

土研資料 第1146号

土木研究所資料

蓮ダム洪水吐水理模型実験報告書

昭和51年 7 月

建設省土木研究所

ま え が き

本報告書は、建設省土木研究所が中部地方建設局の依頼により昭和49年度より昭和51年度にわたって篠崎試験所の担当で実施した蓮ダム洪水吐の水理設計および水理模型実験の結果を取りまとめたものである。

水理模型実験の実験計測は、土木研究所の実験計画に基づき日本工営株式会社技術研究所が行っている。

昭和51年7月

建設省土木研究所篠崎試験所

波多野 茂 幸

蓮ダム洪水吐水理模型実験

目 次

検討結果	1
第Ⅰ部 計画概要	
第1節 ダム計画と諸元	17
第2節 貯水池利用計画	20
第Ⅱ部 模型および諸水理量の測定	
第3節 模型	23
第4節 諸水理量の測定	23
第Ⅲ部 放水管	
第5節 洪水吐の設計条件	29
第6節 放水管の設計	29
6-1 吐口必要断面	29
6-2 管軸の傾斜	30
6-3 呑口形状	30
第7節 放水管下流水路の設計	31
7-1 下流水路曲線の選定	31
7-2 下流バケット底面圧力の推定	31
第8節 放水管の実験	31
8-1 放流能力	31
8-2 管内および下流水路底面に作用する圧力	32
8-3 下流水路水面形状	32
第9節 放水管実施設計案	32
9-1 放水管の諸損失	32
9-2 実施設計案の圧力に関する制約条件	34
9-3 実施設計案の管内損失と放流能力の推定	35

9-4 実施設計案の管内圧力	36
第10節 下流水路上面構造の選定	37
第11節 放水管出口上面に設けるディフレクター	37
第12節 主ゲートにかかる水圧荷重(平時)	37
第13節 主ゲート半開時放流能力曲線	38
第14節 低水位放水管(必要空気量の検討)	38

第Ⅳ部 堤頂越流部

第15節 越流部の設計条件	67
第16節 越流部設計案形状	67
第17節 放流能力の推定	68
第18節 越流頂底面圧力の推定	68
第19節 越流部の実験	69
19-1 放流能力	69
19-2 模型実験における接近流速の影響	69
19-3 越流部の水面形	70
19-4 越流部の底面圧力	70
19-5 越流部の遷移流	71
第20節 堤頂越流部の放流能力曲線	72

第Ⅴ部 減勢工

第21節 減勢工の設計条件と型式の選定	93
21-1 跳水水理諸量の計算	93
21-2 減勢工の規模	94
第22節 減勢工の実験	95
22-1 減勢工の必要規模と流況に関する実験	95
22-2 設計案減勢工の検討	95
22-3 台形水路の跳水とエネルギー損失	96
22-4 台形水路の水理諸量と減勢工の規模	98
第23節 修正案の実験検討	100
23-1 修正案の減勢工必要規模と流況に関する実験	100
23-2 実験設計案規模に対する流況とガイドウォール必要高	101
23-3 ガイドウォールに作用する圧力	102
第24節 副ダムとその減勢工	102
24-1 副ダム形状に関する実験	102

2 4 - 2	副ダム減勢工の形状選定.....	1 0 2
2 4 - 3	副ダム減勢工の実験検討.....	1 0 2
2 4 - 4	バッフルピアーにかかる動水圧荷重.....	1 0 3

〔添 付 図〕

ダム平面図	2
ダム標準断面図	3
ダム上流面図	4
ダム下流面図	5
放水管形状図 1	6
放水管形状図 2	7
放水管呑口上部形状図	8
放水管下流水路形状図	9
堤頂越流部形状図	10
減勢池形状図	11
副ダム形状図	12
放水管の放流能力曲線	13
越流部の放流能力曲線	14

第Ⅲ部 放 水 管

図 3 - 1 放水管設計案	41
図 3 - 2 放水管下流水路形状	42
図 3 - 3 放水管の放流能力	43
図 3 - 4 放水管内圧力の測定位置	44
図 3 - 5 放水管下流水路底面作用圧力 1	45
図 3 - 6 放水管下流水路底面作用圧力 2	46
図 3 - 7 圧力降下係数（設計案）	47
図 3 - 8 圧力降下係数（絞りなし）	48
図 3 - 9 下流水路水面形状	49
図 3 - 10 放水管実施設計案	50
図 3 - 11 管内平均圧力分布図	51
図 3 - 12 放水管出口上面に設けるディフレクター	52
図 3 - 13 ジェットフローゲート	53
図 3 - 14 ジェットフローゲートの流量係数	54

第Ⅳ部 堤頂越流部

図 4 - 1	越流部の形状	74
図 4 - 2	越流頂の底面作用圧力	75
図 4 - 3	越流部の放流能力	76
図 4 - 4	越流部の水面形状	77
図 4 - 5	越流部の圧力測定位置	78
図 4 - 6	越流部の底面作用圧力 1	79
図 4 - 7	越流部の底面作用圧力 2	80
図 4 - 8	越流部の流量係数 (自由越流時)	81
図 4 - 9	越流部の流量係数 (ゲート半開時)	82
図 4 - 10	堤体バケット部の底面作用圧力	83
図 4 - 11	堤体導流部の水面形状 (堤体導流壁沿い)	84
図 4 - 12	堤体導流部の水面形状 (径間中央)	85
図 4 - 13	堤体導流部の水面形状 (ピアに沿い)	86

第Ⅴ部 減勢工

図 5 - 1	設計案の規模による減勢池内の水面形状 1	104
図 5 - 2	設計案の規模による減勢池内の水面形状 2	105
図 5 - 3	$n \sim h_2/h_1 \sim F_1$ の関係	106
図 5 - 4	$n \sim h/b$ の関係	106
図 5 - 5	$n \sim m(h/b)$ の関係	107
図 5 - 6	エネルギー損失とフルード数の関係 ($E_L/E_1 \sim F_1$)	107
図 5 - 7	跳水共役水深とフルード数の関係 ($h_2/h_1 \sim F_1$)	108
図 5 - 8	エネルギー損失特性	109
図 5 - 9	修正案の規模による減勢池内の水面形状 (台形水路) 1	110
図 5 - 10	修正案の規模による減勢池内の水面形状 (台形水路) 2	111
図 5 - 11	修正案の規模による副ダム上流面作用圧力	112
図 5 - 12	減勢池内 (実施設計案) の水面形状	113
図 5 - 13	ガイドウォールに作用する圧力	114
図 5 - 14	副ダム形状図	115
図 5 - 15	副ダム上流面, 越流面に作用する圧力	116
図 5 - 16	副ダム減勢工比較図	117
図 5 - 17	副ダム減勢工の水面形状	118
図 5 - 18	バップルピア上流面に作用する圧力	119
図 5 - 19	減勢池内の水面形状	120
図 5 - 20	下流水深曲線	121

〔添付写真〕

第Ⅱ部 模型および諸水理量の測定

写真2-1	全体模型（最終形状）	24
写真2-2	越流部模型（設計案）	24
写真2-3	放水管模型（設計案）1	25
写真2-4	放水管模型（設計案）2	25

第Ⅲ部 放水管

写真3-1	ゲート開きによる下流水路の流況（設計案）1	55
写真3-2	ゲート開きによる下流水路の流況（設計案）2	56
写真3-3	ゲート（トラニオン）付近の流況（設計案）	57
写真3-4	ディフレクターの規模による流況比較，越流部の流量 $1600\text{m}^3/\text{sec}$	58

第Ⅳ部 堤頂越流部

写真4-1	ピアー前面の流況， $Q = 1500\text{m}^3/\text{sec}$	87
写真4-2	越流部水面形状， $Q = 1500\text{m}^3/\text{sec}$	88
写真4-3	下流側からみた越流部の流況， $Q = 1500\text{m}^3/\text{sec}$	88

第Ⅴ部 減勢工

写真5-1	実施設計案の流況， $Q = 1000\text{m}^3/\text{sec}$ （計画最大放流量）	122
写真5-2	実施設計案の流況， $Q = 1300\text{m}^3/\text{sec}$	123
写真5-3	実施設計案の流況， $Q = 2370\text{m}^3/\text{sec}$ （設計洪水流量）	124
写真5-4	実施設計案の流況， $Q = 2840\text{m}^3/\text{sec}$ （異常洪水流量）	125
写真5-5	設計案の規模による流況比較（矩形水路）， $Q = 1300\text{m}^3/\text{sec}$	126
写真5-6	修正案の規模による流況比較（台形水路）1， $Q = 1300\text{m}^3/\text{sec}$	127
写真5-7	修正案の規模による流況比較（台形水路）2， $Q = 1300\text{m}^3/\text{sec}$	128
写真5-8	修正案（実施設計案）の各流量による流況	129
写真5-9	副ダム減勢工の設計形状比較	130
写真5-10	副ダム減勢工の設計形状による流況比較， $Q = 1300\text{m}^3/\text{sec}$	131
写真5-11	副ダム減勢工の設計形状による流況比較， $Q = 2370\text{m}^3/\text{sec}$ （設計洪水流量）	132
写真5-12	副ダム減勢工の設計形状による流況比較， $Q = 2840\text{m}^3/\text{sec}$ （異常洪水流量）	133

〔添付実験資料〕

第Ⅲ部 放水管

（設計案）

資 3-1	放流能力	59
資 3-2	管内圧力（ゲート全開時）	60
資 3-3	管内圧力（ゲート半開時）	62
資 3-4	下流水路底面作用圧力	64
資 3-5	下流水路水面形状	64

第Ⅳ部 堤頂越流部

（設計案）

資 4-1	放流能力	89
資 4-2	水面形状	90
資 4-3	底面作用圧力	91

第Ⅴ部 減勢工

（設計案）

資 5-1	規模による減勢池内の水面形状（矩形水路）	134
資 5-2	規模による減勢池内の底面作用圧力（矩形水路）	137
資 5-3	規模による副ダム上流面の作用圧力（矩形水路）	140

（修正案）

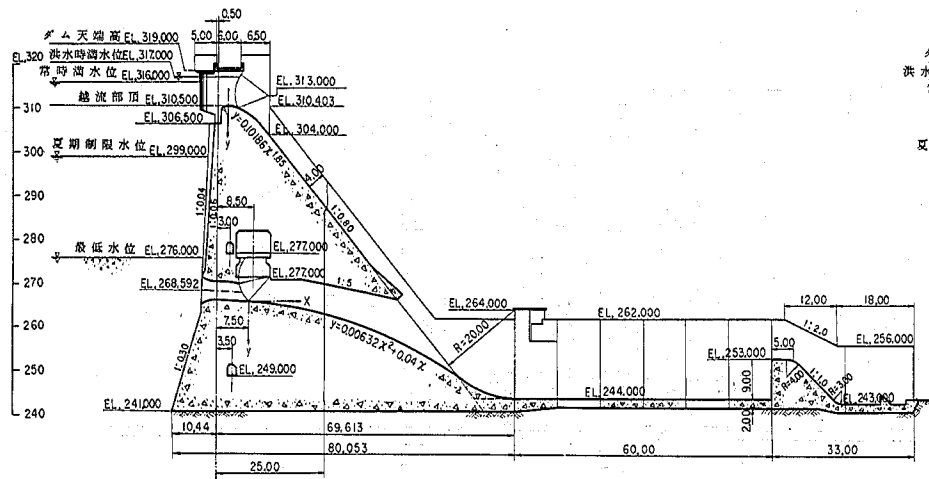
資 5-4	規模による減勢池内の水面形状（台形水路）	141
資 5-5	規模による副ダム上流面の作用圧力（台形水路）	144
資 5-6	各流量による減勢池内水面形状（実施設計案）	147
資 5-7	副ダム減勢工比較案の水面形状	149
資 5-8	副ダム減勢工実施設計案の水面形状	150
資 5-9	実施設計案の圧力資料	151
	ガイドウォールに作用する圧力	151
	堤体バケット部に作用する圧力	151
	水叩底面に作用する圧力	151
	副ダム上流面に作用する圧力	151
	副ダム越流面に作用する圧力	151
	バッフルピア上流面に作用する圧力	151

検 討 結 果

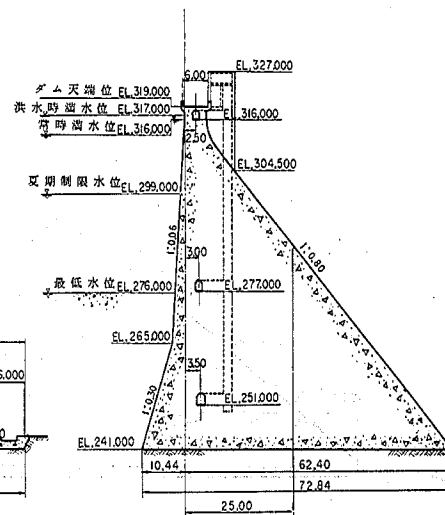
蓮ダム洪水吐としてP 2～P 12の形状を採用すれば設計条件を満足し、所定の機能を維持することが出来る。この場合、放水管および越流頂の放流能力曲線はP 13, P 14に示すものが適用される。

洪水吐構造設計上の圧力条件は導流壁(P151, 図5-13), 副ダム(P151, 図5-15), 二次減勢工(P151, 図5-18)に示す通りである。

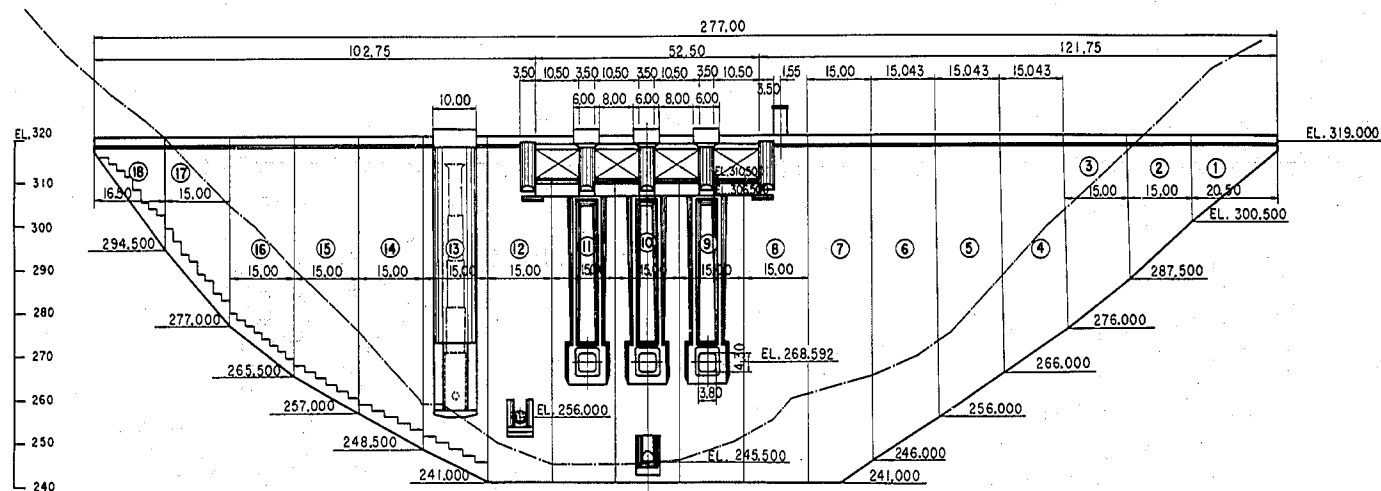
(越流部標準断面図)



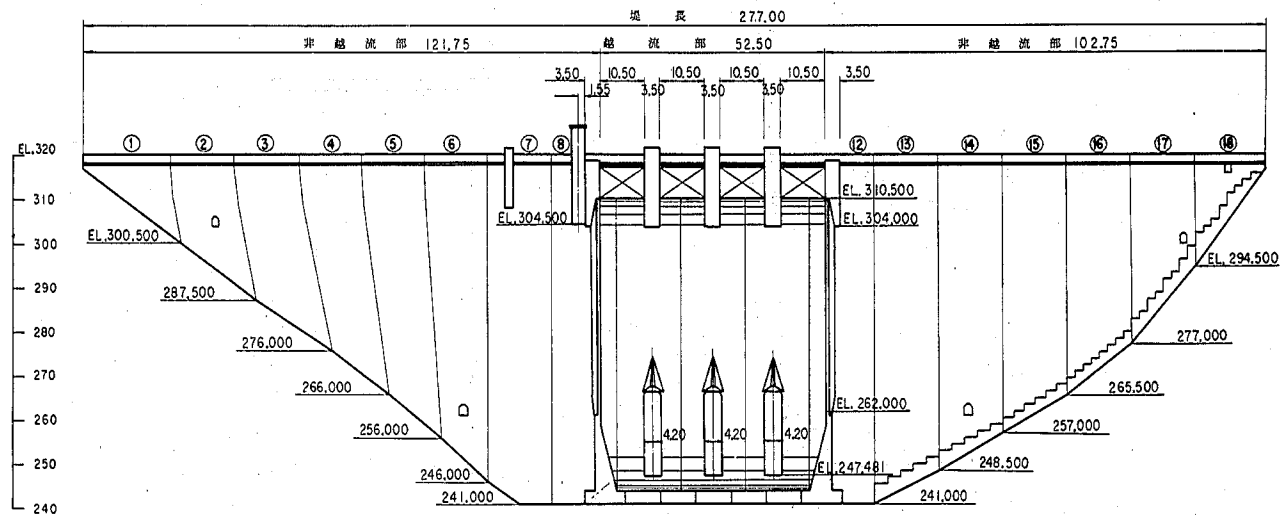
(非越流部標準断面図)



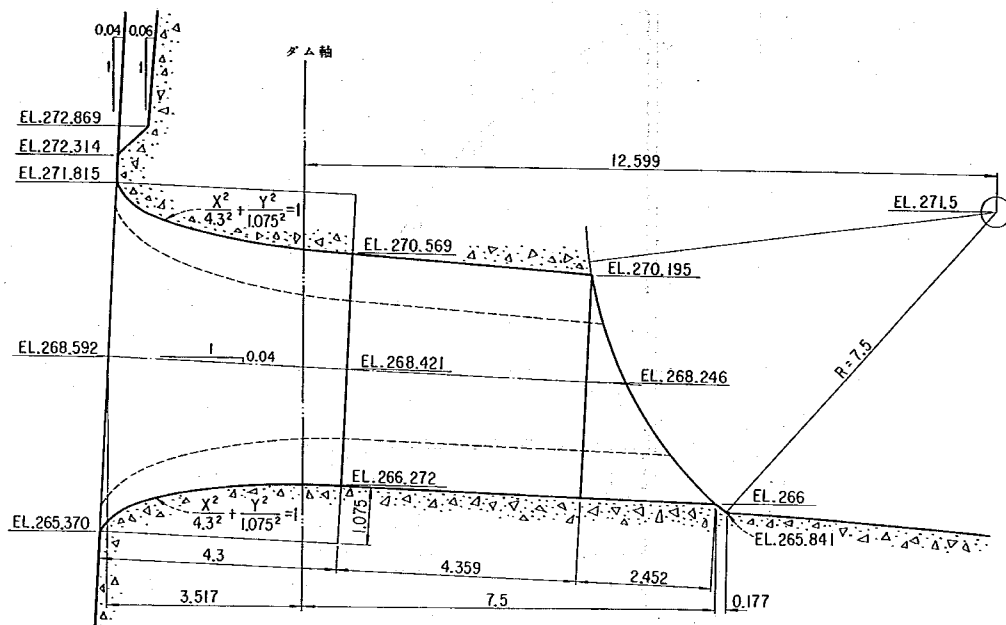
ダム標準断面図



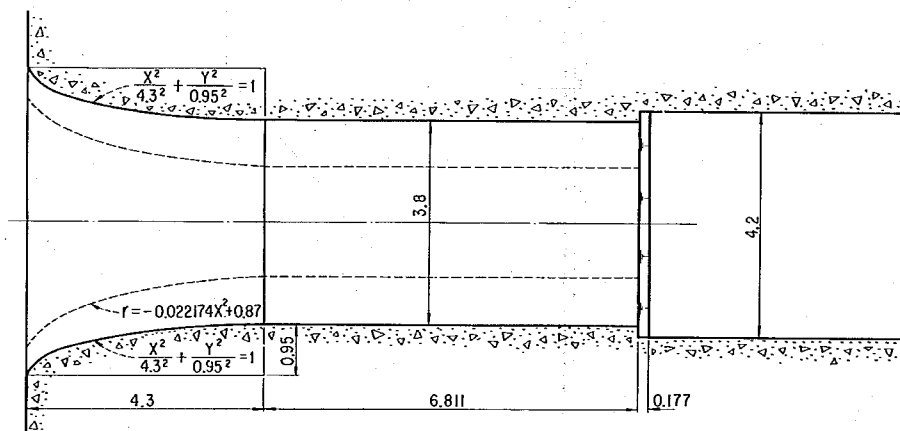
ダム上流面図



ダム下流面図

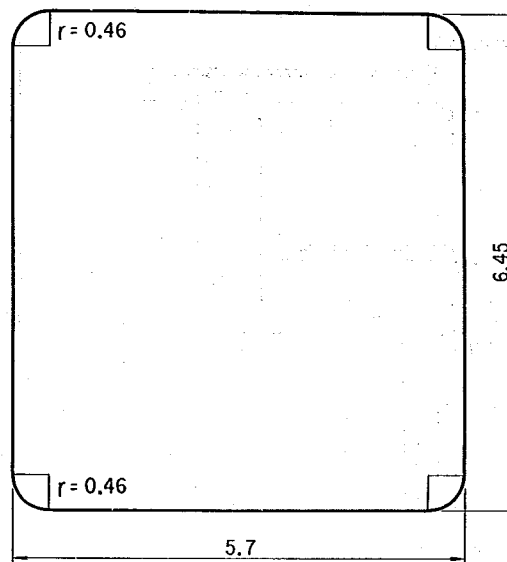


(侧面图)

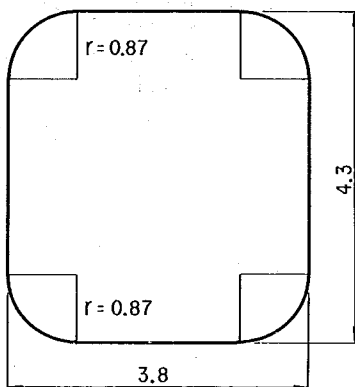


(管轴平面图)

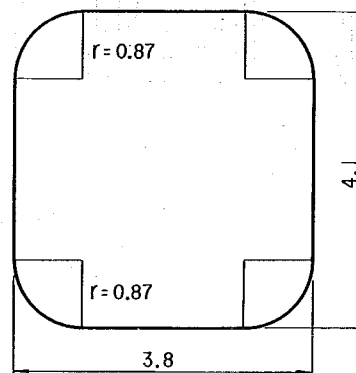
放水管形状图(1)



呑口断面
(36.593 m²)

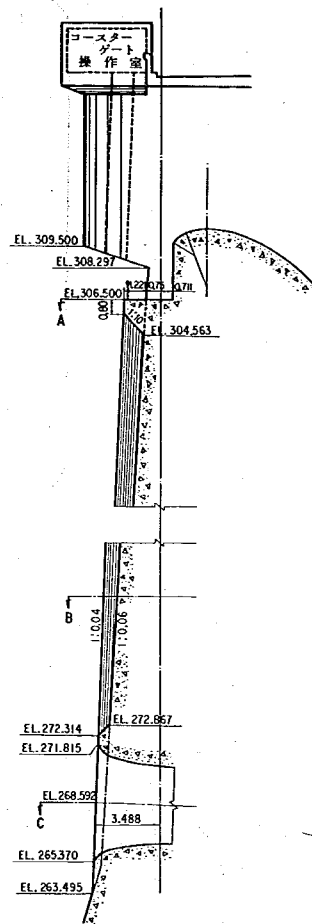
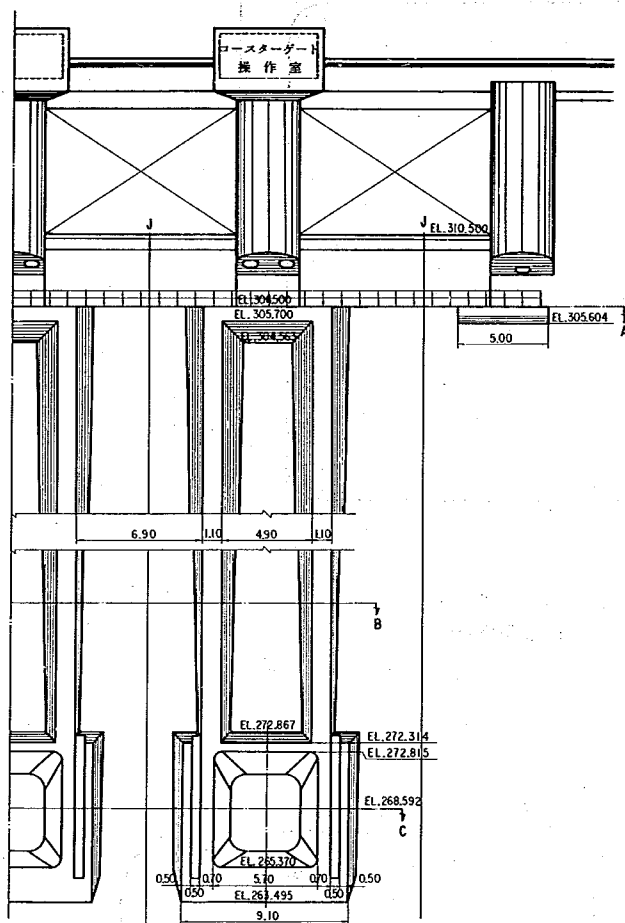


ベルマウス末端部断面
(15.690 m²)

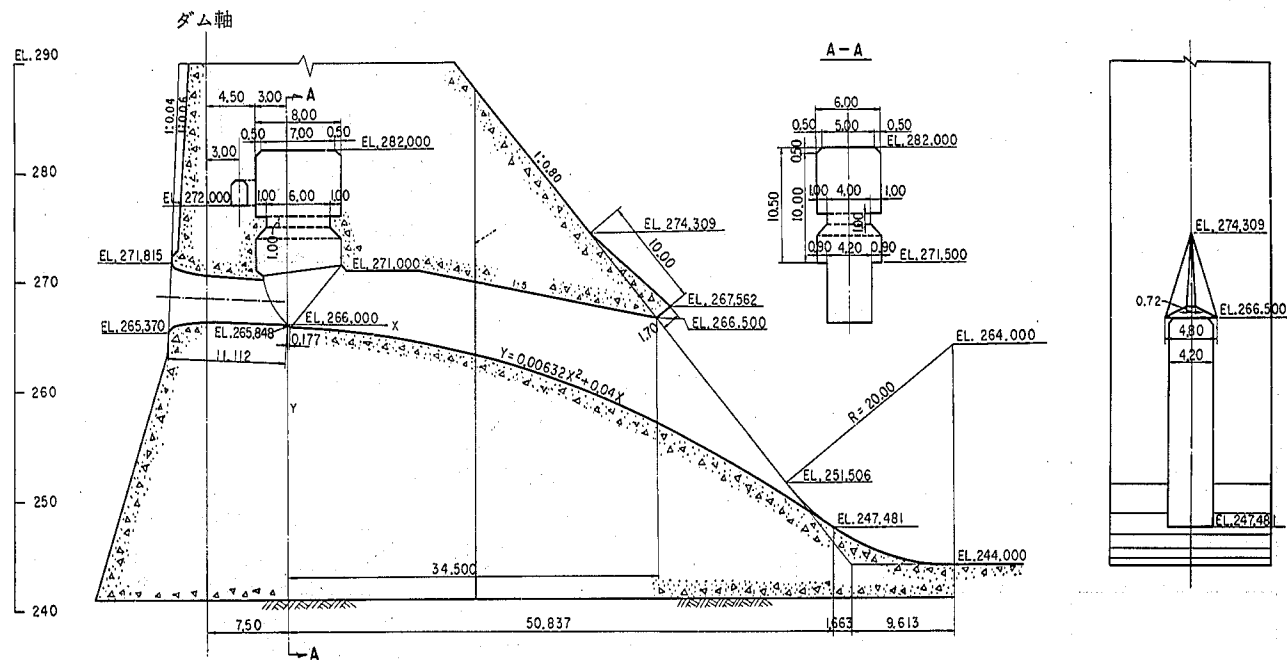


吐口断面
(14.930 m²)

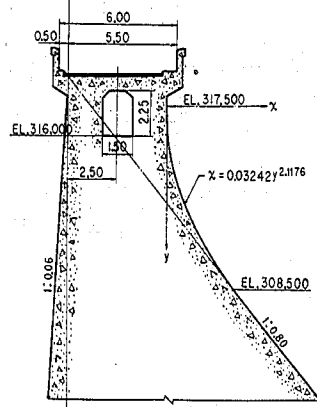
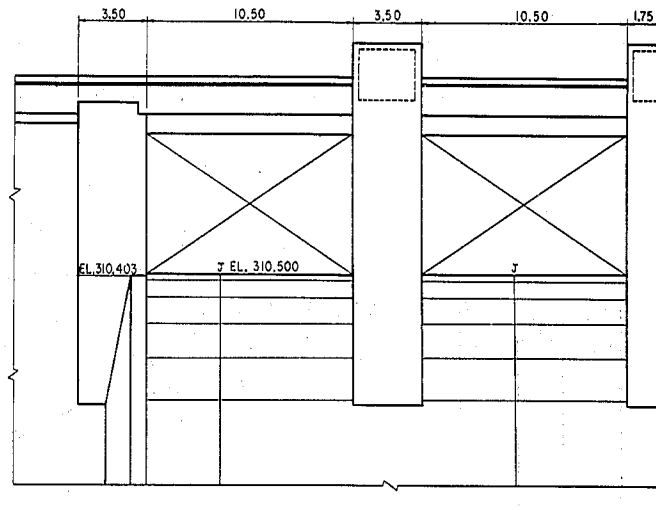
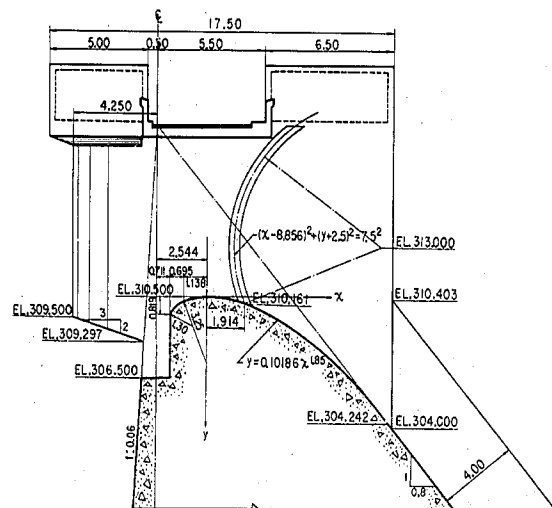
放水管形状図(2)



排水管呑口上部形状図

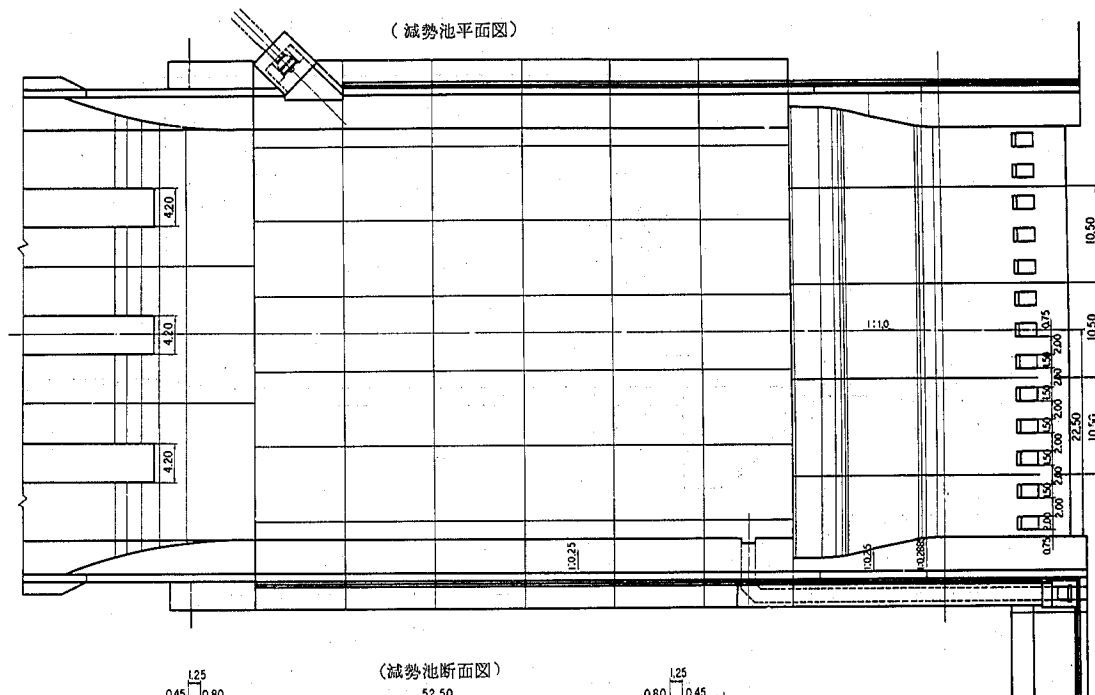


放水管下流水路形状图

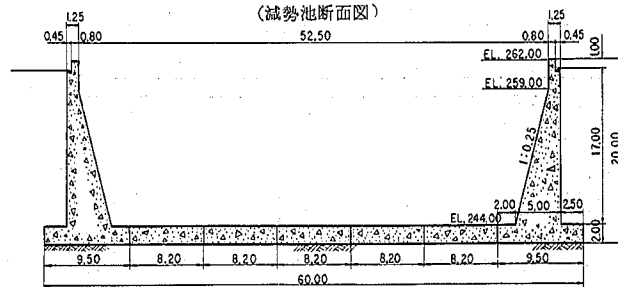


堤頂越流部形状図

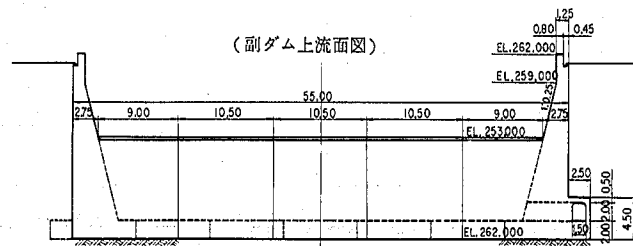
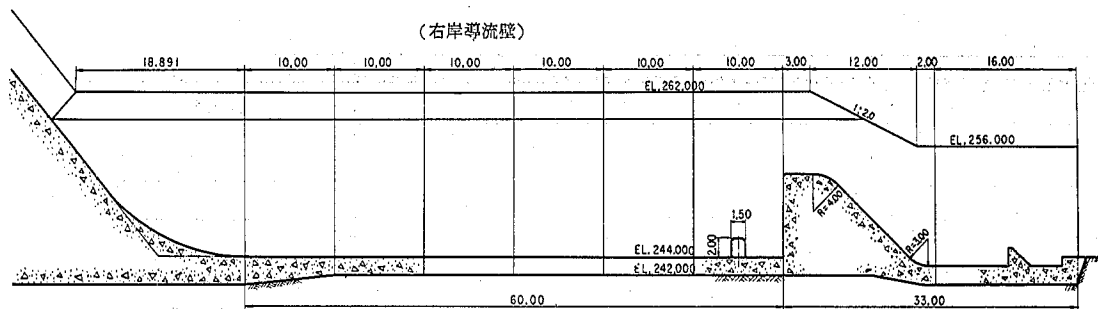
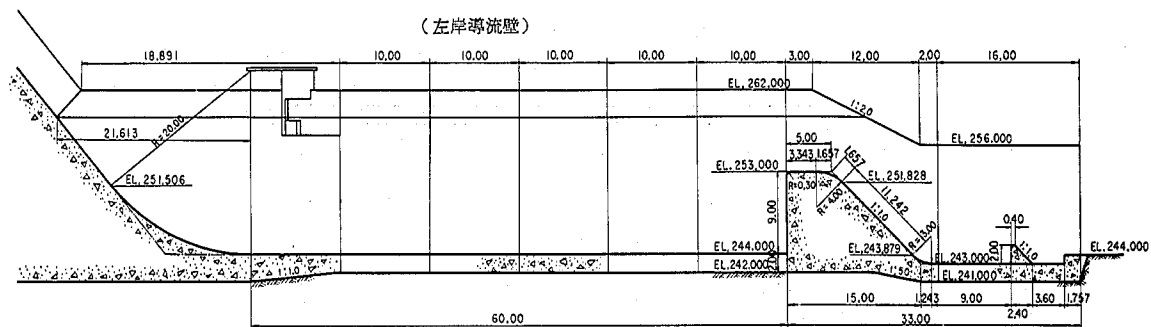
(減勢池平面図)



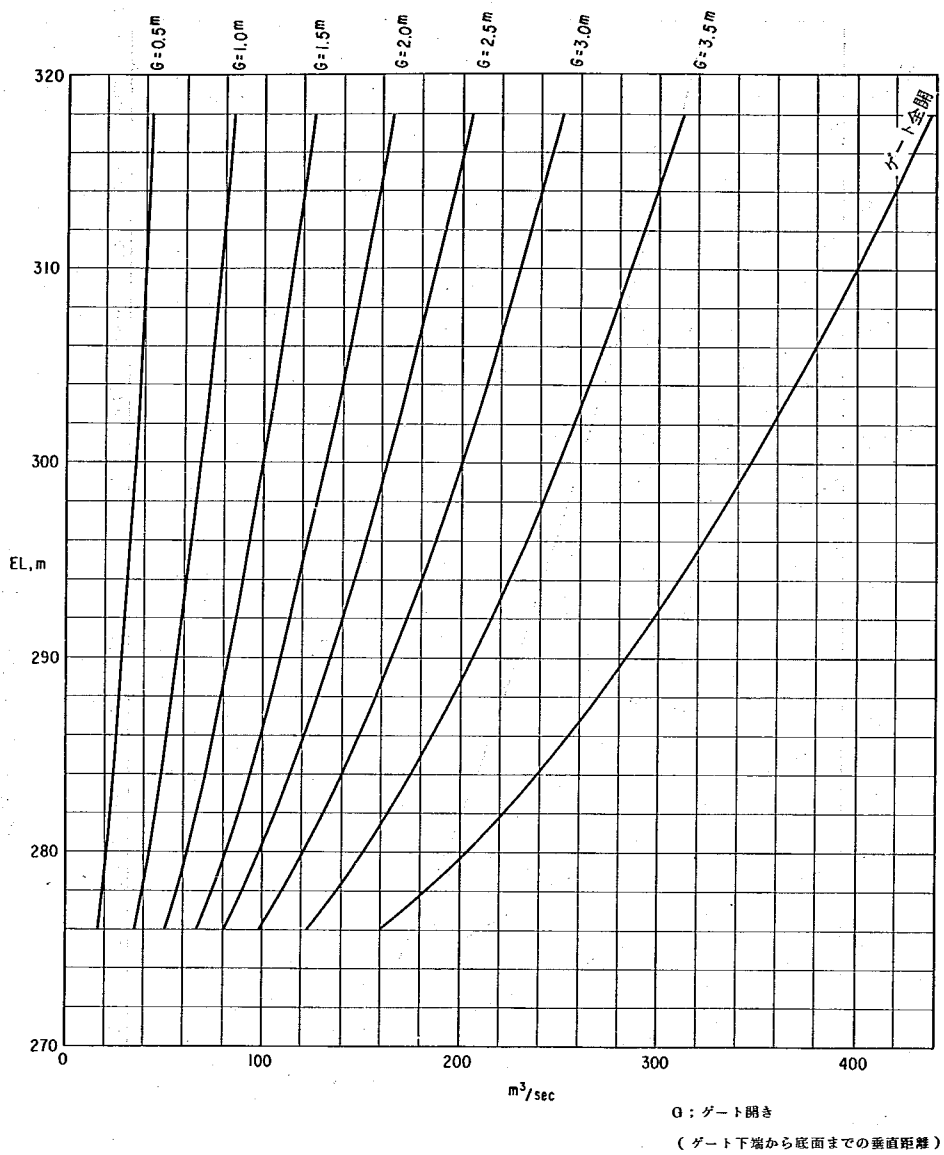
(減勢池断面図)



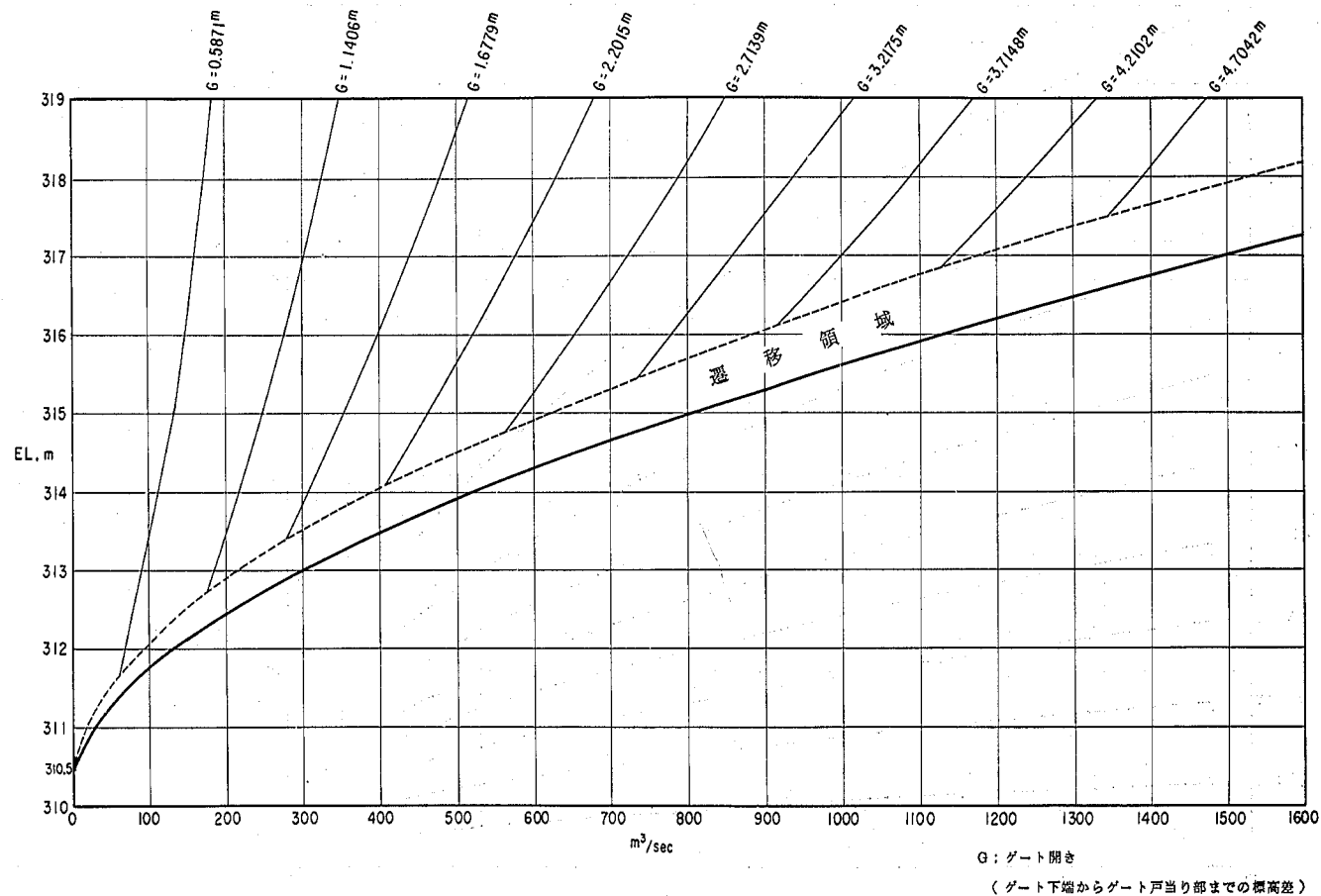
減勢池形状図



副 夕 ム 形 状 図



放水管の放流能力曲線 (1 条)



越流部の放流能力曲線（全門）

第I部 計画概要

第I部 計画概要

第1節 ダム計画と諸元

櫛田川は、その源を奈良県境、台高山脈高見山（1,249m）に発し、蓮川、佐奈川を合流して、南勢平野にて、被川を分派し、本川は松阪市東北方で伊勢湾に注ぐ。

蓮ダムは、櫛田川水系蓮川の三重県飯南郡飯高町大字森地先に多目的ダムとして建設するもので、櫛田川総合開発の一環をなすものである。

ダムは重力式コンクリートダムとして、高さ79m、総貯水容量3,260万 m^3 、有効貯水容量2,940万 m^3 で洪水調節、流水の正常な機能の維持および水道用水の供給を目的とする。

(1) 洪水調節

洪水調節は、洪水期間（6月16日～10月31日）において標高299mから標高317mの間の容量17,000,000 m^3 を利用してダムサイトにおける計画高水のピーク流量1,700 m^3/s のうち700 m^3/s を調節する。

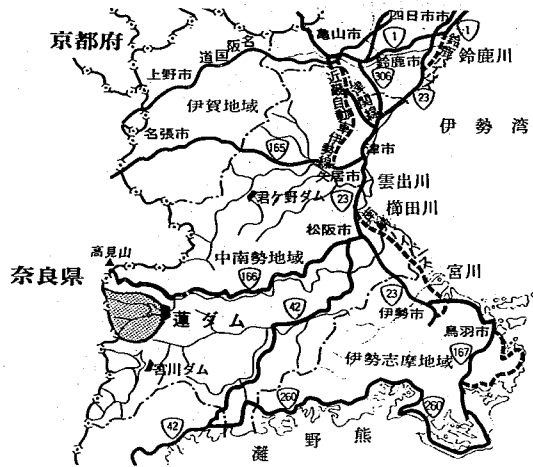


図1 位置

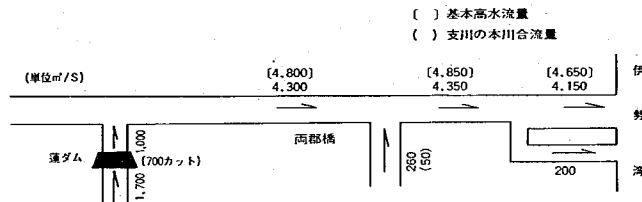


図2 計画高水流量配分図

第I部 計画概要

(2) 流水の正常な機能の維持

標高276mから標高299mの間の容量のうち5,500,000 m^3 (洪水期)を利用して下流の流水の正常な機能の維持をはかる。

(3) 水道用水

松阪市をはじめとする中南勢地区に対して、洪水期は標高276mから標高299mの間の容量のうち6,900,000 m^3 を利用し、非洪水期は標高276mから標高316mの間の容量のうち17,300,000 m^3 を利用して172,800 m^3/day の取水を可能ならしめる。

(4) 発電

ダム直下流に連発電所を建設し、利水供給水を利用して最大出力3,200 kW の発電を行う。

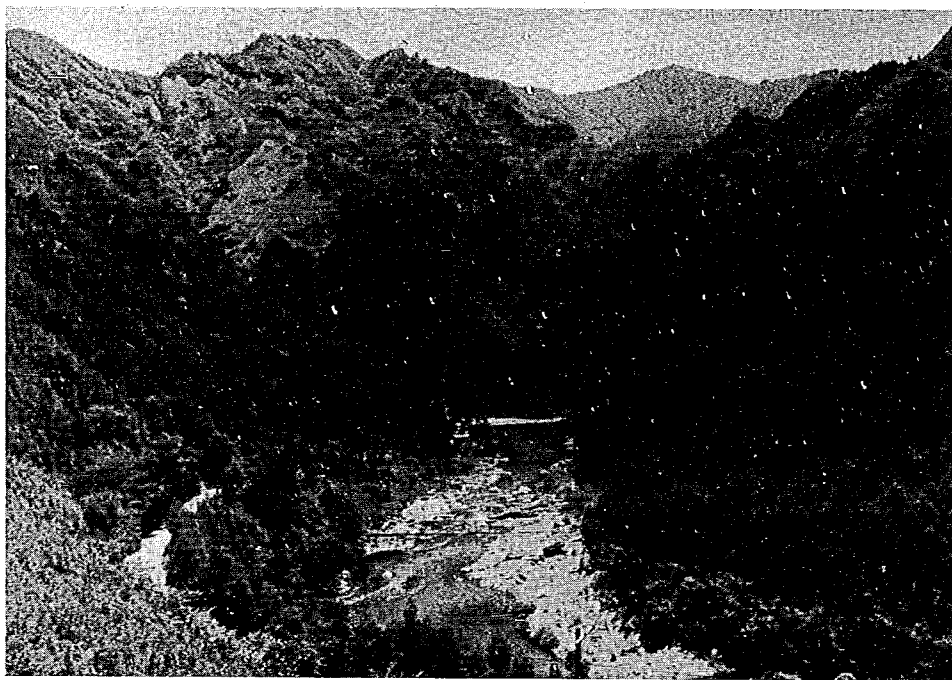


写真1 ダムサイト

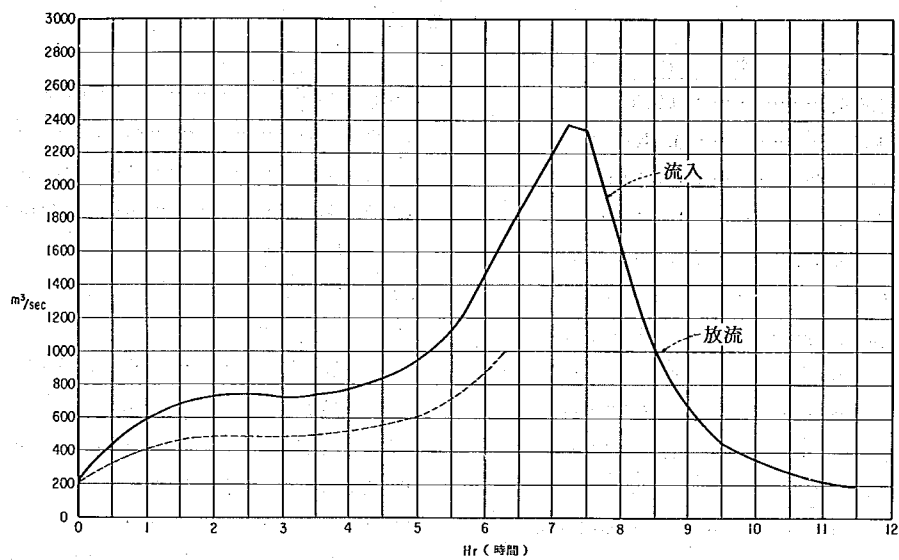


図3 洪水調節計画図(100年確率)

ダム諸元

貯水池	
集水面積	80.9Km ²
湛水面積	1.1Km ²
常時満水位	EL 316m
洪水時満水位	EL 317m
洪水期制限水位	EL 299m
堆砂位	EL 276m
総貯水容量	32,600,000m ³
有効貯水容量	29,400,000m ³
洪水調節容量	17,000,000m ³
利水容量	28,400,000m ³
ダム	
ダムサイト	三重県飯南郡飯高町
型式	重力式コンクリートダム
堤高	79m
堤頂長	285m
堤頂標高	EL 319m
堤体積	487,000m ³

基本流量	
ダム地点計画高水流量	1,700m ³ /sec
洪水吐設計流量	2,370m ³ /sec
異常洪水流量	2,840m ³ /sec
計画最大放流量	1,000m ³ /sec
放流設備	
主放水設備（高圧ラディアルゲート）	
門数	3
ゲート敷標高	EL 265.841m
ゲート半径	7.5m
有効寸法（純幅×純高）	3.8m×4.1m
非常用放水設備（ラディアルゲート）	
門数	4
ゲート敷標高	EL 310.161m
ゲート半径	7.5m
越流幅	1.05m
ピアー幅	3.5m
有効寸法（純幅×純高）	1.05m×6.5m

第2節 貯水池利用計画

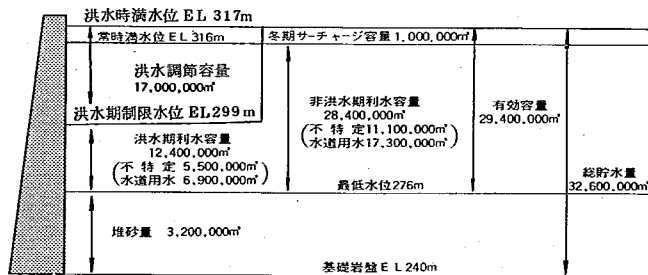


図4 貯水池容量配分図

第II部 模型および諸水理量の測定

第II部 模型および諸水理量の測定

第3節 模型

全体模型は実験用水槽の容量を考慮し、幾何学的相似な縮尺 $1/62.5$ のものとし、水叩末端部より下流約 350 m までの河道を再現した。越流部・ピアー・放水管および水叩面は木製としその表面に塗装をした。堤体と減勢池の導流壁は流況観察、写真撮影ができるよう透明アクリル板を使用し、下流河道はモルタルで製作した。(写真 2-1)

また放水管模型は、透明アクリル板を使用し幾何学的相似で縮尺を $1/25$ としている。放水管下流水路は約 30 m まで製作し、放水管内および下流水路底面の圧力測定用にピエゾ管を設けている。(写真 2-3, 2-4) 越流部は、木製で縮尺は $1/40$ である。(写真 2-2)

第4節 諸水理量の測定

水深の測定には $1/10$ mm 読みポイントゲージを使用し、圧力の測定は内径 1 mm のピエゾ管をビニール管でマンオメーター(ガラス管)に連結し、その水頭高を測定する方法をとった。流量は模型の下流に設けた矩形ぜきの越流深から算出した。ただしせきの流量公式には誤差があり全体模型、放流管模型では ±1.4 % 程度、越流部模型ではそれ以下の総合誤差が含まれていることに注意しなければいけない。模型実験の水理量を原型に換算するに当たっては、フルードの相似律に基づく次表の換算式を用いている。

原型から模型への縮率

諸 元	縮 率	全体模型	越流部模型	放水管模型
長さ, 水深, 圧力	$1/n$	$1/62.5$	$1/40$	$1/25$
流 速	$1/n^{1/2}$	$1/7.906$	$1/6.324$	$1/5$
流 量	$1/n^{5/2}$	$1/30.882$	$1/10.119$	$1/3.125$

