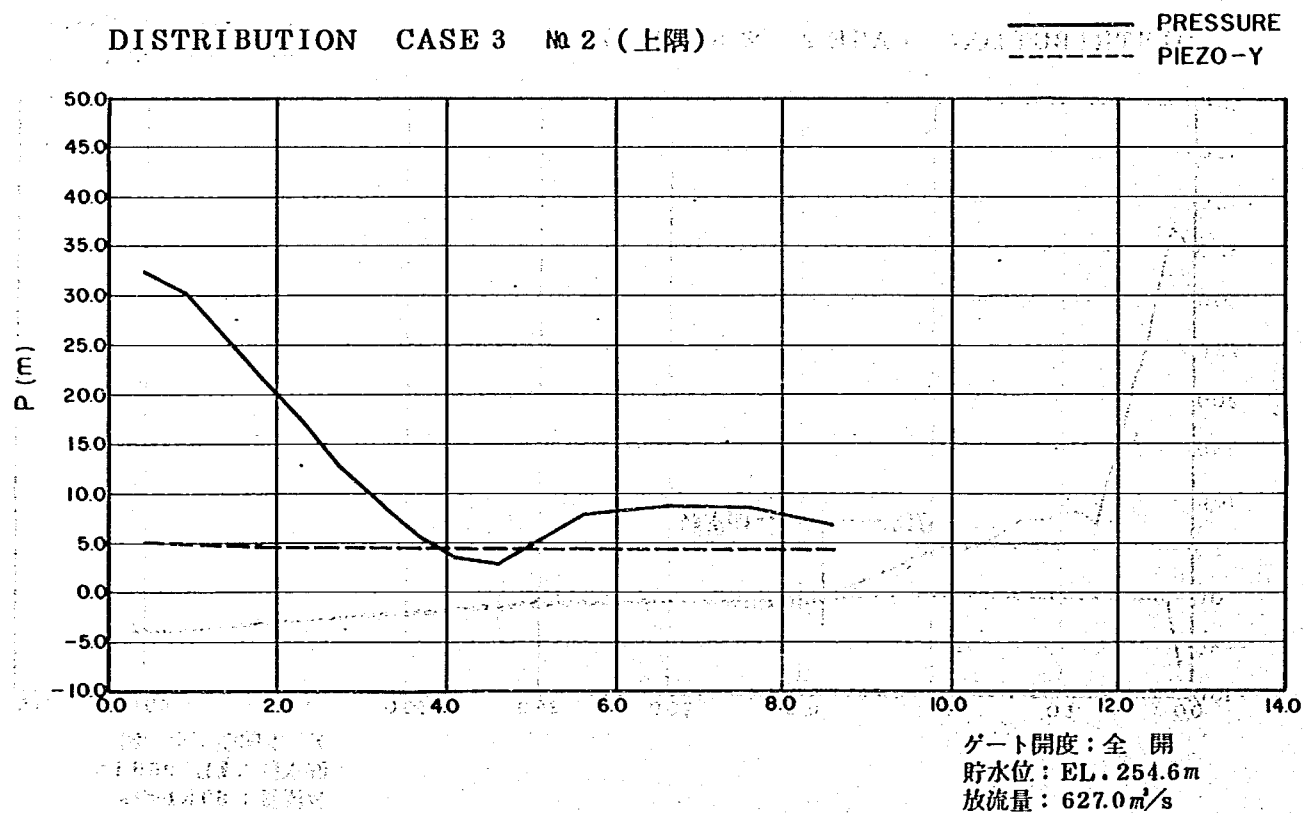


図-47-12 放流管圧力分布 (絞り有)

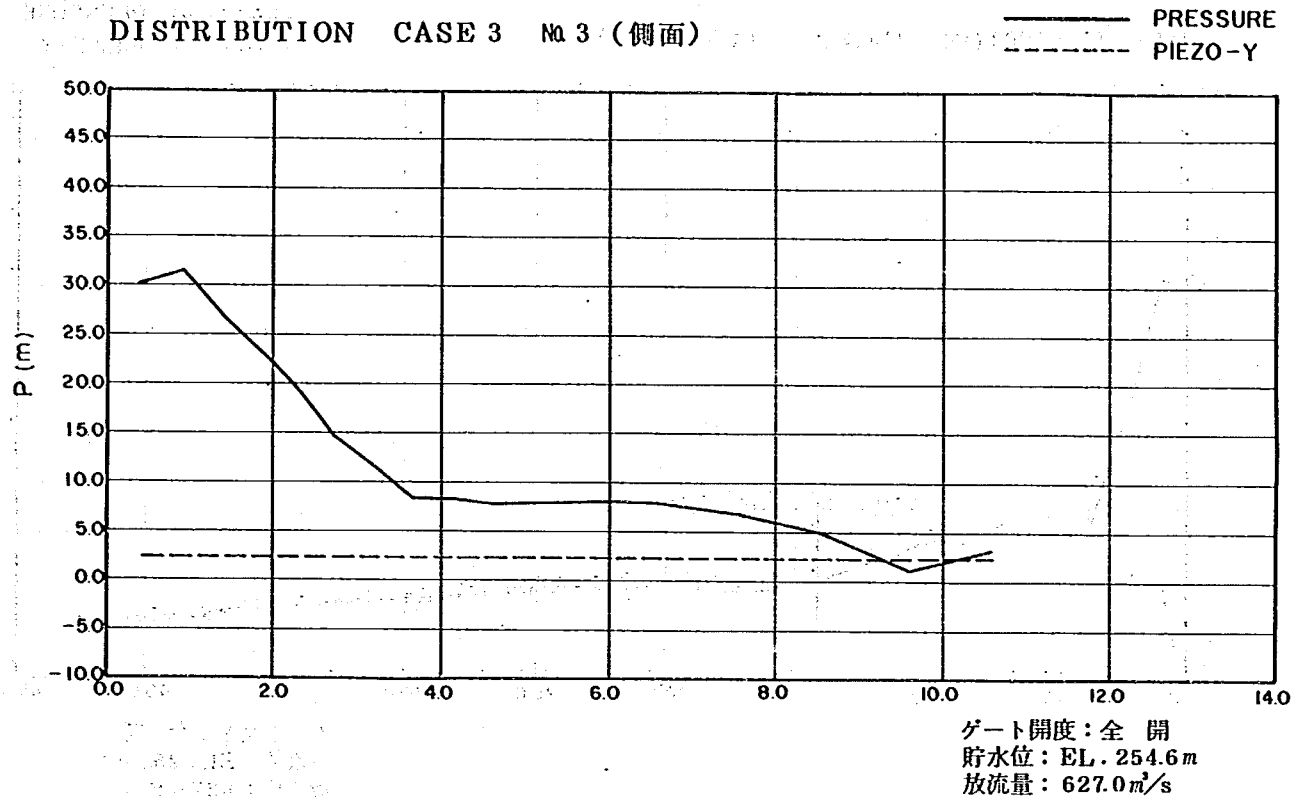


図-47-13 放流管圧力分布 (絞り有)

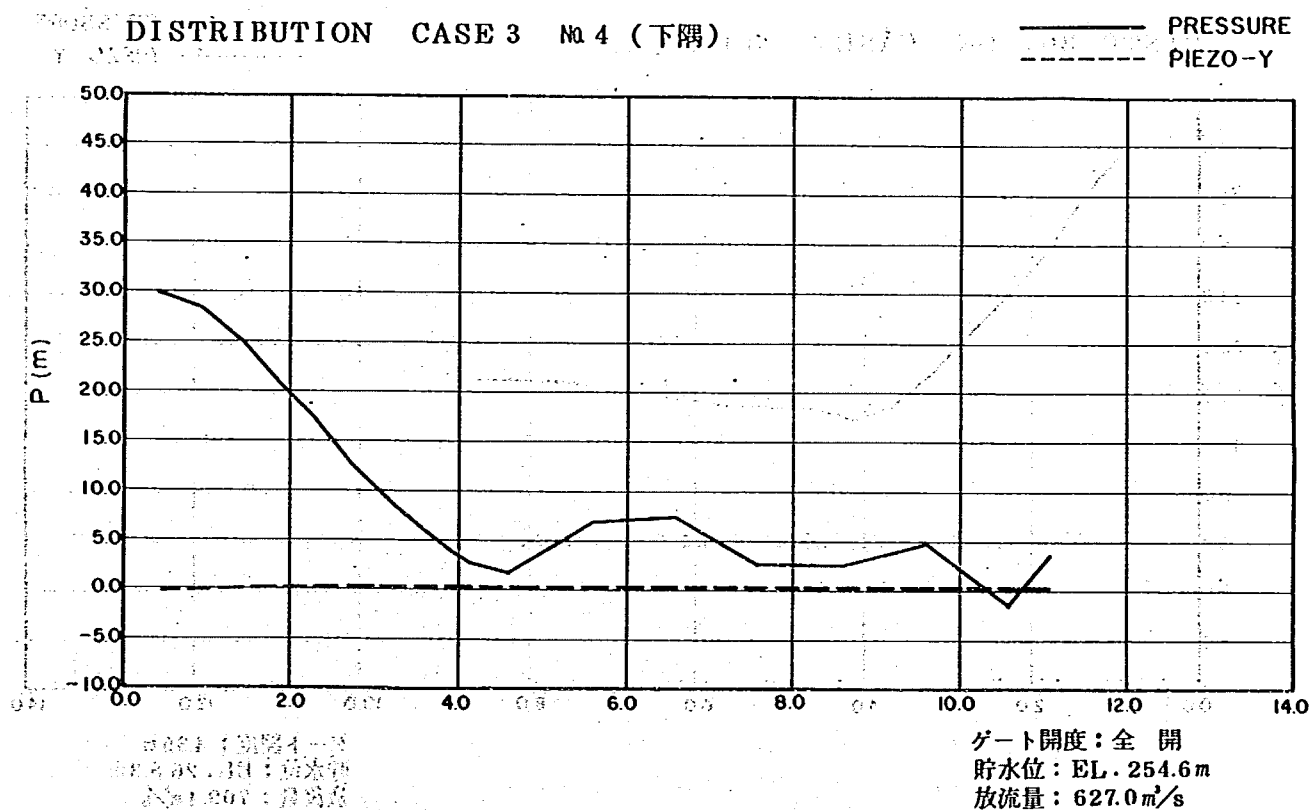


図-47-14 放流管圧力分布 (絞り有)

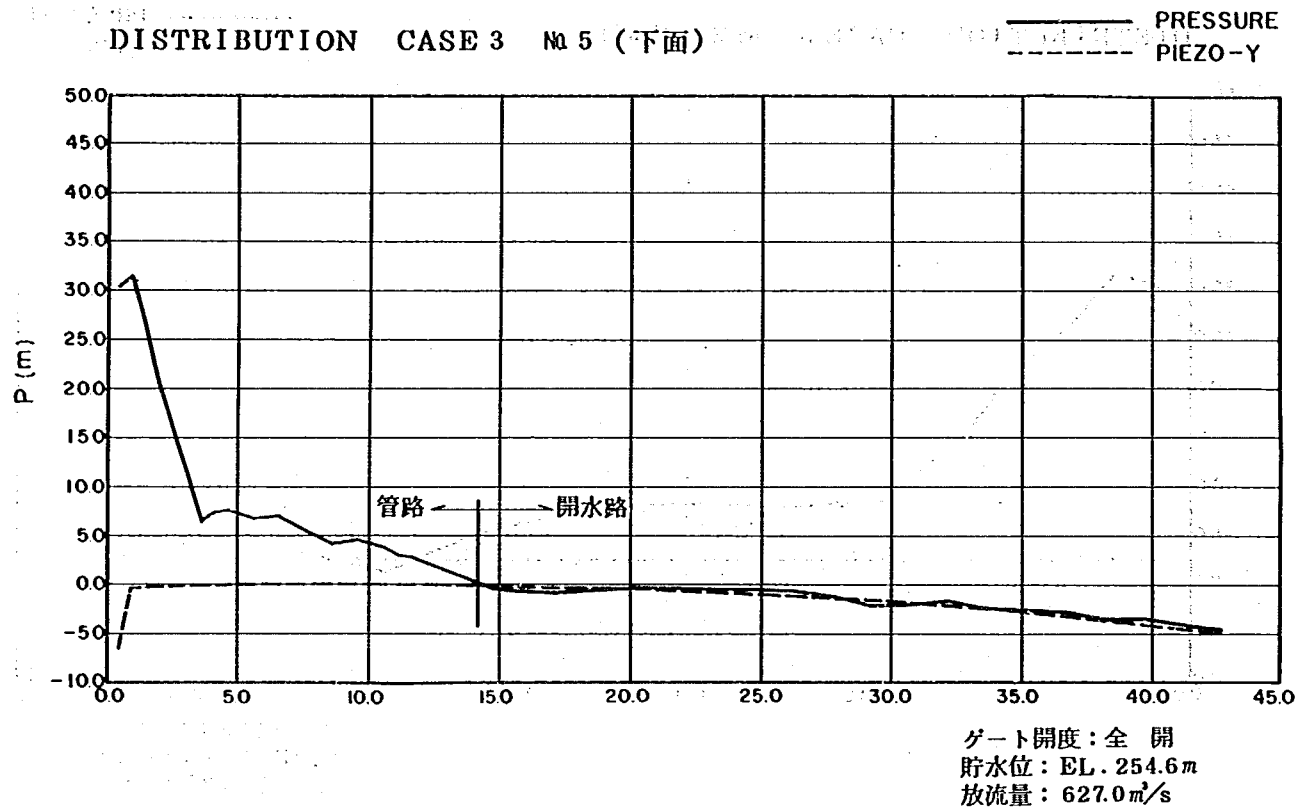


図-47-15 放流管圧力分布 (絞り有)

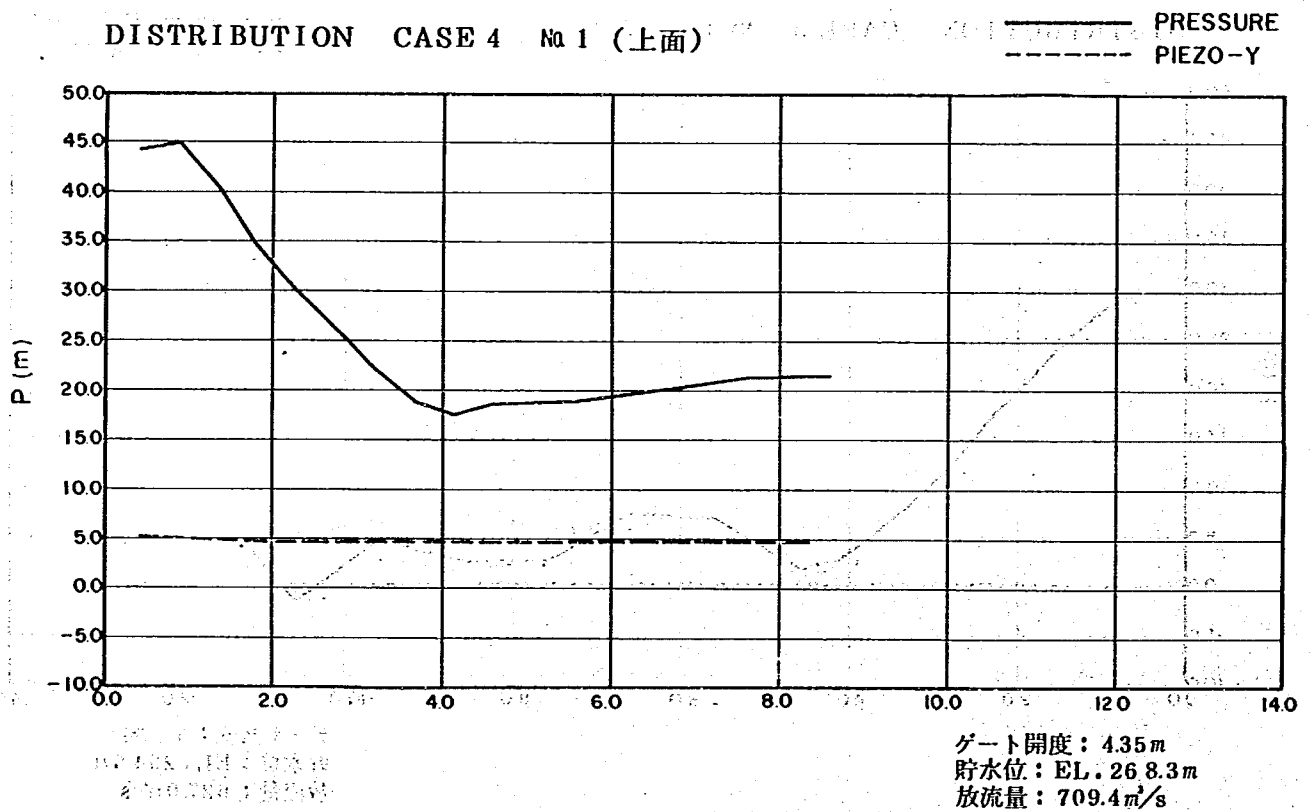


図-47-16 放流管圧力分布 (絞り有)

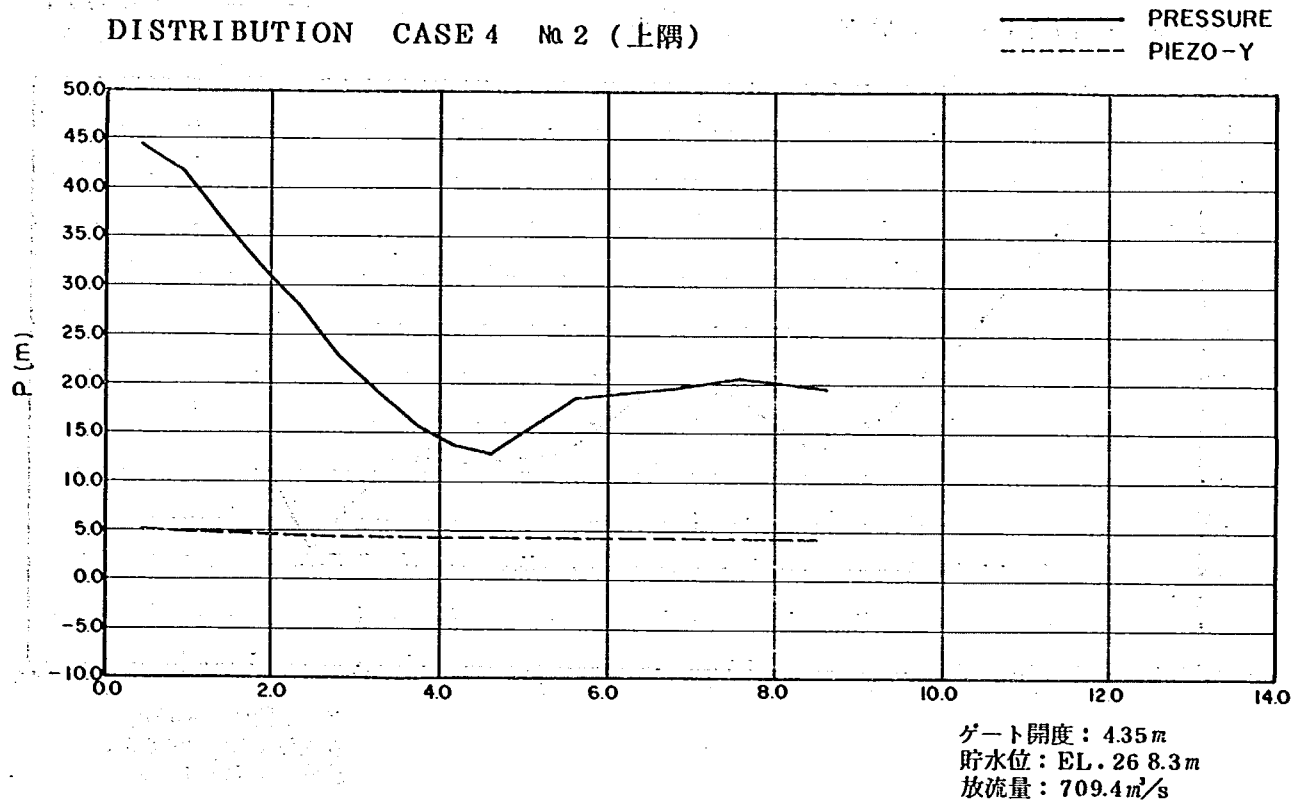


図-47-17 放流管圧力分布 (絞り有)

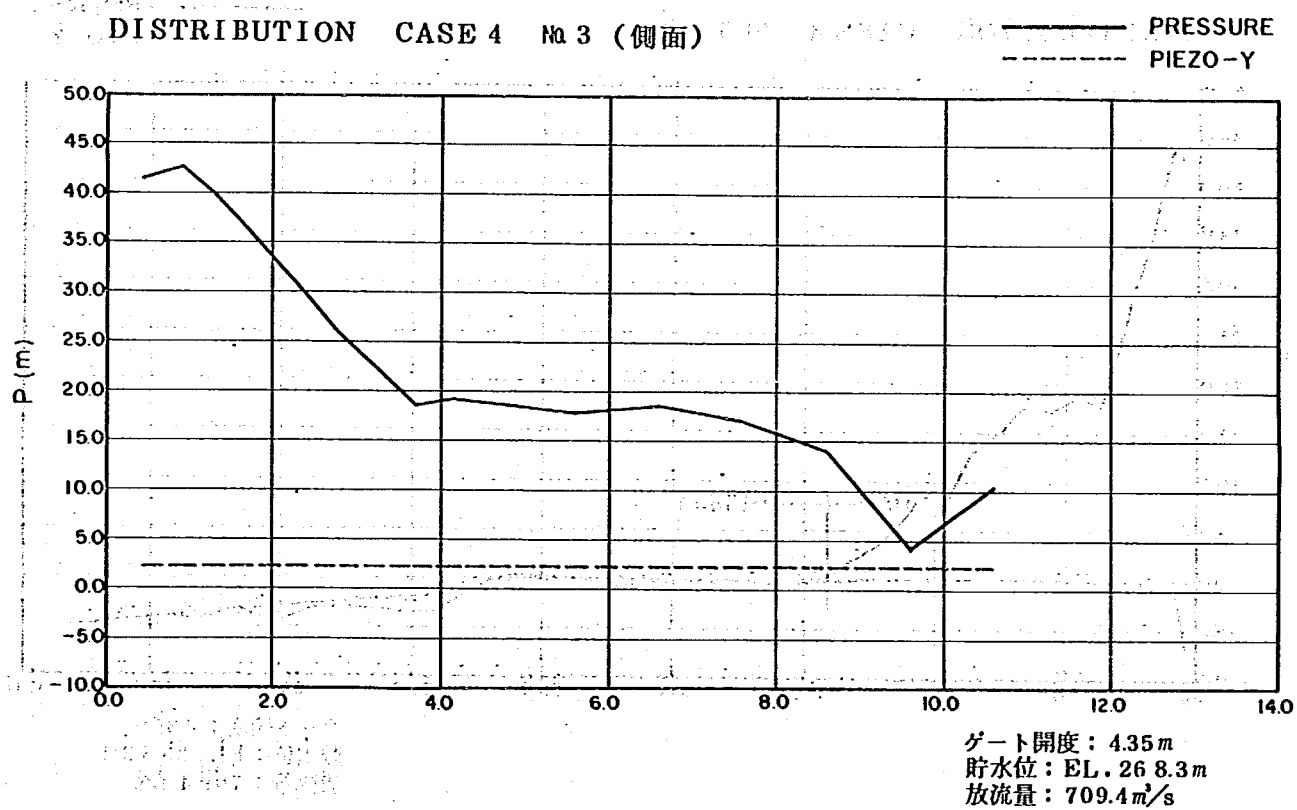


図-47-18 放流管圧力分布 (絞り有)

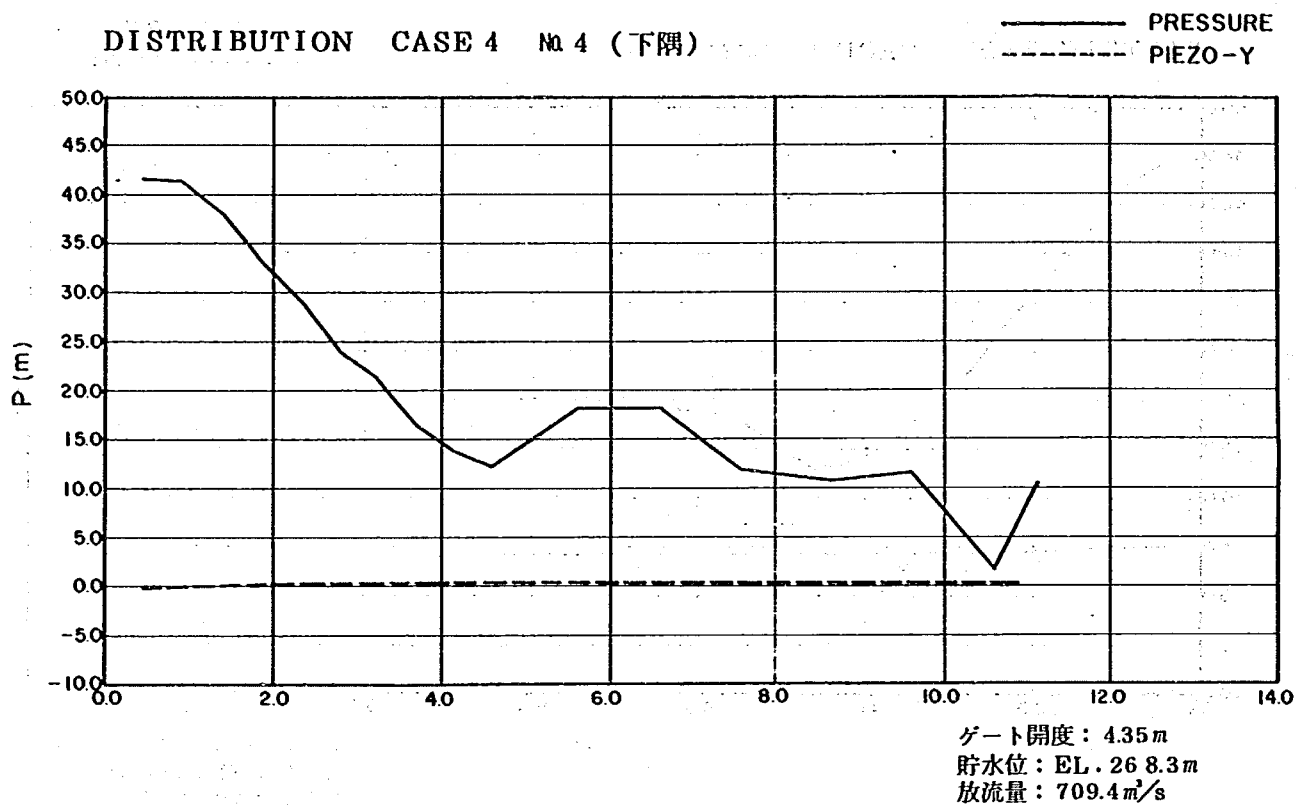


図-47-19 放流管圧力分布 (絞り有)

