

ISSN 0386-5878

土研資料第1896号

マイクロフィルム第 号



土 木 研 究 所 資 料

川辺川ダム水理模型実験報告書

昭和58年3月

建設省土木研究所

ダム部ダム水工研究室

Copyright © 1982 Fiscal year by P.W.R.I.

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

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

ま え が き

本報告書は、九州地方建設局の依頼により昭和47年度より昭和56年度にわたって建設省土木研究所で実施した川辺川ダム洪水吐き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。なお、昭和53年3月に本業務の「中間報告」が作成されており、本報告書は上記の中間報告書と重複しないよう昭和53年度以降の最終案に至るまでの成果を中心に取りまとめたものである。

昭和 58 年 3 月

建設省土木研究所
ダム部ダム水工研究室

佐 藤 勝

目 次

ま え が き

第1章 ダムの計画と概要	3
第2章 最終案の洪水吐き	11
第1節 放流管	11
第2節 越流部	12
第3節 減勢部	13
第3章 水理設計の経緯	23
第1節 ダム計画の経緯	23
第2節 水理実験の経緯	24
第4章 自由落下式減勢工の水理機能の研究	29
第1節 研究目的	29
第2節 研究の概要	30
第3節 A型の流れの解析	31
第4節 B型の流れの解析	35
第5節 計算プログラム	39
第6節 二次元基礎実験	40
第5章 洪水吐きの水理設計	43
第1節 洪水吐き設計の考え方	43
第2節 放流管の設計	44
第3節 越流部の設計	55
第4節 減勢工の設計	58
第6章 放流管抽出模型実験	65
第1節 実験目的	65
第2節 実験内容	66
第3節 実験方法	67
第4節 実験結果	70
第7章 洪水吐き水理模型実験	85
第1節 実験目的	85
第2節 実験内容	87
第3節 実験方法	88
第4節 実験結果	90
第5節 検討事項	104
第8章 洪水吐きの修正水理設計	107
第1節 修正設計の方針	107
第2節 水脈絞り込み型越流頂の設計	108

第3節 放流管の配置の設計	113
第4節 下流河道部の等流計算	121
第9章 修正形状による水理模型実験	129
第1節 実験目的および内容	129
第2節 実験方法	130
第3節 実験結果	133
添付資料	
別図集	157
別表集	191
写真集	235

目 次

第 1 章

図 1-1	ダム計画位置図	4
図 1-2	川辺川ダム洪水調節計画図	5
図 1-3	流量配分図及び洪水調節計画図	6
図 1-4	貯水池容量配分図	7

第 2 章

図 2-1	川辺川ダム洪水吐き形状 (標準断面図)	14
図 2-2	川辺川ダム洪水吐き形状 (平面図)	15
図 2-3	放流管最終形状図	16
図 2-4	放流管の平面配置図	17
図 2-5	越流部詳細平面図	18
図 2-6	放流管の放流能力曲線 (1 条当り)	19
図 2-7	越流部の放流能力曲線 (5 門)	19

第 4 章

図 4-1	下流水深の大小による流況	30
図 4-2	A 型の流況説明図	31
図 4-3	A 型流れの記号説明図	31
図 4-4	A 型流れの運動量の基準断面	32
図 4-5	運動エネルギー保存式の説明図	33
図 4-6	A 型の流れ及び下流限界水深の計算手順	34
図 4-7	B 型の流況説明図	35
図 4-8	B 型流れの記号説明図	35
図 4-9	B 型流れの運動量の基準断面	35
図 4-10	非対称噴流の速度分布	36
図 4-11	B 型流れの計算手順	38
図 4-12	自由落下式減勢工二次元基礎実験模型図	40
図 4-13	下流限界水深, 落水脈裏側水深の理論値との比較	41
図 4-14	底面圧力分布の理論値との比較	41

第 5 章

図 5-1	既設ダムの放流管の放流能力とゲートに加わる全水圧 (バーチカルリフトゲートを有するダム)	47
図 5-2	放流管の各水頭の説明図	47
図 5-3	フード部, ベルマウス部形状図	50
図 5-4	漸縮部記号説明図	50
図 5-5	漸縮部形状図	56
図 5-6	越流部形状図	58

図 5-7	ピア形状図	58
図 5-8	水脈落下軌跡	61
図 5-9	減勢工設計記号説明図	62
図 5-10	副ダムの形状と越流水深の説明図	64
第 6 章		
図 6-1	抽出模型実験における放流管形状図	67
図 6-2	放流管抽出模型実験設備図	69
図 6-3	放流管圧力測定用ピエゾ位置図	70
図 6-4	貯水位～流量係数関係図	74
図 6-5	$G_0 \sim C_g$ 関係図	76
図 6-6	放流管の放流能力曲線	77
図 6-7	放流管の圧力降下係数	80
図 6-8	入口損失係数	84
第 7 章		
図 7-1	実験形状	88
図 7-2	実験模型図	90
図 7-3	放流管流量係数の比較	92
図 7-4	抽出実験と全体実験における越流頂放流能力の比較	93
図 7-5	ゲート全開時の流量係数の比較	93
図 7-6	越流水面形	94
図 7-7	放流水脈の落下状態	95
図 7-8	減勢工水理量の説明図	96
図 7-9	最大圧力と下流水深の関係	98
図 7-10	圧力集中度と下流水深の関係	98
図 7-11	シル設置位置および検討形状	99
図 7-12	第 7 章実験による最適減勢工形状 (第 7 章形状)	101
第 8 章		
図 8-1	水脈絞り込み型越流頂概念図	110
図 8-2	水脈絞り込み型越流頂の記号説明図	111
図 8-3	座標および各直線の計算説明図	111
図 8-4	越流部修正設計形状図	114
図 8-5	放流管の配置設計の説明図	116
図 8-6	コースタゲート面中心線での堤体の鉛直断面	117
図 8-7	放流管修正形状図	121
図 8-8	放流管修正配置図	122
図 8-9	下流河道等流計算断面位置図	124
図 8-10	下流河道の平均河床勾配	125

第 9 章

図 9-1	全体実験模型平面図	131
図 9-2	全体実験模型側面図	132
図 9-3	放流管放流能力の比較	133
図 9-4	越流部の流量係数（全開時）	134
図 9-5	越流部の流量係数（ゲート部分開放時）	134
図 9-6	越流部水面形測定結果図	136
図 9-7	放流水脈の落下状態	137
図 9-8	放流水脈の落下状態（減勢工中心線でみた場合）	138
図 9-9	越流部デフレクタ形状図	139
図 9-10	減勢工内の諸水理量の関係	144
図 9-11	副ダム天端上の水位変動（副ダム天端幅の検討）	145
図 9-12	副ダム形状図	146
図 9-13	減勢工水面形測定結果図（最終案）	147
図 9-14	掘り込み式副ダム減勢工検討形状図	150
図 9-15	副ダム減勢工の最終案形状	151
図 9-16	下流河道の流速比較図	152
図 9-17	下流河道の流況図（最終案）	155

表 目 次

第 1 章

表 1-1	ダムおよび貯水池諸元	3
-------	------------	---

第 2 章

表 2-1	最終案形状の洪水吐き放流能力	12
-------	----------------	----

第 4 章

表 4-1	自由落下式減勢工二次元基礎実験の実験条件	40
-------	----------------------	----

第 5 章

表 5-1	管内圧力および放流量の計算値	49
表 5-2	越流部放流量の計算値	59
表 5-3	水脈落下位置	61

第 6 章

表 6-1	放流管流量係数の測定結果	73
表 6-2	各貯水位における放流管の可能放流量	75
表 6-3	放流管流量係数の実験値と計算値の比較	76
表 6-4	管内圧力測定実験ケース一覧表	79
表 6-5	圧力推定式の係数および入口損失係数	84

第 7 章

表 7-1	全体実験の結果による放流能力	93
表 7-2	減勢工の各水理量	97
表 7-3	シル設置時の流況評価	100
表 7-4	第 7 章形状による減勢工内各水理量	102
表 7-5	減勢工左右岸導流壁沿いの最大水位	103
表 7-6	下流河道の水位と流速値	105

第 8 章

表 8-1	各断面の断面特性式	125
表 8-2	下流河道の等流計算結果	125

第 9 章

表 9-1	修正案形状による放流能力	135
表 9-2	デフレクタ設置時の流況	140
表 9-3	シル設置の検討	141
表 9-4	減勢工内の諸水理量の関係	142
表 9-5	順傾斜付き掘り込み式副減勢工の流況	151
表 9-6	副ダム減勢工内水位測定結果表（最終案）	152

第 1 章 ダムの計画と概要

第 1 章 ダムの計画と概要

川辺川は球磨川の右支川でその源を国見岳（標高 1,739 m）に発し、平家の落人で知られる五家荘および五木の子守唄の五木村を貫流して、人吉市の上流にて球磨川に合流する。流域面積 533 km²，流路延長 62 km の河川である。

川辺川ダムは、川辺川の中流部球磨郡相良村藤田（合流点上流 19.4 km）に建設して、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがいおよび発電を目的とする多目的ダムで高さ 107.5 m、堤頂長 274 m のアーチ式コンクリートダムである。

洪水調節の計画は、川辺川ダム地点における基本高水 3,520 m³/s を 200 m³/s に調節し、既設市房ダムと併せて下流人吉地点の基本高水 7,000 m³/s を 4,000 m³/s に、萩原地点 9,000 m³/s を 7,000 m³/s に低減する。

調節方法は、流入量が 500 m³/s までは流入量をそのまま放流し、500 m³/s に達してからは { (流入量 - 500) × 0.5 + 500 } m³/s の一定率調節を行い、流入量が 1,100 m³/s に達した後は 800 m³/s の一定量放流とする。ただし、人吉地点における本川上流域の流入量が 1,200 m³/s に達した場合、放流量を 200 m³/s に低減させる。

なお、本川上流域の流入量がピークを過ぎ、減水中で 2,500 m³/s 以下となった場合、毎時 200 m³/s の割合で放流量を増加させ、800 m³/s の一定量放流とする。

洪水期（毎年 6 月 11 日から 10 月 15 日）においては、洪水調節を行う場合を除き水位を次に定める水位以下に制限する。

6 月 11 日より 9 月 15 日まで 標高 EL. 252.2 m（第 1 期制限水位）

9 月 16 日より 10 月 15 日まで 標高 EL. 264.5 m（第 2 期制限水位）

洪水調節は、標高 EL. 252.2 m までの容量 84,000,000 m³ を利用して行う。

なお、予備放流は標高 EL. 252.2 m を限度として行うことができる。

表 1-1 ダムおよび貯水池諸元

位 置	左岸 熊本県球磨郡相良村 大字四浦字藤田 右岸 熊本県球磨郡相良村 大字四浦字藤田字堂迫	ダムの型式	アーチ式コンクリートダム
河 川 名	球磨川水系川辺川	堤 高	107.5 m （ダム天端標高 EL. 282.5 m 基礎岩盤標高 EL. 175.0 m）
集 水 面 積	470 km ²	堤 頂 長	274 m
湛 水 面 積	3.91 km ²	堤 体 積	280,000 m ³ （本 体 220,000 m ³ 減勢池等 60,000 m ³ ）
総 貯 水 容 量	133,000,000 m ³	非越流部標高	EL. 282.5 m
有効貯水容量	106,000,000 m ³	常 時 満 水 位	EL. 280.0 m
洪水調節容量	第 1 期 84,000,000 m ³ 第 2 期 53,000,000 m ³	第 1 期制限水位 第 2 期制限水位	EL. 252.2 m（6 月 11 日から 9 月 15 日まで） EL. 264.5 m（9 月 16 日から 10 月 15 日まで）
堆 砂 容 量	27,000,000 m ³	計 画 堆 砂 位	EL. 239.0 m
利 水 容 量	22,000,000 m ³	設 計 洪 水 位	EL. 281.0 m
基本高水流量	3,520 m ³ /s	洪水調節設備	コンジットゲート 巾 3.5 m × 高 3.5 m × 3 門
計画最大放流量	800 m ³ /s	非常用放流設備 （異常洪水時）	クレストテンターゲート 巾 12 m × 高 12 m × 5 門
設計洪水流量	5,160 m ³ /s	非常用放流管	1 門

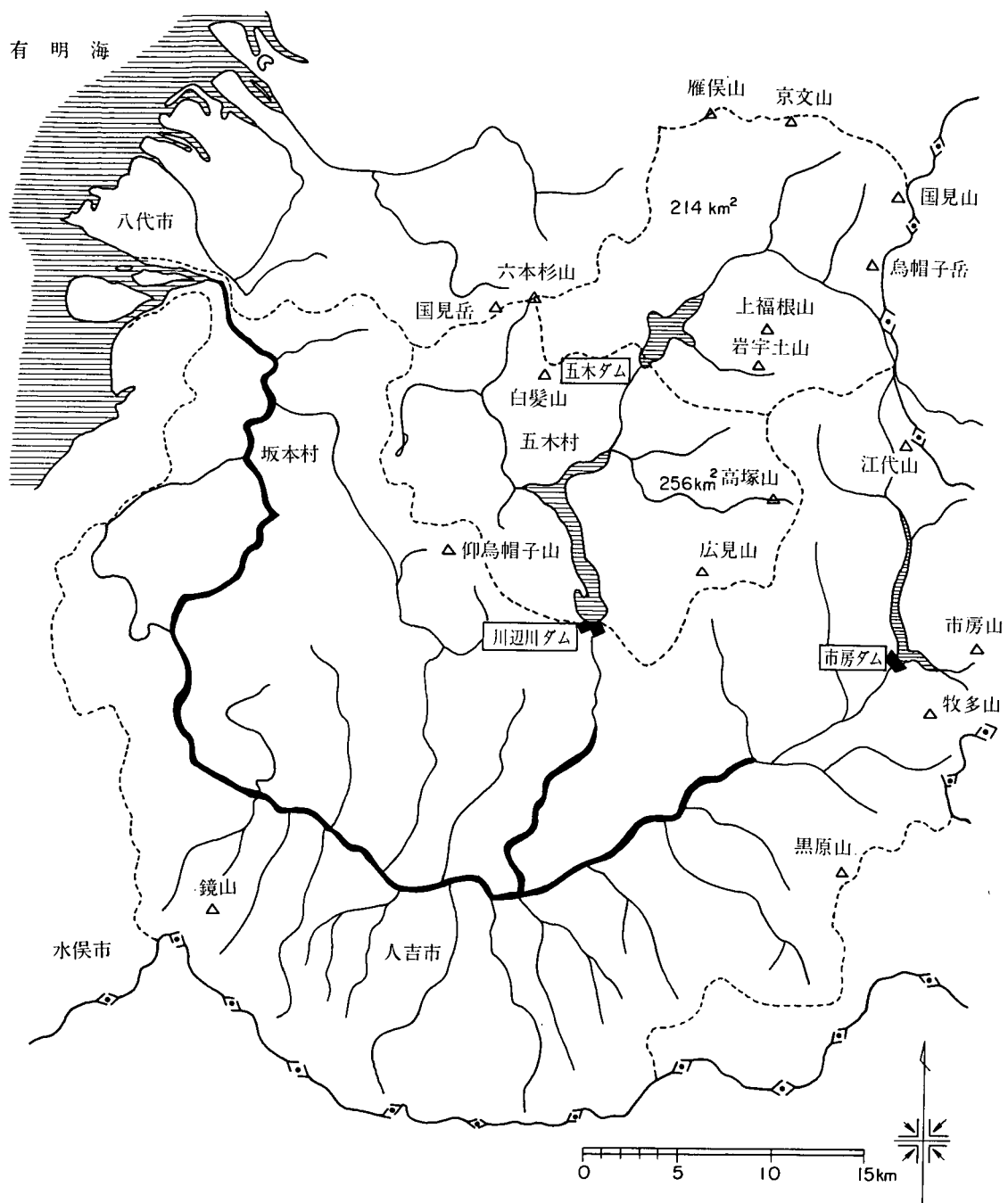


図1-1 ダム計画位置図

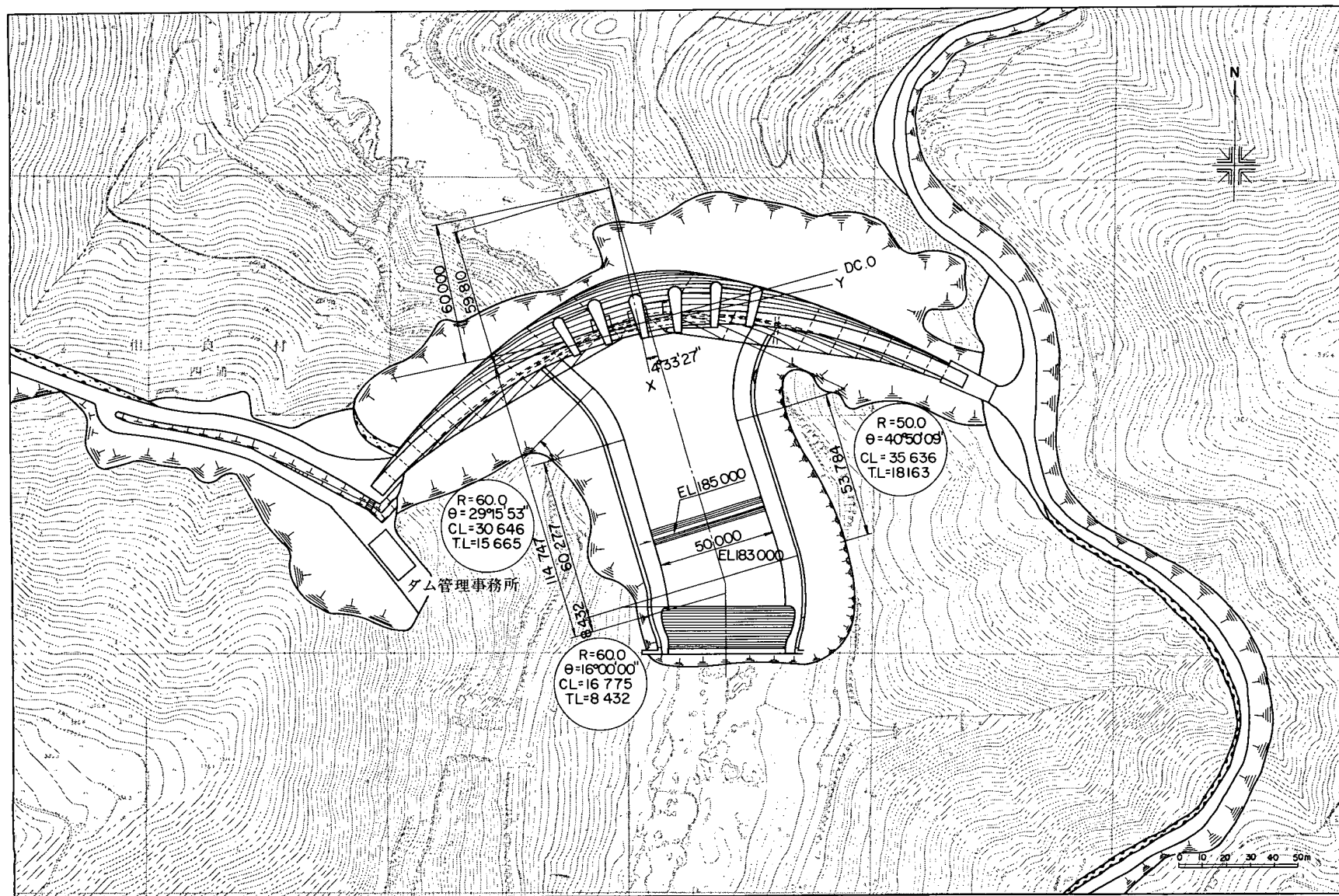


図 1 - 2 川辺川ダム洪水吐き形状（計画概要図）

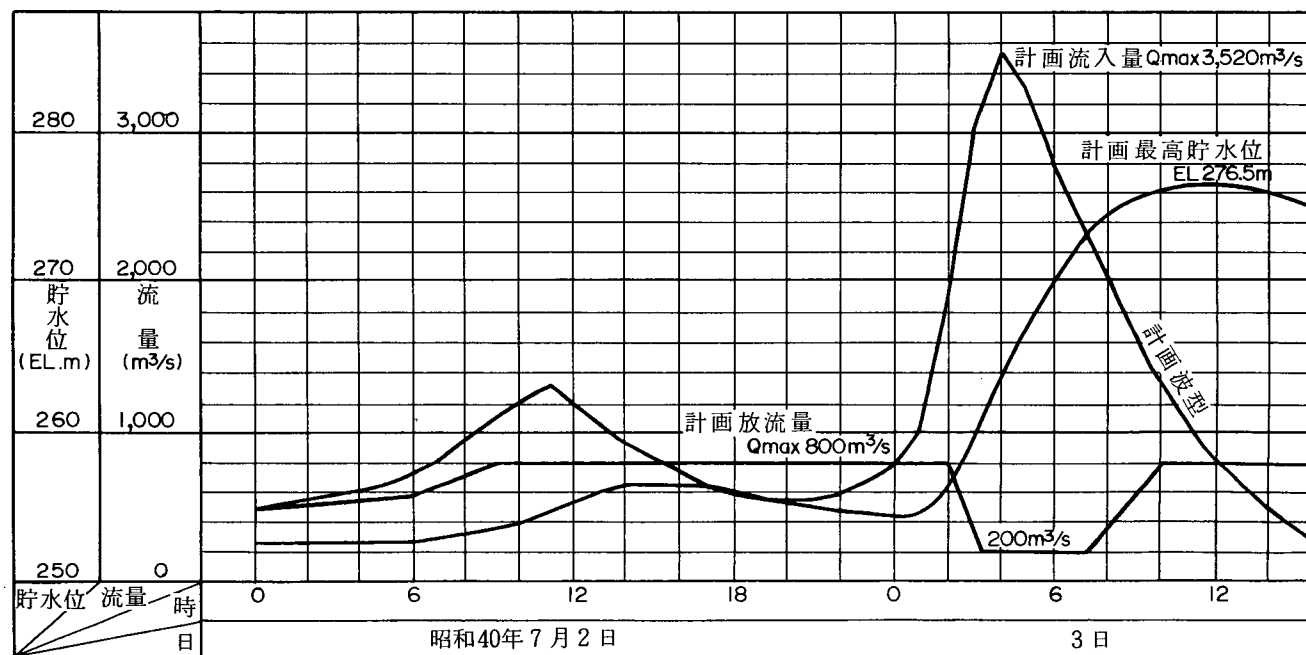
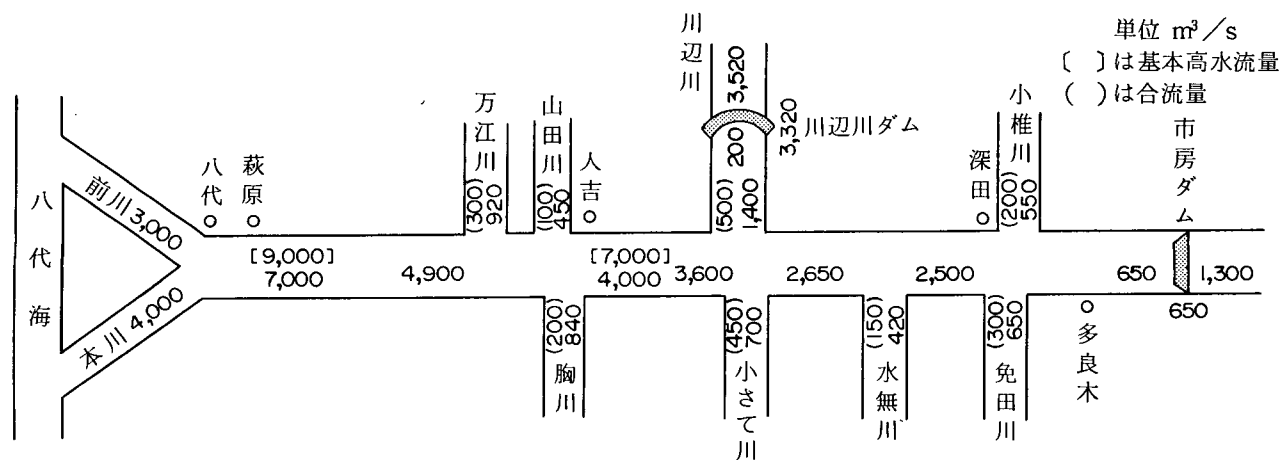


図 1 - 3 流量配分図および洪水調節計画図

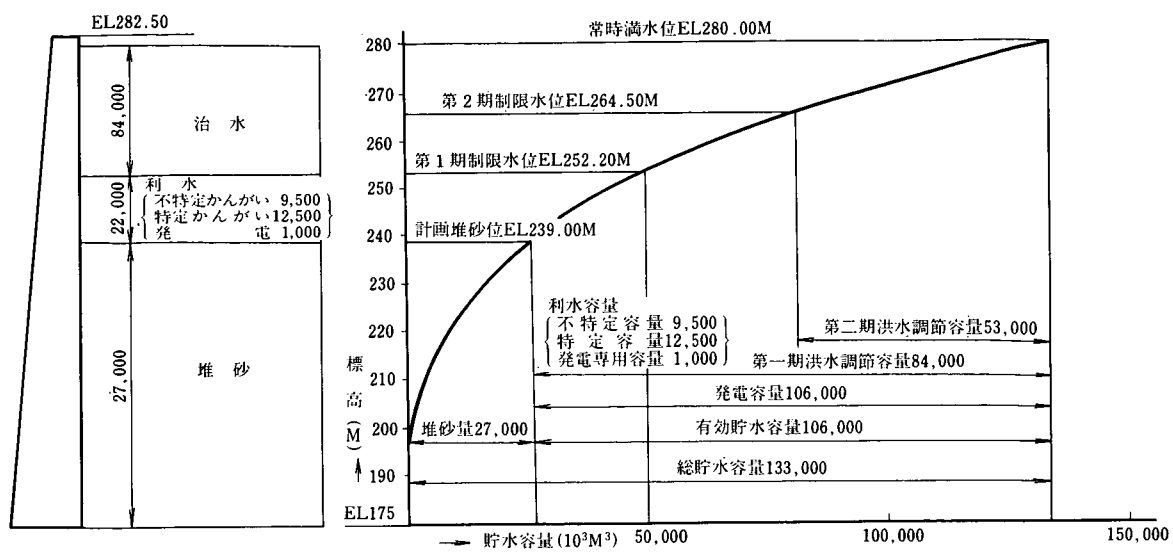


図 1 - 4 貯水池容量配分図

第2章 最終案の洪水吐き

第2章 最終案の洪水吐き

川辺川ダムの洪水吐きは水理設計および水理実験の結果から、以下に示す形状を最終案とした。

第1節 放流管

放流管形状は図2-3～4に示すとおりで諸元は次の通りである。

放 流 管	角形フード付き放流管3条
出口中心標高	EL.220,000m
呑口中心標高	1号……EL.227.210m 2号……EL.226.940m 3号……EL.227.440m
放 流 管 長	フ ード 部 1.350m ベルマウス部 2.100m 直 管 部 (∅ 4.200m) { 1号 9.036m 2号 8.432m 3号 9.533m 漸 縮 部 3.636m 全 長 { 1号 16.122m 2号 15.518m 3号 16.619m
管 軸 の 傾 き	1 : 2.0 (約 26.6°)
主 ゲ ー ト	高圧ローラゲート
予 備 ゲ ー ト	コースタゲート