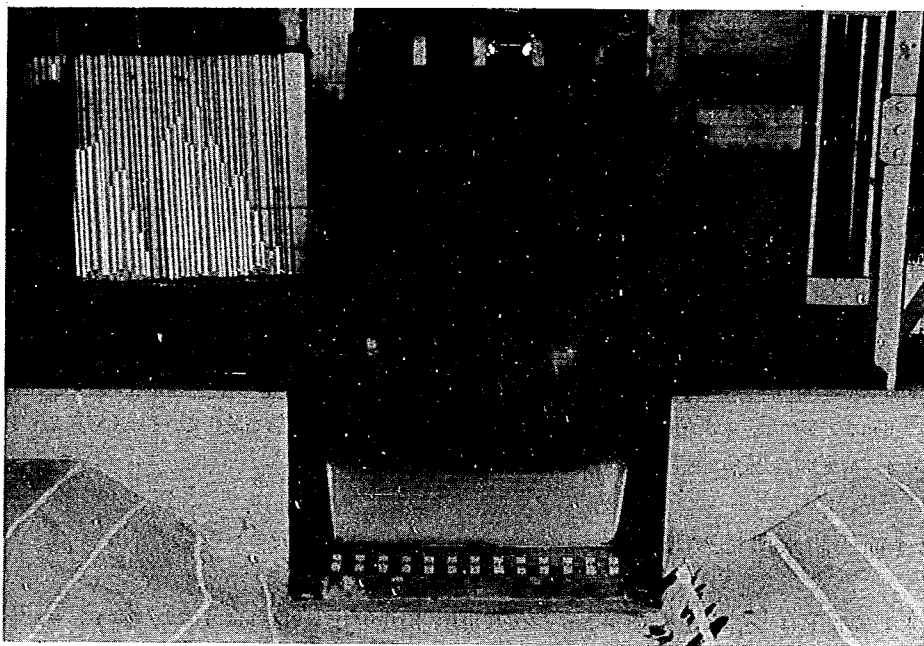


写真 2-1 全体模型（最終形状） 1/625



写真 2-2 越流部模型（設計案） 1/40

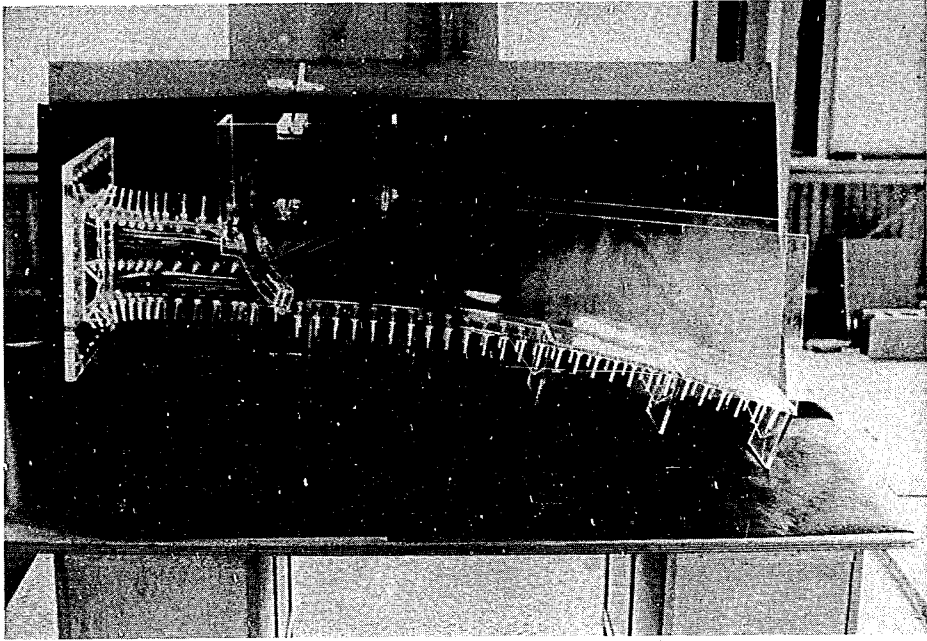


写真 2-3 放水管模型（設計案）全体 1/25

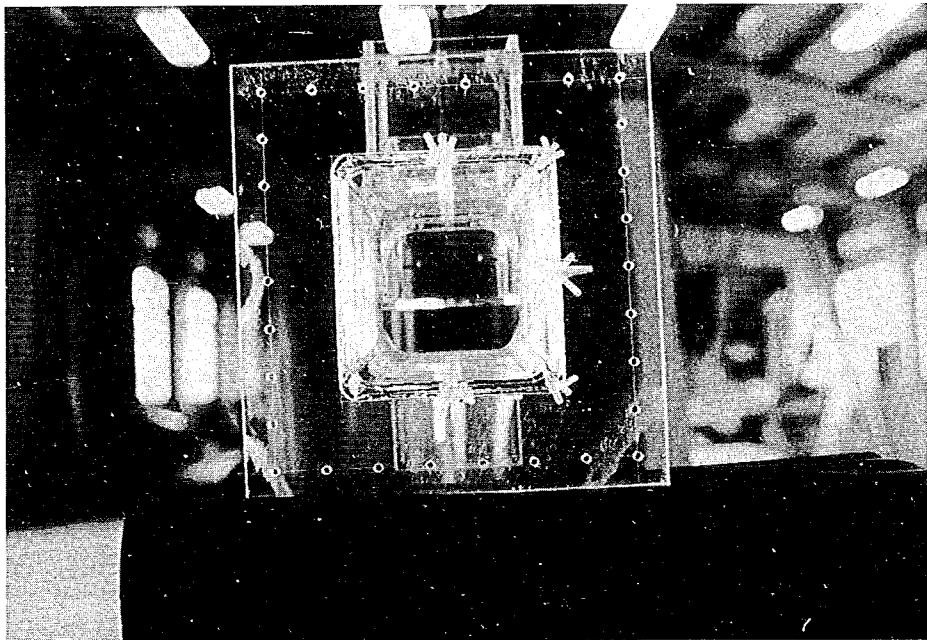


写真 2-4 放水管模型（設計案）呑口部 1/25

第Ⅲ部 放 水 管

第Ⅲ部 放水管

第5節 洪水吐の設計条件

連ダム地点での設計洪水流量（100年確率流量）は $2,370\text{m}^3/\text{s}$ であり、異常洪水流量は $2,840\text{m}^3/\text{s}$ である。洪水時には $200\text{m}^3/\text{s}$ で洪水調節を開始し、洪水のピーク時には最大 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ を放流する。したがって本ダムの放流設備の設計条件は次の通りである。

- (1) 洪水調節計画における貯水位と放流量の関係を放水管によって満足すること。
- (2) 最低水位EL276mで洪水調節開始流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ を安全かつ確実に放流できること。
- (3) 夏期制限水位EL299mにおいても計画最大放流量 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ を放流できること。
- (4) 洪水時満水位EL317mにおいて設計洪水流量 $2,370\text{m}^3/\text{s}$ を安全かつ確実に放流できること。
- (5) 異常洪水時において洪水時満水位以上の余裕水深を使用して設計洪水流量以上の流量を放流できること。

なお(3)は、シャープな洪水波形に対して処理が行えるよう洪水吐に余裕をもたせたものである。

第6節 放水管の設計

6-1 吐口必要断面

洪水吐設計条件より必要断面積を概算によって求め、圧力制約条件から放水管の断面を決定する。

$$P \geq P_a \dots\dots\dots (6-1)$$

P_1 ; 設計平均圧力, P_a ; 許容最低圧力, P ; ベルマウス末端部局所的降下圧力

$$P = H_1 - C \frac{V_o^2}{2g} \dots\dots\dots (6-2)$$

H_1 ; ベルマウス末端上面標高と設計水位との差（最高水位時約47m）

C ; 圧力降下係数1.15, V_o ; ベルマウス末端部平均流速

$$P_1 = H_1 - (1 + f_e) \frac{V_o^2}{2g}$$

$$(n^2 + f_e + f_d) \frac{V_o^2}{2g} = H_1 + \Delta Z \dots\dots\dots (6-3)$$

ΔZ ; ベルマウス末端中心標高と放水管吐口中心標高との差 $\approx 0.49\text{m}$

f_e ; 入口損失係数 ≈ 0.05 , f_d ; 摩擦損失係数 ≈ 0.013 , n ; 絞り率 $= A_o/A_n$

A_0 ; ベルマウス末端断面積, A_h ; 吐口断面積 ($3.9 \times 3.8 \times 0.98 = 14.53 \text{ m}^2$)

(6-1), (6-2), (6-3)式より,

$$n^2 \geq C F (H_1) - (f_e + f_d)$$

$$F(H_1) = \frac{H_1 + \Delta Z}{H_1 - P_a}$$

$P_a = 0$ とするならば, $F(H_1) = 1.01$

しかるに $n \geq 1.05 \dots\dots\dots (6-4)$

$$A_0 = 14.53 \times 1.05 = 15.25 \text{ m}^2$$

A_0 を高さ 4.3 m, 幅 3.8 m とすれば, $A_0 = 15.69 \text{ m}^2$ となり (6-4) 式を満足する。またベルマウス部の隅取面積は始端で 0.5%, 末端で 4% とし変化曲線はベルマウス末端部でなめらかに接続する様なものを選ぶ。

6-2 管軸の傾斜

放水管の呑口形状を単純にする為、管軸を呑口面に対して直角方向とする。この場合、リセス勾配を考慮して呑口面をコースターゲートガイド面と一致させる。すなわち放水管呑口は堤体上流面から上流へ幾分張出す構造となる。堤頂部コースターゲート操作室をピア前面におくものとして呑口面 (コースターゲートガイド面) の勾配は 1 : 0.04 とする。

6-3 呑口形状

ベルマウス形状は次の様な長円 (楕円) 曲線を用いる。A および B について角形ベルマウスでは放水管の高さあるいは幅 D を用いて $A = \alpha D$, $B = \beta D$ として標準化される。この α と β に関しては種々検討されており、各種の組合わせに対して実験結果が発表されているが、検討されたベルマウスは $\alpha = 0.5 \sim 1.0$, $\alpha/\beta = 3 \sim 4$ のものが大部分を占めている。今 $\alpha = 1.0$, $\beta = 0.25$ として上, 下面とも同じベルマウスを用いるならば, $D = 4.3 \text{ m}$ とすると,

$$\frac{X^2}{D^2} + \frac{Y^2}{(D/4)^2} = 1 \quad \text{すなわち} \quad \frac{X^2}{4.3^2} + \frac{Y^2}{1.075^2} = 1$$

側面に対しては $D = 3.8 \text{ m}$ であるが、長軸半径についても $D = 4.3 \text{ m}$ を採用する。

$$\text{すなわち} \quad \frac{X^2}{4.3^2} + \frac{Y^2}{0.95^2} = 1$$

こうして設計された放水管詳細図を図 3-1 に示す。

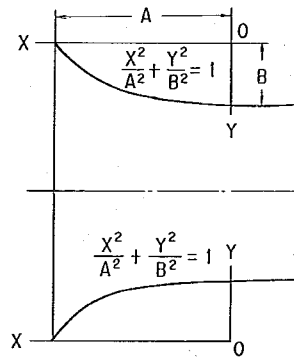


図 5 呑口形状

第7節 放水管下流水路の設計

7-1 下流水路曲線の選定

下流水路形状は吐口からの自由落下曲線で堤体下流面のバケットになめらかに接続するように選定する。自由落下の軸跡方程式は次式で示される。

$$y = \frac{g}{2V_n^2 \cos \theta} x^2 + \tan \theta x$$

$$\tan \theta = 0.04, \cos \theta = 0.9992$$

$$V_o = C\sqrt{2gH_o} = 0.9\sqrt{2 \times 9.8 \times (317 - 268)} = 27.89 \text{ m/s}$$

$$\text{しかるに} \quad y = 0.00632x^2 + 0.04x \dots\dots\dots (7-1)$$

開水路始端付近の底部標高をEL 266mとして自由落下曲線（放水線）とバケット曲線の接点を計算すると $x = 5.0837 \text{ m}$, $y = 1.8367 \text{ m}$ となる。ただし、開水路始端に約15cmの段差が生じる。（図3-2）

7-2 下流バケット底面圧力の推定

バケット底面圧力の近似式は次式で表わされる。

$$\frac{P_b}{W} = h \cos \phi + \left\{ \frac{h(2R+h)}{R^2} \right\} \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

ここで h ; バケット上の水深, ϕ ; 曲線半径

近似的に V は $\sqrt{2gH}$ に等しくとて良い。

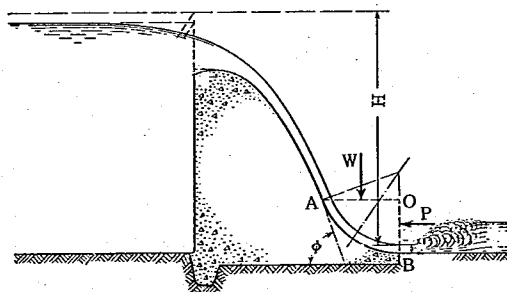


図6 バケット底面の圧力

P と W の作用点はそれぞれ近似的に $O-B$ および $O-A$ の中点を通るものとして良い。上式にて計算すればバケット底面に作用する圧力は最大 25 t/m^2 となる。

第8節 放水管の実験

8-1 放流能力

ゲート全開時と半開時における貯水位～放流量を調査した結果を図3-3に示し、まとめると次表のようになる。

表1 設計案の放流能力

貯水位	必要放流量	実験値	摘要
EL 317m	—	1.234 m ³ /s	
EL 299m	1.000 m ³ /s	969 m ³ /s	計画最大放流量
EL 276m	200 m ³ /s	455 m ³ /s	洪水調節開始流量

表1を見てもわかるように制限水位(EL 299m)での能力が約3%不足している。

8-2 管内および下流水路底面に作用する圧力

管内の圧力測定箇所を図3-4に示してある。管内に発生する局所最低圧力は最低水位EL 276m, ベルマウス終端部で 0.5 t/m^2 と圧力制約条件を満足している。

下流水路底面圧力は, 洪水時満水位EL 317m, ゲート全開時において局所的に -2 t/m^2 の負圧が発生する。実際には主ゲート戸当部に給気孔を設けるのでこの圧力より上昇するはずである。一般に放水管の水理模型実験では空気混入の現象はわずかしき現われぬ。管内の圧力分布について次式で示す圧力降下係数 C で表わすことができる。

$$H_d = C \frac{V^2}{2g}$$

H_d ; 全水頭からピエゾ水頭までの差 (m)
 C ; 圧力降下係数
 V ; ベルマウス末端の平均流速

かかる C について設計案と, 下流に向かって絞りをなくしたものについて調査した結果を表2, 図3-7, 図3-8に示してある。

8-3 下流水路水面形状

下流水路水深についてゲート全開時, 半開時について調査した結果を図3-9に示す。実験資料を見てもわかるように, この流れのフルード数が小さい時には水面は極めて平滑であるが, フルード数が大きくなるにつれて水面は次第に動揺しはじめる。さらにフルード数が増大すると, 流れは横断面内において対称性を失い, かなり不規則な周期で左右いずれか一方の水位が著しく高まるようになる。このような状態でも実験では8-2に述べたように空気の混入はほとんど現われていない。洪水時満水位(EL 317m)のゲート全開時においてトラニオンまでの距離は2mあるので空気混入による水深の増加を見込んでも余裕は十分ありトラニオンへの支障はない。(写真3-3)

第9節 放水管実施設計案

放流能力条件を満足させるよう形状修正について検討を行う。まず形状修正をする前に, 下流に向かって絞らない形状について実験を行い, これに必要な実験資料を入手した。便宜上, 設計案をNo1案, 絞らない形状についてはNo2案とする。

9-1 放水管の諸損失

§1 入口損失

入口損失係数 f_e はベルマウス下流の形状に無関係であり次式にて表わされる。

$$\frac{P_o}{W} = H_e - (1 + f_e) \frac{V_o^2}{2g} \dots\dots\dots (9-1)$$

表 2 圧力降下係数
PRESSURE-DROP COEFFICIENT

設計案 No.1

$\frac{L}{D}$	上面中央	上面隅角	側面中央	底面隅角	底面中央
0	0.341	0.113	0.391	0.109	0.384
0.069	0.518	0.487	0.603	0.484	0.566
0.186	0.554	0.588	0.579	0.573	0.558
0.302	0.691	0.729	0.652	0.748	0.665
0.419	0.808	0.860	0.762	0.858	0.806
0.534	0.911	1.008	0.882	1.013	0.930
0.651	1.001	1.033	0.960	1.089	1.036
0.767	1.052	1.099	1.036	1.156	1.148
0.883	1.013	1.104	1.054	1.166	1.079
1.000	1.025	1.084	1.089	1.201	1.067
1.232	1.045	1.025	1.105	1.127	1.128
1.465	1.034	1.041	1.157	1.169	1.176
1.697	1.021	1.097	1.210	1.320	1.232
1.930			1.276	1.292	1.294
2.023				1.329	1.337
2.162				1.405	1.340
2.395					1.401

設計案 No.1 ゲート開き 3m

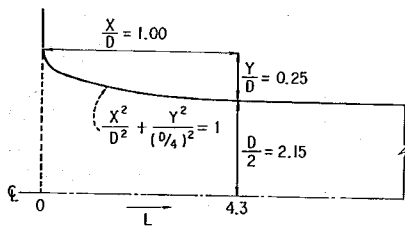
$\frac{L}{D}$	上面中央	上面隅角	側面中央	底面隅角	底面中央
0	0.365	0.129	0.388	0.114	0.386
0.069	0.541	0.500	0.609	0.494	0.568
0.186	0.571	0.606	0.585	0.577	0.561
0.302	0.701	0.747	0.660	0.758	0.673
0.419	0.818	0.874	0.772	0.868	0.816
0.534	0.918	1.019	0.892	1.046	0.944
0.651	1.004	1.040	0.974	1.114	1.056
0.767	1.047	1.099	1.044	1.174	1.183
0.883	1.006	1.096	1.067	1.202	1.118
1.000	1.006	1.066	1.101	1.239	1.111
1.232	1.010	0.974	1.114	1.204	1.215
1.465	0.904	0.926	1.179	1.326	1.345
1.697	0.721	0.835	1.289	1.689	1.569
1.930			1.671	1.954	1.934
2.023				2.176	2.161
2.162				2.619	2.412
2.395					2.958

設計案 No.2 (絞りなし)

$\frac{L}{D}$	上面中央	上面隅角	側面中央	底面隅角	底面中央
0	0.331	0.104	0.372	0.100	0.369
0.069	0.501	0.478	0.585	0.469	0.552
0.186	0.535	0.567	0.554	0.554	0.537
0.302	0.672	0.709	0.637	0.726	0.657
0.419	0.791	0.841	0.739	0.823	0.777
0.534	0.899	0.990	0.856	0.979	0.889
0.651	0.974	1.108	0.929	1.054	0.992
0.767	1.036	1.063	0.999	1.103	1.095
0.883	1.019	1.107	1.017	1.113	1.023
1.000	1.049	1.081	1.032	1.123	0.997
1.232	1.038	1.039	1.020	1.038	1.036
1.465	1.032	1.045	1.055	1.064	1.052
1.697	1.036	1.049	1.080	1.122	1.060
1.930	1.009	1.022	1.067	1.093	1.089
2.162				1.124	1.115
2.395				1.125	1.119

設計案 No.1 ゲート開き 2m

$\frac{L}{D}$	上面中央	上面隅角	側面中央	底面隅角	底面中央
0	0.395	0.170	0.433	0.164	0.429
0.069	0.568	0.353	0.652	0.533	0.722
0.186	0.605	0.663	0.630	0.621	0.607
0.302	0.733	0.760	0.707	0.798	0.722
0.419	0.846	0.888	0.817	0.917	0.862
0.534	0.943	1.029	0.932	1.078	0.996
0.651	1.029	1.065	1.014	1.164	1.105
0.767	1.074	1.107	1.087	1.228	1.233
0.883	1.029	1.111	1.118	1.255	1.182
1.000	1.020	1.074	1.142	1.288	1.179
1.232	1.020	1.025	1.142	1.297	1.306
1.465	0.861	0.897	1.206	1.465	1.498
1.697	0.700	0.755	1.310	2.010	1.900
1.930			1.648	2.768	2.777
2.023				3.426	3.393
2.162				4.891	4.431
2.395					6.806



$$H_d = C \frac{v^2}{2g}$$

- H_d : 全水頭からピエゾ水頭までの差, m
 C : 圧力降下係数
 $\frac{v^2}{2g}$: ベルマウス末端部の速度水頭, m

設計案 No.1 ゲート開き 1m

$\frac{L}{D}$	上面中央	上面隅角	側面中央	底面隅角	底面中央
0	0.375	0.136	0.375	0.136	0.375
0.069	0.559	0.525	0.614	0.491	0.580
0.186	0.593	0.614	0.594	0.593	0.593
0.302	0.716	0.764	0.696	0.784	0.716
0.419	0.832	0.887	0.798	0.900	0.832
0.534	0.935	1.023	0.935	1.057	0.969
0.651	1.023	1.057	1.023	1.105	1.105
0.767	1.092	1.091	1.071	1.194	1.228
0.883	1.037	1.091	1.091	1.242	1.194
1.000	1.023	1.071	1.105	1.296	1.173
1.232	0.955	1.071	1.125	1.310	1.330
1.465	0.853	1.037	1.207	1.501	1.549
1.697	0.614	0.866	1.296	2.094	2.047
1.930			1.549	3.240	3.377
2.023				4.400	4.516
2.162				7.982	7.416
2.395					20.377

ここで $\frac{P_o}{W}$; ベルマウス末端部平均圧力, H_e ; 貯水位とベルマウス末端断面中心までの標高差,

$\frac{V_o}{2g}$; ベルマウス末端部の流速水頭, f_e ; 入口損失係数

貯水池面とベルマウス末端部との間にベルヌーイの定理を適用して, 入口損失係数 f_e を求めれば次式にて示される。

$$f_e = \frac{2g(H_e - P_o/W)}{V_o^2} - 1 \quad \dots\dots\dots (9-1)$$

№1案と№2案の平均値をとって, $f_e = 0.05$

§ 2 摩擦損失と出口形状損失

ダムの放水管内の流れの損失は入口損失のほか摩擦損失, 出口形状損失が支配的である。出口形状損失は, 絞りの形状によって決まる損失である。これらの損失係数を用いると放水管の放流量は次式で与えられる。

$$Q = \frac{A_o}{\sqrt{n^2 + f_e + f_f + f_d}} \sqrt{2gH_e} \quad \dots\dots\dots (9-2)$$

ここで Q ; 放流量, H_e ; 有効水頭, $n = \frac{A_o}{A_n}$, A_o ; ベルマウス末端断面積,

A_n ; 吐口断面積, f_e ; 入口損失係数, f_f ; 摩擦損失係数, f_d ; 出口形状損失係数

この時流量係数 C_a は次式で定義される。

$$C_a = \frac{n}{\sqrt{n^2 + f_e + f_f + f_d}} \quad \dots\dots\dots (9-3)$$

実験資料より, 吐口高さ 3.9 m (№1案) の場合ゲート全開時流量係数は, 制限水位で $C_a = 0.91$ であ

り吐口高さ 4.3 m (№2案) の場合は $C_a = 0.95$ となる。

上記のデータを用いて損失量を逆算すると表4の通りである。

吐口の高さ 4.3 m の場合 $f_d = 0$ としてよいから, 吐口の高さ 3.9 m の場合。

$$f_d = 0.246 - 0.105 = 0.141 \quad \text{となる。}$$

ここで $f_e = 0.05$ であつたから

$$\text{№1案} \dots\dots\dots f_f + f_d = 0.196$$

$$\text{№2案} \dots\dots\dots f_f + f_d = 0.055 \quad (f_d = 0)$$

表4 摩擦損失と出口形状損失

吐口高さ	3.9 m	4.3 m
C_a	0.91	0.95
n	1.089	0.987
$f_e + f_f + f_d$	0.246	0.105

9-2 実施設計案の圧力に関する制約条件

放水管内の流速が20m/secを超える貯水位EL 300m以上のゲート全開時の実験データを用いて圧力の検

討を行うことにする。実験結果を整理すると表5の通りである。

表5 圧力に関する制約条件

形 状	No 1 案 (設計案)		No 2 案 (絞りなし)	
貯 水 位 EL m	305.99 m	317.05 m	317 m	307 m
最低圧力を生じる位置のピエゾ水頭	276.30 m	277.40 m	266.34 m	267.14 m
放 流 量	359.5 m ³ /s	411.5 m ³ /s	467.6 m ³ /s	416.6 m ³ /s
* 流 速 水 頭	26.78 m	35.09 m	45.31 m	35.96 m
** C	1.11	1.13	1.12	1.11

* $V_0^2/2g$

** 圧力降下係数

ここで圧力降下係数 $C = 1.13$ とし、貯水位 EL 299 m、および EL 317 m で最低圧力を生じるベルマウス末端のピエゾ位置(上面隅角部)で、圧力が0になる放流量を算出する。

$$\text{夏期制限水位 } H'_e = \frac{299 - 270.5}{1.13} = 25.3 \text{ m} \quad Q = \sqrt{\frac{2gH'_e}{C}} \cdot A_o = \sqrt{2 \times 9.8 \times 25.3} \times 15.69 = 349 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{洪水時満水位 } H'_e = \frac{317 - 270.5}{1.13} = 41.2 \text{ m} \quad Q = \sqrt{\frac{2gH'_e}{C}} \cdot A_o = \sqrt{2 \times 9.8 \times 41.2} \times 15.69 = 445 \text{ m}^3/\text{sec}$$

よって放水管の放流量が貯水位 EL 299 m で $349 \text{ m}^3/\text{sec}$ (3条では $1047 \text{ m}^3/\text{sec}$) 以下、貯水位 EL 317 m で $445 \text{ m}^3/\text{sec}$ (3条では $1335 \text{ m}^3/\text{sec}$) 以下であれば圧力制約条件は満足される事になる。

9-3 実施設計案の管内損失と放流能力の推定

実施設計案として図3-10に示すような修正形状について検討を行うことにする。§1で入口損失係数は $f_e = 0.05$ であった。実施設計案の吐口の高さは4.1 mとしているから、 f_d はNo 1案とNo 2案の中間値と考えてよい。

$$\text{すなわち} \quad f_d \approx 0.07$$

$$\therefore f_e + f_f + f_d = 0.176$$

この損失係数を考慮して放流量を推定すると制限水位以上では $C_a \approx 0.93$ となり、このとき放流量は(9-2), (9-3)式から表6のようになる。

この結果、放流能力条件と圧力制約条件は、ともに満足されたことになる。

表6 実施設計案の放流能力

貯 水 位	EL 299 m	EL 317 m
1条放流量	341 m ³ /sec	429 m ³ /sec
3条放流量	1023 m ³ /sec	1287 m ³ /sec

9-4 実施設計案の管内圧力

ベルマウス末端部の速度水頭について実験結果を整理すると表7の通りである。

表7 ベルマウス末端の速度水頭

ゲート状態	設計案 No. 1	実施設計案
ゲート全開時	$\frac{V_o^2}{2g} = 0.741H_e - 0.890$	$* \frac{V_o^2}{2g} = 0.816H_e - 0.865$
ゲート開き1m	$\frac{V_o^2}{2g} = 0.029H_e + 0.053$	} 設計案No.1を適用
ゲート開き2m	$\frac{V_o^2}{2g} = 0.110H_e + 0.114$	
ゲート開き3m	$\frac{V_o^2}{2g} = 0.277H_e - 0.026$	

* 9-3で考慮した損失をもとに推定した。

H_e ; 貯水位からベルマウス末端断面中心までの標高差 (m)

§1 ベルマウス末端断面の管内平均圧力

$$\begin{aligned} \text{ゲート全開時において} \quad \frac{P_b}{W} &= H_e - (1 + f_e) \frac{V_o^2}{2g} \quad f_e \approx 0.05 \\ &= (7.58 + H_e) - 1.05 \frac{V_o^2}{2g} \dots\dots\dots (9-4) \end{aligned}$$

または近似式 $\frac{P_b}{W} = 0.143H_e + 0.92$ が得られる。(9-4)式で算出した平均圧力分布 図3-11に示してある。

§2 ベルマウス末端部局所的降下圧力

局所的降下圧力はゲート全開時について次式にて表わされる。

$$\begin{aligned} \frac{P_o}{W} &= H_p - C \frac{V_o^2}{2g} & H_p & \text{ ; 貯水位から上面隅角部までの標高差} \\ & & C & \text{ ; 圧力降下係数} \\ C &\approx 1.10 & V_o & \text{ ; ベルマウス末端部の平均流速} \\ & & & \\ &= H_p - 1.10 \frac{V_o^2}{2g} & & \\ &\dots\dots\dots (9-5) & & \end{aligned}$$

また、他の部分の圧力も C と $V_o^2/2g$ が与えられるから、同様にして求めることができる。この場合、 C は実験値を用いればよい。

第 10 節 下流水路面形状の選定

放水管下流端にある主ゲート进行操作すると、ゲート下流の閉じこめられた空間にある空気が、高速水流によって連行される為、流水断面積が増加するとともにゲート下流の気圧は低下し不安定になる。このような気圧の低下と変動はゲート振動の原因になったり、キャビテーションが発生しやすくなるなどの悪影響を及ぼす事になる。そこで下流水路については流下断面を確保するために下流に向って水路断面を拡大し、さらに給気管を設けて圧力を正常に保つとともに下流からの空気の流通を考慮し形状を選定する必要がある。

従来上壁面の縦断形状は一定した曲率の円弧が多く用いられているが、この形状を選ぶ積極的な理由はない。要するに下流に向って断面を拡大すれば支障はないので、本ダムにおいては一定した勾配の直線とした。

第 11 節 放水管出口上面に設けるディフレクター

ディフレクターの高さは放水管出口での越流水の流速、堤体下流面勾配およびトラフの長さが与えられれば、ディフレクターからの越流水脈の自由落下軌道が、トラフ下流端より外側に出るように計算することによって与えられる。しかし実際には越流部から放流された水脈はピアー末端から隣接する径間からの水脈と相互に干渉し、導流部での水脈厚の推定はむずかしい。それで過去の実験資料をもとにして基本形状を決め比較実験を行い、最適寸法を決定した。

図 3-12 に示される 3 種類について機能を調査した結果Ⅱ、Ⅲ型はトラフを十分跳ねており、トラフ下流の流れも比較的安定している。よってⅡ型案が実施設計案として適切であろう。(写真 3-4)。

第 12 節 主ゲートにかかる水圧荷重 (平時)

$$\sin \alpha = \frac{5.5}{7.5} = 0.7333$$

$$\alpha = 47.1665^\circ$$

$$\sin \beta = \frac{1.305}{7.5} = 0.1740$$

$$\beta = 10.0204^\circ$$

$$\theta = \alpha - \beta = 37.1461^\circ$$

$$\theta^{\text{Rad}} = 0.6483217$$

$$R_v = \frac{R^2}{2} (\theta^{\text{Rad}} - \sin \theta) + (l_2 - l_1)$$

$$\left(H - \frac{h}{2}\right) = 125.13 \text{ t/m}$$

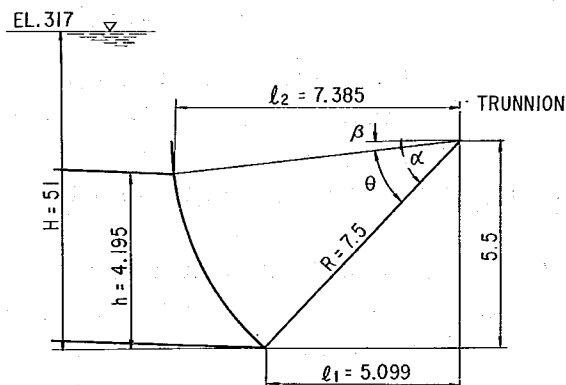
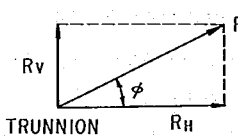


図 7 主ゲートにかかる水圧荷重

$$R_H = \left(H - \frac{h}{2} \right) h = 205.146 \text{ t/m}$$

$$\text{合成力 } R = \sqrt{R_V^2 + R_H^2} = 240.297 \text{ t/m}$$

$$\text{全荷重 } P = R \times B = 913.1 \text{ t} \quad (B; \text{受圧幅})$$



$$\tan \phi = \frac{R_V}{R_H} = \frac{125.131}{205.146} = 0.6099607$$

$$\therefore \phi = 31.38155^\circ$$

第13節 主ゲート半開時放流能力曲線

連ダムで計画されているようなⅡ型放水管(ラジアルゲート)のゲート半開時の放流能力曲線は種々理模型実験の結果から次式で与えられる事が知られている。(土木研究所資料第997号P63)

$$Q = C_g C_a A \sqrt{2gH_e}$$

$$C_g = 0.814 G (1 - 0.355 G^2 + 0.531 G^4)$$

Q ; 放流量, C_a ; 全開時流量係数, C_g ; 補正係数, G ; ゲート開度

A ; 吐口断面積, H_e ; 有効水頭

放水管水理模型実験結果と比較検討を行った結果, この式は十分適用出来ることがわかった。しかる連ダムで計画されている実施設計案(吐口高さ4.1m, 吐口断面積14.930 m^2)に適用される半開時能力曲線(1条)として次式が実用的である。(P-13)

$$Q = \alpha \sqrt{2g(H-268.24)}$$

$$\alpha = 2.78 G_o (1 - 0.0211 G_o^2 + 0.00188 G_o^4)$$

* G_o ; ゲート開き(m), H ; 貯水位(EL, m), Q ; 1条当りの放流量(m^3/sec)

* ここではゲート下端から放水管底面までの垂直距離

第14節 低水位放水管(必要空気量の検討)

連ダムには低水位放水管の設置が計画されている。この放水管の目的機能は主としてコンジットゲート微小開度放流を避けるものであるが, その他死水域の水の入れ換え, 有効利用あるいは緊急時の貯水位等々にも相当の効果が期待出来る。

この種の放水管は高水頭下の高濁度水放流という相当苛酷な条件下で使用されるので, 流量制御用ゲートの選択には特に注意を要する。すなわちゲート操作時弁体が流水に晒されるバルブ等は, この種の設備で適当ではない。

蓮ダムでは種々の検討の結果、主ゲートにジェットフローゲート、副ゲートにリングフローゲートを採用するものとしている。

ジェットフローゲートは高水頭下での半開操作が可能な流量調節用ゲートである。このゲートは高圧スライドゲート的一种であるが、ゲート上流部に設けられたオリフィスの縮流効果により流水を戸溝から剥離させ、戸溝部に発生し易いキャビテーションを防止できる構造となっている。ゲートからの放出水流は高速開水路流であるので空気を連行し混相流となって白濁状態で下流トンネルを流下することになる。

本節はこのトンネルに供給すべき空気の量を算定し、放流設備の機能を維持するのに必要な給気設備の規模について検討を加えたものである。

実験に使用した模型は幾何学的縮尺 $1/10$ の透明アクリル製トンネル水路及びオリフィス内径 180 mm の鋼鉄製ジェットフローゲートである。(図3-13)

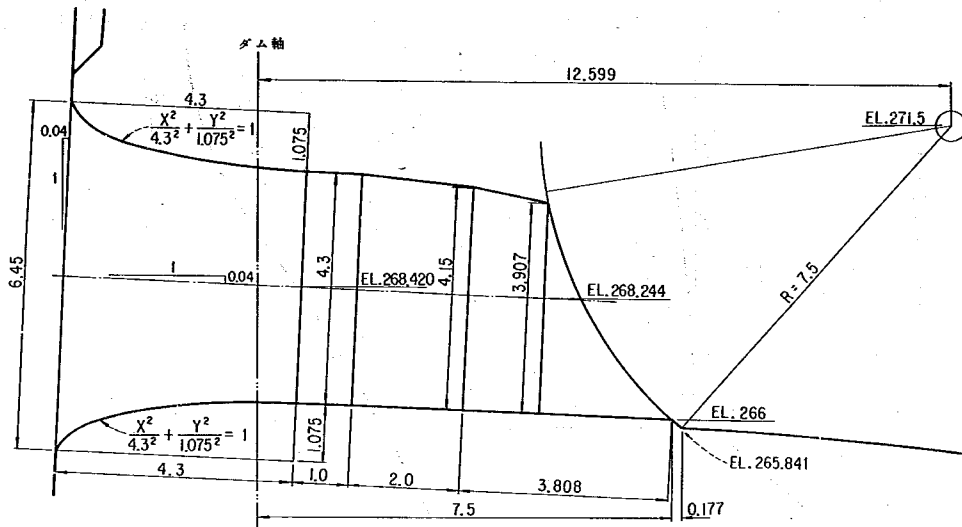
実験結果を検討整理すると表8に示すものとなる。気液混相流に対する相似性については種々の論議がある所であるが、蓮ダムに設置される低水位放水管下流水路に供給すべき給気量は次式にて算定し、最大 $50\text{ m}^3/\text{sec}$ と考えればよいであろう。

$$Q_{a\max} = 1.6 Q_{W, 50}$$

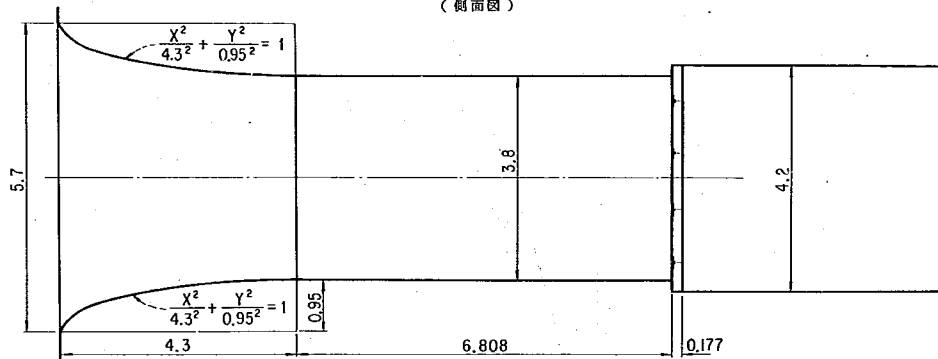
$Q_{a\max}$; 必要最大給気量, $Q_{W, 50}$; 開度 50% 時の最大放流量

表 - 8 Jet Flow Gate 下流トンネル必要給気量

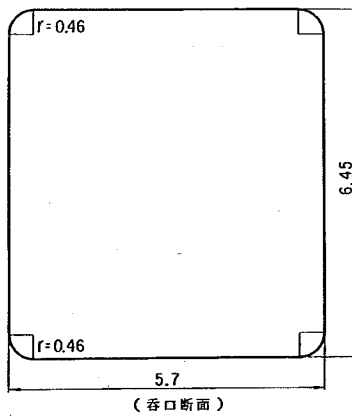
ケース 1									ケース 2									
ゲート 開 度	放流量 (ℓ/sec)	給気量 (ℓ/sec)	速度水頭 (m)	圧力水頭 (m)	総水頭 H_g (m)	$\sqrt{2gH_g}$ (m/sec)	流量係数 C	給気量 放流量	ゲート 開 度	放流量 (ℓ/sec)	給気量 (ℓ/sec)	速度水頭 (m)	圧力水頭 (m)	総水頭 H_g (m)	$\sqrt{2gH_g}$ (m/sec)	流量係数 C	給気量 放流量	
100%	465	160	17.04	4.57	21.61	20.58	0.888	0.344	100%	105	27	0.86	0.35	1.21	4.87	0.847	0.257	
	428	135	14.43	3.89	18.32	18.94	0.888	0.315		150	49	1.77	0.80	2.57	7.10	0.830	0.327	
	410	151	13.24	3.28	16.52	17.99	0.895	0.368		200	89	3.14	1.20	4.34	9.22	0.852	0.445	
90	450	232	15.96	10.62	26.58	22.82	0.775	0.516		255	156	5.12	1.81	6.93	11.65	0.860	0.612	
	430	242	14.57	9.52	24.09	21.72	0.778	0.563		300	191	7.08	2.07	9.15	13.39	0.880	0.637	
	390	217	11.98	8.33	20.31	19.95	0.768	0.556		300	188	7.09	2.12	9.21	13.43	0.877	0.626	
	355	185	9.93	7.09	17.02	18.26	0.764	0.521		360	237	10.20	2.71	12.91	15.91	0.889	0.658	
	325	182	8.32	5.17	13.49	16.26	0.786	0.560		90	285	139	6.40	4.17	10.57	14.39	0.778	0.487
80	412	292	13.37	15.79	29.16	23.90	0.677	0.709		330	146	8.53	5.88	14.46	16.83	0.770	0.442	
	390	270	11.98	13.70	25.68	22.43	0.683	0.692		80	265	146	5.52	7.03	12.55	15.68	0.664	0.550
	365	251	10.50	12.14	22.64	21.06	0.681	0.688		300	154	7.09	8.66	15.75	17.56	0.671	0.518	
	325	229	8.32	9.73	18.05	18.80	0.679	0.705		60	200	114	3.15	13.81	16.96	18.23	0.431	0.570
	280	204	6.18	6.82	13.00	15.96	0.689	0.729		230	122	4.16	17.23	21.39	20.47	0.441	0.530	
60	310	371	7.57	27.83	35.40	26.34	0.463	1.197		50	160	82	2.01	16.62	18.63	19.10	0.329	0.517
	298	330	7.00	25.18	32.18	25.11	0.467	1.107		185	83	2.69	20.65	23.34	21.38	0.340	0.448	
	278	330	6.09	22.37	28.46	23.61	0.463	1.187		40	120	75	1.13	19.43	20.56	20.07	0.234	0.625
	230	289	4.17	16.02	20.19	19.89	0.455	1.257		140	89	1.54	24.94	26.48	22.78	0.241	0.635	
	200	251	3.15	11.94	15.09	17.19	0.457	1.255		20	40	74	0.12	24.45	24.57	21.94	0.071	1.850
50	245	377	4.73	33.13	37.86	27.24	0.354	1.539		50	94	0.19	30.56	30.75	24.54	0.079	1.880	
	232	364	4.24	30.19	34.43	25.97	0.351	1.569		(注1) ケース1は「Jet Flow Gate に関する基礎実験」(京都試験所で継続実施中)からの抜粋であり、下流トンネル形状は径200mmの円形断面で長さ5000mmである。 (注2) ケース2で使用した下流トンネル断面は連ダムで計画されているものと同断面で長さ3000mmである。(幾何学的縮尺 1/10) (注3) 速度水頭、圧力水頭、総水頭はゲート直上流における値である。 (注4) 流量係数Cは放流量を放流速度 $\sqrt{2gH_g}$ 及びオリフィス断面積で除した値である。(図3-14)参照。								
	215	364	3.64	24.49	28.13	23.48	0.360	1.693										
	185	298	2.70	17.70	20.40	19.99	0.364	1.611										
	160	242	2.02	16.34	18.36	18.96	0.322	1.513										
40	178	371	2.50	36.89	39.39	27.78	0.252	2.084										
	170	330	2.28	34.37	36.65	26.80	0.249	1.941										
	157	283	1.94	29.59	31.53	24.85	0.248	1.803										
	145	254	1.66	23.80	25.46	22.33	0.255	1.752										
	120	188	1.13	18.85	19.98	19.78	0.238	1.567										
20	60	264	0.28	42.90	43.18	29.09	0.081	4.400										
	60	239	0.28	40.70	40.98	28.34	0.083	3.983										
	57	232	0.26	35.15	35.41	26.34	0.085	4.070										
	50	167	0.20	27.69	27.89	23.38	0.084	3.340										
	45	126	0.16	23.15	23.31	21.40	0.083	2.800										



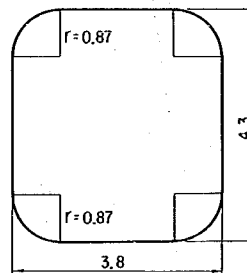
(側面図)



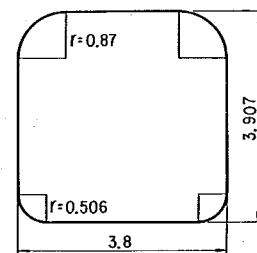
(管軸平面圖)



(吞口断面)



(ベルマウス末端断面)



(吐口断面)