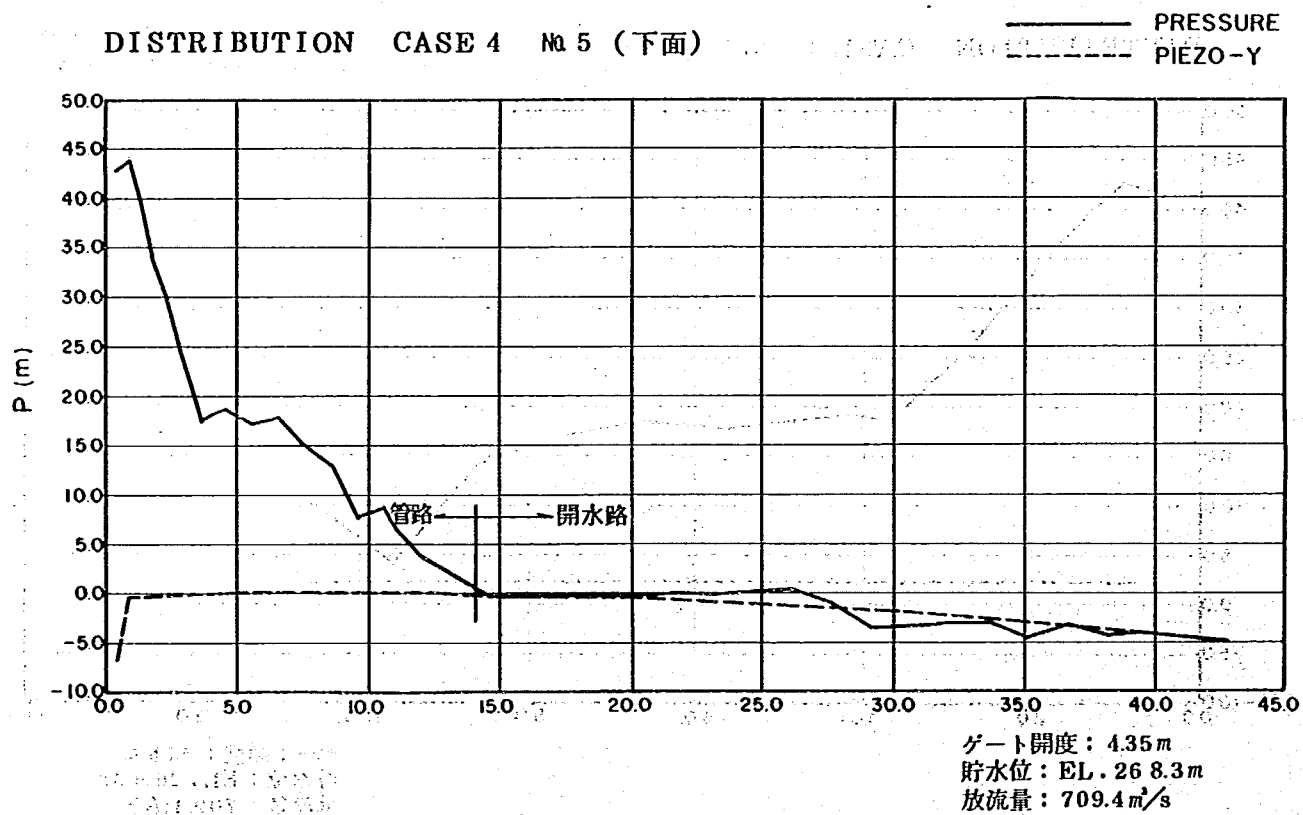
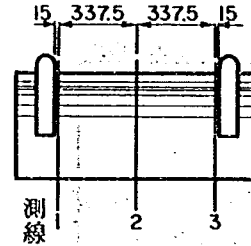
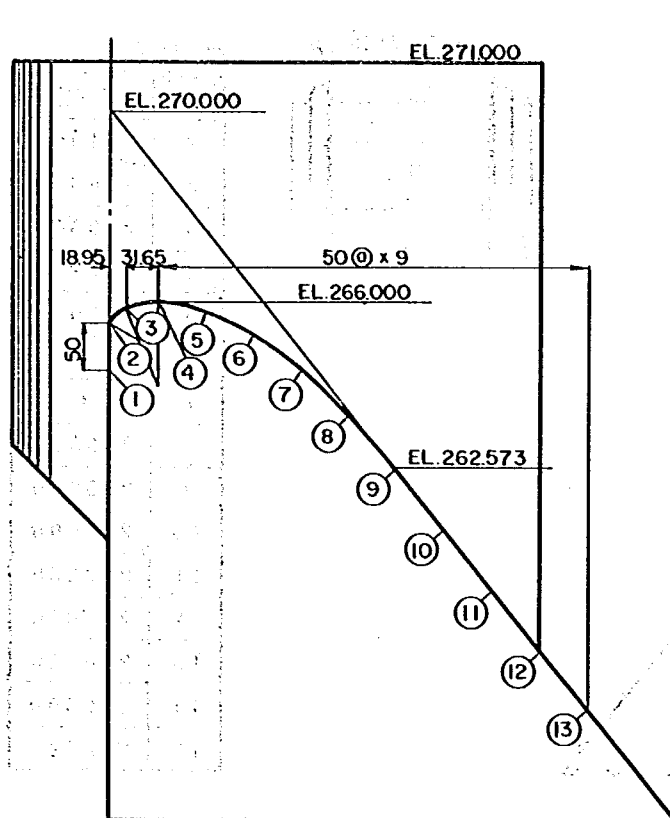


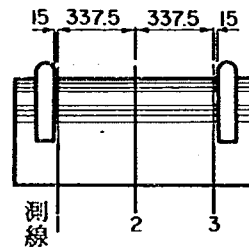
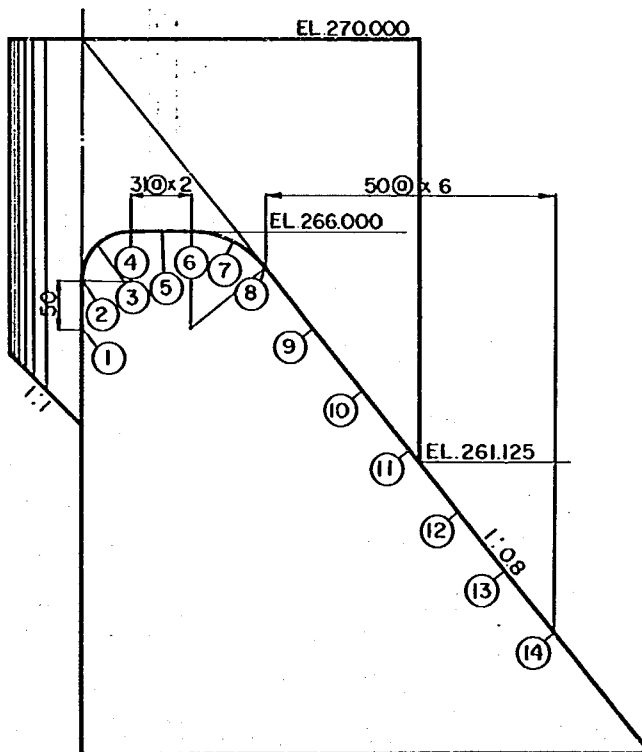
図-47-20 放流管圧力分布 (絞り有)



埋設位置

Nb	ピエゾ標高
1	264.539
2	265.539
3	265.882
4	266.000
5	265.806
6	265.326
7	264.601
8	263.652
9	262.500
10	261.250
11	260.000
12	258.750
13	257.500

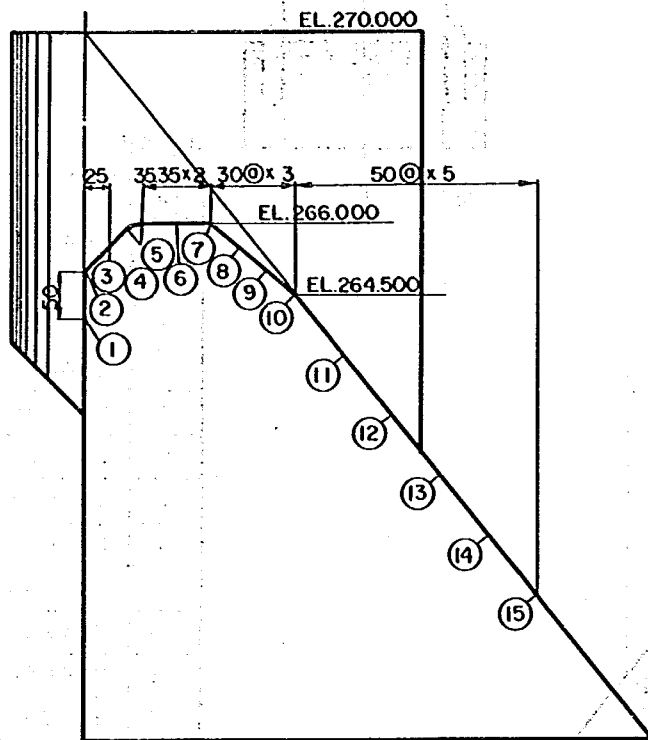
図-48 a 越流部抽出模型ピエゾ埋設位置



埋設位置

Nb	ピエゾ標高
1	264.000
2	265.000
3	265.707
4	266.000
5	"
6	"
7	265.803
8	265.249
9	263.999
10	262.749
11	261.499
12	260.249
13	258.999
14	257.749

図-48 b 越流部抽出模型ピエゾ埋設位置



埋設位置

No.	ピエゾ標高
1	264.000
2	265.000
3	265.500
4	265.868
5	266.000
6	"
7	"
8	265.500
9	265.000
10	260.500
11	263.250
12	262.000
13	260.750
14	259.500
15	258.250

図-48c 越流部抽出模型ピエゾ埋設位置

※ 埋設位置は、模型の形状と位置に依存する。

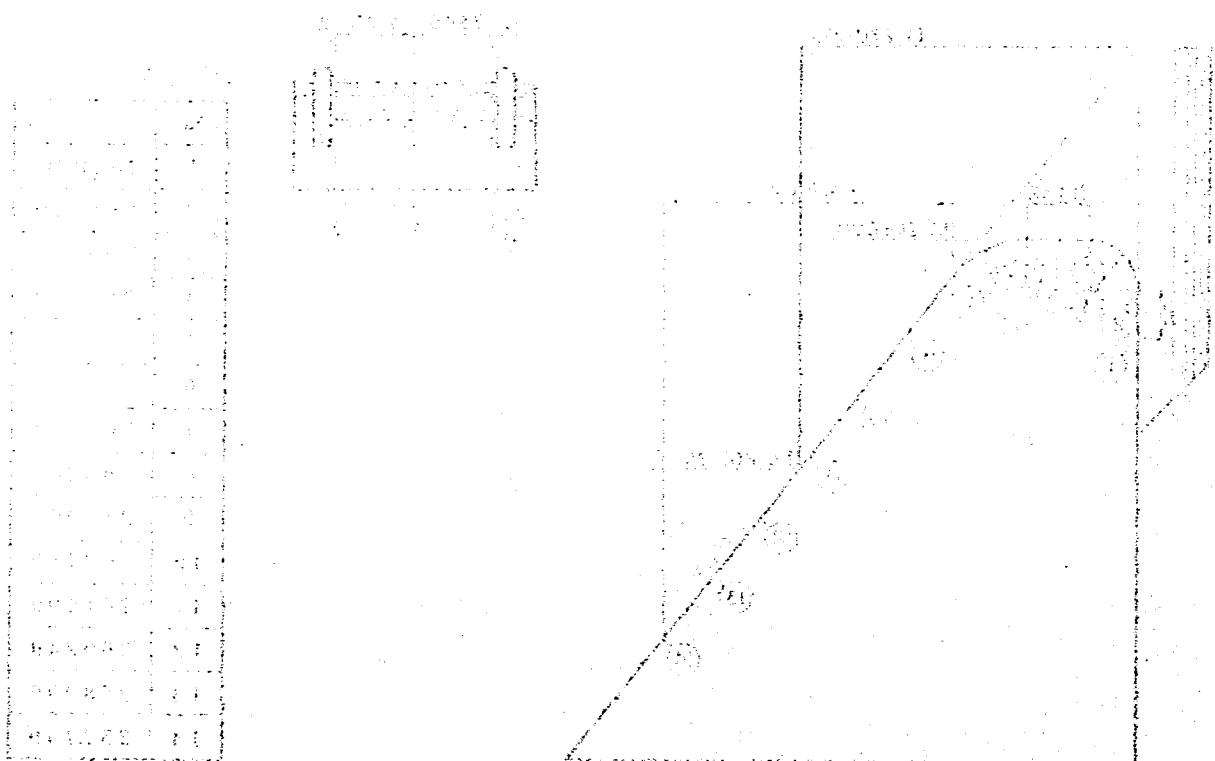
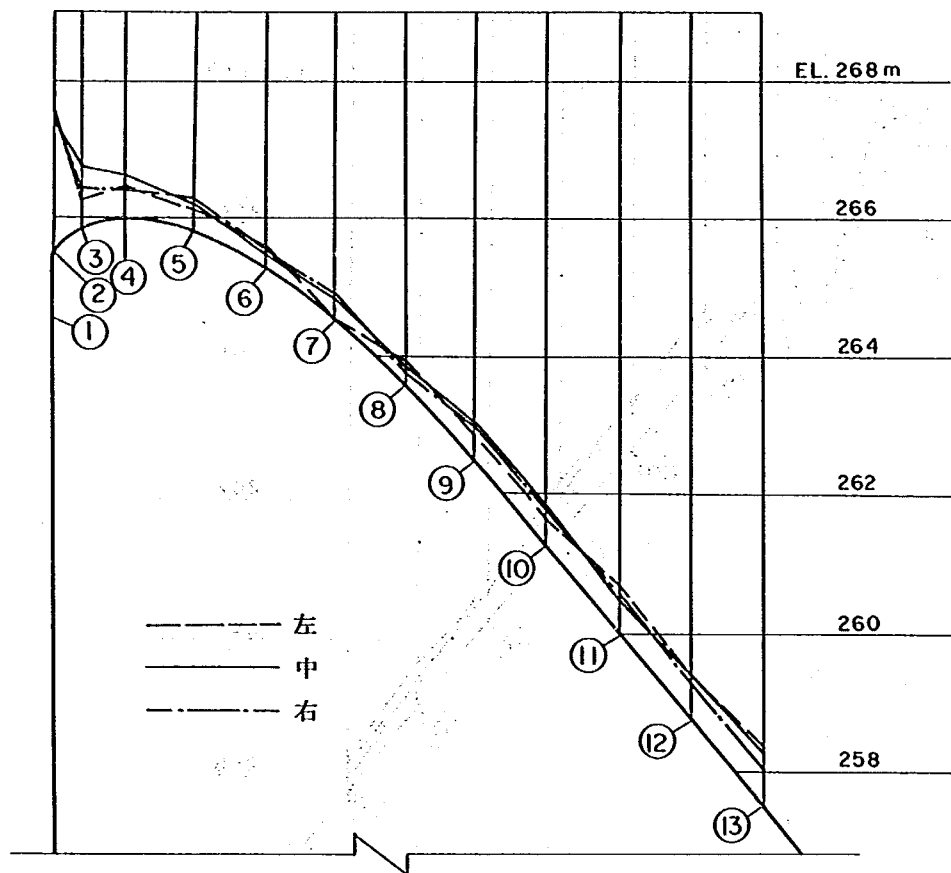
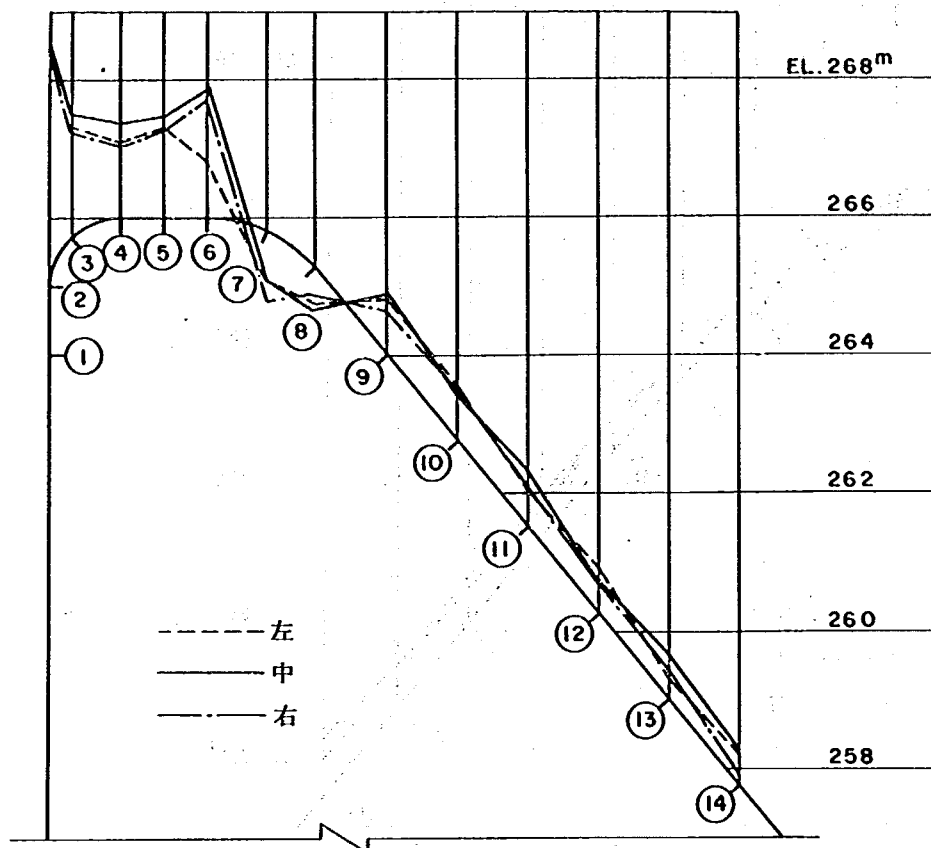


図-48d 越流部抽出模型ピエゾ埋設位置



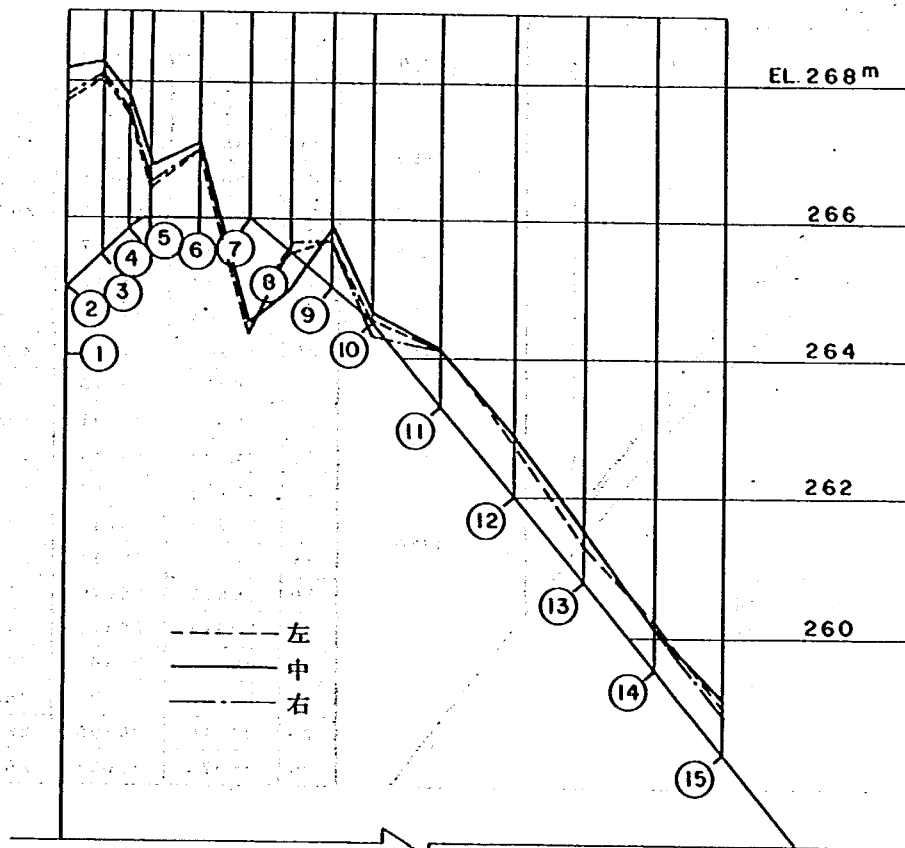
左				中			右		
No	ピエゾ標高	圧力標高	圧力水頭	No	圧力標高	圧力水頭	No	圧力標高	圧力水頭
1	264.539	268.58	4.041	1	268.60	4.061	1	268.54	4.001
2	265.539	267.54	2.001	2	267.46	1.921	2	267.48	1.941
3	265.882	266.38	0.498	3	266.84	0.958	3	266.46	0.578
4	266.000	266.48	0.480	4	266.66	0.660	4	266.46	0.460
5	265.806	266.16	0.354	5	266.18	0.374	5	266.24	0.434
6	265.326	265.60	0.274	6	265.52	0.194	6	265.58	0.254
7	264.601	264.60	-0.001	7	264.90	0.299	7	264.96	0.359
8	263.652	263.98	0.328	8	263.90	0.247	8	263.88	0.228
9	262.500	262.86	0.360	9	263.00	0.500	9	262.96	0.460
10	261.250	261.64	0.390	10	261.82	0.570	10	261.86	0.610
11	260.000	260.68	0.680	11	260.48	0.480	11	260.56	0.560
12	258.750	259.34	0.590	12	259.40	0.650	12	259.24	0.490
13	257.500	258.34	0.840	13	258.30	0.800	13	258.06	0.560

図-49a 圧力分布及び実物値



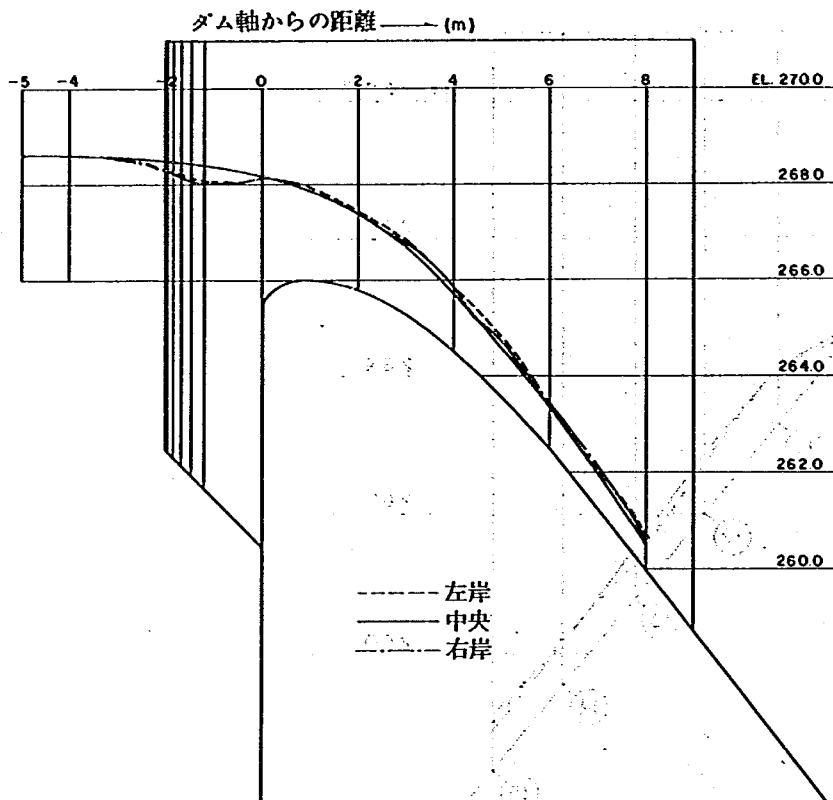
左				中			右		
No	ピエゾ標高	圧力標高	圧力水頭	No	圧力標高	圧力水頭	No	圧力標高	圧力水頭
1	264.000	268.72	4.720	1	268.74	4.740	1	268.70	4.700
2	265.000	268.46	3.460	2	268.54	3.540	2	268.44	3.440
3	265.707	267.32	1.613	3	267.50	1.793	3	267.26	1.553
4	266.000	267.10	1.100	4	267.36	1.360	4	267.08	1.080
5	266.000	267.30	1.300	5	267.44	1.440	5	267.28	1.280
6	266.000	266.80	0.800	6	266.86	1.860	6	266.74	1.740
7	265.803	265.12	-0.683	7	265.10	-0.703	7	264.80	-1.003
8	265.249	264.74	-0.509	8	264.68	-0.566	8	264.88	-0.369
9	263.999	264.80	0.801	9	264.88	0.881	9	264.66	0.661
10	262.749	263.52	0.771	10	263.40	0.651	10	263.50	0.751
11	261.499	262.00	0.501	11	262.26	0.761	11	262.04	0.541
12	260.249	260.88	0.631	12	260.70	0.451	12	260.70	0.451
13	258.999	259.30	0.301	13	259.66	0.661	13	259.40	0.401
14	257.749	258.20	0.451	14	258.26	0.511	14	257.92	0.191