放流管の放流量は、次式で計算される。

$$\left. \begin{aligned} Q &= n \cdot C_o \cdot C_g \cdot A \sqrt{2gH} \\ C_g &= 0.758 G_0 (1 + 0.061 G_0^2 + 0.258 G_0^4) \\ G_0 &= G/D \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2-1)$$

ここに、 n ; 放流管条数 (3条)

C_o ; ゲート全開時の流量係数 (0.786)

A ; 直管部断積 (13.8544 m²)

C_g ; ゲート部分開放時の補正係数

G_0 ; ゲート開度

H ; 出口中心EL.220.0mを基準とする水深 (m) ($19.0\text{m} \leq H \leq 61.0\text{m}$)

g ; 重力の加速度 (9.8 m/s²)

G ; ゲートの開き (m)

D ; 出口断面高さ (3.902 m)

図2-6, 別表2-1に貯水位と放流管放流量とゲート開きの関係を示す。

第2節 越流部

越流部の形状は図2-1, 2, 5に示すとおりで, 諸元は次のとおりである。

越流頂タイプ	ゲート付き放物線越流頂(水脈落下位置絞り込み型配置)
越流頂敷高	EL. 270.500m
越流幅	12.0m × 5門
設計水頭	10.5m (EL. 281.000m)
ゲート	ラジアルゲート5門

[ゲート全開時]

$$Q = n \cdot C_0 \cdot B \cdot H^{3/2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \dots\dots (2-2)$$

$$C_0 = 1.6676 + 0.6079 \times 10^{-2} H^2 - 0.2837 \times 10^{-4} \times H^4$$

ここで,

Q ; 流量 (m^3/s)

n ; 門数 (5門)

C_0 ; 流量係数 (全開時)

B ; 越流幅 (12.0m)

H ; 越流水深 (m) ($0\text{m} < H \leq 10.5\text{m}$)

[ゲート部分開放時]

$$Q = n \cdot C \cdot B \{ H^{3/2} - (H - G)^{3/2} \} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \dots\dots (2-3)$$

$$C = 2.092 - 0.0097 G \quad \text{ただし } (H/G \geq 1.6)$$

ここで,

C ; ゲート部分開放時の流量係数

G ; ゲート開き (m)

図2-7, 別表2-2に貯水位と越流頂放流量とゲート開度の関係を示す。

また, 放流管及び越流部の各貯水位における放流量は表2-1のとおりである。

表2-1 最終案形状の洪水吐き放流能力

貯水位 EL (m)	放 流 量 (m^3/s)		
	放 流 管	越 流 部	合 計
最低水位 EL. 239.0m	630.4	—	630.4
第一期制限水位 EL. 252.2m	820.7	—	820.7
サーチャージ水位 EL. 280.0m	1,120.3	3,487.6	4,607.9
設計洪水位 EL. 281.0m	1,129.6	4,068.5	5,198.1

第3節 減勢部

減勢部は、減勢池、副ダム、副ダム減勢工よりなり図2-1, 2にその形状を示す。

3-1 減勢池及び副ダム

減勢池の諸元は次のとおりである。

形 式	自由落下式減勢工
減 勢 工 幅	50.0 m (D.C.50 mより下流部)
減 勢 工 長 さ	約 120 m
水 叩 き 面 標 高	EL.183.000 m
最 大 落 下 水 頭	98.0 m
水叩き面での最大圧力	約 50 m水柱
導 流 壁 天 端 高 さ	※ 28.5 m (EL.211.5 m)
補 助 構 造 物	潜流拡散用シル(高さ 2 m台形断面)

※ 余裕高さは、含んでいない。

副ダムの諸元は、次のとおりである。

形 状	台形断面
高 さ	13.0 m
上 流 面 勾 配	鉛 直
下 流 面 勾 配	1 : 1
天 端 幅	7.0 m
底 部 幅	20.0 m
天 端 円 弧 半 径	0.5 m (上流), 6.0 m (下流)

3-2 副ダム減勢工

副ダムを流下する水脈の流速は、ダム設計洪水流量流下時に 23.6 m/s であり、その時のフルード数は 3.6 である。よって、下流河道の流況をダム構築前の流況に復す事および、二次射流による局所洗掘等の悪影響をさけるため、副ダム直下に副ダム減勢工を設ける。

副ダム減勢工の諸元は、次のとおりである。

形 式	順傾斜付き掘り込み式減勢工
幅	50.0 m (EL.183.0 m)
長 さ	35.0 m
水叩き面敷高	EL.183.000 m
順 傾 斜	勾配 1 : 4 長さ 20.0 m



図 2-2 川辺川ダム洪水吐き形状(平面図)

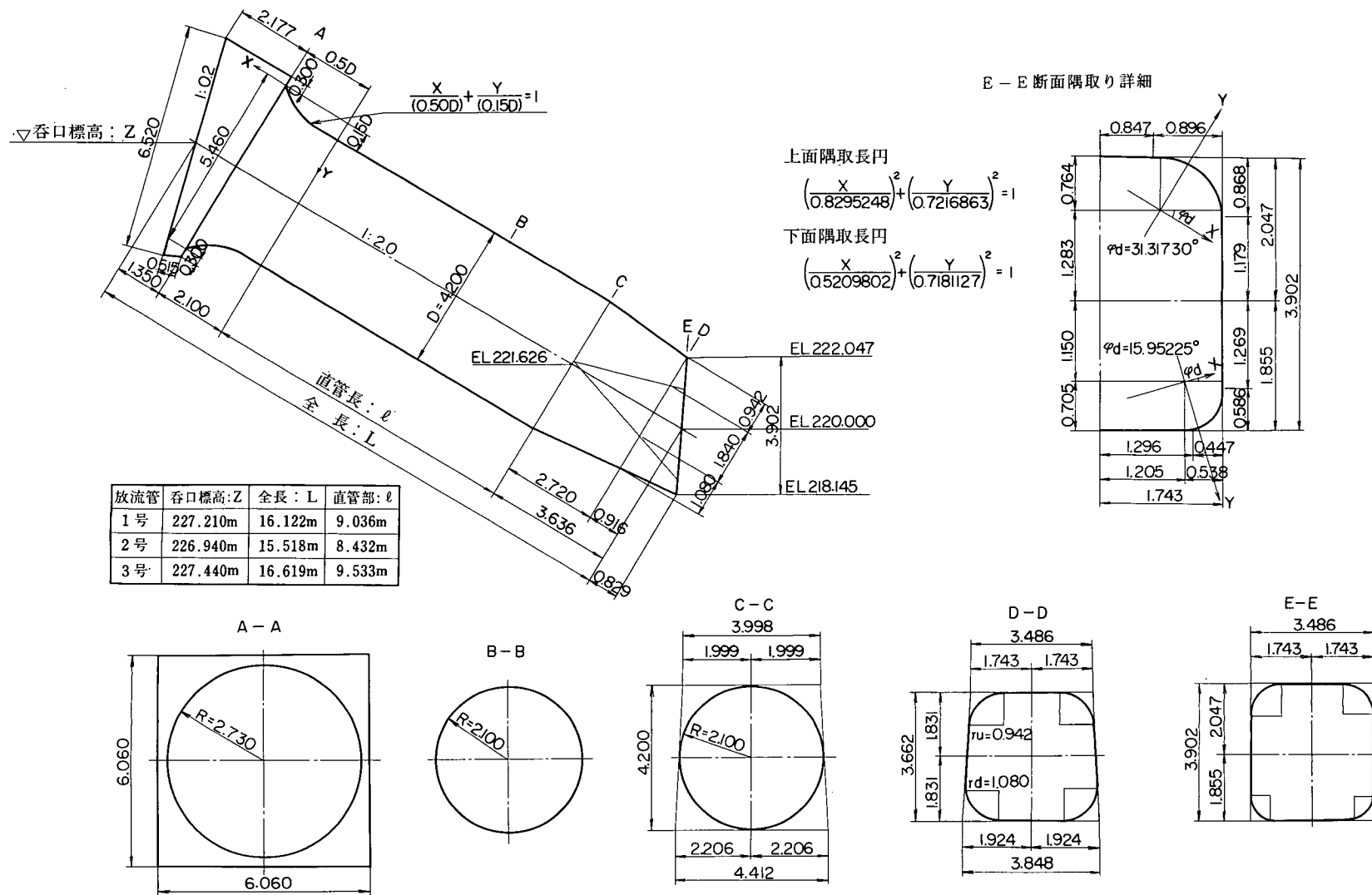


図 2-3 放流管最終形状図

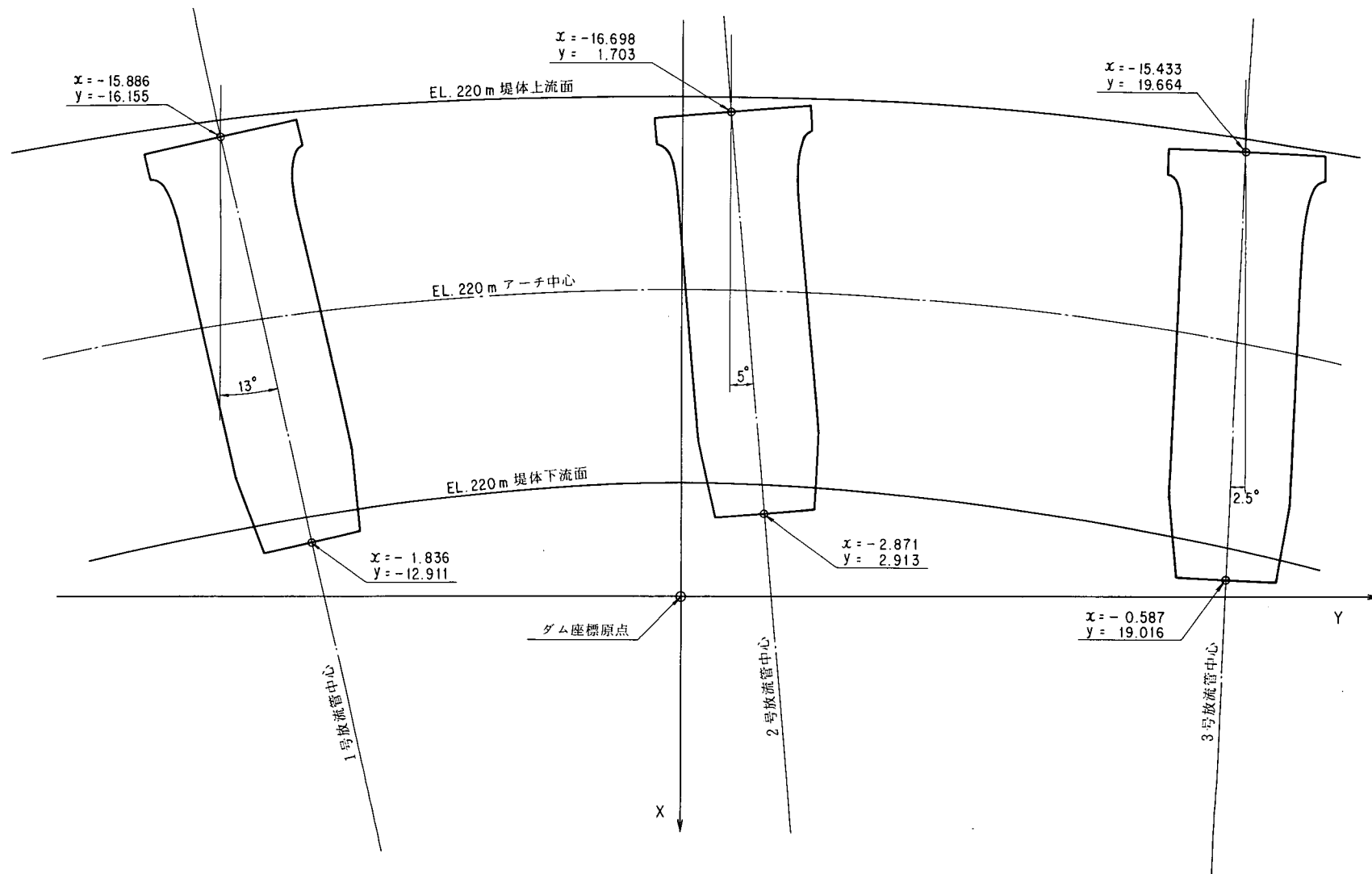


図2-4 放流管の平面配置図

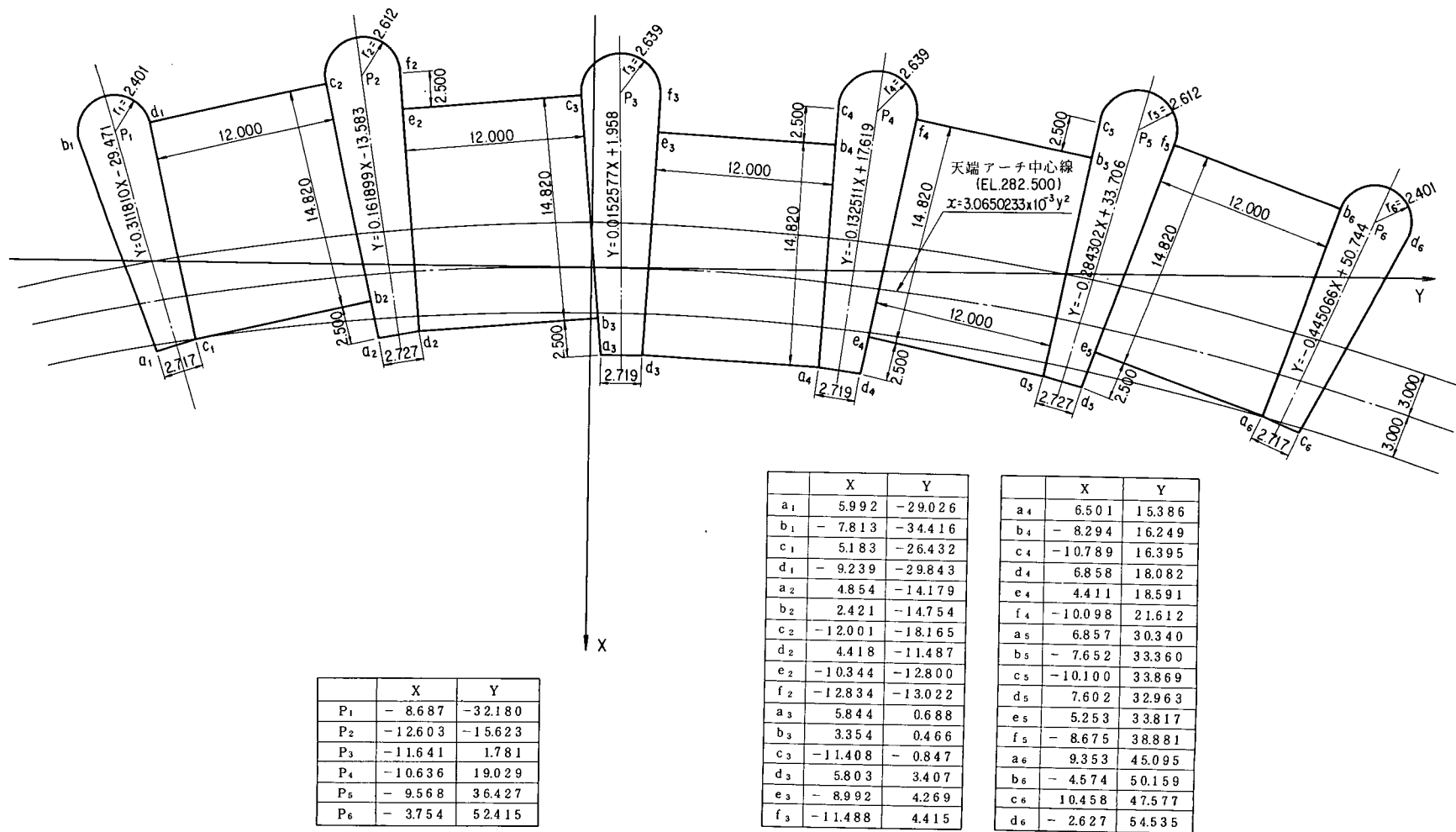


図2-5 越流部詳細平面図

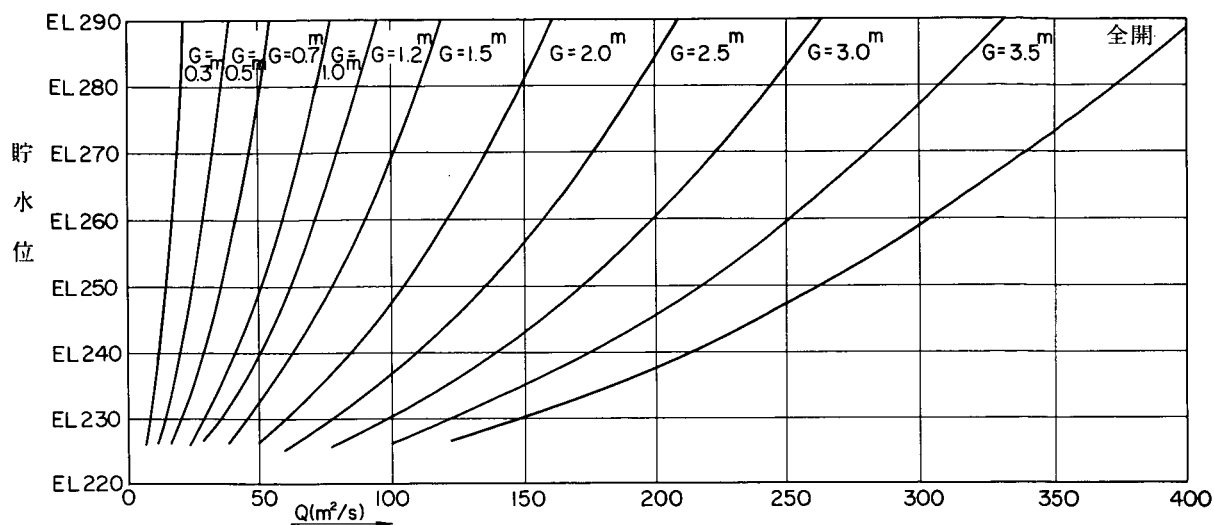


図 2-6 放流管の放流能力曲線 (1 条当り)

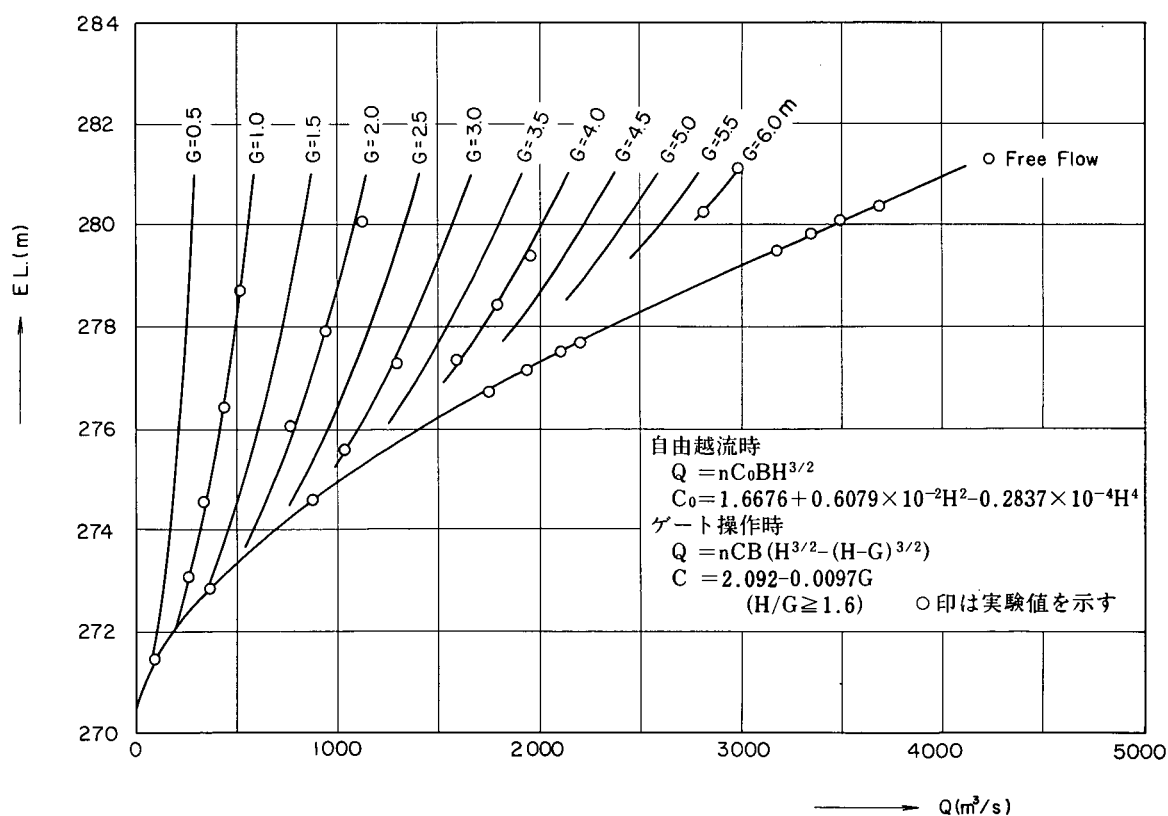


図 2-7 越流部の放流能力曲線 (5 門)

第 3 章 水理設計の経緯

第3章 水理設計の経緯

第1節 ダム計画の経緯

川辺川ダムは、昭和35年度に建設省による直轄調査が開始され、昭和39年度から昭和41年度まで予備調査、昭和42年度から昭和43年度にかけ実施調査、昭和44年度から工事用道路を中心に建設に着手し現在に致っている。

建設省土木研究所ダム水工研究室（旧篠崎試験所）では、昭和47年度から、九州地方建設局の依頼により、川辺川ダムの洪水吐き計画について検討を進めてきたが、その間長期にわたるため、ダム本体形状、放流条件等に変遷があった。まず、ダム本体形状については全標高通してアーチ形状とするアーチ案と標高210メートル以下のプラグコンクリートの上にアーチ形状をのせるプラグ式アーチ案の2案が考えられていたが、プラグ式アーチ案については、構造的な面からは、応力的に未解決の部分が多い事や、岩盤とコンクリートの弾性係数及びポアソン比等の違いによる問題点（応力集中等）が、また、水理的な面からは、プラグ内に放流管の設置が必要となるが、その技術的対応が難しい事や、越流部からの落下水脈がプラグに当たってしまう事等、様々な問題点が指摘され、最終的にはアーチ案を採用することになった。

放流条件に関しては、従来、100年確率洪水である $3,810\text{ m}^3/\text{s}$ の2割増しである $4,570\text{ m}^3/\text{s}$ （200年確率洪水相当）を洪水吐きの設計対象流量としていたが、昭和51年に河川管理施設等構造令が施行され、その主旨に従い比流量曲線（地域係数は56）より算出されるダム設計洪水流量（ $5,160\text{ m}^3/\text{s}$ ）を洪水吐きの設計対象流量とすることにした。

第2節 水理実験の経緯

ダム水工研究室で実施した各年度ごとの水理模型実験の概要は次のとおりである。なお、設計数値は原設計によるものであり、実験の過程で変更されている場合がある

【昭和47年度】

ダムおよび貯水池の計画から、川辺川ダム洪水吐きの水理設計および水理実験に対する問題を明らかにするため、ダム現地調査を実施し水理設計方針に検討を加えた。

【昭和48年度】

原設計案NO.1（下記参照）に基づく全体水理模型実験を行い越流部、放流管、減勢工形状等について調査した。

原設計案 NO.1	
ダム形式	アーチ式（暫定案）
常時満水位	EL. 280.0 m
サーチャージ水位	EL. 280.0 m
制限水位	EL. 253.2 m
制限水位での必要放流量	750 m ³ /s
洪水吐の設計対象流量	457 m ³ /s
放流管中心標高	EL. 220.0 m
放流管断面	4.0m × 4.0m × 2条
越流部形式	中央越流型
敷高	EL. 270.5 m
断面	12.0m × 9.5m × 5門

【昭和49年度】

49年度は、全体水理模型実験、越流部抽出模型実験および放流管抽出模型実験および放流管抽出模型実験の3つを実施した。

◎全体水理模型実験

原設計案NO.2（下記参照）に基づく全体水理模型実験であるが、洪水吐きについては、NO.1の場合と同様でありダム軸の移動に伴ない下流河道との関係が変化したため主に減勢工の規模、形状について調査を実施した。

原設計案 NO.2	
ダム形式	アーチ式（最終案）
常時満水位	EL. 280.0 m
サーチャージ水位	EL. 280.0 m
制限水位	EL. 252.2 m
制限水位での必要放流量	800 m ³ /s
洪水吐きの設計対象流量	4,570 m ³ /s

◎越流部抽出模型実験

中央越流型洪水吐きの越流面形状について調査した。

◎放流管抽出模型実験（円形放流管）

ダム堤体内に設置する放流管に円形放流管を採用し、その水理特性等について詳細な実験を実施した。

【昭和50年度】

プラグ内に設置する放流管の経済的な設計法および副ダム減勢工の調査、検討を行った。

【昭和51年度】

ダム本体形状についてプラグ案が検討され、それに沿って全体水理模型実験および放流管の抽出模型実験を行った。

◎全体水理模型実験

プラグ案による新たな洪水吐きの検討を行い、概略設計による予備的な流況比較調査を実施した。

◎放流管抽出模型実験（角形放流管）

プラグ内に設置する放流管について水理設計を実施し、管内圧力等について調査を実施した。

【昭和52年度】

昭和51年度までの調査結果を「川辺川ダム水理模型実験報告書（中間報告）」（土研資料1385号）としてまとめた。

【昭和53年度】

アーチ案が採用される事になり、洪水吐きの適正形状の再検討を行うため新たに実験用の全体模型（縮尺1/50）を製作した。

【昭和54年度】

自由落下式減勢工に関する合理的設計法の調査のため、水理的基礎資料を得る目的で減勢工水叩き面の圧力分布と減勢工内の水位について実験を行った。（土木技術資料 vol. 21, NO.6およびNO.12参照）