圖 3-1 放水管設計案

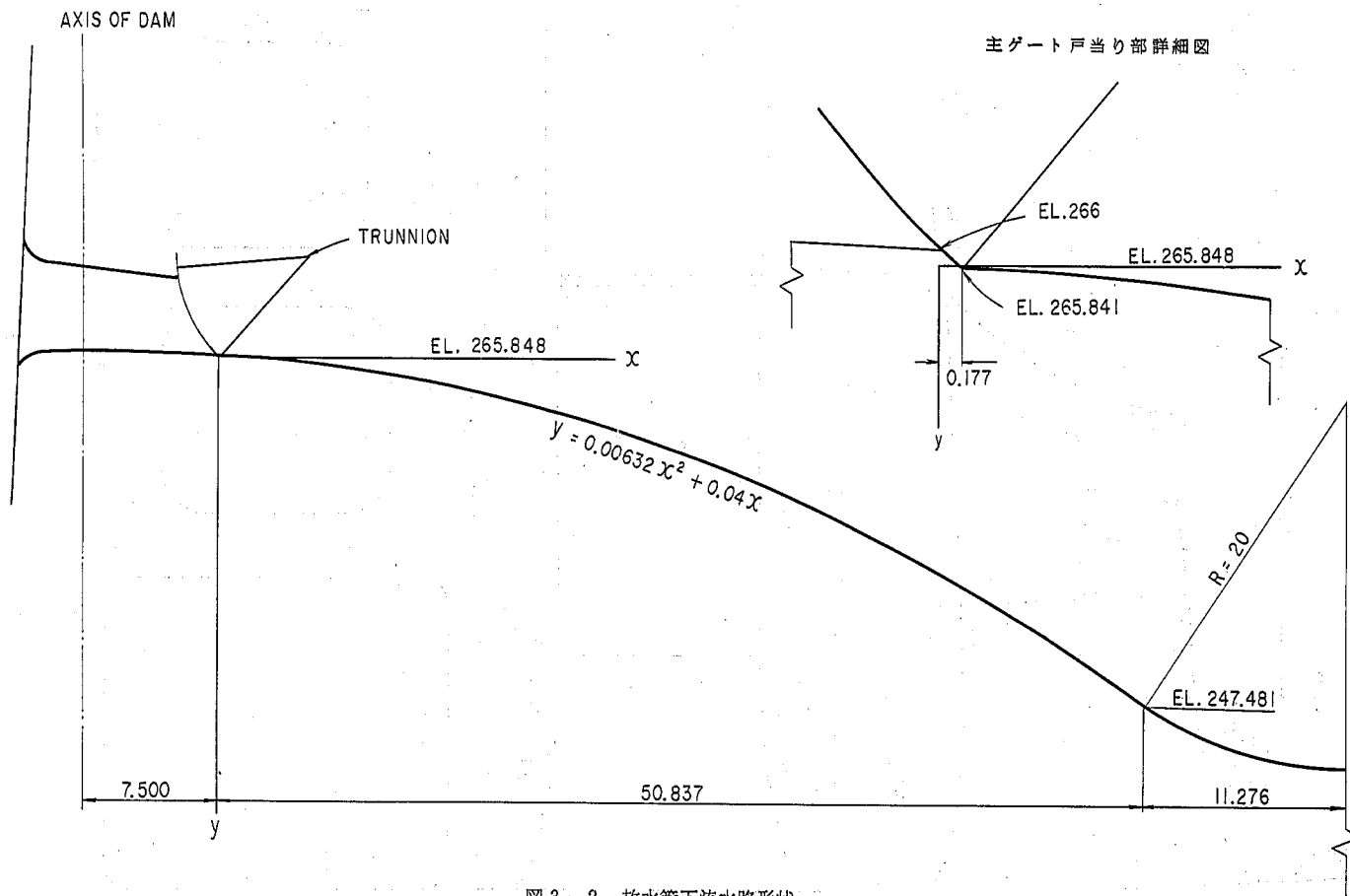


図 3 - 2. 放水管下流水路形状

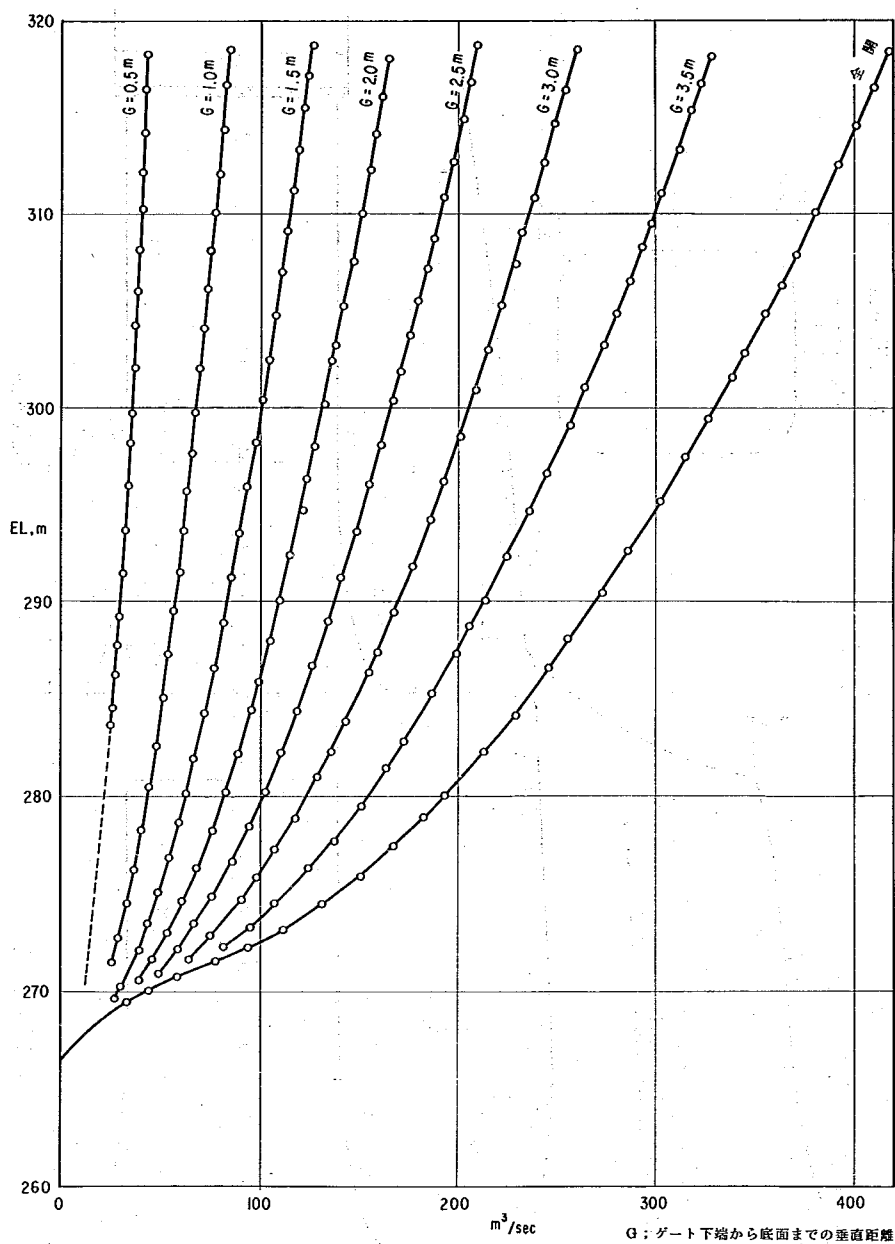


図3-3 放水管の放流能力

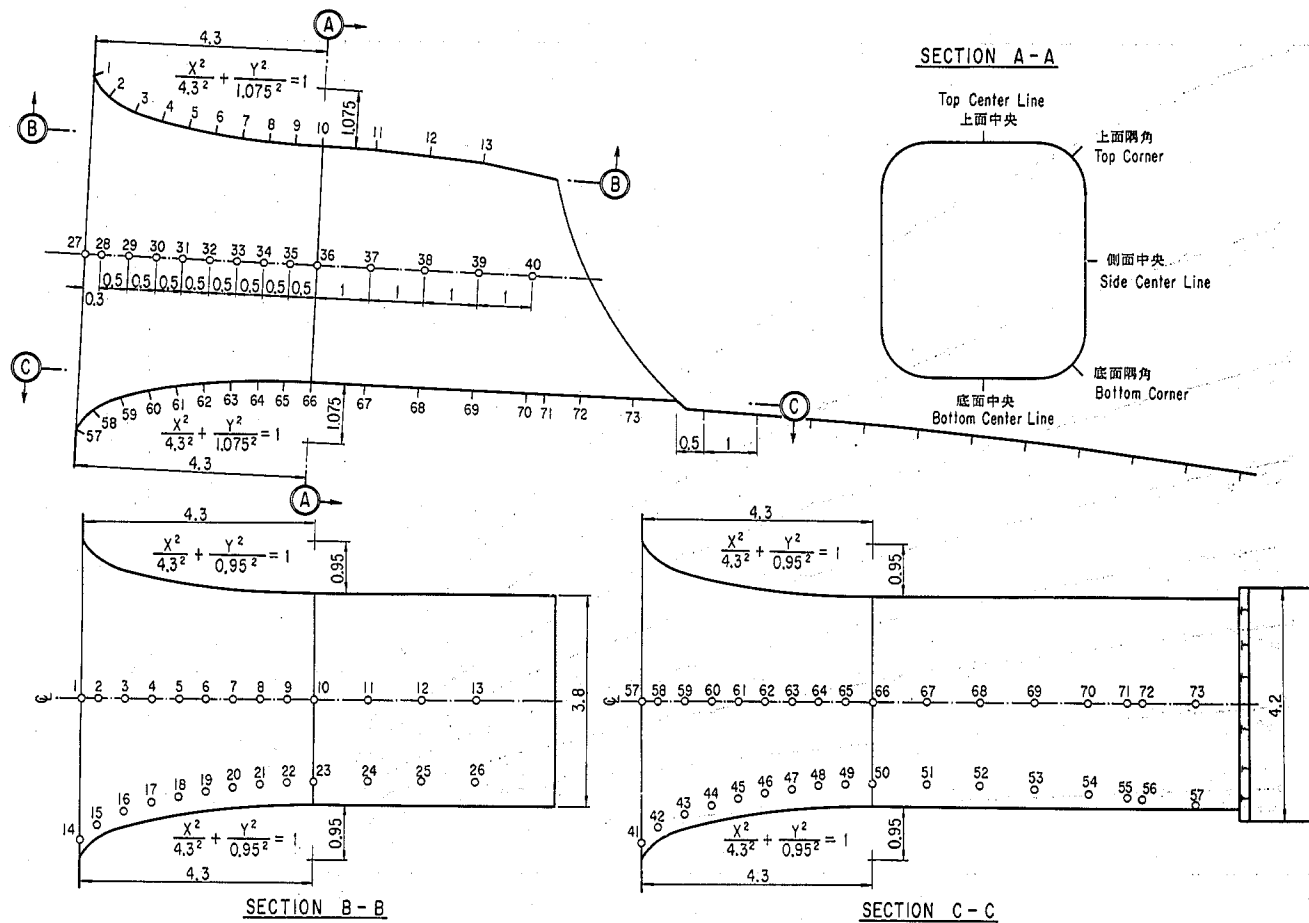


図 3-4 排水管内圧力の測定位置

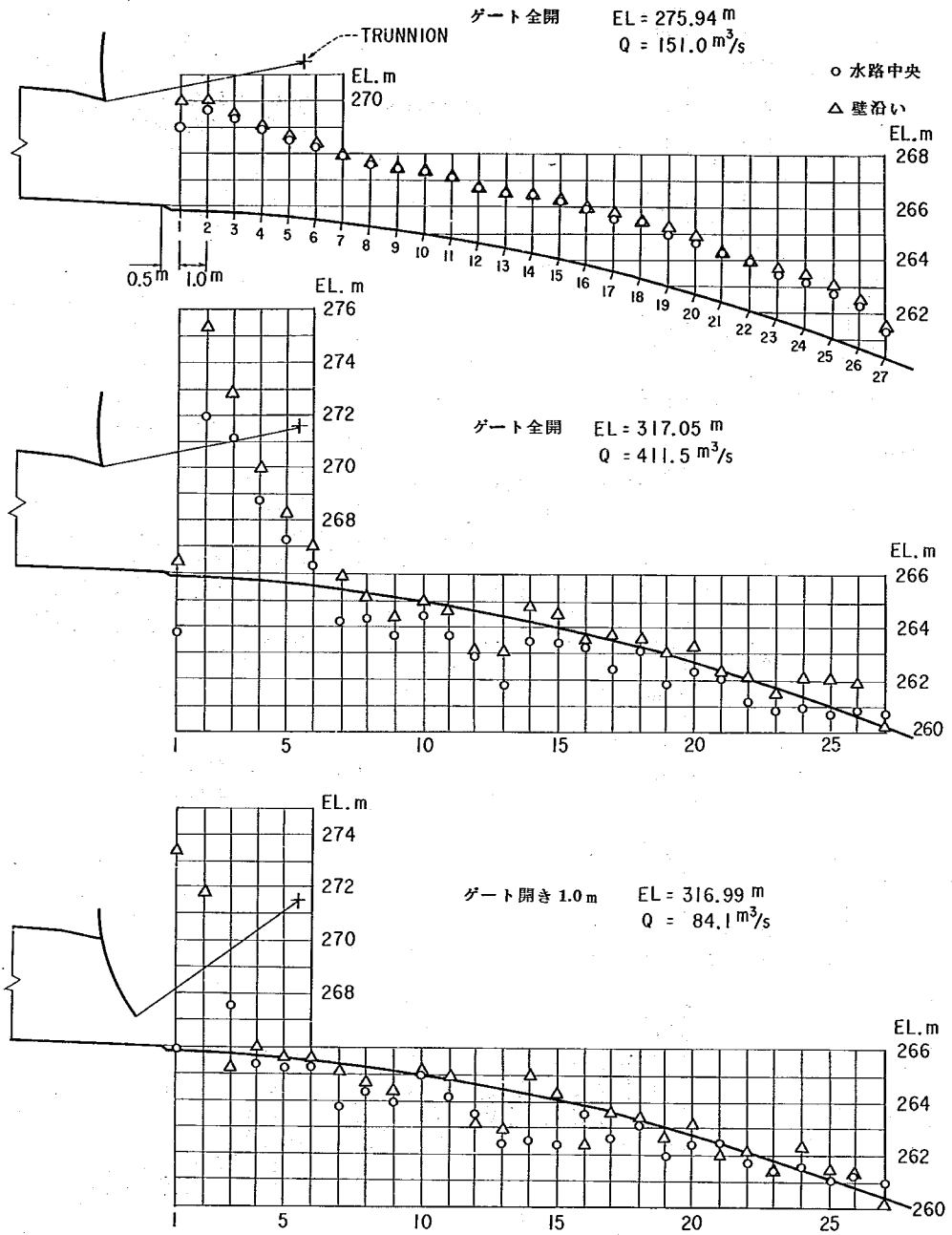


図 3-5 放水管下流水路底面作用圧力 1

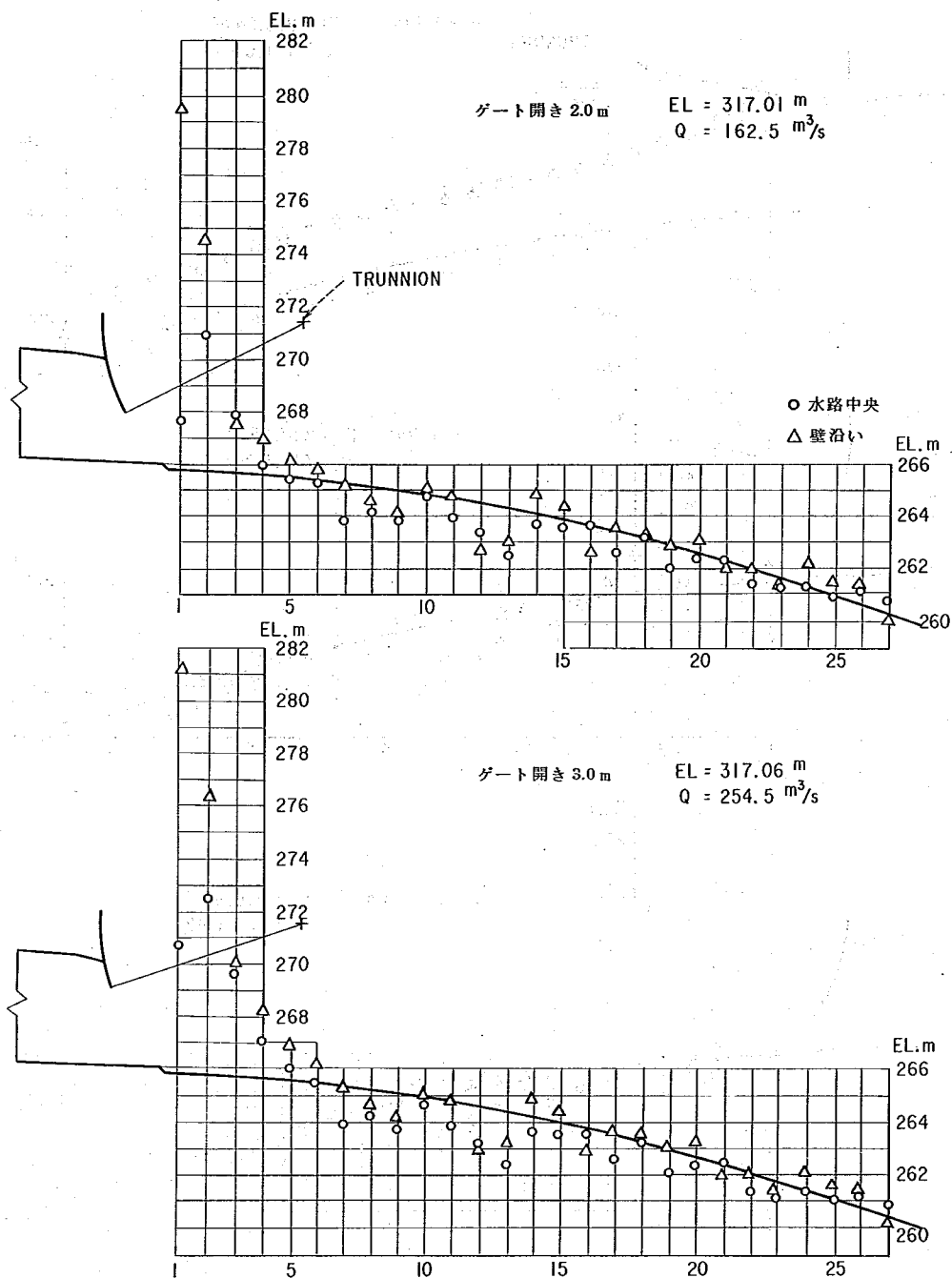


図 3-6 放水管下流水路底面作用圧力 2

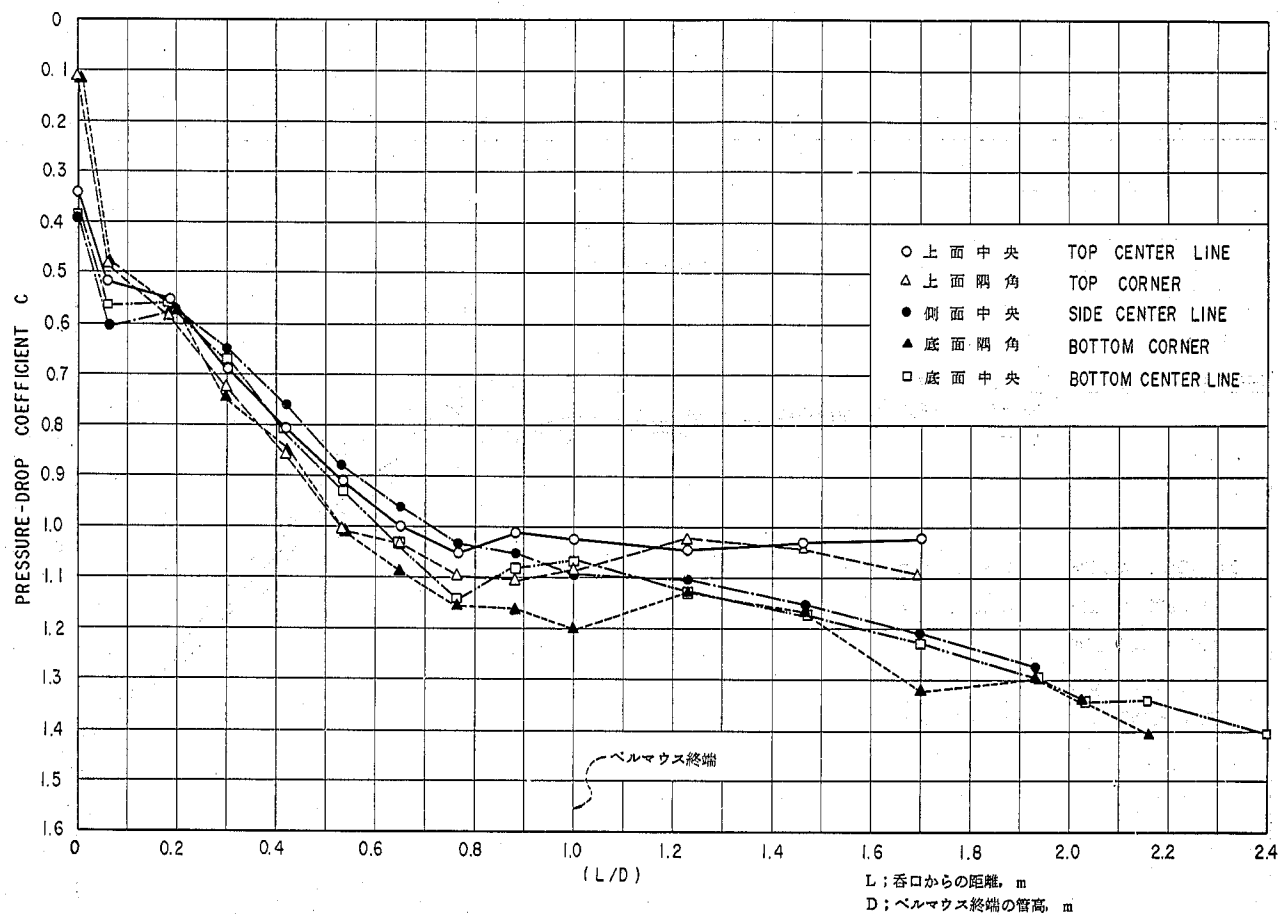


図 3-7 圧力降下係数 (設計案)

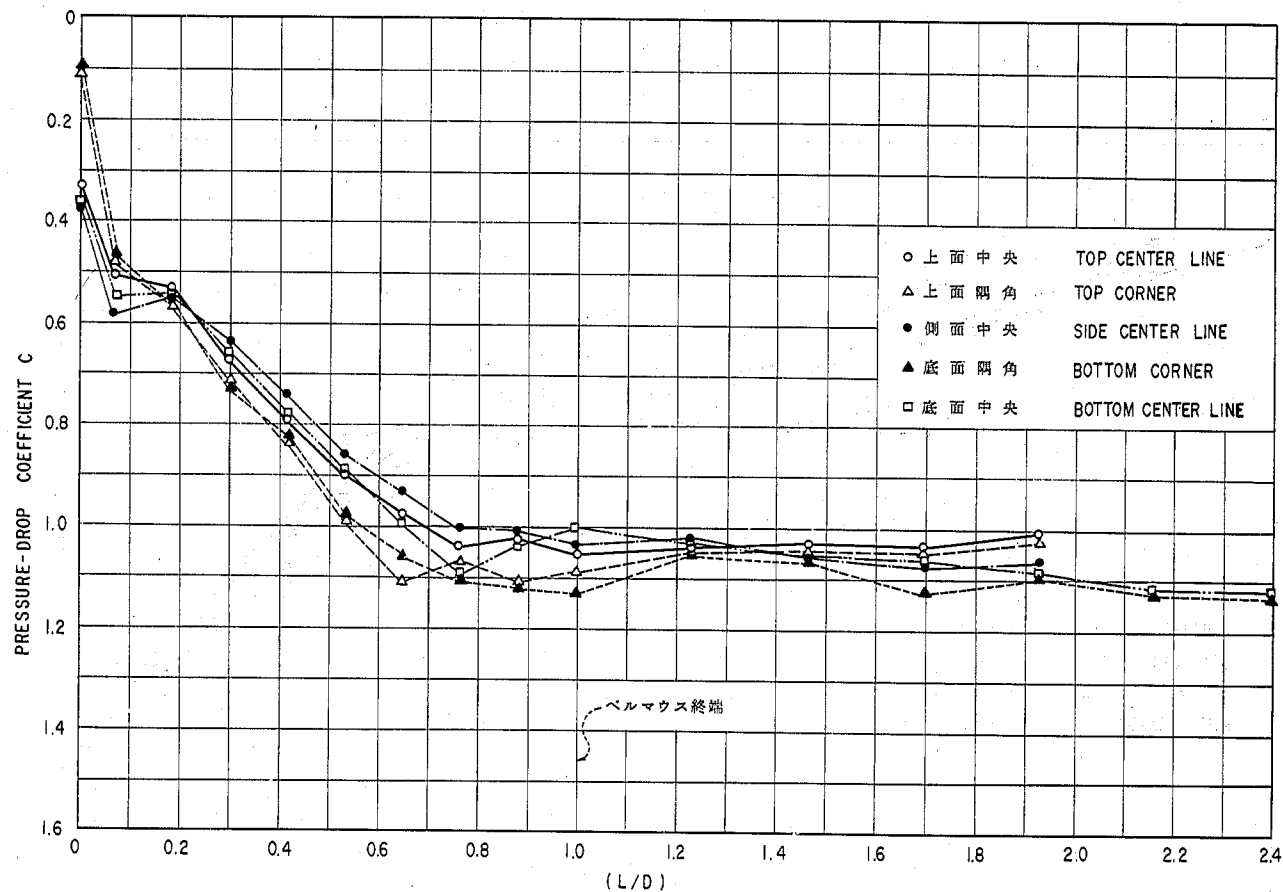


図 3-8 圧力降下係数 (絞りなし)

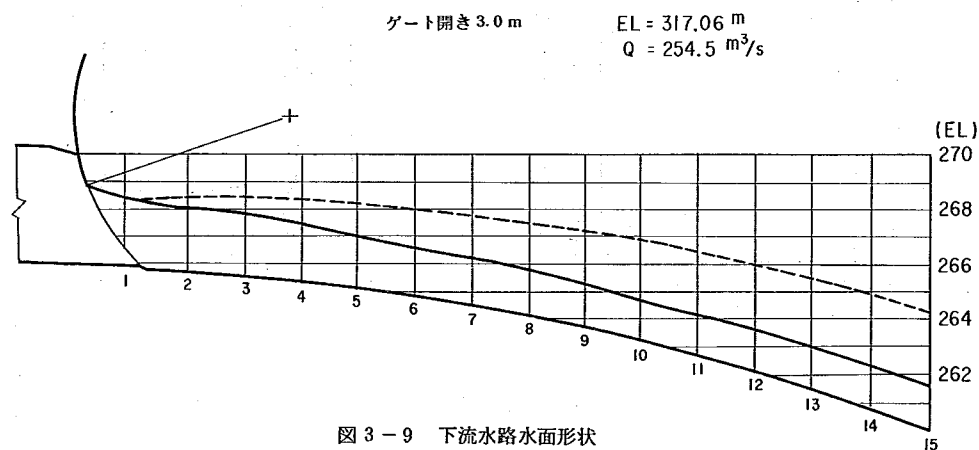
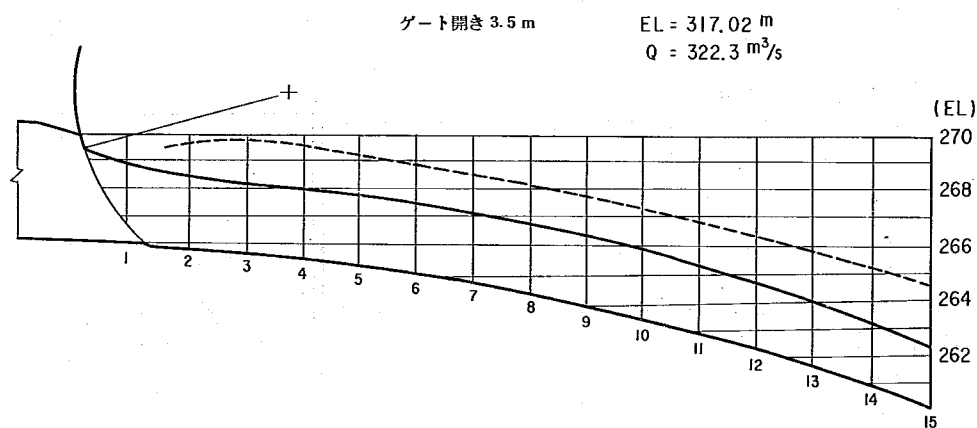
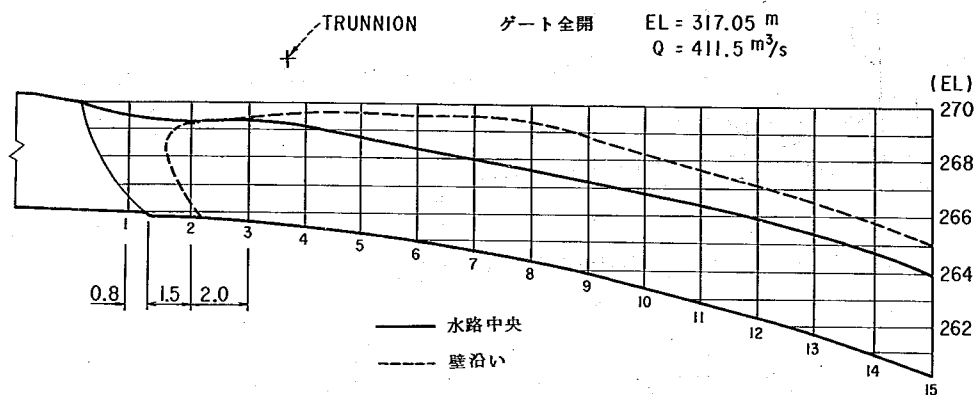


図 3-9 下流水路水面形状

第三部 放水管

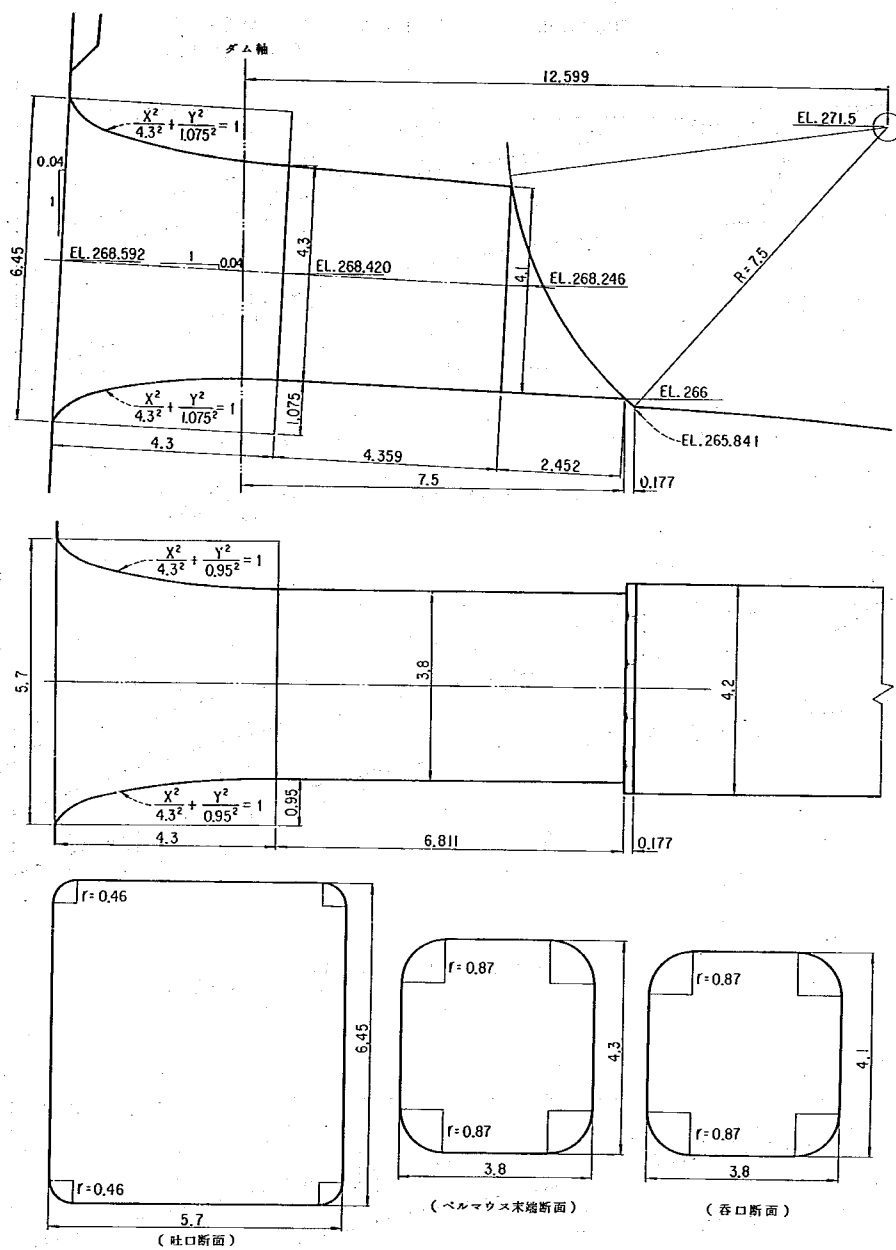


図3-10 放水管修正案

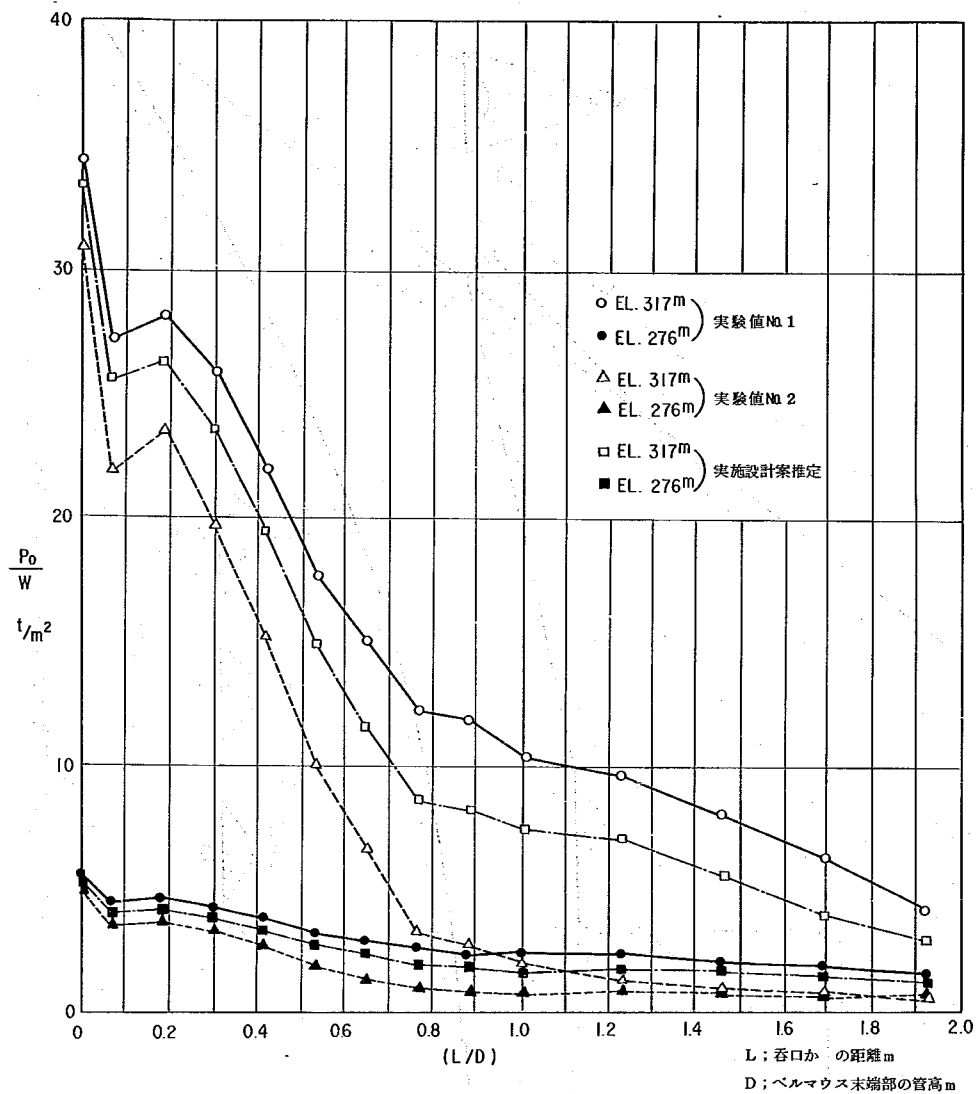


図3-11 管内平均圧力分布図

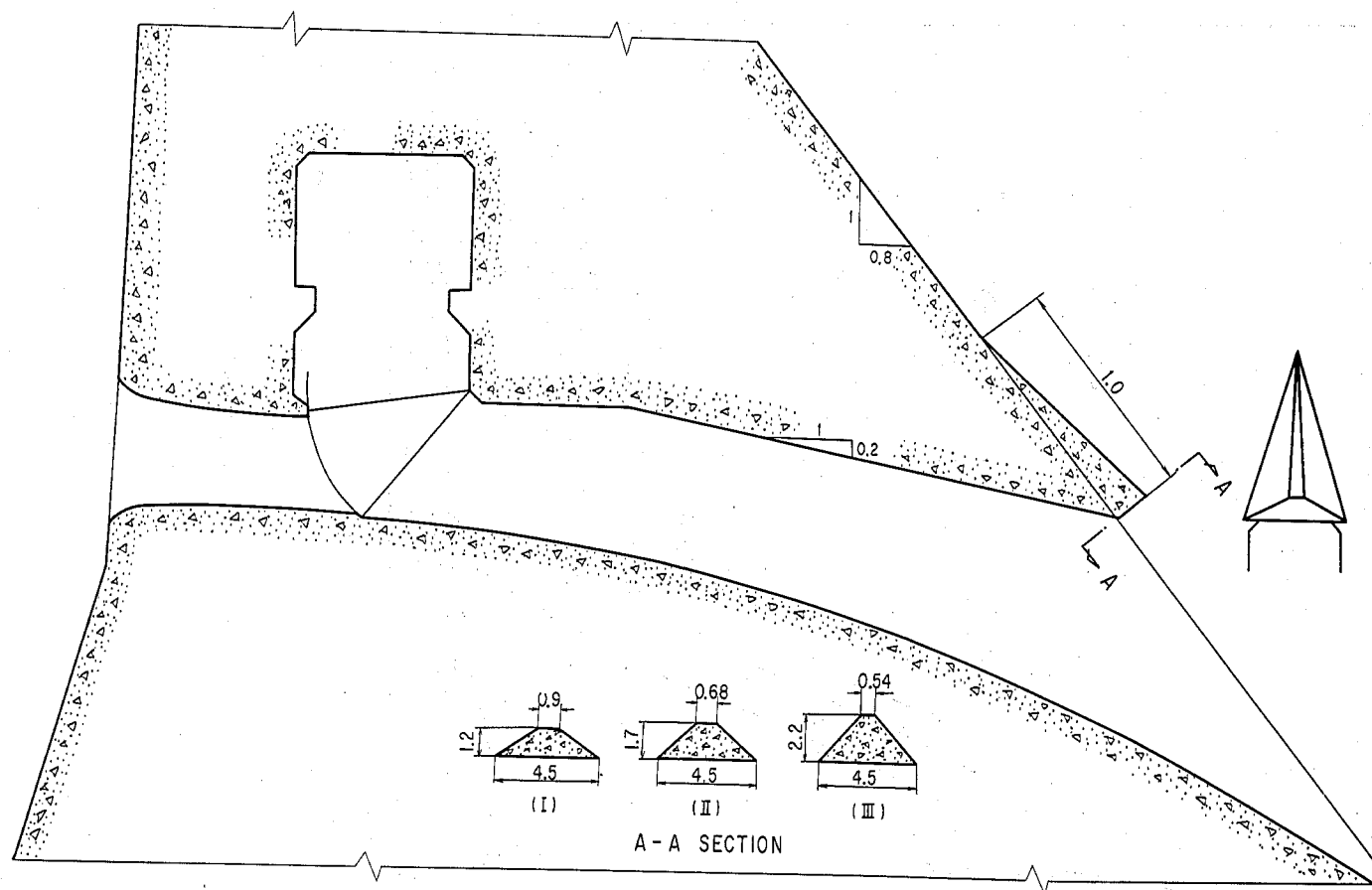


図3-12 放水管出口上面に設けるディフレクター

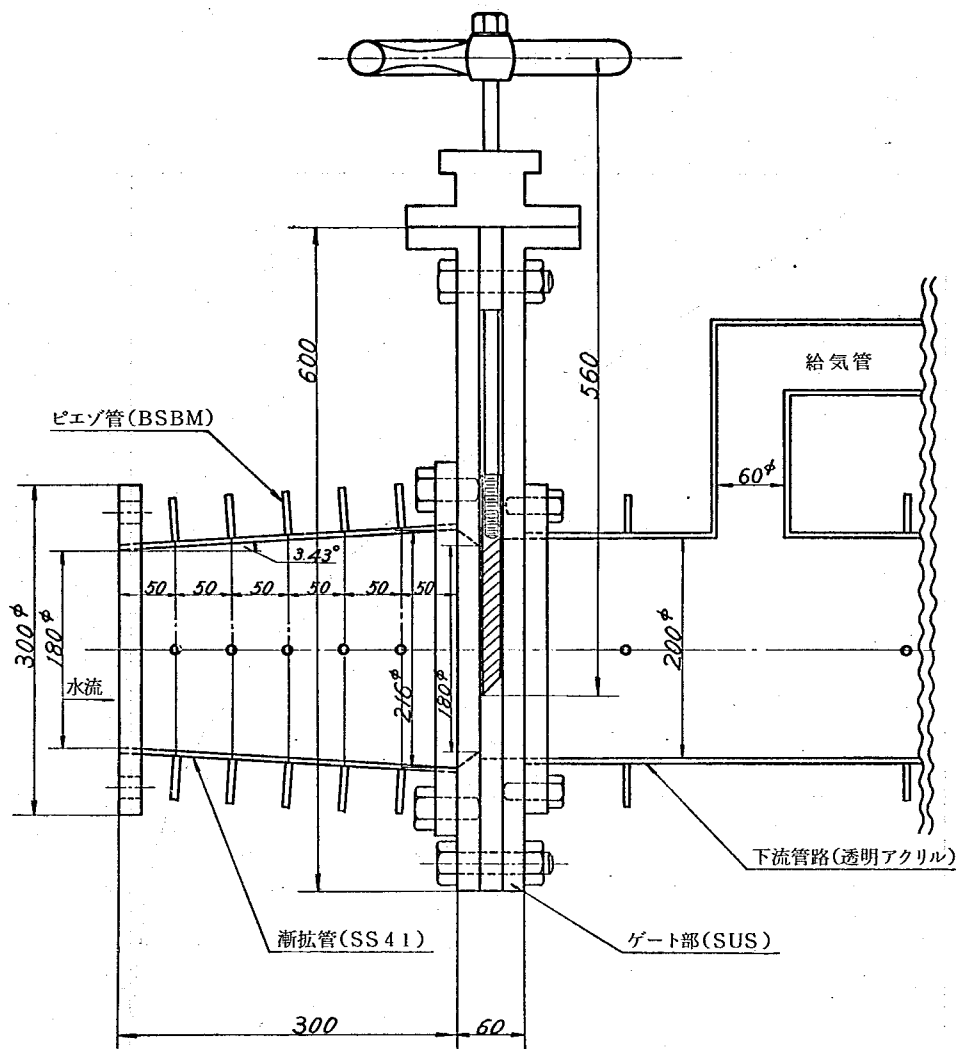


図3-13 ジェットフローゲート

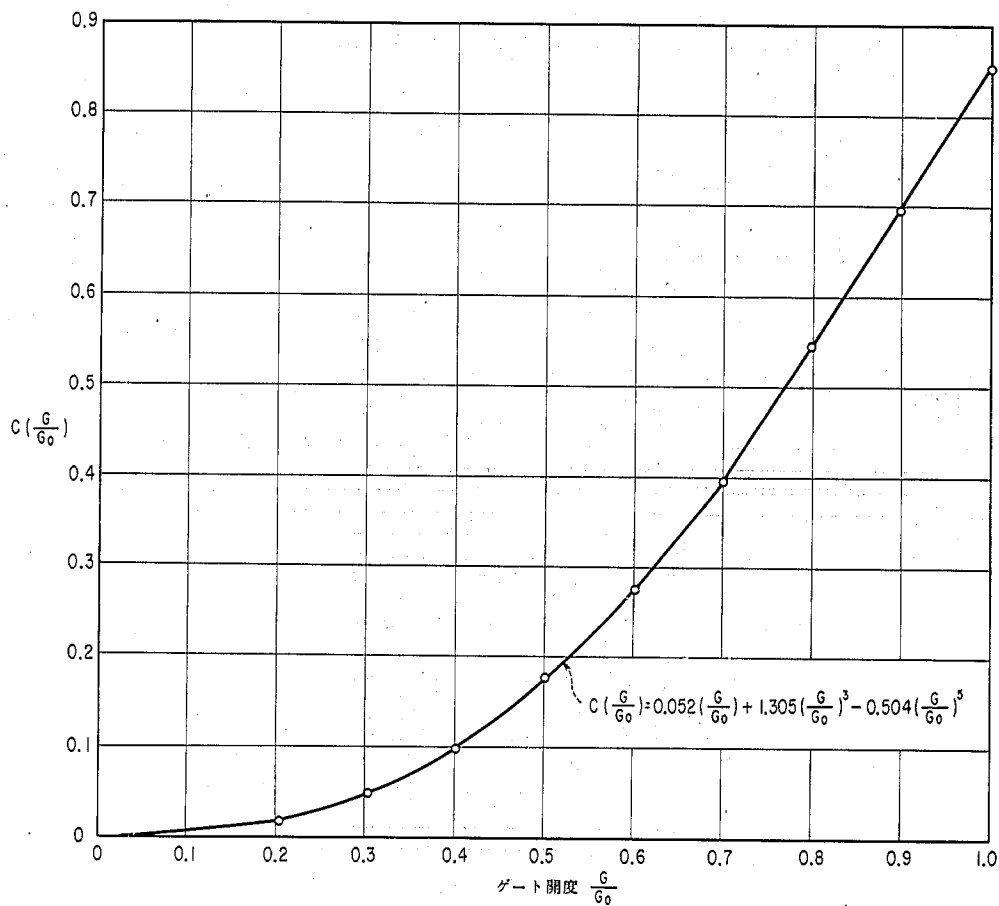
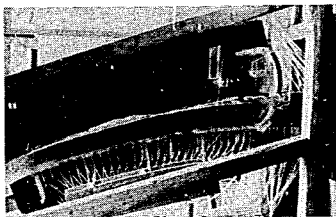


図 3-14 ジェットフローゲートの流量係数 (ケース 1)

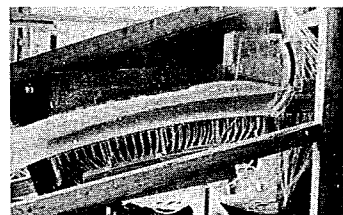
貯水位 EL276m

貯水位 EL317m

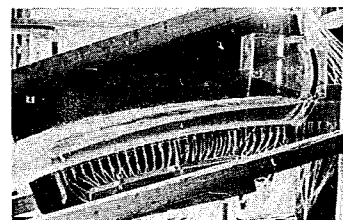
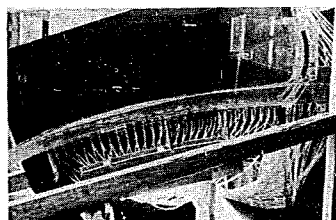
ゲート全開



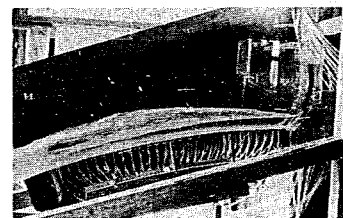
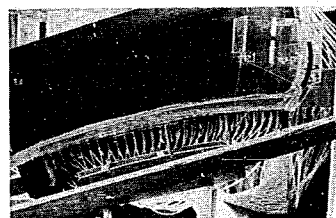
ゲート開き
3.5 m



ゲート開き
3 m



ゲート開き
2 m



ゲート開き
1 m

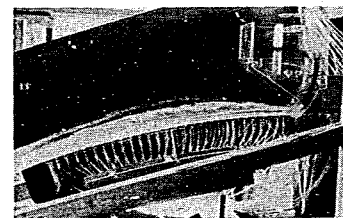
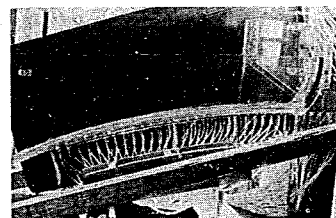
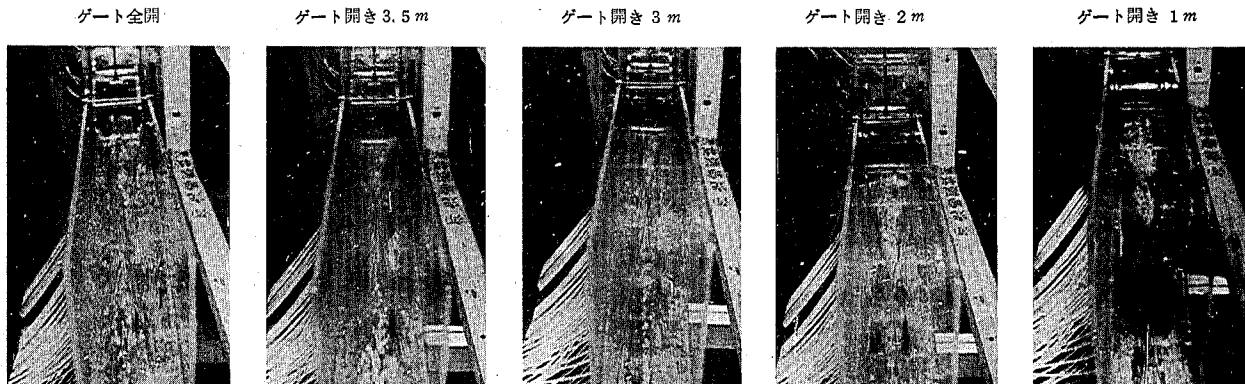


写真3-1 ゲート開きによる下流水路の流況1

貯水位
EL 276 m



貯水位
EL 317 m

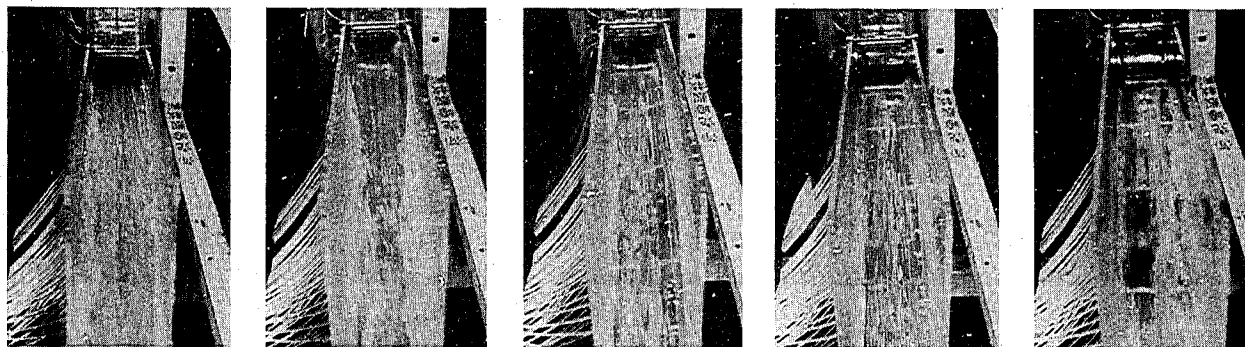
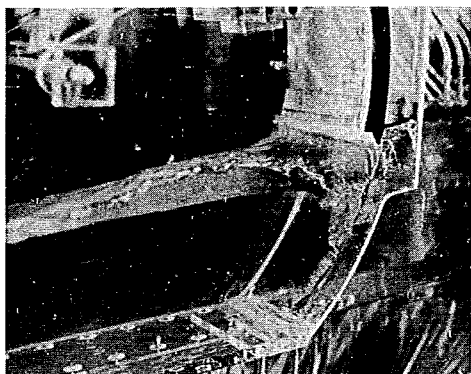
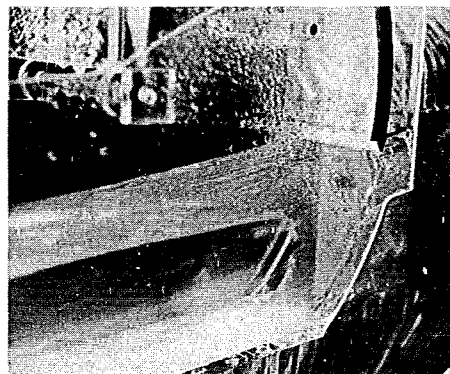


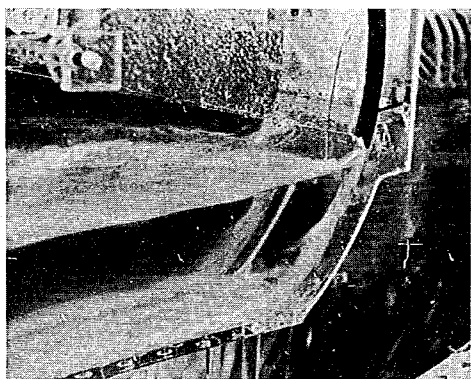
写真 3-2 ゲート開きによる下流水路の流況（設計案）2



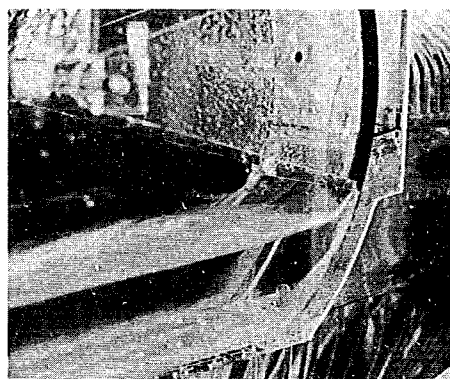
ゲート全開, 貯水位 E L 2 7 6 m



ゲート開き, 貯水位 E L 3 1 7 m



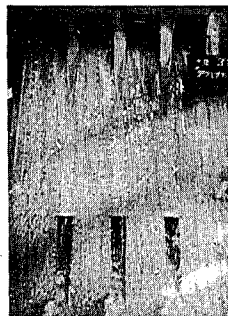
ゲート開き, 3.5 m, 貯水位 E L 3 1 7 m



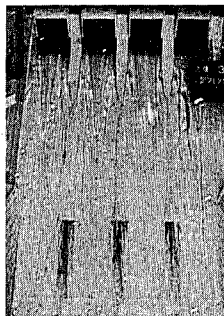
ゲート開き, 3 m, 貯水位 E L 3 1 7 m

写真 3-3 ゲートトラニオン付近の流況 (設計案)

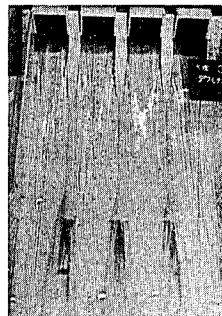
ディフレクター無し



ディフレクター：Ⅰ



ディフレクター：Ⅱ



ディフレクター：Ⅲ

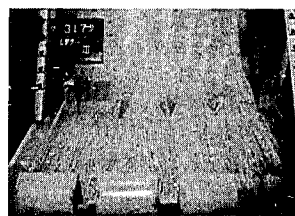
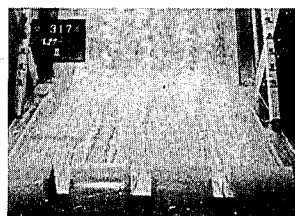
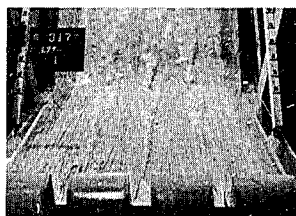
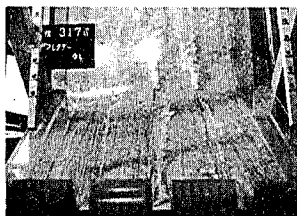
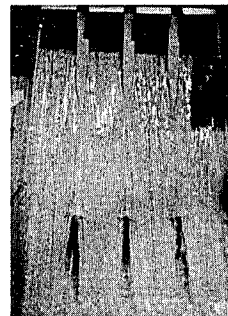


写真 3-4 ディフレクターの規模による流況比較

越流部の流量 $Q = 1600 m^3/sec$

資3-1 放水管の放流能力(1条当り)

全 開		* 3.5 m		3.0 m		2.5 m		2.0 m	
貯水池水位	放 流 量	貯水池水位	放 流 量	貯水池水位	放 流 量	貯水池水位	放 流 量	貯水池水位	放 流 量
26941	3347	27229	8177	27166	6460	27094	4938	27061	4014
27004	4475	27329	9599	27286	7596	27220	5922	27166	4633
27074	5875	27444	10789	27476	9093	27345	6799	27306	5400
27159	7816	27629	12477	27589	9911	27494	7697	27636	6897
27221	9438	27781	13789	27729	10789	27669	8666	27465	6189
27314	11265	27969	15186	27896	11808	27846	9508	27834	7613
27449	13198	28154	16409	28104	12977	28079	10468	28031	8333
27591	15102	28286	17286	28239	13625	28231	11055	28231	8986
27751	16802	28536	18696	28394	14389	28449	11905	28451	9581
27894	18312	28740	19818	28664	15526	28681	12696	28599	9966
28014	19311	28814	20515	28746	15933	28919	13462	28809	10487
28234	21220	29019	21339	28951	16780	29131	14078	29026	10998
28424	22824	29234	22389	29184	17685	29374	14912	29251	11536
28661	24564	29464	23578	29426	18515	29616	15548	29481	12141
28811	25588	29669	24416	29626	19243	29819	16149	29646	12417
29046	27215	29916	25563	29859	20049	30039	16714	29811	12796
29264	28508	30101	26321	30119	20820	30191	17109	30026	13239
29516	30166	30324	27240	30301	21481	30379	17529	30256	13625
29754	31342	30486	27859	30526	22125	30560	17908	30331	13810
29951	32506	30649	28586	30744	22848	30731	18402	30531	14202
30156	33740	30824	29215	30906	23188	30878	18787	30769	14681
30281	34293	30956	29716	31089	23775	31086	19266	31006	15122
30481	35324	31111	30086	31271	24218	31274	19679	31239	15590
30631	36195	31339	31020	31471	24788	31499	20212	31416	15848
30789	36989	31531	31693	31641	25212	31686	20609	31616	16192
31006	37845	31671	32126	31844	25815	31881	20937	31809	16453
31246	39113	31819	32643						
31441	40015								
31656	40894								
31831	41691								

* ゲート開き(放水管底面から垂直の距離)

1.5 m		1.0 m		0.5 m		貯 水 位		全 開	
貯水池水位	放 流 量	貯水池水位	放 流 量	貯水池水位	放 流 量	貯 水 位	放 流 量	流量係数	
26964	2720	27154	2564	28366	2446	2720	893	0.704	
27024	3028	27271	2891	28456	2552	2740	1255	0.806	
27214	3877	27446	3308	28628	2768	2760	1516	0.843	
27344	4404	27631	3702	28776	2817	2780	1732	0.860	
27514	4938	27831	4096	28921	2953	2800	1922	0.871	
27688	5430	28054	4418	29141	3154	2820	2095	0.879	
27871	5953	28261	4806	29371	3334	2840	2257	0.886	
28029	6348	28511	5145	29599	3477	2860	2410	0.891	
28201	6783	28729	5400	29831	3516	2880	2550	0.895	
28436	7277	28955	5690	29981	3595	2900	2684	0.898	
28666	7765	29159	5985	30211	3729	2920	2810	0.900	
28896	8194	29371	6157	30429	3756	2940	2938	0.904	
29128	8631	29574	6380	30606	3877	2960	3055	0.906	
29359	9057	29771	6655	30821	3918	2980	3170	0.908	
29606	9453	29981	6881	31036	4055	3000	3281	0.910	
29839	9855	30206	7045	31224	4110	3020	3390	0.912	
30046	10151	30411	7210	31429	4221	3040	3494	0.913	
30254	10487	30621	7444	31649	4249	3060	3596	0.915	
30481	10789	30811	7596	31834	4348	3080	3698	0.917	
30711	11093	31011	7799			3100	3790	0.917	
30929	11381	31206	8039			3120	3887	0.919	
31301	11671	31441	8212			3140	3979	0.920	
31336	11944	31666	8386			3160	4070	0.921	
31561	12219	31850	8543			3180	4156	0.922	
31721	12397								
31884	12616								

資 3-2 放水管ゲート全開時管内圧力資料 1

ピエゾメーター No EL, m	Q = 1510 m ³ /s EL 27594m		Q = 2400 m ³ /s EL 28586m		Q = 3053 m ³ /s EL 29599m		Q = 3595 m ³ /s EL 30599m		Q = 4115 m ³ /s EL 31705m		
	ピエゾ/EL	圧力	ピエゾ/EL	圧力	ピエゾ/EL	圧力	ピエゾ/EL	圧力	ピエゾ/EL	圧力	
上 面 中 央 (Top Center Line)											
1	27181	27470	289	28158	977	28898	1717	29633	2452	30428	3247
2	27140	27368	227	27955	814	28573	1432	29190	2049	29860	2719
3	27115	27345	229	27915	799	28513	1397	29100	1984	29738	2622
4	27099	27280	181	27753	654	28248	1149	28733	1634	29253	2154
5	27086	27223	136	27615	528	28023	936	28420	1333	28850	1763
6	27077	27175	098	27490	413	27828	751	28140	1063	28488	1411
7	27069	27133	068	27388	318	27648	578	27888	818	28170	1100
8	27063	27108	044	27325	261	27545	481	27763	699	28010	946
9	27059	27120	060	27368	308	27625	565	27885	825	28173	1113
10	27056	27120	063	27363	307	27595	538	27835	778	28095	1038
11	27052	27115	062	27293	240	27630	577	27710	657	28083	1030
12	27041	27118	077	27345	304	27580	539	27805	764	28063	1022
13	27037	27123	085	27363	325	27603	565	27848	810	28120	1082
上 面 隅 角 (Top Corner)											
14	27167	27550	382	28445	1277	29370	2202	30283	3115	31290	4122
15	27125	27370	244	28003	877	28665	1539	29270	2144	29975	2849
16	27098	27333	235	27873	775	28435	1337	29003	1905	29625	2527
17	27079	27263	183	27705	625	28175	1095	28628	1548	29135	2055
18	27065	27200	135	27553	488	27918	853	28288	1223	28665	1600
19	27054	27133	079	27373	319	27633	579	27883	829	28130	1076
20	27045	27115	064	27340	294	27585	539	27823	777	28088	1042
21	27038	27088	049	27275	236	27473	434	27658	619	27740	701
22	27034	27080	046	27265	231	27453	419	27630	596	27810	776
23	27031	27093	062	27290	259	27490	459	27683	652	27860	829
24	27027	27113	083	27335	308	27615	588	27868	841	28138	1111
25	27015	27115	099	27335	319	27568	552	27795	779	28043	1027
26	27012	27090	078	27270	258	27453	441	27638	626	27840	828
側 面 中 央 (Side Center Line)											
27	26859	27418	559	28125	1266	28805	1946	29555	2696	30315	3456
28	26858	27313	455	27858	1000	28420	1562	28995	2137	29590	2732
29	26856	27325	471	27888	1034	28468	1614	29050	2196	29675	2821
30	26854	27288	434	27798	944	28330	1476	28853	1999	29443	2589
31	26852	27238	386	27665	813	28118	1266	28553	1701	29055	2203
32	26850	27185	335	27520	670	27880	1030	28228	1378	28623	1773
33	26848	27150	302	27425	577	27725	877	28013	1165	28355	1507
34	26846	27115	269	27338	492	27575	729	27810	964	28070	1224
35	26844	27100	256	27318	474	27545	701	27773	929	28038	1194
36	26842	27090	248	27278	436	27470	628	27670	828	27878	1036
37	26838	27085	247	27260	422	27438	600	27620	782	27815	977
38	26834	27058	224	27200	366	27338	504	27483	649	27640	806
39	26830	27030	200	27135	303	27240	410	27350	520	27458	628
40	26826	26995	171	27053	229	27115	291	27183	359	27253	429