図-49b 圧力分布及び実物値



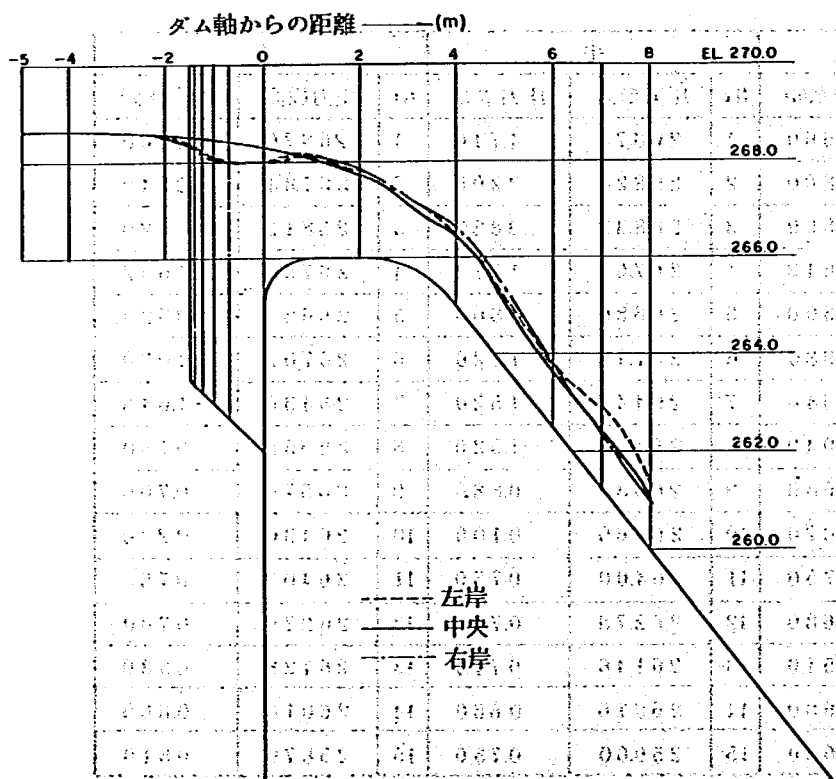
左				中			右		
No	ピエゾ標高	圧力標高	圧力水頭	No	圧力標高	圧力水頭	No	圧力標高	圧力水頭
1	264.000	268.66	4.660	1	268.74	4.740	1	268.70	4.800
2	265.000	267.80	2.800	2	268.20	3.200	2	267.84	2.840
3	265.500	268.06	2.560	3	268.32	2.820	3	268.12	2.620
4	265.868	267.48	1.612	4	267.64	1.772	4	267.50	1.632
5	266.000	266.50	0.500	5	266.80	0.800	5	266.52	0.520
6	266.000	266.98	0.980	6	267.12	1.120	6	267.02	1.020
7	266.000	264.36	-1.640	7	264.48	-1.520	7	264.36	-1.640
8	265.500	265.54	0.040	8	264.98	-1.520	8	265.68	0.180
9	265.000	265.68	0.680	9	265.88	0.880	9	265.70	0.700
10	264.500	264.52	0.020	10	264.60	0.100	10	264.30	-0.200
11	263.250	264.00	0.750	11	264.00	0.750	11	264.00	0.750
12	262.000	262.68	0.680	12	262.78	0.780	12	262.70	0.700
13	260.750	261.26	0.510	13	261.46	0.710	13	261.28	0.530
14	259.500	260.18	0.680	14	260.16	0.660	14	260.16	0.660
15	258.250	258.88	0.630	15	259.00	0.750	15	258.76	0.510

図 49 c 圧力分布及び実物値



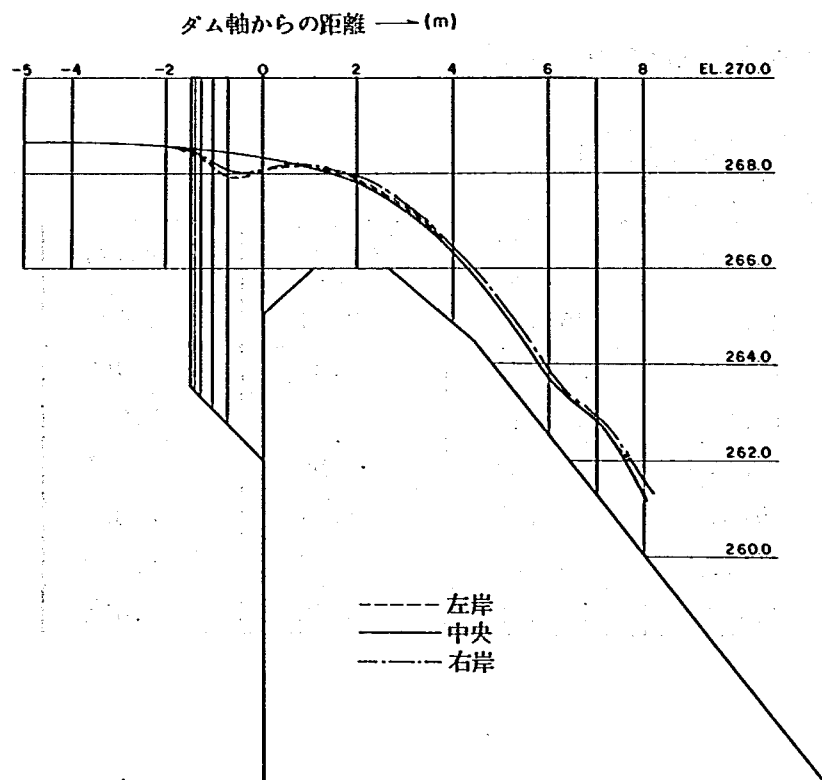
距離 (m)	左 岸	中 央	右 岸
-5.0	26862	26859	26862
-4.0	26861	26857	26859
-3.0	26855	26851	26854
-2.5	26850	26851	26849
-2.0	26833	26847	26833
-1.5	26812	26842	26807
-1.0	26803	26835	26801
-0.5	26805	26826	26803
0.0	26811	26815	26809
0.5	26806	26801	26811
1.0	26795	26784	26789
1.5	26775	26764	26774
2.0	26751	26740	26749
2.5	26715	26711	26715
3.0	26677	26670	26676
4.0	26587	26575	26578
5.0	26475	26468	26473
6.0	26340	26329	26345
7.0	26210	26205	26219
8.0	26073	26054	26057

図-50 a 縦断水面形及び実物値



距離 (m)	左 岸	中 央	右 岸
-5.0	26865	26863	26864
-4.0	26864	26861	26864
-3.0	26862	26857	26861
-2.5	26850	26855	26859
-2.0	26854	26854	26850
-1.5	26834	26849	26834
-1.0	26804	26843	26810
-0.5	26802	26838	26898
0.0	26805	26829	26802
0.5	26809	26818	26812
1.0	26813	26805	26808
1.5	26793	26791	26799
2.0	26780	26771	26780
2.5	26755	26748	26758
3.0	26727	26720	26726
4.0	26647	26645	26661
5.0	26520	26511	26530
6.0	26380	26365	26371
7.0	26288	26243	26232
8.0	26134	26103	26093

図-50 b 縦断水面形及び実物値



距離 (m)	測 線		
	左 岸	中 央	右 岸
-5.0	268.65	268.63	268.64
-4.0	268.65	268.63	268.66
-3.0	268.65	268.58	268.62
-2.5	268.61	268.57	268.59
-2.0	268.53	268.56	268.54
-1.5	268.41	268.52	268.45
-1.0	268.11	268.47	268.18
-0.5	267.95	268.40	268.01
0.0	268.06	268.34	268.08
0.5	268.14	268.17	268.21
1.0	268.12	268.10	268.18
1.5	268.06	268.98	267.05
2.0	267.86	267.80	267.93
2.5	267.69	267.59	267.70
3.0	267.32	266.33	267.36
4.0	266.36	266.34	266.46
5.0	265.20	265.14	265.23
6.0	263.80	263.69	263.81
7.0	262.86	262.89	262.94
8.0	261.63	261.23	261.58

図 - 50 c 縦断水面形及び実物値

表-1 貯水位-放流量の調査結果

オリフィス1門 } 全開
放水管2門 }
越流ナシ

流 量 (m^3/s)	水 位 (EL.m)
1818.9	265.99
1559.5	254.66
1503.9	252.19
1436.0	249.79
1368.1	247.82
1321.7	246.14
1263.1	244.91
1195.1	243.41
1003.7	235.91
855.4	226.49
731.9	219.70
568.2	212.61
1865.0	268.70

オリフィス1門 } 全閉
放水管2門 }
越流部のみ放流

流 量 (m^3/s)	水 位 (EL.m)	越流水深 (m)	流量係数
2325.4	268.71	2.71	2.032
1831.3	268.36	2.36	1.969
1528.7	268.11	2.11	1.944
1226.0	267.86	1.86	1.884
920.3	267.57	1.57	1.824
611.5	267.23	1.23	1.748
345.9	266.88	0.88	1.634

表-2a 減勢工および下流河道の水面形測定結果(実験A・噴流拡散式)

Q = 3,000 m³/s

測 定 位 置		横 断						縦 断
断面 A	ダム軸からの 距離	左 岸 側		中 央		右 岸 側		(左+中+右)平均 3
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	
A	100 m	186.1	184.8	189.3	186.3	186.9	186.2	185.8
B	115	187.3	186.6	188.1	186.9	188.5	187.7	187.1
C	130	187.7	187.0	189.5	188.0	188.6	187.7	187.6
D	150	187.9	187.4	189.4	188.8	189.3	188.2	188.1
E	170	187.7	187.5	187.8	187.6	189.4	188.6	187.9
F	190	187.7	187.6	187.7	187.1	189.1	188.3	187.7
G	210	187.8	187.3	187.7	187.1	188.8	188.2	187.5
H	225	187.4	186.8	187.8	186.9	186.9	186.4	186.7
I	245	186.9	186.6	187.3	186.5	187.1	186.9	186.7
J	265	186.9	186.5	186.8	186.6	186.9	186.5	186.5
K	285	186.8	186.5	186.8	186.3	186.9	186.6	186.5
L	305	186.6	185.9	186.6	186.0	187.0	185.8	186.9
M	325	186.2	185.9	186.3	185.6	186.1	185.8	185.8
N	345	185.2	185.0	185.9	185.4	186.1	185.6	185.3
O	365	184.9	184.5	185.6	185.3	185.8	185.3	185.0
P	385	184.9	184.6	185.3	184.9	185.6	185.0	184.8
Q	405	184.9	184.9	185.0	184.9	185.0	184.4	184.6

Q = 1,000 m³/s

測 定 位 置		横 断						縦 断
断面 A	ダム軸からの 距離	左 岸 側		中 央		右 岸 側		(左+中+右)平均 3
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	
A	100 m	185.3	183.8	184.9	184.1	187.2	184.7	184.2
B	115	188.9	186.5	186.2	185.7	188.2	186.7	186.3
C	130	188.1	186.9	186.8	186.1	187.5	186.6	186.5
D	150	186.3	185.8	186.6	186.2	186.6	185.9	186.0
E	170	186.8	185.8	186.7	186.3	187.0	186.3	186.3
F	190	186.6	186.3	186.6	186.4	186.9	186.4	186.4
G	210	186.4	186.2	186.5	186.2	186.8	186.4	186.3
H	225	186.4	186.2	186.5	186.1	185.9	185.9	186.1
I	245	186.3	186.1	186.2	186.0	186.2	186.0	186.0
J	265	186.3	185.9	186.0	185.8	185.9	185.7	185.8
K	285	186.1	185.9	185.9	185.8	186.1	185.9	185.9
L	305	185.8	185.7	185.6	185.4	185.7	185.5	185.6
M	325	185.5	185.4	185.4	185.3	185.6	185.5	185.4
N	345	185.7	185.5	185.3	185.2	185.6	185.4	185.4
O	365	185.1	184.9	185.3	185.1	185.4	185.4	185.2
P	385	185.1	184.9	185.0	184.9	185.3	185.3	185.1
Q	405	184.9	184.8	185.0	184.9	185.8	185.1	185.0

(EL. m)

Q = 200 m³/s

断面 A	測定位置 ダム軸からの距離	横 断			縦 断 (左+中+右) 3
		左 岸 側	中 央	右 岸 側	
A	100 m	181.1	181.0	181.0	181.0
B	115	181.3	181.3	181.1	181.2
C	130	181.3	180.9	181.1	181.1
D	150	181.1	180.9	181.4	181.1
E	170	181.3	181.2	181.3	181.2
F	190	181.3	181.4	181.4	181.3
G	210	181.4	181.4	181.4	181.4
H	225	181.0	181.2	181.1	181.1
I	245	180.9	181.1	181.0	181.0
J	265	180.8	180.7	180.6	180.7
K	285	180.6	180.6	180.6	180.6
L	305	180.6	180.4	180.4	180.4
M	325	180.3	180.3	180.3	180.3
N	345	180.1	180.3	180.3	180.2
O	365	180.1	180.2	180.2	180.1
P	385	180.1	180.1	180.1	180.1
Q	405	179.8	179.8	179.9	179.8

(EL. m)

表-2b 減勢工および下流河道の水面形測定結果(実験A・水平水叩き式)

Q = 3000 m³/s

測定位置		横 断						縦 断
断面 No	ゲム軸から の距離	左 岸 側		中 央		右 岸 側		(左+中+右)平均 3
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	
A	100 m	186.1	184.6	187.6	185.5	185.8	184.6	184.9
B	115	186.7	186.0	187.8	186.8	187.3	186.4	186.2
C	130	187.4	186.2	187.6	186.8	187.0	186.0	186.3
D	150	186.7	186.1	187.6	186.6	187.8	186.0	186.2
E	170	186.9	186.4	187.1	186.4	187.3	186.6	186.5
F	190	186.7	186.4	186.6	186.3	187.3	186.6	186.4
G	210	186.6	186.4	186.3	185.9	186.7	186.6	186.2
H	225	186.6	186.4	186.3	186.0	186.5	186.6	186.3
I	245	186.2	185.9	186.3	185.9	186.0	186.6	186.1
J	265	185.9	185.6	185.9	185.8	185.8	186.6	185.7
K	285	185.8	185.6	185.8	185.6	186.0	185.4	185.5
L	305	185.6	185.3	185.4	185.3	185.5	185.6	185.4
M	325	185.3	185.1	185.1	184.9	185.1	185.1	185.0
N	345	184.7	184.6	184.8	184.6	185.4	184.7	184.6
O	365	184.1	183.8	184.6	184.5	185.2	185.2	184.5
P	385	184.4	184.1	184.4	184.2	184.8	184.7	184.3
Q	405	184.3	184.0	184.2	183.9	184.3	183.8	183.9

Q = 1,000 m³/s

測定位置		横 断						縦 断
断面 No	ゲム軸から の距離	左 岸 側		中 央		右 岸 側		(左+中+右)平均 3
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	
A	100 m	181.8	181.3	181.6	181.0	181.7	181.1	181.1
B	115	183.5	182.8	181.8	181.6	184.6	183.5	182.6
C	130	182.8	182.1	183.2	182.6	182.7	182.4	182.4
D	150	182.8	182.5	182.8	182.6	182.9	182.8	182.6
E	170	182.5	182.3	182.7	182.6	182.9	182.8	182.6
F	190	182.6	182.4	182.5	182.3	182.6	182.5	182.4
G	210	182.1	181.9	182.2	182.1	182.6	182.4	182.1
H	225	182.3	182.2	182.1	182.0	182.0	181.9	182.0
I	245	182.3	182.1	182.1	182.1	181.9	181.8	182.0
J	265	182.2	182.1	182.5	182.0	182.1	181.9	182.0
K	285	182.0	181.9	181.8	181.7	181.9	181.7	181.8
L	305	181.6	181.5	181.6	181.4	181.7	181.4	181.4
M	325	181.8	181.6	181.8	181.6	181.6	181.4	181.5
N	345	181.4	181.3	181.8	181.6	181.6	181.3	181.4
O	365	181.7	181.5	181.9	181.6	181.8	181.7	181.6
P	385	181.6	181.4	181.8	181.6	181.9	181.8	181.6
Q	405	181.6	181.4	181.6	181.4	181.8	181.6	181.5

(EL. m)

Q = 200 m³/s

測定位置		横 断			縦 断
断面 No	ゲム軸から の距離	左 岸 側	中 央	右 岸 側	(左+中+右) 3
A	100 m	176.3	176.4	176.4	176.4
B	115	176.4	176.4	176.2	176.3
C	130	176.3	176.2	176.3	176.3
D	150	176.4	176.4	176.4	176.4
E	170	176.3	176.3	176.3	176.3
F	190	176.1	175.9	176.1	176.0
G	210	175.8	175.9	176.1	175.9
H	225	175.5	175.8	175.9	175.7
I	245	175.3	175.3	175.1	175.2
J	265	175.2	175.1	175.3	175.2
K	285	174.9	174.9	174.9	174.9
L	305	174.9	174.7	174.8	174.8
M	325	174.6	174.5	174.8	174.6
N	345	174.6	174.6	174.8	174.7
O	365	174.8	174.6	174.8	174.7
P	385	174.1	174.4	174.3	174.3
Q	405	174.1	174.3	174.4	174.3

(EL. m)

表-2c 減勢工および下流河道の水面形測定結果(実験A・順傾斜式)

Q = 3,000 m³/s

測定位置		横 断						縦 断
断面 No	ゴム軸から の距離	左 岸 側		中 央		右 岸 側		(左+中+右)平均 3
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	
A	100 m	187.8	185.8	187.8	186.8	187.2	185.9	185.8
B	115	188.1	185.9	188.3	187.1	188.6	185.6	186.5
C	130	187.9	187.1	187.8	186.5	185.8	185.3	186.3
D	150	187.9	186.8	187.3	186.4	186.5	185.9	186.4
E	170	187.2	186.7	187.3	186.8	186.9	186.5	186.7
F	190	186.8	186.5	186.0	186.6	187.1	186.9	186.7
G	210	186.6	186.4	186.7	186.3	186.8	186.6	186.4
H	225	186.9	186.3	186.4	186.2	186.4	186.3	186.3
I	245	186.3	185.9	186.0	185.8	186.3	185.8	185.8
J	265	186.2	185.9	185.9	185.8	186.1	185.8	185.8
K	285	185.5	185.3	185.4	185.8	185.6	185.1	185.2
L	305	185.0	184.8	185.1	185.4	185.8	185.5	185.2
M	325	184.9	184.7	184.5	184.3	184.6	184.3	184.4
N	345	184.8	184.0	184.8	184.1	184.6	184.4	184.2
O	365	183.7	183.4	183.6	183.4	184.6	184.5	183.8
P	385	183.5	183.3	183.7	183.4	184.8	184.2	183.6
Q	405	183.4	182.9	184.1	183.9	183.4	183.1	183.3

Q = 1,000 m³/s

測定位置		横 断						縦 断
断面 No	ゴム軸から の距離	左 岸 側		中 央		右 岸 側		(左+中+右)平均 3
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	
A	100 m	181.4	181.4	182.1	181.7	181.4	181.3	181.5
B	115	182.7	182.3	182.6	182.1	183.1	182.3	182.2
C	130	182.9	182.5	182.8	182.5	183.0	182.4	182.5
D	150	183.1	182.8	183.1	182.9	183.4	183.1	182.9
E	170	183.4	182.9	182.9	182.8	184.0	183.6	183.1
F	190	183.4	182.6	183.0	182.8	183.3	183.1	182.9
G	210	182.9	182.8	183.1	182.8	182.1	183.7	182.8
H	225	182.8	182.7	182.5	182.3	182.6	182.4	182.5
I	245	182.3	182.2	182.4	182.1	182.0	181.8	182.0
J	265	182.3	182.1	182.2	182.0	182.1	181.9	182.0
K	285	182.3	182.1	182.1	181.9	181.8	181.7	181.9
L	305	181.9	181.8	181.9	181.7	181.9	181.8	181.8
M	325	181.8	181.6	181.6	181.5	181.7	181.6	181.6
N	345	181.4	181.3	181.4	181.4	181.5	181.4	181.4
O	365	181.2	181.1	181.3	181.2	181.6	181.4	181.2
P	385	181.3	181.1	181.3	181.1	181.4	181.3	181.2
Q	405	181.3	181.2	181.6	181.4	181.6	181.4	181.3

(EL. m)

Q = 200 m³/s

測定位置		横 断			縦 断
断面 No	ゴム軸から の距離	左 岸 側	中 央	右 岸 側	(左+中+右) 3
A	100 m	175.9	176.0	175.9	175.9
B	115	176.0	176.0	176.1	176.0
C	130	176.1	175.8	175.9	175.9
D	150	175.9	176.0	176.1	176.0
E	170	176.0	175.9	176.0	176.0
F	190	175.9	175.9	175.9	175.9
G	210	175.7	175.5	175.7	175.6
H	225	175.6	175.5	175.4	175.5
I	245	175.5	175.5	175.6	175.5
J	265	175.4	175.3	175.4	175.4
K	285	175.3	175.1	175.2	175.2
L	305	175.0	174.9	174.9	174.9
M	325	175.0	174.7	174.7	174.8
N	345	174.6	174.7	174.7	174.7
O	365	174.6	174.5	174.5	174.5
P	385	174.3	174.2	174.0	174.2
Q	405	173.9	174.5	174.2	174.2

(EL. m)

表-3a 減勢工及び下流河道の水面形測定結果(実験B・タイプI)

断面No	左岸	中央	右岸	断面No	左岸	中央	右岸
1	177.3	177.0	177.1	10	176.8	176.8	176.8
2	177.0	176.9	177.3	11	176.8	176.7	176.8
3	177.0	176.9	177.4	12	176.6	176.5	176.5
4	177.2	176.8	177.3	13	176.3	176.3	176.5
5	177.3	177.1	177.4	14	176.4	176.2	176.3
6	177.2	176.9	177.0	15	176.1	176.1	176.1
7	177.2	177.0	177.2	16	175.9	176.1	176.2
8	177.1	176.9	177.1	17	175.7	175.8	175.9
9	177.0	176.9	177.1				

200 m³/s

断面No	左岸		中央		右岸	
	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean
1	181.8	180.9	181.5	181.1	181.5	181.1
2	183.2	181.9	181.7	181.2	183.0	181.9
3	183.4	182.3	182.8	182.0	184.5	183.4
4	184.2	183.0	182.8	182.3	184.3	183.6
5	184.1	182.8	183.3	182.9	183.6	183.1
6	183.5	182.6	183.2	182.6	183.2	182.8
7	183.1	182.5	182.7	182.2	183.2	182.7
8	183.0	182.5	182.7	182.3	183.1	182.6
9	183.1	182.7	182.7	182.3	183.1	182.7
10	182.7	182.5	182.7	182.3	182.8	182.3
11	182.5	182.3	182.4	182.2	182.4	182.3
12	182.3	182.1	182.2	182.0	182.1	181.9
13	182.1	181.8	182.2	181.9	182.0	181.8
14	181.9	181.8	182.0	181.8	182.0	181.8
15	182.0	181.9	182.0	181.8	182.1	181.9
16	182.1	182.0	182.2	182.0	182.3	182.1
17	182.0	181.9	182.1	181.8	182.0	182.0

1000 m³/s

断面No	左岸		中央		右岸	
	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean
1	191.2	188.9	191.2	190.1	194.7	192.6
2	192.3	190.1	191.4	190.8	193.4	192.4
3	191.6	190.6	191.3	190.4	193.4	192.1
4	191.6	190.6	190.9	190.6	192.6	191.9
5	191.0	190.3	190.7	190.1	191.8	191.0
6	191.2	190.3	190.6	189.7	191.6	190.8
7	191.5	190.0	189.8	188.9	190.7	189.9
8	191.3	190.1	190.1	189.4	190.4	189.6
9	191.3	190.5	190.1	189.5	190.5	189.8
10	190.9	190.0	189.9	189.1	190.1	189.6
11	190.4	189.7	189.7	189.3	189.9	189.6
12	190.1	189.8	189.8	189.3	189.8	189.4
13	189.4	189.1	189.8	189.3	189.5	189.2
14	189.2	189.0	189.3	189.1	189.4	189.2
15	188.9	188.6	189.0	188.9	189.3	188.9
16	189.1	188.8	-	188.8	-	189.1
17	188.9	188.4	-	188.7	-	189.0

単位: EL. m

3000 m³/s

表-3b 減勢工及び下流河道の水面形測定結果(実験B・タイプII)

断面No	左岸	中央	右岸	断面No	左岸	中央	右岸
1	177.1	177.2	177.1	10	177.3	177.1	176.9
2	177.1	177.1	177.2	11	176.9	177.0	176.9
3	177.0	177.0	177.5	12	177.0	176.8	176.8
4	177.1	177.0	177.3	13	176.7	176.8	176.8
5	177.2	177.2	177.4	14	176.7	176.7	176.6
6	177.2	177.1	177.1	15	176.5	176.6	176.7
7	177.1	176.9	177.2	16	176.5	176.6	176.7
8	177.2	177.0	177.1	17	176.5	176.5	176.6
9	177.1	177.1	177.1	200 m ³ /s			

断面No	左岸		中央		右岸	
	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean
1	181.5	180.4	181.0	180.1	180.6	180.1
2	183.1	181.2	180.9	180.4	182.0	180.9
3	182.8	181.6	182.0	181.4	183.7	182.6
4	183.6	182.4	182.3	181.7	184.2	183.3
5	183.7	182.3	183.5	182.2	183.8	182.8
6	183.9	182.6	182.6	181.7	182.6	181.8
7	183.3	182.3	182.6	182.1	183.5	182.1
8	183.1	182.3	182.8	181.9	182.7	181.9
9	183.3	182.0	182.6	181.9	182.5	181.9
10	183.0	182.0	182.4	181.9	182.3	181.8
11	182.3	181.7	181.9	181.6	182.2	181.7
12	182.7	181.8	182.1	181.5	181.9	181.4
13	181.5	181.3	181.7	181.3	181.6	181.3
14	181.6	181.1	181.6	181.1	181.4	181.1
15	181.4	180.9	181.6	181.1	181.8	181.2
16	181.2	180.8	181.4	180.9	181.5	181.1
17	181.4	180.8	181.5	180.8	181.8	181.2