【昭和55年度】

最終設計案（下記参照）における洪水吐きの最適形状、配置を決めるため全体水理模型実験および放流管抽出模型実験を行った。

最終設計案	
ダム型式	アーチ式
常時満水位	EL. 280.0 m
サーチャージ水位	EL. 280.0 m
設計洪水水位	EL. 281.0 m
第一期制限水位	EL. 252.2 m
第二期 "	EL. 264.5 m
計画最大放流量	800 m ³ /s
計画高水流量	3,520 m ³ /s
ダム設計洪水流量	5,160 m ³ /s

【昭和56年度】

昭和55年度までの検討結果に基づき洪水吐きの最終案形状について、さらに細部の検討を行うと共に下流河道の流況を調査するため模型を改造し、全体水理模型実験を実施した。

昭和51年度以前の実験内容および結果については「川辺川ダム水理模型報告書（中間報告書）」（土研資料 1385 号）に詳しくまとめられており、本報告書では、最終案形状及びそれに致った経緯を中心にまとめることとし、そのために必要な範囲において中間報告書の内容を引用するにとどめるものとする。

特にプラグ案における洪水吐きの検討等については、中間報告書を参照のこと。

第4章 自由落下式減勢工の水理機能の研究

第4章 自由落下式減勢工の水理機能の研究

第1節 研究目的

川辺川ダムでは、中央越流式洪水吐きが計画されている。このタイプの洪水吐きは水脈の落下点に作用する動水圧で水叩き面が損傷せぬよう配慮する必要がある。通常は、副ダムで落下点の水位を上げ、池内の拡散を利用して水脈の勢いを減じる方法がとられる。この形式の減勢工を“自由落下式減勢工”と呼ぶ。

本研究の目的は、落下水脈の特性及び減勢工水深と動水圧分布との関係を明らかにして自由落下式減勢工の設計指針を提示することにある。

第2節 研究の概要

減勢工内の流況は、下流水深の大小によって大きく変わる（図4-1参照）。すなわち、下流水深がある限界の値より小さい場合には、水脈落下点下流に露出射流が生じる。この場合、落下水脈の減勢は、落下水脈により堰げられて堤体と水脈の間に生じる池内での拡散のみによるため、衝突流速が大きく水叩き面に作用する動水圧も狭い範囲に集中する。この種の流れをA型と呼ぶことにする。これに対して、下流水深がある限界の値より大きくなると露出射流が消えて、潜り跳水となる。この場合には、落下水脈のエネルギーが下流側にも拡散し、また拡散する距離も大きいのでA型に比べて水叩き面に作用する最大動水圧が減少する。この流況をB型と呼ぶことにする。

さて、A型では、水叩き面の狭い範囲に動水圧が集中し、しかもエネルギーが十分減殺されないのが好ましくない。従って設計対象流量以下のすべての流量に対して、B型の流況になるように減勢工を設計すべきである。

本研究では、まずモデル化および理論解析により、A型とB型の境界を与える下流の水深（ h_{cr} ）、B型での下流水位と減勢工内水位および時間平均動水圧分布を求めるための計算式を導き、次に基礎実験によりその妥当性を検証した。

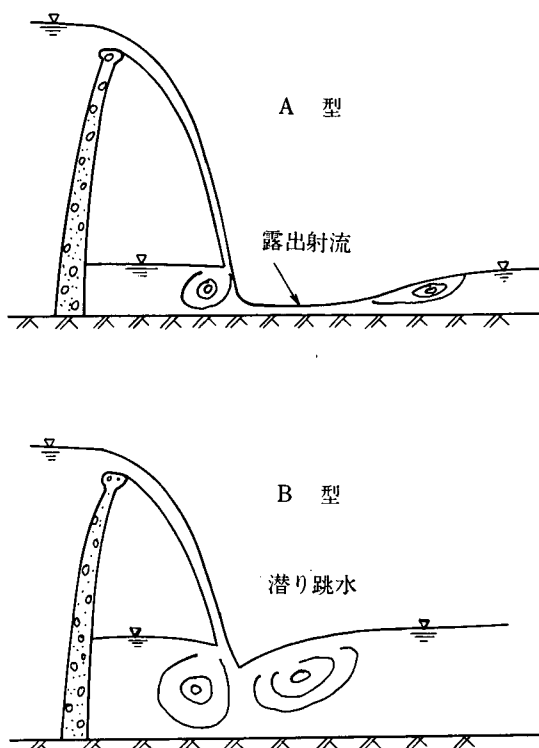


図4-1 下流水深の大小による流況の変化

第3節 A型の流れの解析

3-1 A型の流況

A型の流況を図4-2に示す。自由落下した水脈(①)は、落下水脈と堤体の間に形成される池内の水を連行しながら減速(②)した後、水叩き面に衝突して上流下流にわかれる(③)。下流方向の流れは、露出射流となる(④)。上流方向への流れは潜流となるが(⑤)、堤体と落下水脈により回流を生じる(⑥)。落下水脈の裏側に形成される池の水位は、この強い潜流と弱い回流によって維持されている。

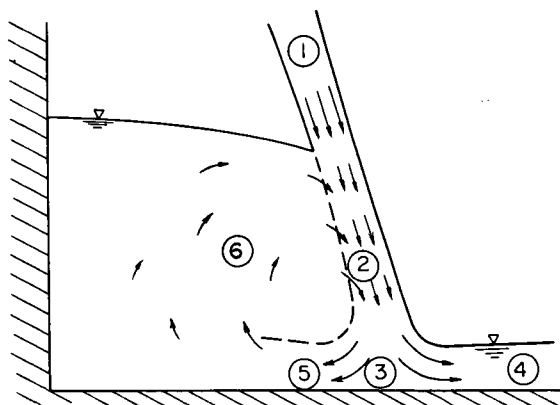


図4-2 A型の流況説明図

3-2 A型流れのモデル化

水理現象をモデル化するひとつの方法として、すでに研究されている単純な現象の組み合わせとして表わす方法が挙げられる。

本研究では、図4-2の①から②に到る運動量拡散の過程と③～④、⑤に到る水脈の衝突過程を抜きだし、それぞれの類似現象に関する研究から得られている知見をそのまま用いることにする。そこで次のような仮定をおいて解析を行うことにした。

- i) 落下水脈の裏側に形成される池の水と接触した後の落下水脈は二次元理想噴流(の半分)と同じ性質を持つ。
- ii) 水叩き面に衝突する直前と直後で運動エネルギーが保存される。
- iii) 落下水脈裏側の池内の水深は一定と見なせる。

3-3 A型の流れと限界下流水深の解析

各水量を以下の記号で表す。(図4-3参照)。

- q_0 ; 単位幅あたりの放流量
- v_0 ; 水面に衝突する直前の水脈の流速
- d_0 ; 水面に衝突する直前の水脈の厚さ
- θ_0 ; 水脈の突入角度
- h_0 ; 落下水脈裏側の水深
- θ_1 ; 水脈が水叩き面に衝突する角度
- v_1 ; 露出射流の流速
- d_1 ; 露出射流の厚さ
- q_s ; 潜流の単位幅あたりの流量
- v_s ; 潜流の流速
- d_s ; 潜流の厚さ
- P ; 水脈に働く横方向の圧力の合力
- M_e ; 連行により噴流に持ちこまれる横方向の運動量

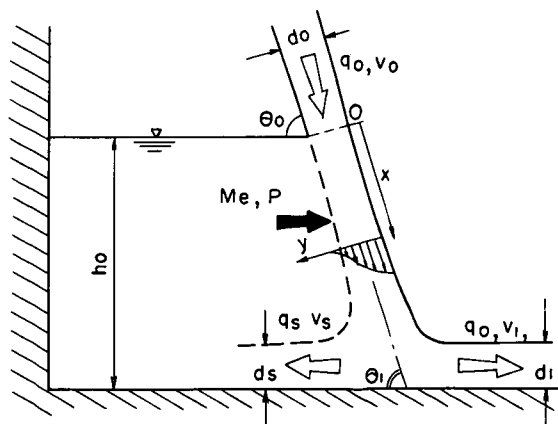


図4-3 A型流れの記号説明図

M_e ; 連行により噴流に持ちこまれる横方向の運動量

水脈が水面に突入する点を原点として水脈に沿って x 座標をとり、これと直角に水脈下流面を基準

に y 座標をとる。

これらの量を速度に関しては v_0 で、長さに関しては d_0 で無次元化し、無次元量を' をつけて表わす。例えば、

$$v'_1 = v_1 / v_0, \quad h'_0 = h_0 / d_0, \quad q'_s = q_s / (v_0 d_0), \quad p' = p / (\rho v_0^2 d_0), \\ M'_e = M_e / (\rho \cdot v_0^2 \cdot d_0) \dots\dots$$

まず運動量関係を整理する。基準断面のとりかたは任意であるが、前節の仮定との関係で図 4-4 のようにとると都合がよい。その結果次式を得る。

$$\textcircled{1} \quad \cos \theta_1 - \cos \theta_0 = M'_e + p' \dots\dots\dots (4-1)$$

$$\textcircled{2} \quad M'_e - (-q'_s v'_s) = \frac{1}{2F_0^2} h_0'^2 - p' \dots (4-2)$$

$$\textcircled{3} \quad v'_1 - \cos \theta_0 = \frac{1}{2F_0^2} \dots\dots\dots (4-3)$$

ここに、 $F_0 = v_0 / \sqrt{g d_0}$ である。ただし、射流のフルード数は極めて大きいと予想されるので、(4-3) 式では射流部の合圧力を無視している。

次に先の仮定に基づいて式中の各変数の関係を求めてゆく。

理想噴流では流れの中心は直線であるが、ここで扱う水脈は側方圧によって方向が多少変化すると考えられる。すなわち x 軸は湾曲する。しかしその程度はわずかであると思われるので、ここでは x 軸をそのまま理想噴流の中心線におきかえることにする。

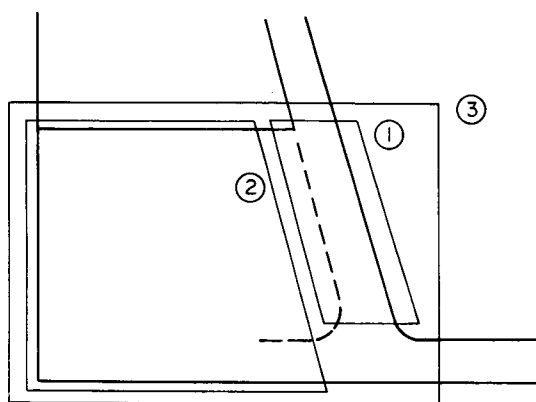


図 4-4 A 型流れの運動量の基準断面

Albertson ら[※]によれば、二次元理想噴流の速度分布は次式で表わされる。

コア領域 ($0.096x' < 1$)

$$v' = \exp \left\{ -42.3 \left(0.096 + \frac{y'-1}{x'} \right)^2 \right\} \quad (1 - y' \leq 0.096 x')$$

$$v' = 1 \quad (1 - y' > 0.096 x')$$

..... (4-4)

相似領域 ($0.096 x' > 1$)

$$v' = v'_m \exp \left\{ -42.3 \left(\frac{y'}{x'} \right)^2 \right\}, \quad v'_m = 3.227 \sqrt{\frac{1}{x'}}$$

上式から噴流についての諸量を x' の関数として表わすことができる。式が相当繁雑になるので、ここでは相似領域のみについて記す。まず連行にともなう運動量は、

$$M_e = \int_0^{x'} \left\{ \frac{d}{dx'} \left(\int_0^\infty v' dy' \right) \right\} dx' = 0.04836 \ln x' - 0.09646 \dots\dots (4-5)$$

※Chen, YH., et al.: Mathematical Modeling of Sediment Deposition in Reservoirs, J. of Hydro. Div., ASCE, Hy12, December, 1978, pp. 1605 ~ 1616

Albertson, M. L., et al.: Diffusion of Submerged Jets, Transactions of ASCE, Vol. 115, Paper No. 2409, 1950, pp. 639 ~ 697

また分岐する潜流の量は,

$$q'_s = \int_0^\infty v' dy' - 1 = 0.04397\sqrt{x'} - 1 \quad \dots\dots (4-6)$$

分岐する流線の位置 y'_0 は

$$\int_0^{y'_0} v' dy' = 1 \quad \dots\dots (4-7)$$

から逆算して

$$y'_0 = 0.1087 x'^{-1} \{ 1.1371\sqrt{x'} + 0.5 \} \quad \dots\dots (4-8)$$

ここに $\phi^{-1} \{ \}$ は $\phi(\eta) = \int_{-\infty}^{\eta} \exp(-t^2/2) dt / \sqrt{2\pi}$ の逆関数である。これから下流に向う流れの運動エネルギーは, (図4-5参照)

$$E'_1 = \int_0^{y'_0} \frac{v'^3}{2} dy = \frac{2.644}{\sqrt{x'}} [\phi \{ 1.732 \phi^{-1} (1.1371\sqrt{x'} + 0.5) \} - 0.5] \quad \dots\dots (4-9)$$

分岐する潜流の運動エネルギーは

$$E'_s = \int_{y'_0}^\infty \frac{v'^3}{2} dy' = 1.322 / \sqrt{x'} - E'_1 \quad \dots\dots (4-10)$$

x' は近似的に

$$x' = \frac{h_0}{(\sin \frac{\theta_0 + \theta_1}{2})} \quad \dots\dots (4-11)$$

また, 仮定 ii) により各水脈で運動エネルギーが保存されるとすれば, 次の関係式を得る。

$$v'_1 = \sqrt{2E'_1} \quad \dots\dots (4-12)$$

$$v'_s = \sqrt{2E'_s q'_s} \quad \dots\dots (4-13)$$

以上, 式がかなり繁雑になったが, 式中の独立変数は F (突入点での落下水脈のフルード数) と θ_0 (突入点での水脈の落下角度) であり, 他の変数を計算によって求めることになる。

ただし, F と θ_0 が完全な独立変数でなく h_0 によってわずかに変化するので, 出力された数値を使って F と θ_0 を以下のように再度入力し直す必要が生じる。

減勢池が空だとした場合に水脈が水叩き面に衝突する速度を v_{00} , 厚さを d_{00} , 角度を θ_{00} , フルード数を F_{00} とすると, 水脈が h_0 の水面に衝突する時の角度 θ_0 とフルード数 F_0 は,

$$\theta_0 = \tan^{-1} \left(\tan \theta_{00} - \frac{\xi}{F_{00}^2 \cos^2 \theta_0} \right) \quad \dots\dots (4-14)$$

$$F_0 = v'^{3/2} F_{00} \quad \dots\dots (4-15)$$

ただし,

$$\xi = \frac{b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad a = \frac{1}{2 F_{00}^2 \cos^2 \theta_{00}}, \quad b = \tan \theta_0, \quad c = h_0 / d_{00}$$

$$v'' = \left(\sin \theta_{00} - \frac{\tau}{F_{00}^2} \right) \sin \theta_0, \quad \tau = \xi / \cos \theta_{00}$$

得られた無次元露出射流速度 v'_1 から射流のフルード数 F_1 が求まる。

$$F_1 = F v_1'^{3/2} \quad \dots\dots (4-16)$$

A型とB型を分ける下流水深 h_{cr} は, 露出射流水深 d_1 の対応水深として次式から求まる。

$$h_{cr} = \frac{d_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1) \quad \dots\dots (4-17)$$

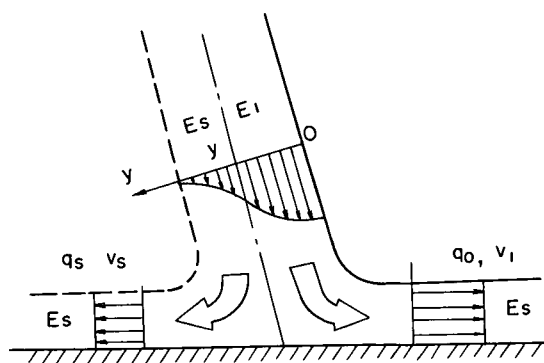


図4-5 運動エネルギー保存式の説明図

以上の式はいずれも強い非線形であるので試算の順序に工夫を要するが、図4-6に示す手順で計算すると安定した解が得られる。図中の“ $\sim$ ”はその量の仮定値であることを意味する。

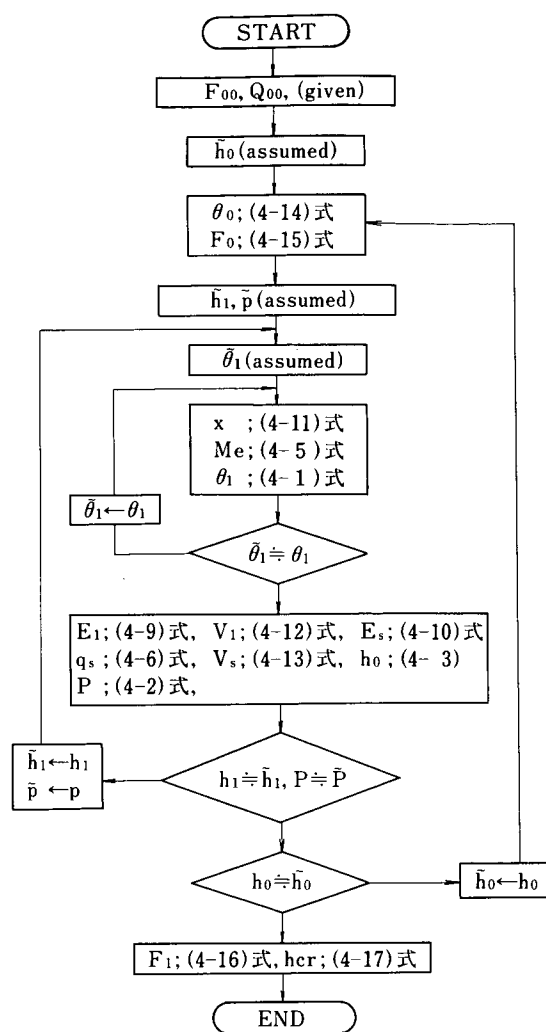


図4-6 A型の流れおよび下流限界水深の計算手順

第4節 B型の流れの解析

4-1 B型の流況およびモデル化

B型の流況を図4-7に示す。自由落下した水脈(①)は上流及び下流から水を連行しながら減速(②)した後、水叩き面に衝突して上流下流にわかれる(③)。分岐した流れは潜流となり(④, ⑤), 回流, (⑥, ⑦)を生じる。下流側の潜流の一部は下流に流れる(⑧)。

A型と同様に, ①から②に到る運動量拡散過程を二次元噴流で近似し, ③から④, ⑤に到る衝突過程では各流管毎の運動エネルギーの保存を仮定して解析する。

4-2 B型の流れの解析

各水理量を以下の記号で表わす。(図4-8参照)

ここで,

q_0 : 単位幅あたりの放流量

v_0 : 水面に衝突する直前の水脈の流速

d_0 : 水面に衝突する直前の水脈の厚さ

θ_0 : 水脈の突入角度

v_1 : 下流側潜流の流速

q_1 : 下流側潜流の単位幅当り流量

v_s : 上流側潜流の流速

q_s : 上流側潜流の単位幅当り流量

h_0 : 落下水脈裏側の水深

h_1 : 潜り跳水部に水脈が突入する位置での水深

h_2 : 下流側の水深

v_2 : 下流の流速

P : 噴流部に横方向に働く圧力成分の合力

M_{e1} : 上流側からの連行に伴う運動量

M_{e2} : 下流側からの連行に伴う運動量

E_1 : 衝突後下流に向う流管の運動エネルギー

E_2 : 衝突後上流に向う流管の運動エネルギー

各水理量の速度に関しては v_0 で, 長さに関しては d_0 で無次元化し, 無次元量を'をつけて表わす。例えば, $v'_1 = v_1/v_0$, $h'_0 = h_0/d_0$, $q'_s = q_s/(v_0 d_0)$, $M'_{e1} = M_{e1}/(\rho \cdot v_0^2 \cdot d_0)$, $E'_1 = E_1/(\rho v_0^3 d_0)$ ……。以下では無次元化された式を使う。

まず運動量の釣り合いを考えると, 以下の式を得る。

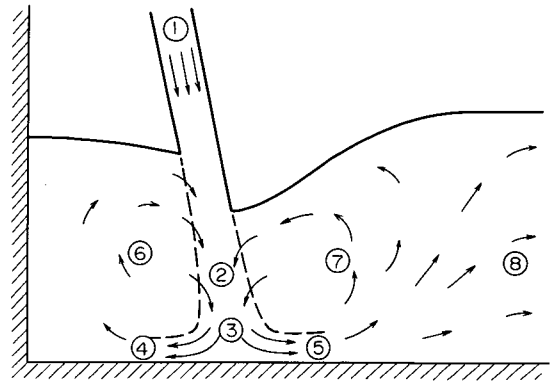


図4-7 B型の流路説明図

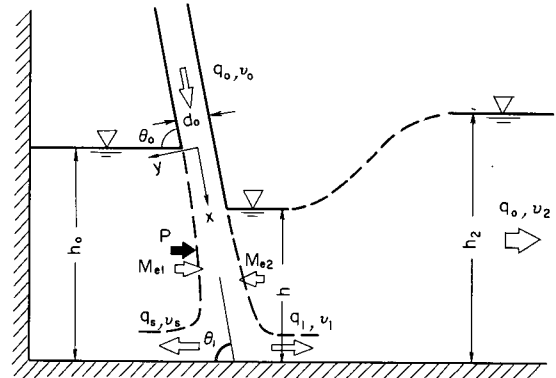


図4-8 B型流れの記号説明図

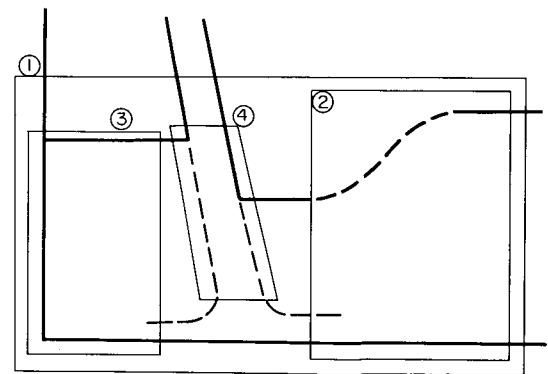


図4-9 B型流れの運動量の基準断面

$$\textcircled{1} \quad h_0' = \sqrt{\left\{ \left(\frac{F_2}{F_0} \right)^{2/3} - \cos \theta_0 \right\} 2F_0^2 + \left(\frac{F_0}{F_2} \right)^{4/3}} \quad \dots\dots (4-18)$$

$$\textcircled{2} \quad h_1' = \sqrt{\left\{ \left(\frac{F_2}{F_0} \right)^{2/3} - q_1' v_1' - M_{e2}' \right\} \cdot 2F_0^2 + \left(\frac{F_0}{F_2} \right)^{4/3}} \quad \dots\dots (4-19)$$

$$\textcircled{3} \quad P' = \frac{1}{2F_0^2} (h_0'^2 - h_1'^2) - M_{e1}' - q_s' v_s' \quad \dots\dots (4-20)$$

$$\textcircled{4} \quad \theta_1 = \cos^{-1} \{ \cos \theta_0 + M_{e1}' - M_{e2}' + P' \} \quad \dots\dots (4-21)$$

ここに F_0, F_2 はそれぞれ落下水脈及び下流のフルード数である。

上, 下流に分岐する水脈の運動エネルギーがそれぞれ保存されると仮定する。

$$v_1' = \sqrt{2E_1'/q_1'} \quad \dots\dots (4-22)$$

$$v_s' = \sqrt{2E_s'/q_s'} \quad \dots\dots (4-23)$$

(4-18) ~ (4-23) 式の右辺に含まれる変数のうち, F_0, F_2, θ_0 は独立変数として与えられる。その他は噴流部に関する量であり, 噴流の速度分布がわかれば決定される。噴流の式は前出の (4-4) 式を用いる。

さて, (4-4) 式は左右対称の流れである。しかし本節で扱おうとしている流れは水面位置が水脈の上流と下流で異なるため, 噴流は左右非対称となるはずである。

非対称噴流の速度分布については今のところ十分な知見は得られていない。しかし次に示すように上, 下流の水位差が水脈幅の10倍を越えない場合には, 対称噴流の結果からほぼ推定できる。

ポテンシャルコアが残っているうちは左右の混合は独立であると考えられる。したがって速度分布は (4-4) 式を変形した次式で表わされる。ただし座標は図4-10のようにとってある。

$$v' = \exp \left\{ -42.3 \left(\frac{y' - y_2'}{x' - \Delta x'} + 0.096 \right)^2 \right\}$$

$$(y' \geq y_2' - 0.096)$$

$$v' = 1$$

$$(-y_1' + 0.096 < y' < y_2' - 0.096)$$

$$v' = \exp \left\{ -42.3 \left(\frac{y' + y_1'}{x'} - 0.096 \right)^2 \right\}$$

$$(y' < -y_1' + 0.096)$$

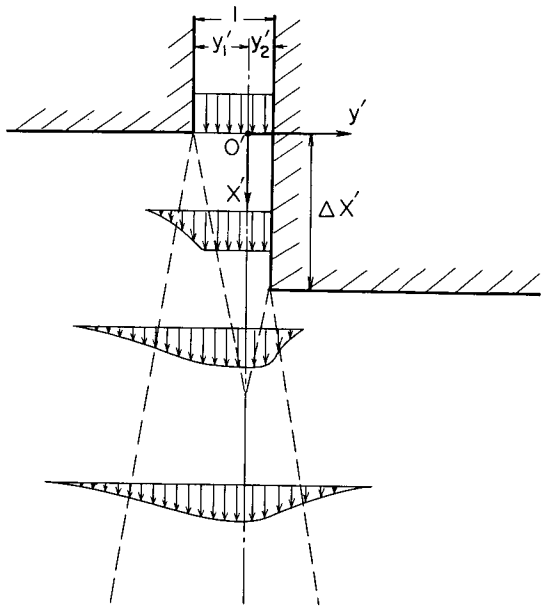


図4-10 非対称噴流の速度分布
..... (4-24)