放水管ゲート全開時管内圧力資料 2

ピエゾメーター EL (m)	Q = 1510 ml/s EL 275.94m		Q = 2400 ml/s EL 285.86m		Q = 3053 ml/s EL 295.99m		Q = 3595 ml/s EL 305.99m		Q = 4115 ml/s EL 317.05m		
	ピエゾ/EL	圧力	ピエゾ/EL	圧力	ピエゾ/EL	圧力	ピエゾ/EL	圧力	ピエゾ/EL	圧力	
底 面 隅 角 (Bottom Corner)											
41	26550	27543	993	28455	1905	29385	2835	30320	3770	31310	4760
42	26590	27368	778	28005	1415	28650	2060	29313	2723	29998	3408
43	26613	27325	711	27898	1284	28483	1869	29070	2456	29700	3086
44	26628	27245	617	27683	1055	28138	1510	28598	1970	29090	2462
45	26638	27190	551	27555	916	27930	1291	28303	1664	28700	2061
46	26645	27120	474	27365	719	27625	979	27885	1239	28168	1522
47	26650	27088	438	27273	623	27475	825	27678	1028	27895	1245
48	26653	27060	407	27208	555	27350	697	27470	817	27628	975
49	26653	27050	396	27183	529	27323	669	27463	809	27645	991
50	26652	27045	392	27165	512	27265	612	27315	662	27423	770
51	26648	27065	417	27233	585	27395	747	27583	935	27775	1127
52	26642	27050	408	27180	538	27320	678	27458	816	27608	966
53	26635	26983	347	27003	367	27023	387	27053	417	27055	419
54	26627	26993	365	27035	407	27075	447	27135	507	27173	545
55	26624	26973	349	26988	364	27008	384	27038	414	27068	444
56	26618	26938	319	26890	271	26853	234	26828	209	26830	211
底 面 中 央 (Bottom Center Line)											
57	26537	27405	868	28125	1588	28868	2331	29583	3046	30368	3831
58	26575	27325	750	27905	1330	28500	1925	29095	2520	29745	3170
59	26596	27333	730	27918	1322	28520	1924	29068	2472	29778	3182
60	26608	27280	671	27785	1176	28300	1691	28833	2224	29400	2791
61	26617	27220	603	27615	998	28025	1408	28440	1823	28875	2258
62	26622	27160	537	27465	842	27785	1162	28104	1485	28458	1835
63	26626	27110	484	27340	714	27583	957	27820	1194	28090	1464
64	26628	27063	435	27205	577	27355	727	27508	880	27678	1050
65	26628	27088	460	27288	660	27500	872	27710	1082	27945	1317
66	26627	27098	471	27308	681	27518	891	27733	1106	27973	1346
67	26623	27070	447	27233	610	27398	775	27560	937	27755	1132
68	26619	27050	431	27173	554	27303	684	27428	809	27583	964
69	26615	27023	408	27103	488	27195	580	27283	668	27390	775
70	26611	26990	379	27028	417	27080	469	27123	512	27185	574
71	26609	26973	363	26975	365	26988	378	27000	390	27045	435
72	26607	26965	358	26975	368	26988	381	27010	403	27040	433
73	26603	26935	332	26910	307	26875	272	26838	235	26813	210

NOTO: 圧力の単位は t/m^2 で示す。

ピエゾメーターの位置は図 3-4 を見ること。

資 3-3 放水管ゲート半開時管内圧力資料 1

ピエゾメーター No	ゲート開き 30m EL 31706 m Q = 2545 m ³ /s ピエゾ(EL)	ゲート開き 30m EL 31706 m Q = 2545 m ³ /s 圧 力	ゲート開き 20m EL 31701 m Q = 1625 m ³ /s ピエゾ(EL)	ゲート開き 20m EL 31701 m Q = 1625 m ³ /s 圧 力	ゲート開き 10m EL 31699 m Q = 841 m ³ /s ピエゾ(EL)	ゲート開き 10m EL 31699 m Q = 841 m ³ /s 圧 力	
上 面 中 央 (Top Center Line)							
1	271.81	312.15	40.34	314.85	43.04	316.45	44.64
2	271.40	309.80	38.39	313.90	42.49	316.18	44.77
3	271.15	309.40	38.24	313.70	42.54	316.13	44.97
4	270.99	307.65	36.66	313.00	42.01	315.95	44.96
5	270.86	306.08	35.12	312.38	41.51	315.78	44.91
6	270.77	304.73	33.96	311.85	41.08	315.63	44.86
7	270.69	303.58	32.88	311.38	40.68	315.50	44.80
8	270.63	303.00	32.36	311.13	40.49	315.40	44.76
9	270.59	303.55	32.95	311.38	40.78	315.48	44.88
10	270.56	303.55	32.98	311.43	40.86	315.50	44.93
11	270.52	303.50	32.97	311.43	40.90	315.60	45.07
12	270.41	304.93	34.52	312.30	41.89	315.75	45.34
13	270.37	307.38	37.00	313.18	42.80	316.10	45.72
上 面 隅 角 (Top Corner)							
14	271.67	315.33	43.65	316.08	44.40	316.80	45.12
15	271.25	310.35	39.09	314.10	42.84	316.23	44.97
16	270.98	308.93	37.95	313.38	42.40	316.10	45.12
17	270.79	307.03	36.23	312.85	42.05	315.88	45.08
18	270.65	305.33	34.68	312.15	41.50	315.70	45.05
19	270.54	303.38	32.84	311.38	40.84	315.50	44.96
20	270.45	303.10	32.64	311.18	40.72	315.45	44.90
21	270.38	302.30	31.91	310.95	40.56	315.40	45.01
22	270.34	302.35	32.01	310.93	40.59	315.40	45.06
23	270.31	302.75	32.44	311.13	40.82	315.43	45.12
24	270.27	303.98	33.71	311.40	41.13	315.43	45.16
25	270.15	304.63	34.47	312.10	41.94	315.48	45.32
26	270.12	305.85	35.73	312.88	42.76	315.73	45.61
側 面 中 央 (Side Center Line)							
27	268.59	311.85	43.26	314.63	46.04	316.45	47.86
28	268.58	308.88	40.30	313.43	44.85	316.10	47.52
29	268.56	309.20	40.66	313.55	45.01	316.13	47.59
30	268.54	308.20	39.66	313.13	44.59	315.98	47.44
31	268.52	306.70	38.18	312.53	44.01	315.83	47.31
32	268.50	305.08	36.58	311.90	43.40	315.63	47.13
33	268.48	303.98	35.50	311.45	42.97	315.50	47.02
34	268.46	303.05	34.59	311.05	42.59	315.43	46.97
35	268.44	302.73	34.29	310.88	42.44	315.40	46.96
36	268.42	302.28	33.86	310.75	42.33	315.38	46.96
37	268.38	302.10	33.72	310.75	42.37	315.35	46.97
38	268.34	301.23	32.89	310.40	42.06	315.23	46.89
39	268.30	299.75	31.45	309.83	41.53	315.10	46.80
40	268.26	294.63	26.39	307.98	39.74	314.73	46.49

放水管ゲート半開時管内圧力資料 2

No	ピエゾメーター EL, m	ゲート開き 30m EL 31706m Q = 245.5m ³ /s		ゲート開き 20m EL 31701m 162.5m ³ /s		ゲート開き 10m EL 31699m Q = 84.1 m ³ /s	
		ピエゾ(EL)	圧 力	ピエゾ(EL)	圧 力	ピエゾ(EL)	圧 力
底 面 隅 角 (Bottom Corner)							
41	265.50	315.53	50.03	316.10	50.60	316.80	51.30
42	265.90	310.43	44.53	314.08	48.18	316.28	50.38
43	266.13	309.25	43.11	313.60	47.46	316.13	49.99
44	266.28	306.88	40.60	312.63	46.35	315.85	49.57
45	266.38	305.35	38.96	311.98	45.59	315.68	49.29
46	266.45	303.02	36.74	311.10	44.64	315.45	48.99
47	266.50	302.10	35.60	310.63	44.13	315.38	48.88
48	266.53	301.30	34.77	310.28	43.75	315.25	48.72
49	266.53	300.93	34.39	310.13	43.59	315.18	48.64
50	266.52	300.43	33.90	309.95	43.42	315.10	48.57
51	266.48	300.83	34.35	309.90	43.42	315.08	48.60
52	266.42	299.20	32.78	308.98	42.56	314.80	48.38
53	266.35	294.33	27.97	306.00	39.64	313.93	47.57
54	266.27	290.83	24.55	301.85	35.57	312.25	45.97
55	266.24	287.85	21.61	298.25	32.01	310.55	44.31
56	266.18	281.90	15.71	290.23	24.04	305.30	39.11
底 面 中 央 (Bottom Center Line)							
57	265.37	311.88	46.51	314.65	49.28	316.45	51.08
58	265.75	309.43	43.68	313.05	47.30	316.15	50.40
59	265.96	309.53	43.57	313.68	47.72	316.13	50.17
60	266.08	308.03	41.94	313.05	46.96	315.95	49.86
61	266.17	306.10	39.93	312.28	46.11	315.78	49.61
62	266.22	304.38	38.15	311.55	45.32	315.58	49.35
63	266.26	302.88	36.62	310.95	44.69	315.38	49.12
64	266.28	301.18	34.90	310.25	43.97	315.20	48.92
65	266.28	302.05	35.77	310.53	44.25	315.25	48.97
66	266.27	302.15	35.88	310.55	44.28	315.28	49.01
67	266.23	300.75	34.52	309.85	43.62	315.05	48.82
68	266.19	299.00	32.81	308.80	42.61	314.73	48.54
69	266.15	296.00	29.85	306.60	40.45	314.00	47.85
70	266.11	291.10	24.99	301.80	35.69	312.05	45.94
71	266.09	288.05	21.95	298.43	32.33	310.38	44.28
72	266.07	284.68	18.61	292.75	26.68	306.13	40.06
73	266.03	277.35	11.32	279.75	13.72	287.13	21.10

NOTO : 圧力の単位は t/m²で示す。

ピエゾメーターの位置は図3-4を見ること。

資3-4 放水管下流水路底面圧力

圧力単位, t/m^2

No	ピエゾ メーター (EL)	全 開 EL 27594 Q = 1510		開 EL 31705 Q = 4115		ゲート開き 10m EL 31699 Q = 841		ゲート開き 20m EL 31701 Q = 1625		ゲート開き 30m EL 31706 Q = 2455	
		ピエゾ/EL	圧 力	ピエゾ/EL	圧 力	ピエゾ/EL	圧 力	ピエゾ/EL	圧 力	ピエゾ/EL	圧 力
1	26582	26895	312	26373	-210	26593	010	26763	180	27070	487
2	26577	26970	392	27200	622	26625	047	27093	515	27248	670
3	26571	26930	359	27120	549	26755	184	26793	222	26963	392
4	26563	26885	322	26875	312	26535	-028	26595	032	26713	142
5	26554	26855	301	26730	176	26515	-039	26548	-006	26603	040
6	26543	26828	284	26638	094	26525	-019	26538	-006	26553	001
7	26532	26793	261	26418	-114	26370	-162	26388	-144	26390	-154
8	26519	26768	249	26433	-086	26438	-081	26420	-099	26423	-109
9	26505	26748	243	26363	-142	26398	-107	26390	-115	26373	-146
10	26489	26740	250	26448	-042	26490	000	26480	-010	26460	-030
11	26473	26715	242	26370	-103	26415	-058	26408	-065	26390	-083
12	26455	26680	225	26283	-172	26350	-105	26333	-122	26315	-140
13	26436	26655	219	26175	-261	26235	-201	26250	-186	26230	-206
14	26415	26653	237	26348	-068	26350	-066	26375	-041	26363	-053
15	26389	26625	236	26338	-051	26325	-064	26355	-034	26353	-036
16	26371	26600	229	26345	-026	26358	-013	26363	-008	26355	-016
17	26346	26558	211	26238	-109	26248	-099	26258	-089	26255	-092
18	26321	26548	227	26313	-008	26310	-011	26323	002	26323	002
19	26294	26505	210	26185	-110	26183	-112	26200	-095	26203	-092
20	26266	26475	208	26228	-039	26235	-032	26240	-027	26238	-029
21	26237	26438	201	26208	-029	26240	003	26238	001	26238	001
22	26206	26398	191	26123	-084	26165	-042	26153	-054	26140	-067
23	26175	26355	180	26088	-087	26138	-037	26128	-047	26110	-065
24	26141	26325	183	26093	-049	26158	016	26143	001	26135	-007
25	26107	26278	170	26068	-040	26110	002	26100	-008	26100	-008
26	26071	26235	163	26085	013	26113	041	26113	041	26113	041
27	26035	26155	120	26075	040	26083	048	26078	043	26080	045

資3-5 放水管下流水路水面形状

単位, EL

ゲート開き		全 開				3.5 m				3.0 m			
貯水池水位		317.05 m				317.02 m				317.06 m			
放 流 量		411.50 ml/sec				322.30 ml/sec				254.50 m			
No.	測 点 (EL)	壁 沿 い (m)		中央線上 (m)		壁 沿 い (m)		中央線上 (m)		壁 沿 い (m)		中央線上 (m)	
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
1	26603			26973	26972	26933	26929	26908	26905	26846	26843	26863	26862
2	26577	26945	26929	26938	26936	26995	26977	26858	26855	26875	26864	26808	26806
3	26563	26988	26959	26943	26940	27006	26979	26833	26829	26878	26858	26801	26798
4	26543	27009	26974	26906	26902	26991	26960	26809	26805	26826	26855	26756	26751
5	26519	27007	26972	26889	26880	26959	26928	26779	26771	26872	26840	26727	26718
6	26489	26990	26955	26832	26843	26917	26886	26750	26740	26842	26814	26692	26678
7	26455	26980	26940	26775	26796	26885	26850	26718	26704	26828	26790	26660	26639
8	26415	26958	26915	26736	26759	26856	26821	26686	26666	26801	26764	26616	26593
9	26371	26911	26865	26741	26706	26741	26777	26646	26621	26774	26735	26574	26541
10	26321	26859	26810	26691	26656	26694	26730	26604	26569	26741	26703	26529	26477
11	26266	26787	26743	26642	26604	26637	26674	26554	26510	26699	26663	26479	26424
12	26206	26732	26685	26607	26569	26574	26615	26507	26444	26649	26610	26419	26363
13	26141	26667	26614	26567	26510	26604	26558	26444	26371	26592	26548	26364	26300
14	26071	26612	26543	26509	26440	26542	26495	26379	26293	26542	26493	26304	26233
15	25997	26547	26472	26447	26369	26492	26444	26302	26206	26495	26443	26242	26162

第Ⅳ部 提頂越流部

第IV部 堤頂越流部

第15節 越流部の設計条件

(1) 洪水時満水位 EL 317mにおいて、設計洪水流量 $2370 \text{ m}^3/\text{sec}$ を放水管と併用で安全かつ確実に放流できること。

(2) 異常洪水時においては、洪水時満水位以上の余裕水深を使用して、設計洪水流量以上の流量を放流できること。

ただし(1)の場合は、放水管流量を計画最大放流量 $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$ とし、(2)では可能最大放流量としてよい。

第16節 越流部設計案形状

本体ブロックジョイントを考慮して、1門当りの純径間を 10.5 m としさらに設計条件を満足するように概算をおこない越流頂標高を推定すれば、EL 310.5mになる。

越流面の形状として Harrold, Randolph の形状がよく用いられる。ここでは USCE (WES) のまとめた Harrold の標準越流頂を採用する。(図8)

$$X^{1.85} = 2H_d^{0.85} Y \quad (16-1)$$

勾配が $\frac{1}{m}$ の堤体下流面と (16-1) 式との接点座標は以下のようにすれば求まる。

すなわち (16-1) 式の微係数と堤体下流面の勾配とが等しいことから、

$$\frac{dY}{dX} = \frac{1}{2H_d^{0.85}} \cdot 1.85 X^{0.85} \quad \dots\dots (16-2)$$

$$= \frac{1}{m} \quad \dots\dots (16-3)$$

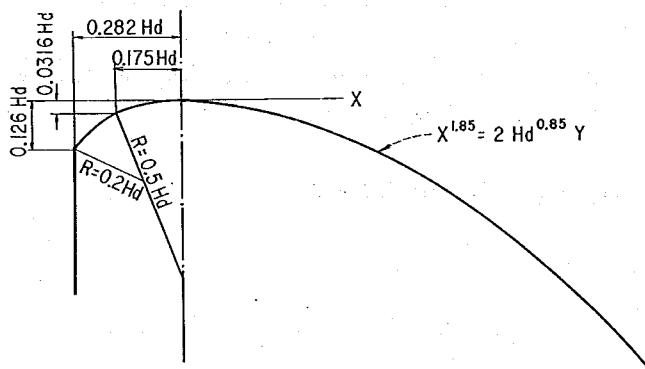


図8 Harrold の標準越流頂 (USCE)

(16-2), (16-3) から $m=0.8$ として

$$\therefore X = \left[\frac{2}{1.85m} \right]^{\frac{1}{0.85}} H_d = 1.4251 H_d$$

よって Y は (16-1) 式から

$$\therefore Y = \frac{1}{2H_d^{0.85}} X^{1.85}$$

$H_d = 6.5$ としてこの形状による設計詳細図を図4-1に示してある。

第17節 放流能力の推定

越流頂の自由越流時の放流量の推定は次式による。

$$Q = n c' B H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (17-1)$$

$$c' = 1.704 \left[1 + 0.704 \left(\frac{H}{H_d} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \left[1 - M_d \left(\frac{H}{H_d} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \dots\dots\dots (17-2)$$

$$M_d = 0.0756 \left(\frac{H_d}{B} \right)^{\frac{1}{2}} \left[\frac{1}{n} + 1.465 \frac{n-1}{n} \left(\frac{b}{s'} \right)^{1.7} \right] \dots\dots\dots (17-3)$$

ここで n ; 径門数, B ; 越流幅, H ; 越流水深, H_d ; 設計水頭 (6.5 m)

b ; ピアー幅, s' ; ピアーの突き出し長

設計洪水量に対する放流能力は $H/H_d = 1.0$ により, $M_d = 0.036$, $c' = 2.14$

よって $\therefore Q = 1490 \text{ m}^3/\text{sec} > 1370 \text{ m}^3/\text{sec}$ OK

第18節 越流頂底面圧力の推定

越流頂の底面作用圧力は次式で表わされる。

$$h_p = H_o - (H_o - h_o) \left(1 + \frac{h_o}{R} \right)^2 \dots\dots\dots (18-1)$$

$$h_o \approx 0.75 H_o, R = 0.9173 H_d$$

ここで H_o ; 越流頂からの全水頭, h_o ; 越流頂の水深, R ; 越流頂の曲率半径とする。(18-1)式で計算した結果を図4-2に示した。

第19節 越流部の実験

19-1 放流能力

自由越流時とゲート半開時における貯水位～放流量を調査した結果を図4-3に示す。実験結果を整理すると表9の通りである。

表9 放流能力

貯水位	放水管	越流部	合計放流量
設計洪水時 EL 317m	* 1,000 m ³ /sec	1,500 m ³ /sec	2,500 m ³ /sec
異常洪水時 EL 317m	** 1,290 m ³ /sec	1,500 m ³ /sec	2,790 m ³ /sec

* 放水管計画最大放流量

** 放水管実施設計案の推定放流量

表8を見ると、洪水時満水位EL 317mにおける放流能力は1,500 m³/secで、放水管からの計画最大放流量を1,000 m³/secとするならば、5%程度の余裕がある。また異常洪水時には放水管の放流量を可能最大流量としてよいから、この時の水位は洪水時満水位から15 cm上まわる。また必要放流量放流時における貯水位を表10に示してある。

表10 放流量とダム水位

状態	必要合計放流量	貯水位
設計洪水時	2,370 m ³ /sec	EL 316.65m
異常洪水時	2,840 m ³ /sec	EL 317.15m

19-2 模型実験における接近流速の影響

接近水路の水深 ($H_d = 6.5$ m)

$$H_a = 2.0 \text{ m} + 6.5 \text{ m} = 8.5 \text{ m}$$

接近水路断面積は実物に換算して

$$A_a = 2.65 \text{ m} \times 28 \text{ m} = 74.2 \text{ m}^2$$

すなわちこの水路での接近速度は、実験値7.45 m/s から、

$$V_a = \frac{Q}{A_a} = \frac{745 \text{ m}^3/\text{sec}}{74.2 \text{ m}^2} \div 1.0 \text{ m/sec}$$

ゆえに接近速度水頭を考慮した流量係数は

$$C = \frac{Q}{B(H_d + V_a^2/2g)^{3/2}} = \frac{745}{2 \times 1.05 \times (6.5 + 0.05)^{3/2}} \\ = 2.12 \quad (H_d = 6.5 \text{ m})$$

この値は実験値 $C = 2.15$ に比べると幾分小さいが、その誤差はわずか1%に過ぎなく、実験による接

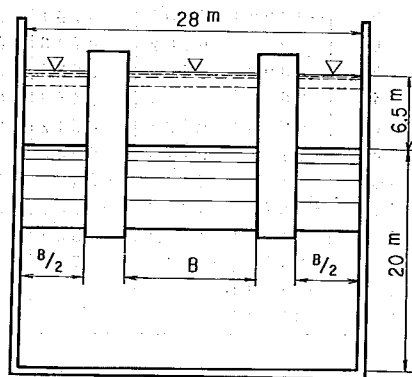


図9 越流部模型の断面

近流速の影響は實際上無視しても差しつかえない。

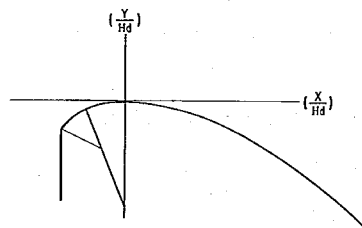
19-3 越流部の水面形

堤頂越流部からの越流水面形状の測定は、クレストゲートトラニオン位置の検討および導流壁高さを決定する資料を得るために、洪水時満水位（EL 317m）について径間中央とピアに沿いおよびアバットメント沿いの水面形状を調査した。（図4-4）。これによると越流頂から直下流でピア沿いの水面形状は径間中央のそれより最大50m程度高くなる。越流部付近のガイドウォール高を4mとすれば、ガイドウォール天端までの余裕高は1.5m程度である。実際には空気混入による水面の上昇が考えられるから、この程度の余裕が必要となる。また、越流水面からトラニオンまでは洪水時満水位の流下時で2.5mの距離があり支障はない。（写真4-2）

表11 クレスト水面形座標

$$H_o/H_d = 1.00 \quad EL \ 317.0m$$

クレスト頂 からの距離 (m)	X/H_d	径間中央 $-Y/H_d$	ピア沿い $-Y/H_d$	アバットメ ント沿い $-Y/H_d$
-18	-2.769	0.981	0.994	0.998
-16	-2.461	0.977	0.994	0.998
-14	-2.154	0.975	0.988	0.998
-12	-1.846	0.968	0.988	0.989
-10	-1.538	0.960	0.986	0.985
-8	-1.231	0.946	0.982	0.968
-6	-0.923	0.920	0.926	0.875
-4	-0.615	0.871	0.800	0.789
-2	-0.308	0.800	0.791	0.789
0	0	0.702	0.746	0.752
2	0.308	0.566	0.631	0.648
4	0.615	0.374	0.458	0.460
6	0.923	0.132	0.212	0.238
8	1.231	-0.178	-0.045	-0.063
10	1.538	-0.578	-0.425	-0.478
12	1.846	-1.012	-0.888	-0.885
14	2.154	-1.502	-1.383	-1.322
16	2.461	-1.649	-1.726	-1.748
18	2.769			
20	3.077			



19-4 越流部の底面作用圧力

ゲート全開時における底面作用圧力分布を図4-6～図4-7に示す。これを見ると設計水頭（ $H_d = 6.5m$ ）までは越流面に全く負圧の生じないことがわかる。この水頭を超えると負圧の発生が見られるが EL 318mで $-0.2t/m^2$ にすぎず、いかなる水位に対してもキャビテーションを生じる恐れはない。また越流頂の底面圧力について計算値との比較を図4-2に示してある。

表12 越流部底面作用圧力

$\frac{X}{H_d}$	71m ³ /s $H/H_d=0.153$	205m ³ /s $H/H_d=0.307$	401m ³ /s $H/H_d=0.461$	656m ³ /s $H/H_d=0.615$	972m ³ /s $H/H_d=0.769$	1318m ³ /s $H/H_d=0.923$	1500m ³ /s $H/H_d=1.000$	1685m ³ /s $H/H_d=1.077$
-0.282	0.276	0.401	0.512	0.598	0.643	0.667	0.680	0.584
-0.175	0.166	0.263	0.309	0.318	0.266	0.155	0.087	0.047
0	0.112	0.196	0.238	0.241	0.203	0.126	0.067	0.030
0.154	0.090	0.156	0.198	0.206	0.183	0.124	0.078	0.029
0.308	0.084	0.138	0.180	0.195	0.180	0.127	0.093	0.056
0.462	0.061	0.101	0.129	0.150	0.150	0.120	0.089	0.043
0.615	0.046	0.083	0.104	0.104	0.093	0.063	0.038	0.023
0.769	0.030	0.086	0.098	0.104	0.098	0.080	0.046	0.018
0.923	0.038	0.080	0.100	0.110	0.112	0.100	0.192	0.075
1.077	0.033	0.066	0.083	0.099	0.093	0.087	0.078	0.053
1.231	0.035	0.063	0.072	0.073	0.076	0.076	0.064	0.033
1.385	0.079	0.081	0.086	0.098	0.120	0.132	0.132	0.144

X；越流頂から下流への距離(m)

19-5 越流部の遷移流

クレストゲートの $H-Q$ 曲線において自由越流時の曲線とオリフィス流時の曲線が接しないのは、両者の間に現象的に不安定な領域が存在するからである。越流水深が H の場合クレスト付近の自由越流水深はほぼ $0.70H \sim 0.75H$ 程度になる。ゲートの開きがその水深以上であれば流水の状態は物理的に自由越流状態となり、それ以下ではオリフィス流状態となる。しかしこの両者の間には流れが遷移的な状態となり、この区間では同一貯水位を与えても自由越流状態になる場合と、オリフィス流状態になる場合があり貯水位と流量の関係を一義的に定める事は出来ない。

従って定常的に貯水位～ゲート開度～放流量の関係を確立出来るのはゲート半開放流状態（オリフィス流状態）の場合だけである。

今、ゲート開きを固定し水位を次第

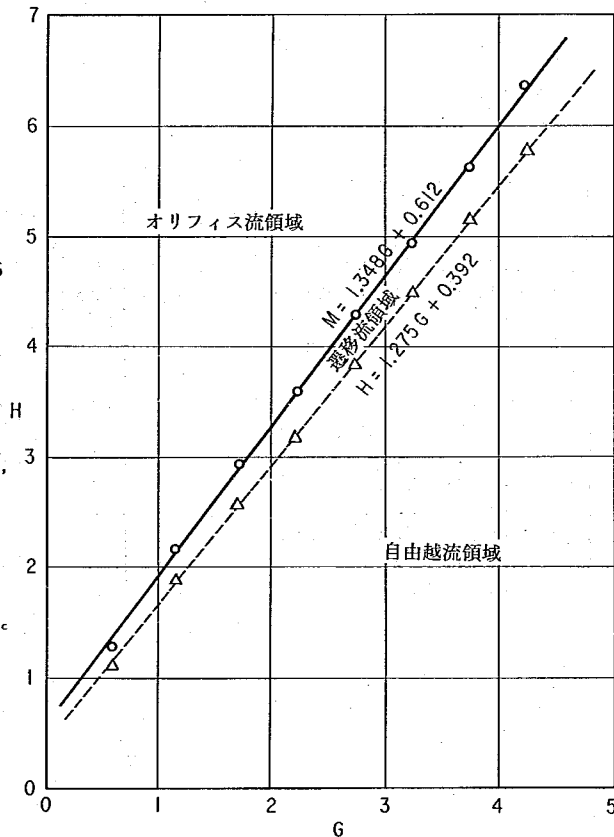


図10 越流部の遷移領域

に下げてゆくとオリフィス流領域から自由越流領域へと流れの特性が変わる。つまりこの間に遷移流領域が存在し、この領域でのゲート直上流の水位は不規則な変動を伴ない流量も不安定である。この3領域を実験結果から求めてみると、クレスト頂からの水深 H 、ゲート開き G に対して、概ね次のように規定しうる。

$H/G < 1.3 \sim 1.9$ 自由越流領域

$1.3 \sim 1.9 < H/G < 1.5 \sim 2.1$ 遷移流領域

$1.5 \sim 2.1 < H/G$ オリフィス流領域

ただし、 G ；ゲート下端から戸当りまでの標高差

従って通常のゲート操作に当っては、ゲート操作時の貯水位が、遷移流領域に入らないように操作することが望ましい。

第20節 堤頂越流部の放流能力曲線

20-1 自由越流時の放流能力曲線

自由越流時の流量は次式によって求める。

$$Q = CBH^{3/2} \quad (20-1)$$

C ；流量係数、 B ；全越流幅（m）、 H ；越流水深（m）

実験値の $C \sim C \left(\frac{H}{H_d} \right)$ の関係を図4-8に示す。

表13 自由越流時の流量係数

$H(m)$	H/H_d	* C	* $C \left(\frac{H}{H_d} \right)$	** $C \left(\frac{H}{H_d} \right)$	$H(m)$	H/H_d	* C	* $C \left(\frac{H}{H_d} \right)$	** $C \left(\frac{H}{H_d} \right)$
0.5	0.0769	1.684	0.129	0.127	4.00	0.6153	1.954	1.202	1.202
1.00	0.1538	1.690	0.259	0.256	4.25	0.6538	1.989	1.300	1.297
1.25	0.1923	1.695	0.325	0.323	4.50	0.6923	2.020	1.398	1.393
1.50	0.2307	1.698	0.391	0.391	4.75	0.7307	2.045	1.494	1.491
1.75	0.2692	1.707	0.459	0.461	5.00	0.7692	2.068	1.590	1.589
2.00	0.3076	1.726	0.530	0.533	5.25	0.8076	2.088	1.686	1.688
2.25	0.3461	1.750	0.605	0.608	5.50	0.8461	2.109	1.784	1.786
2.50	0.3846	1.777	0.683	0.685	5.75	0.8846	2.124	1.878	1.882
2.75	0.4230	1.804	0.763	0.764	6.00	0.9230	2.137	1.972	1.976
3.00	0.4615	1.837	0.847	0.847	6.25	0.9615	2.148	2.065	2.067
3.25	0.5000	1.861	0.930	0.932	6.50	1.0000	2.155	2.155	2.153
3.50	0.5384	1.891	1.018	1.019	6.75	1.0384	2.160	2.242	2.233
3.75	0.5769	1.921	1.108	1.110	7.00	1.0769	2.166	2.332	2.306

* 実験値 ** 近似式 $H_d = 6.5 \text{ m}$

表13で $\left(\frac{H}{H_d} \right) \sim C \left(\frac{H}{H_d} \right)$ の関係を近似式で表わすと次式が得られる。

$$C \left(\frac{H}{H_d} \right) = 1.6407 \left(\frac{H}{H_d} \right) + 1.0183 \left(\frac{H}{H_d} \right)^3 - 0.5063 \left(\frac{H}{H_d} \right)^5$$

すなわち、実用上この C を用いれば自由越流時の $H-Q$ に十分適用出来る。(P-14)

20-2 ゲート半開時(オリフィス流時)の放流能力曲線

ゲート半開時の流量は次式によって求める。

$$Q = C \cdot B [H^{3/2} - (H - G)^{3/2}] \dots\dots\dots (20-2)$$

C ; 流量係数, B ; 全越流幅, H ; クレスト頂から貯水位までの水深 (m)

G ; ゲート下端からゲート戸当りまでの標高差 (m)

実験値の $G \sim CG$ の関係を図4-9に示す。

表 14 ゲート半開時の流量係数

$G(m)$	* C	* CG	** CG
0.587	1.699	0.997	1.001
1.141	1.753	2.000	1.979
1.678	1.774	2.977	2.982
2.201	1.822	4.010	4.029
2.714	1.889	5.127	5.131
3.217	1.963	6.312	6.279
3.715	2.004	7.445	7.468
4.210	2.061	8.677	8.672

* 実験値 ** 近似式

表14で $G \sim CG$ の関係を近似式で表わすと,

$$CG = 1.6951G + 0.03077G^3 - 0.000575G^5$$

が得られる。すなわち実用上この C をゲート半開時の流量係数として適用できる。(P-14)

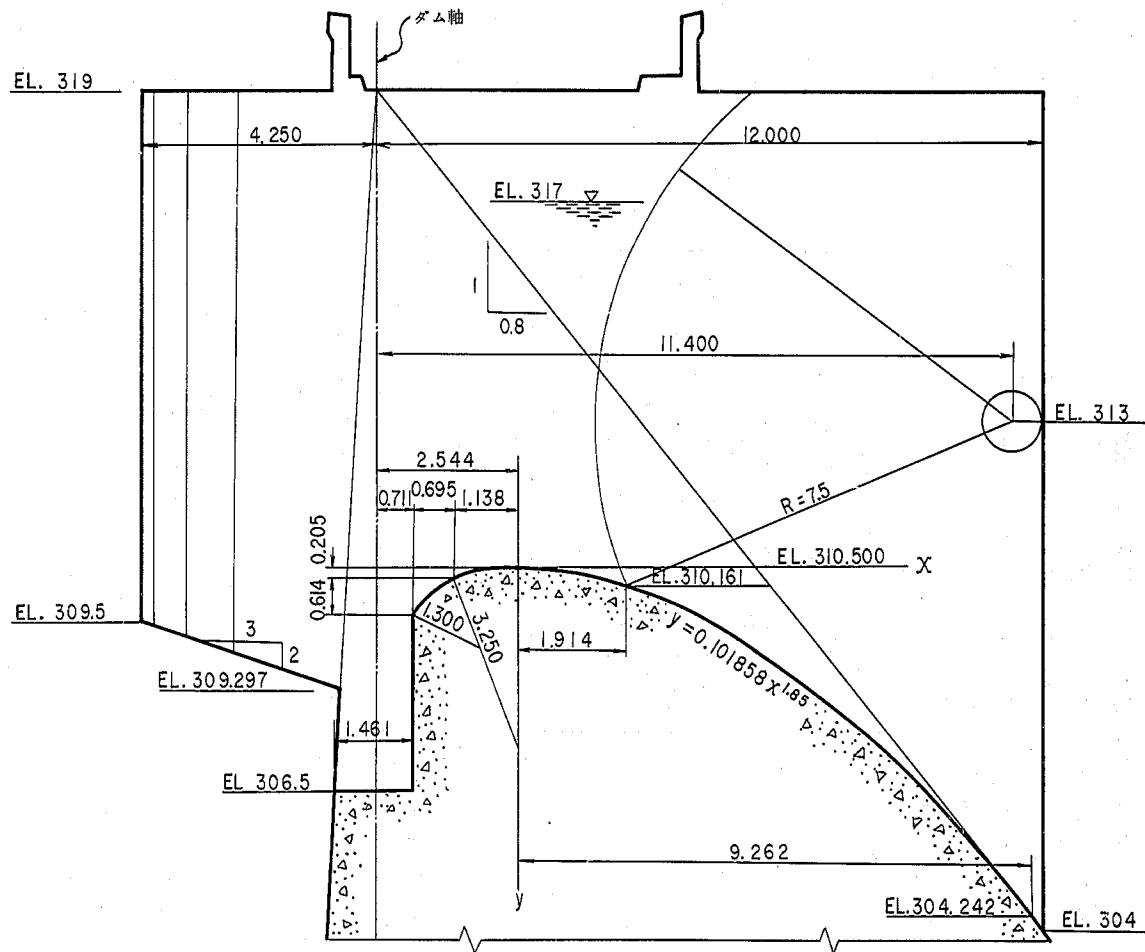


図4-1. 越流部の形状

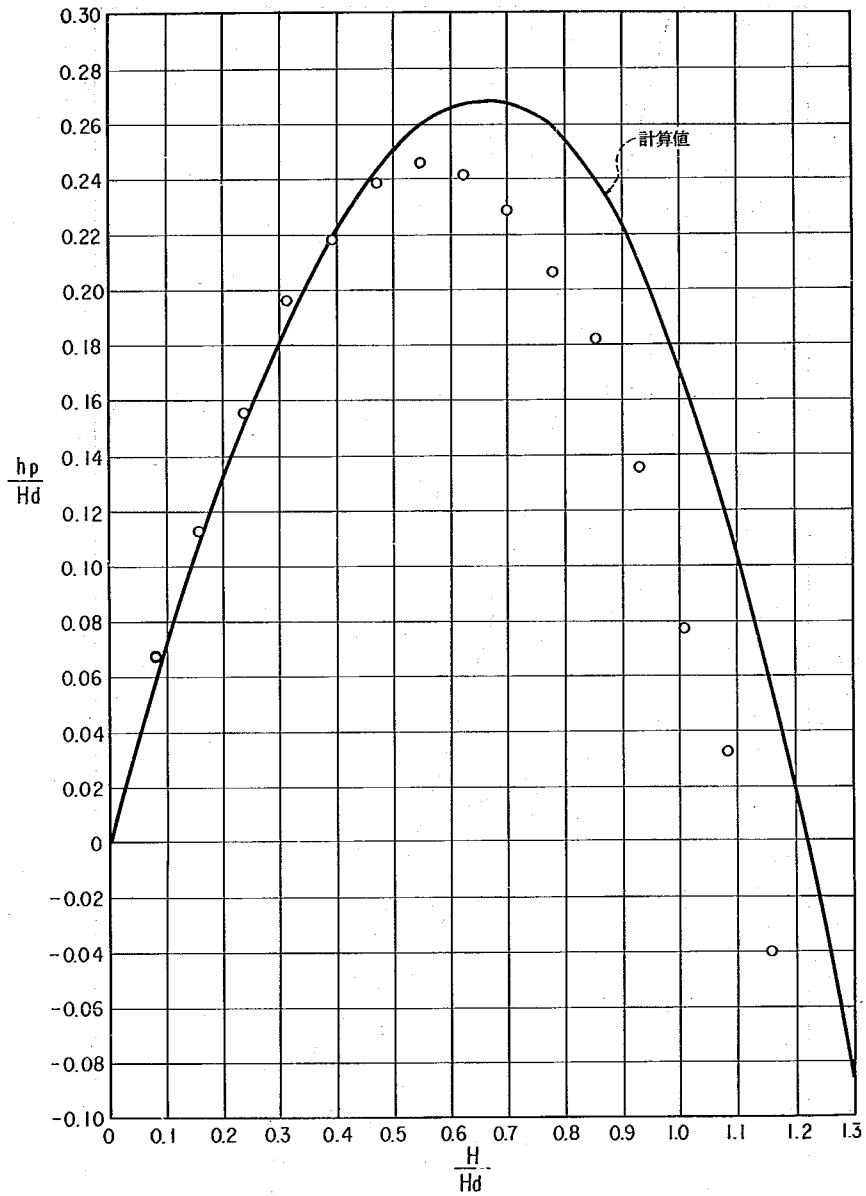


図 4-2 越流頂の底面作用圧力

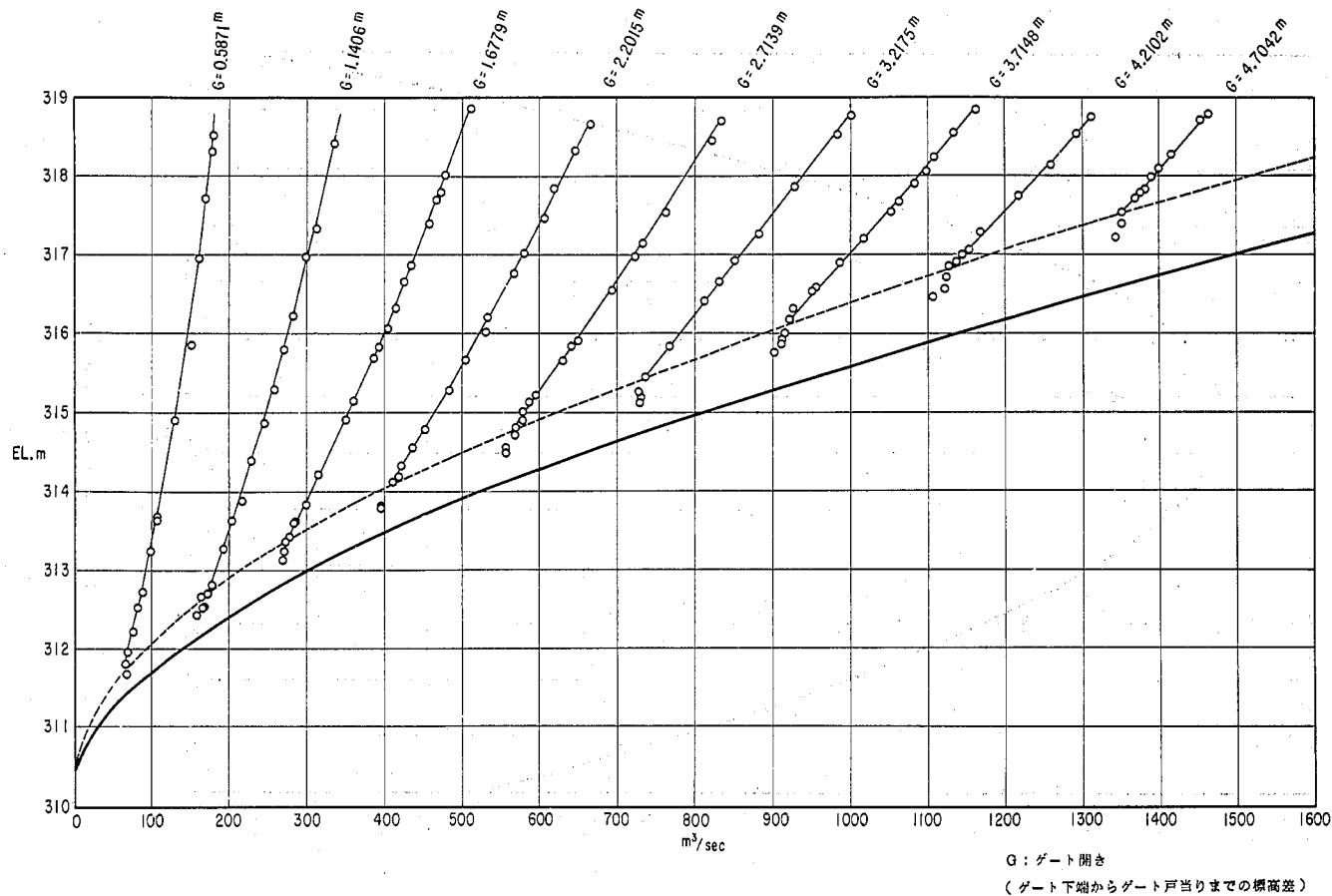


図4-3 越流部の放流能力

EL=317.0 m Q=1500 m³/S

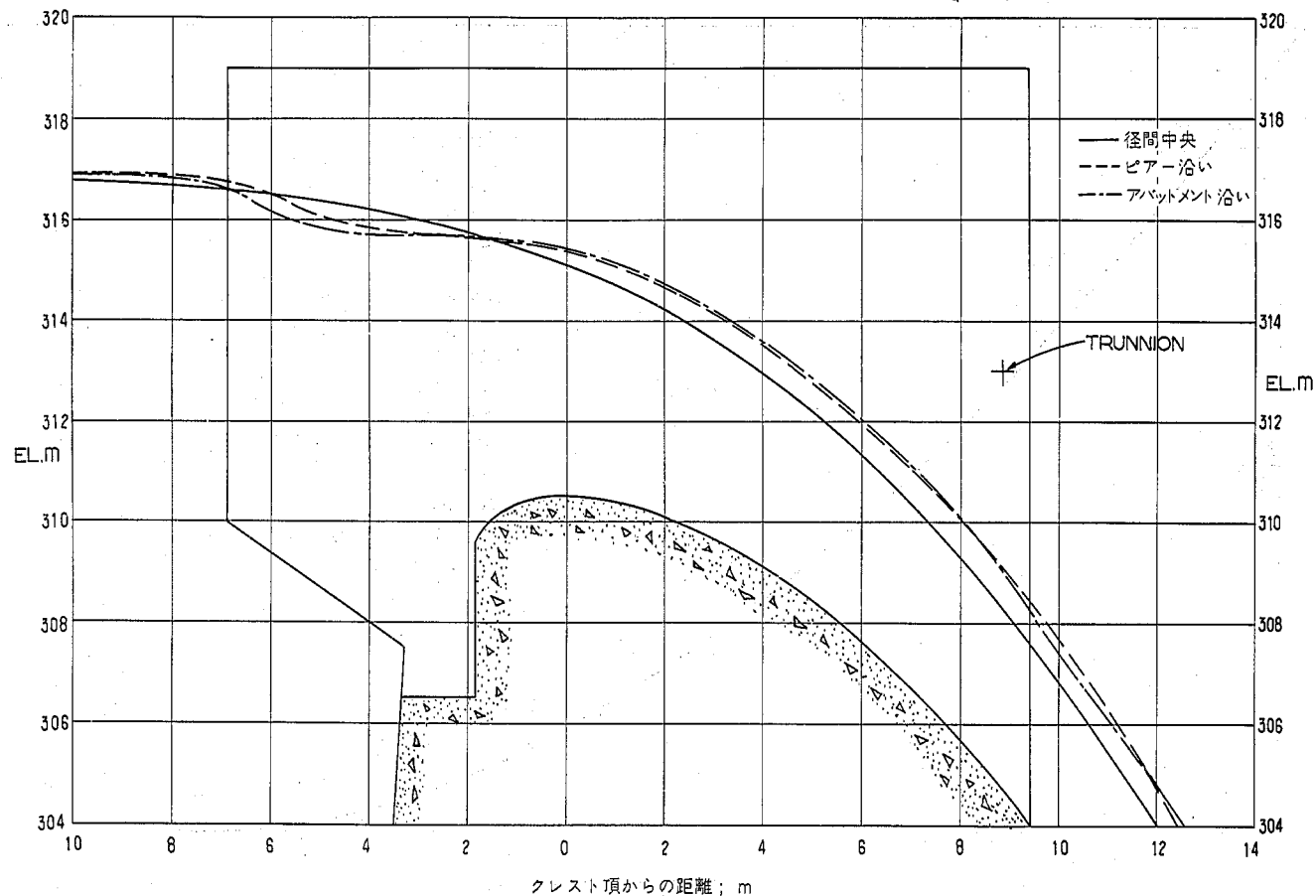


図4-4 越流部水面形状

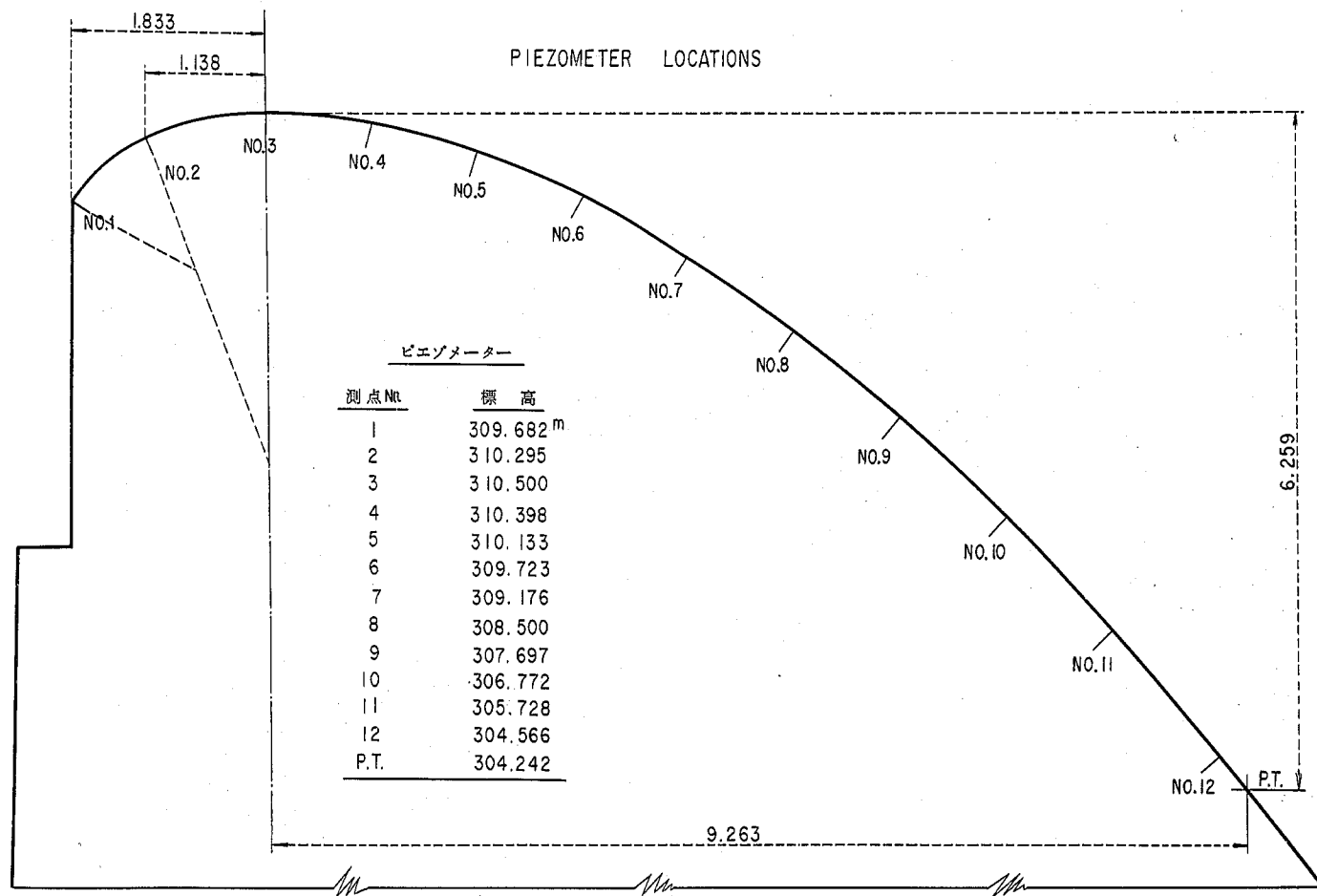


図 4-5. 越流部の圧力測定値

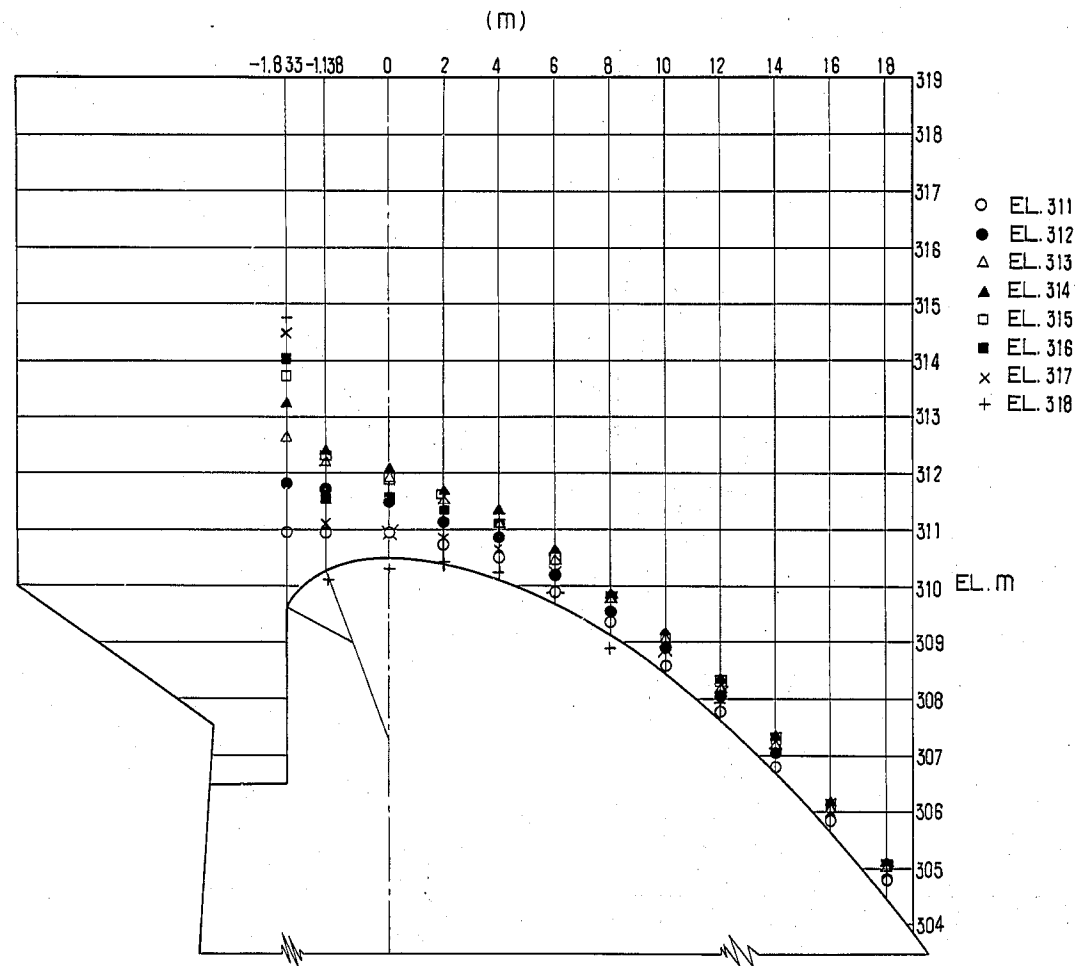


図 4-6 越流部の底面作用圧力 1

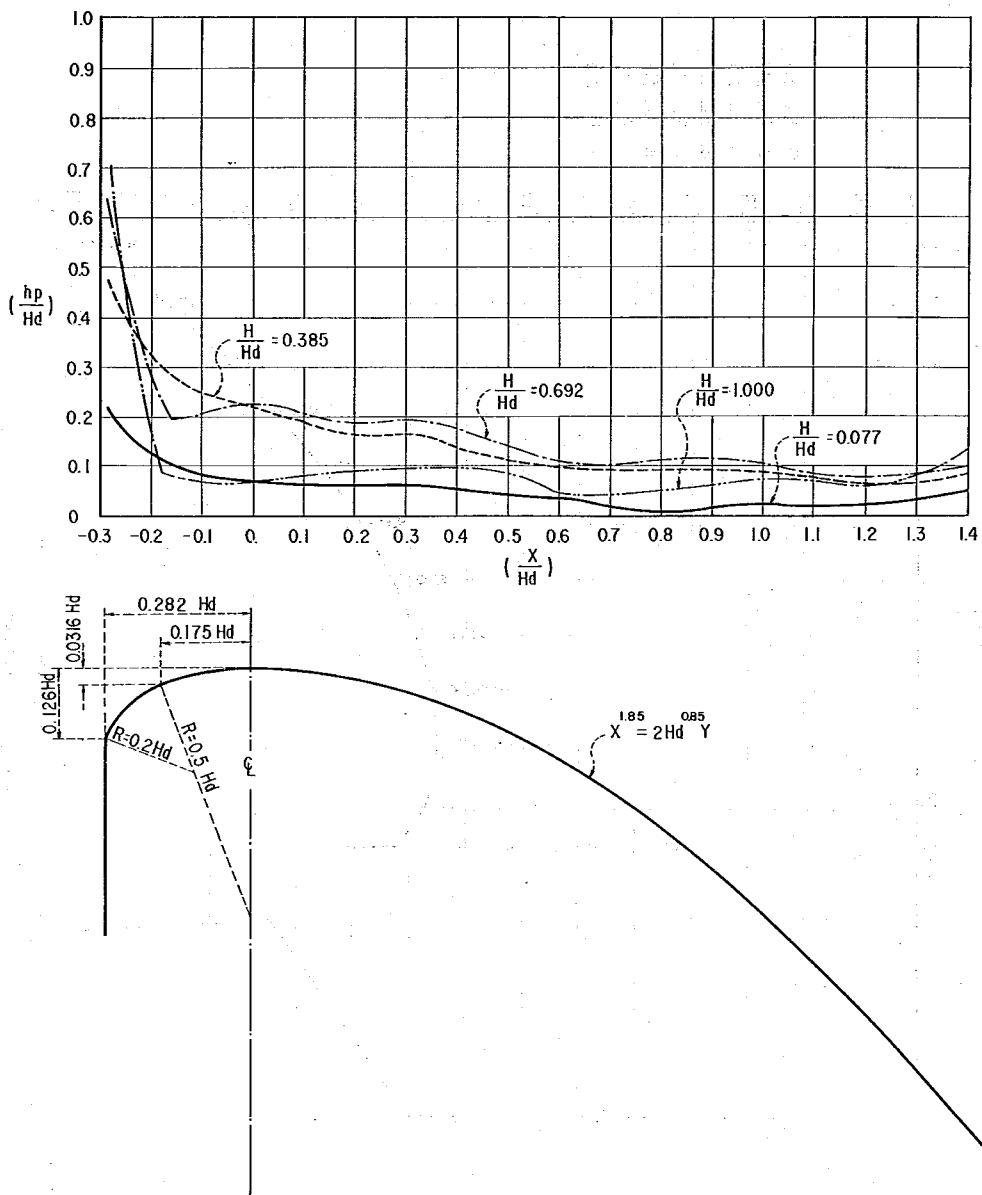


図4-7 越流部の底面作用圧力2

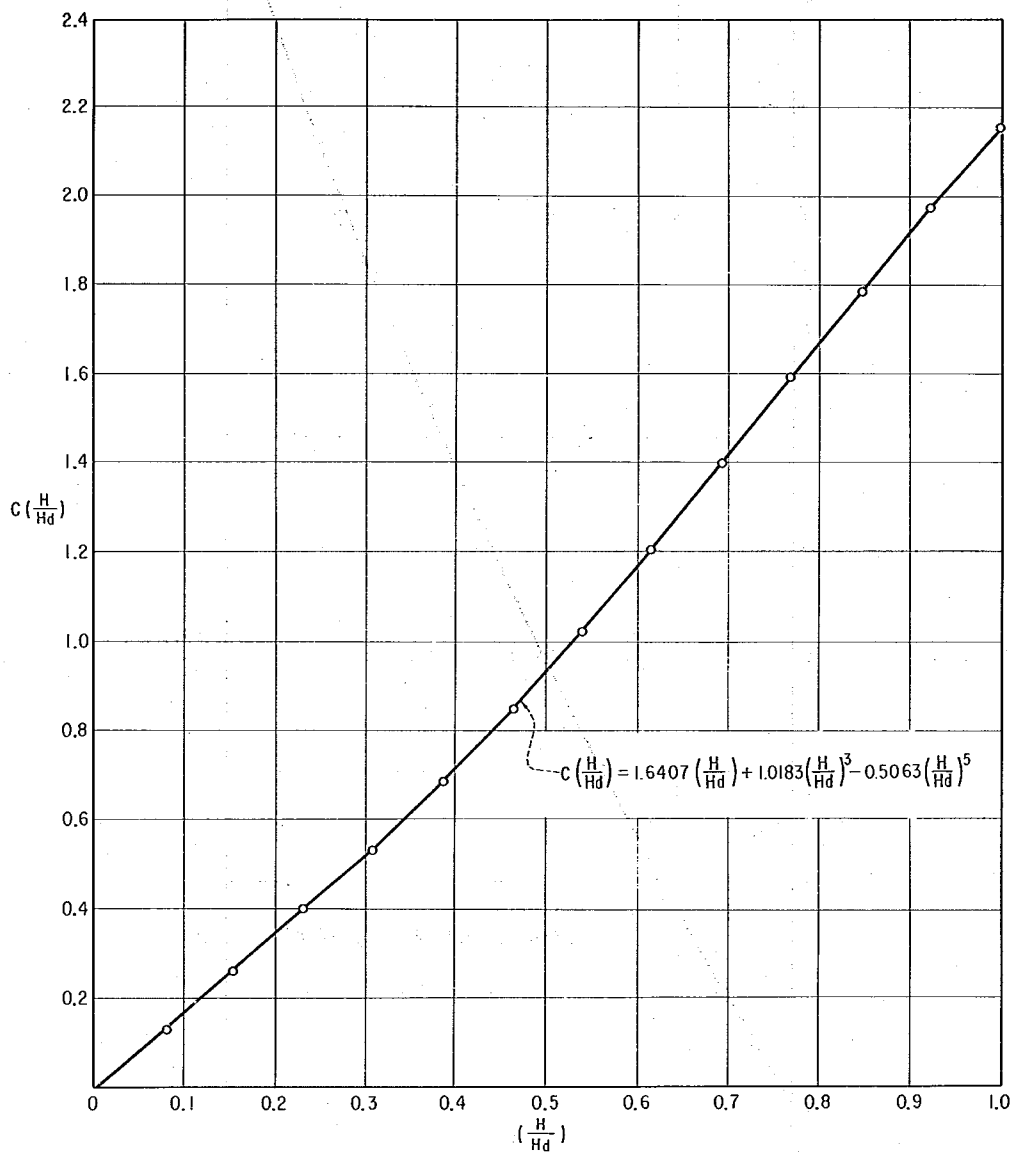


図4-8 越流部の流量係数（自由越流時）

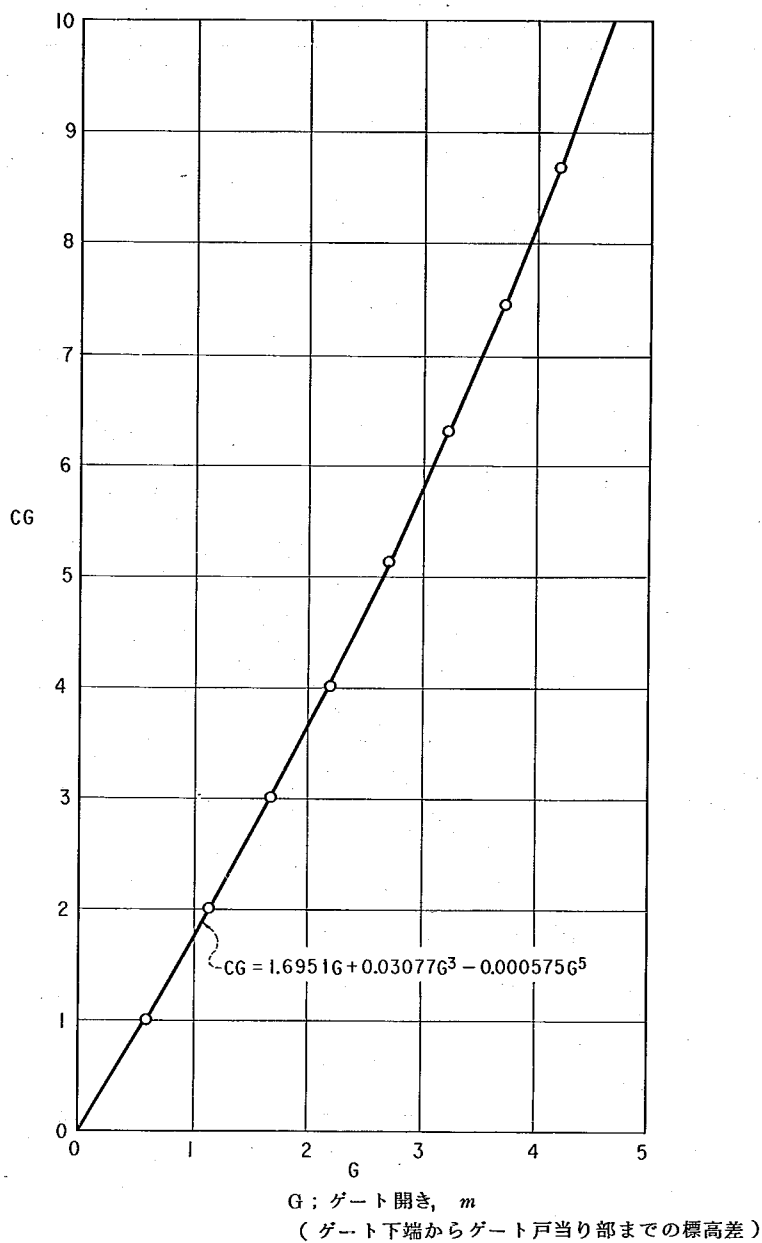


図4-9 越流部の流量係数(ゲート半開時)