1000 m³/s

断面No	左岸		中央		右岸	
	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean
1	191.3	188.8	190.5	188.6	193.3	191.7
2	191.5	190.2	190.3	189.5	192.5	191.2
3	190.8	190.2	190.8	190.0	192.2	191.0
4	190.7	189.8	190.2	189.2	192.5	191.9
5	190.8	190.1	190.2	189.2	191.5	190.8
6	191.3	190.2	189.5	189.1	191.2	190.8
7	190.5	189.9	188.6	188.3	190.5	189.6
8	191.2	190.1	189.3	188.7	189.8	189.1
9	190.7	190.2	189.7	189.1	190.2	189.6
10	190.9	190.2	189.7	189.4	190.5	189.8
11	190.2	189.6	189.4	188.9	189.3	189.3
12	189.2	188.7	189.0	188.6	189.0	188.7
13	189.4	189.0	189.3	188.9	189.2	188.9
14	188.9	188.6	188.9	188.7	188.8	188.7
15	188.5	188.0	188.6	188.3	188.9	188.8
16	188.0	187.7	188.4	188.2	188.7	188.5
17	188.5	188.0	188.4	188.3	188.8	188.4

単位: EL. m

3000 m³/s

表-3c 減勢工及び下流河道の水面形測定結果(実験B・タイプⅢ)

断面No	左岸	中央	右岸	断面No	左岸	中央	右岸
1	177.3	177.6	177.5	10	177.0	177.0	177.0
2	177.3	177.2	177.6	11	177.0	177.0	177.0
3	177.2	177.2	177.6	12	177.0	176.0	177.0
4	177.4	177.1	177.4	13	176.9	176.9	176.8
5	177.5	177.4	177.6	14	176.9	176.8	176.9
6	177.4	176.9	176.9	15	176.8	176.8	176.8
7	177.3	176.6	177.1	16	176.7	176.8	176.9
8	177.3	177.1	177.1	17	176.7	176.8	176.8
9	177.2	177.2	177.1	200 m ³ /s			

断面No	左岸		中央		右岸	
	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean
1	182.2	181.2	180.9	180.3	182.2	181.3
2	181.9	181.0	181.7	180.6	183.4	181.4
3	182.6	181.5	182.0	181.6	183.5	182.6
4	183.1	182.7	183.7	182.8	184.5	183.9
5	183.5	182.9	183.3	182.7	184.3	183.7
6	183.4	183.0	182.8	182.1	183.7	182.9
7	183.3	182.9	183.4	182.8	183.1	182.1
8	183.4	183.0	183.2	182.7	183.2	182.4
9	183.9	183.2	183.3	182.7	183.2	182.3
10	182.7	182.6	183.0	182.6	182.8	182.6
11	182.6	182.4	182.7	182.5	182.5	182.2
12	182.5	182.3	182.4	182.3	182.3	182.0
13	182.4	182.0	182.2	182.0	182.1	181.8
14	182.1	181.8	181.8	181.7	182.0	181.8
15	181.9	181.7	182.1	182.1	182.2	182.0
16	181.8	181.6	181.8	181.6	181.8	181.8
17	181.7	181.5	181.8	181.5	182.0	181.8

1000 m³/s

断面No	左岸		中央		右岸	
	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean
1	192.8	191.1	190.7	189.4	194.2	193.0
2	192.6	191.0	191.6	191.2	193.5	190.8
3	192.8	191.5	191.8	191.1	194.0	192.5
4	192.6	191.3	191.6	190.9	193.3	192.1
5	192.1	191.4	191.2	190.1	192.4	191.9
6	192.2	191.0	190.3	189.9	191.5	190.9
7	191.6	190.4	189.5	189.1	191.1	190.3
8	191.8	190.8	190.3	189.1	190.7	189.5
9	191.4	190.6	190.8	190.2	191.7	190.7
10	190.9	190.3	190.8	189.7	190.3	189.9
11	190.5	189.8	190.2	189.9	190.0	189.8
12	190.5	190.1	190.0	189.6	190.0	189.7
13	190.0	189.6	189.7	189.5	189.6	189.4
14	189.8	189.5	189.6	189.4	189.7	189.5
15	189.4	189.2	189.4	189.2	189.7	189.4
16	189.4	189.3	189.6	189.4	189.8	189.5
17	189.6	189.5	189.7	189.5	189.9	189.6

単位: EL. m

3000 m³/s

表-4a 副ダム圧力測定値(タイプ1)

3000 m³/s

ピエゾ No	ピエゾ標高	左 岸		中 央		右 岸	
		圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭
1	172.4	189.3	17.3	189.8	17.4	191.9	19.5
2	170.9	190.0	19.1	189.9	19.0	191.5	20.6
3	169.3	189.9	20.6	190.0	20.7	191.7	22.4
4	167.8	190.0	22.2	190.1	22.3	191.7	23.9
5	166.2	190.1	23.9	190.0	23.8	191.6	25.4
6	164.6	190.2	25.6	189.9	25.3	191.5	26.9
7	163.1	190.3	27.2	190.1	27.0	191.5	28.4
8	161.5	190.5	29.0	189.8	28.3	191.4	29.9

1000 m³/s

ピエゾ No	ピエゾ標高	左 岸		中 央		右 岸	
		圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭
1	172.4	182.6	10.2	182.5	10.1	183.6	11.1
2	170.9	182.8	11.9	182.6	11.7	183.7	12.8
3	169.3	182.8	13.5	182.8	13.5	183.8	14.5
4	167.8	183.0	15.2	182.9	15.1	183.8	16.0
5	166.2	183.1	16.9	183.1	16.9	183.8	17.6
6	164.6	183.1	18.5	183.2	18.6	183.8	19.2
7	163.1	183.3	20.2	183.3	20.2	183.7	20.6
8	161.5	183.3	21.8	183.2	21.7	183.6	22.1

200 m³/s

ピエゾ No	ピエゾ標高	左 岸		中 央		右 岸	
		圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭
1	172.4	176.9	4.5	177.0	4.6	177.2	4.8
2	170.9	177.0	6.1	177.0	6.1	177.1	6.2
3	169.3	177.0	7.7	176.9	7.6	177.2	7.9
4	167.8	177.0	9.2	176.9	9.1	177.2	9.4
5	166.2	177.1	10.9	176.9	10.7	177.1	10.9
6	164.6	177.1	12.5	176.9	12.3	177.1	12.5
7	163.1	176.9	13.8	176.9	13.8	177.1	14.0
8	161.5	176.9	15.4	176.9	15.4	177.0	15.5

単位: ピエゾ標高・圧力標高 (EL.m) 圧力水頭 (m)

表-4b 副ダム圧力測定値(タイプⅡ)

3000 m³/s

ピエゾ No	ピエゾ標高	左 岸		中 央		右 岸	
		圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭
1	172.4	189.6	17.2	188.9	16.5	192.3	19.9
2	170.9	190.0	19.1	189.3	18.4	192.4	21.5
3	169.3	190.1	20.8	189.3	20.0	192.4	23.1
4	167.8	190.2	22.4	189.4	21.6	192.8	25.0
5	166.2	190.3	24.1	189.4	23.2	192.6	26.4
6	164.6	190.4	25.8	189.5	24.9	192.3	27.7
7	163.1	190.4	27.3	189.5	26.4	192.2	29.1
8	161.5	190.4	28.9	189.6	28.1	191.9	30.4

1000 m³/s

ピエゾ No	ピエゾ標高	左 岸		中 央		右 岸	
		圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭
1	172.4	181.9	9.5	182.0	9.6	183.1	10.7
2	170.9	182.1	11.2	182.2	11.3	183.1	12.2
3	169.3	182.0	12.7	182.4	13.1	183.3	14.0
4	167.8	182.1	14.3	182.4	14.6	183.4	15.6
5	166.2	182.1	15.9	182.7	16.5	183.4	17.2
6	164.6	182.1	17.5	182.6	18.0	183.3	18.7
7	163.1	182.0	18.9	182.5	19.4	183.3	20.2
8	161.5	182.1	20.6	182.4	20.9	183.3	21.8

200 m³/s

ピエゾ No	ピエゾ標高	左 岸		中 央		右 岸	
		圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭
1	172.4	177.4	5.0	177.1	4.7	177.3	4.9
2	170.9	177.4	6.5	177.1	6.2	177.4	6.5
3	169.3	177.2	7.9	177.1	7.8	177.4	8.1
4	167.8	177.1	9.3	177.1	9.3	177.5	9.7
5	166.2	177.2	11.0	177.1	10.9	177.3	11.1
6	164.6	177.3	12.7	177.1	12.5	177.4	12.8
7	163.1	177.3	14.2	177.1	14.0	177.3	14.2
8	161.5	177.3	15.8	177.1	15.6	177.3	15.8

単位: ピエゾ標高・圧力標高 (EL. m) 圧力水頭 (m)

表-4c 副ダム圧力測定値(タイプⅢ)

3000 m³/s

ピエゾ No	ピエゾ標高	左 岸		中 央		右 岸	
		圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭
1	172.4	189.6	17.2	189.4	17.0	191.6	19.2
2	170.9	189.9	19.0	189.4	18.5	191.8	20.9
3	169.3	189.9	20.6	189.6	20.3	191.8	22.5
4	167.8	190.1	22.3	189.7	21.9	191.6	23.8
5	166.2	190.3	24.1	189.8	23.6	191.8	25.6
6	164.6	190.3	25.7	189.7	25.1	191.8	27.2
7	163.1	190.8	27.7	189.7	26.6	191.9	28.8
8	161.5	190.5	29.0	189.4	27.9	191.8	30.3

1000 m³/s

ピエゾ No	ピエゾ標高	左 岸		中 央		右 岸	
		圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭
1	172.4	189.6	17.2	188.9	16.5	192.3	19.9
2	170.9	190.0	19.1	189.3	18.4	192.4	21.5
3	169.3	190.1	20.8	189.3	18.4	192.4	23.1
4	167.8	190.2	22.4	189.4	21.6	192.8	25.0
5	166.2	190.3	24.1	189.4	23.2	192.6	26.4
6	164.6	190.4	25.8	189.5	24.9	192.3	27.7
7	163.1	190.4	28.9	189.5	26.4	192.2	29.1
8	161.5	190.4	28.9	189.6	28.1	191.9	30.4

200 m³/s

ピエゾ No	ピエゾ標高	左 岸		中 央		右 岸	
		圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭	圧力標高	圧力水頭
1	172.4	177.6	5.2	177.5	5.1	177.4	5.0
2	170.9	177.6	6.7	177.5	6.6	177.4	6.5
3	169.3	177.6	8.3	177.5	8.2	177.4	8.1
4	167.8	177.6	9.8	177.5	9.7	177.4	9.6
5	166.2	177.6	11.4	177.5	11.3	177.4	11.2
6	164.6	177.6	13.0	177.5	12.9	177.4	12.8
7	163.1	177.6	14.5	177.5	14.4	177.4	14.3
8	161.5	177.6	16.1	177.5	16.0	177.4	15.9

単位: ピエゾ標高・圧力標高 (EL. m) 圧力水頭 (m)

表-5a オリフィスのゲート開度毎の貯水位-放流量測定結果

全 開				4.0 m				3.5 m			
H	Q	H/D	C	H	Q	H/D	C	H	Q	H/D	C
14.325	263.44	3.18	0.776	14.550	211.56	3.64	0.696	14.050	168.75	4.01	0.646
13.425	254.38	2.98	0.774	13.575	201.56	3.39	0.686	12.775	158.47	3.65	0.636
12.475	239.06	2.77	0.755	12.450	189.68	3.11	0.675	11.400	145.94	3.26	0.620
11.125	218.75	2.47	0.732	11.300	177.19	2.83	0.661	10.050	134.38	2.87	0.608
10.175	204.38	2.26	0.715	10.175	163.75	2.54	0.644	8.700	121.88	2.49	0.593
9.325	188.44	2.07	0.688	8.975	150.00	2.24	0.628	7.600	108.38	2.17	0.569
8.600	175.00	1.91	0.666	8.275	140.63	2.07	0.613	6.675	97.81	1.91	0.543
8.200	168.75	1.82	0.657	7.585	129.69	1.88	0.593	5.800	88.13	1.66	0.525
7.875	161.56	1.75	0.642	6.900	118.75	1.73	0.567	4.750	77.19	1.36	0.508
7.575	156.25	1.68	0.633								
6.975	138.44	1.55	0.585								
6.325	118.75	1.41	0.527								
5.650	100.63	1.26	0.472								
4.925	81.25	1.09	0.408								
4.100	60.94	0.91	0.336								
3.475	47.81	0.77	0.286								
2.775	34.06	0.62	0.228								
2.100	22.19	0.47	0.171								
1.300	10.94	0.29	0.107								

表-5b オリフィスのゲート開度毎の貯水位-放流量測定結果

3.0 m				2.5 m				2.0 m			
H	Q	H/D	C	H	Q	H/D	C	H	Q	H/D	C
14.775	148.44	4.93	0.646	14.600	124.50	5.84	0.654	14.450	100.00	7.23	0.660
13.200	137.50	4.40	0.633	13.250	117.19	5.30	0.650	13.125	94.69	6.56	0.656
12.000	129.69	4.00	0.626	11.375	106.25	4.55	0.633	11.925	89.69	5.96	0.652
9.980	115.63	3.33	0.612	9.530	94.69	3.81	0.620	9.900	80.63	4.95	0.643
8.580	103.13	2.86	0.590	8.200	85.94	3.28	0.608	8.375	72.81	4.19	0.631
7.900	97.81	2.63	0.582	7.050	77.50	2.82	0.586	6.875	63.75	3.44	0.610
6.600	85.00	2.20	0.554	6.150	69.69	2.46	0.564	5.925	50.13	2.96	0.599
5.525	72.81	1.84	0.520	5.100	60.94	2.04	0.542	4.825	50.31	2.41	0.575
				4.125	51.88	1.65	0.513	3.375	37.19	1.69	0.508

1.5 m				1.0 m				0.5 m			
H	Q	H/D	C	H	Q	H/D	C	H	Q	H/D	C
14.275	79.38	9.52	0.703	13.850	53.13	13.85	0.717	14.200	26.56	28.40	0.708
12.838	73.44	8.56	0.686	12.000	47.81	12.00	0.693	13.225	25.63	26.45	0.707
11.450	68.44	7.63	0.677	9.875	41.88	9.88	0.669	11.175	22.35	23.44	0.704
9.275	60.63	6.18	0.666	7.725	35.63	7.73	0.643	9.225	21.25	18.45	0.702
7.650	53.75	5.10	0.650	6.500	32.00	6.50	0.630	7.300	18.75	14.60	0.697
5.725	45.00	3.82	0.629	5.625	29.69	5.63	0.628	5.500	16.25	11.00	0.696
4.150	35.00	2.77	0.575	3.575	22.81	3.58	0.606	4.375	14.06	8.75	0.675
3.175	28.75	2.12	0.540	2.800	20.00	2.80	0.600	3.000	11.56	6.00	0.670
								1.750	8.13	3.50	0.617

表-6a オリフィスの圧力測定結果

ピエゾ No	上 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	265.550	3.944	0.38
2	259.625	-1.373	1.10
3	257.850	-2.792	1.31
4	261.925	1.417	0.82
5	268.150	2.551	0.79
6	262.125	1.910	0.80
7	261.950	1.844	0.82
8	261.925	1.953	0.82
9	261.700	1.862	0.85
10	261.500	1.796	0.87

ピエゾ No	上 隅		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	260.425	-0.547	1.00
2	260.200	-0.416	1.03
3	262.050	1.568	0.80
4	262.275	1.927	0.78
5	262.200	1.986	0.79
6	262.125	2.045	0.80
7	261.875	1.929	0.83
8	261.500	1.688	0.87
9	260.900	1.222	0.94

ピエゾ No	側 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	263.500	6.250	0.63
2	263.575	6.325	0.62
3	263.125	5.875	0.67
4	262.850	5.600	0.71
5	262.500	5.250	0.75
6	262.325	5.675	0.77
7	261.925	4.675	0.82
8	261.500	4.250	0.87
9	261.000	3.750	0.93
10	260.550	3.300	0.99
11	259.925	2.675	1.06

ピエゾ No	下 隅		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	261.925	6.899	0.82
2	263.200	8.174	0.67
3	263.425	8.399	0.64
4	262.825	7.799	0.71
5	261.875	6.849	0.83
6	260.875	5.849	0.95
7	259.275	4.249	1.15
8	258.425	3.399	1.24

ピエゾ No	下 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	268.325	14.386	-
2	266.275	12.275	-
3	264.500	9.500	-
4	265.200	10.200	0.42
5	264.700	9.700	0.48
6	264.050	9.050	0.56
7	263.625	8.625	0.61
8	262.925	7.925	0.70
9	262.275	7.275	0.78
10	261.525	6.525	0.87
11	260.625	5.625	0.98
12	259.500	4.500	
13	258.475	3.475	
14	255.450	0.512	
15	252.750	2.000	
16	251.200	-3.238	
17	250.550	-3.450	
18	250.250	-3.188	

ゲート開度：全 開
貯 水 位：EL268.700m
放 流 量：256.25m³/s

表-6b オリフィスの圧力測定結果

ピエゾ No	上 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	264.175	2.569	0.31
2	260.125	-0.873	1.00
3	258.750	-1.892	1.23
4	261.250	0.742	0.81
5	261.350	0.976	0.79
6	261.300	1.060	0.80
7	261.175	1.069	0.82
8	261.100	1.128	0.83
9	261.000	1.162	0.85
10	260.625	0.921	0.91

ピエゾ No	下 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	260.800	5.774	0.88
2	261.875	6.849	0.70
3	262.025	6.999	0.68
4	261.600	6.574	0.75
5	261.000	5.974	0.85
6	260.300	5.274	0.97
7	259.525	4.499	1.10
8	258.600	3.574	1.26

ピエゾ No	上 隅		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	261.425	0.453	0.78
2	260.600	-0.016	0.92
3	261.525	1.043	0.76
4	261.525	1.177	0.76
5	261.425	1.211	0.78
6	261.375	1.295	0.79
7	261.150	1.204	0.82
8	260.825	1.063	0.87
9	260.450	0.772	0.94

ピエゾ No	下 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	265.700	12.200	-
2	264.100	10.161	-
3	268.750	7.750	-
4	263.325	8.325	0.45
5	263.000	8.000	0.51
6	262.500	7.500	0.59
7	262.250	7.250	0.64
8	261.750	6.750	0.72
9	261.300	6.300	0.80
10	260.750	5.750	0.89
11	260.125	5.125	1.00
12	259.350	4.350	
13	258.525	3.525	
14	256.150	1.212	
15	254.000	0.750	
16	252.675	-1.763	
17	251.975	-2.025	
18	251.575	-1.863	

ピエゾ No	側 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	262.200	4.950	0.65
2	262.225	4.975	0.64
3	261.925	4.675	0.69
4	261.725	4.475	0.73
5	261.500	4.250	0.76
6	261.400	4.150	0.78
7	261.050	3.800	0.84
8	260.775	3.525	0.89
9	260.425	3.175	0.95
10	260.100	2.850	1.00
11	259.700	2.450	1.07

ゲート開度：全 開
貯 水 位：EL265.988m
放 流 量：217.19m³/s

表-6c オリフィスの圧力測定結果

ピエゾ No	上 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	266.700	5.094	-
2	263.050	2.052	-
3	262.050	1.408	-
4	264.525	4.017	-
5	264.675	4.301	-
6	264.725	4.485	-
7	264.775	4.669	-
8	264.900	4.928	-
9	265.075	5.237	-
10	265.375	5.671	-

ピエゾ No	下 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	264.275	9.249	-
2	265.100	10.074	-
3	265.300	10.274	-
4	264.600	9.574	-
5	263.700	8.674	-
6	262.575	7.549	-
7	260.200	6.175	-
8	259.550	4.524	-

ピエゾ No	上 隅		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	263.500	2.528	-
2	263.250	2.638	-
3	264.625	4.143	-
4	264.800	4.452	-
5	264.800	4.586	-
6	264.875	4.795	-
7	264.925	4.979	-
8	264.050	5.238	-
9	265.325	5.647	-

ピエゾ No	下 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	268.400	14.900	-
2	267.100	13.161	-
3	265.900	10.900	-
4	266.325	11.325	-
5	266.000	11.000	-
6	265.575	10.575	-
7	265.250	10.250	-
8	264.725	9.725	-
9	264.175	9.175	-
10	263.375	8.375	-
11	262.350	7.350	-
12	261.000	6.000	-
13	259.300	4.300	-
14	256.250	1.312	-
15	253.375	-1.375	-
16	251.850	-2.588	-
17	251.175	-2.825	-
18	251.000	-2.438	-

ピエゾ No	側 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	265.325	8.075	-
2	265.350	8.100	-
3	265.100	7.850	-
4	264.875	7.625	-
5	264.625	7.375	-
6	264.475	7.225	-
7	264.100	6.850	-
8	263.675	6.425	-
9	263.125	5.875	-
10	262.485	5.175	-
11	261.450	4.200	-

ゲート開度: 4.0m
貯水水位: EL268.650m
放流量: 206.25m³/s

表-6d オリフィスの圧力測定結果

ピエゾ No	上 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	264.675	3.069	-
2	262.175	1.177	-
3	261.400	0.758	-
4	262.850	2.342	-
5	262.950	2.576	-
6	262.950	2.710	-
7	262.975	2.869	-
8	263.050	3.078	-
9	263.175	3.337	-
10	263.375	3.671	-

ピエゾ No	下 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	262.325	7.299	-
2	263.000	7.974	-
3	262.875	7.849	-
4	262.700	7.674	-
5	268.100	7.074	-
6	261.325	6.299	-
7	260.325	5.299	-
8	259.100	4.074	-

ピエゾ No	上 隅		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	263.025	2.053	-
2	262.400	1.784	-
3	263.050	2.568	-
4	263.050	2.702	-
5	263.050	2.836	-
6	263.575	3.495	-
7	263.600	3.654	-
8	263.175	3.363	-
9	263.375	3.697	-

ピエゾ No	下 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	265.450	11.950	-
2	264.450	10.511	-
3	263.625	8.625	-
4	263.950	8.950	-
5	263.750	8.750	-
6	263.450	8.450	-
7	263.250	8.250	-
8	262.850	7.850	-
9	262.450	7.450	-
10	261.900	6.900	-
11	261.175	6.175	-
12	260.175	5.175	-
13	259.025	4.025	-
14	256.600	1.662	-
15	254.200	-0.550	-
16	252.875	-1.563	-
17	252.250	-1.750	-
18	251.925	-1.513	-

ピエゾ No	側 面		
	ピエゾ水頭	圧力水頭	圧力降下係数
1	263.325	6.075	-
2	263.325	6.075	-
3	263.150	5.900	-
4	263.000	5.750	-
5	262.850	5.600	-
6	262.725	5.475	-
7	262.425	5.175	-
8	262.150	4.900	-
9	261.750	4.500	-
10	261.225	3.975	-
11	260.525	3.275	-

ゲート開度：4.0m
貯水位：EL265.725m
放流量：171.88m³/s

表-7 オリフィス下流の水面形測定結果

ダム軸からの 距離 (m)	最高 (EL.m)	平均 (EL.m)
5.5	259.325	259.325
6.5	259.200	259.150
7.5	258.900	258.875
8.5	258.725	258.650
9.5	258.425	258.400
10.5	258.325	258.250
11.5	257.875	257.775
12.5	257.500	257.375
13.5	257.125	256.925

ゲート開度：全 開
貯 水 位：EL268.600m

ダム軸からの 距離 (m)	最高 (EL.m)	平均 (EL.m)
5.5	259.275	259.275
6.5	259.100	259.050
7.5	259.000	258.900
8.5	258.600	258.550
9.5	258.325	258.250
10.5	258.150	258.075
11.5	257.500	257.425
12.5	256.925	256.850
13.5	256.725	256.550

ゲート開度：全 開
貯 水 位：EL266.125m

ダム軸からの 距離 (m)	最高 (EL.m)	平均 (EL.m)
5.5	258.850	258.775
6.5	258.475	258.375
7.5	258.100	258.075
8.5	257.825	257.750
9.5	257.525	257.475
10.5	257.325	257.250
11.5	257.125	256.750
12.5	256.750	256.500
13.5	256.325	255.950

ゲート開度：4.0m
貯 水 位：EL268.550m

ダム軸からの 距離 (m)	最高 (EL.m)	平均 (EL.m)
5.5	258.650	258.625
6.5	258.250	258.225
7.5	258.000	258.000
8.5	257.675	257.625
9.5	257.350	257.300
10.5	257.275	257.125
11.5	256.700	256.500
12.5	256.500	256.225
13.5	256.000	255.800

ゲート開度：4.0m
貯 水 位：EL266.075m

表-8a 放流管のゲート開度毎の貯水位-放流量測定結果(絞り有)

全 開			
EL.m	H	Q	C
271.43	73.68	718.23	0.975
262.28	64.53	670.21	0.972
254.27	56.52	621.61	0.963
254.57	47.82	571.53	0.963
239.12	41.37	527.06	0.954
232.61	34.86	475.99	0.939
226.76	29.01	428.08	0.926
221.36	23.61	377.90	0.906
213.26	15.51	295.67	0.874
211.25	13.50	265.50	0.842
208.52	10.77	226.76	0.805
206.78	9.03	195.95	0.760

4.0 m			
EL.m	H	Q	C
272.72	74.97	578.13	0.778
259.37	61.62	518.58	0.769
249.62	51.87	472.44	0.764
240.14	42.39	425.32	0.761
231.62	33.87	374.84	0.750
224.90	27.15	332.64	0.744
218.42	20.67	278.81	0.714
212.90	15.15	232.48	0.696
208.67	10.92	184.86	0.652

3.5 m			
EL.m	H	Q	C
270.71	72.96	454.30	0.620
258.41	60.66	413.78	0.619
247.97	50.22	374.15	0.615
239.78	42.03	338.56	0.608
230.06	32.31	293.60	0.602
223.01	25.26	256.14	0.594
216.68	18.93	216.01	0.578
211.43	13.68	177.86	0.560
207.14	9.39	137.73	0.524