ここに, $\Delta x'$ は左右の噴出位置のずれ, $y_1' = 0.5 + 0.048 \Delta x'$, $y_2' = 0.5 - 0.048 \Delta x'$ である。

ポテンシャルコアが消滅する断面の速度分布は次式で表わされる。

$$v' = \begin{cases} \exp \left\{ -42.3 \left(\frac{y'}{x' - \Delta x'} \right)^2 \right\} & (y' \geq 0) \\ \exp \left\{ -42.3 \left(\frac{y'}{x'} \right)^2 \right\} & (y' < 0) \end{cases} \quad \dots\dots (4-25)$$

$y' = 0$ で $dv'/dy' = 0$ であるから、この線を横切る運動量の輸送はほとんど無いと考えてよいであろう。したがってこの線を境にして左右の拡散過程を独立とみなしても大きな間違いは無いと思われる。そこでそれぞれの速度分布が (4-4) 式と相似形であると仮定し、全体の運動量が保存されかつコア領域の速度分布に接続するように係数を決めると次式を得る。

$$v' = \begin{cases} e_m \exp \left\{ -42.3 \left(\frac{y'}{x' - \Delta x'} \right)^2 \right\} & (y' \geq 0) \\ v_m \exp \left\{ -42.3 \left(\frac{y'}{x'} \right)^2 \right\} & (y' < 0) \end{cases} \quad \dots\dots (4-26)$$

ただし、 $v_m = \frac{3.227}{\sqrt{2x' - \Delta x'}}$ である。(4-24), (4-26) 式を用いて計算すると、(4-18)~(4-23) 式の右辺に含まれる未知量を x' と $\Delta x'$ のみの関数として表わすことができる。完全乱流域 ($2x' - \Delta x' > 10.42$) についての結果のみ記すと、連行に伴う運動量は、

$$\begin{aligned} M'_{e1} &= \int_0^{x'} \left\{ \frac{d}{dx'} \left(\int_0^\infty v' dy' \right) \right\}^2 dx' \\ &= 0.01208 \left(2.6 \ln X + \frac{4\Delta x'}{X} - \frac{\Delta x'^2}{X^2} - 3.988 - 0.3170 \Delta x' + 0.009217 \Delta x'^2 \right) \end{aligned} \quad \dots\dots (4-27)$$

$$\begin{aligned} M'_{e2} &= \int_0^{x'} \left\{ \frac{d}{dx'} \left(\int_{-\infty}^0 v' dy' \right) \right\}^2 dx' \\ &= 0.01208 \left(2 \cdot \ln X - \frac{4\Delta x'}{X} - \frac{\Delta x'^2}{X^2} - 3.988 + 0.3170 \Delta x' + 0.009217 \Delta x'^2 \right) \end{aligned} \quad \dots\dots (4-28)$$

ただし、 $X = 2x' - \Delta x'$ である。分岐する潜流の流量は、それぞれ

$$q'_1 = \int_0^\infty v' dy' + y'_1 = 0.4397 \frac{x' - \Delta x'}{\sqrt{2x' - \Delta x'}} + 0.5 + 0.048 \Delta x' \quad \dots\dots (4-29)$$

$$q'_2 = \int_{-\infty}^0 v' dy' - y'_1 = 0.4397 - \frac{x'}{\sqrt{2x' - \Delta x'}} - 0.5 - 0.048 \Delta x' \quad \dots\dots (4-30)$$

この流量から逆算して分岐流線の位置 y'_0 が求まる。すなわち、

$$\int_0^{y'_0} v' dy' = 0.5 + 0.048 \Delta x' \quad \dots\dots (4-31)$$

から次式が導かれる。

$$y'_0 = \frac{x'}{9.198} \phi^{-1} \left\{ \frac{(0.5 + 0.048 \Delta x') \sqrt{2x' - \Delta x'}}{0.8794 (x' - \Delta x')} + 0.5 \right\} \quad \dots\dots (4-32)$$

ここに $\phi^{-1} \{ \}$ は $\phi(\eta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\eta} \exp(-t^2/2) dt$ の逆関数である。分岐する潜流の運動エネルギーは次のように導かれる。

$$E'_2 = \int_{-\infty}^{y'_0} \frac{v'^3}{2} dy' = 2.664 \frac{x}{(2x' - \Delta x')^{3/2}} \{ \phi(15.93 y'_0 / x') - 0.5 \} \quad \dots\dots (4-33)$$

$$E'_1 = \int_{y'_0}^{\infty} \frac{v'^3}{2} dy' = \frac{1.332}{\sqrt{2x' - \Delta x'}} - E'_2 \quad \dots\dots (4-34)$$

x' と $\Delta x'$ は近似的に次のように表わされる。

$$x' = \frac{h'_0}{\sin(\frac{\theta_0 + \theta_1}{2})} \dots\dots (4-35)$$

$$\Delta x' = \frac{h'_0 - h'_1}{\sin(\frac{\theta_0 + \theta_1}{2})} \dots\dots (4-36)$$

以上の式を連立すれば減勢工内水深その他の水量を求められる。計算手順を図4-11に示す。

(3) 水叩き面上の動水圧分布

水叩き面上の動水圧分布は、実験での検討より Gauss分布で近似できることが解った。そこで次のようにおく。

$$h' = \frac{h}{v_0^2/2g} = \alpha \exp\left\{-\frac{(\beta\xi)^2}{2}\right\},$$

$$\xi = (Y - Y_0)/X \dots\dots (4-37)$$

ここに h = 動水圧水頭, Y = 水叩き面に沿った下流向きの座標, Y_0 = 最大圧力水頭の生じる位置であり, α と β を算定できれば動水圧分布が求まる。

鉛直方向の力の釣り合いから,

$$\int_{-\infty}^{\infty} h dY = v_0^2 d_0 \sin \theta_1 / g$$

これより

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{2 \sin \theta_1}{\sqrt{2\pi} (2x' - \Delta x')} \dots\dots (4-38)$$

衝突する水脈の最大流速 v_m に対応する水頭が最大動水圧水頭に等しいと仮定すると

$$\frac{v_m^2}{2g} = \alpha \cdot \frac{v_0^2}{2g} \dots\dots (4-39)$$

(4-26) 式を用いると, α , β は次のように表わされる。

$$\alpha = \frac{10.42}{2x' - \Delta x'}, \quad \beta = \frac{13.06}{\sin \theta_1} \dots\dots (4-40)$$

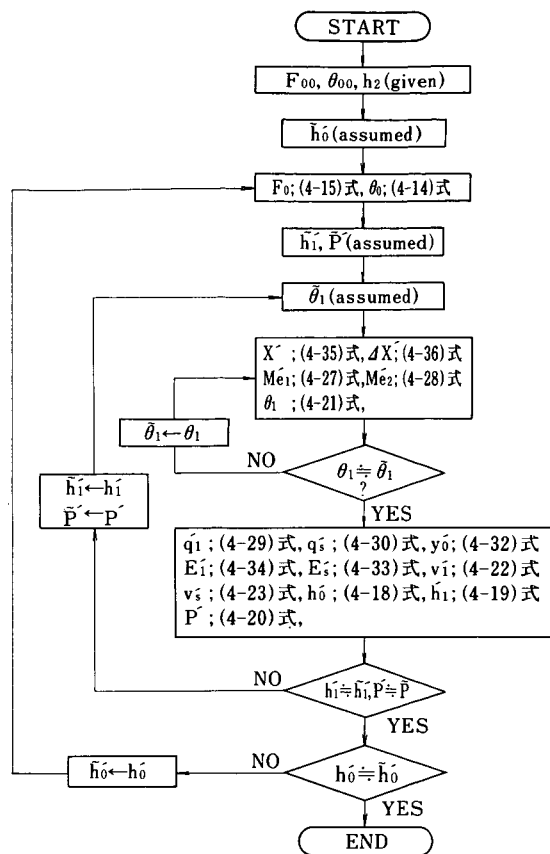


図4-11 B型流れの計算手順

第5節 計算プログラム

第3節および第4節で行った計算のプログラムを別表4-1に示す。プログラムはFORTRANで書かれている。

なお、本プログラムは次の条件で組まれている。

- 1) 入力データは水叩き面に衝突する水脈のフルード数 ($F0$)、下流部のフルード数 ($F2$)、水脈の水叩き面への衝突角度 (TH) の3つである。ただし

$$F0 = \frac{v_{00}}{\sqrt{g d_{00}}}, \quad F2 = \frac{v_{00}}{\sqrt{g}} \frac{d_{00}}{h_2^{3/2}}$$

であり、ここで h_2 は下流水深。

- 2) 下流水深と限界下流水深を比較してA型、B型を判断し、いずれの流れについても計算する。
3) 出力データは $F0$ 、 $F2$ 、 TH のほか、次の6つの無次元量である。

- $H2$ ……下流水深, (h_2/d_{00})
- HC ……限界下流水深, (h_{cr}/d_{00})
- $H0$ ……上流側水深, (h_0/d_{00})
- $H1$ ……突入部水深, (h_1/d_{00})、B型のみ出力する。
- AA ……圧力分布関数の α , ($\alpha/\frac{v_{00}^2}{2g}$)
- BB ……圧力分布関数の β , (β/d_{00})

ただし d_{00} 、 v_{00} は水叩き面への衝突時の水脈の厚さ、および流速である。

第6節 二次元基礎実験

6-1 実験模型および方法

実験模型は川辺川ダム洪水吐き形状をもとに形状を単純化した二次元模型を用いた。縮尺は1/50である。図4-12に模型形状を示す。実験条件を表4-1に示す。水面形測定はポイントゲージで行い、圧力測定はピエゾ管と垂直マンノメーターを用いた。

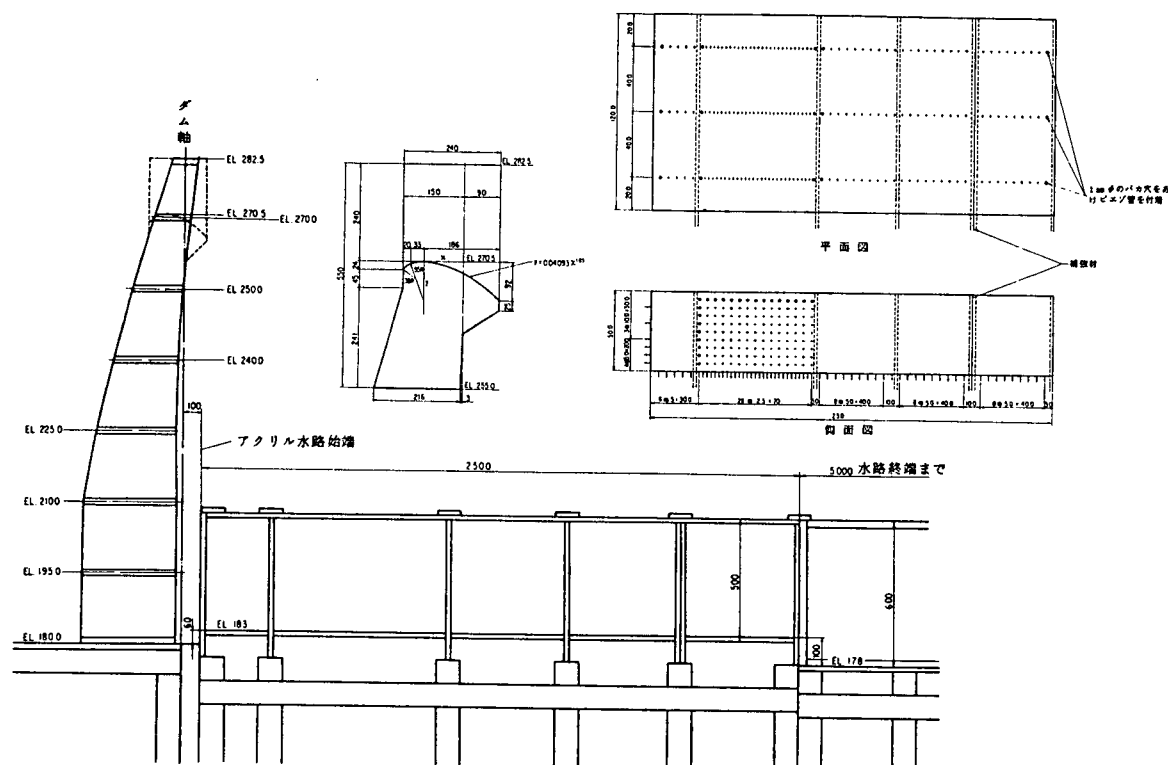


図4-12 自由落下式減勢工二次元基礎実験模型図

表4-1 自由落下式減勢工二次元基礎実験
の実験条件

$h_2 \backslash Q$	75 (l/s)	125 (l/s)
h c r	case 1	case 5
30 cm	case 2	case 6
40 cm	case 3	case 7
50 cm	case 4	case 8

6-2 実験結果

(1) 下流限界水深および落水脈裏側水深

下流限界水深 (h_{cr}), 落水脈裏側水深 (h_o) の測定値を図4-13に示す。図中の曲線は理論値である。この水位差は落水脈の運動量の水平方向成分の大きさ ($\rho q_o v_o \cos \theta_o$) に依存することから, 落水脈の計算に多少問題があるものと思われる。すなわちエネルギー損失を無視して v_o を計算しているので, 実際より過大に算定している恐れがある。また飛び出し点で越流面に沿って飛び出すと仮定しているが, 実際にはそれより若干大きな角度で飛び出すことが知られており, $\cos \theta_o$ を過大に算定している恐れもある。したがってさらに精度を向上させるには水脈の落下軌跡について検討する必要がある。しかし図4-13での誤差はせいぜい1割程度であるし, 安全側でもあるので, 工学上はそれほど問題にならないものと思われる。

(2) 図4-14に底面圧力分布の測定値と理論値の例を示す。図中の曲線が理論値であり, CASE 1のみA型流れで他はB型流れである。この図より本計算法がかなり妥当性を有していることがわかる。

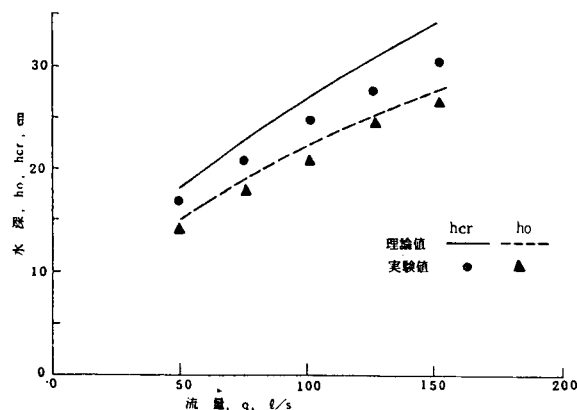


図4-13 下流限界水深, 落水脈裏側水深の理論値との比較

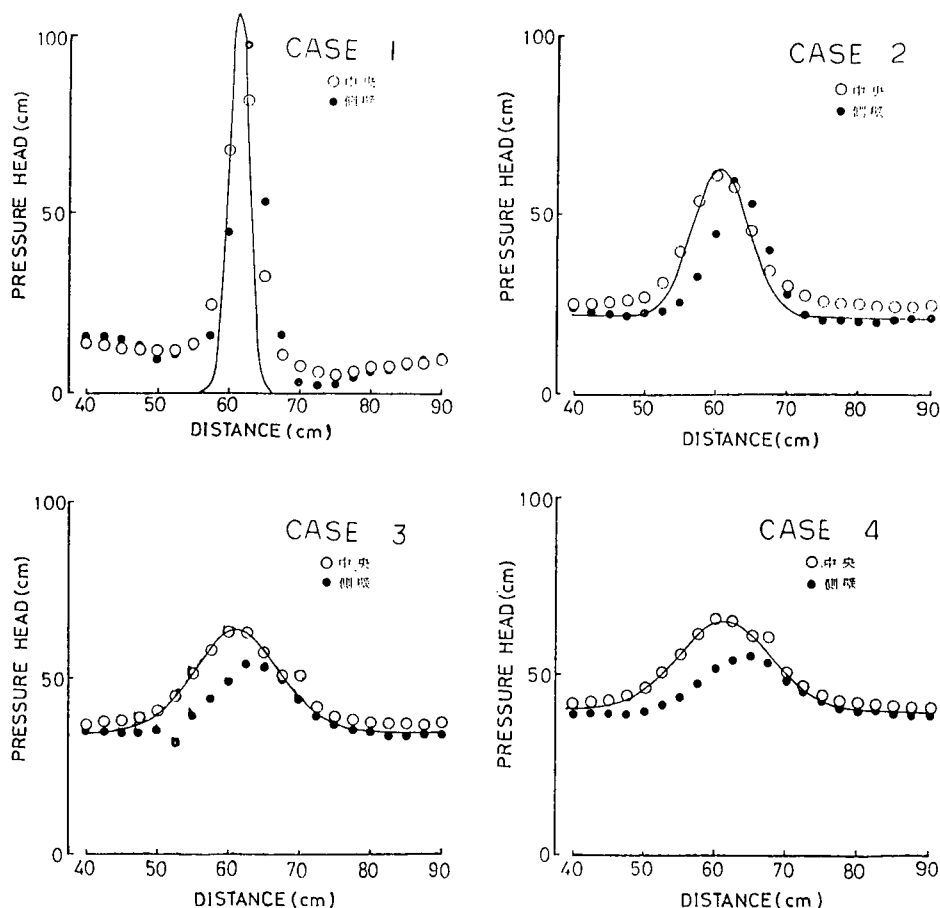


図4-14 底面圧力分布の理論値との比較

第5章 洪水吐きの水理設計

第5章 洪水吐きの水理設計

第1節 洪水吐き設計の考え方

川辺川ダムの堤体および河道の形状は図1-2に示すとおりである。川辺川ダムの洪水吐きは放流管、越流頂および減勢工より構成され、洪水調節計画、堤体並びに基礎地盤の安全および河道の従前機能の維持の条件を満足させ、さらに堤体構造の制約条件にも留意して設計された。

第2節 放流管の設計

2-1 設計条件

放流管の設計条件は次のとおりである。

1. 放流管は主に洪水調節に用いる。
2. 第1期制限水位 EL. 252.2m で計画最大放流量 $800\text{m}^3/\text{s}$ を安定した流況で放流できること。
3. 形式は、角形フード付き全管路型放流管とする。
4. 放流管はフード部、ベルマウス部、直管部、漸縮部より成る。
5. 直管部は構造的な安定性、施工性等を考慮して円形断面とする。
6. ゲートは出口に高圧ローラゲート（垂直面）、呑口にコースタゲート（1:0.2）を設置する。
7. 同時放流時に放流水脈を越流頂からの落下水脈と減勢池水面下で衝突させ、減勢効果を増大させる配置とする。そのための管軸の勾配は 1:2 とする。

2-2 設置標高の設計

洪水調節用放流管は、計画堆砂位より若干下がった位置に呑口を設けるのが合理的とされている。これは次の理由等による。

- 1) 堤体の構造的安定上、放流管断面を出来るだけ小さくする方が有利であり、特に川辺川ダムなどアーチ式ダムにおいては重要な点である。
- 2) 水理的にも、上流水頭を充分にとり、洪水調節を開始する貯水位において、管内流況が不安定にある遷移領域に入らないようにする必要がある。これは呑口の管底より管径の約4倍程度の水深が確保される必要がある。
- 3) ダムの計画堆砂量が貯留されたとしても、実際の堆砂は貯水池上流端より進行するため、放流管が埋没することはない。

よって川辺川ダムの場合も呑口標高が計画堆砂位 (EL. 239.0 m) より 10 m 程度下がった位置になる事を想定して、出口中心標高を EL. 220.0 m とする。これによりゲートの設計水深は 61.0 m となるが、他のダムの設計例でも、川治ダムで 66 m、真名川ダムで 65 m、川俣ダムで 56 m 等が見られ妥当な値と考えられる。

2-3 出口所要断面および条数

放流量の設計条件より WL. 252.2 m で $800\text{m}^3/\text{s}$ 放流できる出口断面が必要であり、以下のように計算される。

$$A = \frac{Q}{C\sqrt{2gH}} = \frac{800}{0.9\sqrt{2 \times 9.8 \times (252.2 - 220.0)}} = 35.4\text{m}^2 \quad \dots\dots (5-1)$$

これを2条で設計すると、ゲート1門当りの全水圧が、約 1,080 ton になり高圧ローラゲートとしては国内最大級のものとなり製作が難しくなるとともに中小洪水に対して、微小開度で使用する頻度が高くなり好ましくない。また、条数を増す事により放流管全体の信頼度を向上させる事ができる。よって川辺川ダムの場合3条で設計すると、ゲート1門当りの全水圧は約 720 ton になり他のダムにおける高圧ローラゲートの設計例と比較すると図 5-1 の様になる。

1条当りの出口断面積は 11.8m^2 必要でありこれに隅取り面積分を4%程度考えると出口断面は幅 3.5 m × 高さ 3.5 m の正方形断面（実断面積 11.76m^2 ）でよいことになる。

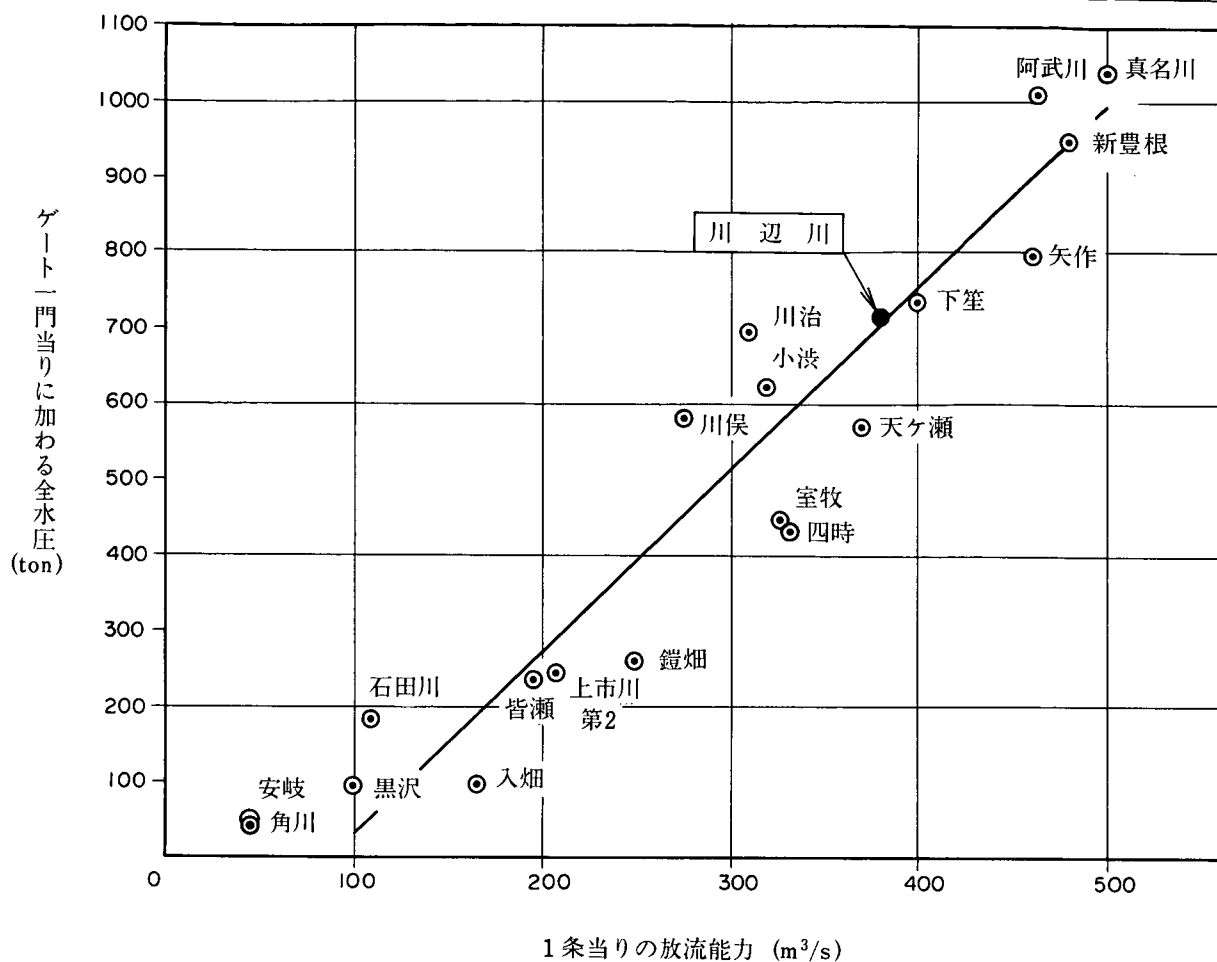


図5-1 既設ダムの放流管の放流能力とゲートに加わる全水圧
(バーチカルリフトゲートを有するダム)

2-4 ベルマウス部の形状

ベルマウスは軸対称円形ベルマウス形状とし、寸法は直管部の径を D としたとき、長軸を $0.5D$ 、短軸を $0.15D$ とし次式で表わされるだ円曲線を用いる。

$$\left(\frac{x}{0.5D}\right)^2 + \left(\frac{y}{0.15D}\right)^2 = 1 \quad \dots\dots (5-2)$$

2-5 管径および絞り度合の設計

放流管内は高速流になるため管内でのキャビテーションの発生を防止するため直管部断面に比較して出口断面を絞り込んだ形にする必要がある。また最大負圧が発生するのはベルマウス終端面である。

図5-2に示すようにベルマウス終端面をI断面、放流管出口をII断面とすると、ベルヌーイの定理より

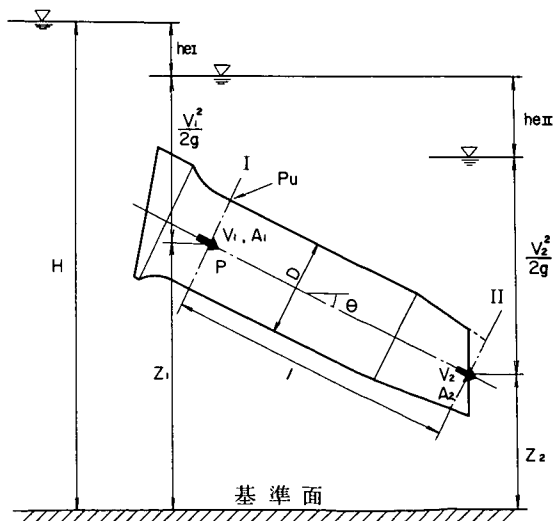


図5-2 放流管の各水頭の説明図

$$H = \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P}{W} + Z_1 + heI = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + heI + heII \quad \dots (5-3)$$