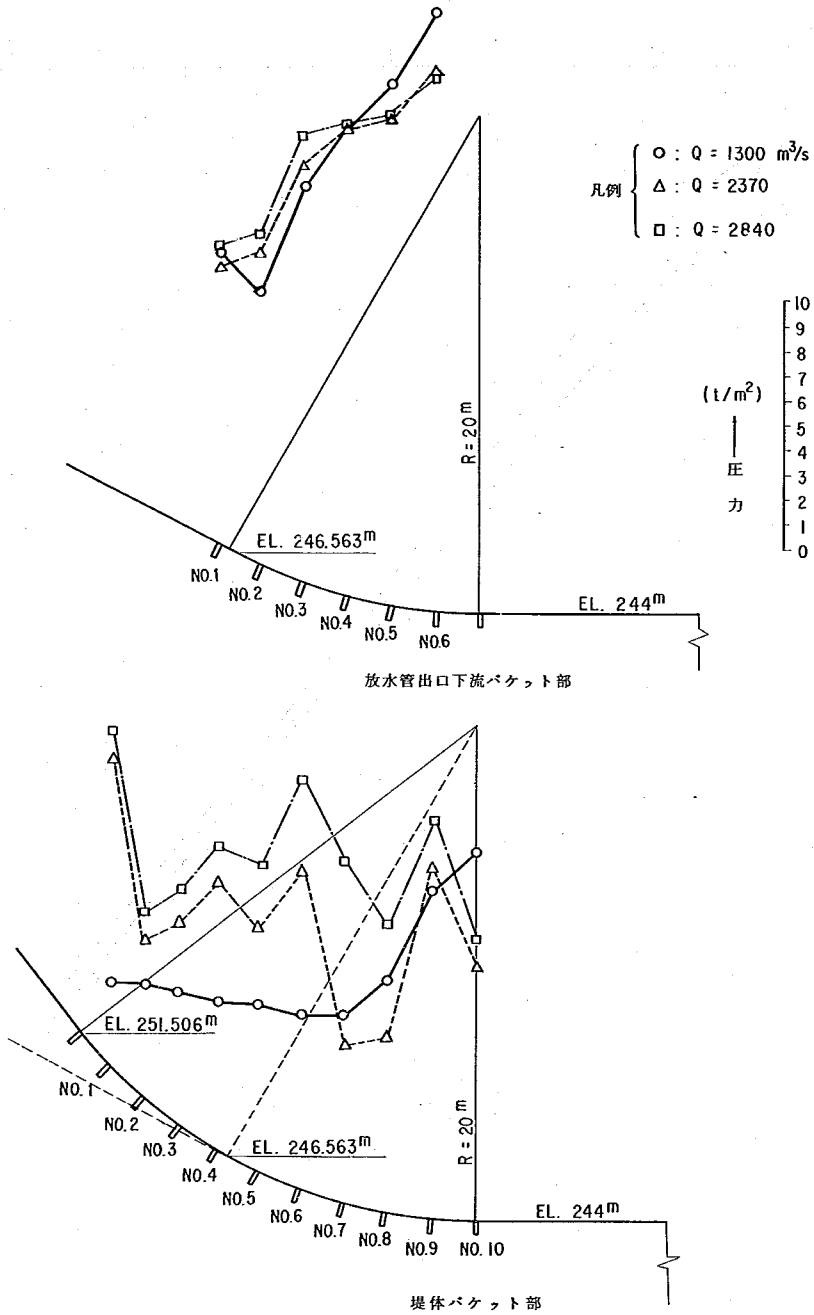


図4-10 堤体バケット部の底面圧力

第IV部 堤頂越流部

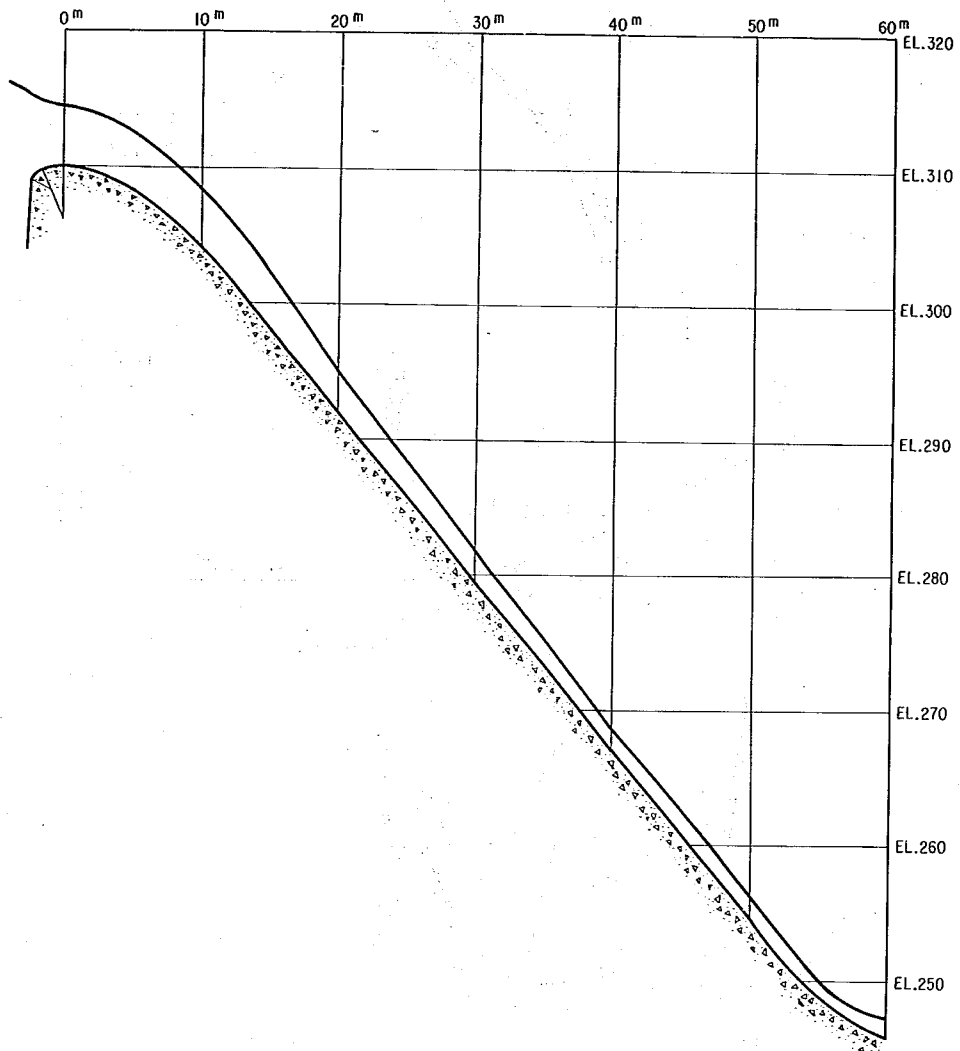


図4-11 堤体導流部の水面形状（堤体導流壁沿い）

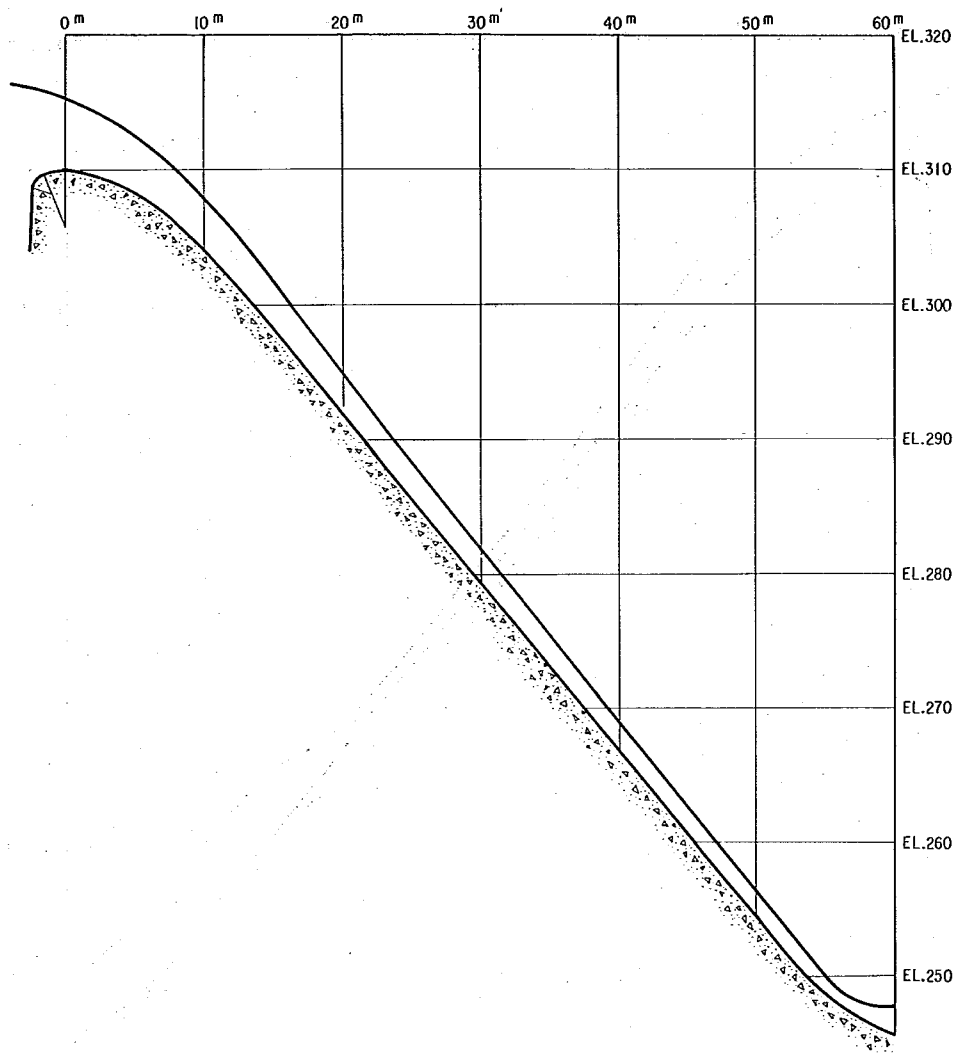


図4-12 堤体導流部の水面形状(径間中央)

第Ⅳ部 堤頂越流部

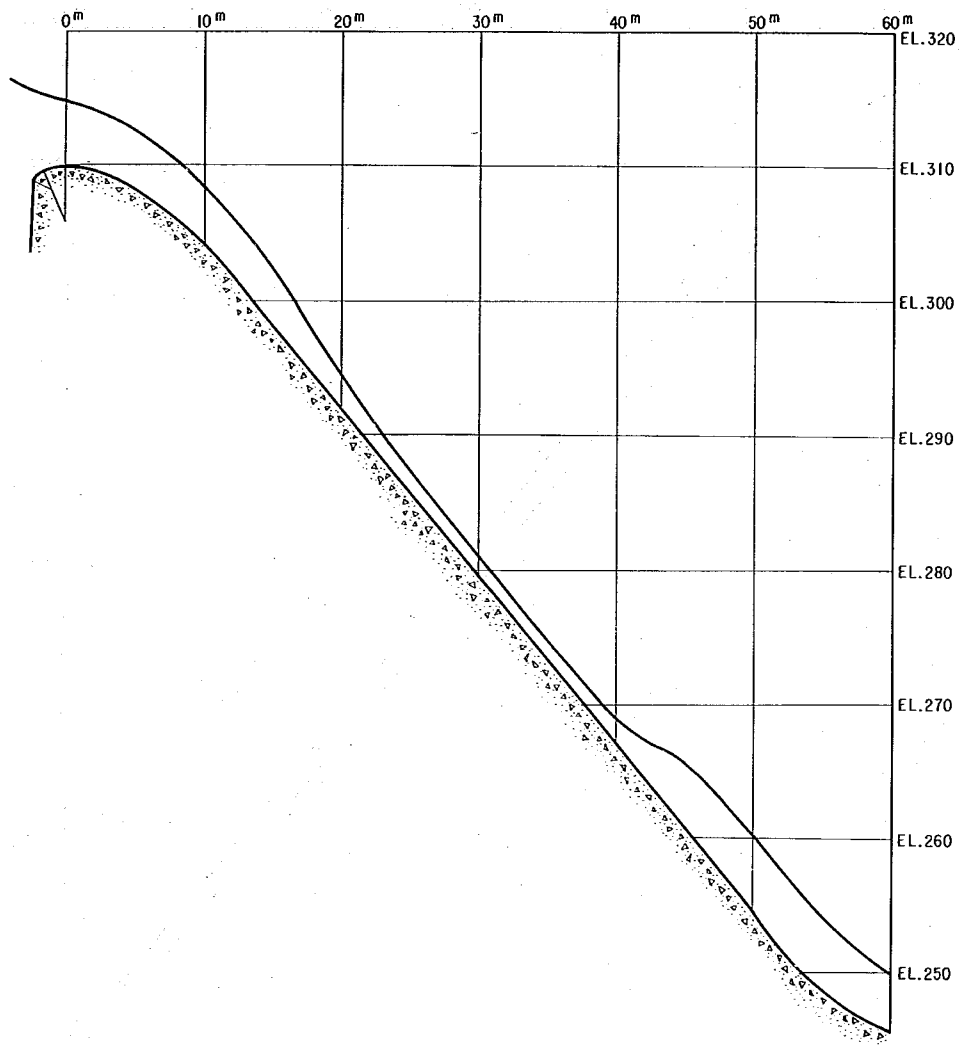


図4-13 堤体導流部の水面形状（ピア一沿い）

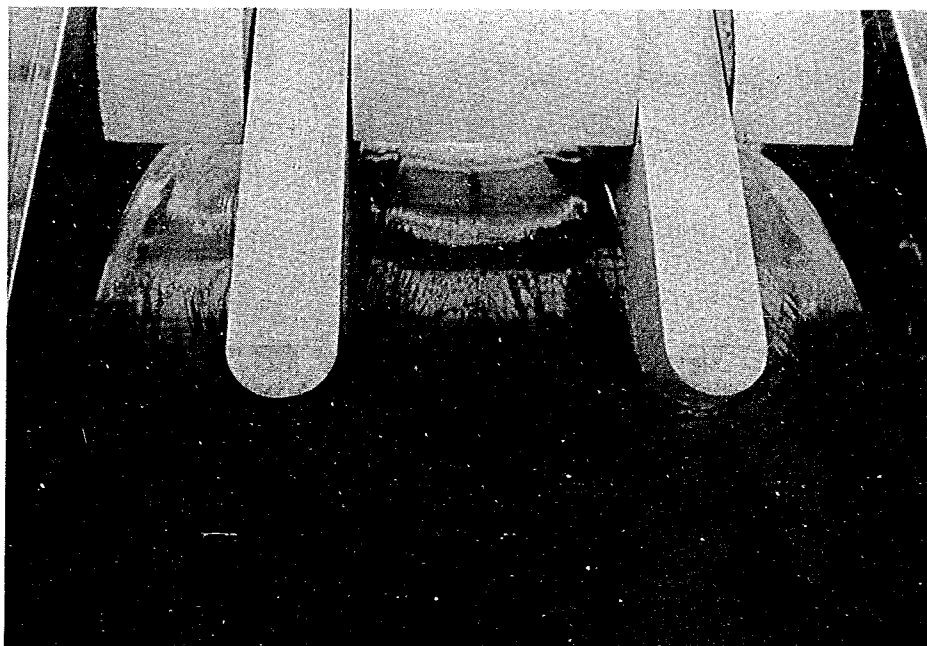
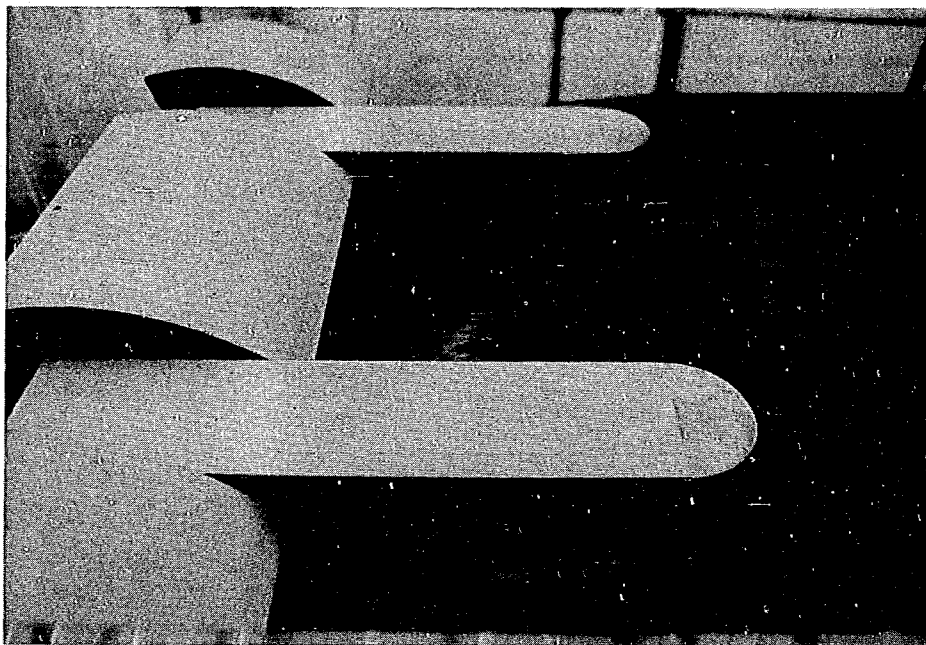


写真4-1 ピアー前面の流況 $Q=1500m^3/sec$ 貯水位EL 317m



写真4-2 越流部の水面形状 $Q = 1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 貯水位 EL 317 m

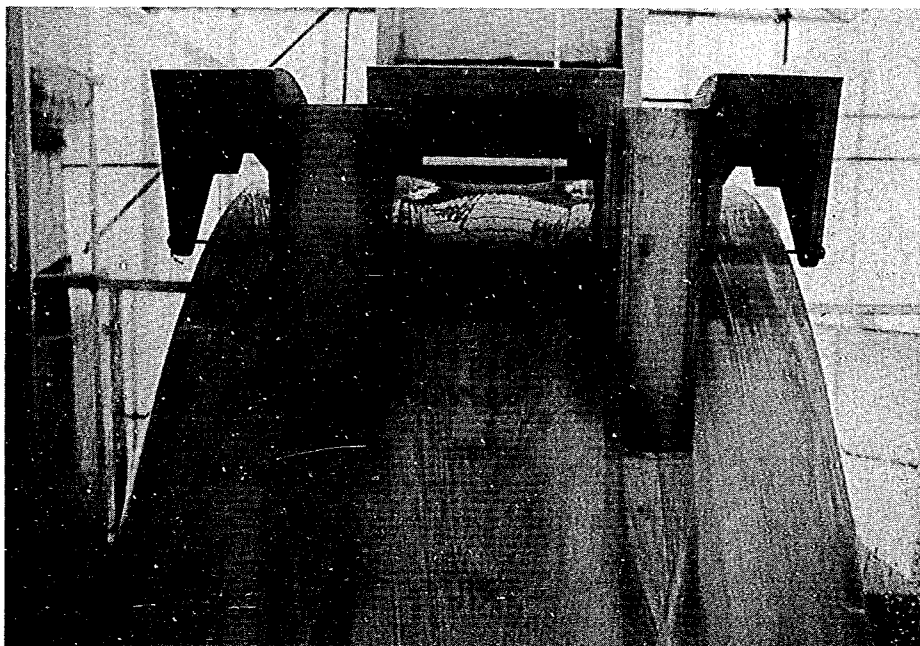


写真4-3 下流側から見た越流部の流況 $Q = 1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 貯水位 EL 317 m

資4-1. 越流部の放流能力(全門)

自由越流時				ゲート開き 0.587m				ゲート開き 1.141m				ゲート開き 1.678m				ゲート開き 2.202 m			
貯水池 水 位	(1) 放流量	貯水池 水 位	放流量	備 考	貯水池 水 位	放流量	備 考	貯水池 水 位	放流量	備 考	貯水池 水 位	放流量	備 考	貯水池 水 位	放流量	備 考			
31168	4580	31169		A	31246		A	31314		A	31376		A						
31253	10578	31164		B	31239		B	31305		B	31316		B						
31276	12757	31170	6455	C	31244	15497	C	31314	26794	C	31380	39548	C						
31300	15283	31184	6436	"	31253	16316	"	31325	26987	"	31385	39758	"						
31347	20620	31199	6747	"	31256	16450	"	31336	27351	"	31444	41122	"						
31381	24375	31224	7314	"	31268	16289	D	31344	27815	D	31420	41591	D						
31460	34025	31255	7886	"	31272	17020	"	31360	28414	"	31432	42063	"						
31520	43942	31274	8552	"	31282	17533	"	31364	28752	"	31456	43603	"						
31584	54626	31326	9835	"	31328	19146	"	31384	29993	"	31478	45147	"						
31641	64567	31365	10414	"	31363	20466	"	31421	31653	"	31527	48363	"						
31694	74126	31371	10440	"	31388	21683	"	31491	35103	"	31566	50514	"						
31724	79074	31376	10568	"	31439	22718	"	31513	36067	"	31601	52926	"						
31771	88707	31491	12763	"	31487	24432	"	31568	38713	"	31620	53471	"						
31798	93702	31587	14886	"	31530	25867	"	31581	39222	"	31676	56884	"						
貯水池 水 位	(2) 放流量	31696	15956	"	31580	27077	"	31607	40583	"	31700	58170	"						
		31773	16865	"	31622	28321	"	31632	41415	"	31746	60866	"						
31112	1746	31831	17910	"	31697	30128	"	31664	42717	"	31783	62205	"						
31154	3721	31852	18016	"	31733	31305	"	31686	43843	"	31830	64935	"						
31190	5984				31840	33791	"	31739	45954	"	31864	66872	"						
31234	8884							31770	47086	"									
31303	14755							31778	47530	"									
31352	20854							31799	48041	"									
31415	27738							31883	51424	"									
31489	38410																		
31527	44497																		
31553	49184																		
31609	58374																		
31676	70097																		
31699	74252																		
31755	84555																		
31801	93195																		

ゲート開き : ゲート下端からゲート戸当りまでの標高差, m
 記号の説明 { A:自由越流状態から遷移流状態になる直前
 B:遷移流状態から自由越流状態になった直後
 C:遷移流状態
 D:オリフィス流状態

ゲート開き 2.714m			ゲート開き 3.218m			ゲート開き 3.715m			ゲート開き 4.210m			ゲート開き 4.704m		
貯水池 水 位	放流量	備考	貯水池 水 位	放流量	備考	貯水池 水 位	放流量	備考	貯水池 水 位	放流量	備考	貯水池 水 位	放流量	備考
31442		A	31512		A	31566		A	31620		A	31690		A
31434		B	31500		B	31572	102759	C	31627	122743	C	31706	149040	C
31449	55593	C	31512	73109	C	31586		B	31632	124109	"	31711	152139	"
31456	55664	"	31514	73190	"	31577	90375	C	31640	124850	"	31717	153189	"
31471	56790	"	31518	73190	"	31588	91389	"	31641	125450	"	31721	153838	"
31481	56791	"	31527	73108	"	31594	91295	"	31644	125459	"	31723	153838	"
31490	57811	D	31545	73794	"	31601	91677	"	31626		B	31726	154838	"
31502	57859	"	31584	77045	D	31619	92430	D	31645	111001	C	31728	154838	"
31513	58651	"	31640	81546	"	31630	92905	"	31656	112404	"	31695		B
31520	59521	"	31667	83497	"	31654	95303	"	31671	112510	"	31722	134554	C
31565	63233	"	31691	85475	"	31658	95981	"	31687	113132	D	31738	135338	"
31584	64212	"	31726	88495	"	31690	98920	"	31690	114001	"	31754	135435	D
31591	65047	"	31785	93000	"	31720	102215	"	31699	114314	"	31770	137128	"
31654	69402	"	31852	98525	"	31754	105574	"	31704	115504	"	31776	137607	"
31697	72479	"	31876	100610	"	31765	106502	"	31728	117137	"	31784	138439	"
31713	73633	"				31788	108581	"	31784	122124	"	31798	139288	"
31753	76651	"				31804	110050	"	31812	126316	"	31809	140140	"
31845	82525	"				31823	111108	"	31852	129556	"	31827	141806	"
31870	83855	"				31854	113668	"	31875	131614	"	31870	145567	"
						31883	116592	"				31878	146560	"

(注) 自由越流時の流量は(1)と(2)をも加えたもの

資4-2 越流部の水面形状

EL 317.0m				EL 317.5m		
	径間中央	ピアー沿い	アバット沿い	径間中央	ピアー沿い	アバット沿い
*-16	** 29878	29928	29914	29847	29797	30001
-14	30074	30151	30191	30146	30126	30270
-12	30392	30473	30475	30440	30482	30561
-10	30674	30774	30739	30733	30825	30845
- 8	30934	31021	31009	30981	31076	31078
- 6	31136	31188	31205	31182	31254	31265
- 4	31293	31348	31349	31342	31394	31401
- 2	31418	31460	31471	31453	31496	31510
0	31506	31535	31539	31541	31566	31583
2	31570	31564	31563	31611	31598	31591
4	31616	31570	31563	31650	31607	31585
6	31648	31652	31619	31688	31719	31654
8	31665	31688	31679	31702	31718	31713
10	31674	31691	31690	31714	31721	31725
12	31679	31692	31693	31721	31723	31730
14	31684	31692	31699	31724	31725	31733
16	31685	31696	31699	31726	31726	31735
18	31688	31696	31699	31728	31728	31735

資4-3 越流部の底面圧力

No	ピエゾEL	EL 311	EL 312	EL 313	EL 314	EL 315	EL 316	EL 317	EL 318
1	** 309682	*** 31100	31189	31269	31329	31377	31394	31410	31410
2	310295	31099	31172	31221	31237	31221	31160	31086	31086
3	310500	31094	31151	31192	31210	31198	31160	31094	31094
4	310398	31078	31119	31152	31173	31162	31142	31090	31090
5	310133	31055	31084	31120	31140	31138	31116	31074	31074
6	309723	30999	31021	31047	31069	31072	30066	31030	31030
7	309176	30940	30960	30977	30986	30983	30974	30942	30942
8	308500	30856	30893	30909	30919	30920	30910	30820	30820
9	307697	30786	30810	30829	30840	30843	30842	30894	30894
10	306772	30690	30711	30727	30733	30733	30738	30728	30728
11	305728	30591	30604	30613	30620	30621	30626	30614	30614
12	304566	30490	30508	30510	30518	30530	30538	30542	30542
PT	304242	30441	30448	30454	30462	30477	30486	30486	30486

(注) ピエゾメーターの位置は図4-5を見ること

NOTO : * クレト頂から上流への距離(m)

** 標高で示す(m)

*** ピエゾ水頭(標高)で示す

第V部 減 勢 工

第V部 減 勢 工

第21節 減勢工の設計条件と型式の選定

少なくとも設計洪水流量程度までは減勢効果が維持できるものとした。これは減勢工が余水吐、洪水調節用放流設備に付属した機能を分担する設備であり、洪水吐設計で考慮した流量までは減勢できる構造であることが必要なものと考えられるからである。また設計洪水流量以上の異常な洪水が発生した場合でも、堤体及び洪水吐下流に極度の被害が生しないよう考慮した。

本ダム減勢の方法としては、下流地形を考慮し跳水式減勢工とするのが最もふさわしく、減勢池は堤頂越流幅と等幅の矩形水路とする。水叩き面の標高は基礎岩盤の状況を考慮してEL 244mとしている。そこで流れが水叩き幅5.25mに一樣に流入するものと仮定して、跳水共役水深を計算した。跳水に必要な水位と自然流水位の関係を求めると表15に示す結果が得られた。

21-1 跳水水利諸量の計算

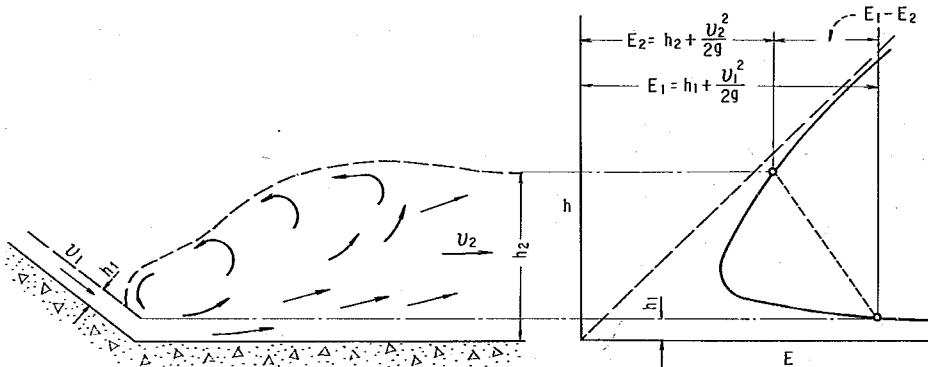


図 1.1 記号の定義

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1) \dots\dots\dots (20-1) \quad \text{ただし} \quad F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g h_1}}$$

$$E_L = E_1 - E_2 = \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1 h_2} \dots\dots\dots (21-2)$$

跳水後の比エネルギーと跳水前のそれとの比は次式で表わされる。

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{(8F_1^2 + 1)^{3/2} - 4F_1^2 + 1}{8F_1^2 (2 + F_1^2)} \dots\dots\dots (21-3)$$

(21-3)式は跳水の効率が接近流のフルード数 F_1 (初期フルード数)のみに依存する無次元関係であることを示している。

ここで $\frac{E_2}{E_1} + \frac{E_L}{E_1} = 1$ である。これらの式で計算された水利諸量を表15に示す。

表15 減勢池の水利諸量(矩形水路)

放流量 Q , m^3/sec	h_1 , m	F_1	h_2 , m	E_L , m	E_2/E_1	E_L/E_1	共役跳水 必要水位 EL , m	自然流下 水位 EL , m
200	0.11	3.245	5.08	53.97	0.101	0.899	249.08	247.6
500	0.28	2.052	7.99	51.18	0.147	0.853	251.99	249.0
800	0.45	1.622	10.06	49.21	0.180	0.820	254.06	249.9
1000	0.56	1.451	11.22	48.15	0.197	0.803	255.22	250.4
1300	0.73	1.273	12.75	46.77	0.220	0.780	256.75	251.1
2400	1.35	0.936	17.14	42.76	0.287	0.713	261.14	253.2
2900	1.63	0.852	18.78	41.38	0.310	0.690	262.78	254.1

表15に示す結果より、すべての流量に対し下流水深は不足し、減勢池内に跳水を生じさせるためには副ダムを設置して下流水深を確保することが必要である。

また表14に示す各諸量は二次元的に正しいが、本ダムのように放水管からの放流水の場合に適用するとこの水脈の厚さに無関係に算出されたものであり二次元的なものとは異なることに注意しなければならない。

21-2 減勢工の規模

跳水長については Safranez, Luxin, Einwachter らの実験的研究により解析された式はいずれも跳水共役水深 h_2 に対し、跳水長 l_j は概ね次式のようなものである。

$$l_j = 4.5 h_2 \sim 5 h_2 \dots\dots\dots (21-4)$$

一般に水叩き長さは跳水長より長くとることが必要である。副ダム必要高 d は次式で求められる。

$$\frac{d}{h_1} = \frac{(1+2F_1^2)\sqrt{1+8F_1^2}-1-5F_1^2}{1+4F_1^2-\sqrt{1+8F_1^2}} - \left(\frac{\sqrt{g}}{C}\right)^2 \dots\dots\dots (21-5)$$

ここで $C \approx 2.0$

なお(21-4)式は、副ダム上流面に作用する圧力が静水圧分布とほぼ一致し(21-5)式が成立するための条件である。一応、減勢工必要規模を決定する目安として、流量を $1300 m^3/sec$ とし、(21-4)、(21-5)式から必要水叩き長 l_j 、副ダム高 d を求めると $l_j = 60 m$ 、 $d = 7.5 m$ 程度が必要となる。

2 2-1 減勢工の必要規模と流況に関する実験

減勢工の必要規模と流況を調査するため表16に示すケースについて実験を行い比較検討した。ここでは流量を $1300\text{ m}^3/\text{s}$

表16 減勢工の必要規模の比較(矩形水路)

副ダム高, m	6.5	7.5	8.5
水叩き長さ, m	50, 60, 70	50, 60, 70	50, 60, 70

としている。減勢池内の水面形状を図5-1, 図5-2に示した。副ダム高 $d = 6.5\text{ m}$ の場合, いずれの水叩き長においても減勢池内に完全な跳水が起こらず, 流況が著しく不安定である。放水管からの水脈は水叩

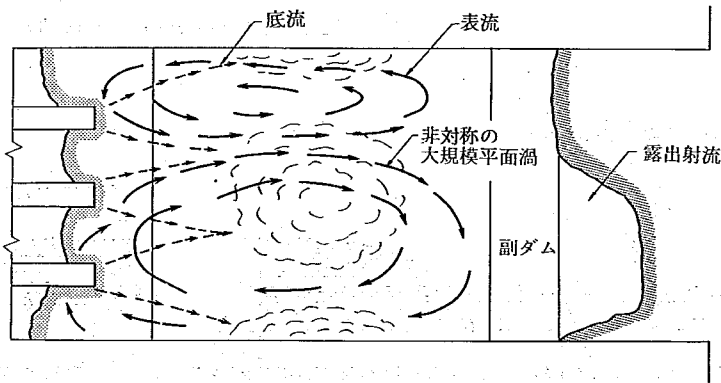


図12 矩形水路内の流況

き内を露出射流で流下し副ダムにあたって飛散する。副ダム高 8.5 m の場合はいずれの水叩き長でも完全跳水になりうるが水叩き内両側の死水域に大きな平面渦が発生する。しかもこの渦は、左右の大きさが一定でなく非常に不安定である。副ダム高 7.5 m の場合は、水叩き長 50 m を除いてはほぼ副ダム高 8.5 m の場合と同様な流況になるが、副ダム上流面作用圧力からみても、流れが水叩き内中央に集中し流況が安定していない。また、どのケースについても潜流から跳水に移行する流量付近で、水叩き内に平面渦が発生しやすい。つまりこの水叩き幅では、放水管からの流水幅が水叩き内に入っても横断方向に均等に拡がらない為、不安定な流況となり得る。このため跳水による減勢効果は著しく低下し、さらにこれにより副ダム越流水も不均等になり、所定の機能を得る事は出来ない。(写真5-5)

2 2-2 設計案減勢工の検討

減勢池内の平面渦を防止するため水叩き始端付近に、ディフレクターあるいはシュートブロックを設置して流況を調査した結果いずれの場合も、平面渦はある程度防止する事は出来るが水叩き内の流況はかえって悪化している。

仮りに減勢池内にディフレクターやシュートブロックを設置しても、高速流による著しいキャビテーショ

ン被害をうける可能性がある。そこで平面渦を防止する方法として補助構造物によらず水叩き断面を変化させることにした。図13は原案水叩きでの死水領域をなくすため底面幅を縮めた台形水路としたもので、この形状について実験検討を進めることにする。

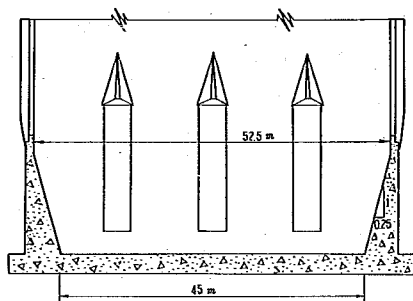


図13 水叩断面の修正（台形水路）

2 2 - 3 台形水路の跳水とエネルギー損失

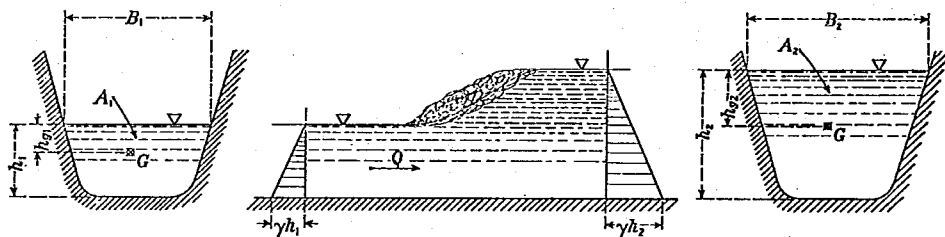


図14 記号の定義1

図14から運動方程式は

$$\tau h g_1 A_1 - \tau h g_2 A_2 = \frac{\tau}{g} Q (V_2 - V_1) \dots\dots\dots (22-1)$$

$$\text{または } h g_2 A_2 - h g_1 A_1 = \frac{Q^2}{g} \left(\frac{1}{A_1} - \frac{1}{A_2} \right) \dots\dots\dots (22-2)$$

$$\bar{h}_1 = A_1/B_1, \quad \bar{h}_2 = A_2/B_2 \quad \text{とすると}$$

$$\frac{(h g_2 / \bar{h}_2)(\bar{h}_2 / \bar{h}_1)(A_2 / A_1) - (h g_1 / \bar{h}_1)}{1 - (A_1 / A_2)} = F_1^2 \dots\dots\dots (22-3)$$

$$A = K h^n \dots\dots\dots (22-4)$$

$$B = \frac{dA}{dH} = n K h^{n-1} \dots\dots\dots (22-5)$$

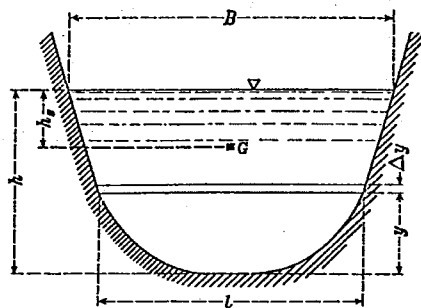


図 15 記号の定義 2

$$\overline{h} = \frac{A}{B}, \quad \overline{h} = \left(\frac{1}{n}\right)h \dots\dots\dots (22-6)$$

$$A(h - hg) = \int_0^h y l dy = \int_0^h y (nK y^{n-1}) dy$$

$$= \frac{nK}{n+1} h^{n+1}$$

ゆえに

$$hg = h - \frac{1}{A} \cdot \frac{nK}{n+1} h^{n+1}$$

$$= h - \frac{n}{n+1} h$$

または $h_g = \frac{1}{n+1} h \dots\dots\dots (22-7)$

(22-4), (22-6), (22-7)式を(22-3)式に代入して

$$\frac{\left(\frac{n}{n+1}\right)\left(\frac{h^2}{h_1}\right)\left(\frac{h^2}{h_1}\right)^n - \left(\frac{n}{n+1}\right)}{1 - \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^n} = F_1^2$$

$$\frac{n}{n+1} \cdot \frac{\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^n \left[\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^{n+1} - 1\right]}{\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^n - 1} = F_1^2 \dots\dots\dots (22-8)$$

(22-8)式において $\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^n \gg 1$ の場合は近似式として

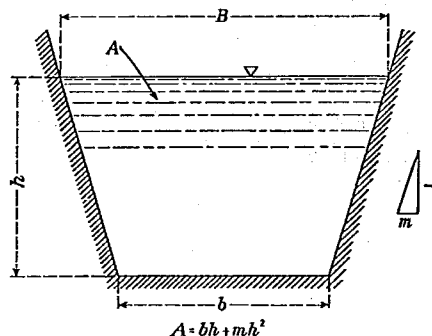


図 16 記号の定義 3

$$\frac{h_2}{h_1} = \left[\frac{n+1}{n} F_1^2 \right]^{\frac{1}{n+1}} \dots\dots\dots (22-9)$$

ここで(22-9)式で n の解を求めると,

また $\frac{A}{b^2} = \left(\frac{h}{b}\right) + m\left(\frac{h}{b}\right)^2 \dots (22-10)$

$$\frac{A}{h^2} = K \left(\frac{h}{h} \right)^n \dots\dots\dots (22-11)$$

ここで n の範囲は $1.0 < n < 2.0$ である。

(22-10), (22-11)式から

$$K \left(\frac{h}{b} \right)^n = \left(\frac{h}{b} \right) + m \left(\frac{h}{b} \right)^2 \dots\dots\dots (22-12)$$

(22-12) 式を $\left(\frac{h}{b} \right)$ について微分すると,

$$n K \left(\frac{h}{b} \right)^{n-1} = 1 + 2m \left(\frac{h}{b} \right)$$

したがって
$$n = \frac{1 + 2m \left(\frac{h}{b} \right)}{K \left(\frac{h}{b} \right)^{n-1}}$$

すなわち n の解は
$$\therefore n = \frac{1 + 2m \left(\frac{h}{b} \right)}{1 + m \left(\frac{h}{b} \right)} \dots\dots\dots (22-13)$$

(22-8) 式で $1.0 < n < 2.0$ について $\frac{h_2}{h_1} \sim F_1$ の関係を図5-3に(22-13)式で $n \sim \frac{h}{b}$ を

図5-4に, また(22-13)式で $n \sim m \left(\frac{h}{b} \right)$ を図5-5にそれぞれ示してある。

$\delta_1 = \frac{A_1}{B_1}$ とすると(22-2), (22-13)式から次式が得られる。

$$\frac{E_L}{E_1} = 2 - \frac{2h_2}{h_1} + F_1^2 \frac{\delta_1}{h_1} \left(1 - \frac{A_1^2}{A_2^2} \right) / 2 + F_1^2 \frac{\delta_1}{h_1} \dots\dots\dots (22-14)$$

(22-4) 式で $1.0 < n < 2.0$ について $\frac{E_L}{E_1} \sim F_1$ の関係を表17, 図5-6に示す。

22-4 台形水路の水利諸量と減勢工の規模

規模を決定する目安として矩形水路と同様流量を $1300 \text{ m}^3/\text{sec}$ として計算を行うと,

$$F_1 = \sqrt{\frac{Q^2 B_1}{g A_1^3}} = \sqrt{\frac{1300^2 \times 45}{9.8 \times 38.43^3}} = 11.69 \quad (h_1 \approx 0.85)$$

(22-13) 式から

$$n_1 = \frac{1 + 2m \left(\frac{h_1}{b} \right)}{1 + m \left(\frac{h_1}{b} \right)} = \frac{1 + 2 \times 0.25 \times 0.01888}{1 + 0.25 \times 0.01888} = 1.0047$$

図5-3より $\frac{h_2}{h_1} \approx 1.59$ $\frac{h_2}{b} = 1.59 \times 0.01888 = 0.30033$

同様にして $n_2 = 1.06984$

表 1 7 台形水路における跳水エネルギー損失 (図 5 - 6 参照)

$\frac{h_2}{h_1}$	$n = 1.0$		$n = 1.2$		$n = 1.4$		$n = 1.5$		$n = 1.6$		$n = 1.8$		$n = 2.0$	
	F_1	$\frac{E_L}{E_1} \times 100$	F_1	$\frac{E_L}{E_1} \times 100$	F_1	$\frac{E_L}{E_1} \times 100$	F_1	$\frac{E_L}{E_1} \times 100$	F_1	$\frac{E_L}{E_1} \times 100$	F_1	$\frac{E_L}{E_1} \times 100$	F_1	$\frac{E_L}{E_1} \times 100$
1.0	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000
1.2	1.149	0.100	1.170	0.144	1.190	0.196	1.201	0.225	1.212	0.256	1.245	0.324	1.260	0.400
1.4	1.296	0.621	1.340	0.891	1.390	1.209	1.510	1.385	1.440	1.574	1.485	1.986	1.541	2.445
1.6	1.442	1.654	1.510	2.363	1.582	3.192	1.630	3.650	1.670	4.137	1.750	5.196	1.840	6.365
1.8	1.587	3.146	1.700	4.470	1.690	6.001	1.850	6.841	1.900	7.728	2.030	9.641	2.160	11.728
2.0	1.732	5.000	1.860	7.055	2.000	9.403	2.080	10.680	2.140	12.019	2.310	14.872	2.490	17.935
2.2	1.876	7.114	2.040	9.963	2.210	13.175	2.320	14.900	2.400	16.696	2.620	20.474	2.850	24.456
2.4	2.020	9.402	2.200	13.063	2.430	17.128	2.550	19.285	2.660	21.511	2.920	26.131	3.220	30.906
2.6	2.160	11.792	2.400	16.250	2.640	21.121	2.800	23.674	2.940	26.286	3.250	31.628	3.600	37.040
2.8	2.310	14.227	2.580	19.444	2.880	25.055	3.030	27.958	3.220	30.900	3.600	36.869	4.000	42.727
3.0	2.450	16.667	2.760	22.593	3.110	28.863	3.290	32.066	3.500	35.283	3.940	41.681	4.420	47.912
3.5	2.810	22.604	3.220	30.044	3.680	37.607	3.940	41.353	4.210	45.035	4.820	52.119	5.510	58.711
4.0	3.160	28.125	3.680	36.705	4.290	45.115	4.160	49.161	4.980	53.061	5.800	60.343	6.690	68.855
4.5	3.520	33.140	4.150	42.543	4.890	51.453	5.300	55.628	5.750	59.582	6.790	66.776	8.130	72.987
5.0	3.870	37.647	4.640	47.619	5.530	56.781	6.000	60.973	6.580	64.883	7.850	71.833	9.280	77.652
5.5	4.230	41.681	5.130	52.028	6.150	61.271	6.750	65.410	7.400	69.217	8.910	75.848	11.360	81.253
6.0	4.580	45.290	5.550	55.865	6.800	65.073	7.500	69.118	8.960	72.791	10.010	79.075	12.140	84.076
7.0	5.290	51.429	6.570	62.162	8.160	71.098	9.050	74.893	10.100	78.266	12.300	83.859	15.200	88.132
8.0	6.000	56.414	7.550	67.064	9.450	75.598	10.600	79.121	11.900	82.196	14.900	87.165	18.600	90.835
9.0	6.710	60.520	8.520	70.956	10.920	79.048	12.300	82.308	13.800	85.110	17.700	89.540	22.200	92.718
10.0	7.420	63.947	9.610	74.104	12.310	81.756	14.000	84.774	15.900	87.333	20.400	91.302	25.900	94.079
15.0	10.950	74.973	14.890	83.583	19.900	89.420	22.600	91.550	26.800	93.269	35.600	95.759	47.500	97.347
20.0	14.490	80.884	20.250	88.225	28.000	92.866	32.000	94.472	38.600	95.727	53.300	97.463	73.100	98.504
25.0	18.030	84.550	25.800	90.930	36.800	94.757	43.500	96.031	51.500	97.002	72.600	98.300	102.000	99.042

$$\therefore n = \frac{1}{2} (1.0047 + 1.06984) = 1.03727$$

$$(22-9) \text{ 式より } \frac{h_2}{h_1} = \left[\frac{n+1}{n} F_1^2 \right]^{\frac{1}{n+1}} = \left[\frac{1.03727+1}{1.03727} \times 136.73 \right]^{\frac{1}{2.037}} = 15.57$$

$$\text{ゆえに } h_2 = h_1 \times 15.57 = 13.23 \text{ m}$$

各流量について同様に計算した結果を表18に示す。跳水共役水深とフルード数の関係を図5-7に示す。

表18 減勢池内の水理諸量(台形水路)