3.0 m			
EL.m	H	Q	C
272.51	74.76	375.23	0.505
266.66	68.91	360.45	0.506
257.15	59.40	333.43	0.504
244.82	47.07	293.40	0.498
237.08	39.33	266.88	0.496
229.52	31.77	237.60	0.491
222.62	24.87	208.12	0.489
216.68	18.93	178.55	0.478
213.35	15.60	158.83	0.468
208.88	11.13	128.86	0.450

2.5 m			
EL.m	H	Q	C
271.97	74.22	305.63	0.413
265.64	67.89	290.15	0.410
253.70	55.95	262.45	0.409
243.17	45.42	236.52	0.409
237.11	39.36	218.18	0.405
230.78	33.03	198.64	0.402
225.17	27.42	179.93	0.400
219.77	22.02	159.42	0.396
215.24	17.49	140.29	0.391
211.37	13.62	121.07	0.382
208.04	10.29	101.45	0.368

表-8b 放流管のゲート開度毎の貯水位-放流量測定結果(絞り有)

2.0 m			
EL.m	H	Q	C
269.12	71.37	234.74	0.324
261.53	63.78	221.53	0.323
252.41	54.66	204.77	0.323
244.67	46.92	189.00	0.321
237.17	39.42	172.93	0.321
231.05	33.30	157.94	0.319
225.47	27.72	143.74	0.318
216.44	18.69	116.04	0.313
208.28	10.53	83.70	0.300

1.5 m			
EL.m	H	Q	C
272.27	74.52	183.38	0.247
264.17	66.42	174.01	0.249
255.08	57.33	160.70	0.247
244.61	46.86	144.93	0.247
235.01	37.26	128.66	0.246
227.75	30.00	114.86	0.244
220.07	22.32	98.59	0.243
214.49	16.74	84.29	0.240
210.05	12.30	71.48	0.237

1.0 m			
EL.m	H	Q	C
272.69	74.94	124.72	0.168
268.16	70.41	121.17	0.168
259.64	61.89	115.45	0.171
252.59	54.84	106.77	0.168
245.09	47.34	98.89	0.167
238.49	40.74	91.20	0.166
227.75	30.00	78.34	0.167
217.46	19.71	62.90	0.165
209.66	11.91	48.51	0.164

0.5 m			
EL.m	H	Q	C
275.09	77.34	61.82	0.082
267.83	70.08	58.66	0.082
258.71	60.96	54.72	0.082
253.58	55.83	51.96	0.081
248.42	50.67	49.30	0.081
241.91	44.16	46.34	0.081
233.93	36.18	41.65	0.081
225.47	27.72	35.99	0.080
215.12	17.37	25.14	0.070
207.32	9.57	18.73	0.071

表-9a 放流管圧力測定結果(校り有)

開度	断面積	貯水位	放水量
全開	A (m ²)	EL (m)	Q (m ³ /s)
	19.392	270.4	713.8

測線	ピエゾ管	ピエゾ水頭 PH (m)	ピエゾ標高 P _{EL} (m)	圧力水頭 P ₁ (E _L -P _H)
上 面 中 央	1	238.70	203.00	35.70
	2	238.88	202.82	36.06
	3	233.69	202.67	31.02
	4	226.91	202.58	24.33
	5	220.94	202.49	18.45
	6	216.59	202.43	14.16
	7	211.76	202.40	9.36
	8	207.68	202.37	5.31
	9	206.42	202.37	4.05
	10	207.80	202.34	5.46
	11	207.53	202.34	5.19
	12	208.43	202.34	6.09
	13	208.55	202.34	6.21
	14	204.41	202.34	2.07
上 面 隅 角	15	239.72	202.85	36.87
	16	236.12	202.64	33.48
	17	230.51	202.49	28.02
	18	224.81	202.37	22.44
	19	219.05	202.28	16.77
	20	213.11	202.22	10.89
	21	208.31	202.16	6.15
	22	203.81	202.10	1.71
	23	201.02	202.07	-1.05
	24	200.27	202.07	-1.80
	25	206.66	202.07	4.59
	26	207.59	202.07	5.52
	27	207.68	202.07	5.61
	28	204.98	202.07	2.91

測線	ピエゾ管	ピエゾ水頭 PH (m)	ピエゾ標高 P _{EL} (m)	圧力水頭 P ₁ (E _L -P _H)
側 面	29	235.55	200.06	35.49
	30	237.44	200.06	37.38
	31	231.86	200.06	31.80
	32	227.42	200.06	27.36
	33	221.36	200.06	21.30
	34	216.08	200.06	16.02
	35	212.18	200.06	12.12
	36	207.59	200.06	7.53
	37	206.24	200.06	6.18
	38	207.38	200.06	7.32
	39	206.39	200.06	6.33
	40	207.17	200.06	7.11
	41	205.88	200.00	5.88
	42	203.03	200.00	3.03
下 面 隅 角	43	198.53	200.00	-1.47
	44	201.20	200.00	1.20
	45	236.18	197.45	38.73
	46	233.87	197.60	36.27
	47	229.76	197.72	32.04
	48	224.90	198.35	26.55
	49	218.75	197.78	20.97
	50	213.32	197.93	15.39
	51	208.88	197.99	10.89
	52	203.90	198.02	5.88
	53	199.94	198.02	1.92
	54	198.98	198.02	0.96
	55	205.88	198.05	7.83
	56	206.21	198.05	8.16

表-9b 放流管圧力測定結果(校り有)

開度	断面積	貯水位	放水量
全開	A (m ²)	EL(m)	Q (m ³ /s)
	19.392	270.4	713.8

測線	ピエゾ管	ピエゾ水頭 PH(m)	ピエゾ標高 P _{EL} (m)	圧力水頭 P ₁ (E _L -P _H)
隅角	57	200.24	198.05	2.19
	58	200.15	198.05	2.10
	59	203.15	198.05	5.10
	60	194.45	198.05	-3.60
	61	201.98	197.96	4.02
下面中央	62	242.96	197.09	45.87
	63	237.80	197.27	40.53
	64	232.67	197.42	35.25
	65	225.35	197.51	27.84
	66	220.70	197.60	23.10
	67	215.30	197.66	17.64
	68	210.71	197.69	13.02
	69	205.43	197.72	7.71
	70	206.45	197.75	8.70
	71	207.14	197.75	9.39
	72	205.73	197.75	7.98
	73	205.79	197.75	8.04
	74	203.93	197.75	6.18
	75	202.67	197.75	4.92
	76	202.64	197.75	4.89
	77	201.92	197.75	4.17
	78	201.08	197.75	3.33
	79	200.33	197.75	2.58
	80	199.88	197.75	2.13

測線	ピエゾ管	ピエゾ水頭 PH(m)	ピエゾ標高 P _{EL} (m)	圧力水頭 P ₁ (E _L -P _H)
開水路	81	196.82	197.21	-0.39
	82	196.79	197.21	-0.42
	83	196.70	197.21	-0.51
	84	196.58	197.18	-0.60
	85	196.52	197.18	-0.66
	86	196.88	197.12	-0.24
	87	196.85	197.03	-0.18
	88	196.82	196.91	-0.09
	89	196.43	196.76	-0.33
	90	196.64	196.58	0.06
	91	196.13	196.40	-0.27
	92	195.80	196.19	-0.39
	93	195.23	195.92	-0.69
	94	195.32	195.65	-0.33
	95	194.93	195.35	-0.42
	96	194.66	195.02	-0.36
	97		194.69	-
	98	194.03	194.30	-0.27
	99	193.55	193.91	-0.36
	100	193.28	193.46	-0.18
	101	192.89	193.01	-0.12
	102	192.38	192.53	-0.15

表-9c 放水管圧力測定結果(校り有)

開度	断面積	貯水位	放水量
全開	A (m ²)	EL (m)	Q (m ³ /s)
	19.392	266.1	691.1

測線	ピエゾ No	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭
		PH (m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
上 面 中 央	1	236.60	203.00	33.60
	2	235.94	202.82	33.12
	3	231.77	202.67	29.10
	4	225.59	202.58	23.01
	5	220.01	202.49	17.52
	6	215.78	202.43	13.35
	7	211.01	202.40	8.61
	8	207.29	202.37	4.92
	9	206.33	202.37	3.96
	10	206.87	202.34	4.53
	11	206.93	202.34	4.59
	12	207.62	202.34	5.28
	13	207.92	202.34	5.58
	14	204.20	202.34	1.86
上 面 隅 角	15	236.36	202.85	33.51
	16	234.38	202.64	31.74
	17	229.46	202.49	26.97
	18	223.64	202.37	21.27
	19	218.48	202.28	16.20
	20	212.63	202.22	10.41
	21	207.77	202.16	5.61
	22	204.11	202.10	2.01
	23	200.96	202.07	-1.11
	24	200.45	202.07	-1.62
	25	206.66	202.07	4.59
	26	207.41	202.07	5.34
	27	207.47	202.07	5.40
	28	205.04	202.07	2.97

測線	ピエゾ No	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭
		PH (m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
側 面	29	233.24	200.06	33.18
	30	234.77	200.06	34.71
	31	230.54	200.06	30.48
	32	225.74	200.06	25.68
	33	220.37	200.06	20.31
	34	215.30	200.06	15.24
	35	212.03	200.06	11.97
	36	206.96	200.06	6.90
	37	207.11	200.06	7.05
	38	207.26	200.06	7.20
	39	206.75	200.06	6.69
	40	206.84	200.06	6.78
	41	205.73	200.00	5.73
	42	203.18	200.00	3.18
下 面 隅 角	43	198.92	200.00	-1.08
	44	201.05	200.00	1.05
	45	233.06	197.45	35.61
	46	231.86	197.60	34.26
	47	228.14	197.72	30.42
	48	223.25	198.35	24.90
	49	217.85	197.78	20.07
	50	212.30	197.93	14.37
	51	208.19	197.99	10.20
	52	203.42	198.02	5.40
	53	200.33	198.02	2.31
	54	198.83	198.02	0.81
	55	205.70	198.05	7.65
	56	205.70	198.05	7.65

表-9d 放流管圧力測定結果(絞り有)

開度	断面積	貯水位	放水量
全開	Δ (m ²)	EL(m)	Q (m ³ /s)
	19.392	266.1	691.1

測 線	ピ エ ソ 管	ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭
		PH(m)	P _{EL} (m)	P _I (E _L -P _H)
隅 角	57	199.97	198.05	1.92
	58	200.09	198.05	2.04
	59	202.88	198.05	4.83
	60	194.78	198.05	-3.27
	61	201.62	197.96	3.66
下 面 中 央	62	240.05	197.09	42.96
	63	235.31	197.27	38.04
	64	230.18	197.42	32.76
	65	223.58	197.51	26.07
	66	219.47	197.60	21.87
	67	214.19	197.66	16.53
	68	210.08	197.69	12.39
	69	205.25	197.72	7.53
	70	206.15	197.75	8.40
	71	206.54	197.75	8.79
	72	205.67	197.75	7.92
	73	205.40	197.75	7.65
	74	203.66	197.75	5.91
	75	202.61	197.75	4.86
	76	202.70	197.75	4.95
	77	201.71	197.75	3.96
	78	200.81	197.75	3.06
	79	200.33	197.75	2.58
	80	199.91	197.75	2.16

測 線	ピ エ ソ 管	ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭
		PH(m)	P _{EL} (m)	P _I (E _L -P _H)
開 水 路	81	196.85	197.21	-0.36
	82	196.76	197.21	-0.45
	83	196.76	197.21	-0.45
	84	196.40	197.18	-0.78
	85	196.58	197.18	-0.60
	86	196.91	197.12	-0.21
	87	196.91	197.03	-0.12
	88	196.91	196.91	0.00
	89	196.85	196.76	0.09
	90	196.88	196.58	0.30
	91	196.70	196.40	0.30
	92	196.25	196.19	0.06
	93	195.65	195.92	-0.27
	94	195.44	195.65	-0.21
	95	195.29	195.35	-0.06
	96	194.96	195.02	-0.06
	97		194.69	
	98	194.39	194.30	0.09
	99	193.73	193.91	-0.18
	100	193.64	193.46	0.18
	101	193.07	193.01	0.06
	102	192.65	192.53	0.12

表-9e 放流管圧力測定結果(絞り有)

開度	断面積	貯水位	放水量
全開	$A (m^2)$	EL(m)	$Q (m^3/s)$
	19.392	254.6	627.0

測線	ピエゾ No	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭
		PH(m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
上 面 中 央	1	230.66	203.00	27.66
	2	230.42	202.82	27.60
	3	226.52	202.67	23.85
	4	221.48	202.58	18.90
	5	216.74	202.49	14.25
	6	213.26	202.43	10.83
	7	209.33	202.40	6.93
	8	206.12	202.37	3.75
	9	205.19	202.37	2.82
	10	205.85	202.34	3.51
	11	206.06	202.34	3.72
	12	206.66	202.34	4.32
	13	206.81	202.34	4.47
	14	203.66	202.34	1.32
上 面 隅 角	15	230.24	202.85	27.39
	16	228.17	202.64	25.53
	17	223.82	202.49	21.33
	18	219.65	202.37	17.28
	19	215.15	202.28	12.87
	20	210.50	202.22	8.28
	21	206.93	202.16	4.77
	22	203.48	202.10	1.38
	23	201.05	202.07	-1.02
	24	200.45	202.07	-1.62
	25	205.49	202.07	3.42
	26	206.30	202.07	4.23
	27	206.24	202.07	4.17
	28	204.44	202.07	2.37

測線	ピエゾ No	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭
		PH(m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
側 面	29	227.99	200.06	27.93
	30	229.28	200.06	29.22
	31	224.81	200.06	24.75
	32	221.36	200.06	21.30
	33	217.19	200.06	17.13
	34	212.21	200.06	12.15
	35	209.36	200.06	9.30
	36	205.97	200.06	5.91
	37	205.82	200.06	5.76
	38	205.43	200.06	5.37
	39	205.61	200.06	5.55
	40	205.58	200.06	5.52
	41	204.44	200.00	4.44
	42	202.52	200.00	2.52
下 面 隅 角	43	198.80	200.00	-1.20
	44	200.81	200.00	0.81
	45	227.60	197.45	30.15
	46	226.22	197.60	28.62
	47	223.19	197.72	25.47
	48	219.47	198.35	21.12
	49	214.64	197.78	16.86
	50	210.14	197.93	12.21
	51	206.45	197.99	8.46
	52	203.18	198.02	5.16
	53	200.51	198.02	2.49
	54	199.40	198.02	1.38
	55	204.68	198.05	6.63
	56	205.13	198.05	7.08

表-9f 放流管圧力測定結果(絞り有)

開度	断面積	貯水位	放水量
全開	A (m ²)	EL (m)	Q (m ³ /s)
	19.392	254.6	627.0

測 線	ピ エ ソ ノ 高	ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭
		PH (m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
隅 角	57	200.33	198.05	2.28
	58	200.30	198.05	2.25
	59	202.52	198.05	4.47
	60	196.19	198.05	-1.86
	61	201.44	197.96	3.48
下 面 中 央	62	234.32	197.09	37.23
	63	229.22	197.27	31.95
	64	225.23	197.42	27.81
	65	219.98	197.51	22.47
	66	215.96	197.60	18.36
	67	211.94	197.66	14.28
	68	208.37	197.69	10.68
	69	204.20	197.72	6.48
	70	205.04	197.75	7.29
	71	205.28	197.75	7.53
	72	204.44	197.75	6.69
	73	204.65	197.75	6.90
	74	203.12	197.75	5.37
	75	201.98	197.75	4.23
	76	202.22	197.75	4.47
	77	201.47	197.75	3.72
	78	200.75	197.75	3.00
	79	200.42	197.75	2.67
	80	199.97	197.75	2.22

測 線	ピ エ ソ ノ 高	ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭
		PH (m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
開 水 路	81	197.15	197.21	-0.06
	82	196.97	197.21	-0.24
	83	196.94	197.21	-0.27
	84	196.82	197.18	-0.36
	85	196.73	197.18	-0.45
	86	196.97	197.12	-0.15
	87	197.30	197.03	0.27
	88	197.18	196.91	0.27
	89	197.06	196.76	0.30
	90	197.03	196.58	0.45
	91	196.97	196.40	0.57
	92	196.49	196.19	0.30
	93	195.41	195.92	-0.51
	94	195.50	195.65	-0.15
	95	195.86	195.35	0.51
	96	195.17	195.02	0.15
	97		194.69	
	98	194.78	194.30	0.48
	99	194.00	193.91	0.09
	100	193.94	193.46	0.48
	101	193.37	193.01	0.36
	102	192.92	192.53	0.39

表-9g 放流管圧力測定結果(絞り有)

開度	断面積	貯水位	放水量
m	A (m ²)	EL (m)	Q (m ³ /s)
4.35	—	268.3	649.2

測 線	ピ エ ソ ノ 高	ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭
		PH (m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
上 面 中 央	1	242.06	203.00	39.06
	2	242.54	202.82	39.72
	3	238.07	202.67	35.40
	4	232.22	202.58	29.64
	5	227.63	202.49	25.14
	6	223.85	202.43	21.42
	7	219.98	202.40	17.58
	8	216.53	202.37	14.16
	9	215.27	202.37	12.90
	10	216.23	202.34	13.89
	11	216.50	202.34	14.16
	12	217.64	202.34	15.30
	13	219.05	202.34	16.71
	14	219.20	202.34	16.86
上 面 隅 角	15	242.21	202.85	39.36
	16	239.75	202.64	37.11
	17	234.83	202.49	32.34
	18	230.15	202.37	27.78
	19	225.80	202.28	23.52
	20	220.85	202.22	18.63
	21	217.16	202.16	15.00
	22	213.56	202.10	11.46
	23	211.40	202.07	9.33
	24	210.59	202.07	8.52
	25	216.20	202.07	14.13
	26	217.19	202.07	15.12
	27	218.21	202.07	16.14
	28	217.37	202.07	15.30

測 線	ピ エ ソ ノ 高	ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭
		PH (m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
側 面	29	239.21	200.06	39.15
	30	240.44	200.06	40.38
	31	237.17	200.06	37.11
	32	233.00	200.06	32.94
	33	228.29	200.06	28.23
	34	223.70	200.06	23.64
	35	220.19	200.06	20.13
	36	216.20	200.06	16.14
	37	216.86	200.06	16.80
	38	216.47	200.06	16.41
	39	215.57	200.06	15.51
	40	216.26	200.06	16.20
	41	214.76	200.00	14.76
	42	211.76	200.00	11.76
下 面 隅 角	43	201.83	200.00	1.83
	44	208.10	200.00	8.10
	45	239.30	197.45	41.85
	46	239.06	197.60	41.46
	47	235.94	197.72	38.22
	48	231.68	198.35	33.33
	49	226.76	197.78	28.98
	50	221.99	197.93	24.06
	51	219.08	197.99	21.09
	52	214.25	198.02	16.23
	53	211.58	198.02	13.56
	54	209.96	198.02	11.94
	55	215.93	198.05	17.88
	56	215.96	198.05	17.91

表-9h 放流管圧力測定結果(校り有)

開度	断面積	貯水位	放水量
m	A (m ²)	EL (m)	Q (m ³ /s)
4.35	—	268.3	649.2

測 線	ピ エ ソ ノ 高	ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭
		PH (m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
隅 角	57	209.66	198.05	11.61
	58	208.55	198.05	10.50
	59	209.33	198.05	11.28
	60	199.46	198.05	1.41
	61	208.16	197.96	10.20
下 面 中 央	62	246.80	197.09	49.71
	63	241.79	197.27	44.52
	64	237.38	197.42	39.96
	65	231.68	197.51	34.17
	66	228.20	197.60	30.60
	67	223.40	197.66	25.74
	68	219.56	197.69	21.87
	69	215.21	197.72	17.49
	70	215.96	197.75	18.21
	71	216.32	197.75	18.57
	72	214.91	197.75	17.16
	73	215.51	197.75	17.76
	74	212.66	197.75	14.91
	75	210.62	197.75	12.87
	76	205.37	197.75	7.62
	77	206.30	197.75	8.55
	78	204.11	197.75	6.36
	79	202.64	197.75	4.89
	80	201.41	197.75	3.66

測 線	ピ エ ソ ノ 高	ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭
		PH (m)	P _{EL} (m)	P ₁ (E _L -P _H)
開 水 路	81	197.24	197.21	0.03
	82	197.30	197.21	0.09
	83	197.21	197.21	0.00
	84	197.27	197.18	0.09
	85	197.39	197.18	0.21
	86	197.33	197.12	0.21
	87	197.30	197.03	0.27
	88	197.75	196.91	0.84
	89	197.45	196.76	0.69
	90	197.87	196.58	1.29
	91	198.02	196.40	1.62
	92	196.61	196.19	0.42
	93	194.06	195.92	-1.86
	94	194.27	195.65	-1.38
	95	194.51	195.35	-0.84
	96	194.54	195.02	-0.48
	97		194.69	
	98	194.36	194.30	0.06
	99	193.31	193.91	-0.60
	100	193.55	193.46	0.09
	101	193.16	193.01	0.15
	102	192.77	192.53	0.24

表-10a 放流管のゲート開度毎の貯水位-放流量測定結果(校り無)

全 開				4.0 m				3.5 m			
EL.m	H	Q	C	EL.m	H	Q	C	EL.m	H	Q	C
274.07	76.32	769.17	0.966	247.07	76.32	574.78	0.732	272.54	74.79	452.23	0.582
267.47	69.72	732.03	0.975	266.06	68.31	541.55	0.729	262.28	64.53	419.40	0.581
259.22	61.47	686.78	0.975	259.67	61.92	512.47	0.725	258.68	60.93	404.32	0.576
251.78	54.03	638.17	0.966	252.68	54.93	482.20	0.724	252.26	54.51	382.53	0.576
244.25	46.50	588.88	0.961	248.81	51.06	462.49	0.720	245.27	47.52	355.22	0.573
237.20	39.45	539.09	0.955	242.48	44.73	431.82	0.718	239.21	41.46	328.99	0.568
230.18	32.43	483.29	0.944	235.46	37.71	394.16	0.714	234.44	36.69	307.60	0.565
224.54	26.79	432.91	0.931	229.37	31.62	358.28	0.709	229.46	31.71	284.53	0.562
219.20	21.45	380.46	0.914	224.72	26.97	326.83	0.700	224.57	26.82	259.29	0.557
215.12	17.37	332.45	0.887	220.07	22.32	291.04	0.685	220.64	22.89	239.38	0.557
209.33	11.58	252.49	0.826	215.00	17.25	251.80	0.675	216.56	18.81	213.35	0.547
207.62	9.87	221.24	0.783	212.15	14.40	224.00	0.657	211.85	14.10	179.53	0.532
				208.64	10.89	184.36	0.622				

表-10b 放流管のゲート開度毎の貯水位-放流量測定結果(校り無)

3.0 m				2.5 m				2.0 m			
EL.m	H	Q	C	EL.m	H	Q	C	EL.m	H	Q	C
272.48	74.73	373.06	0.480	274.58	76.83	304.84	0.387	272.00	74.25	240.07	0.310
263.66	65.91	348.91	0.478	267.29	69.54	289.85	0.387	262.28	64.53	223.31	0.309
255.53	57.78	325.15	0.476	258.44	60.69	269.25	0.385	251.84	54.09	203.88	0.308
250.13	52.38	308.19	0.474	246.44	48.69	242.73	0.387	239.51	41.76	178.25	0.307
241.73	43.98	280.29	0.470	238.76	41.01	221.93	0.386	228.74	30.99	152.72	0.305
232.25	34.50	248.55	0.471	231.32	33.57	199.94	0.384	221.90	24.15	133.69	0.303
226.16	28.41	224.00	0.468	223.31	25.56	174.50	0.384	215.69	17.94	113.67	0.299
221.66	23.91	204.18	0.465	218.15	20.40	151.73	0.374	210.65	12.90	94.15	0.292
217.16	19.41	180.62	0.456	212.84	15.09	126.29	0.362	209.00	11.25	87.65	0.291
212.69	14.94	155.87	0.449	208.22	10.47	102.14	0.351				
208.88	11.13	129.35	0.431								

表-10c 放流管のゲート開度毎の貯水位-放流量測定結果(校り無)

1.5 m				1.0 m				0.5 m			
EL.m	H	Q	C	EL.m	H	Q	C	EL.m	H	Q	C
269.81	72.06	182.00	0.239	271.52	73.73	126.69	0.164	269.42	71.67	60.14	0.079
257.84	60.09	165.34	0.237	262.70	64.95	118.80	0.164	257.66	59.91	54.52	0.078
249.98	52.23	154.29	0.238	258.71	60.96	114.96	0.164	254.18	56.43	52.75	0.078
244.73	46.98	145.81	0.237	254.30	56.55	110.82	0.164	245.78	48.03	49.00	0.079
235.43	37.68	129.65	0.235	250.13	52.38	106.87	0.164	238.97	41.22	45.06	0.078
229.01	31.26	118.60	0.236	245.66	47.91	101.65	0.163	232.79	35.04	41.70	0.078
223.67	25.92	109.19	0.239	240.65	42.90	96.22	0.163	225.89	28.14	37.37	0.078
221.18	23.43	101.45	0.233	235.34	37.59	89.82	0.163	220.67	22.92	33.52	0.078
216.56	18.81	90.11	0.231	229.46	31.71	82.22	0.162	215.63	17.88	29.58	0.078
213.17	15.42	81.44	0.231	223.97	26.22	75.32	0.164	212.36	14.61	26.62	0.077
211.10	13.35	75.13	0.229	219.11	21.36	67.34	0.162	209.93	12.18	24.65	0.079
209.66	11.91	70.39	0.227	214.76	17.01	60.04	0.162				
				210.26	12.56	51.17	0.161				