ここで、

H ; 貯水位 (EL, m)

V ; 流速 (m/s)

g ; 重力加速度 (9.8m/s²)

P ; I断面中心部圧力

W ; 水の単位体積重量

Z ; 断面の中心標高 (EL, m)

heI ; 入口損失水頭 (ベルマウス及びフード部による摩擦損失水頭を含む)

$heII$; I断面～II断面の間の摩擦損失水頭

添字 1, 2 は断面を表わす。

また各損失水頭は、

$$\left. \begin{aligned} heI &= fe \frac{V_1^2}{2g} \\ heII &= \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{V_1^2}{2g} \end{aligned} \right\} \quad \dots (5-4)$$

ここで、 fe ; 入口損失係数 (0.1)※

λ ; 摩擦損失係数 (新管 : 0.012, 旧管 : 0.024)

l ; I断面より下流部の管長 (m)

D ; 管径 (m)

また連続の式は

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = Q \quad \dots (5-5)$$

ここで、 A ; 断面積 (m²)

Q ; 流量 (m³/s)

よって絞り度合 $A_1/A_2 = a$ とすると (5-3) ~ (5-5) より

$$a^2 = \frac{(H-Z_1)(1-\frac{\lambda l}{D}) + \frac{P}{W}(fe + \frac{\lambda l}{D}) + (1+fe)(Z_1-Z_2)}{(H-Z_1) - \frac{P}{W}} \quad \dots (5-6)$$

$$\frac{P}{W} = \frac{(H-Z_1)(a^2-1 + \frac{\lambda l}{D}) - (1+fe)(Z_1-Z_2)}{a^2 + fe + \frac{\lambda l}{D}} \quad \dots (5-7)$$

$$Q = a A_2 \sqrt{\frac{2g(H-Z_2)}{a^2 + fe + \frac{\lambda l}{D}}} \quad \dots (5-8)$$

また、管内の圧力分布を静水圧分布であるとする、I断面の上面における圧力 P_u は管軸の勾きを θ とすると次式で表わされる。

$$\frac{P_u}{W} = \frac{P}{W} - \frac{D}{2} \cos \theta \quad \dots\dots (5-9)$$

前項までに設計された条件により

$$H = 239.0 \sim 281.0 \text{ m}$$

$$Z_2 = 220.0 \text{ m}$$

$$A_2 = 11.76 \text{ m}^2$$

$$\theta = 26.565^\circ$$

となる。そして直管部の管径 $D = 4.2 \text{ m}$ とすると絞り度合は

$$a = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) / A_2 = 13.854 / 11.76 = 1.178$$

となり、堤体の厚さから、フード部を除く放流管長を 15 m とすると

$$l = 15 - 0.5 \times 4.2 = 12.9 \text{ m}$$

$$Z_1 = 220 + \frac{1}{\sqrt{5}} \times 12.9 = 225.769 \text{ m}$$

これらの値を (5-7) ~ (5-8) に代入すると各貯水位ごとのゲート全開時のベルマウス終端断面での上面圧力水頭、流速および放流管の放流量は表 5-1 のとおりになる。

表 5-1 管内圧力および放流量の計算値

貯水位: H EL m	上面圧力: $\frac{P_u}{W}$ m	流 速: V_1 m/s	1条当り放流量 m ³ /s	全放流量 m ³ /s	備 考
239.0	-2.365 -2.033	15.629 15.444	216.5 214.0	649.5 642.0	最低水位
252.2	1.868 1.320	20.105 20.347	278.5 281.9	835.6 845.7	第一期 制限水位
264.5	4.745 5.503	23.919 23.635	331.4 327.4	994.2 982.2	第二期 制限水位
280.0	9.061 10.083	27.774 27.444	384.8 380.2	1154.4 1140.6	サーチャージ 水 位
281.0	9.339 10.378	28.004 27.672	388.0 383.4	1164.0 1150.2	設計洪水位

上段…… $\lambda = 0.012$, 下段…… $\lambda = 0.024$

最低水位において -2 m 程度の負圧が予想されるが、このときの管内流速は 15.5 m/s 程度であり、模型実験を通して検討してゆくものとする。また、 $800 \text{ m}^3/\text{s}$ 放流時の管内流速は、 19.25 m/s である。

2-6 フード部の設計

(5-2) 式より直管径を 4.2 m としたときベルマウス始端の直径は 5.46 m となる。さらに管軸勾配が $1:0.2$ よりフード形状は決定され、図 5-3 のとおりとする。なお、フードとベルマウスの取付部およびフード下部は施工性を考えて余裕代をとってある。

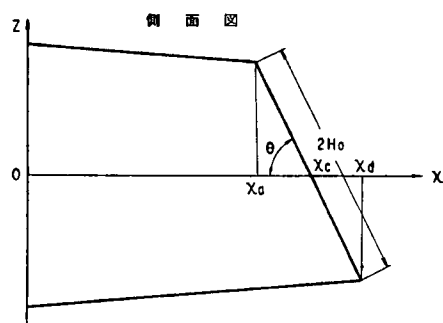
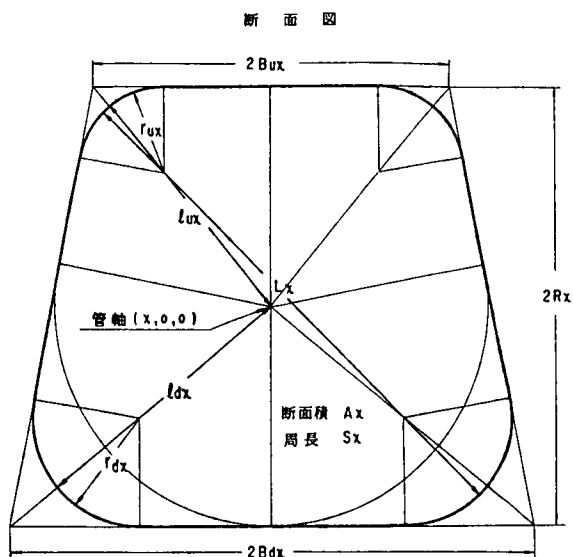
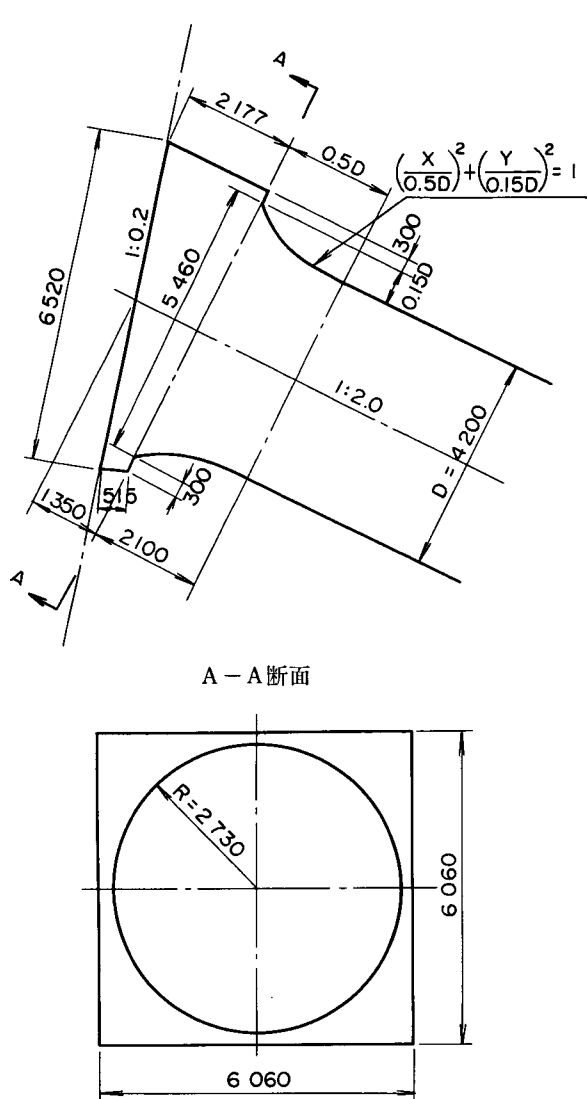


図 5-4 漸縮部記号説明図

図 5-3 フード部、ベルマウス部形状図

2-7 漸縮部の設計

(1) 基本式

漸縮部の形状は図 5-4 において、以下に示す基本式から決定される。

図記号の説明

- X ; 座標 (遷移部始端を原点とし放流管軸に沿って流下方向)
- Y ; 座標 (水平方向)
- Z ; 座標 ($X \sim Y$ 平面に直角, 上向き方向)
- R_0 ; 円形断面の半径
- D_0 ; 円形断面の直径 ($D_0 = 2R_0$)
- $2H_0$; 長方形断面の高さ
- $2B_0$; 長方形断面の幅
- θ ; 管軸とゲート面のなす角 (radian)
- $2B_{ux}$; 等脚台形断面の上面の幅 (X の関数)

$2B_{dx}$; 等脚台形断面下面の幅 (X の関数)

$2R_x$; 等脚台形断面の高さ (等脚台形断面に内接する円の直径) (X の関数)

r_{ux} ; 等脚台形断面上部隅角隅取円弧の半径 (X の関数)

r_{dx} ; 等脚台形断面下部隅角隅取円弧の半径 (X の関数)

l_{ux} ; 管軸より上部最遠点までの距離 (X の関数)

l_{dx} ; 管軸より下部最遠点までの距離 (X の関数)

L_x ; 対角線長 (X の関数)

A_x ; 管の断面積 (X の関数)

S_x ; 管の周長 (X の関数)

K, K_1 ; 比例定数

α, β ; 定数

$X=0$ において半径 R_0 の円に外接する等脚台形断面は上面の幅を $2B_{u0}$, 下面の幅を $2B_{d0}$ とすれば, 脚長 (斜面長) は, $B_{u0} + B_{d0}$ となり, これらの間には次の関係式が成立する。

$$B_{u0} B_{d0} = R_0^2 \quad \dots\dots (5-10)$$

$X=X$ において, $X=0$ における等脚台形断面と相似な台形断面は, 上面の幅を $2B_{ux}$ 下面の幅を $2B_{dx}$ とすれば, 比例定数を K とすると,

$$B_{ux} = B_{u0} (1 - KX) \quad \dots\dots (5-11)$$

$$B_{dx} = B_{d0} (1 - KX) \quad \dots\dots (5-12)$$

$$R_x = R_0 (1 - KX) \quad \dots\dots (5-13)$$

$X=X_u$ において上面の幅が $2B_0$ になるものとすれば

$$1 - KX_u = B_0 / B_{u0} \quad \dots\dots (5-14)$$

したがって, このときの高さ $2R_{xu}$ は

$$R_{xu} = R_0 (1 - KX_u) = \frac{R_0 B_0}{B_{u0}} \quad \dots\dots (5-15)$$

$X=X_d$ において下面の幅が $2B_d = 2B_0$ になるとすれば

$$1 - KX_d = B_0 / B_{d0} \quad \dots\dots (5-16)$$

したがって, このときの高さ $2R_{xd}$ は

$$R_{xd} = R_0 (1 - KX_d) = \frac{R_0 B_0}{B_{d0}} \quad \dots\dots (5-17)$$

ゲート面は, 管軸と θ の角度を有し, その高さは $2H_0$ であるから, (5-15) 式および (5-17) 式を用いて,

$$R_{xu} + R_{xd} = 2H_0 \sin \theta = B_0 R_0 \frac{B_{u0} + B_{d0}}{B_{u0} B_{d0}} \quad \dots\dots (5-18)$$

したがって, (5-10) および (5-18) 式より

$$B_{u0} B_{d0} = R_0^2 \quad \dots\dots (5-19)$$

$$B_{u0} + B_{d0} = 2\alpha R_0 \sin \theta \quad \dots\dots (5-20)$$

ここに、 $\alpha = H_0/B_0$ である。これを解けば

$$B_{u_0} = R_0 \{ \alpha \sin \theta - \sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1} \} \quad \dots (5-21)$$

$$B_{d_0} = R_0 \{ \alpha \sin \theta + \sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1} \} \quad \dots (5-22)$$

が得られる。

比例定数 K は、(5-14) および (5-16) 式より

$$K(X_d - X_u) = \frac{B_0}{B_{u_0} B_{d_0}} (B_{d_0} - B_{u_0}) \quad \dots (5-23)$$

またゲート面は管軸と θ の角度を有し、その高さは $2H_0$ であるから、

$$X_d - X_u = 2H_0 \cos \theta \quad \dots (5-24)$$

したがって、

$$K = \frac{2R_0 \sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}}{2H_0 \cos \theta} \cdot \frac{B_0}{R_0^2} = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}}{\alpha \cos \theta} \quad \dots (5-25)$$

X_u , X_d および X_c は、次のように求められる。

$$\begin{aligned} X_u &= \left(1 - \frac{B_0}{B_{u_0}}\right) \frac{1}{K} = \frac{B_{u_0} - B_0}{KB_{u_0}} \\ &= \frac{R_0 \{ \alpha \sin \theta - \sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1} \} - B_0}{R_0 \{ \alpha \sin \theta - \sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1} \}} \cdot R_0 \frac{\alpha \cos \theta}{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}} \\ &= \frac{\alpha \cos \theta}{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}} R_0 [1 - \beta \{ \alpha \sin \theta + \sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1} \}] \quad \dots (5-26) \end{aligned}$$

$$X_d = \frac{\alpha \cos \theta}{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}} R_0 [1 - \beta \{ \alpha \sin \theta - \sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1} \}]$$

また、 $X_c = X_u + \frac{R_{ux}}{\tan \theta} = \frac{1}{\tan \theta} \frac{R_0}{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}} \{ \alpha \sin \theta - \beta \} \quad \dots (5-27)$

ここに、 $\beta = B_0/R_0$ である。

管軸より、上部あるいは下部最遠点までの距離をそれぞれ l_{ux} , l_{dx} とし、これらが比例定数を K_1 として、

$$l_{ux} = l_{dx} = R_0 (1 + K_1 K X) \quad \dots (5-28)$$

を満足するように選定するものとすれば

$$l_{ux} = \sqrt{B_{ux}^2 + R_x^2} - r_{ux} \sqrt{1 + (B_{ux}/R_x)^2} + r_{ux} = R_0 (1 + K_1 K X)$$

より、

$$r_{ux} = R_0 \left(1 + \frac{\sqrt{R_0 K_1 + B_{u_0}^2 + R_0^2}}{\sqrt{R_0 - B_{u_0}^2 + R_0^2}} K X\right) \quad \dots (5-29)$$

同様に、

$$\begin{aligned} l_{dx} &= \sqrt{B_{dx}^2 + R_x^2} - r_{dx} \sqrt{1 + (B_{dx}/R_x)^2} - r_{dx} = R_0 (1 + K_1 K X) \\ r_{dx} &= R_0 \left(1 + \frac{R_0 K_1 + \sqrt{B_{d_0}^2 + R_0^2}}{R_0 - \sqrt{B_{d_0}^2 + R_0^2}} K X\right) \quad \dots (5-30) \end{aligned}$$

断面積 A_x ，周長 S_x および対角長 L_x

$$\begin{aligned}
 A_x &= 2R_x(B_{ux} + B_{dx}) - 2r_{ux}^2 \tan \theta_u + 2r_{ux}^2 \theta_u - 2r_{dx}^2 \tan \theta_d + 2r_{dx}^2 \theta_d \\
 &= 2(B_{u0} + B_{d0})R_0(1 - KX)^2 + 2(\theta_u - \tan \theta_u)(1 - K_u KX)^2 \\
 &\quad + 2(\theta_d - \tan \theta_d)(1 - K_d KX)^2 \\
 &= R_0^2[4\alpha \sin \theta (1 - KX)^2 + 2(\theta_u - \tan \theta_u)(1 - K_u KX)^2 \\
 &\quad + 2(\theta_d - \tan \theta_d)(1 - K_d KX)^2] \quad \dots\dots (5-31)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_x &= 4(B_{ux} + B_{dx}) - 4(\tan \theta_u r_{ux} + \tan \theta_d r_{dx}) + 4(\theta_u r_{ux} + \theta_d r_{dx}) \\
 &= R_0[8\alpha \sin \theta (1 - KX) + 4(\theta_u - \tan \theta_u)(1 - K_u KX) \\
 &\quad + 4(\theta_d - \tan \theta_d)(1 - K_d KX)] \quad \dots\dots (5-32)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_x &= \sqrt{(2R_x - r_{ux} - r_{dx})^2 + \{(R_x - r_{ux}) \tan \theta_u + (R_x - r_{dx}) \tan \theta_d\}^2} + r_{ux} + r_{dx} \\
 &= R_0[\sqrt{(K_u + K_d - 2)^2 + \{(K_u - 1) \tan \theta_u + (K_d - 1) \tan \theta_d\}^2} \cdot KX \\
 &\quad - (K_u + K_d)KX + 2] \quad \dots\dots (5-33)
 \end{aligned}$$

ここに，

$$\begin{aligned}
 \theta_u &= \tan^{-1}(B_{u0}/R_0), \quad \theta_d = \tan^{-1}(B_{d0}/R_0) \\
 K_u &= \frac{R_0 K_1 - \sqrt{B_{u0}^2 + R_0^2}}{\sqrt{B_{u0}^2 + R_0^2} - R_0} \quad K_d = \frac{R_0 K_1 + \sqrt{B_{d0}^2 + R_0^2}}{\sqrt{B_{d0}^2 + R_0^2} - R_0} \quad \dots\dots (5-34)
 \end{aligned}$$

隅取円弧の式

上 部

円弧の中心 (Y_u, Z_u)

$$\begin{aligned}
 Y_u &= B_{ux} - r_{ux} \frac{B_{u0}}{R_0} = B_{u0}(1 - KX) - B_{u0}(1 - K_u K)X = B_{u0}(K_u - 1)KX \\
 Z_u &= R_x - r_{ux} = R_0(1 - KX) - R_0(1 - K_u K)X = R_0(K_u - 1)KX \\
 (Z - Z_u)^2 + (Y - Y_u)^2 &= R_0^2(1 - K_u KX)^2 \quad \dots\dots (5-35)
 \end{aligned}$$

下 部

円弧の中心 (Y_d, Z_d)

$$\begin{aligned}
 Y_d &= B_{d0}(K_d - 1)KX \\
 Z_d &= -R_0(K_d - 1)KX \\
 (Z - Z_d)^2 + (Y - Y_d)^2 &= R_0^2(1 - K_d KX)^2 \quad \dots\dots (5-36)
 \end{aligned}$$

(2) 漸縮部形状の計算

漸縮部の形状は(1)に示す種々の基本式に下記の条件を代入して求める。

$$\left\{ \begin{aligned} D_0 &= 4.2 \text{ m} \\ R_0 &= 2.1 \text{ m} \\ \theta &= \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} 0.5 = 1.1071487 \text{ rad.} \\ \alpha &= \frac{H_0}{B_0} = 1.1194 \\ \beta &= \frac{B_0}{R_0} = 0.83 \\ K_1 &= 0.26 \end{aligned} \right.$$

よって,

$$B_0 = \beta \times R_0 = 1.7430 \text{ m}$$

$$H_0 = \alpha \times B_0 = 1.9511 \text{ m}$$

$$B_{u0} = R_0 \{ \alpha \sin \theta - \sqrt{(\alpha \cdot \sin \theta)^2 - 1} \} = 1.9987 \text{ m}$$

$$B_{d0} = R_0 \{ \alpha \sin \theta + \sqrt{(\alpha \cdot \sin \theta)^2 - 1} \} = 2.2064 \text{ m}$$

$$K = \frac{1}{R_0} \frac{\sqrt{(\alpha \cdot \sin \theta)^2 - 1}}{\alpha \cdot \cos \theta} = 0.0470356$$

$$X_u = \frac{\alpha \cdot \cos \theta}{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}} \cdot R_0 [1 - \beta \{ \alpha \sin \theta + \sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1} \}] = 2.7202 \text{ m}$$

$$X_d = \frac{\alpha \cdot \cos \theta}{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}} \cdot R_0 [1 - \beta \{ \alpha \cdot \sin \theta - \sqrt{(\alpha \cdot \sin \theta)^2 - 1} \}] = 4.4653 \text{ m}$$

$$x_c = \frac{1}{\tan \theta} \cdot \frac{R_0}{\sqrt{(\alpha \cdot \sin \theta)^2 - 1}} (\alpha \cdot \sin \theta - \beta) = 3.6358 \text{ m}$$

$$B_{ux} = B_{u0} (1 - K \cdot X) = 1.99873 - 0.0940133 \cdot X \quad \dots (5-37)$$

$$B_{dx} = B_{d0} (1 - K \cdot X) = 2.20641 - 0.103780 \cdot X \quad \dots (5-38)$$

$$R_x = R_0 (1 - K \cdot X) = 2.1 - 0.0987748 \cdot X \quad \dots (5-39)$$

$$K_u = \frac{R_0 \cdot K_1 + \sqrt{B_{u0}^2 + R_0^2}}{\sqrt{B_{u0}^2 + R_0^2} - R_0} = 4.31139$$

$$r_{ux} = R_0 (1 - K_u \cdot K \cdot X) = 2.1 - 0.425832 \cdot X \quad \dots (5-40)$$

$$K_d = \frac{R_0 \cdot K_1 + \sqrt{B_{d0}^2 + R_0^2}}{\sqrt{B_{d0}^2 + R_0^2} - R_0} = 3.79698$$

$$r_{dx} = R_0 (1 - K_d \cdot K \cdot X) = 2.1 - 0.375047 \cdot X \quad \dots (5-41)$$

$$\theta_u = \tan^{-1} (B_{u0}/R_0) = 0.7606943 \text{ rad.}$$

$$\theta_d = \tan^{-1} (B_{d0}/R_0) = 0.8101020 \text{ rad.}$$

$$\begin{aligned} A_x &= R_0^2 \{ 4\alpha \cdot \sin \theta (1 - K \cdot X)^2 + 2(\theta_u - \tan \theta_u) \\ &\quad (1 - K_u \cdot K \cdot X)^2 + 2(\theta_d - \tan \theta_d) (1 - K_d \cdot K \cdot X)^2 \} \\ &= 13.8544 - 0.220072 X - 0.697901 X^2 \quad \dots (5-42) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x &= R_0 \{ 8\alpha \sin \theta (1 - K_u) + 4(\theta_u - \tan \theta_u) (1 - K_u \cdot K_x) \\ &\quad + 4(\theta_d - \tan \theta_d) (1 - K_d \cdot K_x) \} \\ &= 13.1947 - 0.104797 X \quad \dots (5-43) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_x &= R_0 [\sqrt{(K_u + K_d - 2)^2 + \{ (K_u - 1) \tan \theta_u + (K_d - 1) \tan \theta_d \}^2} \\ &\quad \cdot K_x - (K_u + K_d) K_x + 2] \\ &= 0.0511038 X + 4.2 \quad \dots (5-44) \end{aligned}$$

上面の式

$$Z = R_0 - \frac{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}}{\alpha \cos \theta} \cdot X = 2.1 - 0.0987750 X \quad \dots (5-45)$$

側面の式

$$\begin{aligned} & \sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1} \cdot (\tan \theta \cdot X + Z) \pm Y - R_0 \cdot \alpha \cdot \sin \theta = 0 \\ & = 0.0940115 X + 0.1038 \pm Y - 2.1026 = 0 \end{aligned} \quad \dots (5-46)$$

下面の式

$$Z = -R_0 + \frac{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}}{\alpha \cos \theta} \cdot X = 0.0987750 X - 2.1 \quad \dots (5-47)$$

ゲート面の式

$$Z = R_0 \frac{\alpha \sin \theta - \beta}{\sqrt{(\alpha \sin \theta)^2 - 1}} - X \cdot \tan \theta = 7.2716 - 2.0 X \quad \dots (5-48)$$

$$Z_u = B_0 \cdot \frac{R_0}{B_{u0}} = 1.8313$$

$$Z_d = -B_0 \frac{R_0}{B_{d0}} = 1.6589$$

上部隅取円弧中心 ($Y_u \cdot Z_u$)

$$\begin{aligned} Y_u &= \pm B_{u0} (K_u - 1) KX = \pm 0.311285 X \\ Z_u &= R_0 (K_u - 1) KX = 0.327057 X \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \dots (5-49)$$

下部隅取円弧中心 ($Y_d \cdot Z_d$)

$$\begin{aligned} Y_d &= \pm B_{d0} (K_d - 1) KX = \pm 0.290270 X \\ Z_d &= -R_0 (K_d - 1) KX = -0.276272 X \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \dots (5-50)$$