$Q, \text{ m}^3/\text{sec}$	$h_1, \text{ m}$	$A_1, \text{ m}^2$	F_1	(h/b)	(h_2/h_1)	$h_2, \text{ m}$	
200	0.13	5.85	30.29	0.00288	42.33	5.50	
500	0.33	14.88	18.67	0.00733	25.90	8.54	
800	0.52	23.52	15.02	0.01155	20.33	10.57	
1000	0.65	29.36	13.47	0.01444	18.13	11.78	
1300	0.85	38.43	11.69	0.01888	15.57	13.23	* 13.27
2400	1.55	70.35	8.61	0.03444	11.10	17.20	
2900	1.85	84.11	7.89	0.04111	10.05	18.60	

* 実験によって共役水深を求めたもの

またエネルギー損失特性を表19, 図5-8に示す。

表19 減勢池のエネルギー損失特性

$Q, \text{ m}^3/\text{sec}$	F_1	E_L	E_2/E_1	E_L/E_1	E_L/h_1
200	30.29	54.10	0.092	0.907	416.1
500	18.67	50.74	0.149	0.850	153.7
800	15.06	48.45	0.183	0.816	93.1
1000	13.47	45.10	0.205	0.794	69.3
1300	11.69	42.18	0.235	0.764	49.6
2400	8.61	35.99	0.314	0.686	23.2
2900	7.89	34.19	0.340	0.659	18.4

共役水深は初期フルード数のみに関係する無次元関係であることから水叩長, 副ダム高について(21-4), (21-5)式と同様に求めることができる。

すなわち $l_j = 6.0 \text{ m}$, $d = 8 \text{ m}$ 程度が必要である。

第23節 修正案の実験検討

23-1 修正案の減勢工必要規模と流況に関する実験

修正案減勢工の必要規模と流況を調査するため表20に示すケースについて実験を行い比較検討した。ここでは第21-2と同様に流量を $1300 \text{ m}^3/\text{sec}$ としている。

減勢池内の水面形状を図5-9、図5-10にその流況を写真5-6、写真5-7に示してある。また副ダム上流面に作用する圧力分布を図5-11に示した。

表20 修正案減勢工必要規模の比較

副ダム高, m	8	9	10
水叩き長, m	50, 60, 70	50, 60, 70	40, 50, 60

原案水叩きで問題となった大規模な平面渦の発生は、9ケースとも見られない。どの副ダム高でも水叩き長を60m以上にすれば副ダム上流面に作用する圧力分布は、中央、両岸側とも均等ではほぼ静水圧となっている。ただし副ダム高8mにすると水面の動揺が大きく流況もかなり不安定である。以上のことから、減勢工規模の経済性も考慮して副ダム高を9m、水叩き長を60mとするのが適当である。

表21 修正案減勢工の流況比較

副ダム高 8 m		
水叩き長 50 m	水叩き長 60 m	水叩き長 70 m
水叩き中央部の水面隆起が著しく水面の動揺が大きいため減勢効果は悪い。	副ダム前面での圧力分布はほぼ均等であるが水面の動揺が大きいため減勢効果は悪い。	水叩上の水面隆起は60mとほぼ同様であるが水面の動揺が大きいため減勢効果は悪い。
副ダム高 9 m		
水叩き長 50 m	水叩き長 60 m	水叩き長 70 m
副ダム前面の圧力分布が不均等になり水面も動揺するが、減勢効果は比較的よい。	副ダム前面の圧力分布も均等で流況も安定し減勢効果は良好である。	副ダム前面の圧力分布が均等になり、水叩き末端の死水領域が比較的大きい。減勢効果は良好。
副ダム高 10m		
水叩き長 40 m	水叩き長 50 m	水叩き長 60 m
副ダム前面の動水圧が大きく水叩内での水面動揺が激しいため減勢効果は著しく悪い。	水叩内での水面隆起は比較的小さいが副ダム前面での圧力分布が不均等になる。	副ダム前面での圧力分布は均等になり減勢効果も良好であるが副ダム高が高すぎる。

23-2 実施設計案の規模に対する流況とガイドウォール必要高

副ダム高9m、水叩き長60mを実施設計規模として妥当かどうか、設計洪水流量、異常洪水流量について流況を調査した。(図5-12)、(写真5-8)参照。

減勢池内ガイドウォールは、堤体バケット上流側より漸縮されているため堤体導流部からの流水是水叩中央部に集中する傾向がある。だが減勢機能が失われるわけではなく設計洪水流量程度までは十分減勢機能を維持している。設計洪水流量を越えると、水叩内に露出射流が現われ副ダム前面よりやや飛散状態となるが、減勢効果がある程度確保されておりダム本体への悪影響はないであろう。以上のことからこの規模は設計条件を満足していると考えられるので、この案を実施設計案として推奨する。またガイドウォールの必要高について設計条件を考慮するならば、設計洪水流量における水位の最大値をとって天端高をEL262mにすれ

ばよい。この天端高は異常洪水流量時の平均水位に相当する。また設計洪水流量以上の流量に対する越波を見込んでガイドウォール内側にドレーン設備を設けることが望ましい。

2 3-3 ガイドウォールに作用する圧力

ガイドウォールに作用する圧力分布を図5-13に示す。これをみても分かるように副ダム直上流に対しては、副ダム上流面に作用する圧力とほぼ同一の圧力分布となっている。さらに上流部ではその水深における静水圧より幾分小さいが、ほぼ静水圧に近い。ガイドウォールに大きな圧力が作用する範囲は副ダム直上流付近に限定され、他の部分に対しては静水圧分布を考えれば十分である。

第24節 副ダムとその減勢工

2 4-1 副ダム形状に関する実験

副ダムの天端幅としては、長いほど副ダムの機能を安定させることが実験的に明らかにされているが、ここでは構造上の安定性を考慮して天端幅 $L=5\text{ m}$ を採用する。このとき L/d は必要副ダム高 d の計算式に用いている条件 $L/d = 1/2 \sim 1/3$ を満足している。その詳細形状を図5-14に示す。水叩き規模の実験で得られた調査資料にもとずき、副ダム上流面、越流面に作用する圧力について調査した。(図5-15)参照。

これによると設計洪水流量時に局所的に -8 t/m^2 の負圧の発生がみられ、これ以上の流量に対しては逆に負圧が小さくなる傾向がある。これは副ダムを越える流水が飛散状態になると、水脈の下面に空気が供給されることによるものであろう。 -8 t/m^2 はかなり低い圧力であるが、実際は実験よりさらに多くの空気混入があると考えてよいから、これほどの低い圧力にはなり得ない。

2 4-2 副ダム減勢工の形状選定

減勢池内でいったん減勢された流水でも、副ダムを越流し河床へ到達する時にはおよそ 18 m/sec もの流速になる。これはエネルギー水頭高にして 17 m に相当する。河床の洗掘、下流護岸への悪影響などを考慮するならば当然ここでさらにエネルギーを逸散することが必要になる。そこで本ダムでは副ダム下流に減勢設備(2次減勢工)を設ける。

減勢の方法としては、跳水式やバケット型水叩き等が適用出来る。バケット型式の特徴は短区間にて大きなエネルギー減殺をはかるものであるが、その目的達成の為に自然下流水位の相当高いことが絶対条件である。本ダムの場合、下流水深を確保できないので跳水式を用いることにする。

2次減勢工形状は USBR の小さい余水吐で用いられる構造を採用した。設計はこの USBR の実験資料を参考にして行い設計洪水流量までは確実に減勢できる形状とした。図5-16はその比較設計形状を示したものである。(写真5-9)参照

2 4-3 副ダム減勢工の実験検討

流量 $1300\text{ m}^3/\text{sec}$ については、流況に大きな違いは認められずどの TYPE ともほぼ完全減勢に近い状

態である。設計洪水流量 ($Q = 2370 \text{ m}^3/\text{sec}$) の流況を調査した結果、TYPE 2, TYPE 3はエンドシル前面が傾斜しているために、この程度の流量になると水叩き内でのローラーが完全でなく減勢効果が低下している。

これに対し、TYPE 1, TYPE 4ではエンドシル前面を鉛直にしている為、完全跳水となり、減勢効果も十分である。(写真5-10~写真5-12)。さらに小流量について減勢効果を調べてみると、バップルピアがない TYPE 1 ではエンドシル先端部の圧力分布が TYPE 4 に比べて低い値を示す。

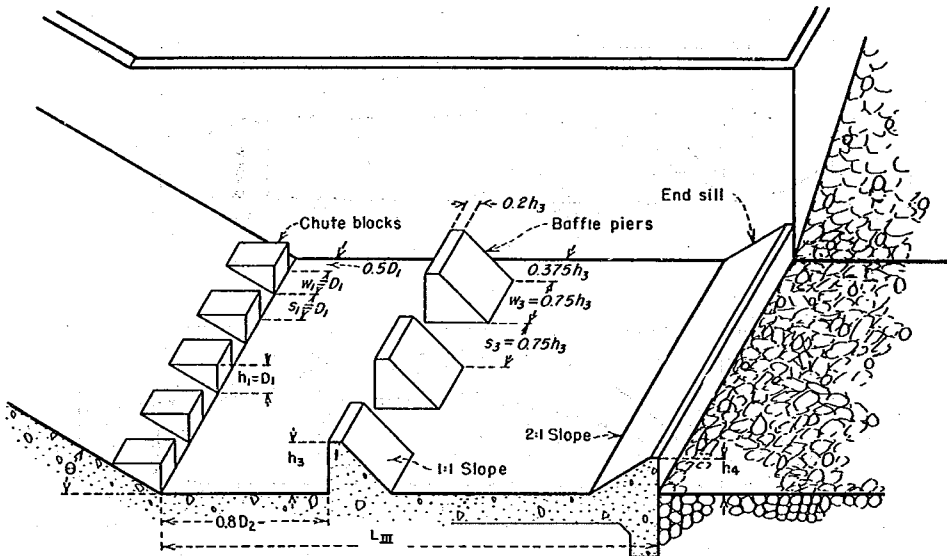


図17 小余水吐の減勢工 (USBR)

すなわちここでの流速水頭が大きく、減勢は不十分である。これにより、小流量時の減勢効果はバップルピアが大きな役割をはたしていると考えられる。以上の結果を考慮してTYPE 4 を実施設計案として推奨する。この形状について各流量の水面形状を図5-17に示す。また減勢池の排水を考えると、エンドシルの高さを1m低くしても減勢効果はほぼ満足される。

2.4-4 バップルピアにかかる動水圧荷重

バップルピアの設計に必要な荷重を求めるため、前面、背面および側面について圧力を調査した。(図5-18)。これによると前面に作用する圧力は、副ダムを越流する流水の全エネルギー高にほぼ等しい。また背面、側面に作用する圧力は、測定位置での静水圧程度が作用する。實際上、バップルピアの設計には前面に作用する動水圧荷重を考慮すればよい。

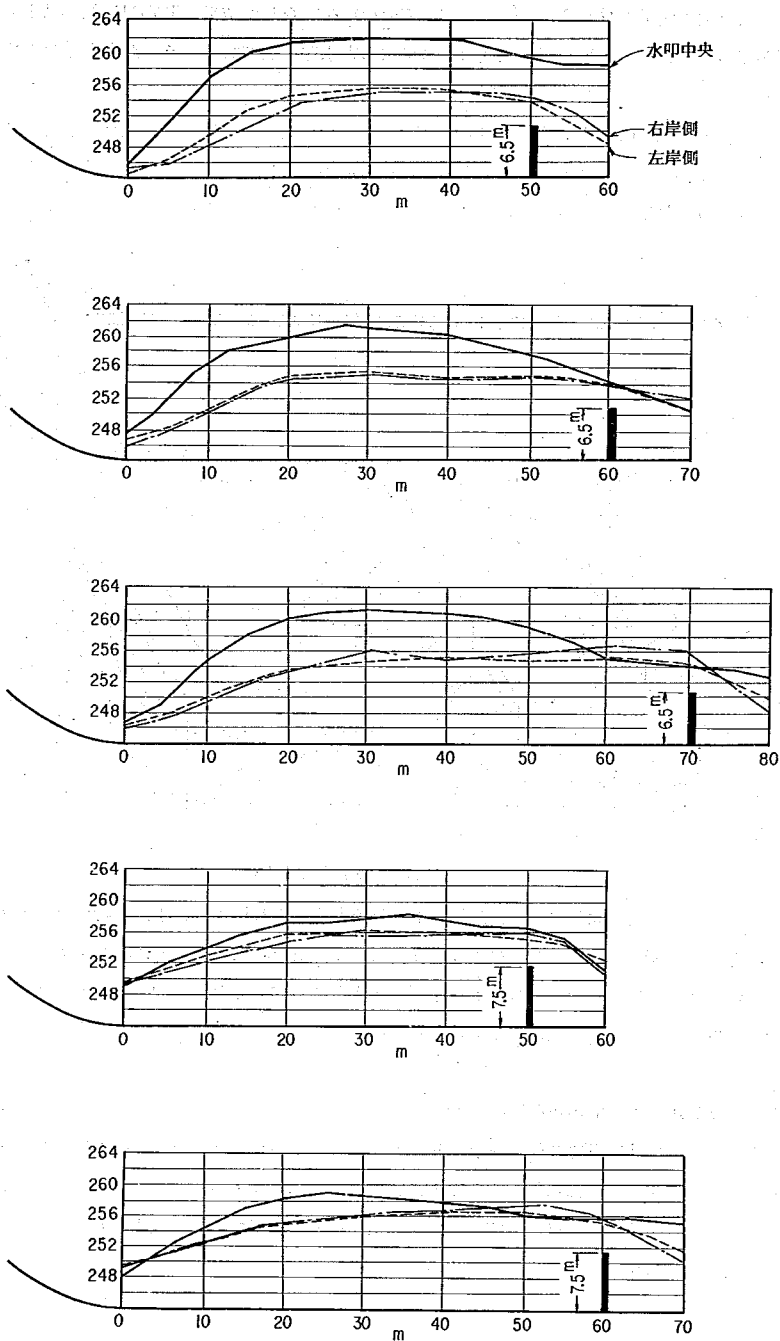


図5-1 設計案規模による減勢池内の水面形状(短形水路) 1

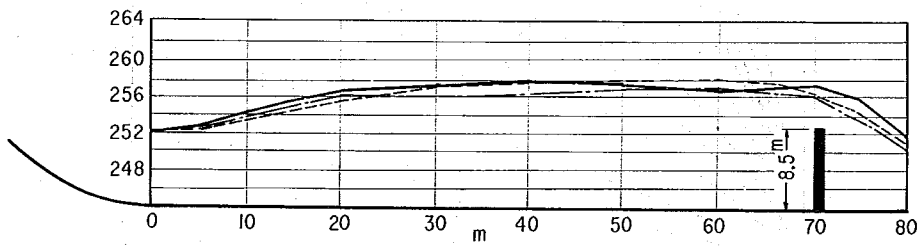
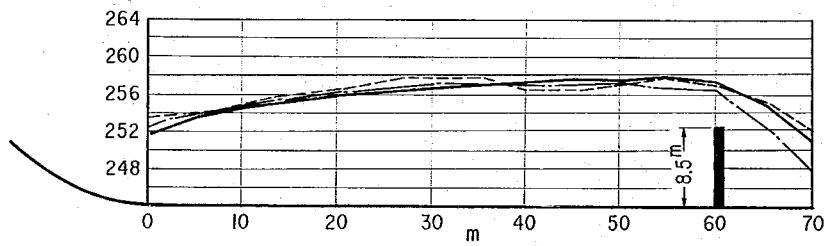
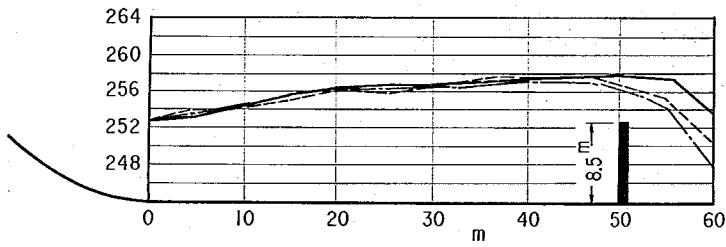
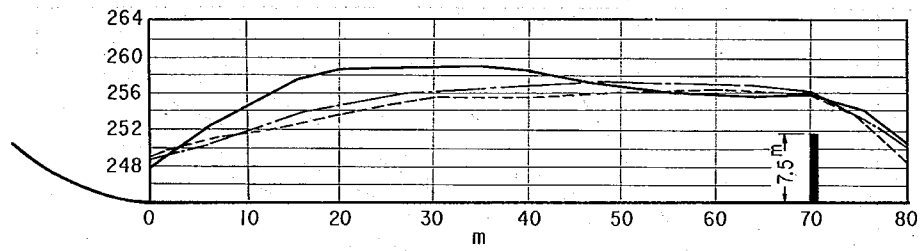


図5-2 設計案規模による減勢池内の水面形状（短形水路）2

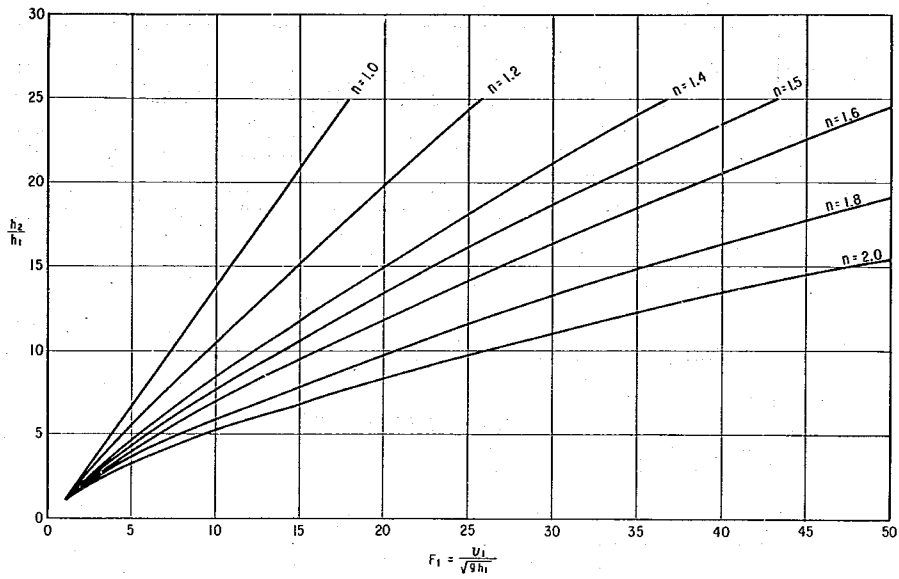


図5-3 n値による $h_2/h_1 \sim F_1$ の関係

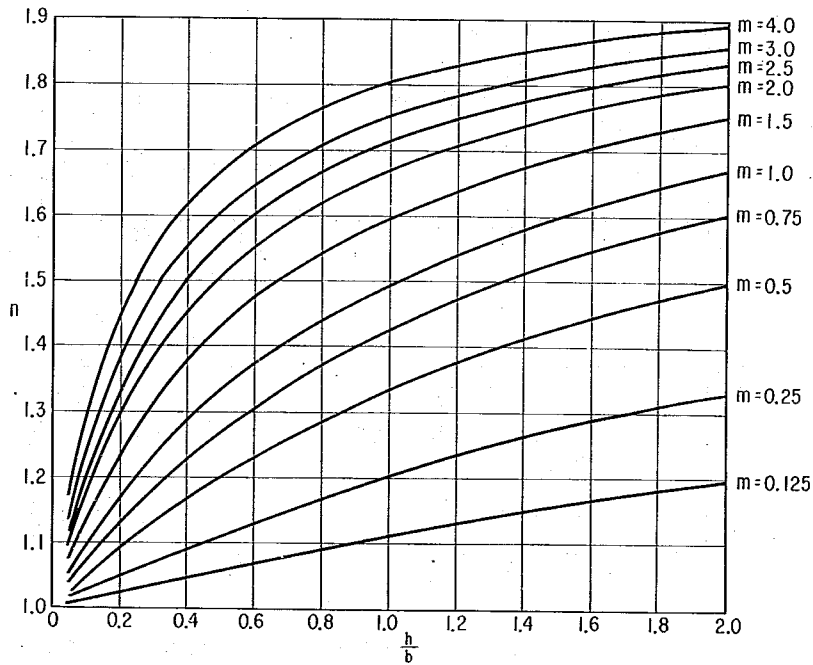


図5-4 m値による $n \sim h/b$ の関係

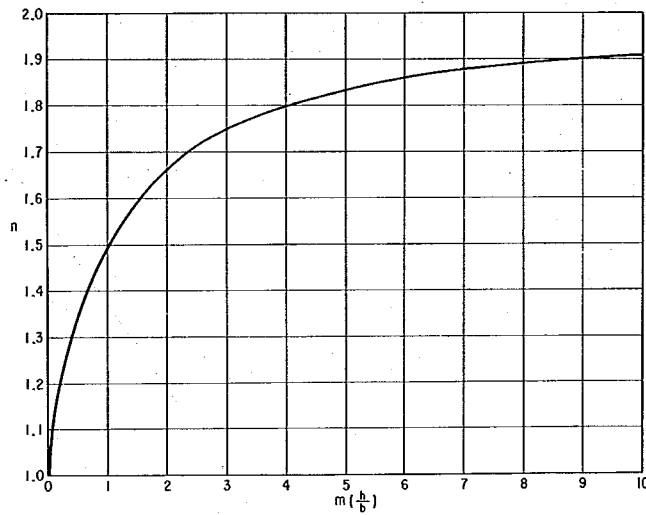


図5-5 $n \sim m \left(\frac{h}{b} \right)$ の関係

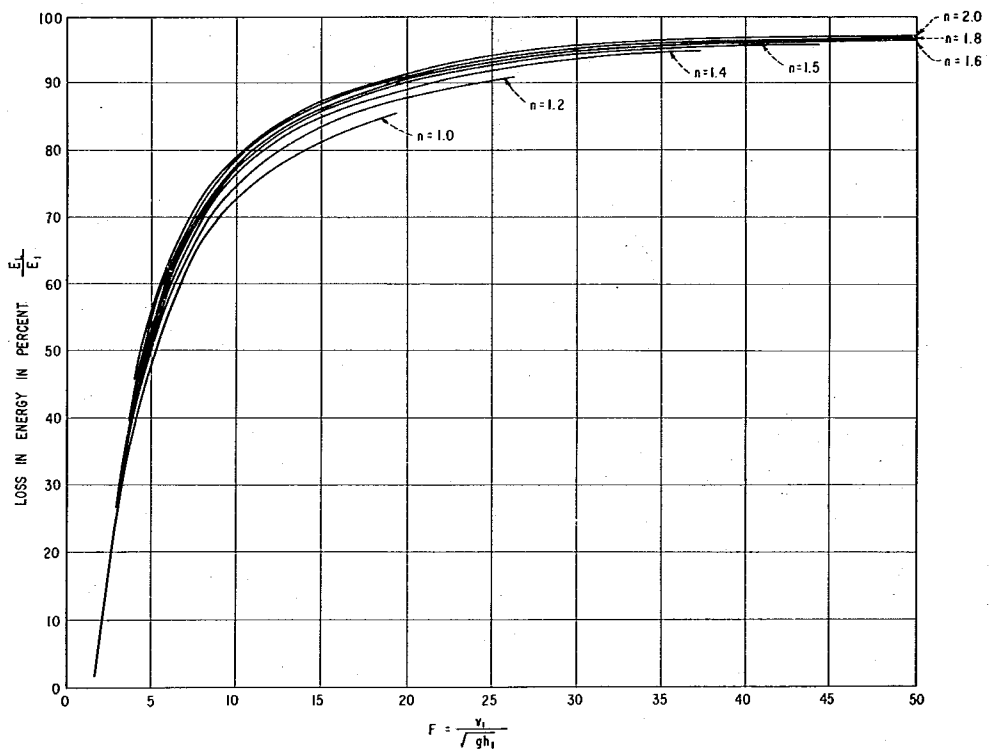


図5-6 跳水のエネルギー損失とフルード数

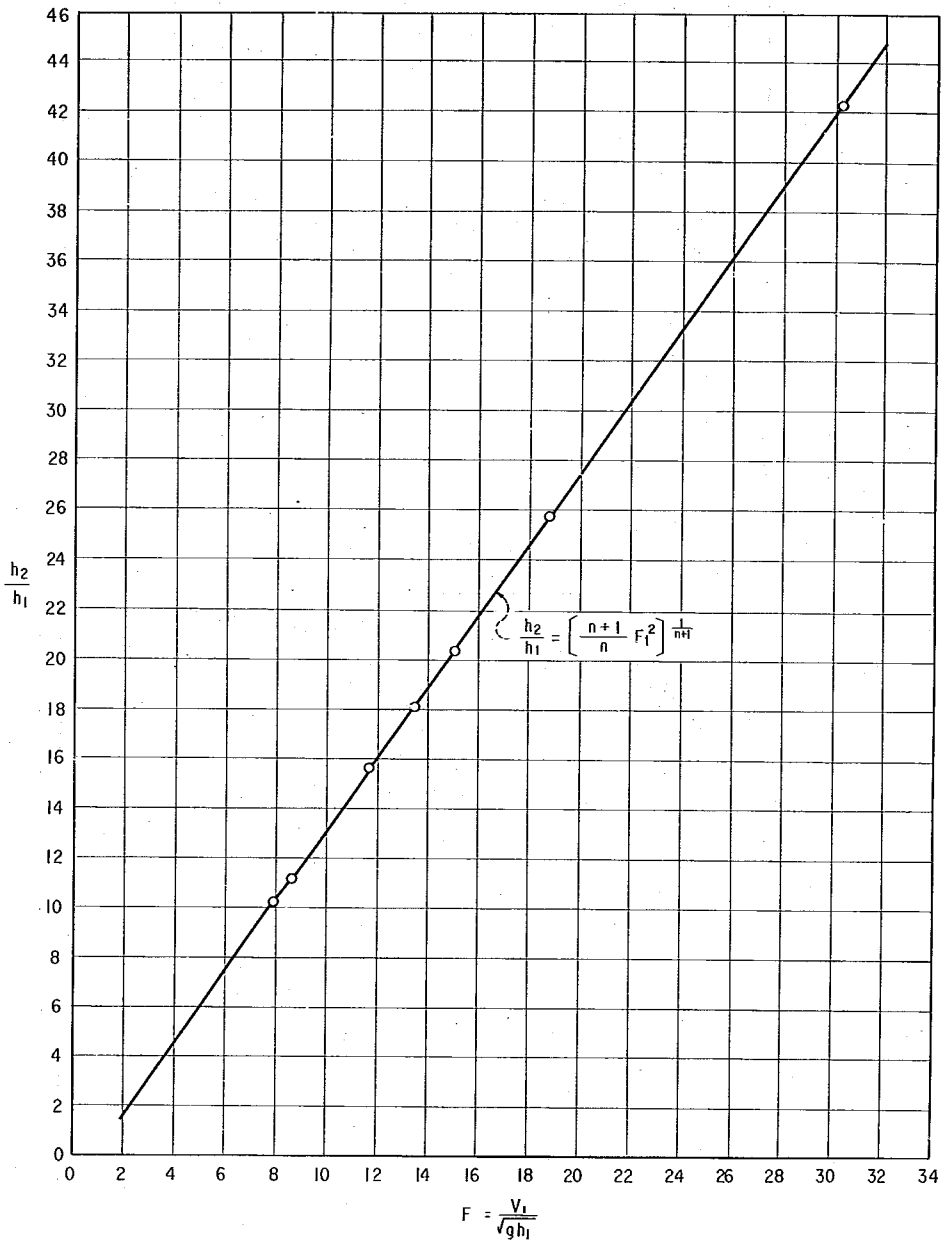


図5-7 跳水共役水深とフルード数

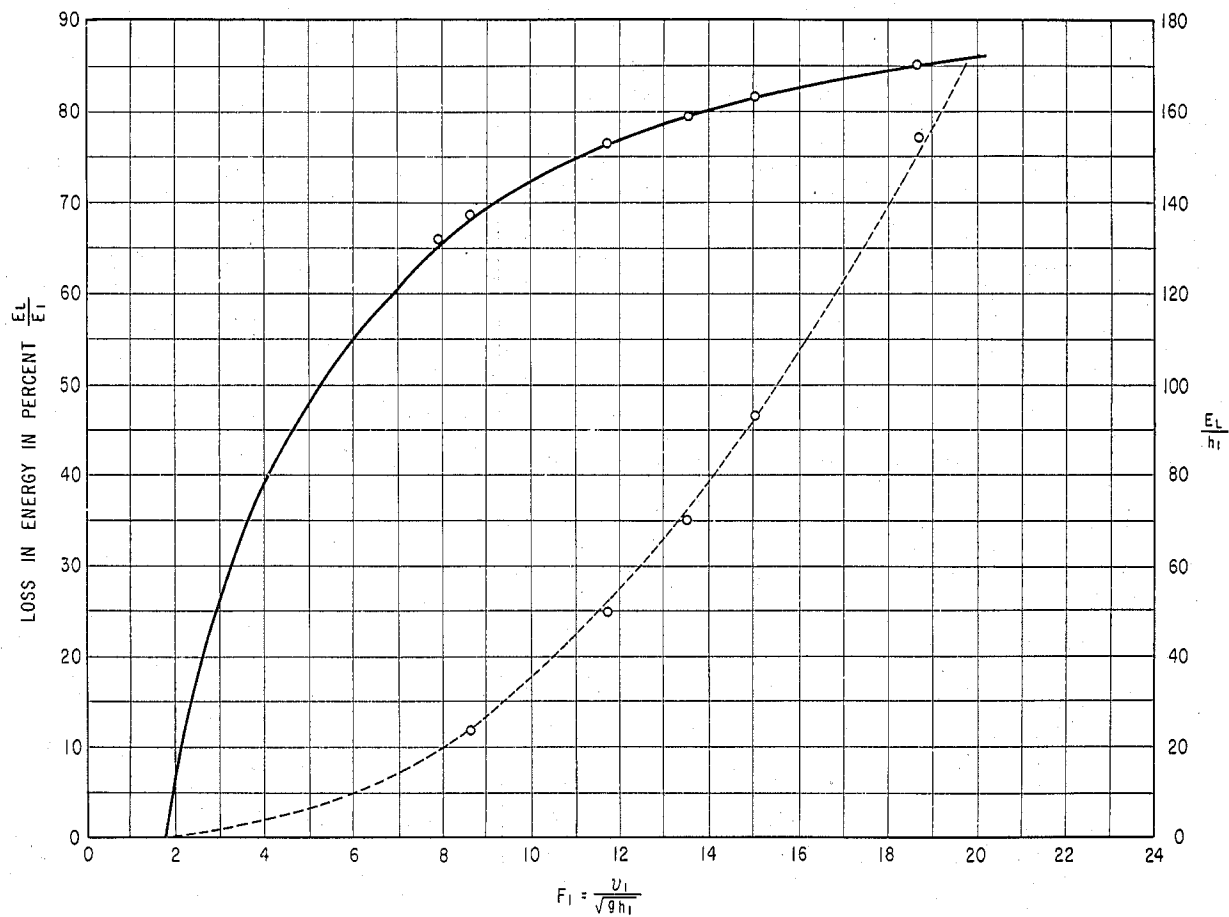


図5-8 エネルギー損失特性

第V部 減勢工

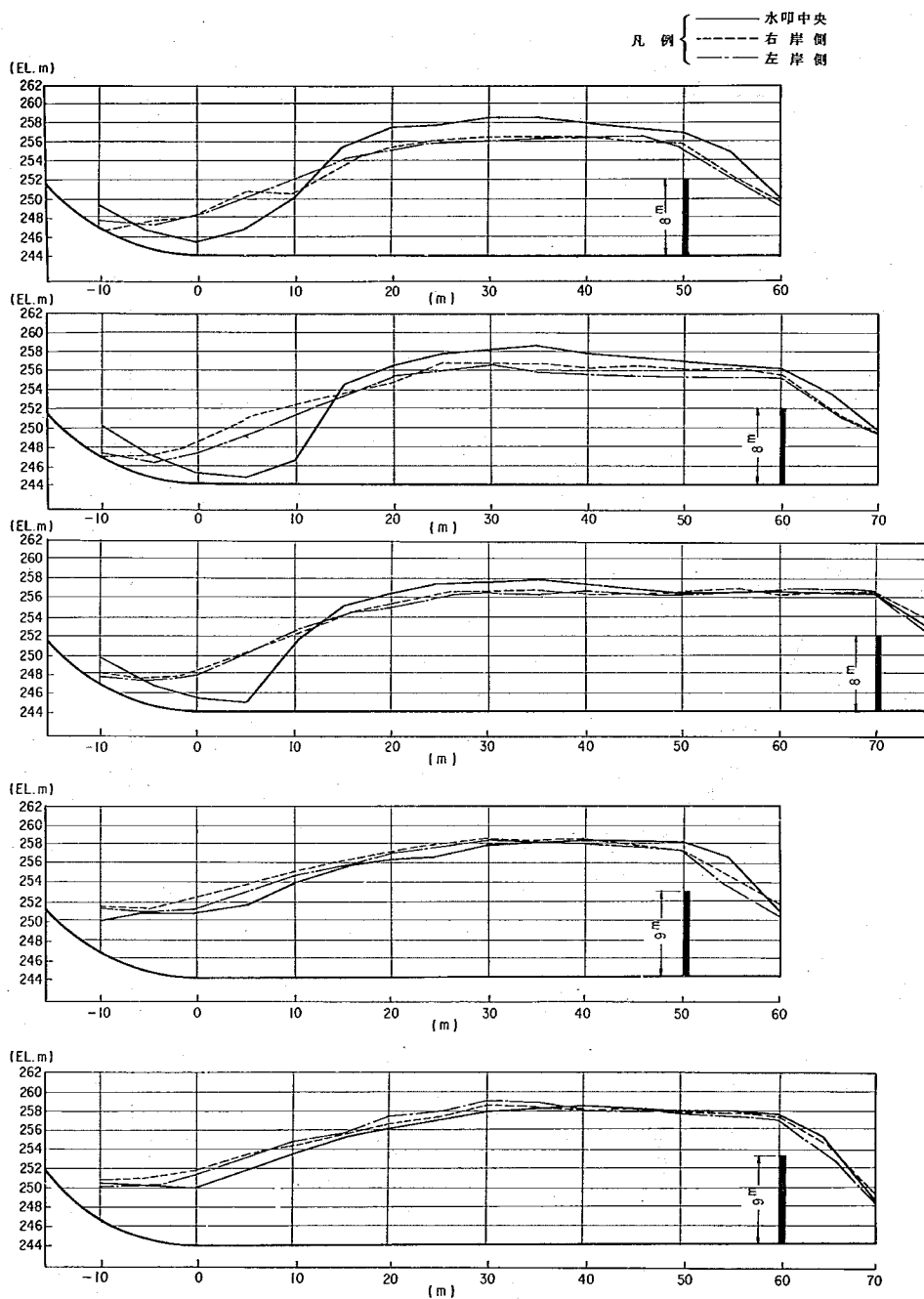


図 5 - 9 修正案の規模による減勢池内の水面形状 (台形水路) 1

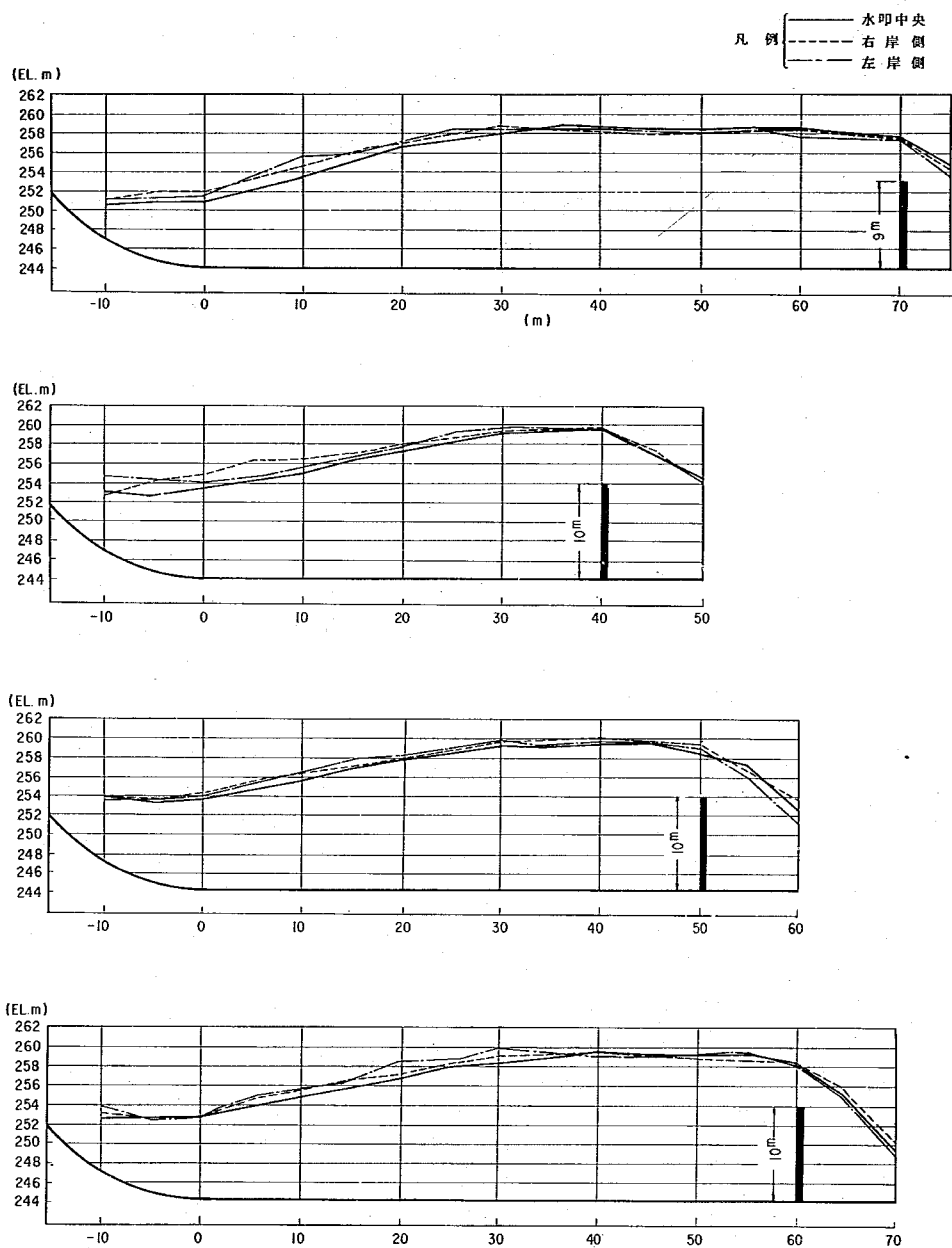


図 5 - 1 0 修正案の規模による減勢池内の水面形状（台形水路）2

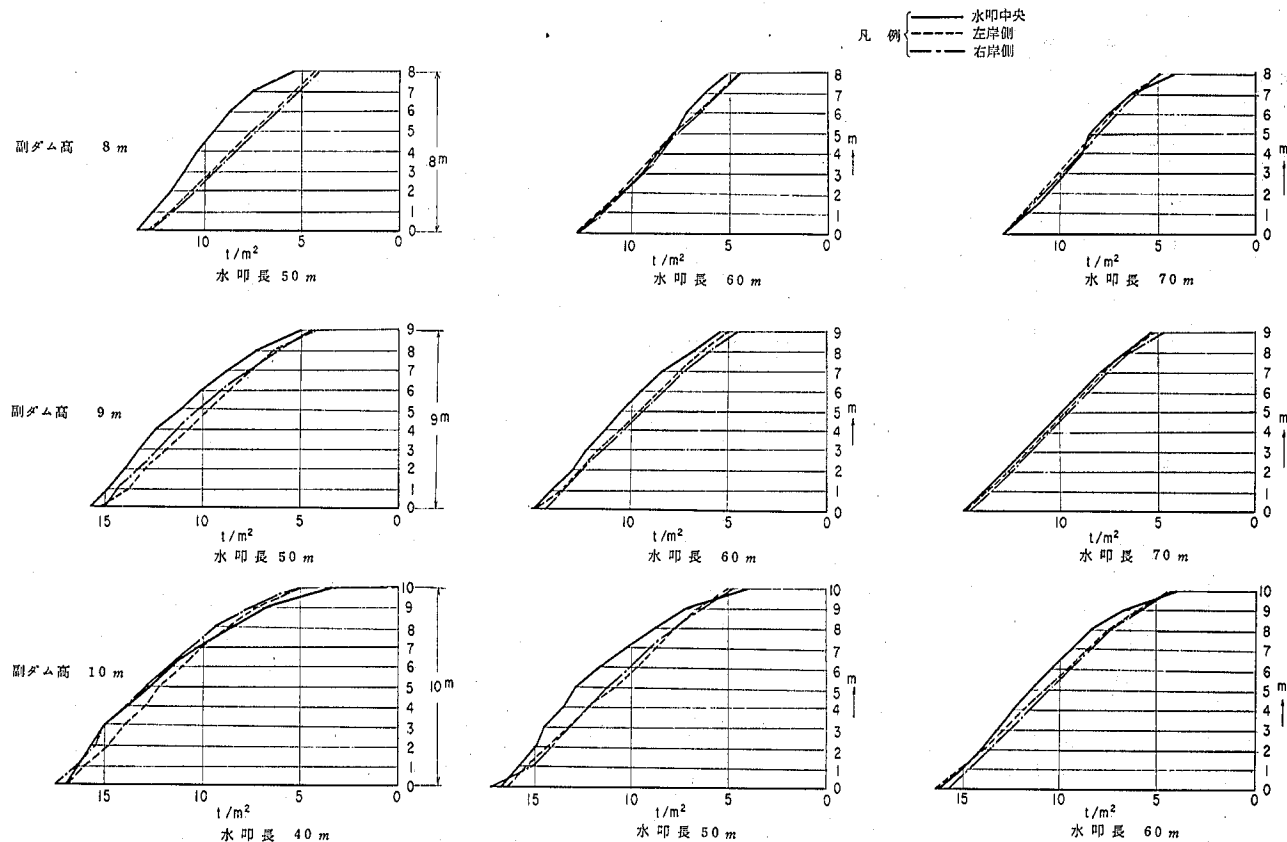


図 5 - 1 1 修正案の規模による副ダム上流面に作用する圧力

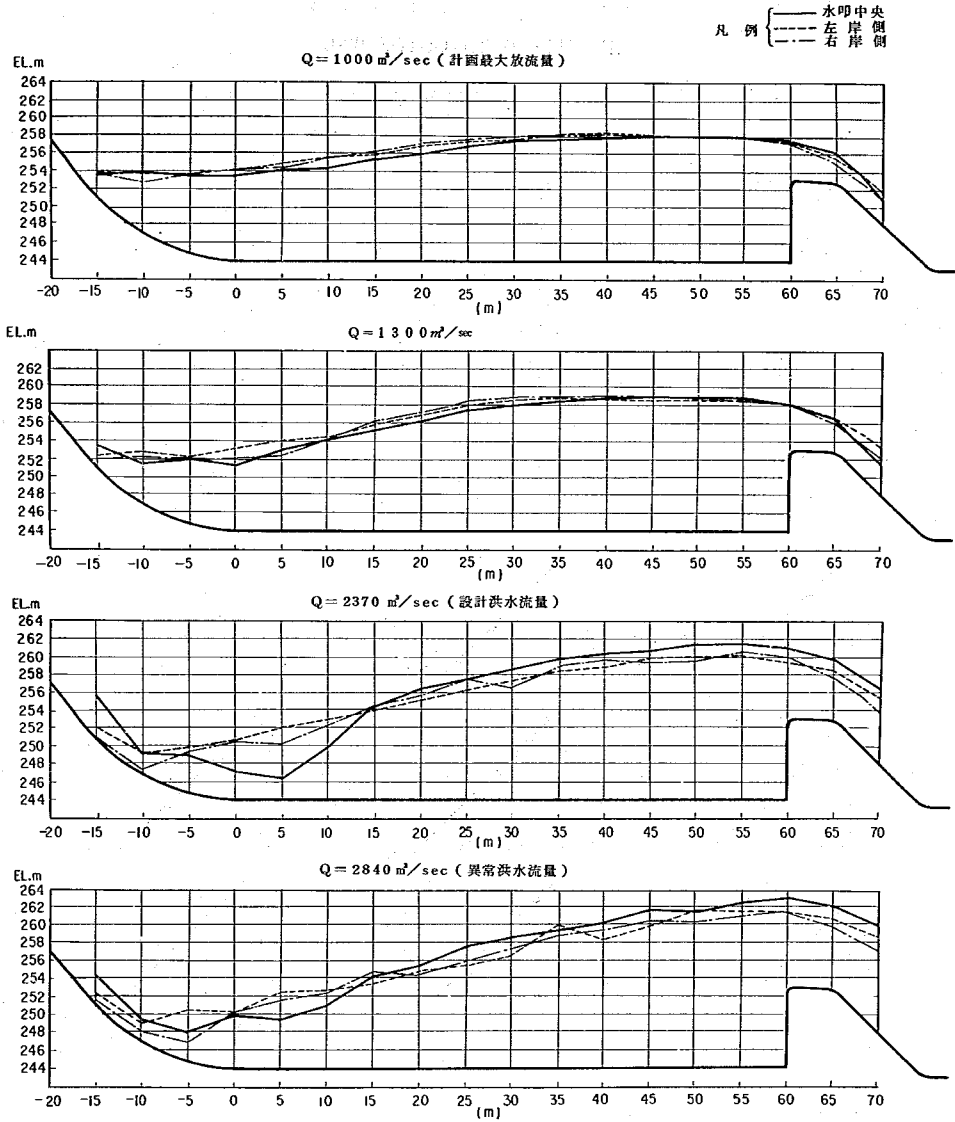


図5-12 減勢地内の水面形状(実施設計案)

ガイドウォール圧力資料
PRESSURE DATA(GUIDE WALL)

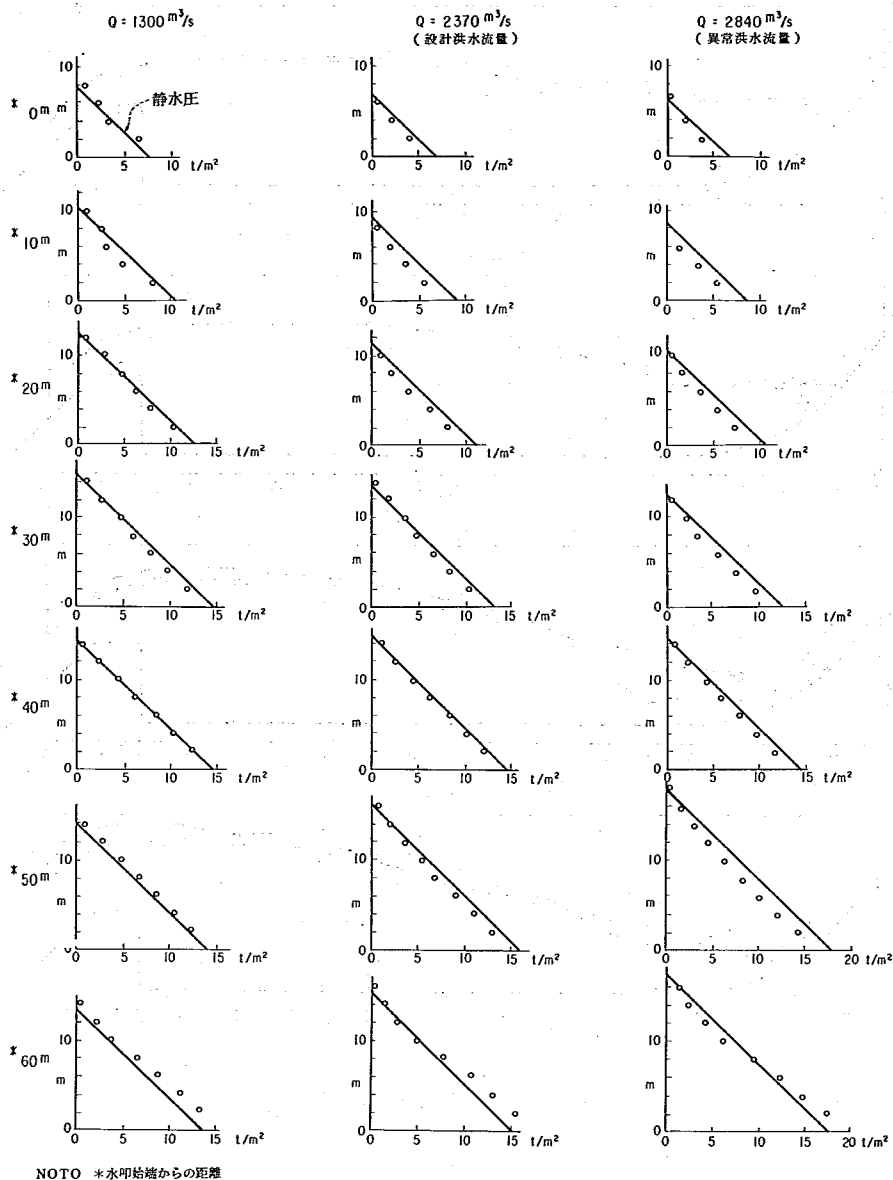


図5-13 ガイドウォールに作用する圧力

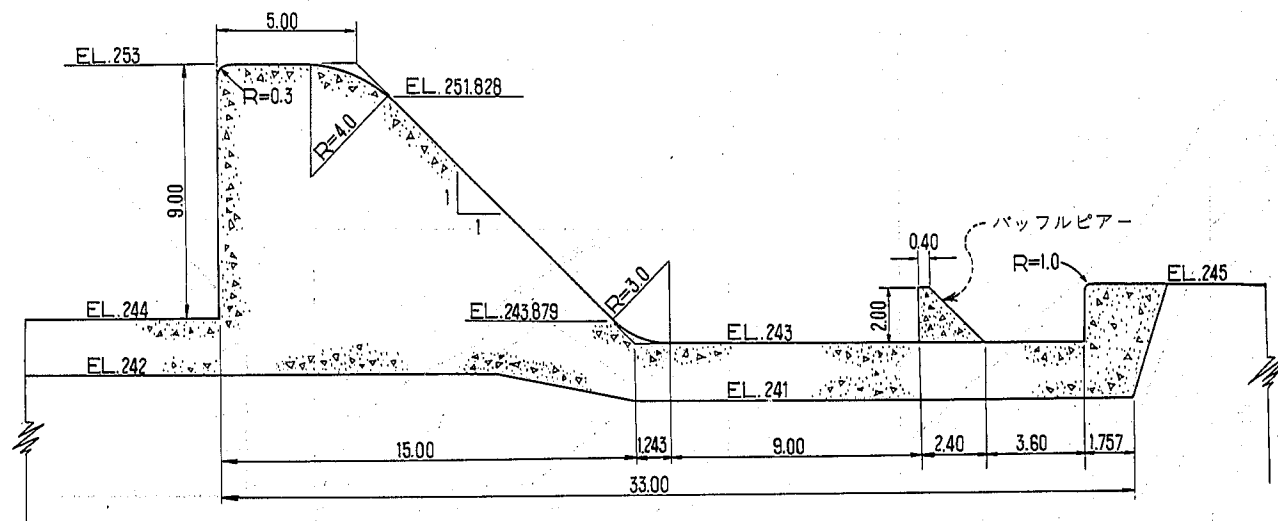


図 5 - 1 4 副ダム形状図

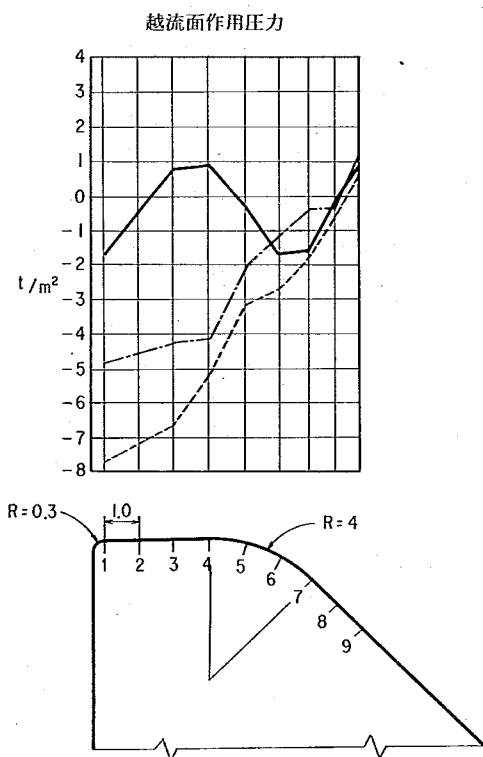
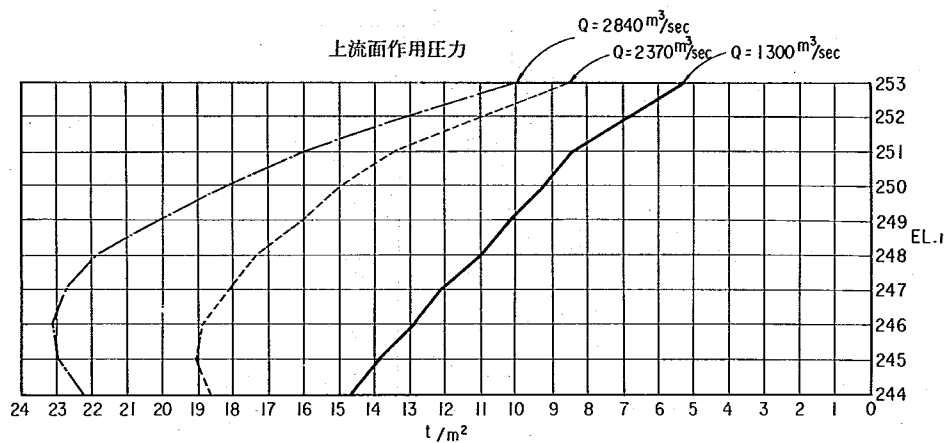
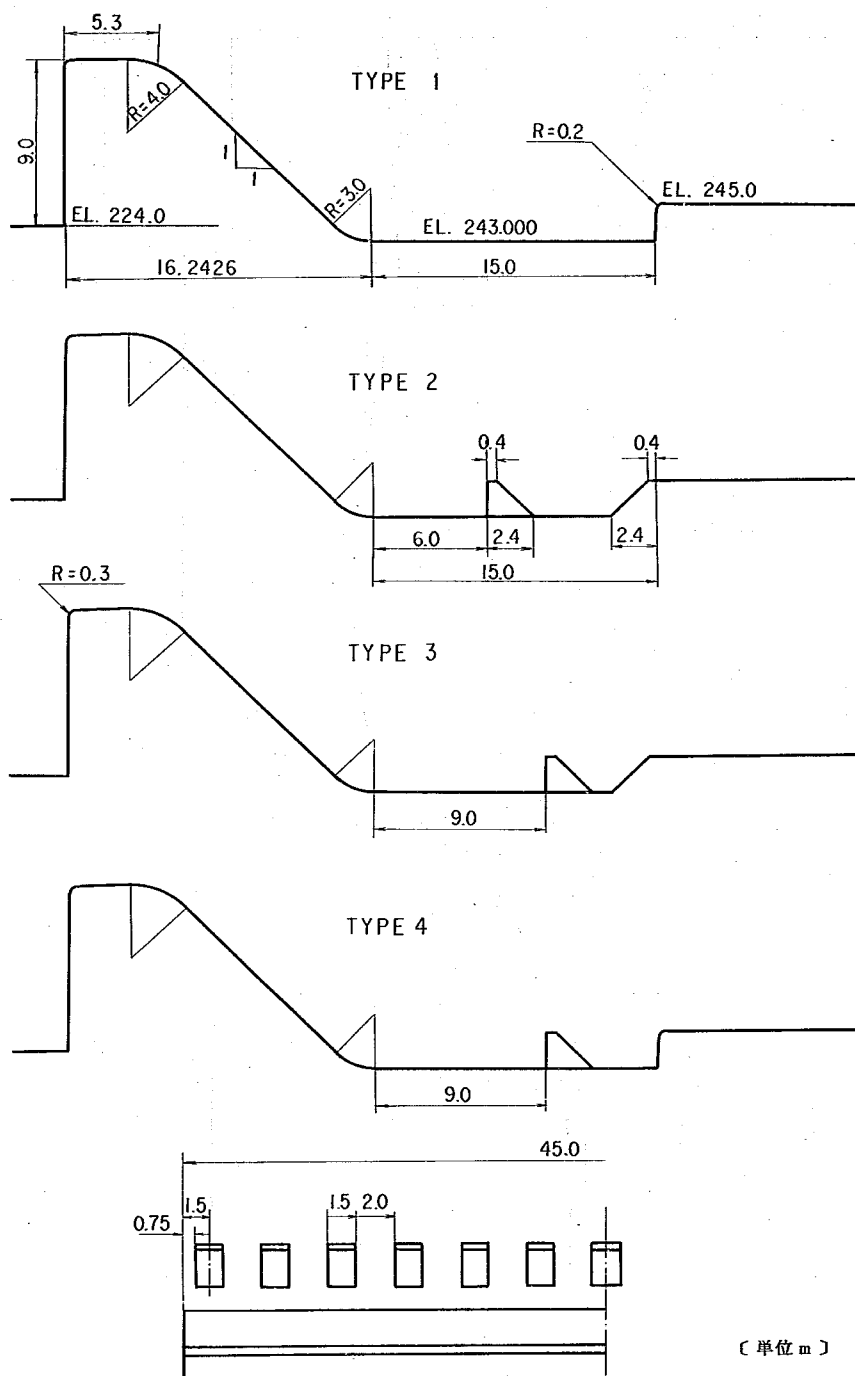