表－11 越流部抽出貯水位－放流量測定結果

Case 1	No.	EL. m	H m	Q1 m ³ /s	Q1x19m ³ /s	C
	1	269.030	3.030	151.26	2873.94	2.124
	2	268.864	2.864	138.11	2624.09	2.111
	3	268.700	2.700	124.96	2374.24	2.086
	4	268.502	2.502	110.38	2097.22	2.066
	5	268.312	2.312	96.25	1828.75	2.028
	6	268.136	2.136	83.73	1590.87	1.987
	7	267.938	1.938	71.20	1352.80	1.955
	8	267.732	1.732	58.86	1118.34	1.913
	9	267.496	1.496	46.16	877.04	1.869
	10	267.244	1.244	33.81	642.39	1.805
	11	266.950	0.950	21.56	409.64	1.725
	12	266.586	0.586	9.48	180.12	1.566

Case 2	No.	EL. m	H m	Q1 m ³ /s	Q1x19m ³ /s	C
	1	269.040	3.040	142.05	2698.95	1.985
	2	268.872	2.872	128.99	2450.81	1.963
	3	268.720	2.720	117.72	2236.68	1.944
	4	268.538	2.538	105.01	1995.19	1.924
	5	268.360	2.360	91.78	1743.82	1.875
	6	268.176	2.176	80.24	1524.56	1.852
	7	267.972	1.972	67.80	1288.20	1.814
	8	267.756	1.756	55.64	1057.16	1.771
	9	267.552	1.522	43.65	829.35	1.722
	10	267.232	1.232	30.95	588.05	1.677
	11	266.918	0.918	19.14	363.66	1.612
	12	266.490	0.490	6.98	132.62	1.507

Case 3	No.	EL. m	H m	Q1 m ³ /s	Q1x19m ³ /s	C
	1	269.050	3.050	146.52	2783.88	2.038
	2	268.898	2.898	134.89	2562.91	2.025
	3	268.738	2.738	121.47	2307.93	1.986
	4	268.538	2.538	108.23	2056.37	1.983
	5	268.372	2.372	96.43	1832.17	1.955
	6	268.180	2.180	82.65	1570.35	1.902
	7	267.964	1.964	70.13	1332.47	1.887
	8	267.740	1.740	57.07	1084.33	1.842
	9	267.500	1.500	44.37	843.03	1.789
	10	267.240	1.240	32.38	615.22	1.737
	11	266.924	0.924	19.95	379.05	1.664
	12	266.486	0.486	7.25	135.75	1.584

第 3 章 洪水吐き比較設計案

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

第3章 洪水吐き比較設計案

ここでは前述のように、全面越流型洪水吐き案に対するダム軸が地質の再調査で変更される見通しが強くなったため、中央正面越流型の洪水吐き案について比較検討を加えたものである。

この段階では新しいダム軸決定までには至らないため、原案と同位置のダム軸に対し中央正面越流型洪水吐き案を設計した。ダム計画における洪水調節計画および貯水池計画には変更がないので洪水吐きの設計条計は原案と全く同様である。

比較設計案における洪水吐きの配置は現況の下流河道の掘削限界幅が50 m程度であることから、洪水吐きの総越流幅(B)もそれに合せ $B=50\text{ m}$ と決定した。

また、洪水調節の主放流設備である放流管2条案は変更しないものとする、クレストゲートで $2,000\text{ m}^3/\text{sec}$ の放流能力が必要となり、 $B=50\text{ m}$ の制限があるので非洪水期の洪水処理はクレストに持たせることとした。

したがって、クレスト敷高は常時満水位E.L. 255.0 mに合わせ、下段放流管が2条であるのでクレスト門数は3門とする。ここで、クレストの必要幅の概略値は $B=Q/CH^{3/2}$ から、 $Q=2,000\text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $H=268.7-255=13.7\text{ m}$ 、 $C=2.0$ を代入すると $B=19.7\text{ m}$ である。そこで、1門当りの越流幅としてはBに近い整数幅6.0 mとし、不足分については放流管に持たせることとした。

以上の検討内容を踏まえて洪水吐きの比較設計案形状を決定した。

第1節 比較設計案形状

1.1 越流部形状

越流部の設計条件はつぎに示すとおりである。

- 1) 越流頂敷高は E L. 255.0 m とする。
- 2) 1 門当りの越流幅は 6.0 m とし、ピア幅は 3.0 m とする。
- 3) 越流頂は標準越流頂形状(ランドルフ曲線)を採用する。

ランドルフ曲線は次式で表わされ

$$\frac{Y}{H_d} = 0.53 \left(\frac{X}{H_d} \right)^{1.8} \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 H_d は設計水頭で $H_d = 268.7 - 255.0 = 13.7 \text{ m}$

$$\therefore Y = \frac{0.53}{13.7^{0.8}} X^{1.8} = 0.0652979 \approx 0.0653 X^{1.8} \dots\dots\dots (8)$$

また、上流面形状は

$$r_1 = 0.5 H_d = 6.85 \text{ m}$$

$$r_2 = 0.2 H_d = 2.74 \text{ m}$$

$$W = 0.287 H_d = 3.9319 \approx 3.932 \text{ m}$$

$$E = 0.131 H_d = 1.7947 \approx 1.795 \text{ m}$$

$$L_u = 0.18 H_d = 2.466 \text{ m}$$

(7)式で与えられる越流頂の下流面曲線は H_d の約 $\frac{1}{2}$ の $X = 7 \text{ m}$ までとし、この点と堤体下流面勾配 1 : 0.8 との接続は円弧とする。

(8)式の1次微分式に $X = 7$ を代入して得られる $\frac{dy}{dx} = 0.557526$ の接線勾配は $\tan^{-1} 0.557526 = 29.1408^\circ$ であり、この勾配線が Y 軸を切る点は $Y = \tan 29.1408^\circ \times 7 - 2.168 \approx 1.735$ であるから(8)式の $X = 7$ 地点の接線式は

$$Y = -0.557526 X + 1.735 \dots\dots\dots ①$$

しかるに、 $W = 3.932$ の越流頂を原点とした堤体下流面式は

$$Y = -1.25 X + 1.0085 \dots\dots\dots ②$$

①式および②式の交点座標は②-①から $X \approx 1.2058$ 、 $Y \approx 4.988$ であり、三角法から2直線の交角は $\theta = 22.199^\circ$ となるので、円弧を挿入する内角は $180 - 22.199 = 157.800^\circ$ である。この内角の2等分線上に求める円弧の中心があり、挿入円弧を求めると $R = 29.518 \text{ m}$ となる。

また、越流部のゲートをラジアルゲートとし、ゲートピン標高を E L. 260.000 m、ゲート半径 $R = 12.0 \text{ m}$ 、ゲートの越流面との接点標高を E L. 254.70 m とするとダム軸からゲートピンまでの水平距離は 17.031 m である。

以上により求めた越流部形状は図-51および図-53に示すとおりである。

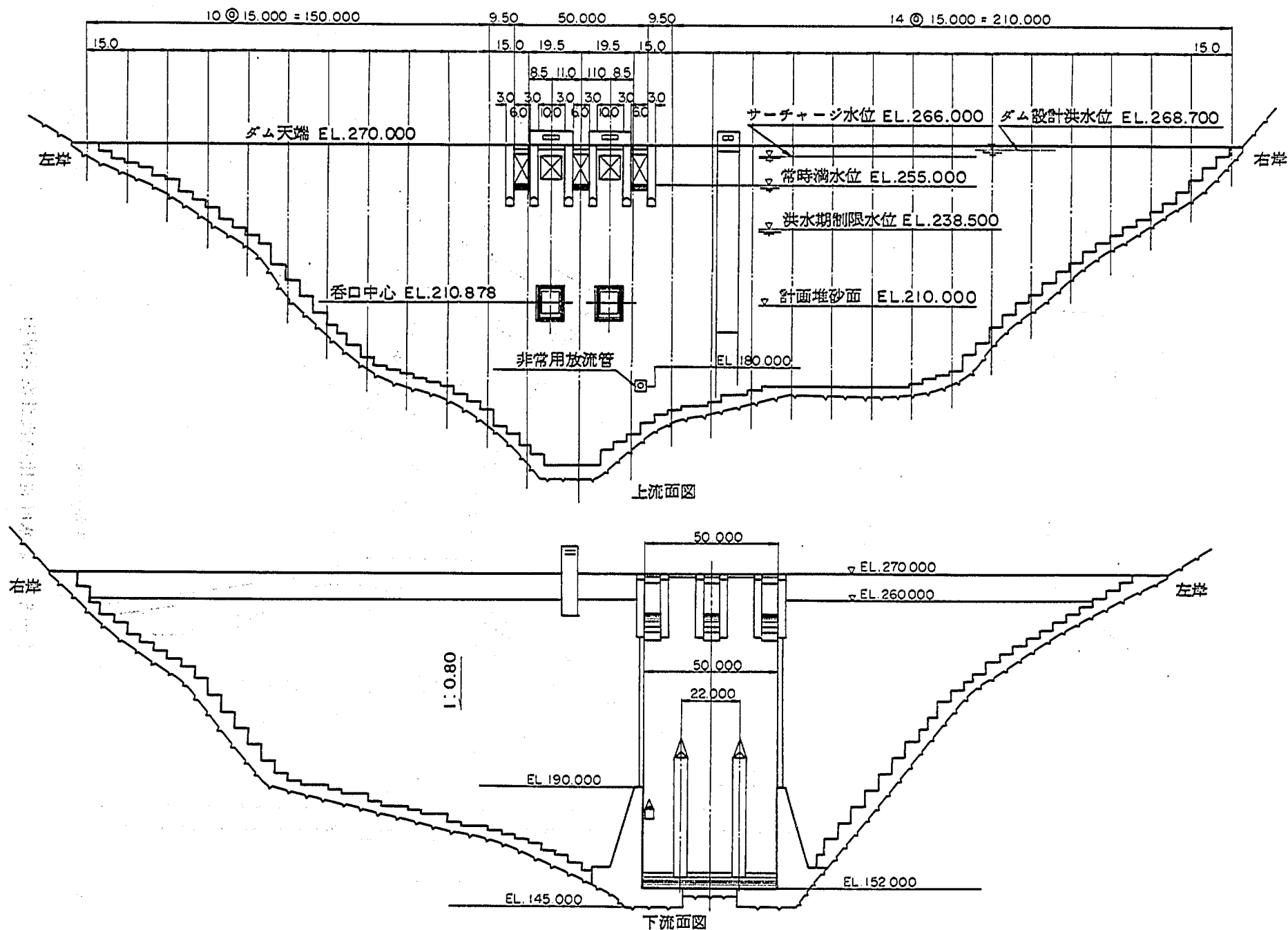
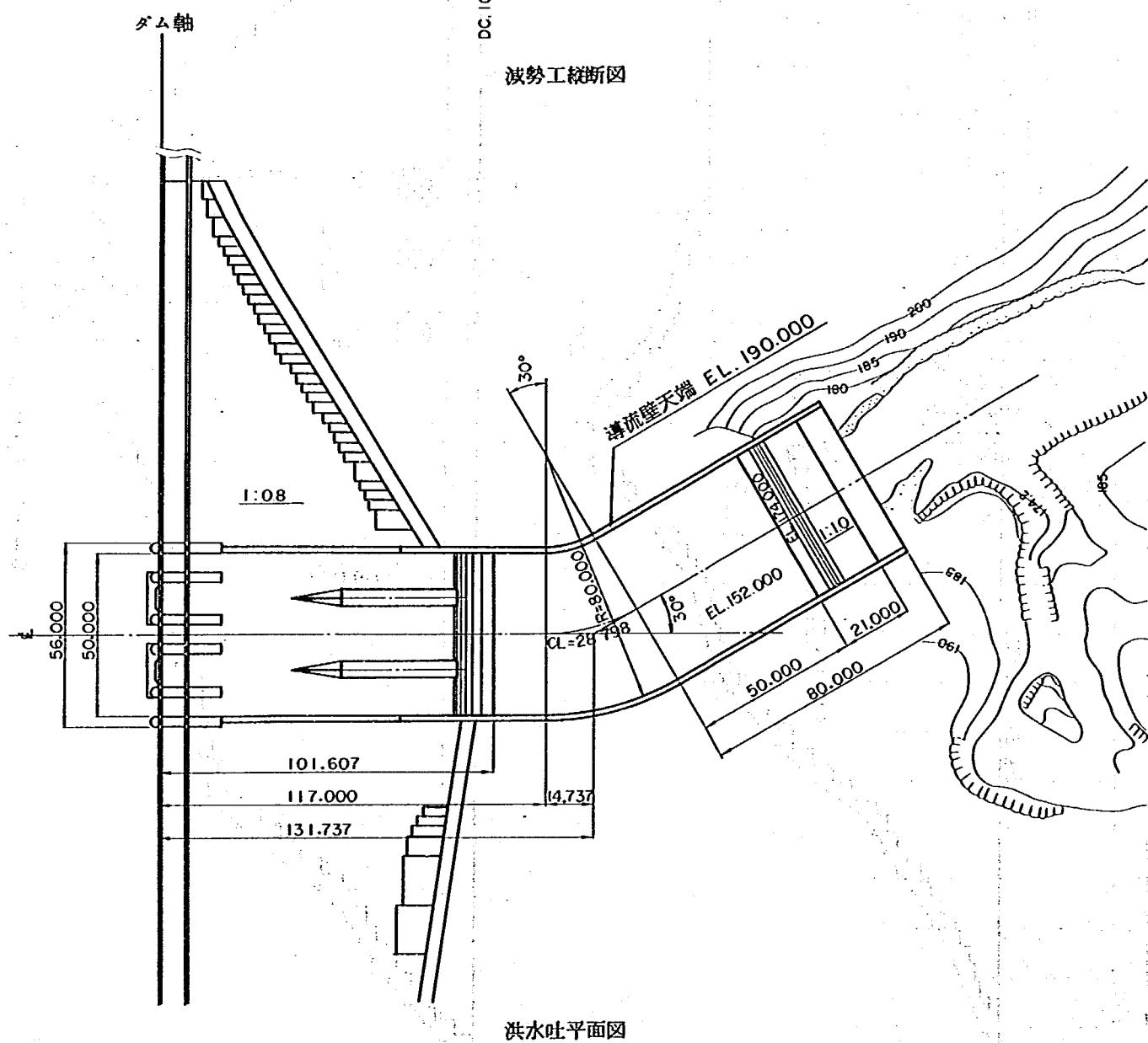
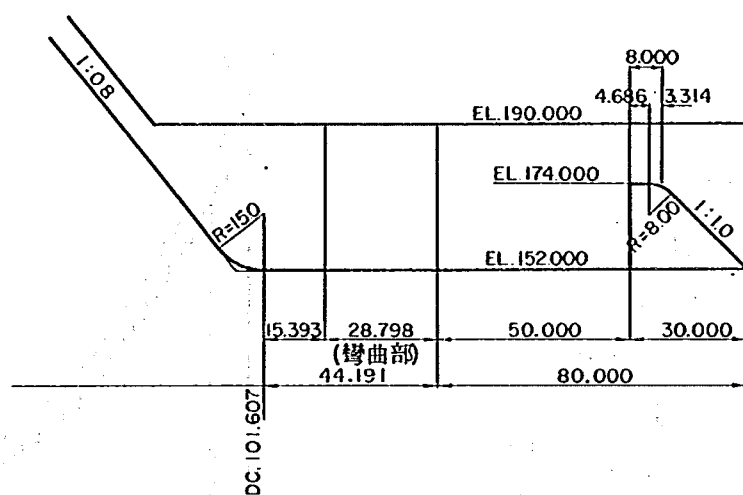


図-51 洪水吐き比較設計案上下流面図



圖一 52 洪水吐き比較設計案平面図

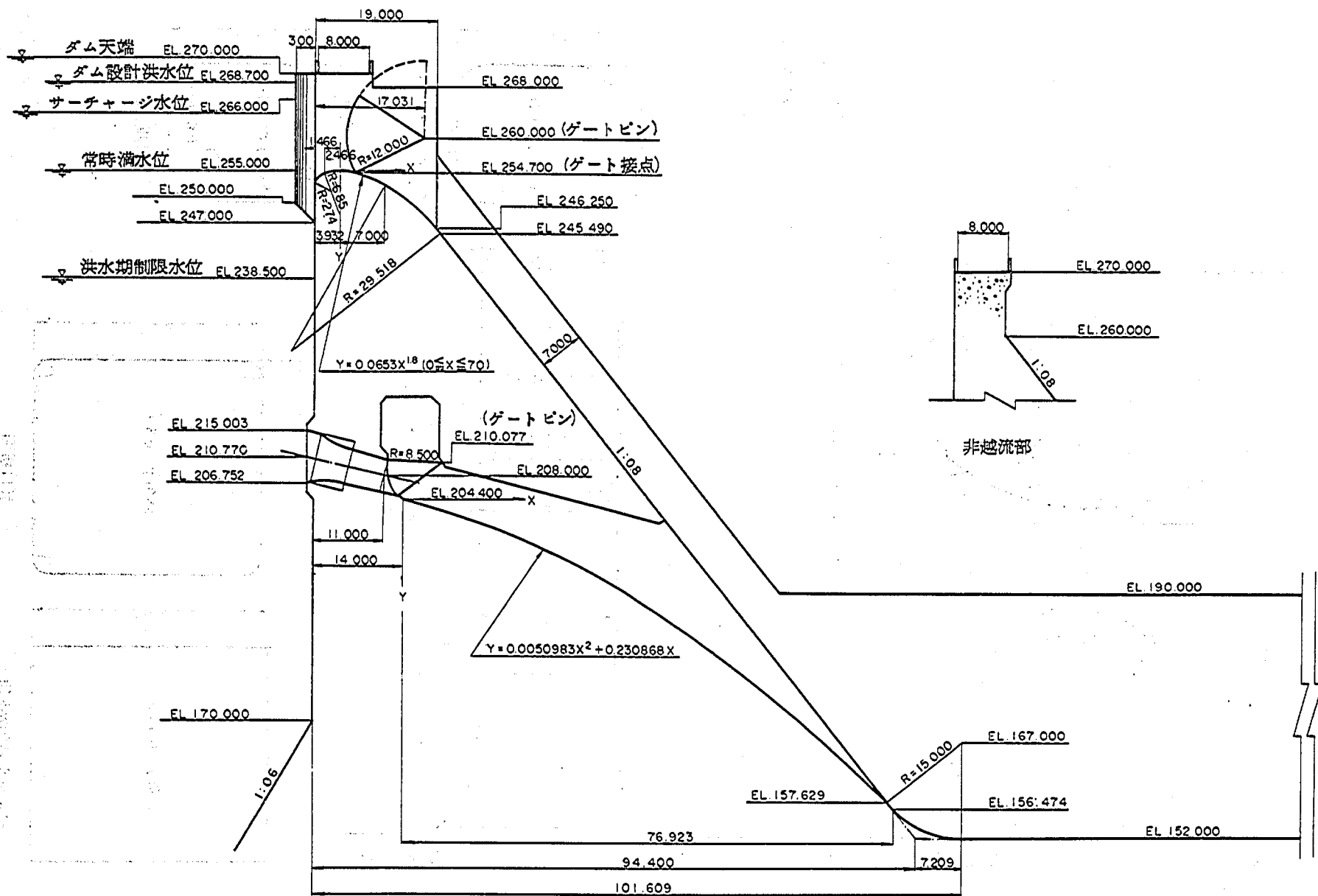


図-53 洪水吐き比較設計案縦断面図

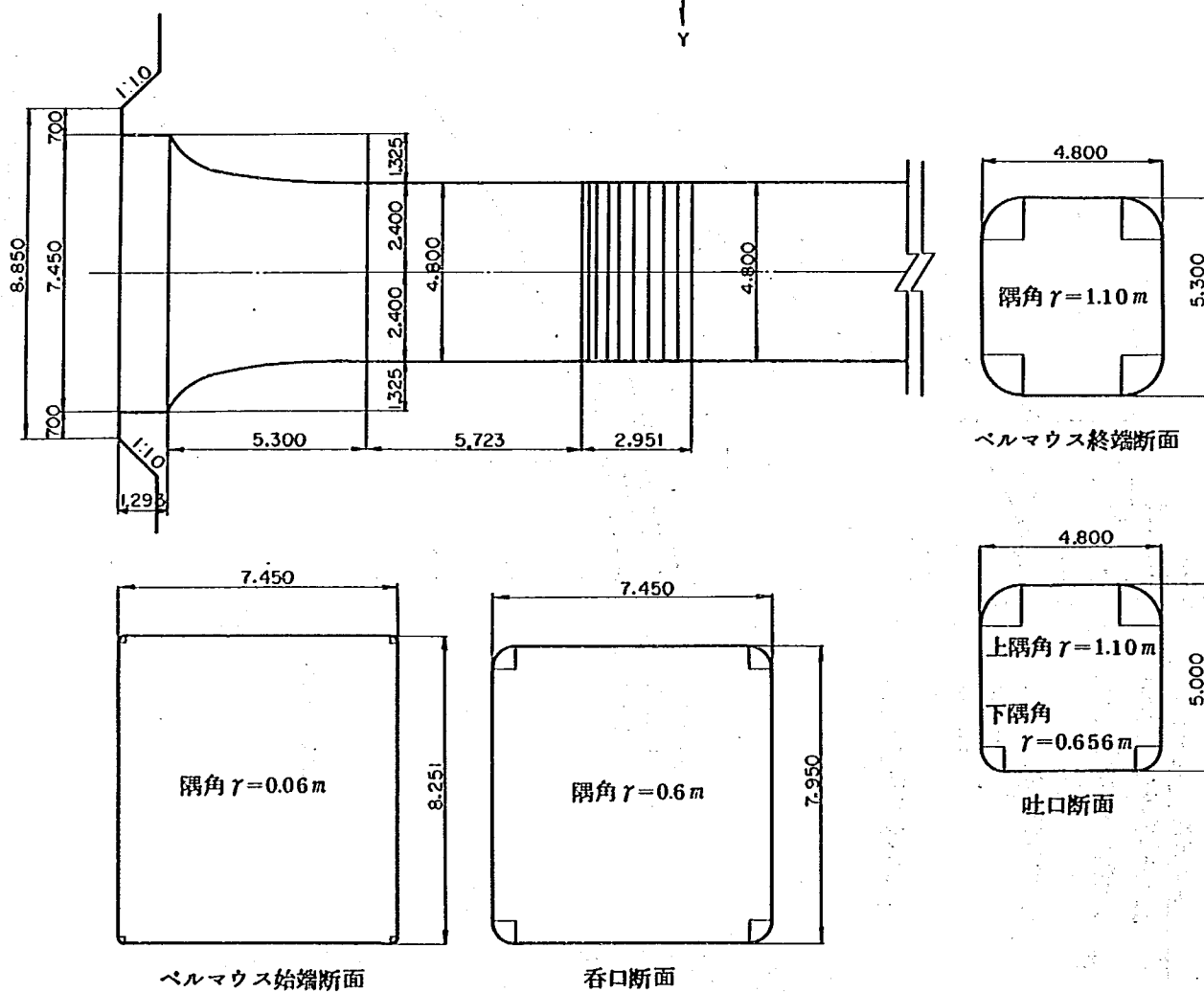
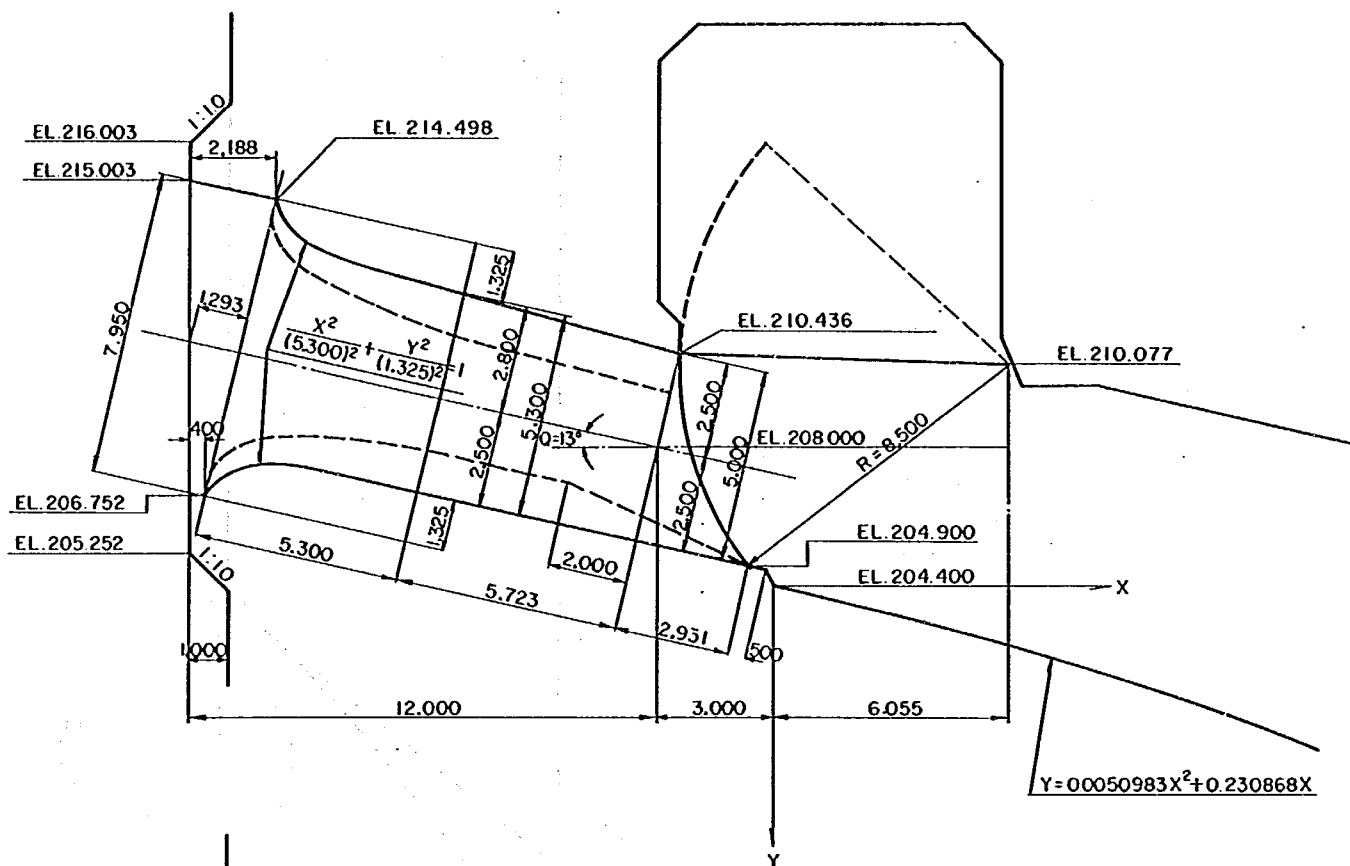