出口断面の形状

上面 ($Z = Z'_u$)

$$Z'_u = \frac{B_0}{B_{u0}} \cdot \frac{R_0}{\sin \theta} = 2.0475$$

側面 ($Y = \pm Y'$)

$$Y' = B_0 = 1.7430$$

下面 ($Z = Z'_d$)

$$Z'_d = \frac{B_0}{B_{d0}} \cdot \frac{R_0}{\sin \theta} = -1.8548$$

よって図5-5に示す形状となる。

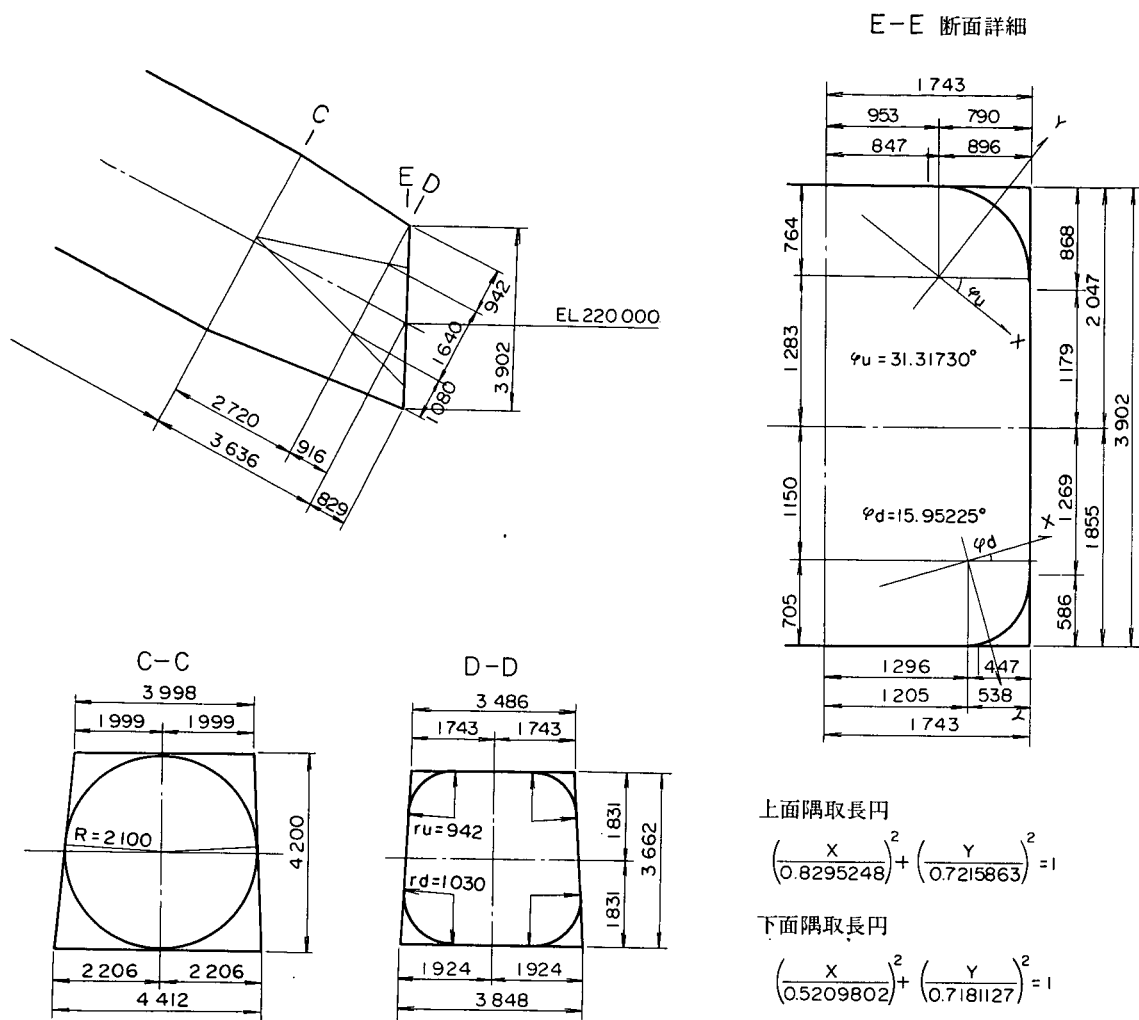


図5-5 漸縮部形状図

第3節 越流部の設計

3-1 設計条件

越流部の設計条件は、次のとおりである。

1. 設計洪水水位 $EL. 281.0\text{m}$ で放流管と相まって設計洪水流量 $5,160\text{m}^3/\text{s}$ を放流できること。
2. 幅 $12.0\text{m} \times 5$ 門の中央越流形式とする。
3. ゲートはラジアルゲートとする。

3-2 クレスト敷高の設計

貯水位 $EL. 281.0\text{m}$ での放流管の放流量は、表 5-1 より、 $1,150\text{m}^3/\text{s}$ であり越流部による必要な放流量 Q は

$$Q = 5,160 - 1,150 = 4,010\text{m}^3/\text{s}$$

である。

そのため必要な越流水深 H は、次式で与えられる。

$$H = \left(\frac{Q}{n \cdot C \cdot B} \right)^{2/3} \quad \dots\dots (5-51)$$

ここに、

n ; 門数 (5 門)

C ; 流量係数

B ; 1 門当りの径門幅 (12.0m)

流量係数は、2.0 とすると

$$H = \left(\frac{4.010}{5 \times 2.0 \times 12.0} \right)^{2/3} = 10.375\text{m} \doteq 10.5\text{m}$$

よってクレスト敷高は

$$EL. 281.0\text{m} - 10.5\text{m} = EL. 270.5\text{m}$$

とする。

3-3 越流面形状

越流面形状は、図 5-6 に示すとおりで越流部からの落下水脈の落下位置を堤体から遠ざけ、かつ放流管からの水脈との衝突する高さを低くするために、越流面下流側形状を 2 次放物線と直線にて与え、越流面上流側形状は標準型の形状とした。

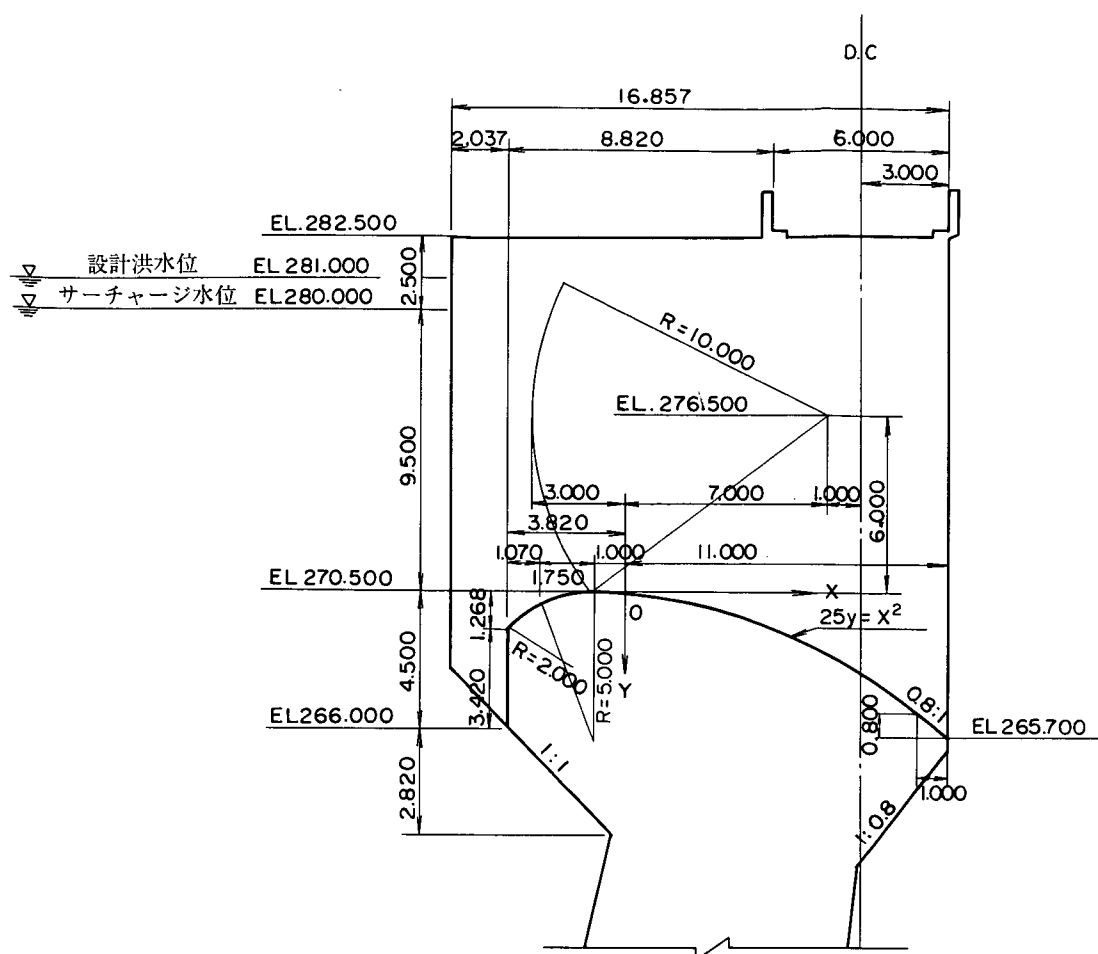


図5-6 越流部形状図

3-4 ピアの形状

ピアの形状は、図5-7に示すとおりで堤体の天端付近の曲率、上部構造、およびゲートの取付等を考慮して決定された。

3-5 越流頂の放流量

越流頂の自由越流時の放流量 Q は一般に次式で計算される。

$$Q = n \cdot C' \cdot B \cdot H^{3/2} \quad \dots\dots (5-52)$$

$$C' = C \left\{ 1 - M_r \left(\frac{H}{R} \right)^{3/2} \right\} \quad \dots\dots (5-53)$$

ここで、 n ; 径間数

B ; 1径間の幅

H ; 越流水深

C' ; 流量係数

C ; ピア等のない一様水路中の越流頂の流量係数

M_r ; ピア等の形状および径間数によって定まる係数

R ; 越流頂下流面曲線の始端における曲率半径

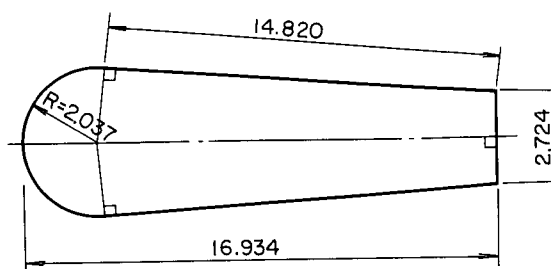


図5-7 ピア形状図

$Y = KX^2$ と表わされる放物線越流頂に対しては解析的に

$$R = \frac{1}{2 \cdot K} \quad \dots\dots (5-54)$$

$$C = 1.704 (1 + 1.296KH)^{1/2} \quad \dots\dots (5-55)$$

また、 M_r はピアの形状等によって次のように定まる。

◎ $n = 1$ あるいは、 $n > 2$ かつ $(b/S') > 0.80$ の場合

$$M_r = 0.0693 (R/B)^{1/2} \quad \dots\dots (5-56)$$

◎ $n > 2$ かつ $(b/S') \leq 0.80$ の場合

$$M_r = 0.0693 \left(\frac{R}{B} \right)^{1/2} \left\{ \frac{1}{n} + 1.465 \frac{n-1}{n} \left(\frac{b}{S'} \right)^{17} \right\} \quad \dots\dots (5-57)$$

ここで、 b ; ピアの厚み

S' ; 堤頂最高点、水平部のある場合はその下流端から、ピア先端までの水平距離

以上の式において設計された越流部では

$$\left(\begin{array}{l} n = 5, B = 12.0 \text{ m}, K = 0.04 \\ b = 4.074 \text{ m}, S' = 5.857 \text{ m} \end{array} \right)$$

よって、 $M_r = 0.0693 \left(\frac{12.5}{12.0} \right)^{1/2} \left\{ \frac{1}{5} + 1.465 \frac{4}{5} \left(\frac{4.074}{5.857} \right)^{17} \right\} = 0.05887 \quad \dots\dots (5-58)$

$$C = 1.704 (1 + 0.05184H)^{1/2} \quad \dots\dots (5-59)$$

$$C' = C \left\{ 1 - 0.05887 \times \left(\frac{H}{12.5} \right)^{3/2} \right\} = C \left\{ 1 - 0.001332H^{3/2} \right\} \quad \dots\dots (5-60)$$

各貯水位ごとの越流部からの放流量は表 5-2 に示すようになる。

表 5-2 越流部放流量の計算値

貯 水 位	越流水深	C	C'	放 流 量
EL. 280.0 m	9.5 m	2.082	2.001	3515.5m ³ /s
EL. 281.0 m	10.5 m	2.118	2.022	4127.8m ³ /s

第4節 減勢工の設計

4-1 設計条件

減勢工の設計条件は、次のとおりである。

1. 減勢工の範囲は、ダム建設後の流水の状態が従前の河状における流水の状態に復するまでの区間とする。
2. 減勢工の一部としての減勢池は、堤体の安全の確保と下流河域の従前機能の維持の大部分を分担する。
3. 減勢工の設計対象流量は、ダム設計洪水流量 ($5,160 \text{ m}^3/\text{s}$) とする。
4. 堤体の安全の確保はダム設計洪水流量 ($5,160 \text{ m}^3/\text{s}$) を対象とする。
5. 減勢池において基本高水流量 ($3,520 \text{ m}^3/\text{s}$) までは完全減勢することとし、それ以上ダム設計洪水流量までは遷移河道区間にも減勢効果を分担させる。
6. 遷移河道区間には必要に応じて保護工等の措置を講ずる。
7. 減勢池の減勢方式は自由落下式減勢とする。
8. 減勢池の寸法は、現状の地形によって支配され、幅 50 m、長さ 120 m とする。
9. 減勢池水叩き面の標高は、EL.183.0 m とする。
10. 減勢池の導流壁の勾配は、1 : 0.3 とする。

4-2 落下水脈の位置

放流管および越流部からの水脈が、減勢工のどの位置に落下するかを調べる。

水脈の落下軌跡の式は、一般に次のように表わされる。

$$y = \frac{1}{2} g (1 + \tan^2 \theta) \frac{x^2}{V_0^2} + x \tan \theta \quad \cdots (5-61)$$

ここで、 x, y ; 放出端を原点とし、 y 軸は鉛直下向き、 x 軸は水平流下方向を正とする直角座標

θ ; 放出角度 (水平面から下向き)

V_0 ; 放出端の流速

なお、

$$V_0 = C \sqrt{2g(H-H_0)} \quad \cdots (5-62)$$

ここで、 C ; 流量係数

H ; 貯水位

H_0 ; 放出端標高

放流管では、

$$H_0 = \text{EL. } 220.0 \text{ m}$$

$$C = 0.8$$

$$\theta = \tan^{-1} 0.5$$

よって、

$$y = \frac{0.4883}{H-220.0} x^2 + 0.5 x \quad \cdots (5-63)$$

越流部では、

$$H_0 = EL.265.7m$$

$$C = 0.95$$

$$\theta = \tan^{-1} 0.8$$

$$\text{よって, } y = \frac{0.4543}{H-265.7} x^2 + 0.8x \quad \dots\dots (5-64)$$

各々の座標原点は、ダム軸を基準にすると放流管では、

$$(x_0, y_0) = (-2.0, 220.0)$$

越流部では、

$$(x_0, y_0) = (3.0, 265.7)$$

よって各貯水位における落下水脈の軌跡は、図5-8のようになり、減勢池水叩き面EL.183.0 mへの落下位置は放流管、越流部それぞれダム軸より下流へ表5-3に示す位置に水脈が落下する。

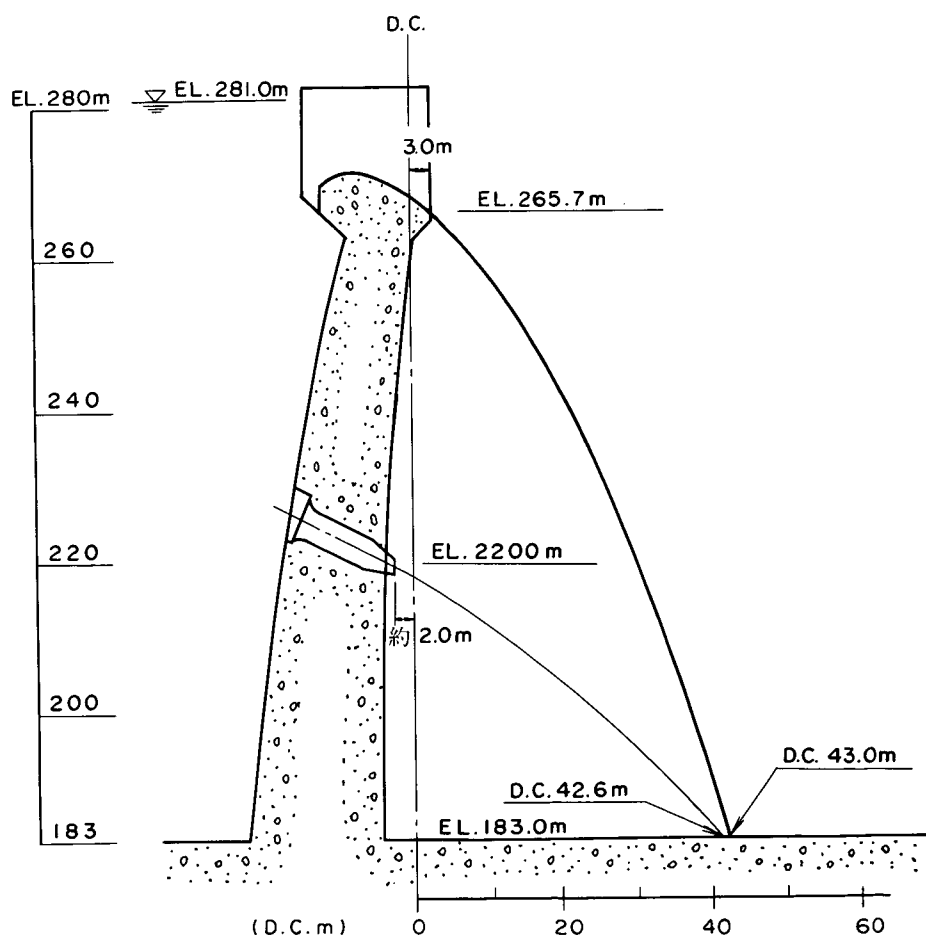


図5-8 水脈落下軌跡

表5-3 水脈落下位置

貯 水 位	水脈落下位置 (D.C.m)	
	放 流 管	越 流 部
EL. 280.0 m	D.C. 41.4 m	D.C. 43.0 m
EL. 281.0 m	D.C. 41.6 m	D.C. 44.0 m

4-3 減勢工水深の算定

減勢工水深は、第4章で提案した計算法によって求める。

なお、計算の都合上、次の仮定を行うものとする。

- ① 放流管からの水脈は無視し、水脈はすべて越流部より落下する。
- ② 貯水位 $EL. 281.0\text{ m}$ で $5,160\text{ m}^3/\text{s}$ 、貯水位 $EL. 280.0$ で $3,520\text{ m}^3/\text{s}$ 越流部より流出する。
- ③ 落下水脈は、減勢池水面突入時には水叩き面と同じ幅 50 m に絞り込まれている。

つまり、越流頂敷高形状はそのままにして、越流幅を広くした越流頂からの流出によって落下水脈を代表させる事になる。また、ここで使用する記号は図5-9のとおりである。

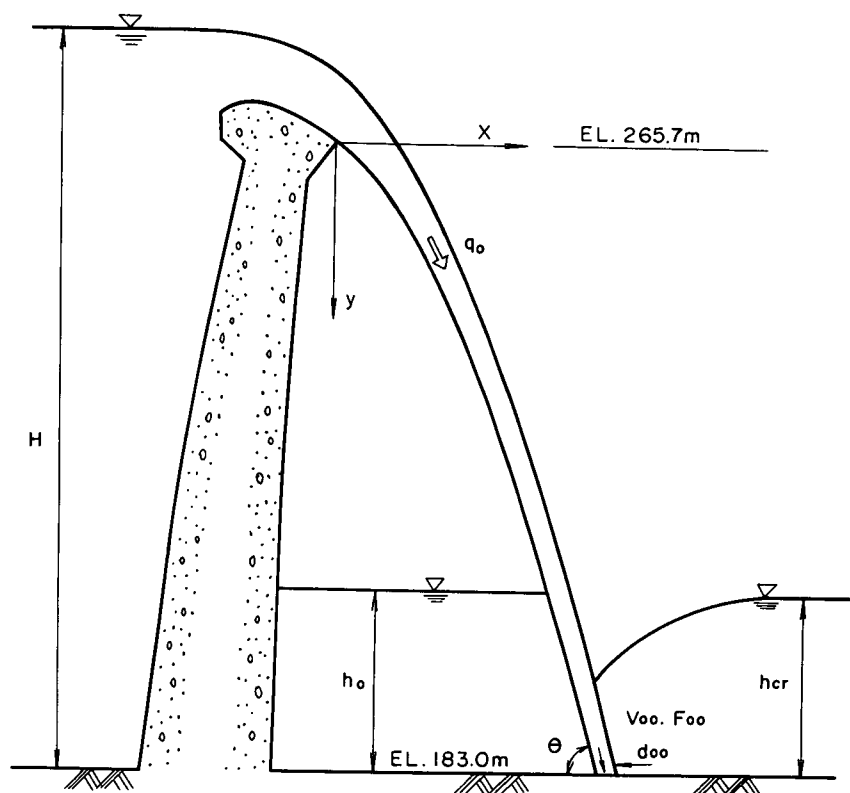


図5-9 減勢工設計記号説明図

- (1) ダム設計洪水流量の流下時 ($Q = 5,160\text{ m}^3/\text{s}$, $WL = 281.0\text{ m}$) の限界下流水深 (5-64) 式より落下水脈の軌道は次式で表わされる。

$$y = 0.0296 x^2 + 0.8 x \quad \dots\dots (5-65)$$

水脈の水叩き面への落下時の単位幅流量 q_0 は

$$q_0 = 5,160 / 50 = 103.2\text{ m}^3/\text{s-m}$$

水叩き面までの総落下高さ H は

$$H = 281.0 - 183.0 = 98.0\text{ m}$$

水叩き面への衝突時の流速 v_{00} および水脈の厚さ d_{00} は

$$v_{00} = \sqrt{2gH} = \sqrt{19.6 \times 98.0} = 43.8\text{ m/s}$$

$$d_{00} = q_0 / v_{00} = 2.36\text{ m}$$

衝突時のフルード数 F_{00}

$$F_{00} = v_{00} / \sqrt{g d_{00}} = 43.8 / \sqrt{9.8 \times 2.36} = 9.11$$

衝突角度 θ は (5-65) 式より

$$\tan \theta = 0.05938 x + 0.8 \quad \dots\dots (5-66)$$

ここで,

$$y = 265.7 - 183.0 = 82.7 \text{ m}$$

より $x = 41.0 \text{ m}$

よって

$$\theta = 1.27 \text{ rad.}$$

以上の F_{00} , θ , d_{00} を用いて第4章5節のプログラムを用いて計算すると次のように求まる。

落下水脈裏側水深

$$h_0 = d_{00} \times HO = 2.36 \times 8.985 = 21.2 \text{ m}$$

限界下流水深

$$h_{cr} = d_{00} \times HC = 2.36 \times 10.777 = 25.4 \text{ m}$$

(2) 計画高水のピーク流量の流下時 ($Q = 3,520 \text{ m}^3/\text{s}$, $WL = 280.0 \text{ m}$) の限界下流水深

(1)の場合と同様に

$$y = 0.03177 x^2 + 0.8 x \quad \dots\dots (5-67)$$

$$q_0 = 3520 / 50 = 70.4 \text{ m}^3/\text{s} - \text{m}$$

$$H = 280.0 - 183.0 = 97.0 \text{ m}$$

$$v_{00} = \sqrt{19.6 \times 97.0} = 43.6 \text{ m/s}$$

$$d_{00} = 70.4 / 43.6 = 1.61 \text{ m}$$

$$F_{00} = 43.6 / \sqrt{9.8 \times 1.61} = 10.98$$

$$\tan \theta = 0.06354 x + 0.8 \quad \dots\dots (5-68)$$

$$y = 265.7 - 183.0 = 82.7$$

$$x = 40.0$$

$$\therefore \theta = 1.28 \text{ rad.}$$

計算すると

$$h_0 = 1.61 \times 10.774 = 17.3 \text{ m}$$

$$h_{cr} = 1.61 \times 12.974 = 20.9 \text{ m}$$

(3) 減勢工必要水深

減勢工必要水深 h は, 水叩き面の安全等を考慮して, ダム設計洪水流量時の限界下流水深 25.4 m が最低必要であり実際には安定した B 型流況にするため, これ以上の水深に設計されることになる。

4-4 副ダム高さの算定

副ダム部分の断面形状は, 図 5-10 に示すとおりである。

越流水深 H_c を求めるにあたり, 減勢工水面幅を越流幅と仮定すれば (これは副ダム高さを求めるについて安全側である。)

$$H_c = \left(\frac{Q}{C_s \cdot B} \right)^{2/3} \quad \dots\dots (5-69)$$

$$B = 50 + 0.6 \cdot h \quad \dots\dots (5-70)$$

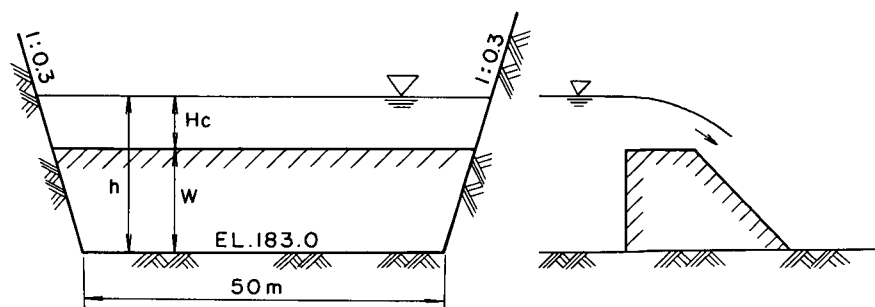


図 5 - 10 副ダムの形状と越流水深の説明図

ここで、

Q ; 流量 ($5,160 \text{ m}^3/\text{s}$)

C_s ; 副ダム上の流量係数 (2.0)

B ; 越流幅

h ; 減勢池水深 (25.4 m)