図 5 - 1 5 副ダム上流面、越流面に作用する圧力



〔単位 m〕

図 5-16 副ダム減勢工比較図

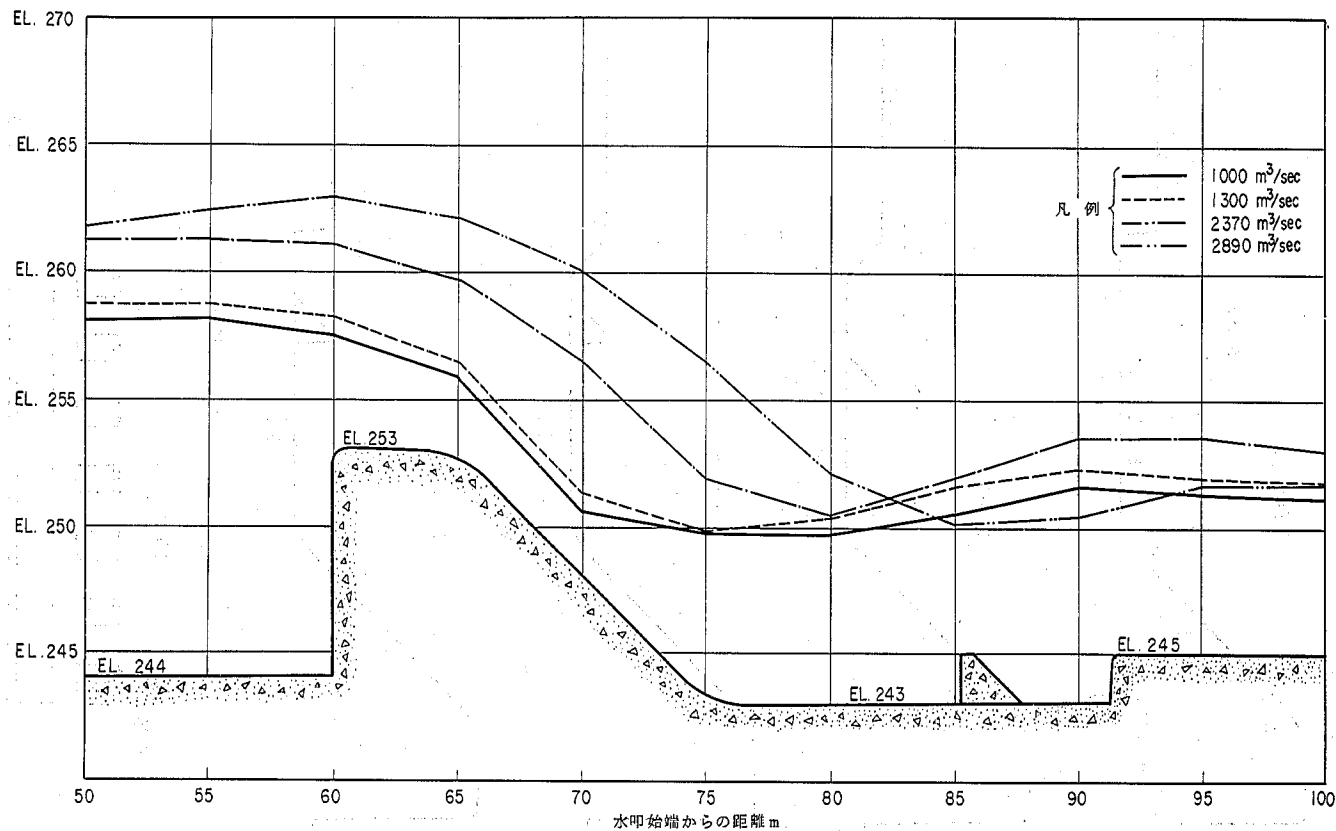


図5-17 副ダム減勢工の水面形状

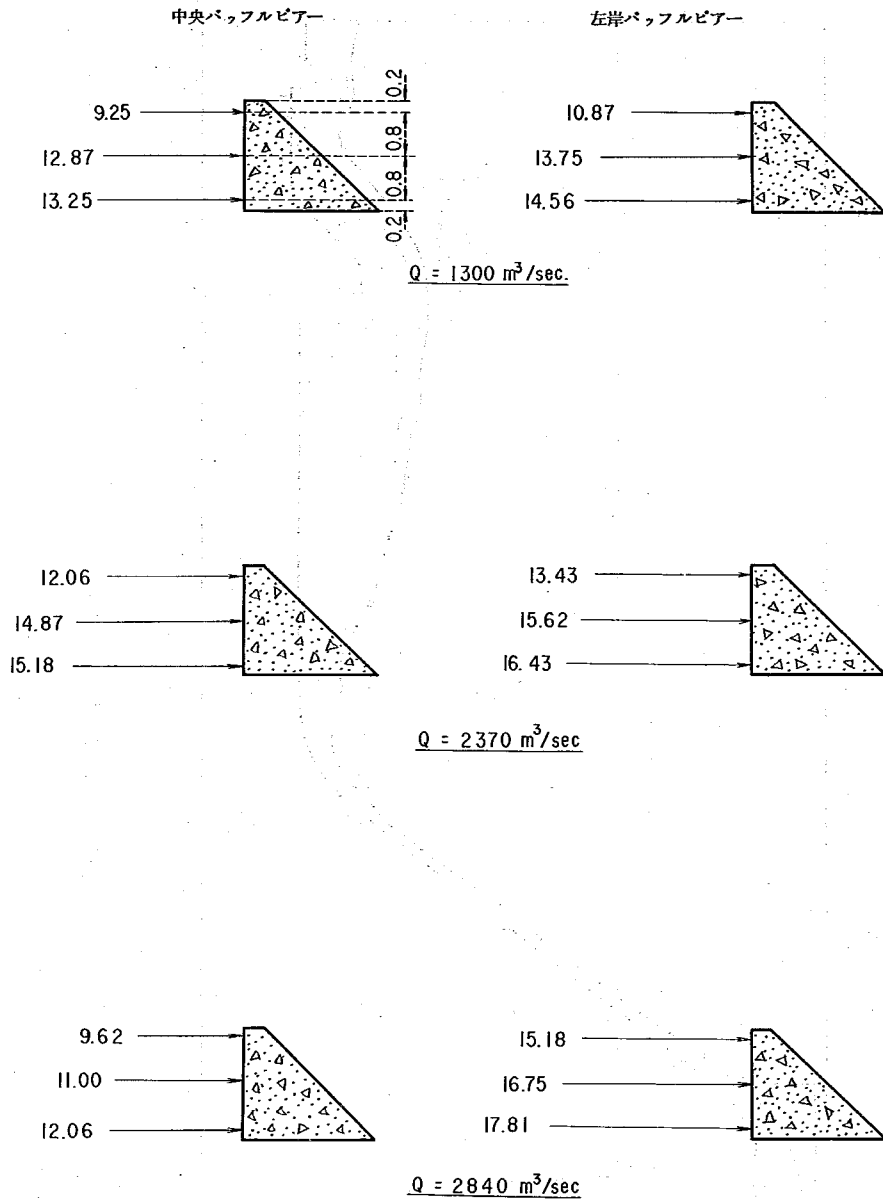


図5-18 バップルピア上流面に作用する圧力

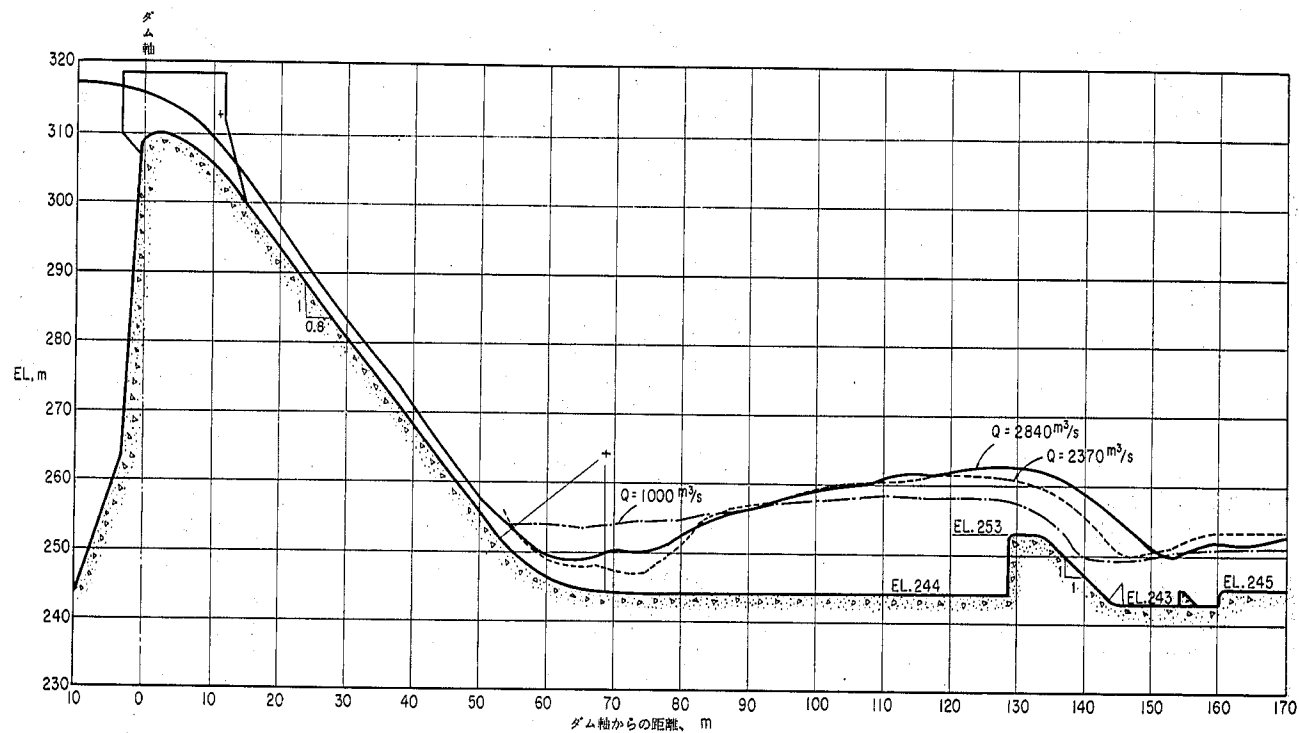


図5-19 減勢池内の水面形状

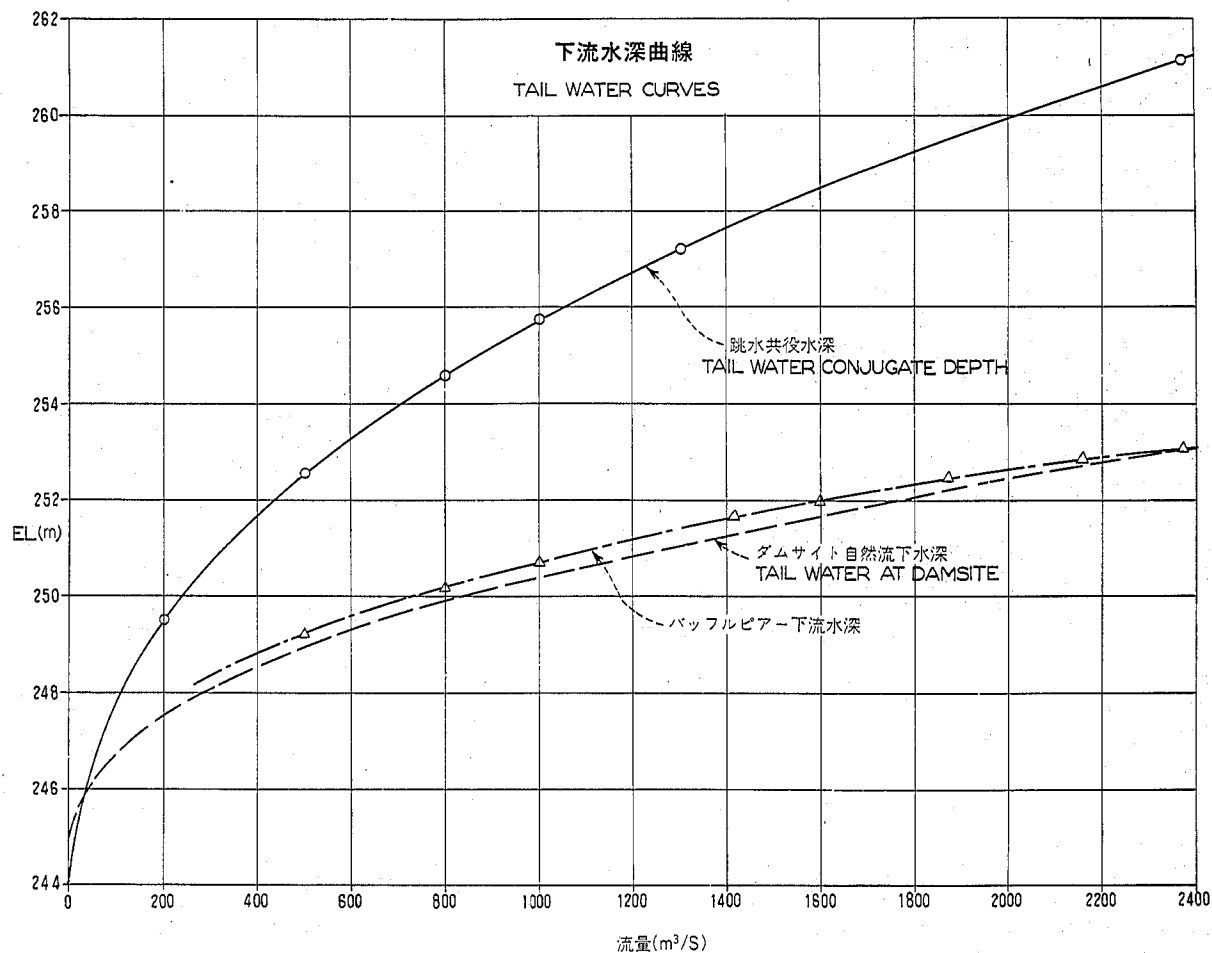


図 5 - 2 0 下流水深曲線

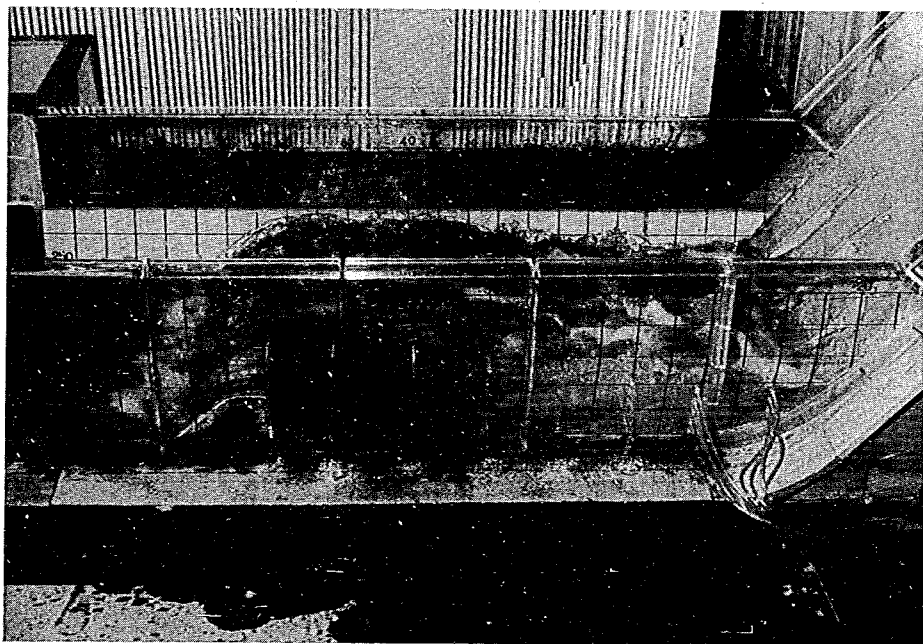
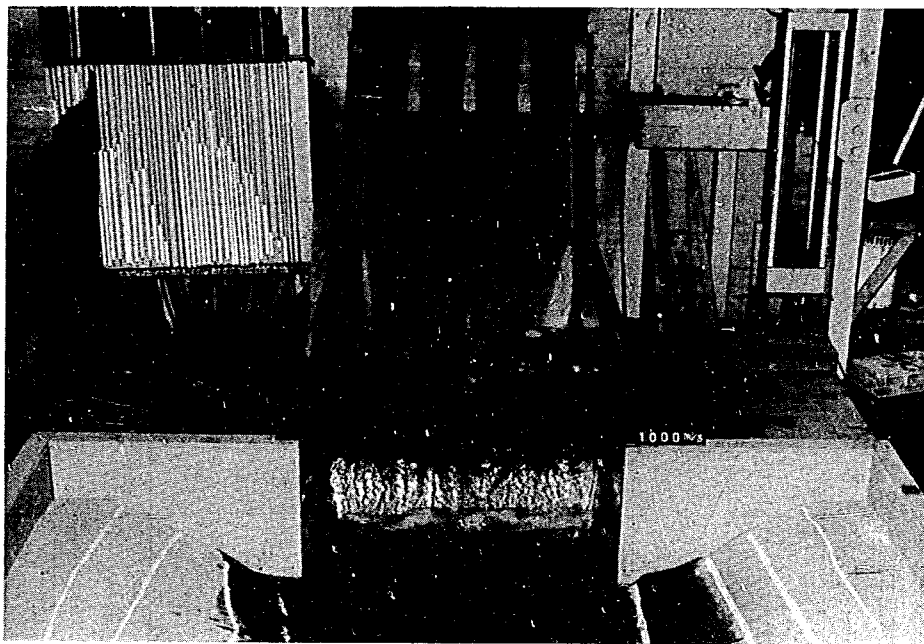


写真5-1 実施設計案の流況 $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{sec}$ (計画最大放流量)

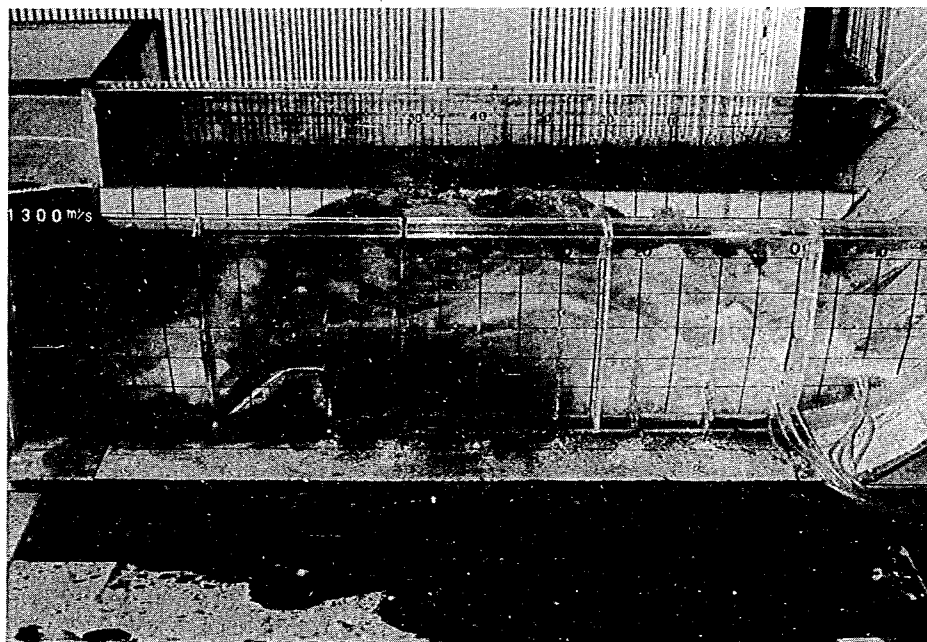


写真 5-2 実施設計案の流況 $Q = 1300 \text{ m}^3/\text{sec}$

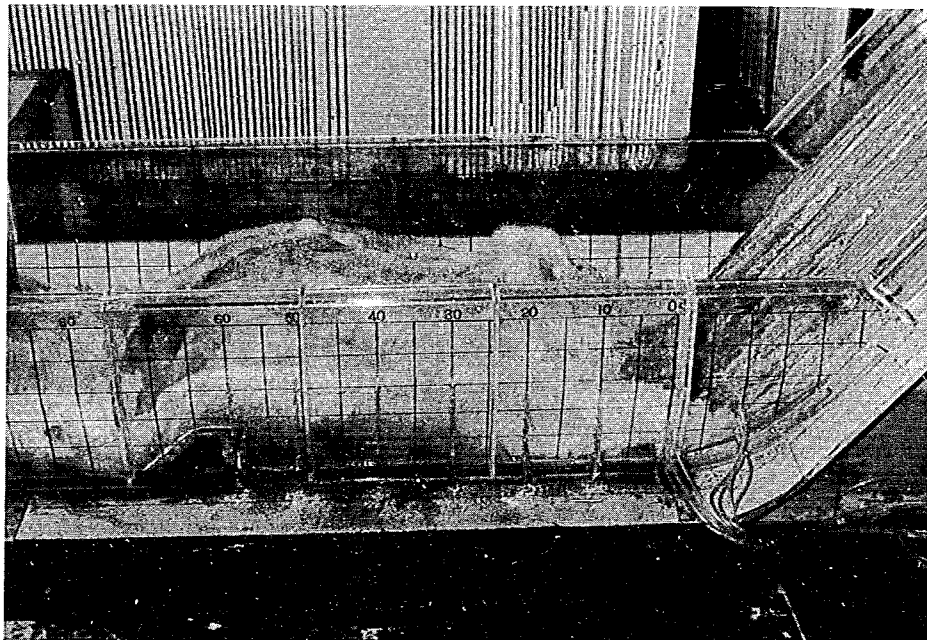
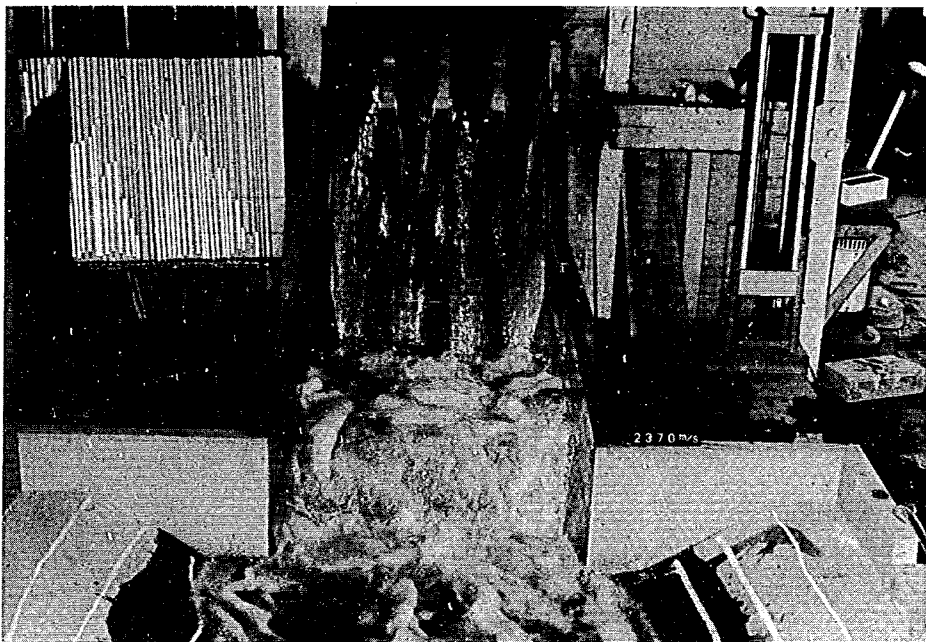


写真 5 - 3 実施設計案の流況 $Q = 2370 \text{ m}^3/\text{sec}$ (設計洪水流量)

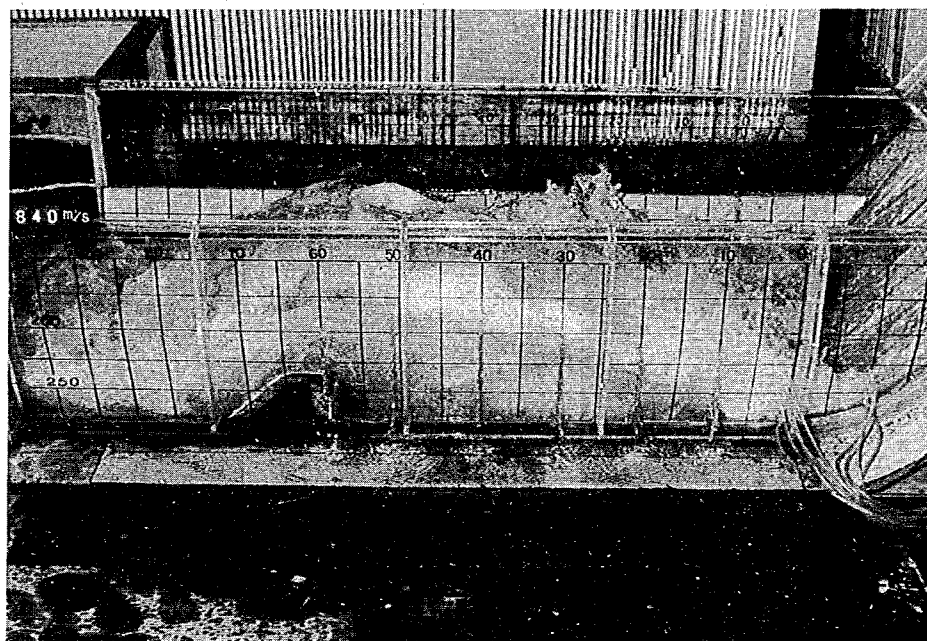
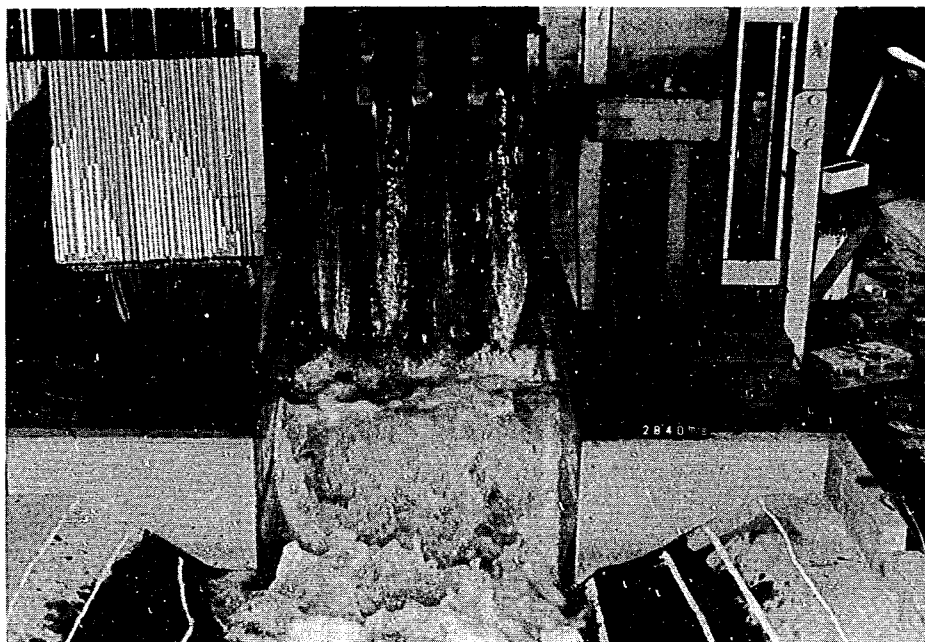


写真 5-4 実施設計案の流況 $Q = 2840 \text{ m}^3/\text{sec}$ (異常洪水流量)

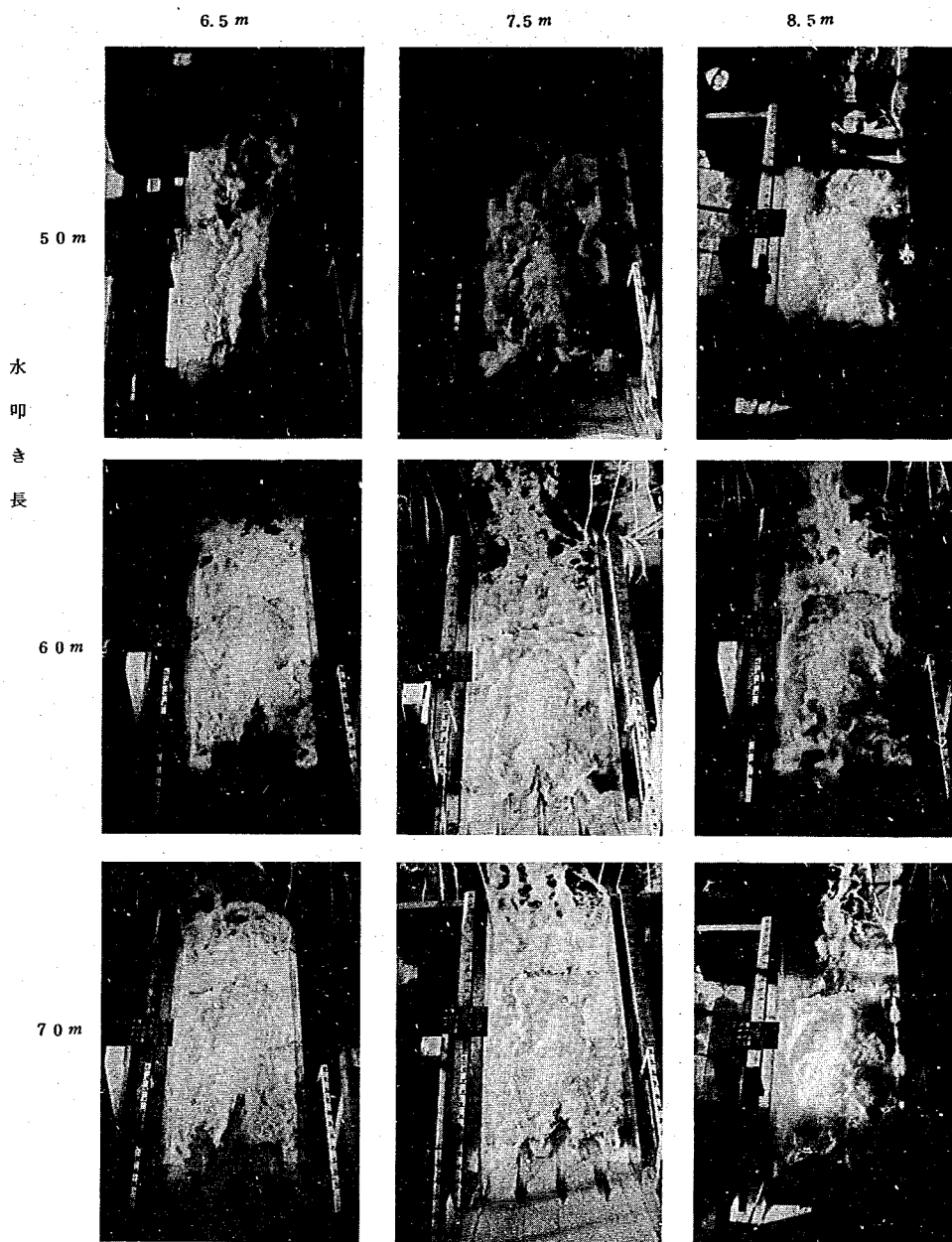


写真5-5 設計案の規模による流況比較 $Q = 1300 \text{ m}^3/\text{sec}$

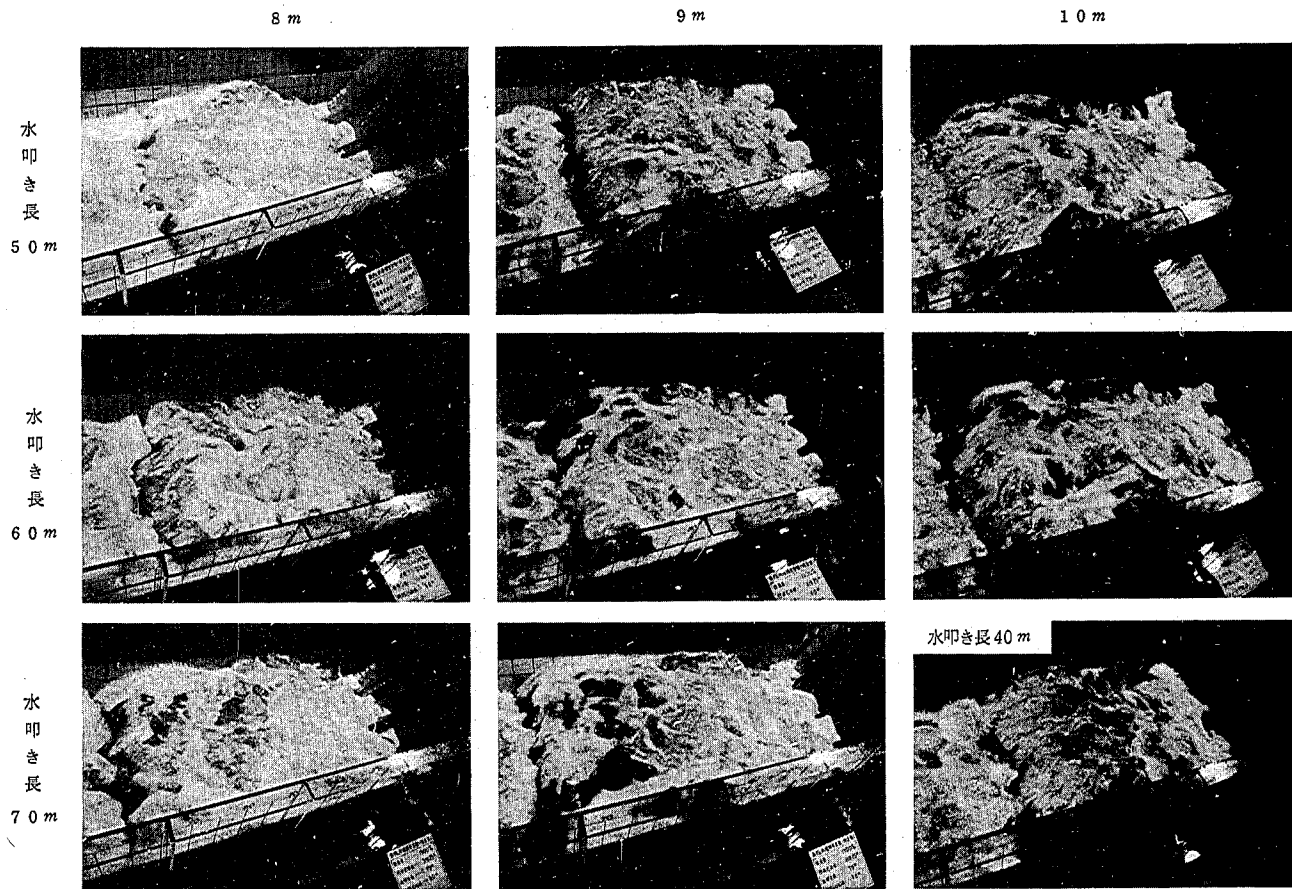


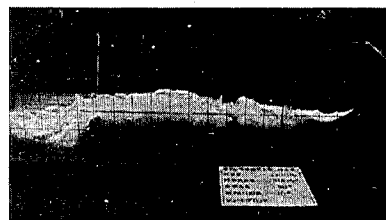
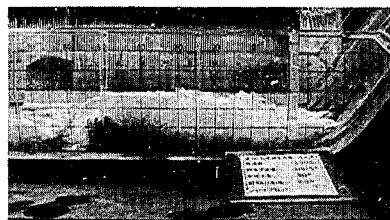
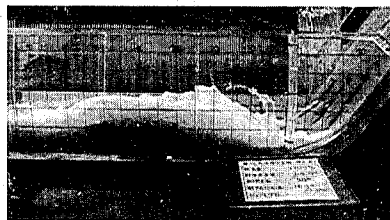
写真 5-6 修正案の規模による流況比較（台形水路）1 $Q = 1300 \text{ m}^3/\text{sec}$

副ダム高 8 m

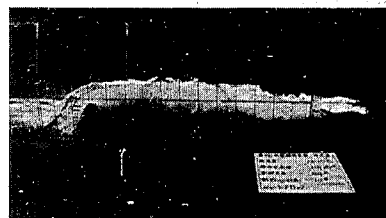
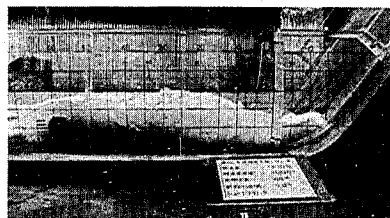
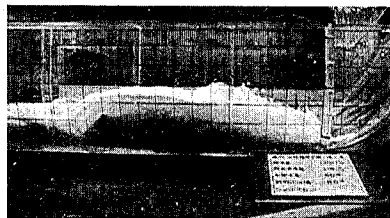
副ダム高 9 m

副ダム高 10 m

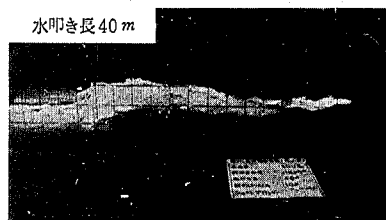
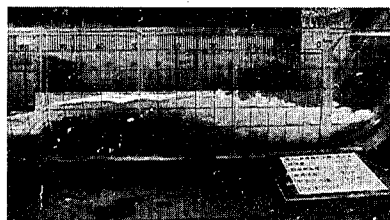
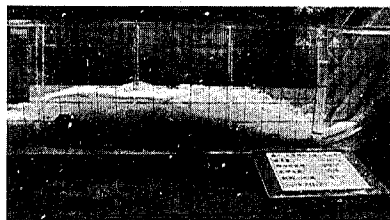
水叩き長
50 m



水叩き長
60 m



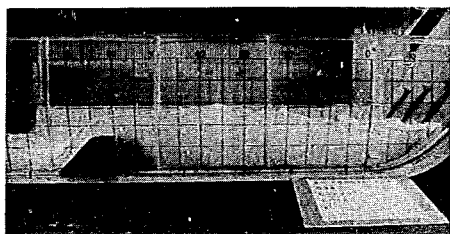
水叩き長
70 m



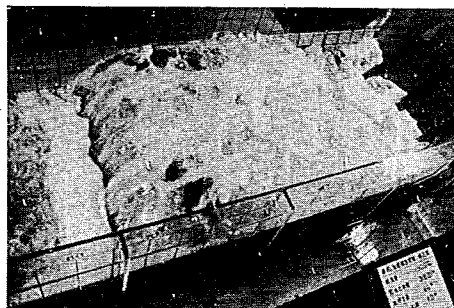
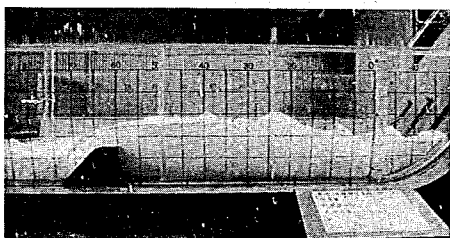
水叩き長 40 m

写真5-7 修正案の規模による流況比較(台形水路)2, $Q=1300\text{ m}^3/\text{sec}$

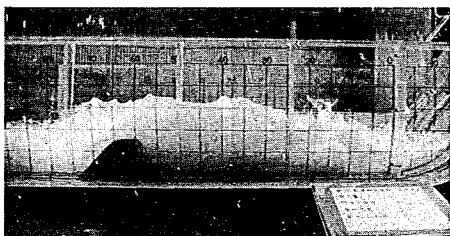
$Q=1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 計画最大放流量



$Q=1300 \text{ m}^3/\text{s}$



$Q=2370 \text{ m}^3/\text{s}$ 設計洪水流量



$Q=2840 \text{ m}^3/\text{s}$ 異常洪水流量

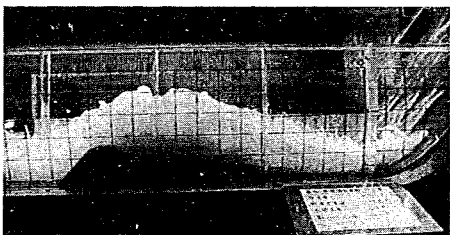
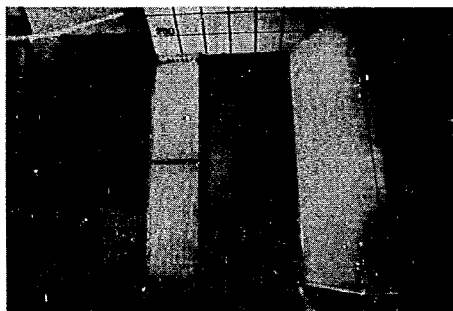
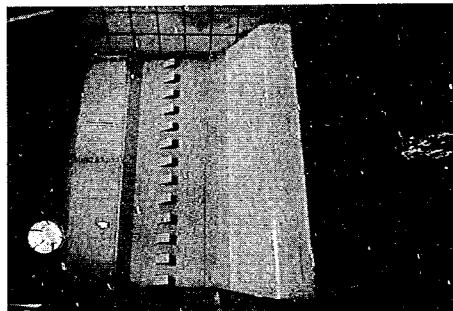


写真 5-8 修正案（実施設計案）の各流量による流況
水叩長 60 m, 副ダム高 9 m

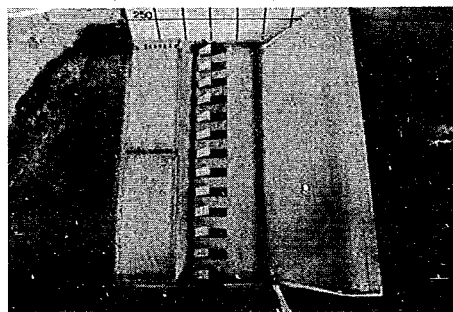
TYPE 1



TYPE 2



TYPE 3



TYPE 4

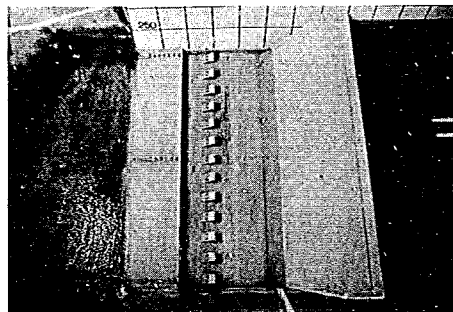
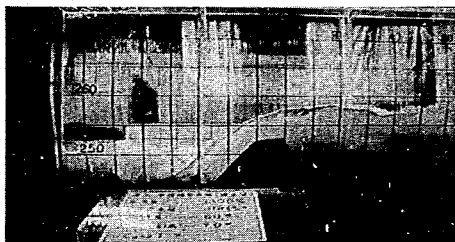


写真 5-9 副ダム減勢工の設計形状比較

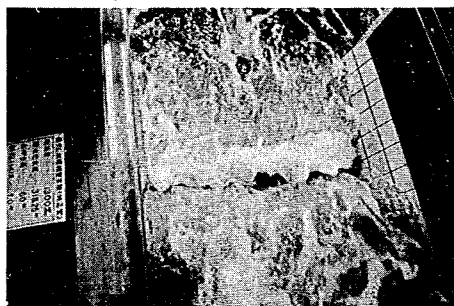
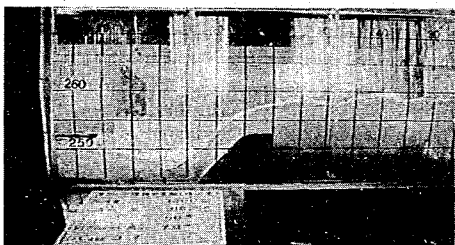
TYPE 1



TYPE 2



TYPE 3



TYPE 4

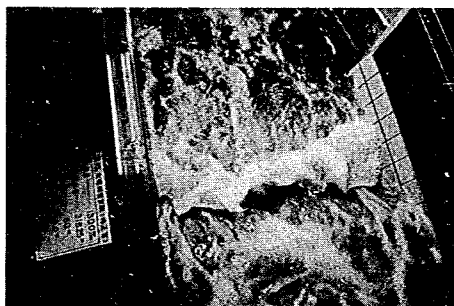
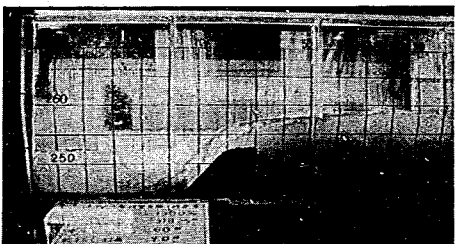
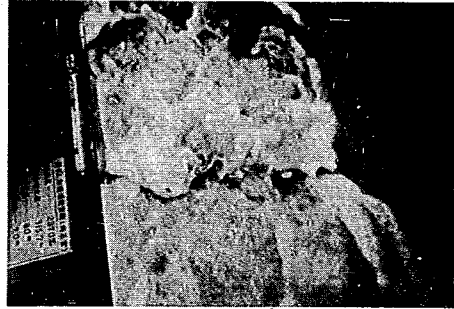
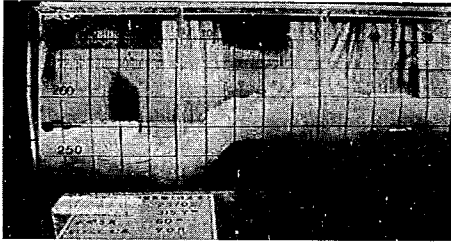
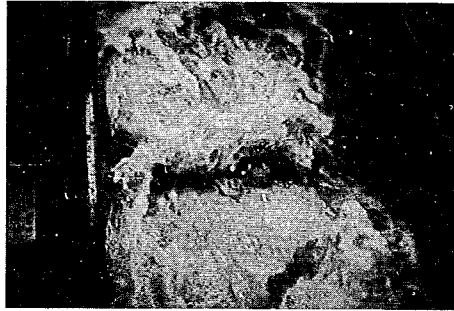
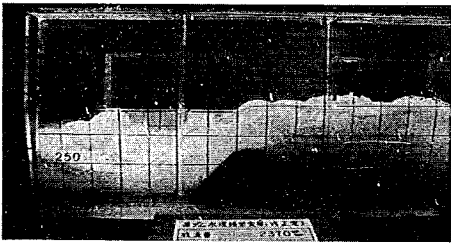


写真5-10 副ダム減勢工の設計形状による流況比較, $Q = 1300 \text{ m}^3/\text{sec}$

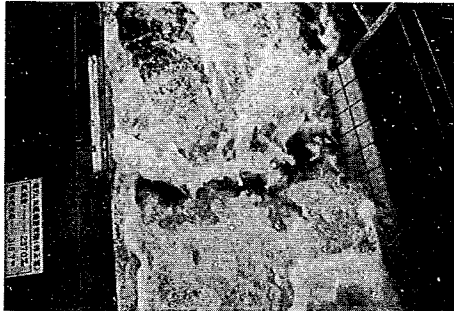
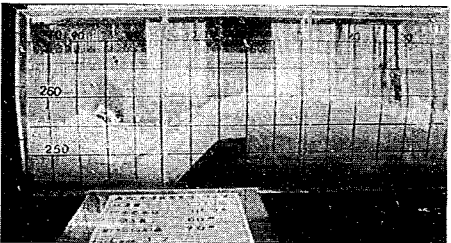
TYPE 1



TYPE 2



TYPE 3



TYPE 4

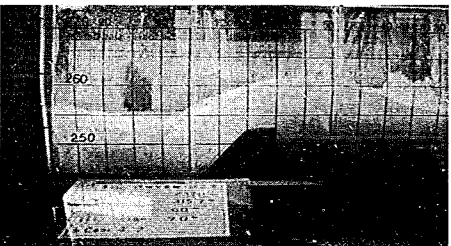
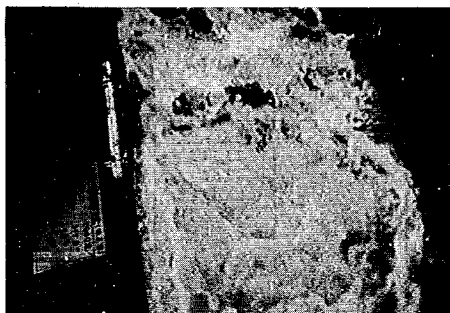
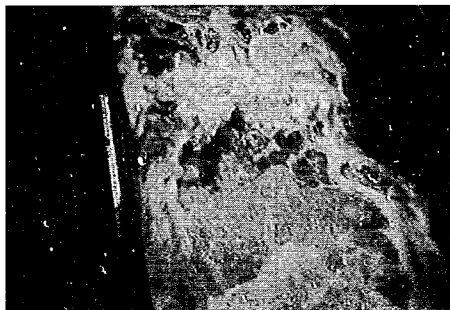
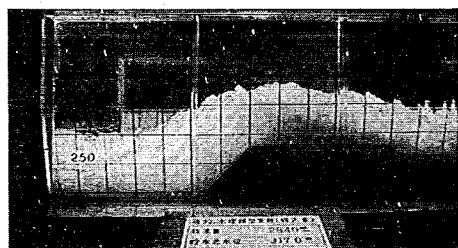


写真 5-11 副ダム減勢工の設計形状による流況比較,
 $Q = 2370 m^3/sec$ (設計洪水流量)

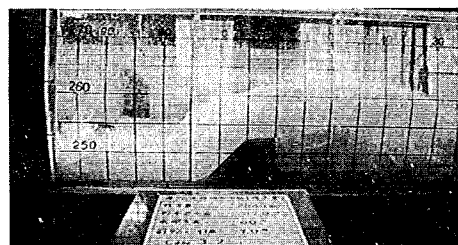
TYPE 1



TYPE 2



TYPE 3



TYPE 4

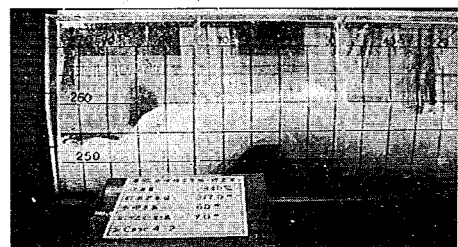


写真5-12 副ダム減勢工の設計形状による流況比較,
 $Q = 2840 \text{ m}^3/\text{sec}$ (異常洪水流量)

資5-1. 規模による減勢池内の水面形状(設計案)1

放流量 1300 m³/sec

貯水池水位 317.0m

水叩き巾 5.25m

副ダム高 6.5m

水叩き長 50.0m

単位, 標高(m)

水叩き始端からの距離	右岸導流壁沿い		水叩き中心線上		左岸導流壁沿い	
	最高	平均	最高	平均	最高	平均
- 5.0m	245.75		247.23	246.53	247.28	245.25
0.0	245.31	244.47	246.09	245.18	247.59	244.82
5.0	250.16	246.23	251.03	244.90	251.81	246.34
10.0	255.53	249.26	256.99	244.53	252.72	247.94
15.0	257.25	252.72	260.77	244.75	253.78	250.32
20.0	257.78	254.25	263.37	244.97	258.02	253.18
25.0	260.16	254.65	264.76	261.84	258.41	253.83
30.0	260.32	255.03	266.26	261.75	259.91	254.88
35.0	260.54	255.45	267.45	261.25	260.10	254.53
40.0	259.06	255.18	267.89	263.03	259.59	255.08
45.0	257.63	254.20	266.43	260.09	258.96	254.60
50.0	258.18	253.79	265.13	258.43	256.21	254.13
55.0	256.44	251.38	265.44	258.41	255.16	251.94
60.0	257.60	251.77	263.73	258.04	254.72	250.74

水叩き長 60.0m						単位, 標高(m)
- 5.0	246.75	245.82	249.63	247.15	249.06	246.93
0.0	248.15	245.68	246.19	245.26	250.49	246.31
5.0	250.19	246.50	250.98	245.03	254.49	247.94
10.0	253.94	248.88	258.03	244.75	254.84	249.39
15.0	255.90	251.61	261.25	244.88	256.44	252.20
20.0	257.32	253.49	262.94	259.56	258.08	254.09
25.0	257.88	253.83	265.08	260.56	259.08	254.53
30.0	258.61	255.01	267.26	262.34	260.74	255.05
35.0	261.98	255.34	257.64	260.27	259.25	255.54
40.0	260.42	253.83	267.45	260.25	258.52	254.51
45.0	260.19	254.41	266.84	259.73	257.71	254.59
50.0	259.96	254.84	264.29	258.25	259.35	254.81
55.0	260.22	254.71	265.73	257.53	259.38	254.69
60.0	261.58	254.44	264.64	255.31	257.97	254.13
65.0	258.16	253.01	263.72	253.51	257.24	253.06
70.0	258.63	252.44	261.24	252.03	256.55	251.50