図-54 放流管比較設計案縦断面図

1.2. 放 流 管

本設計における放流管はつぎの条件で設計したものである。

- 1) 放流管の出口中心標高は計画堆砂位 E L . 2 1 0.0 m および設計水頭を 6 0 m 程度を考慮して E L . 2 0 8.0 m 付近とする。この 6 0 m 程度とするのは既往設計で 6 0 m 以上の放流量が多い高圧管路ではゲートの水密が圧着方式となり、下流開水路が拡幅断面になること等からゲート操作および水理的にも好ましくないためである。
- 2) 放流能力は制限水位 E L . 2 3 8.5 0 m で 1 条当り 5 0 0 m³/sec 以上とし、条数は 2 条とする。

以上から、放流管吐口の必要断面は(1)式に $Q = 500 \text{ m}^3/\text{sec}$, $C = 0.9$, $H = 30.5 \text{ m}$ を代入して $A = 22.722 \text{ m}^2$ が得られる。この A に近似した断面形として幅 4.8 m × 高さ 5.0 × 0.96 (隅取絞り率) = 23.04 とした。

したがって、ゲート 1 門当りの設計荷重は $23.04 \times Hd = 23.04 \times 60.7 \div 1,400 \text{ ton/門}$ である。

次にベルマウス終端での負圧をさけるには次式が成立すればよいから

$$\left(\frac{A_o}{A_n}\right)^2 \leq \frac{1 + K_e + \frac{\lambda L}{4R}}{C_{d \max}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここに、 A_o は放流管吐口の断面積 ($A_o = 23.04 \text{ m}^2$)

A_n はベルマウス終端断面積 (m^2)

K_e は放流管の吞口損失係数 (1/4 ベルマウス形状で K_e は 0.04)

λ は管路での摩擦抵抗係数 ($\lambda = 0.012$)

L は直管部の延長 (= 7.0 m)

R は直管部の径深 (= 1.642)

$C_{d \max}$ は圧力降下係数の最大値 (1/4 ベルマウス方形で = 1.16)

これらの諸値を(9)式に代入して A_n を求めると $A_n = 24.206 \text{ m}^2$ であり、ここでの隅取率は 0.96 で割ると $A_n = 25.246 \text{ m}^2$ が得られる。しかるに幅は 4.8 m であるから高さ $D = 25.246 / 4.8 \div 5.3 \text{ m}$ 以上であれば負圧が発生しない。

さらに、放流管からの自由落下軌道が堤体下流面に接するための放流管の傾斜角は次式によって求まる。

$$A \tan^3 \theta + B \tan^2 \theta + C \tan \theta + D = 0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

ただし、

$$A = \ell (1 - C^2) \quad \dots\dots\dots (10.1)$$

$$B = h_1 + t - C^2 (h_0 + t) + \frac{\ell (2C^2 - 1) + d + e}{m} \quad \dots\dots\dots (10.2)$$

$$C = \ell + \frac{2 C^2 (h_o + t)}{m} - \frac{C^2 \ell}{m^2} \dots\dots\dots (10.3)$$

$$D = h_1 + t - \frac{\ell - d - e}{m} - \frac{C^2 (h_o + t)}{m^2} \dots\dots\dots (10.4)$$

ここに、 C は流量係数($=0.9$)、 ℓ は管路の水平長さ($\ell=12.0\text{ m}$)、 e はコースターゲットのリセス幅($e=1.0\text{ m}$)、 m は堤体下流面勾配($m=0.8$)、 h_1 は呑口中心からダム天端高までの標高差($270-210=60\text{ m}$)、 t は放流管吐口の中心標高から管底面までの鉛直高($=2.5\text{ m}$)、 h_o は呑口中心標高から設計水位までの標高差($268.7-210=58.7\text{ m}$)、 d は堤体上流面からダムの基本三角形の頂点までの水平距離($d=0$)

これらの数値を(10)～(10.4)式に入れたトライアル計算を行った結果 $\tan \theta = 1.3^\circ$ が得られた。

この傾き 1.3° で放流管の呑口形状をベルマウスとした場合は、上下面および側面のベルマウス形状が非対称となり製作および施工的に複雑となるので、ここでは、呑口に長方形テーパのフード管により傾斜角を補正し、ベルマウスは管軸に対して4面とも対称形としベルマウス終端断面の高さ $D (=5.30\text{ m})$ を基準として、 $\frac{X^2}{(5.3)^2} + \frac{Y}{(1.325)^2} = 1$ の $1/4$ 楕円曲線を採用した。

これらのベルマウス形状および吐口中心標高を E.L. 208.00 m 、管路の水平長 $\ell = 12.0$ 、 $\theta = 1.3^\circ$ 等を与えて放流管形状を求めたのが図-54である。

また、主ゲートのラジアルゲートは下面接点標高を E.L. 204.90 m とし、ゲートピンと放流水脈およびゲートの流れ方向の下端接線角が 40° 以上を考慮してゲート半径は $R = 8.5\text{ m}$ とした。

したがって、ゲートピンの位置はゲート下端接点を原点とすれば下流方向の水平距離で $X = 6.742\text{ m}$ 、標高 E.L. 210.077 m である。

さらに、設計水頭が 60 m という高压放流管であるので吐口下面を段落ち形状として、この段落ち傾斜面に給気箱を取り付け、高速流れに連行される空気を補給するものとする。

この段落下端を原点 (D.O. 140 m , E.L. 204.40 m) とした下流開水路の下流面曲線については次の方法で与えた。放流管全開放流時の自由落下軌道は次式によって求まる。

$$Y = \frac{1 + \tan^2 \theta}{4 C^2 H} X^2 + \tan \theta X \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 C は設計水頭での流量係数($C = 0.95$ と仮定)

H は設計水頭($H = 268.7 - 208.0 = 60.7\text{ m}$)

$\tan \theta$ は 1.3° である。

したがって、 $Y = 0.0048068X^2 + 0.230868X$ が得られ、減勢工底面敷高を $EL. 152.0m$ とし、堤体面と減勢工の水平水叩きとのすりつけは $R = 15m$ のバケットカーブを挿入するものとし、バケットカーブよりかなり高い位置で堤体下流面と交差する結果となった。

そこで、原点からバケットカーブに接する放物線の設計曲線として次式を与え、

$$Y = Ax^2 + 0.230868X \dots\dots\dots ①$$

一方、原点を同じくしたバケットカーブの式は、

$$(X - 87.609)^2 + (Y - 37.4)^2 = 15^2 \dots\dots\dots ②$$

①、②両式より求まる放物線式は $Y = 0.0050983X^2 + 0.230868X$ であり、接点座標は $X = 76.923$ 、 $Y = 47.926$ である。

以上、求められた放流管および下流開水路の縦断面は図-53、54に示したとおりである。図には示していないが放流管の隅取半径は呑口断面で 0.5% 、ベルマウス終端断面で 4% を与えると前者が $R = 0.6m$ 、後者は $R = 1.1m$ であり、ベルマウス終端から吐口断面までは $R = 1.1m$ 一定とした。

1.3 減勢工

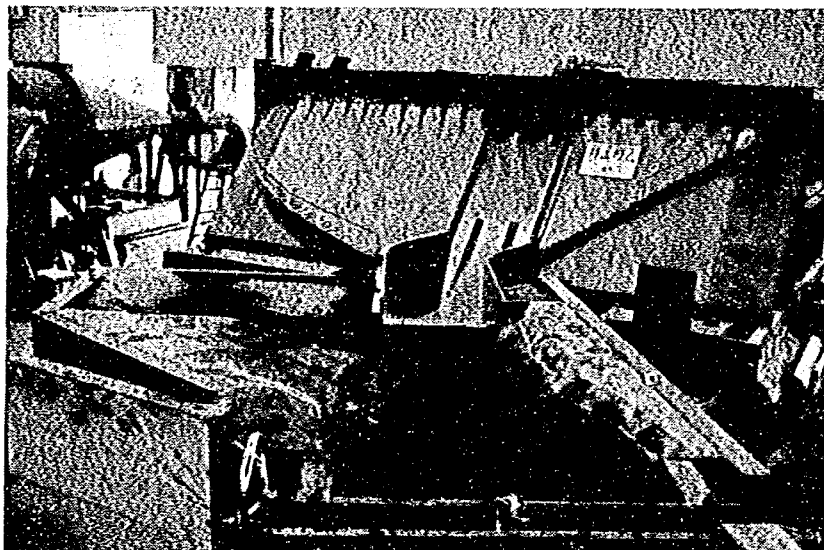
この比較設計案では洪水吐きの中心線は、原案と同じであるので、河道とのすりつけ屈折角度も 30° である。したがって、減勢工は平面湾曲形状の水平水叩き跳水型となり、原案での必要長 $L = 93m$ 程度を与えるには、 $DC. 117.0m$ の横断面を基線とし、右岸側導流壁の湾曲半径を $R = 80m$ 、中心角 30° ですりつけると、中心線上では $R = 55m$ $CL = 28.798m$ 、左岸側導流壁の内側で $R = 30m$ となる。また、湾曲後の直線水叩き長さは $50m$ とし、その位置に現河床高に合わせた高さ $22m$ の副ダムを設置した。

これらの詳細は図-52に示したとおりである。

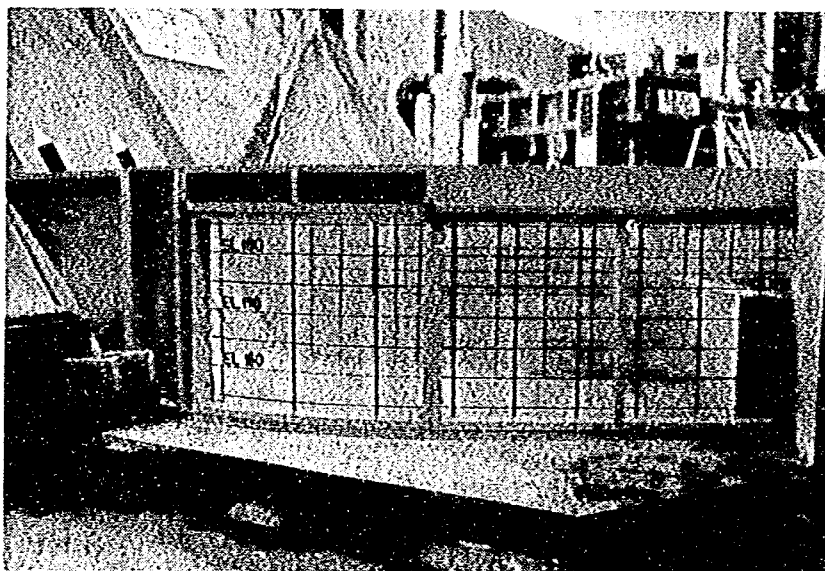
第2節 水理模型実験

前節で設計された洪水吐きの比較設計案形状は完成写真一35～37に示すように原案模型の中央越流部分を改造して製作した。したがって、模型縮率は $1/62.5$ であり、相似律は原案実験と全く同様である。

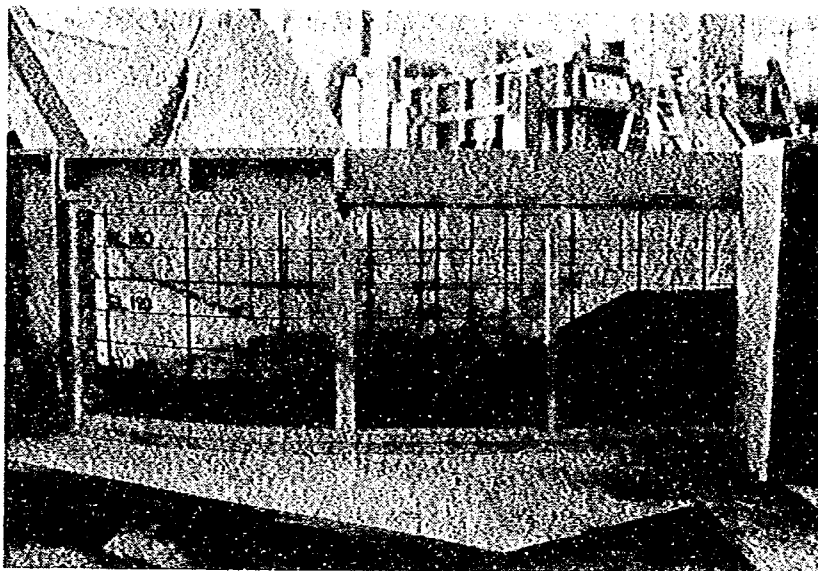
模型の右岸側導流壁は流況観察を容易にするため透明アクリル板で製作した。



写真一35
模型全影
正面越流型



写真一36
減勢工水平水叩き式



写真一 37
減勢工順傾斜式

2.1 実験内容

本実験は比較設計案での放流能力および流況の調査を主目的として実施したもので、その調査内容は次に示すとおりである。

- 1) 洪水吐きの放流能力および放流特性
- 2) 減勢工の流況および水面調査、この場合、水平水叩き敷高は E L. 152.0 m, E L. 160.0 m, E L. 165.0 m の 3 ケースとし、対象流量も $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$, $2,000 \text{ m}^3/\text{sec}$, $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ の 3 ケースについて実施する。また、水面形は原案と同様に左岸、中央、右岸の 3 測線で行っている。
- 3) 減勢方式を順傾斜跳水型とし、副ダムを取り除き $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $Q = 1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ の 2 ケース以上の実験は原案と同様に各放流量に対して下流水位を与えて実施している。

2.2 実験結果

2.2.1 放流能力および放流特性

洪水吐きの全門全開放流ならびに越流部 3 門の単独放流における貯水位と放流量の関係調査の結果は図-55 および表-11 に示すとおりである。

この結果、設計洪水水位 E L. 268.70 m での洪水吐き全体の放流量は $3,540 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり、ダム設計洪水流量 $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して約 18% 上廻った放流能力を有している。

同水位での越流部単独の放流量は $1,920 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、この時の流量係数は $C = 2.13$ であった。

制限水位 E L. 238.50 m における放流管 2 条の放流量は $1,060 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり、設計条件の $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して 6 % の余裕をもって条件を満足している。この時の流量係数は $C = 0.903$ である。

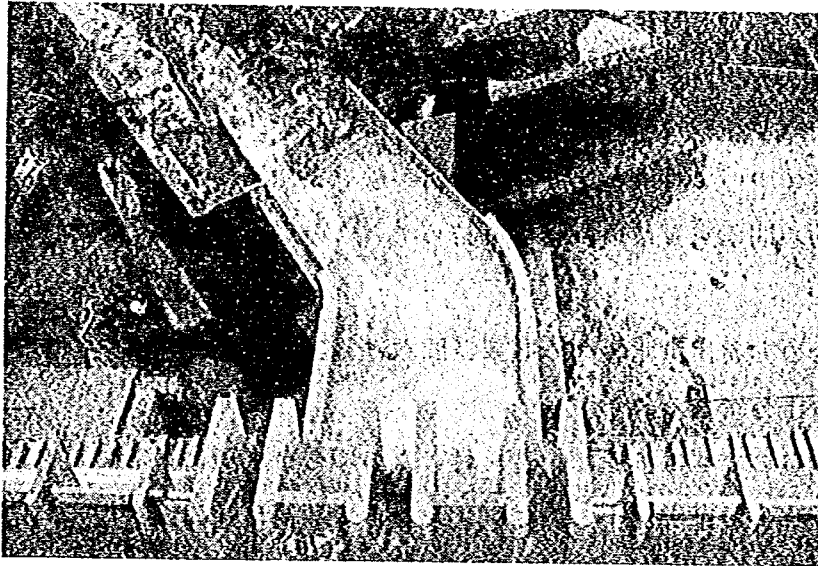
放流管はサーチャージ水位までは計画最大放流の $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 一定放流であり、この状態でダム設計洪水流量が流入した場合には設計洪水位に達したときの放流管の放流量は $1,023 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり、越流部 3 門の $1,920 \text{ m}^3/\text{sec}$ を合わせても $2,943 \text{ m}^3/\text{sec}$ であることから、ダム設計洪水流量 $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対しては約 2 % の不足となる。

2.2.2 減勢工の流況

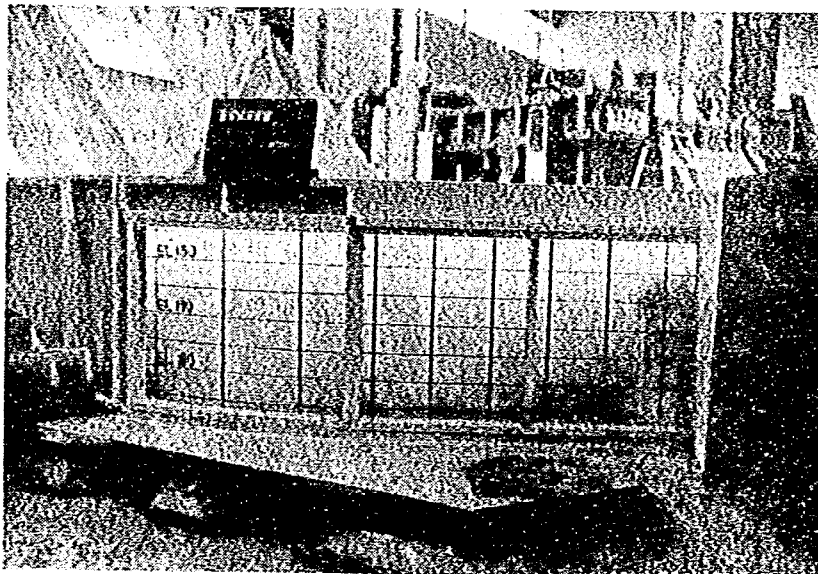
各放流条件に対する減勢工内の水面形測定ならびに流況の観察結果は図-56a～56b および表-12a～12b に水面形での結果、図-57a～57b に流況観察結果を図化した。

これらの結果からつぎのことが明らかになった。

- 1) 減勢工内の水面形の測定結果および流況写真-38～40 に示すように、ダム設計洪水流量 $3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 流入時の下流水位が十分高いため、減勢方式を変えても、流況および水面形はほとんど変化しない。すなわち、導流壁が湾曲形状であるため、いずれのケースでも右岸導流壁沿いの水面形が高くなっている。
- 2) 水叩き敷高を変えた場合には副ダム前面付近の水面形が最も均等高に早く回復するのは敷高 E L. 165.0 m のケースである。これは下流水深との関係で流入量に対する対応水深があり過ぎても正常跳水が得られずに、かえって水面変動を助長する働きとなるためである。
- 3) 右岸導流壁沿いの水面形が最も高くなるのは順傾斜式で副ダムが無い場合のケースで、その値は D C. 160 m の湾曲部より約 10 m 下流で均 E L. 193.5 m であり、次に高くなるのが水叩き敷高を E L. 152.0 m に設定したケースで、この場合は D C. 150 m 付近で約 E L. 193.3 m となっている。したがって、導流壁高は余裕を見て E L. 195.0 m が必要と思われる。
- 4) $2,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流時では、いずれのケースでも水面変動が穏やかで、水面形もほぼ均等高さであり、減勢工内は完全減勢状態である。



写真一 3 8
減勢工内の流況
 $B = 5.0 \text{ m}$
 $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
水平水叩き式



写真一 3 9
減勢状況
 $B = 5.0 \text{ m}$
 $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
水平水叩き式
副ダム高 2.2 m



写真一 4 0
減勢工内の流況
 $B = 5.0 \text{ m}$
 $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{sec}$
順傾斜式

2.3 ま と め

月山ダムの洪水吐きタイプとして全面越流型式およびその比較設計案としての中央正面越流型式での検討結果を整理し、合わせて両タイプでの問題点を挙げると下記のとおりである。しかし、比較設計案については各洪水吐きの抽出実験を実施していないのと、全面越流型式についても部分的な問題点を最終段階まで詰めていない点を考慮してのまとめである。

- 1) 全面越流型式とした場合の非常用洪水吐きの必要径間数は施工面を重視した簡単な越流頂形状としても17径間で十分である。
- 2) 全面越流型式の堤趾導流壁の高さは波返し構造を付けない場合は場所によって12m程度が必要である。また、左岸側堤趾導流部の末端フィレットの敷高は放流管出口に対する影響と合流時の減勢効果を高めるためにさらに低くする必要があると判断される。
- 3) 減勢工形状は原案の複合台形断面は地質的および水理的に問題があるので、自立型鉛直導流壁形状を推奨する。
- 4) 両タイプに共通な問題である減勢方式ならびに減勢工規模の決定には下流河床の将来予測、下流ダムの存続によって条件が大きく変り、特にここでは河床堆積が深いため経済性も大きな問題となり慎重な検討を要するものと思われる。しかし、これらを見做せるなら、地質条件を重視し、下流条件に左右される安定した跳水現象が得られる水平水叩き形式の副ダム付きとするのが最良と思われる。ただし、この場合水叩き敷高はE.L. 160.0 m～E.L. 165.0 mが最適である。
- 5) 比較設計案ではブロックジョイントと洪水吐きの配置をさらに十分検討を加える必要がある。