これを解くと

$$H_c = 11.6 \text{ m}$$

よって副ダム高さは

$$W = 25.4 - 11.6 = 13.8 \text{ m}$$

が最低必要な高さとなるが、計算には多くの仮定が入っているため実験により副ダム高さは検討してゆくものとする。

第 6 章 放流管抽出模型実験

第6章 放流管抽出模型実験

第1節 実験目的

第5章で設計された放流管形状による水理特性および機能について水理模型実験により、調査、検討するものである。なお、形状は図6-1に示すものである。

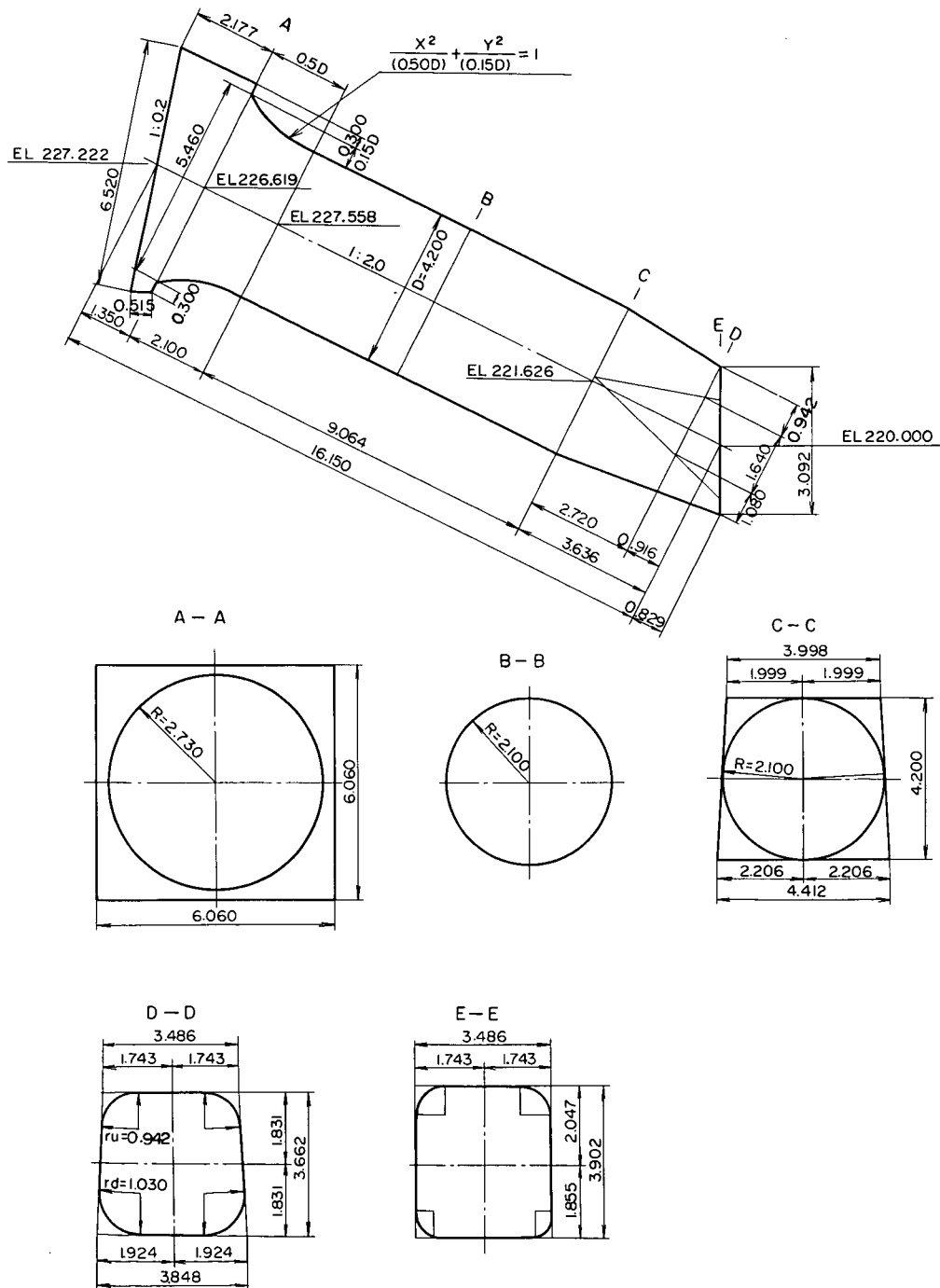


図6-1 抽出模型実験における放流管形状図

第 2 節 実験内容

2-1 放流管形状の諸元

放流管形状の諸元は、次のとおりである。

放流管	角型フード付き全管路型放流管 3 条	
呑口中心標高	EL. 227.222m	
出口中心標高	EL. 220.000m	
放流管長（管軸）	フード部	1.350 m
	ベルマウス	2.100 m
放流管長（管軸）	直管部	9.064 m, ϕ 4,200mm
	漸縮部	3.636 m
	全長	16.150m
管軸の傾き	1：2.0 (26.56505°)	
計画放流量	第 1 期制限水位 EL.252,200m で計画最大放流量 800m ³ /s ,設計洪水水位 EL. 281.000m で越流部と相まって，ダム設計洪水流量 5,160m ³ /s を放流できること。	

2-2 実験内容

川辺川ダム放流管の水利機能について，以下の項目を検討した。

- 1) 放流管の放流能力の検証
- 2) 貯水位～ゲート開度～放流量の関係
- 3) 管内圧力の検討

実験ケースは以下のとおりである。

検 討 事 項	ゲ ー ト 開 度	水 位
貯水池水位～ ゲート開度～放流量	全 開	各開度 10 点程度 計 110 点
	3.5 m 1.2 m	
	3.0 m 1.0 m	
	2.5 m 0.7 m	
	2.0 m 0.5 m	
	1.5 m 0.3 m	
計 11 開度		
管 内 圧 力	全 開	EL 281.0, EL 268.0, EL 263.0 EL 260.0, EL 252.0, EL 239.0
	3.0 m	EL 272.0, EL 252.0, EL 239.0
	1.0 m	EL 250.0, EL 239.0, EL 236.0
	計 3 開度	設定水位, 計 12 ケース

第3節 実験方法

3-1 実験設備および模型

実験は、土木研究所ダム水理実験棟内の高さ2.0m、幅2.0m、長さ2.0mの圧力水槽に縮尺1/25の亚克力製放流管模型を取り付けて実施した。（図6-2参照）

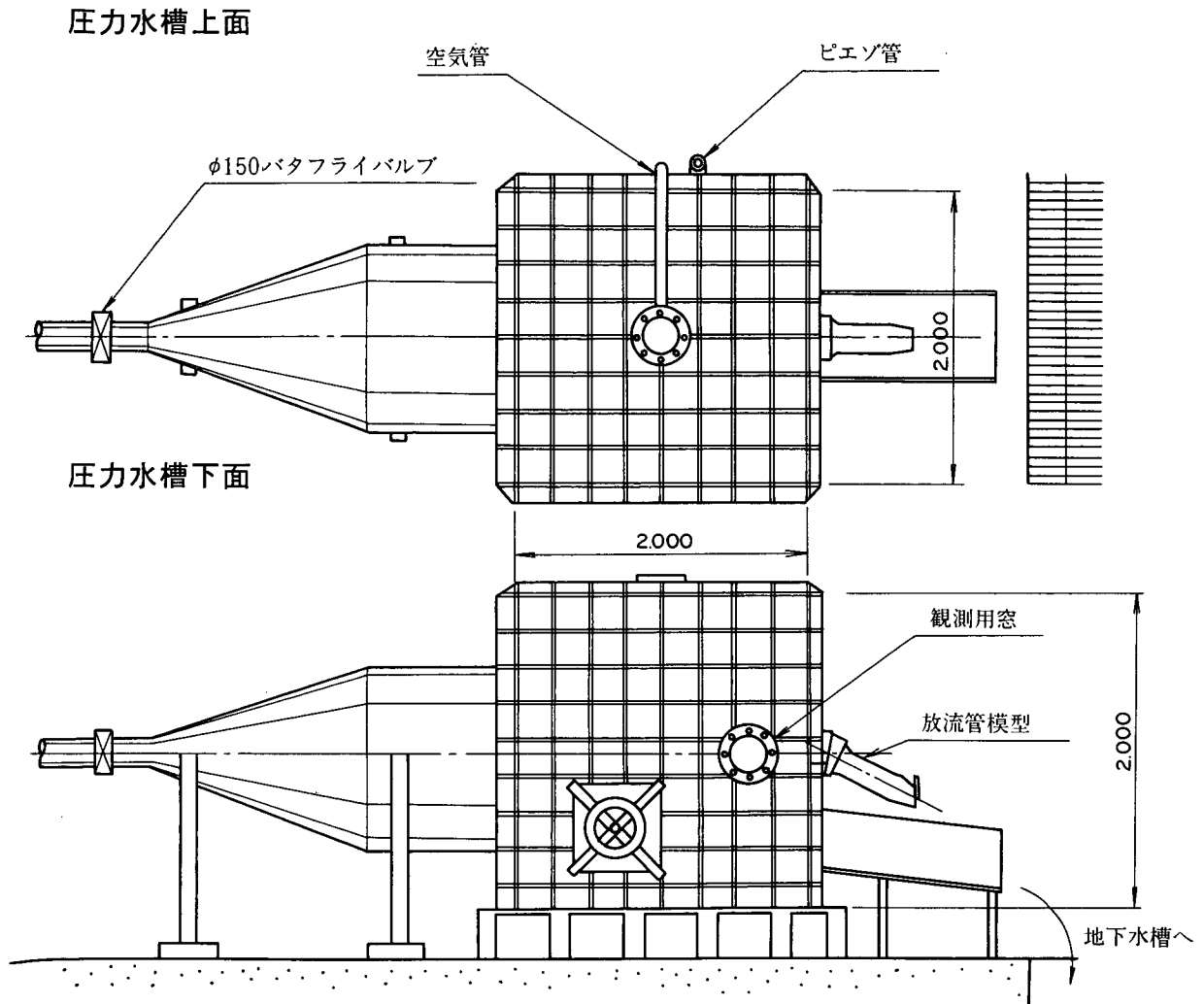


図6-2 放流管抽出模型実験設備図

模型には、圧力測定用のピエゾ管が図6-3に示す位置に取りつけられる。

3-2 計測方法

計測方法は、次のとおりである。

貯水池水位……………圧力水槽側部に取り付けた水柱マノメータによって測定した。

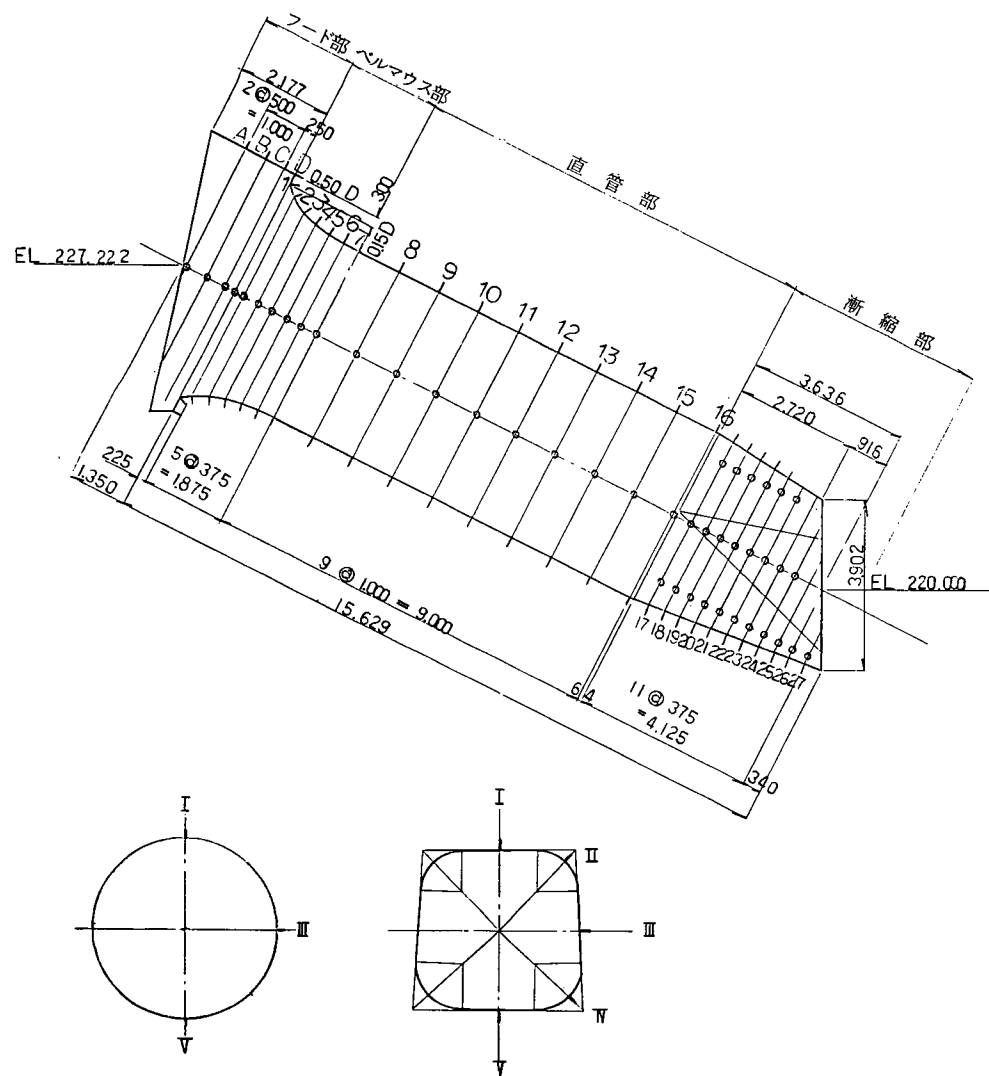
放流量……………電磁流量計のプリンタ出力値を採用した。

ゲート開き……………ゲートリップとゲート敷高までの鉛直高とする。

圧 力……………模型に埋設したピエゾ管と垂直マノメータをφ6mmのビニール管で連結して測定した。

3-3 相似律

相似律は、フルードの相似律に従うとした。諸量の縮率は次のようになる。



ピエゾ管設置標高 (EL.m)

形状	側点	上 面	上面隅取	側 面	下面隅取	下 面
フ ィ ド 部	A	229.333				
	B	229.664		226.954		
	C	229.441		226.731		
	D	229.329		226.619		223.909
ベル マ ウス 部	1	229.061		226.619		224.177
	2	228.706		226.518		224.330
	3	228.398		226.351		224.304
	4	228.149		226.183		224.217
	5	227.931		226.015		224.099
	6	227.736		225.849		223.962
直 管 部	7	227.559		225.680		223.802
	8	227.111		225.233		223.355
	9	226.663		224.785		222.907
	10	226.216		224.338		222.460
	11	225.769		223.891		222.013
	12	225.322		223.444		221.566
	13	224.875		222.997		221.119
	14	224.427		222.549		220.671
	15	223.980		222.102		220.224
	16	223.533		221.655		219.777
漸 縮 部	17	223.303	222.825	221.458	220.157	219.613
	18	223.103	222.664	221.291	219.984	219.479
	19	222.902	222.502	221.123	219.810	219.344
	20	222.701	222.334	220.955	219.636	219.209
	21	222.500	222.179	220.787	219.462	219.074
	22		222.015	220.620	219.289	218.940
	23			220.452	219.115	218.806
	24			220.284	218.942	218.671
	25				218.769	218.537
	26				218.596	218.403
	27					218.267

図 6-3 放流管圧力測定用ピエゾ位置図

諸元	次元	縮率	
長さ	L	n	1 : 25
流量	$L^3 T^{-1}$	$n^{5/2}$	1 : 3.125
圧強度	$ML^{-1} T^{-2}$	n	1 : 25

なお、本報告書で取り扱う数値は、すべて実物換算した値である。

第 4 節 実験結果

4-1 放流能力

放流能力の測定結果は表 6-1 に示すとおりであり，流量係数は次式で求めた。

$$C = \frac{Q}{A\sqrt{2gH}} \quad \dots\dots (6-1)$$

ここで， Q ; 放流量 (m^3/s)

C ; 流量係数

A ; 直管部断面積 (13.8544m^2)

H ; 出口中心 $EL.220.0\text{m}$ を基準とする水深 (m)

g ; 重力加速度 ($9.8\text{m}/\text{s}^2$)

各ゲート開度における貯水位と流量係数の関係をプロットしたのが図 6-4 である。これより明らかなように，流量係数は各開度ごとに，いずれの貯水位でもほぼ一定とみなすことができる。流量係数のばらつきは最大でも 1% 以内に収まっている。

表 6-1 放流管流量係数の測定結果

ゲート 開 き	貯水池水位 H (m)	放 流 量 Q (m ³ /s)	流量係数 C	ゲート 開 き	貯水池水位 H (m)	放 流 量 Q (m ³ /s)	流量係数 C	ゲート 開 き	貯水池水位 H (m)	放 流 量 Q (m ³ /s)	流量係数 C
全 開	240.095	214.479	0.7801	2.0 m	243.878	96.042	0.3204	0.7 m	239.920	29.375	0.1073
	244.764	237.708	0.7788		248.545	105.313	0.3214		241.520	30.520	0.1073
	246.570	247.709	0.7835		254.739	115.521	0.3195		244.764	33.229	0.1089
	249.645	261.042	0.7817		259.751	123.021	0.3181		249.645	36.145	0.1082
	255.539	286.979	0.7848		261.295	125.313	0.3179		256.038	38.229	0.1038
	257.553	297.188	0.7907		265.908	131.979	0.3176		258.945	39.791	0.1040
	260.576	307.813	0.7878		268.533	135.729	0.3176		265.651	42.812	0.1033
	264.720	324.583	0.7913		274.539	143.854	0.3176		272.263	45.729	0.1031
	270.145	341.250	0.7857		278.920	149.688	0.3179		280.333	49.062	0.1030
	277.064	366.146	0.7902								
	282.595	383.333	0.7899								
	平 均		0.7859		平 均		0.3187		平 均		0.1054
3.5 m	242.087	186.354	0.6464	1.5 m	239.295	61.563	0.2285	0.5 m	239.807	19.687	0.0721
	247.345	207.812	0.6479		241.558	68.969	0.2422		246.489	24.062	0.0762
	253.578	231.250	0.6506		247.320	76.656	0.2391		249.438	24.792	0.0745
	262.216	259.375	0.6508		254.789	84.781	0.2343		259.176	28.020	0.0730
	270.332	282.511	0.6492		257.258	87.594	0.2340		267.851	30.625	0.0722
	273.774	292.011	0.6492		264.952	95.625	0.2325		277.483	33.645	0.0723
	280.128	309.188	0.6501		271.014	101.875	0.2325		281.838	35.000	0.0726
					277.389	108.125	0.2327				
					285.195	113.906	0.2300				
	平 均		0.6492		平 均		0.2340		平 均		0.0733
3.0 m	241.326	144.896	0.5115	1.2 m	240.345	51.092	0.1847	0.3 m	244.472	14.270	0.0470
	243.945	152.708	0.5088		244.508	57.916	0.1907		255.303	16.712	0.0459
	247.628	164.479	0.5101		249.270	62.397	0.1880		262.384	18.709	0.0469
	252.783	178.958	0.5096		253.608	65.625	0.1846		267.673	19.375	0.0457
	254.783	183.854	0.5082		257.264	69.063	0.1845		273.471	20.820	0.0464
	257.737	194.781	0.5169		261.451	72.079	0.1825		280.120	22.025	0.0463
	263.170	207.500	0.5149		264.770	75.625	0.1843		282.542	22.376	0.0461
	275.464	235.625	0.5158		269.237	79.272	0.1842				
	286.037	255.000	0.5116		274.364	83.125	0.1838				
					279.937	87.188	0.1836				
					283.082	89.687	0.1841				
	平 均		0.5119		平 均		0.1850		平 均		0.0463
2.5 m	240.745	114.479	0.4098	1.0 m	240.753	43.118	0.1543				
	245.083	126.250	0.4110		247.353	49.000	0.1527				
	249.670	136.563	0.4088		253.595	54.302	0.1527				
	254.495	146.771	0.4074		257.328	57.517	0.1535				
	261.208	160.417	0.4074		266.054	62.700	0.1506				
	264.614	166.978	0.4076		270.595	65.714	0.1506				
	269.020	174.688	0.4068		279.412	71.217	0.1506				
	279.776	193.333	0.4077		283.845	74.101	0.1512				
	平 均		0.4083		平 均		0.1520				

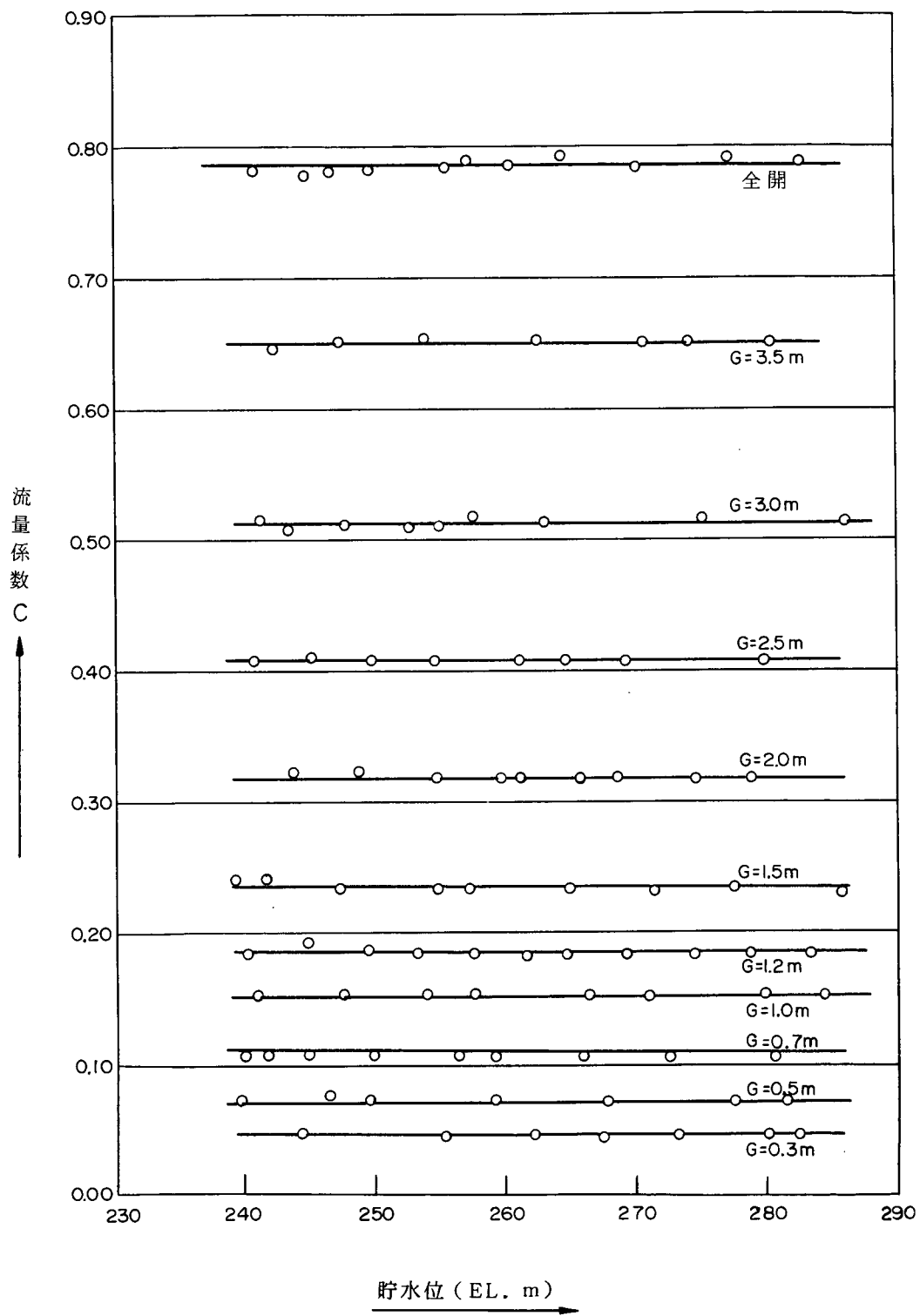


図 6 - 4 貯水位 ~ 流量係数関係図

4-1-1 ゲート全開時の放流量と可能最大放流量

ゲート全開時の放流量は次式で表わす。

$$Q = n \cdot C_0 \cdot A \cdot \sqrt{2gH} \quad \dots\dots (6-2)$$

ここで、 C_0 はゲート全開時の流量係数、 n は放流管の条数で3条である。

C_0 は、図6-4、表6-1より全開時の平均値、0.786である。よって各貯水位での可能最大放流量は表6-2のとおりである。

表6-2 各貯水位における放流管の可能放流量

貯 水 位	最低水位 EL. 239.0 m	第1期制限水位 EL. 252.2 m	第2期制限水位 EL. 264.5 m	常時満水位 EL. 280.0 m	サーチャージ水位 EL. 281.0 m
可能放流量 (m^3/s)	630.4	820.7	964.8	1120.3	1129.6

表6-2の値は設計時の予想放流量(表5-1)より、若干下回ってはいるが、設計条件である WL.252.2 m で $800\text{m}^3/\text{s}$ は、2.6 %の余裕をもって満たしている。

4-1-2 ゲート部分開放時の放流量

ゲート部分開放時の放流量は次式で表わす。

$$Q = n \cdot C_0 \cdot C_G \cdot A \cdot \sqrt{2gH} \quad \dots\dots (6-3)$$

ここで、 n ; 放流管条数(3)

C_0 ; ゲート全開時の流量係数 (= 0.786)

C_G ; ゲート部分開放時の補正係数。

その他は(6-1)式で定義したものと同一。

ゲート部分開放時の補正係数は、ゲート開度 G_0 の関数として表わされ、全閉で0、全開で1.0の値をとる。

ゲート開度 G_0 とは、ゲート開きを G 、出口断面高さを D としたとき、次式で表わされる。

$$G_0 = \frac{G}{D} \quad \dots\dots (6-4)$$

なお、本放流管では、 $D = 3.902\text{m}$ である。

G_0 と C_G の関係式として本放流管のようにバーチカルリフトゲートを有する形式に対しては、多くの実験値からまとめられた実験式※として、次式がある。

$$C_G = 0.758 G_0 (1 + 0.061 G_0^2 + 0.258 G_0^4) \quad \dots\dots (6-5)$$

ただし、適用範囲は

$$65^\circ \leq \theta \leq 87^\circ$$

$$0.09 \leq G_0 \leq 0.97$$

ここで、 θ ; 放流管とゲート面のなす角度

本放流管では、 $\theta = 63.43495^\circ$ で適用範囲から、わずかにはずれる。しかし、(6-4)式での計算値と実験値とを比較した表6-3、図6-5より明らかなようにその誤差は一部小開度において、4%程度あるもののほとんどが差1%以内におさまっており、本放流管においてもゲート部分開放時の補正係数は(6-5)式で表わされる事を示している。

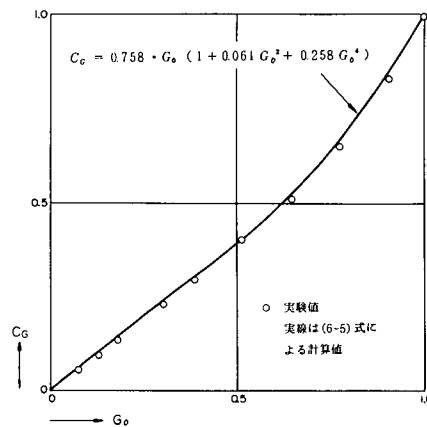


図6-5 $G_0 \sim C_G$ 関係図

表6-3 放流管流量係数の実験値と計算値の比較

ゲート開き G (m)	ゲート開度 G_0	実験値 C_G	計算値	実験値/計算値
0.3	0.0769	0.0589	0.0583	1.0102
0.5	0.1281	0.0933	0.0972	0.9598
0.7	0.1794	0.1341	0.1363	0.9838
1.0	0.2563	0.1934	0.1952	0.9908
1.2	0.3075	0.2354	0.2350	1.0017
1.5	0.3844	0.2977	0.2956	1.0071
2.0	0.5126	0.4055	0.4017	1.0094
2.5	0.6407	0.5195	0.5189	1.0012
3.0	0.7688	0.6514	0.6563	0.9925
3.5	0.8970	0.8221	0.8269	0.9942
全 開	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