水叩き長 70.0m						単位, 標高(m)
- 5.0	247.44	245.56	247.69	246.96	249.03	246.75
0.0	247.44	245.81	245.55	245.08	248.81	246.64
5.0	251.42	247.73	251.63	244.84	253.39	248.13
10.0	255.32	249.13	257.15	254.83	255.29	250.98
15.0	256.80	251.33	261.25	257.97	258.44	252.25
20.0	257.44	252.86	263.94	259.25	259.50	253.13
25.0	258.56	253.84	265.88	261.18	258.21	254.21
30.0	258.59	255.88	266.18	261.84	258.47	254.94
35.0	257.97	254.85	268.53	261.19	259.44	255.36
40.0	258.82	255.06	267.26	260.75	259.75	254.94
45.0	260.94	254.96	266.09	260.33	259.07	255.22
50.0	260.93	255.56	267.09	260.56	258.69	255.02
55.0	264.07	256.25	265.25	257.37	259.54	255.28
60.0	262.69	256.33	263.76	254.88	259.93	255.40
65.0	261.39	255.91	263.35	255.00	260.84	255.70
70.0	261.64	256.19	259.58	254.11	257.67	254.14
75.0	257.86	252.75	257.61	254.19	257.18	252.44
80.0	258.70	253.14	257.19	252.88	257.51	252.81

規模による減勢池内の水面形状(設計案)2

貯水池水位 317.0m 水叩き巾 5.25m シル高 7.5m 水叩き長 50.0m 単位, 標高(m)

水叩き始端からの距離	右岸導流壁沿い		水叩き中心線上		左岸導流壁沿い	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-10.0m	251.11	249.38	252.13	250.05	253.12	250.97
- 5.0	252.84	249.89	251.19	248.31	253.16	249.59
0.0	253.56	249.63	254.44	248.94	253.34	250.11
5.0	255.74	251.69	256.17	252.24	255.38	251.52
10.0	255.93	252.75	257.61	253.70	256.18	253.09
15.0	257.00	253.97	259.18	256.35	256.72	254.48
20.0	258.23	255.09	260.39	257.44	257.41	255.51
25.0	258.06	255.57	261.75	257.33	259.02	255.70
30.0	258.69	256.01	260.74	257.82	258.18	256.13
35.0	258.01	256.00	261.61	258.31	257.96	256.06
40.0	258.59	256.25	259.88	256.87	258.38	256.21
45.0	259.66	256.35	259.25	256.91	258.63	256.06
50.0	258.26	256.18	258.59	256.78	256.79	255.59
55.0	257.16	254.05	257.45	255.72	256.53	254.13
60.0	257.90	253.57	255.11	251.48	256.52	253.36

水叩き長 60.0m 単位, 標高(m)						
-10.0	251.84	249.65	250.58	249.99	252.53	249.99
- 5.0	252.07	249.28	251.67	248.68	253.13	249.94
0.0	252.43	249.36	252.00	247.78	252.91	249.49
5.0	253.81	250.88	256.02	251.52	252.93	250.88
10.0	255.19	251.95	258.00	253.96	256.05	251.93
15.0	256.87	253.76	260.65	256.67	257.88	254.10
20.0	257.59	254.92	261.61	257.88	257.90	255.03
25.0	257.48	255.56	260.78	258.50	257.51	255.69
30.0	258.22	255.83	260.11	258.43	258.12	255.59
35.0	258.63	256.44	261.40	257.78	258.56	256.19
40.0	258.81	256.11	259.59	257.90	259.14	256.54
45.0	258.88	256.91	259.00	257.21	259.39	256.68
50.0	259.88	256.84	258.19	256.25	259.97	256.54
55.0	258.99	257.31	257.69	255.89	258.97	256.70
60.0	258.74	256.13	258.50	255.89	257.94	255.44
65.0	255.94	253.39	257.06	255.94	256.02	253.75
70.0	256.56	253.53	254.38	250.93	256.32	253.15

水叩き長 70.0m 単位, 標高(m)						
-10.0	251.52	249.20	250.38	249.83	251.31	248.60
- 5.0	250.98	248.78	248.38	247.34	251.26	249.38
0.0	251.53	248.51	252.08	247.91	251.94	248.78
5.0	254.68	249.94	256.20	251.36	252.89	250.70
10.0	256.44	251.94	258.74	254.13	254.85	251.88
15.0	257.65	253.44	260.02	257.23	256.67	252.73
20.0	258.75	254.63	260.66	258.36	257.43	253.88
25.0	259.53	255.51	261.55	258.23	257.98	255.21
30.0	260.09	256.19	262.38	258.43	258.06	255.56
35.0	259.56	256.26	261.94	259.00	257.51	255.66
40.0	259.71	256.82	260.16	258.25	257.86	255.48
45.0	260.50	257.27	259.33	257.25	258.27	255.69
50.0	260.39	256.78	257.21	256.58	258.92	256.00
55.0	261.20	256.93	257.55	255.94	259.22	256.03
60.0	260.19	256.69	257.81	255.44	260.71	256.00
65.0	259.71	256.81	257.84	255.48	259.91	256.62
70.0	258.49	256.00	257.32	256.05	258.13	255.50
75.0	257.19	254.00	257.61	253.86	256.39	253.13
80.0	257.07	254.31	255.62	251.68	256.66	252.62

第V部 減勢工

規模による減勢池内の水面形状 (設計案) 3

貯水池水位 317.0m 水叩き巾 5.25m シル 高 8.5m 水叩き長 50.0m 単位, 標高(m)						
水叩き始端からの距離	右岸導流壁沿い		水叩き中心線上		左岸導流壁沿い	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-15.0m	255.86	251.99	254.83	253.73	257.34	254.58
-10.0	254.91	252.63	253.48	252.17	257.46	254.56
- 5.0	255.31	252.13	255.16	252.80	256.70	252.49
0.0	254.81	252.44	255.73	252.48	256.09	252.78
5.0	256.60	252.85	256.53	253.43	256.57	254.04
10.0	258.49	254.31	258.55	254.69	256.81	254.31
15.0	259.24	255.48	260.22	255.63	257.88	255.79
20.0	258.92	256.22	260.88	256.41	258.51	256.38
25.0	259.54	256.76	260.81	257.51	258.51	255.73
30.0	258.82	256.87	260.25	257.06	255.74	256.91
35.0	260.14	257.50	260.00	257.34	259.84	257.52
40.0	260.74	257.36	260.01	257.86	259.57	257.88
45.0	260.62	257.63	261.08	258.10	259.38	257.91
50.0	259.46	257.16	260.29	258.38	259.15	257.31
55.0	257.33	256.03	262.11	258.06	258.50	255.73
60.0	254.93	251.31	257.08	253.11	258.02	252.21
水叩き長 60.0m 単位, 標高(m)						
-15.0	254.94	252.34	255.41	253.21	255.17	252.88
-10.0	255.46	251.88	255.11	252.87	256.37	252.33
- 5.0	254.61	252.24	255.69	252.24	256.21	251.81
0.0	253.85	251.58	256.83	252.01	256.09	253.66
5.0	256.04	253.36	257.86	253.52	256.20	253.58
10.0	257.05	254.12	259.06	254.48	257.07	254.81
15.0	258.67	255.63	259.65	255.42	258.50	255.74
20.0	259.11	256.56	260.11	256.17	259.13	256.43
25.0	258.68	256.83	260.25	256.99	258.94	257.50
30.0	259.09	256.89	260.94	256.69	260.00	257.70
35.0	259.42	257.56	262.03	257.91	260.26	257.75
40.0	259.93	257.17	259.61	257.05	259.54	256.26
45.0	260.27	257.07	259.41	257.61	260.05	256.69
50.0	260.12	257.28	259.58	256.80	260.02	257.60
55.0	259.64	257.18	260.19	257.76	260.08	258.23
60.0	259.06	256.74	259.50	257.52	260.31	256.95
65.0	256.50	253.47	257.83	254.81	259.80	255.89
70.0	254.35	251.50	253.88	250.41	257.70	253.49
水叩き長 70.0m 単位, 標高(m)						
-15.0	253.85	251.94	254.26	253.41	254.32	252.23
-10.0	254.43	252.22	253.98	251.34	255.63	251.55
- 5.0	253.69	251.95	253.64	251.06	254.88	251.82
0.0	254.19	251.59	255.93	252.11	254.68	251.82
5.0	255.33	252.96	256.97	252.52	255.76	252.69
10.0	256.25	253.97	258.55	254.59	255.25	253.74
15.0	257.50	255.32	259.72	255.89	256.77	254.75
20.0	258.09	256.16	260.36	256.47	258.25	255.36
25.0	258.56	256.01	259.96	256.77	259.43	256.58
30.0	258.76	256.39	259.55	257.00	258.89	257.05
35.0	258.89	256.13	260.19	257.37	259.81	257.31
40.0	269.13	256.83	258.45	258.06	259.55	257.59
45.0	260.25	256.87	259.26	256.91	259.56	256.51
50.0	259.75	257.01	258.09	257.31	260.31	257.73
55.0	260.04	257.29	258.50	256.74	260.46	257.49
60.0	259.38	256.93	258.64	256.56	260.44	257.91
65.0	259.79	257.07	259.39	257.00	259.83	257.51
70.0	258.49	256.08	359.31	257.50	259.33	256.70
75.0	255.79	253.78	258.06	254.85	256.55	254.27
80.0	253.49	251.34	252.19	249.99	255.08	251.53

資5-2 規模による減勢池内の底面作用圧力(設計案)1 放流量 1300m³/sec

貯水池水位 317.0m 水叩き巾 525m 副ダム高 65m 水叩き長 500m 単位、標高(m)

水叩き始端からの距離	右岸導流壁沿い	水叩き中心線上	左岸導流壁沿い
0.0	246.75	257.00	246.75
5.0	251.19	247.00	248.13
10.0	253.38	245.38	251.13
15.0	252.13	247.38	252.75
20.0	251.94	247.94	252.63
25.0	253.06	251.00	253.06
30.0	253.38	252.94	253.44
35.0	253.69	252.19	253.44
40.0	253.94	252.06	253.94
45.0	254.69	254.00	254.38
50.0	255.25	252.75	—
55.0	251.19	250.19	251.06
60.0	251.38	250.13	251.31
65.0	251.19	250.44	251.13
70.0	251.50	250.88	251.50
75.0		251.44	
80.0		251.69	

		水叩き長 600m	単位、標高(m)
0	246.00	255.13	246.88
5.0	252.75	247.19	247.88
10.0	253.44	245.50	252.19
15.0	252.06	247.63	253.06
20.0	251.75	248.19	252.38
25.0	252.81	249.25	253.06
30.0	253.13	252.75	253.38
35.0	253.44	252.56	253.19
40.0	253.88	252.38	253.38
45.0	254.19	253.00	253.81
50.0	254.31	253.56	253.94
55.0	254.44	254.06	254.56
60.0	254.94	256.25	254.75
65.0	250.88	249.94	251.00
70.0	251.50	250.25	251.44
75.0		250.25	
80.0		250.75	

		水叩き長 700m	単位、標高(m)
0	246.06	255.13	247.13
5.0	251.69	247.19	249.00
10.0	253.13	245.63	252.81
15.0	252.06	247.50	253.19
20.0	251.69	248.25	252.69
25.0	252.63	250.44	253.19
30.0	253.06	253.06	253.25
35.0	253.53	252.63	253.56
40.0	253.81	252.63	253.63
45.0	254.00	252.81	254.06
50.0	254.13	253.56	254.06
55.0	254.50	253.88	254.56
60.0	254.69	254.06	254.38
65.0	254.69	254.13	254.38
70.0	254.88	254.75	254.25
75.0		250.13	
80.0		250.31	

規模による減勢池内の底面作用圧力（設計案）2

貯水池水位 317.0m 水叩き巾 52.5m シル 高 7.5m 水叩き長 50.0m 単位, 標高(m)

水叩き始端からの距離	右岸導流壁沿い	水叩き中心線上	左岸導流壁沿い
0 m	251.13	256.50	250.75
5.0	252.75	249.50	251.75
10.0	253.38	248.88	252.94
15.0	254.19	251.88	253.63
20.0	254.88	253.63	254.44
25.0	255.31	254.13	255.50
30.0	255.06	254.75	255.69
35.0	255.31	255.00	255.38
40.0	255.69	255.38	255.50
45.0	256.63	257.06	256.63
50.0	256.13	252.13	257.00
55.0	253.63	250.88	253.75
60.0	253.75	251.13	253.56
65.0	251.88	252.19	252.31
70.0	252.00	252.31	252.19
75.0		251.75	
80.0		251.81	

		水叩き長 60.0m	単位, 標高(m)
0	250.25	256.88	250.38
5.0	252.06	248.44	252.00
10.0	253.13	247.44	253.00
15.0	253.56	251.25	253.44
20.0	254.44	253.75	253.94
25.0	255.19	254.19	254.69
30.0	255.06	254.50	255.19
35.0	255.31	254.44	255.38
40.0	255.31	254.38	255.44
45.0	255.63	254.69	255.31
50.0	255.75	255.19	255.63
55.0	256.06	255.69	256.38
60.0	256.25	257.38	256.50
65.0	251.94	250.94	252.06
70.0	253.13	252.38	253.00
75.0		252.06	
80.0		251.25	

		水叩き長 70.0m	単位, 標高(m)
0	249.25	256.13	249.31
5.0	251.44	248.13	251.06
10.0	252.81	246.88	252.44
15.0	253.31	250.38	253.06
20.0	254.25	252.69	253.75
25.0	254.44	253.75	254.50
30.0	254.75	254.38	254.69
35.0	255.06	254.56	255.00
40.0	254.06	254.38	255.13
45.0	255.50	254.81	255.06
50.0	255.69	254.88	255.19
55.0	255.75	255.06	255.63
60.0	255.94	255.31	255.44
65.0	255.94	255.69	255.50
70.0	254.69	256.44	255.63
75.0		251.13	
80.0		252.19	

規模による減勢池内の底面作用圧力(設計案)3

貯水池水位 317.0m 水叩き巾 525m シル 高 85m 水叩き長 500m 単位, 標高(m)

水叩き始端からの距離	右岸導流壁沿い	水叩き中心線上	左岸導流壁沿い
0 m	254.63	261.06	254.69
5.0	255.81	254.56	255.13
10.0	255.63	253.31	255.25
15.0	256.00	254.69	255.50
20.0	256.50	255.25	256.31
25.0	257.13	255.94	257.13
30.0	257.19	256.56	257.50
35.0	257.44	257.19	257.50
40.0	257.69	257.69	257.81
45.0	258.44	258.88	258.94
50.0	258.44	253.88	260.50
55.0	252.81	251.13	253.63
60.0	254.75	251.38	257.06
65.0	252.69	252.31	255.25
70.0	251.63	251.63	253.13
75.0		251.56	
80.0		251.63	

		水叩き長 600m	単位, 標高(m)
0	254.06	260.00	254.00
5.0	255.00	253.31	254.31
10.0	255.00	252.44	254.69
15.0	255.50	253.94	257.81
20.0	256.19	254.81	256.75
25.0	256.75	255.31	256.69
30.0	256.69	255.94	256.94
35.0	256.94	256.38	257.06
40.0	257.13	256.38	257.19
45.0	257.19	256.75	257.13
50.0	257.50	257.31	257.38
55.0	258.00	258.00	258.75
60.0	258.31	260.25	259.69
65.0	251.88	251.31	253.31
70.0	254.19	252.69	257.38
75.0		252.56	
80.0		251.44	

		水叩き長 700m	単位, 標高(m)
0	253.50	260.31	253.75
5.0	254.44	252.88	254.25
10.0	254.50	252.00	254.13
15.0	255.13	253.75	254.94
20.0	255.88	254.56	255.63
25.0	256.25	255.44	256.38
30.0	256.31	256.25	256.75
35.0	256.69	256.38	257.00
40.0	256.81	256.25	256.88
45.0	257.13	256.38	256.88
50.0	257.06	256.44	256.88
55.0	257.13	256.94	257.25
60.0	257.19	257.19	257.31
65.0	257.25	257.38	257.69
70.0	257.19	258.94	258.38
75.0		251.31	
80.0		253.19	

資5-3 規模による副ダム上流面の作用圧力(矩形水路)

放流量 1300m³/sec

貯水池水位 317.0m

水叩き巾 5.25m

副ダム高 6.5m

水叩き長 50.0m

単位: 標高m

測点番号	測点標高	右岸		右中間		中心線上	
		最 高	最 低	最 高	最 低	最 高	最 低
1	245.0	254.38	253.38	253.50	252.94	255.75	254.75
2	246.0	254.06	253.44	253.75	253.00	257.06	255.31
3	247.0	254.31	253.31	253.19	253.06	257.50	255.94
4	248.0	253.94	253.38	253.94	253.38	258.00	256.38
5	249.0	254.56	253.31	254.00	253.44	258.31	256.94
6	250.0	254.13	253.25	254.00	253.25	257.06	256.38
水叩き長 60.0m							
1	245.0	254.44	253.81	254.13	253.81	254.81	254.19
2	246.0	254.31	253.88	254.19	253.63	254.94	253.94
3	247.0	254.44	253.81	254.25	253.88	255.25	254.38
4	248.0	254.25	253.88	254.50	254.00	255.75	254.88
5	249.0	254.31	253.94	254.81	254.25	256.13	255.38
6	250.0	254.13	253.56	255.31	254.06	256.38	255.81
水叩き長 70.0m							
1	245.0	254.75	254.25	254.69	254.25	254.63	254.19
2	246.0	254.56	254.25	254.50	254.06	254.88	254.38
3	247.0	254.88	254.38	254.69	254.25	254.81	254.13
4	248.0	254.88	254.44	254.88	254.50	255.38	254.50
5	249.0	255.25	254.31	255.50	254.69	255.69	254.75
6	250.0	255.06	254.13	255.63	254.44	255.94	255.19
水叩き長 50.0m							
						副ダム高 7.5m	
1	245.0	257.06	255.75	255.69	255.19	258.13	256.50
2	246.0	256.81	255.50	255.69	255.00	258.75	256.94
3	247.0	256.69	255.50	255.88	255.06	259.63	257.50
4	248.0	256.69	255.44	255.75	255.13	260.19	258.00
5	249.0	256.50	255.31	255.88	255.13	260.44	258.13
6	250.0	256.13	255.19	255.94	255.13	260.00	258.44
7	251.0	255.50	254.56	255.31	254.88	258.88	257.69
水叩き長 60.0m							
1	245.0	256.06	255.44	255.63	255.19	256.50	255.69
2	246.0	255.75	255.31	255.44	255.06	256.56	255.50
3	247.0	255.75	255.25	255.63	255.06	257.00	255.81
4	248.0	255.69	255.31	255.63	255.13	257.56	256.31
5	249.0	255.69	255.31	255.63	255.25	257.88	256.63
6	250.0	255.69	255.31	255.88	255.38	258.13	256.94
7	251.0	255.63	254.69	255.50	255.00	257.69	256.50
水叩き長 50.0m							
						副ダム高 8.5m	
1	245.0	259.00	256.94	257.63	256.44	260.31	258.75
2	246.0	258.88	256.75	257.56	256.44	261.25	258.94
3	247.0	258.81	256.88	257.69	256.38	262.00	259.44
4	248.0	258.75	256.69	257.75	256.31	261.69	259.63
5	249.0	258.50	256.63	257.63	256.56	261.69	259.56
6	250.0	258.31	256.50	257.50	256.50	261.13	259.44
7	251.0	257.31	256.38	257.38	256.63	260.63	259.00
8	252.0	257.00	255.69	256.88	256.25	259.44	257.75
水叩き長 60.0m							
1	245.0	258.00	256.25	257.25	256.06	258.44	257.75
2	246.0	257.94	256.13	257.19	255.88	258.63	257.13
3	247.0	257.81	256.13	257.13	256.06	258.88	257.56
4	248.0	257.75	256.25	257.19	256.06	259.63	258.13
5	249.0	257.63	256.25	257.25	256.06	259.94	258.81
6	250.0	257.50	256.13	257.38	256.25	260.38	258.69
7	251.0	257.25	256.06	257.19	256.25	260.38	258.44
8	252.0	256.50	255.50	256.69	256.13	259.06	257.56
水叩き長 70.0m							
1	245.0	257.25	256.50	256.88	256.25	257.63	257.00
2	246.0	257.19	256.38	256.81	256.13	257.81	256.75
3	247.0	257.19	256.50	256.94	256.25	257.94	256.94
4	248.0	257.06	256.44	257.06	256.13	258.13	257.31
5	249.0	257.06	256.38	257.13	256.25	258.38	257.50
6	250.0	257.13	256.25	257.25	256.44	258.44	257.88
7	251.0	257.00	256.25	257.13	256.38	258.75	257.88
8	252.0	256.69	255.63	256.56	255.94	258.00	257.13

資5-4 規模による減勢池内水面形状(修正案)1

放流量 1300 m³/sec 副ダム高 8.0 水叩き長 50.0m

水叩き始端 からの距離 (m)	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-15.0						
-10.0	249.94	246.75	250.63	249.44	248.94	247.69
-5.0	248.56	247.63	247.56	246.88	248.13	247.00
0.0	249.25	248.31	245.88	245.56	249.94	248.44
5.0	242.31	250.63	245.69	246.88	252.56	250.44
10.0	253.25	250.63	254.44	250.38	254.06	251.88
15.0	254.94	253.63	257.69	255.44	256.50	254.31
20.0	257.00	255.31	259.13	257.63	257.25	255.38
25.0	258.13	256.38	261.13	257.31	258.56	256.19
30.0	258.63	256.75	260.38	258.81	258.25	256.50
35.0	258.63	256.31	260.50	258.69	258.06	256.56
40.0	257.75	256.50	259.00	258.00	258.13	256.63
45.0	257.63	256.25	259.19	257.44	257.63	256.69
50.0	257.13	255.88	258.25	257.00	256.88	255.44
55.0	254.31	252.31	257.00	255.00	253.75	252.25
60.0	250.69	249.31	252.75	250.31	250.94	248.94
水叩き長 60.0m						
-15.0						
-10.0	248.81	246.94	251.75	250.13	248.31	247.25
-5.0	247.69	246.88	247.44	246.94	248.06	246.38
0.0	249.31	248.56	245.63	245.19	249.00	247.44
5.0	252.56	251.25	245.31	244.69	250.88	249.19
10.0	254.69	252.31	251.88	246.75	253.38	251.44
15.0	255.88	253.63	256.40	254.06	255.75	253.19
20.0	257.44	254.81	258.94	256.44	257.88	255.19
25.0	258.13	256.81	259.81	257.81	?	256.06
30.0	258.81	256.56	260.69	258.00	257.81	256.50
35.0	258.31	256.69	259.94	258.63	257.88	255.69
40.0	257.63	256.19	260.25	257.56	257.56	255.56
45.0	257.50	256.31	259.38	257.63	257.44	255.31
50.0	257.56	256.19	258.56	257.00	257.06	255.31
55.0	258.06	256.25	257.50	256.63	257.38	255.31
60.0	257.06	255.63	255.63	256.25	256.69	255.19
65.0	254.31	252.00	254.94	253.75	252.75	251.81
70.0	250.75	249.19	251.75	249.69	251.56	249.38
水叩き長 70.0m						
-15.0						
-10.0	249.19	248.00	251.13	249.88	249.44	248.00
-5.0	247.88	247.25	247.63	246.81	248.94	247.69
0.0	249.31	248.31	246.13	245.38	249.88	247.94
5.0	242.69	250.44	245.50	245.00	252.56	250.19
10.0	254.13	252.31	254.56	251.38	254.56	252.44
15.0	256.75	254.50	257.38	255.13	256.44	254.38
20.0	258.00	255.50	259.38	256.44	257.94	255.31
25.0	258.56	256.63	260.69	257.56	258.31	256.13
30.0	258.50	256.69	260.69	257.81	258.75	256.56
35.0	258.38	256.94	259.81	257.94	258.25	256.13
40.0	257.69	256.31	259.69	257.63	257.50	256.63
45.0	258.25	256.50	258.88	256.94	258.00	256.31
50.0	258.31	256.81	258.94	256.44	257.69	256.31
55.0	258.63	256.88	258.19	256.69	258.44	256.56
60.0	258.13	256.19	258.00	256.44	258.38	256.88
65.0	257.25	256.56	257.75	256.75	257.88	256.44
70.0	258.00	256.19	257.31	256.25	257.06	255.81
75.0	255.69	253.44	254.13	253.31	254.56	252.44
80.0	252.00	249.75	250.31	248.81	250.19	247.88

規模による減勢池内水面形状(修正案)2

放流量 1300 m³/sec 副ダム高 9.0m 水叩き長 5.00m

水叩き始端 からの距離 (m)	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-15.0	254.00	251.81	254.13	253.44	252.88	251.50
-10.0	251.88	251.38	251.19	250.00	252.25	251.50
5.0	252.50	251.56	251.56	251.00	252.31	250.94
0.0	253.31	252.56	251.69	250.81	252.94	251.50
5.0	254.94	254.00	252.69	251.81	254.44	253.19
10.0	256.38	255.19	254.88	254.19	256.31	254.63
15.0	257.44	256.38	256.63	255.75	257.94	255.75
20.0	258.13	257.50	257.31	256.44	259.00	257.56
25.0	258.88	258.44	258.94	256.94	259.75	257.94
30.0	259.94	258.81	259.13	258.13	259.31	258.56
35.0	259.63	258.56	259.19	258.56	259.31	258.19
40.0	259.31	258.63	259.44	258.75	258.75	258.19
45.0	258.88	258.38	259.19	258.69	258.31	257.81
50.0	257.75	257.31	258.81	258.50	258.63	257.38
55.0	255.88	255.00	257.31	256.88	255.19	253.13
60.0	252.06	251.69	252.88	251.00	250.75	249.94

水叩き長 60.0m						
-15.0	252.94	251.38	254.06	253.25	251.44	250.19
-10.0	251.94	250.88	251.31	250.38	252.00	250.31
5.0	251.88	251.00	251.50	250.00	251.50	250.38
0.0	253.94	251.75	251.38	249.94	252.31	251.31
5.0	254.50	253.25	253.20	251.75	254.63	253.44
10.0	256.56	254.63	254.81	253.06	256.25	254.81
15.0	257.81	255.63	256.94	255.19	257.44	255.44
20.0	258.31	256.75	257.50	256.19	258.88	257.56
25.0	259.63	257.31	258.56	257.31	259.50	257.63
30.0	260.13	258.69	259.06	258.00	260.31	258.94
35.0	259.38	258.50	258.88	258.31	259.63	258.75
40.0	258.94	258.31	259.19	258.63	259.31	258.00
45.0	258.44	258.00	258.81	258.38	258.56	257.94
50.0	258.56	258.19	258.06	257.94	258.38	257.69
55.0	258.38	257.94	258.50	258.19	258.44	257.63
60.0	257.94	257.63	258.25	257.81	257.50	257.06
65.0	255.38	254.50	255.56	255.19	254.88	253.56
70.0	250.00	249.19	250.69	248.50	249.44	248.56

水叩き長 70.0m						
-15.0	252.19	251.06	254.88	252.75	252.50	250.75
-10.0	252.31	251.13	250.94	250.44	252.81	251.13
5.0	252.44	251.88	251.63	250.69	252.38	250.94
0.0	252.94	251.63	251.63	250.50	252.25	251.31
5.0	254.13	253.19	253.38	252.13	254.31	253.44
10.0	256.00	254.56	254.75	253.31	256.25	255.31
15.0	257.13	256.13	255.81	255.13	257.25	255.81
20.0	257.75	257.00	257.38	256.50	258.44	257.19
25.0	258.81	258.00	258.13	257.25	259.27	258.35
30.0	258.94	258.63	258.56	257.94	259.13	258.50
35.0	259.13	258.69	258.88	258.69	259.00	258.50
40.0	258.88	258.19	259.13	258.63	258.81	258.25
45.0	258.56	258.00	259.31	258.38	258.63	258.31
50.0	258.44	258.00	258.63	258.38	258.88	258.38
55.0	258.63	258.13	258.69	258.44	258.69	258.13
60.0	258.56	258.38	258.63	258.44	258.56	257.75
65.0	258.31	258.00	258.56	258.13	258.38	257.56
70.0	258.13	257.31	257.75	257.69	257.50	257.38
75.0	255.44	254.31	254.94	254.69	254.38	253.56
80.0	251.06	249.88	250.31	249.50	250.13	248.81

規模による減勢池内水面形状(修正案)3

放 流 量 1300 m³/sec 副ダム高 10.0m 水叩き長 40.0m

水叩き始端 からの距離 (m)	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-15.0	254.69	252.38	255.44	253.50	254.88	253.63
-10.0	255.31	252.75	254.81	253.00	256.13	254.56
- 5.0	255.38	253.94	254.88	252.56	255.38	254.13
0.0	256.81	254.63	256.44	253.69	255.94	254.00
5.0	258.13	256.13	256.50	254.00	256.69	254.38
10.0	258.88	256.50	257.56	254.75	257.94	255.56
15.0	259.06	256.81	258.38	256.38	259.19	256.81
20.0	259.94	257.94	259.13	257.25	259.81	257.56
25.0	260.50	258.50	259.56	257.88	260.88	259.13
30.0	261.63	259.19	260.44	259.06	261.25	259.63
35.0	261.94	259.69	261.13	259.69	261.06	259.81
40.0	261.50	259.50	261.56	259.56	260.81	259.38
45.0	259.81	257.44	261.75	257.56	260.81	258.13
50.0	257.13	253.94	259.19	254.88	258.19	254.19
水叩き長 50.0m						
-15.0	255.06	253.31	255.38	253.25	254.88	253.38
-10.0	254.88	253.38	255.00	253.44	254.81	253.25
- 5.0	255.00	253.63	255.00	253.38	254.81	253.56
0.0	255.88	253.88	255.56	253.00	255.06	253.88
5.0	257.25	255.25	256.56	254.25	256.38	254.88
10.0	259.06	256.19	257.31	255.38	257.94	256.19
15.0	258.81	256.69	258.38	256.38	259.38	257.31
20.0	259.75	257.75	259.31	257.38	259.75	257.81
25.0	260.63	258.44	259.81	258.13	261.00	258.69
30.0	261.31	259.19	259.19	258.56	261.38	259.44
35.0	260.88	259.38	260.69	258.94	260.81	259.13
40.0	260.81	259.94	260.69	259.13	260.75	259.69
45.0	260.88	259.44	261.00	259.75	260.50	259.38
50.0	260.31	259.13	260.69	259.31	259.81	258.56
55.0	258.50	256.56	258.38	257.00	257.31	255.81
60.0	254.44	253.00	256.38	252.75	253.06	251.00
水叩き長 60.0m						
-15.0	255.06	253.06	254.31	253.31	254.75	253.44
-10.0	255.38	253.13	253.75	252.44	255.00	253.69
- 5.0	255.00	252.56	254.00	252.38	254.25	252.19
0.0	255.06	252.88	254.56	252.63	255.25	253.00
5.0	257.19	254.50	255.81	253.75	256.88	254.63
10.0	258.19	255.50	256.81	254.75	257.44	255.50
15.0	258.50	256.63	257.81	255.38	258.69	256.38
20.0	259.38	257.31	358.63	256.56	259.50	258.25
25.0	261.00	258.50	259.19	258.00	260.25	258.44
30.0	260.88	259.06	259.75	258.19	260.69	259.06
35.0	260.50	259.25	260.50	258.88	260.63	259.06
40.0	260.63	259.50	260.06	259.06	260.38	258.94
45.0	260.50	259.31	260.38	259.25	259.81	259.00
50.0	260.13	259.19	260.38	259.44	260.13	259.06
55.0	260.00	258.81	260.00	259.13	259.81	259.06
60.0	259.56	258.75	259.88	258.69	260.06	258.31
65.0	256.88	255.56	257.75	255.50	256.44	255.31
70.0	252.44	250.25	251.94	249.38	251.63	250.13
75.0						
80.0						

資5-5. 規模による副ダム上流面の作用圧力(修正案)1

放流量 1300 m³/sec

水叩き長 50.0m

副ダム高 8.0m

測定点番号	測定点標高 (m)	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
		最 高	最 低	最 高	最 低	最 高	最 低
1	244.300	256.59	256.09	257.34	256.47	256.41	255.66
2	245.000	256.59	256.09	257.47	256.47	256.34	255.78
3	246.000	256.53	256.97	257.53	256.41	256.47	255.84
4	247.000	256.53	256.03	257.91	255.72	256.41	255.84
5	248.000	256.53	256.09	258.22	256.91	256.28	255.97
6	249.000	256.47	255.94	258.28	257.66	256.34	255.78
7	250.000	256.47	255.78	258.59	257.78	256.16	255.84
8	251.000	256.28	255.72	258.22	257.59	256.22	255.66
9	251.700	256.09	255.16	257.34	256.66	255.78	255.03

水叩き長 60.0m

1	244.300	256.53	256.25	256.59	255.97	256.41	255.97
2	245.000	256.53	256.16	256.66	256.00	256.47	256.06
3	246.000	256.59	256.09	256.47	255.94	256.41	255.97
4	247.000	256.53	256.19	256.66	256.09	256.41	256.06
5	248.000	256.84	256.34	256.78	256.22	256.41	256.13
6	249.000	256.72	256.16	256.84	256.50	256.72	256.09
7	250.000	256.84	256.28	257.22	256.66	256.50	256.28
8	251.000	256.78	256.09	257.16	256.81	256.72	256.22
9	251.700	256.41	256.66	257.00	256.16	256.28	255.41

水叩き長 70.0m

1	244.300	256.91	256.47	256.59	256.22	256.75	256.25
2	245.000	256.97	256.59	256.78	256.25	256.84	256.31
3	246.000	257.00	256.56	256.63	256.19	256.81	256.28
4	247.000	257.03	256.63	256.72	256.19	256.84	256.31
5	248.000	257.19	256.63	256.75	256.25	256.88	256.47
6	249.000	257.28	256.47	257.41	256.16	257.00	256.34
7	250.000	257.34	256.56	257.47	256.28	257.03	256.31
8	251.000	257.34	256.56	257.22	256.22	257.03	256.44
9	251.700	256.84	255.91	256.47	255.53	256.34	255.53

規模による副ダム上流面の作用圧力(修正案)2

放流量 1300m³/sec

副ダム高 9.0m

水叩き長 50.0m

測定点番号	測定点標高 (m)	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
		最高	最低	最高	最低	最高	最低
1	244.300	259.09	258.34	259.47	258.47	259.03	258.22
2	245.000	258.84	258.34	259.66	258.41	259.16	258.03
3	246.000	258.91	258.22	259.84	258.59	259.09	258.22
4	247.000	258.84	258.22	260.28	258.72	259.09	258.03
5	248.000	258.78	258.16	260.22	258.97	259.16	258.22
6	249.000	258.72	258.16	259.91	258.97	259.03	257.91
7	250.000	258.53	258.09	259.84	258.91	258.91	258.16
8	251.000	258.47	257.84	259.72	258.78	258.34	258.09
9	252.000	258.34	257.66	259.03	258.54	258.09	257.66
10	252.700	257.66	256.78	258.34	257.34	257.34	256.91

水叩き長 60.0m

1	244.300	258.59	257.84	258.91	258.28	258.28	257.84
2	245.000	258.41	258.03	258.97	258.16	258.53	257.91
3	246.000	258.59	257.91	258.97	258.22	258.41	258.03
4	247.000	258.59	257.91	259.22	258.28	258.47	257.91
5	248.000	258.53	257.91	259.03	258.53	258.47	257.91
6	249.000	258.47	257.91	259.28	258.41	258.34	257.97
7	250.000	258.34	257.78	259.22	258.41	258.41	257.91
8	251.000	258.28	257.78	259.41	258.34	258.34	257.84
9	252.000	258.16	257.41	258.78	258.34	258.09	257.53
10	252.700	257.78	256.84	258.22	257.41	257.34	257.03

水叩き長 70.0m

1	244.300	258.53	258.16	258.59	258.16	258.53	258.16
2	245.000	258.53	258.28	258.66	258.16	258.59	258.09
3	246.000	258.59	258.16	258.72	258.22	258.53	258.22
4	247.000	258.53	258.22	258.84	258.28	258.53	258.22
5	248.000	258.59	258.16	258.84	258.34	258.66	258.16
6	249.000	258.66	258.22	258.91	258.34	258.59	258.28
7	250.000	258.53	258.22	258.84	258.28	258.66	258.22
8	251.000	258.72	257.97	258.97	258.22	258.41	258.28
9	252.000	258.53	257.66	258.66	258.16	258.47	257.84
10	252.700	258.03	257.09	258.16	257.41	257.53	257.09

規模による副ダム上流面の作用圧力(修正案)3

放流量 1300 m³/sec

副ダム高 10.0m

水叩き長 40.0m

測定点番号	測定点標高 (m)	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
		最高	最低	最高	最低	最高	最低
1	244.300	260.78	259.91	261.09	259.72	261.53	259.69
2	245.000	261.09	259.75	261.44	259.88	261.22	259.69
3	246.000	260.59	259.66	261.72	260.09	261.59	259.88
4	247.000	261.09	259.66	262.19	260.00	261.97	259.75
5	248.000	260.84	259.84	261.97	260.09	261.75	259.97
6	249.000	261.16	259.66	261.88	260.22	261.72	259.91
7	250.000	260.91	259.75	261.41	260.09	261.22	259.69
8	251.000	261.00	259.28	261.25	259.97	261.41	259.72
9	252.000	260.66	259.06	260.50	259.31	261.09	259.41
10	253.000	260.03	258.63	259.72	259.03	260.38	258.91
11	253.700	259.16	257.97	257.50	256.41	259.06	257.84

水叩き長 50.0m

1	244.300	260.16	259.50	260.50	259.72	260.47	259.38
2	245.000	260.13	259.47	260.66	259.75	259.97	259.50
3	246.000	260.13	259.47	260.81	259.91	259.97	259.25
4	247.000	260.13	259.38	261.38	260.03	260.03	259.34
5	248.000	260.09	259.41	261.13	260.28	259.97	259.50
6	249.000	259.97	259.38	261.69	259.84	260.13	259.53
7	250.000	259.69	259.28	261.53	259.81	260.09	259.25
8	251.000	259.84	259.13	261.09	259.88	259.94	259.34
9	252.000	259.84	258.91	260.81	259.44	259.84	259.13
10	253.000	259.44	258.47	260.13	259.19	259.34	258.72
11	253.700	258.88	257.97	258.16	257.34	258.78	257.91

水叩き長 60.0m

1	244.300	259.81	259.22	259.91	259.06	259.47	259.00
2	245.000	259.84	259.16	259.88	259.13	259.41	259.00
3	246.000	259.78	259.09	259.88	259.31	259.59	259.00
4	247.000	259.84	259.03	260.03	259.34	259.50	259.03
5	248.000	259.95	259.13	260.16	259.41	259.44	259.03
6	249.000	259.75	259.13	260.31	259.22	259.44	259.06
7	250.000	259.59	259.09	260.34	259.22	259.47	258.88
8	251.000	259.53	258.91	260.22	259.34	259.41	258.94
9	252.000	259.41	258.59	260.34	259.19	259.25	258.66
10	253.000	259.00	258.25	259.69	258.78	258.97	258.38
11	253.700	258.53	257.78	258.41	257.50	258.53	257.84

資5-6. 各流量による減勢池内の水面形状(実施設計案)1

水叩き始端 からの距離 (m)	放 流 量 1000 ml/sec					
	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-15.0	255.19	253.75	254.88	253.50	255.19	253.63
-10.0	254.88	253.75	254.88	253.81	253.75	252.75
- 5.0	254.69	253.69	254.69	253.50	254.38	253.50
0.0	255.13	254.06	254.88	253.63	254.75	253.94
5.0	256.19	254.94	255.38	254.19	255.56	254.31
10.0	257.38	255.63	256.19	254.50	256.56	255.31
15.0	257.56	255.94	256.88	255.44	257.75	255.88
20.0	258.31	256.94	257.44	255.88	258.50	256.94
25.0	258.94	257.44	258.00	257.06	258.69	257.50
30.0	258.75	257.63	258.44	257.44	258.69	257.81
35.0	259.25	258.19	259.00	257.75	258.81	257.88
40.0	259.13	258.44	258.81	258.13	258.75	258.06
45.0	258.75	258.06	258.75	258.19	258.75	258.13
50.0	258.88	258.00	258.63	258.00	258.81	258.06
55.0	258.75	258.13	258.44	258.06	258.56	257.94
60.0	258.13	257.44	257.94	257.50	257.75	257.13
65.0	256.56	255.88	256.56	255.88	255.94	254.94
70.0	252.94	252.06	251.69	250.69	252.13	251.00

水叩き始端 からの距離 (m)	放 流 量 1300 ml/sec					
	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-15.0	253.75	252.50	254.50	253.44	253.44	252.13
-10.0	253.75	252.81	253.63	251.50	254.25	252.31
- 5.0	253.50	252.31	253.31	252.00	253.31	251.81
0.0	254.69	253.31	252.88	251.38	253.75	251.94
5.0	257.25	254.25	255.19	253.00	255.63	252.63
10.0	258.00	254.56	256.56	254.19	257.94	254.50
15.0	258.81	256.06	257.63	355.38	258.38	256.13
20.0	259.13	256.94	258.63	256.31	259.25	257.00
25.0	259.94	258.06	258.94	257.63	260.13	258.44
30.0	260.44	258.50	259.44	258.00	260.06	258.75
35.0	260.81	258.75	260.06	258.48	260.25	258.81
40.0	259.94	258.63	260.31	258.56	260.00	258.88
45.0	260.13	258.56	259.88	258.88	260.13	258.81
50.0	259.69	258.63	259.81	258.75	259.56	258.56
55.0	259.75	258.50	259.56	258.75	259.19	258.44
60.0	259.25	258.25	258.75	258.25	258.81	258.00
65.0	257.56	256.63	257.63	256.44	257.13	255.88
70.0	254.38	253.31	252.88	251.25	252.94	251.56

資5-7. 副ダム減勢工比較案の水面形状

放 流 量 1300 m^3/sec

副 ダ ム 高 90m

水 叩 き 長 600m

二次減勢工 (TYPE1)

水叩きの始端 からの距離 (m)	左岸導流壁沿い (m)		水叩き中心線上 (m)		右岸導流壁沿い (m)	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
75	250.56	249.00	250.44	249.38	250.38	248.94
80	251.56	249.81	251.19	249.81	250.63	249.38
85	251.75	250.13	252.38	250.38	251.50	250.50
90	252.69	251.13	252.38	251.56	252.00	250.88
95	252.25	251.50	252.83	251.63	252.75	251.81
100	252.00	251.06	252.44	250.94	252.63	251.69
105	251.63	250.75	251.81	250.56	252.31	251.44
110	252.06	251.19	252.63	251.75	252.56	251.63
115	252.44	251.56	252.81	251.50	252.44	251.88
120	252.06	251.25	252.50	251.31	253.19	252.06

二次減勢工 (TYPE2)

75	250.75	248.88	250.88	249.63	250.94	249.75
80	251.06	249.94	251.69	250.19	251.31	250.31
85	251.31	250.81	252.44	251.44	252.00	251.06
90	252.56	251.56	253.06	251.88	252.75	251.69
95	252.63	251.81	252.63	251.56	253.00	251.94
100	252.44	251.50	252.38	251.75	252.69	251.88
105	251.94	251.31	252.25	251.63	252.44	251.63
110	252.19	251.63	252.38	251.69	252.44	251.75
115	252.31	251.75	252.25	251.56	252.69	252.06
120	252.38	251.63	252.00	251.44	252.38	251.88

二次減勢工 (TYPE3)

75	250.25	248.88	250.88	249.50	250.69	249.06
80	251.00	249.38	251.00	249.56	251.13	249.69
85	251.56	250.63	252.06	250.75	252.06	250.88
90	252.31	251.75	253.06	252.00	253.00	251.69
95	252.44	251.69	252.81	251.94	252.69	251.81
100	252.19	251.38	252.38	251.69	252.69	252.00
105	251.88	251.38	252.50	251.56	252.44	251.75
110	252.06	251.50	252.31	251.69	252.38	251.88
115	252.38	251.75	252.38	251.56	252.75	252.00
120	252.19	251.56	252.13	251.44	252.50	251.94

放 流 量 2370 m^3/sec

水叩き始端 からの距離 (m)	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-15.0	25225	25219	25644	25588	25100	25081
-10.0	25138	24913	25106	24913	24913	24719
- 5.0	25181	25006	25150	24900	25150	24956
0.0	25275	25069	24925	24719	25225	25050
5.0	25488	25225	25013	24631	25325	25019
10.0	25500	25306	25394	24975	25456	25238
15.0	25644	25388	25681	25450	25681	25431
20.0	25706	25519	25831	25631	25731	25550
25.0	25800	25638	26119	25744	25956	25725
30.0	25856	25738	26069	25850	25981	25650
35.0	26050	25838	26200	25981	26138	25881
40.0	26138	25869	26200	26031	26163	25906
45.0	26113	25969	26213	26056	26194	25913
50.0	26231	25994	26300	26125	26181	25956
55.0	26163	26013	26275	26131	26206	26044
60.0	26150	25925	26238	26113	26144	25981
65.0	25994	25825	26175	25975	25950	25763
70.0	25800	25531	25875	25663	25775	25375

放 流 量 2840 m^3/sec

-15.0	25331	25244	25694	25450	25369	25163
-10.0	25213	24900	25163	24956	25094	24800
- 5.0	25256	25050	24931	24806	25200	24681
0.0	25388	25038	25100	24975	25275	25031
5.0	25638	25269	25163	24950	25469	25150
10.0	25681	25263	25313	25113	25569	25244
15.0	25581	25344	25663	25425	25688	25475
20.0	25650	25475	25850	25550	25644	25456
25.0	25850	25563	25988	25738	25894	25588
30.0	25863	25675	26081	25850	25913	25719
35.0	26050	26038	26175	25938	26169	25894
40.0	26144	25856	26300	26031	26156	25944
45.0	26200	25994	26394	26169	26288	26056
50.0	26363	26188	26413	26156	26338	26031
55.0	26325	26163	26463	26250	26306	26113
60.0	26369	26163	26469	26300	26325	26144
65.0	26250	26075	26413	26213	26213	25975
70.0	26031	25880	26281	26019	26219	25731

資5-8 副ダム減勢工実施設計案の水面形状 (TYPE4)

放 流 量 1000 m^3/sec						
水叩きの始端 からの距離 (m)	左岸導流壁沿い(m)		水叩き中心線上(m)		右岸導流壁沿い(m)	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
75.0	250.19	249.50	250.50	249.63	250.25	249.56
80.0	250.69	249.75	250.44	249.69	250.38	249.56
85.0	251.25	250.75	251.25	250.44	250.94	250.25
90.0	251.69	251.13	252.06	251.50	251.81	251.31
95.0	251.69	251.19	251.63	251.25	251.94	251.25
100.0	251.38	250.81	251.63	251.06	251.75	251.25
105.0	251.19	250.81	251.44	251.13	251.56	251.13
110.0	251.44	251.13	251.63	251.13	251.63	251.25
115.0	251.50	251.06	251.50	251.06	251.75	251.31
120.0	251.13	250.88	251.38	250.81	251.56	251.25
放 流 量 1300 m^3/sec						
75.0	251.31	249.06	251.56	249.88	251.31	250.31
80.0	250.13	250.13	251.44	250.44	251.63	250.31
85.0	251.94	250.75	252.50	251.50	251.75	250.81
90.0	252.94	251.69	253.06	252.25	252.63	251.63
95.0	252.63	251.88	252.69	251.88	253.13	251.94
100.0	252.13	251.50	252.44	251.63	252.63	252.06
105.0	251.94	251.63	252.44	251.63	252.38	251.81
110.0	252.13	251.69	252.50	251.69	252.63	251.88
115.0	252.50	251.69	252.13	251.50	252.63	252.13
120.0	252.56	251.69	252.13	251.44	252.69	252.00
放 流 量 2370 m^3/sec						
75.0	255.63	252.69	254.88	251.88	254.69	253.44
80.0	252.69	250.31	253.31	250.44	252.81	250.31
85.0	254.06	250.63	254.19	251.75	254.38	253.56
90.0	255.88	253.06	255.31	253.38	254.75	253.13
95.0	255.81	254.31	255.19	253.44	254.38	254.31
100.0	255.00	253.44	255.56	253.44	256.19	254.38
105.0	253.63	252.81	254.69	253.05	255.56	254.06
110.0	253.38	252.25	254.56	252.81	254.44	253.50
115.0	253.88	252.25	253.69	252.69	254.56	253.63
120.0	253.81	252.25	253.94	252.69	255.06	254.13
放 流 量 2840 m^3/sec						
75.0	259.25	256.56	260.94	256.56	260.56	256.69
80.0	256.81	254.05	259.00	252.06	256.63	253.81
85.0	255.75	252.81	254.81	250.00	254.31	251.88
90.0	253.75	250.94	253.81	250.56	253.38	252.25
95.0	253.75	250.94	253.81	251.63	253.13	250.94
100.0	253.44	250.75	253.56	251.56	254.00	251.69
105.0	252.19	250.06	255.06	252.50	254.06	252.38
110.0	251.38	250.44	253.81	251.88	254.44	252.50
115.0	252.31	251.00	254.69	252.69	254.94	253.63
120.0	252.94	251.19	253.75	252.38	255.13	254.13

資5-9. 実施設計案の圧力資料

ガイドウォールに作用する圧力

Q=1300 m ³ /sec							Q=2370 m ³ /sec							Q=2840 m ³ /sec									
*0	10	20	30	40	50	60	*0	10	20	30	40	50	60	*0	10	20	30	40	50	60			
**2	668	812	1043	1193	1225	1237	1325	**2	418	568	812	1050	1212	1306	1581	**2	375	550	718	968	1175	1425	1750
4	331	493	812	981	1037	1050	1094	4	218	362	625	843	1025	1100	1343	4	187	343	537	752	975	1212	1500
6	218	312	656	800	856	862	862	6	050	200	406	675	837	906	1106	6	043	143	362	562	787	1018	1243
8	093	262	468	600	643	658	631	8		043	218	475	625	712	812	8		175	343	537	787	956	
10		087	281	458	450	468	356	10			093	350	431	550	500	10		050	225	437	643	643	
12			093	250	231	262	200	12				137	262	368	300	12			062	225	456	443	
14				093	050	081	031	14				031	100	206	100	14			031	093	312	250	
16								16						075	031	16					156	156	
18								18								18					031		

堤体バケット部に作用する圧力

堤体中央					左岸側					排水管下流バケット部に作用する圧力				
N	**PEL	Q=1300	Q=2370	Q=2840	N	**PEL	Q=1300	Q=2370	Q=2840	N	**PEL	Q=1300	Q=2370	Q=2840
1	25015	331	1225	1343	1	25015		941	1432	1	24682	1175	1118	1206
2	24892	443	625	737	2	24892		1264	1577	2	24597	1093	1256	1331
3	24780	531	806	943	3	24780		1658	1939	3	24527	1532	1687	1793
4	24682	593	1062	1218	4	24682		1387	2049	4	24471	1887	1869	1887
5	24597	656	958	1231	5	24597		1378	1672	5	24432	2087	1956	1975
6	24527	693	1268	1650	6	24527		1099	1407	6	24408	2406	2168	2137
7	24471	750	637	1368	7	24471		1204	1485					
8	24432	931	700	1150	8	24432		1314	1621					
9	24408	1312	1412	1593	9	24408		1417	1580					
10	24400	1475	1081	1131	10	24400		1244	1338					

水叩底面に作用する圧力(中央)

Q=1300							Q=2370							Q=2840						
*0	10	20	30	40	50	60	*0	10	20	30	40	50	60	*0	10	20	30	40	50	60
2106	1350	1212	1312	1375	1418	1512	1781	1193	1193	1293	1481	1637	2118	1818	1218	1150	1225	1493	1806	2387

水叩底面に作用する圧力(左岸)

Q=1300							Q=2370							Q=2840						
*0	10	20	30	40	50	60	*0	10	20	30	40	50	60	*0	10	20	30	40	50	60
1200	1175	1187	1343	1406	1425	1475	1481	1081	1106	1262	1393	1512	1793	1637	1293	1043	1262	1387	1587	2006

副ダム上流面に作用する圧力

水 叩 中 央						左 岸					
No	*** PEL	Q=1000	Q=1300	Q=2370	Q=2840	No	*** PEL	Q=1000	Q=1300	Q=2370	Q=2840
1	2443	1364	1461	1861	2217	1	2443	1361	1429	1676	1817
2	245	1316	1397	1903	2291	2	245	1291	1341	1613	1766
3	246	1225	1297	1884	2303	3	246	1191	1259	1516	1672
4	247	1141	1222	1809	2278	4	247	1094	1159	1428	1578
5	248	1025	1103	1734	2185	5	248	991	1053	1309	1460
6	249	913	1028	1606	1997	6	249	884	947	1191	1359
7	250	806	922	1500	1810	7	250	778	834	1053	1200
8	251	697	841	1341	1597	8	251	681	728	913	1044
9	252	566	678	1097	1309	9	252	566	616	781	897
10	2527	430	552	846	955	10	2527	424	508	583	633

副ダム越流面に作用する圧力

水叩中央					左岸				
N	**PEL	Q=1300	Q=2370	Q=2840	N	**PEL	Q=1300	Q=2370	Q=2840
1	25300	-168	-768	-481	1	25300	181	212	203
2	25300				2	25300	259	125	266
3	25300	081	-662	-425	3	25300	306	391	359
4	25300	093	-512	-418	4	25300	197	291	359
5	25286	-031	-318	-206	5	25286	014	145	208
6	25246	-175	-268	-112	6	25246	-096	029	113
7	25183	-156	-175	-037	7	25183	-005	117	195
8	25112	-018	-062	-031	8	25112	112	222	307
9	25041	100	075	118	9	25041	175	309	384

バップルピアー上流面に作用する圧力

Q=1300					Q=2370					Q=2840				
ビエノ No	**PEL	中央	左岸		ビエノ No	**PEL	中央	左岸		ビエノ No	**PEL	中央	左岸	
1	2448	925	1087		1	2448	1206	1343		1	2448	962	1518	
2	2440	1287	1375		2	2440	1487	1562		2	2440	1100	1675	
3	2432	1325	1456		3	2432	1518	1643		3	2432	1206	1781	

NOTE 圧力の単位はすべて1/m²で示す。 * 水叩始めからの距離, m ** 水叩底面からの高さ, m *** ビエノノターの標高, m