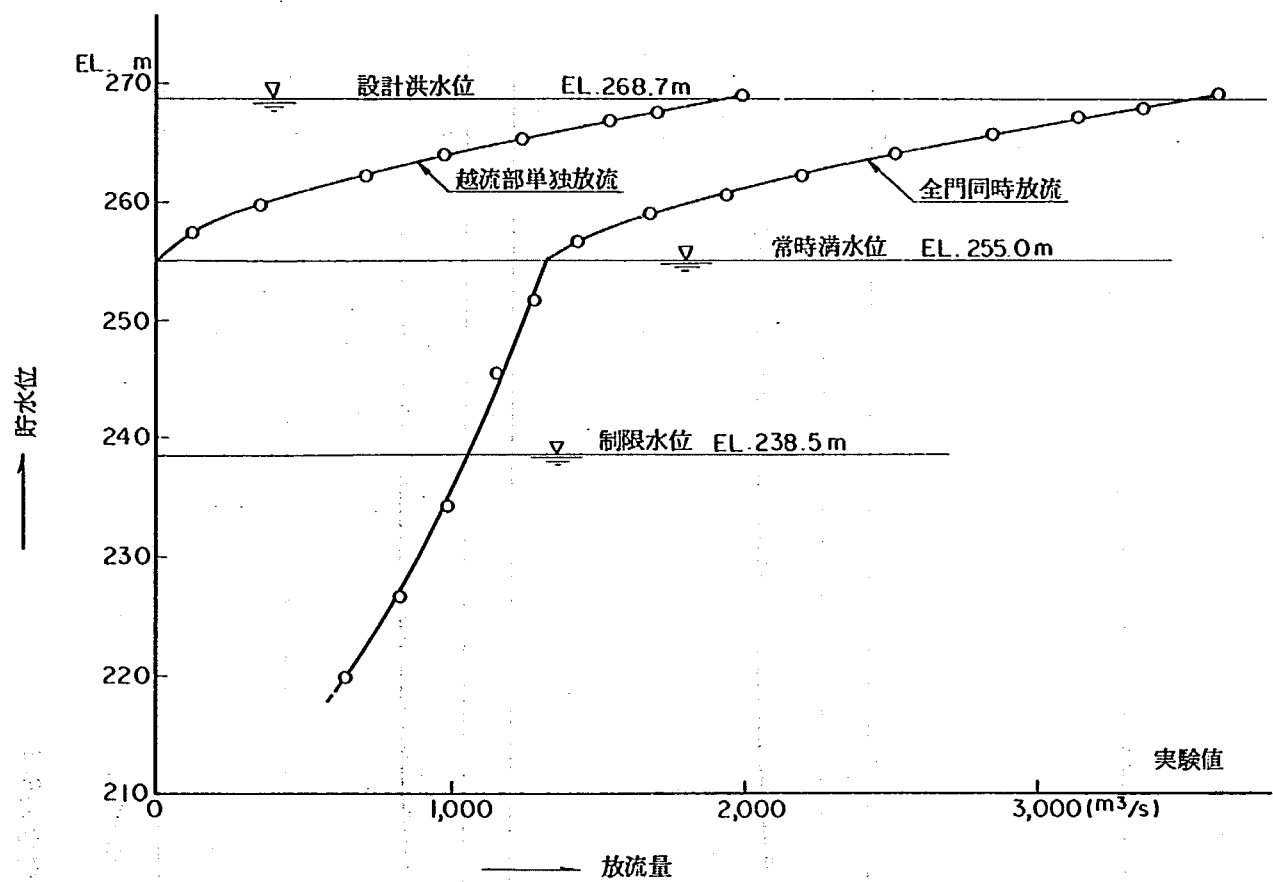


図-55 貯水位～流量曲線

ダム軸からの距離(m) →

70 80 100 120 140 160 180 190 200 210 225 245 265 285 305 325 345 365 385

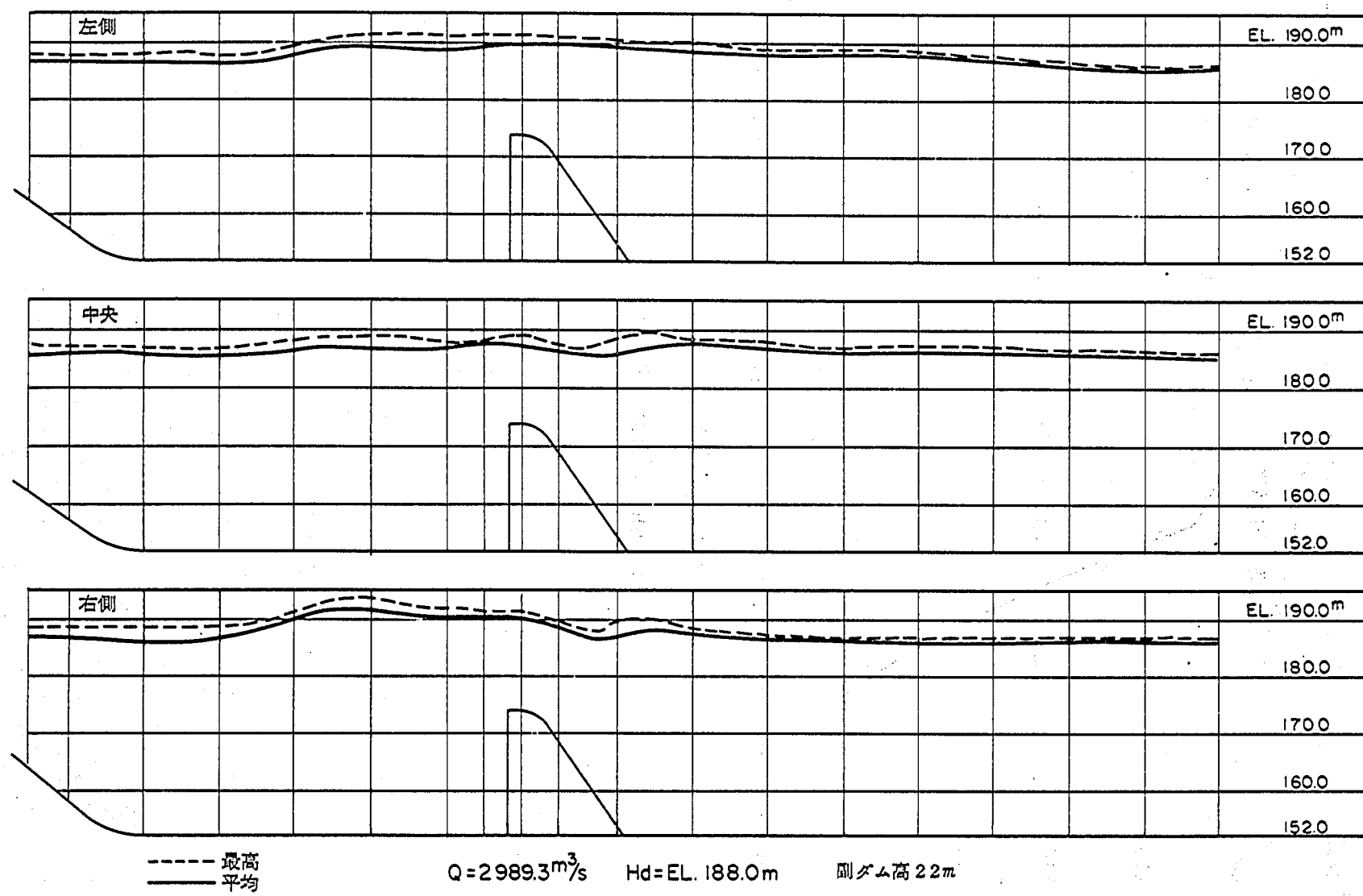
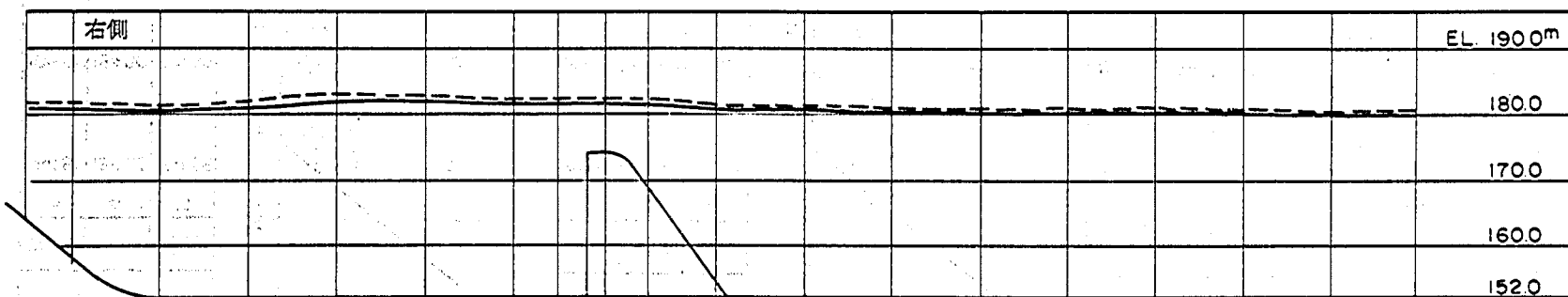
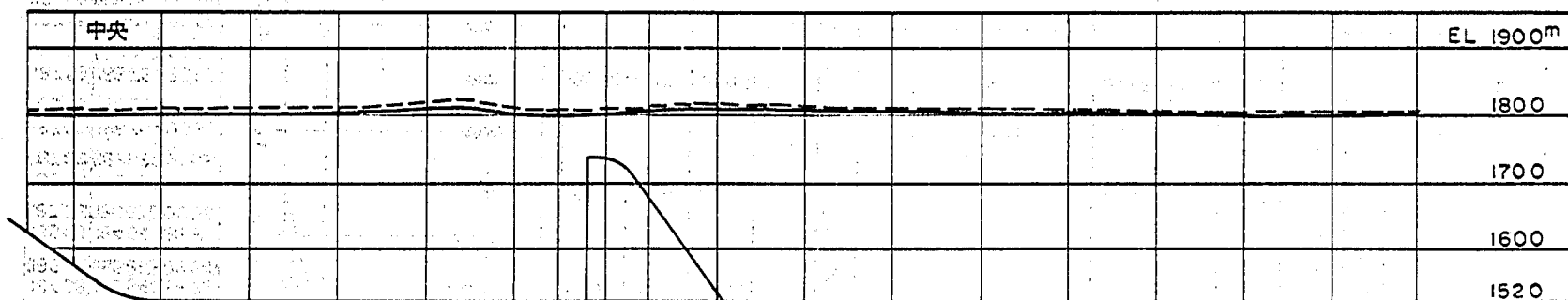
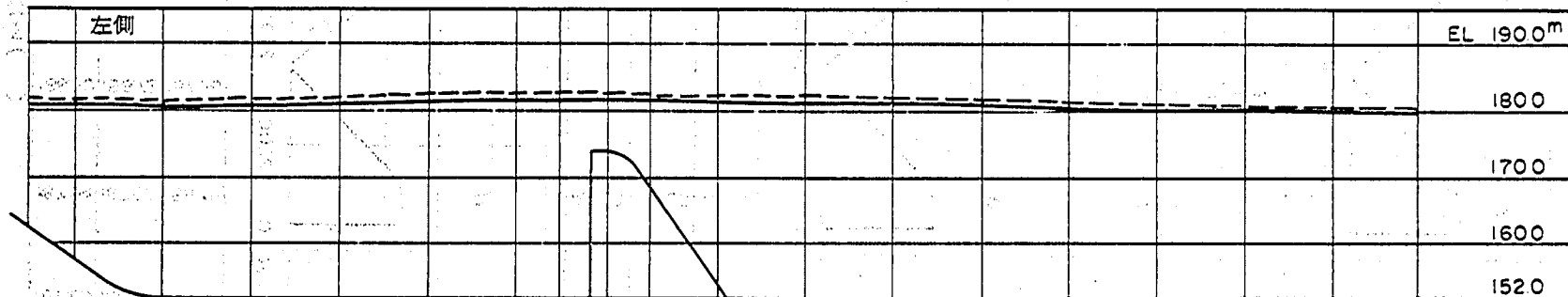


図-56a 減勢工内水面形状

ダム軸からの距離 (m) →

70 80 100 120 140 160 180 190 200 210 225 245 265 285 305 325 345 365 385



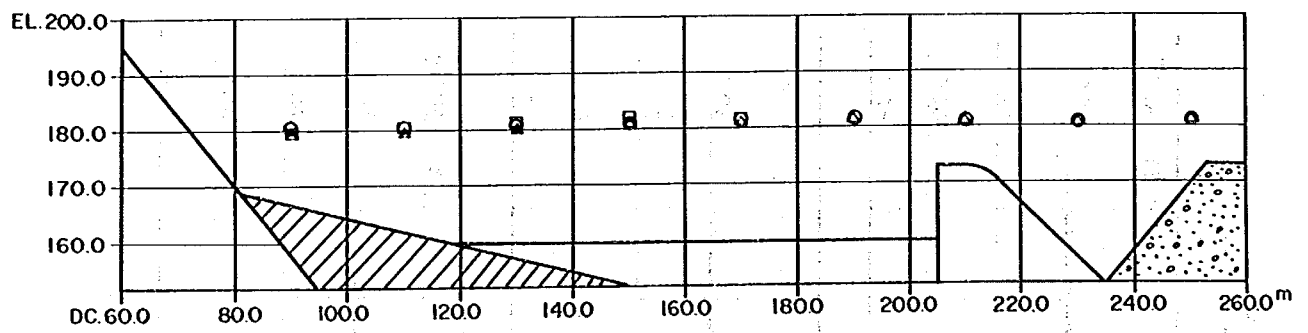
----- 最高
————— 平均

$Q = 988.2 \text{ m}^3/\text{s}$

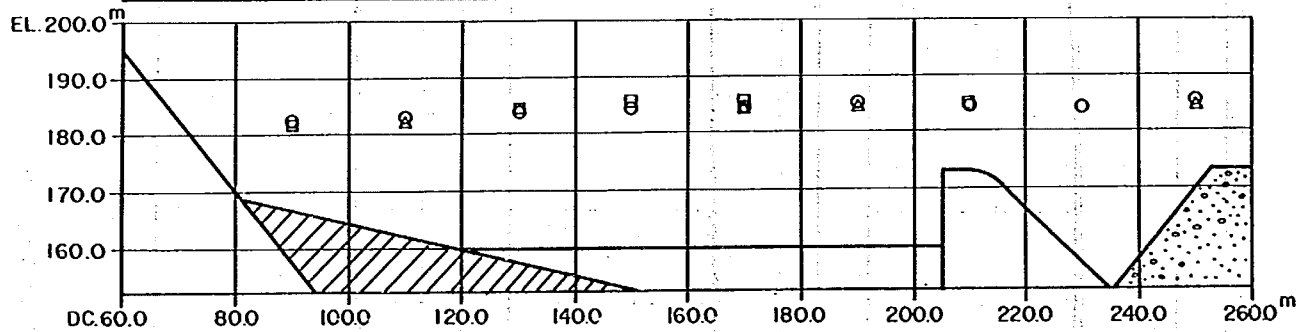
$H_d = \text{EL. } 181.0\text{m}$

副ダム高 22m

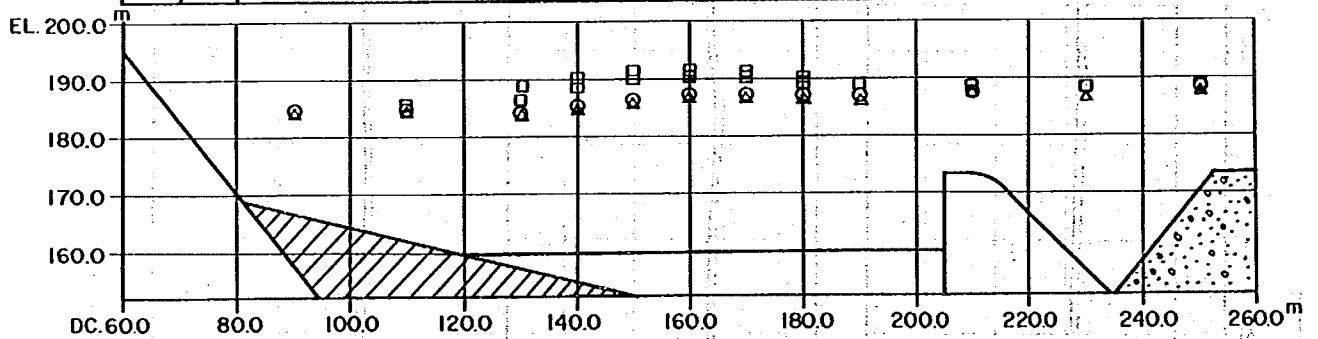
図 - 56 b 減勢工内水面形状



最高水面高		
左岸	中央	右岸
○	△	□
18022	179.94	179.59
18047	179.81	18025
18084	180.34	18075
18131	181.31	18209
18188	181.63	181.94
18175	181.56	181.63
18134	181.56	181.25
18094	180.84	18088
18116	181.06	181.06



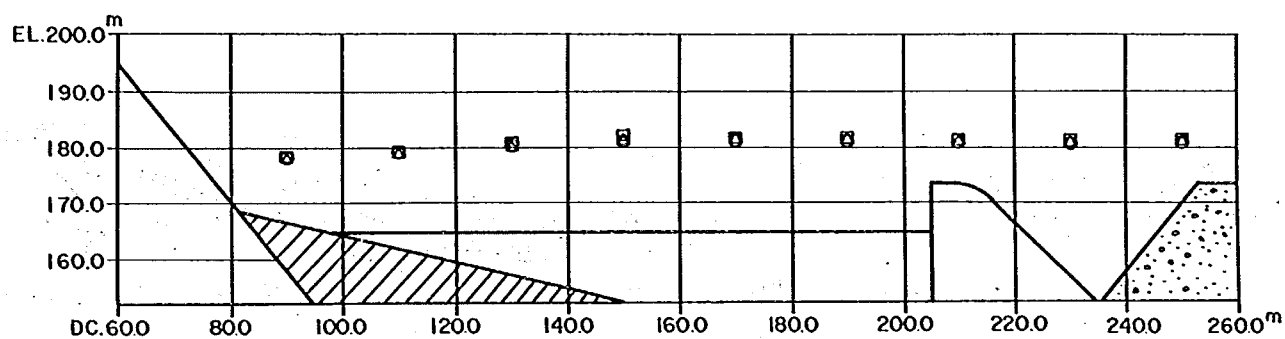
最高水面高		
左岸	中央	右岸
○	△	□
18247	182.38	181.72
18306	181.94	18244
18375	183.75	18400
18450	184.72	185.84
18506	184.72	185.94
18544	184.81	185.47
18469	184.56	185.13
18438	184.28	184.38
18522	184.59	184.66



最高水面高		
左岸	中央	右岸
○	△	□
18481	184.53	184.56
18500	184.50	185.66
18438	183.94	186.72
18619	185.88	188.94
18563	184.94	188.81
18773	186.63	190.38
18650	186.13	190.13
18769	187.88	191.53
18750	186.78	190.63
18873	188.25	191.59
18759	186.78	190.63
18891	189.44	191.63
18713	186.41	189.50
18828	188.25	190.56
18725	186.25	189.06
18794	187.63	188.75
18850	186.72	187.66
18881	187.94	187.81

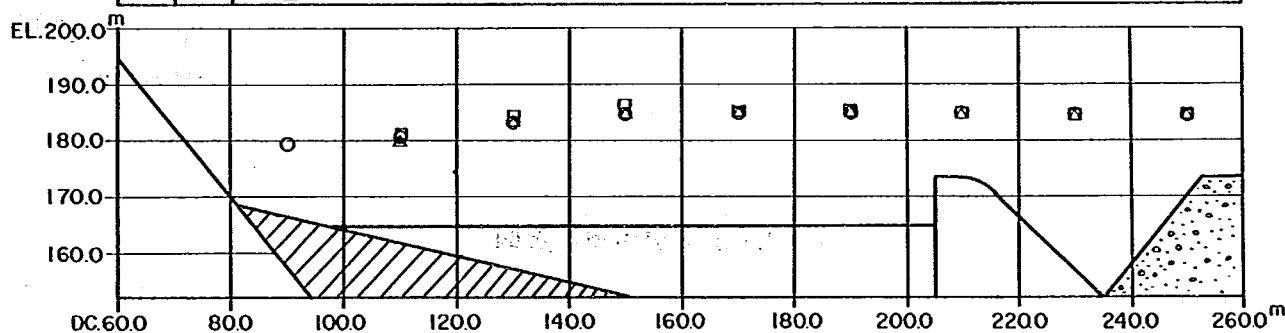
()内は最高値

図-56c 減勢工内水面形測定結果(水叩き敷高E L, 160.000m)



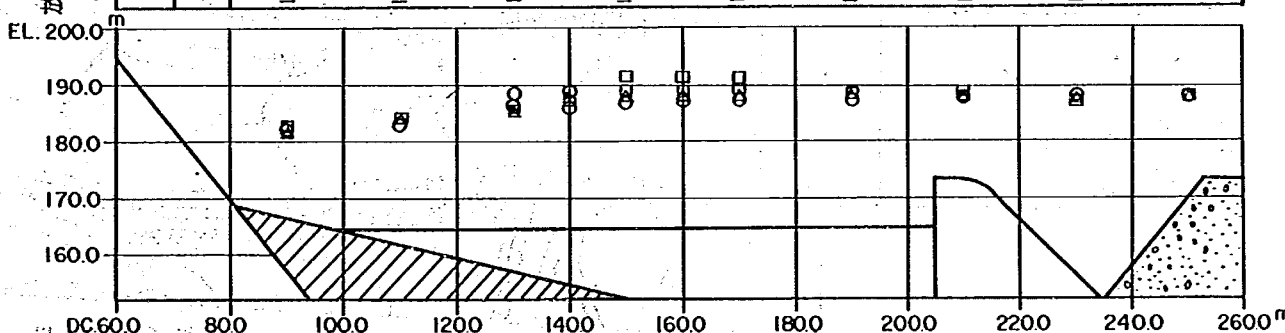
放水管 2 門放流
Q = 1000.564 m³/s

平均水面高		
左岸	中央	右岸
○	△	□
178.50	178.84	178.50
179.44	178.88	178.94
180.59	180.13	181.13
181.41	181.53	181.81
181.78	181.59	181.66
181.66	181.59	181.69
181.19	181.06	181.19
180.91	180.81	181.00
181.22	180.91	180.97



放水管・クレスト放流
Q = 2001.129 m³/s

平均水面高		
左岸	中央	右岸
○	△	□
179.63	179.63	179.66
180.44	180.06	181.38
183.63	183.38	184.41
184.78	184.88	186.13
185.00	185.06	185.22
185.00	185.13	185.22
184.72	184.59	184.69
184.38	184.22	184.16
184.66	184.50	184.38



放水管・クレスト放流
Q = 2995.517 m³/s

平均水面高		
左岸	中央	右岸
○	△	□
182.41	181.66	182.13
183.53	184.03	183.66
186.67	185.81	185.63
188.69	187.88	187.81
186.25	187.22	187.38
188.47	189.03	189.84
187.06	188.13	189.09
189.56	189.67	191.34
187.50	187.94	189.00
188.94	189.25	191.38
187.81	188.06	189.59
189.56	189.38	191.13
187.72	188.16	188.53
188.09	187.91	188.91
187.94	187.28	187.13
188.00	187.69	187.66

図 56 d 減勢工内水面形測定結果 (水叩き敷高 E L, 165.000m)

() 内は最高値

図-56d 減勢工内水面形測定結果 (水叩き敷高 E L, 165.000m)

表-12 貯水位一放流量測定結果(比較設計案)

洪水吐き全体

EL(m)	Q(m ³ /s)
269.100	3620.870
267.863	3366.094
267.219	3140.659
265.719	2847.284
264.000	2519.939
262.250	2204.946
260.531	1940.909
258.906	1692.312
256.594	1439.083
251.656	1287.763
245.281	1158.060
234.250	988.211
226.594	834.539
219.813	642.337

越流部单独

EL(m)	H(m)	Q(m ³ /s)	C
13.906	268.906	1994.950	2.137
12.563	267.563	1707.752	2.131
11.906	266.906	1547.168	2.092
10.344	265.344	1247.617	2.083
8.844	263.844	978.947	2.068
7.219	262.219	713.365	2.043
4.781	259.781	358.227	1.900
2.438	257.438	120.438	1.758

表-13a 減勢工および下流河道の水面形測定結果(水平水叩き・比較設計案)

3000 m³/s

ダム軸からの 距離(m)	左 岸		中 央		右 岸	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
70	188.125	186.594	187.594	185.969	188.469	186.625
90	187.625	186.719	187.000	186.156	188.531	186.375
110	188.094	186.688	186.719	185.844	188.469	186.375
130	188.000	186.813	187.250	185.969	189.281	187.719
150	191.000	189.031	188.719	187.219	193.250	191.281
170	191.500	188.688	188.656	186.781	192.688	190.875
180	191.594	188.938	187.906	186.969	192.063	190.219
190	191.094	189.344	187.938	187.406	191.531	190.313
200	190.969	189.469	189.000	187.375	191.500	189.969
210	190.813	189.563	187.313	186.250	189.594	188.188
220	190.531	189.219	187.063	185.719	187.875	186.563
230	190.469	188.875	189.656	187.250	190.406	187.875
240	190.406	189.219	188.875	187.156	189.219	187.906
245	189.250	188.125	188.031	187.500	188.031	187.375
265	188.750	187.594	187.781	186.938	187.500	186.906
285	188.781	187.813	186.906	186.563	187.000	186.531
305	187.813	187.031	187.188	186.625	186.625	186.469
325	187.031	186.656	186.719	186.375	186.781	186.406
345	186.219	185.875	186.438	186.031	186.688	186.438
365	185.594	185.219	186.000	185.750	186.563	186.313
385	185.781	185.375	185.656	185.375	186.313	186.000

1000 m³/s

ダム軸からの 距離(m)	左 岸		中 央		右 岸	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
70	181.375	180.750	180.781	180.281	181.219	180.969
90	181.344	180.656	180.406	179.875	180.813	180.313
110	181.469	181.000	180.844	179.906	181.000	180.438
130	181.844	180.875	180.781	180.469	182.844	181.656
150	182.281	181.125	181.313	181.000	182.656	182.125
170	182.188	181.063	181.375	181.063	182.594	181.781
180	182.313	181.594	181.406	180.938	182.313	181.750
190	182.156	181.563	181.281	180.813	181.969	181.625
200	181.844	181.438	180.813	180.594	181.656	181.219
210	181.844	181.500	181.438	181.031	181.688	181.281
220	181.750	181.563	181.656	181.313	182.063	181.406
230	181.969	181.469	181.469	181.094	181.875	181.250
240	181.813	181.500	181.625	181.250	181.688	181.250
245	181.344	180.844	181.406	181.094	181.250	181.000
265	181.313	181.125	181.031	180.938	181.156	180.938
285	181.094	180.844	181.000	180.781	180.875	180.594
305	180.625	180.469	180.719	180.625	180.750	180.594
325	180.688	180.438	180.688	180.438	180.625	180.563
345	180.281	179.969	180.313	180.156	180.656	180.344
365	180.188	179.906	180.313	180.156	180.563	180.313
385	180.219	180.063	180.094	179.969	180.344	180.156

表-13b 減勢工および下流河道の水面形測定結果(順傾斜式・比較設計案)

3000 m³/s

ダム軸からの 距離(m)	左 岸		中 央		右 岸	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
70	188.094	185.719	186.281	185.031	187.084	184.731
80	187.844	185.531	187.031	185.031	186.844	184.406
100	187.719	185.469	186.281	184.594	187.281	185.594
120	188.521	185.719	187.656	184.531	188.281	185.531
140	190.656	187.094	187.469	185.719	191.531	189.031
160	192.656	188.219	188.686	186.344	193.469	190.594
180	192.156	188.844	189.219	186.969	192.719	190.469
200	192.156	188.844	188.906	186.406	191.719	189.219
220	192.719	189.406	190.656	186.969	190.031	188.344
240	192.719	189.781	190.969	189.094	191.219	188.594
245	191.844	189.156	192.156	188.781	190.781	189.531
265	190.469	189.219	189.031	187.844	189.219	187.969
285	190.031	188.594	189.531	189.219	188.844	188.156
305	189.719	188.781	189.719	188.719	189.157	188.219
325	189.844	188.406	189.281	188.156	188.781	188.219
345	188.594	187.969	188.781	188.094	188.844	188.219
365	188.219	187.344	188.406	187.906	188.844	188.219
385	188.156	187.844	188.219	187.781	188.406	188.094

1000 m³/s

ダム軸からの 距離(m)	左 岸		中 央		右 岸	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
70	181.906	181.563	181.219	180.875	181.313	180.375
80	180.250	179.875	180.688	180.438	180.250	179.813
100	181.438	180.813	180.750	180.438	180.563	180.219
120	182.063	180.969	181.438	180.188	181.500	181.000
140	182.438	181.188	181.500	180.938	183.000	182.188
160	182.688	181.688	181.938	181.469	182.625	182.313
180	182.438	181.938	181.688	181.375	182.563	182.250
200	182.438	181.938	181.969	181.719	182.313	181.875
220	182.313	182.125	181.938	181.750	182.250	181.813
240	182.500	182.219	181.813	181.750	181.750	181.469
245	181.813	181.625	181.688	181.625	181.813	181.500
265	181.875	181.688	181.375	181.313	181.625	181.375
285	181.688	181.500	181.250	181.188	181.313	181.188
305	181.281	180.875	181.250	181.063	181.000	180.813
325	181.281	181.125	181.250	181.000	181.375	181.125
345	180.813	180.688	180.938	180.813	181.500	181.156
365	180.688	180.500	180.875	180.781	181.188	181.063
385	180.813	180.625	180.875	180.750	181.438	181.063

お わ り に

洪水吐き等の水理設計に基づく模型製作，実験計測，資料解析の主たるものは土木研究所の実施計画により日本工営株式会社技術研究所が行ったものである。

月山ダムの洪水吐きの実施設計案としての最適形状については，新らたなダム軸の決定を見て今後もさらに検討を加える予定である。

最後に，本報告書が完成するまでの水理設計，模型製作資料，水理模型実験，報告書作成等に当たって数多くの方々の御指導および御協力を賜ったことに対し，ここに深く感謝の意を表わすものである。

月山ダム洪水吐き水理模型実験
——中間報告書——

ISSN 0386-5878

土研資料 第2090号

昭和59年3月(1984)

建設省 土木研究所ダム水工研究室

中沢顕司, 宮脇千晴

キーワード: 洪水吐き・水理模型実験

要 旨

月山ダム洪水吐きの水理機能



郵便はがき

305-□□

40円切手
をはって
下さい

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

ダム水工研究室 御中

No. 8

No.

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第2090号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