※(藤本成, 洪水吐の機能設計“多目的ダムの設計第4巻”)

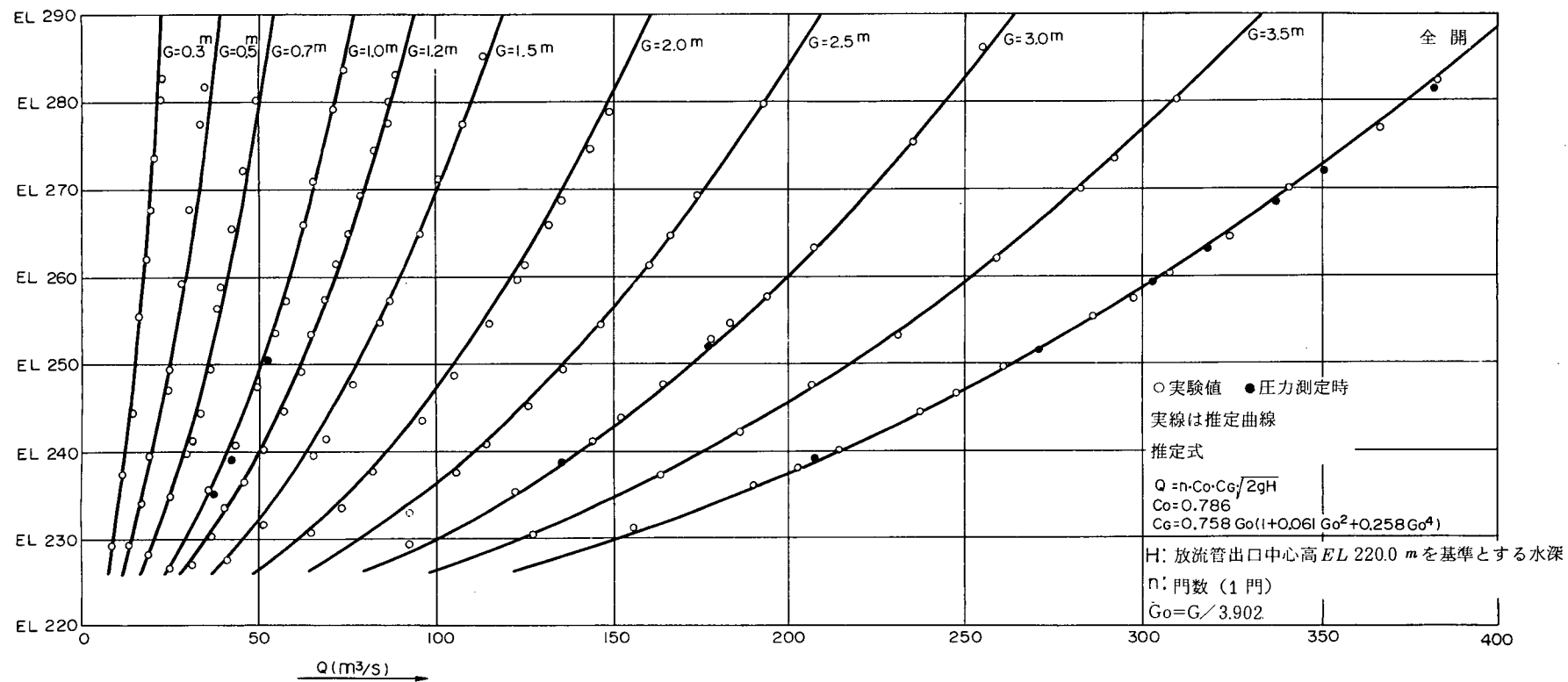


図6-6 放流管の放流能力曲線

以上の検討により、放流管の放流機能曲線式は次のように表わされることがわかった。(図6-6参照)

$$\left. \begin{aligned} Q &= n \cdot C_0 \cdot C_G \cdot A \sqrt{2gH} \\ C_G &= 0.758 G_0 (1 + 0.061 G_0^2 + 0.258 G_0^4) \\ G_0 &= G/D \end{aligned} \right\} \dots\dots (6-6)$$

ここに、 Q ; 放流量 (m^3/s)

n ; 放流管条数 (3)

C_0 ; ゲート全開時の流量係数 (0.786)

C_G ; ゲート部分開放時の補正係数

A ; 直管部の断面積 (13.8544m^2)

g ; 重力加速度 (9.8m/s^2)

H ; 出口中心 $EL.220.0 \text{m}$ を基準とする水深 (m)

G_0 ; ゲート開度

G ; ゲートの開き (m)

D ; 出口断面高さ (3.902m)

4-2 管内の圧力

管内の圧力測定は表6-4に示す12ケースについて実施した。なお測定点の位置は図6-3のとおり5測線, 31断面である。

測定結果は別表6-1に示すとおりであり, 主な負圧の発生場所と圧力値は, 下のとおりである。

負圧が発生しているのは, 貯水位が最低水位付近でゲート全開時のベルマウス終端付近であるが, この時の管内流速は, 15.0m/s程度であり十分に許容できるものである。また, その他の貯水位およびゲート開度では, 負圧の発生はまったく見られない。

表6-4 管内圧力測定実験ケース一覧表

ゲート開度	貯水池水位 (EL)	流量 (m ³ /s)
全 開	239.157	207.500
	251.737	271.353
	259.345	303.437
	263.545	318.022
	268.553	337.709
	281.637	382.084
3.0 m	238.761	135.312
	251.937	177.290
	272.312	350.834
1.0 m	235.578	37.813
	239.020	41.978
	250.332	52.188

負 圧 発 生 場 所	測 線	断 面	貯 水 位	ゲ ー ト 開 度	圧 力 値
ベルマウス終端上面	I	6	EL. 239.157 m	全 開	- 2.03m
" 側面	II	6			- 0.77m

4-3 圧力降下係数

管内の圧力の状況判断する指標として, 圧力降下係数 C_d がある。これは次式で求められる。

$$C_d = (H - H_p) / \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad \dots\dots (6-7)$$

ここで, C_d ; 圧力降下係数

H ; 貯水池全水頭 (m)

H_p ; 各点ピエゾ水頭 (m)

V ; 直管部平均流速 (m/s)

g ; 重力加速度 (9.8m/s²)

全開時の圧力降下係数は図6-7に示すとおりで流入部から圧力低下し, $X/D \div 0.321 \sim 0.411$ (測点5, 6) 付近で最大となり, この圧力低下は直管部 $X/D \div 0.738$ (測点8) 付近まで影響する。 $X/D \div 0.738$ 付近で回復した圧力はほとんど一定勾配で減少するが, 直管終端 $X/D \div 2.405$ (測点15) 付近から漸縮の影響を受けて上昇する。

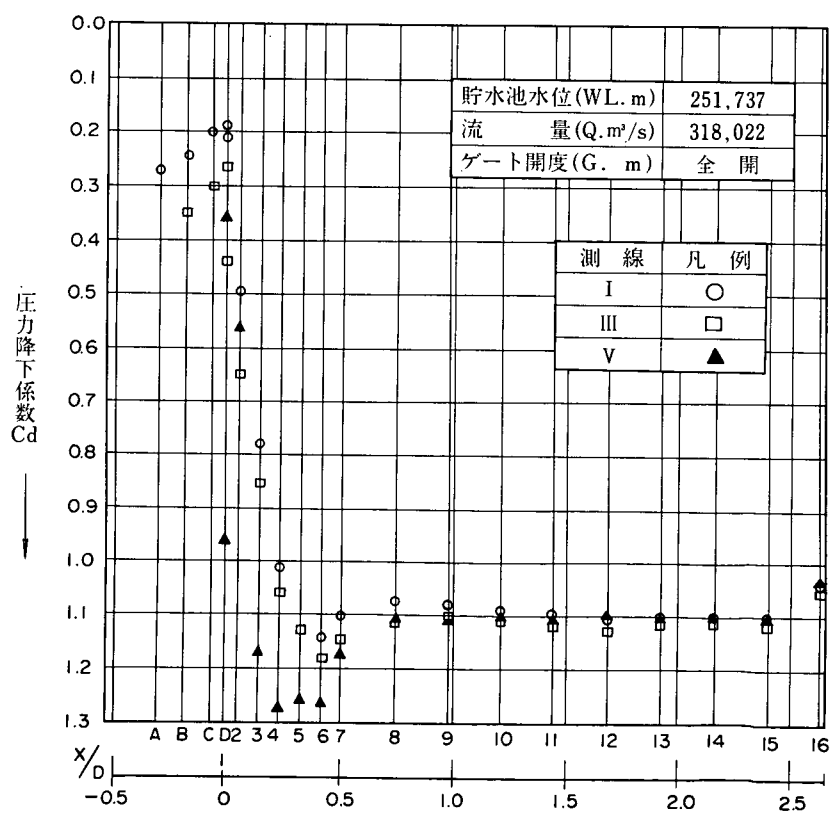
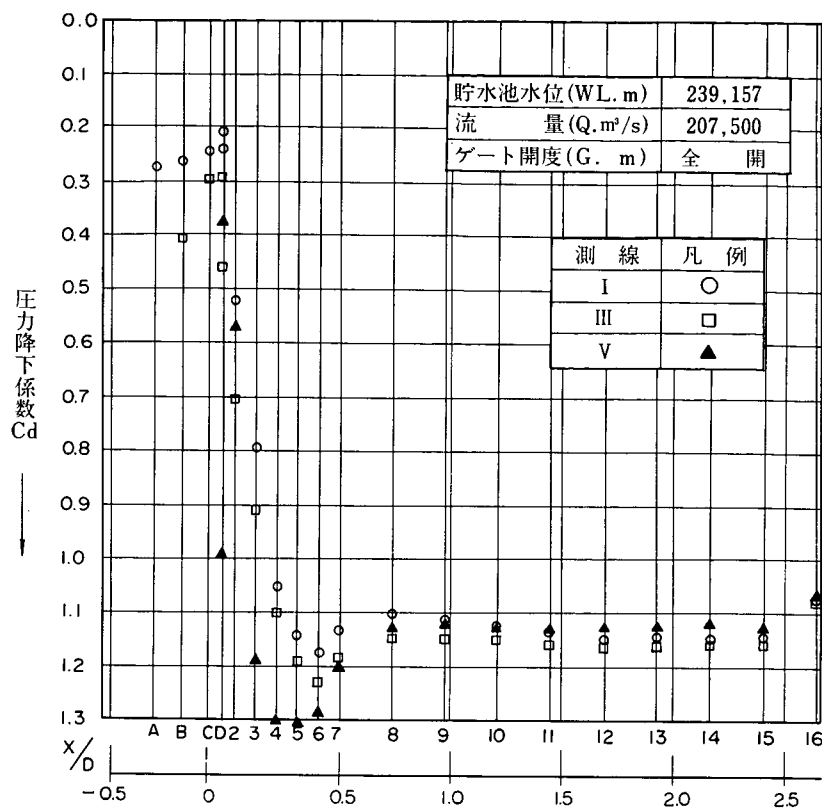


図 6-7.1 放流管の圧力降下係数

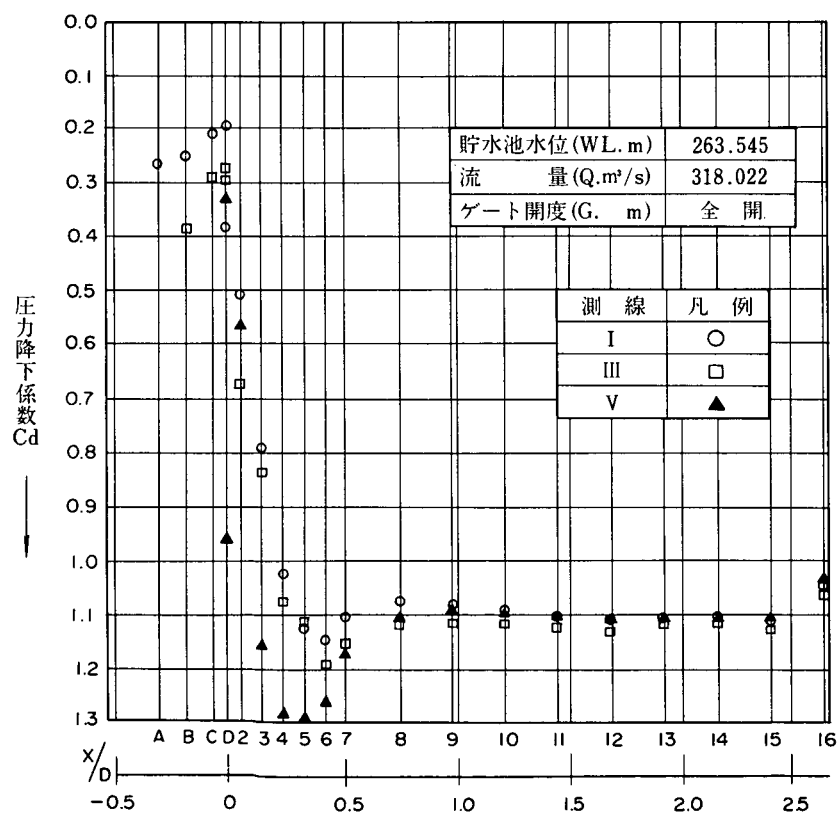
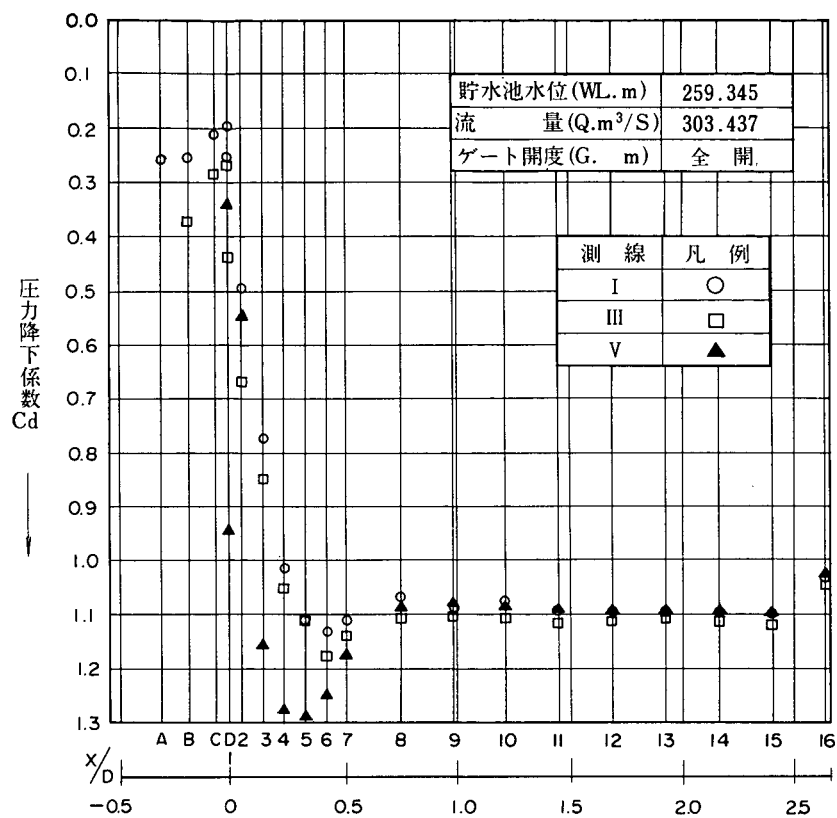


図 6-7.2 放流管の圧力降下係数

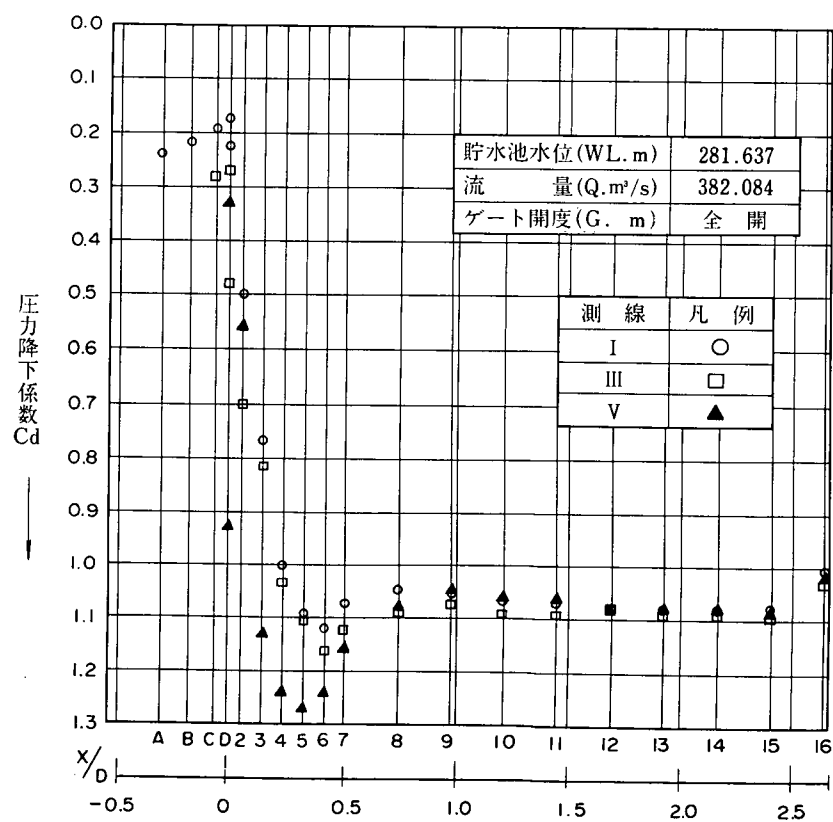
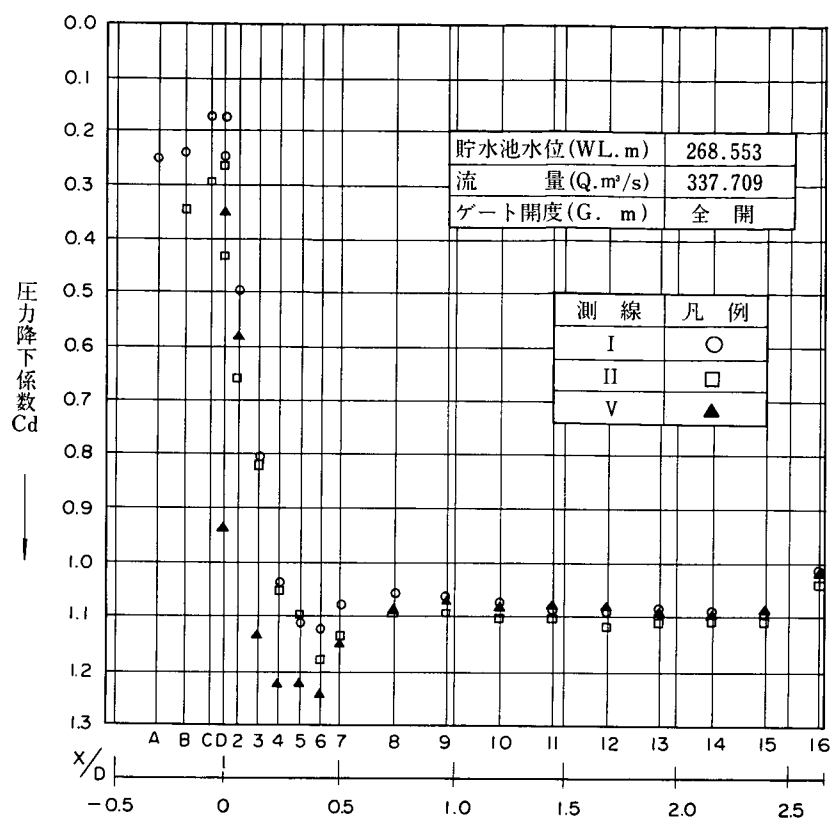


図 6-7.3 放流管の圧力降下係数

4-3 入口損失係数

直管部における圧力 P_x はベルヌーイの定理から次式で表わすことができる。

$$\frac{P_x}{w} = H - \left(f_e + f \frac{x}{D} + 1 \right) \frac{v^2}{2g} \quad \dots\dots (6-8)$$

ここに、 P_x ; ベルマウス終端から距離 x の中心圧力 (t/m^2)

w ; 水の単位体積重量 (1 t/m^3)

H ; 出口中心を基準とする貯水池水深 (m)

f_e ; 入口損失係数

f ; 摩擦損失係数

v ; 一様断面直管部の平均流速 (m/s)

g ; 重力加速度 (9.8 m/s^2)

(6-8) 式で定義される f_e は通常、ベルマウス終端で定義されるが、図6-6から明らかなように圧力降下はベルマウス終端から $X/D \div 0.238$ 下流まで影響している。したがって、ここでは直管部における摩擦損失のみが有効に作用している区間 ($X/D \div 0.738$ (測点8) ~ 2.405 (測点15)) の圧力勾配を求めて、ベルマウス終端の圧力を推定し、入口損失係数を求める。

ベルマウス終端の中心圧力を P_0 (t/m) とすれば、 f_e は (6-8) 式より次のように表わされる。

$$f_e = \frac{H - P_0/w}{v^2/2g} - 1 \quad \dots\dots (6-9)$$

P_x の推定式は次のとおりである。

$$\frac{P_x}{w} = \frac{P_0}{w} + bX \quad \dots\dots (6-10)$$

ここで、 X ; ベルマウス終端からの距離 (m)

b ; 圧力勾配

ゲート全開の圧力測定結果から P_0 , b を計算し、さらに P_0 を (6-9) 式に代入して f_e を求めると表6-5のようになる。この f_e と H/D の関係をプロットしたのが図6-8である。

表 6-5 圧力推定式の係数および入口損失係数

貯水池水位 $E L.$ (m)	239.158	251.737	259.345	263.545	268.553	281.637
P_0	226.117	230.278	232.828	234.066	235.864	240.084
b	-0.007	-0.042	-0.064	-0.069	-0.083	-0.097
H/D	4.56	7.56	9.37	10.37	11.56	14.68
f_e	0.139	0.096	0.083	0.097	0.078	0.071

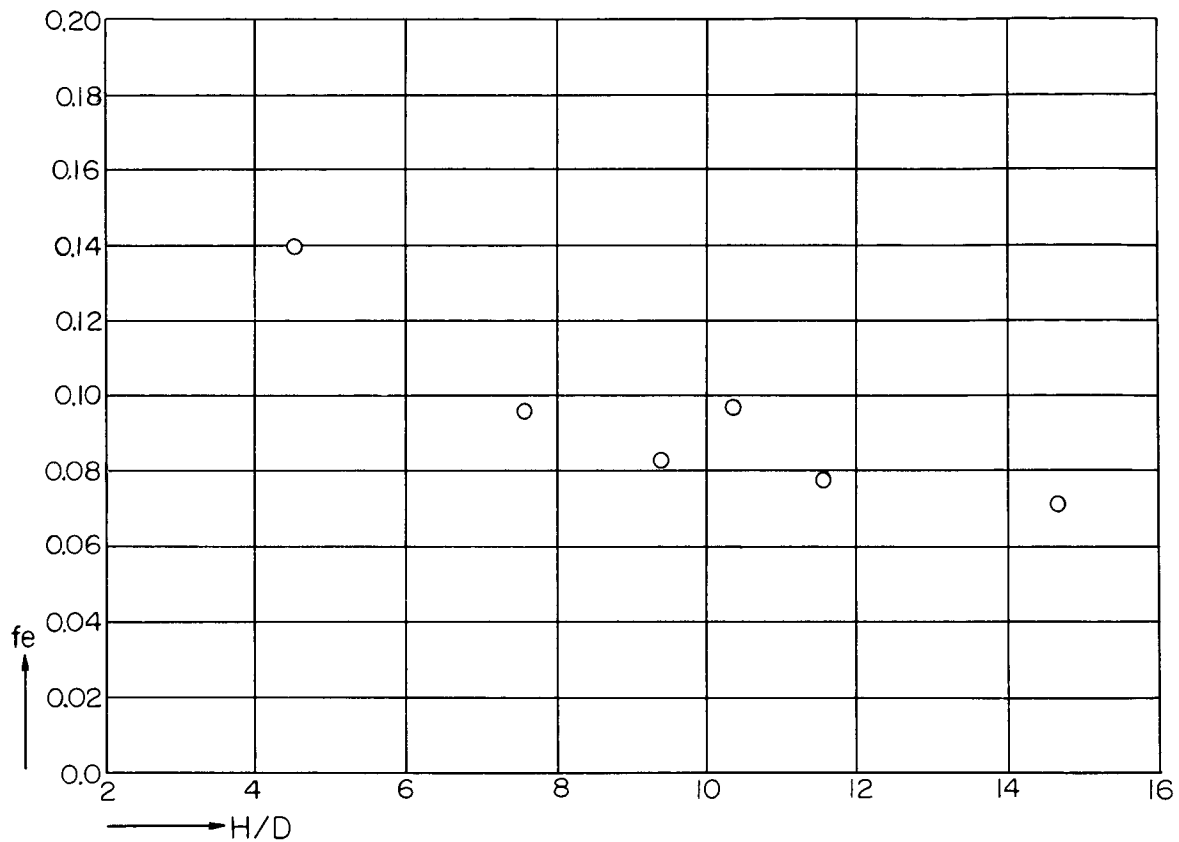


図 6-8 入口損失係数

平均で $f_e = 0.094$ である。フード部のない円形ベルマウスで本管のように長軸が $0.5 D$ 、短軸が、 $0.15 D$ の場合 $f_e \div 0.05$ でありフード付きの場合は約 2 倍の値となっている。ちなみに同様の放流管をもつ川治ダムの場合でも $f_e = 0.101$ とほぼ等しい。

第 7 章 洪水吐き水理模型実験

第7章 洪水吐き水理模型実験

第1節 実験目的

第5章で設計された洪水吐き形状による水理特性および機能について、水理模型実験により調査、検討する。なお実験形状は図7-1に示す。

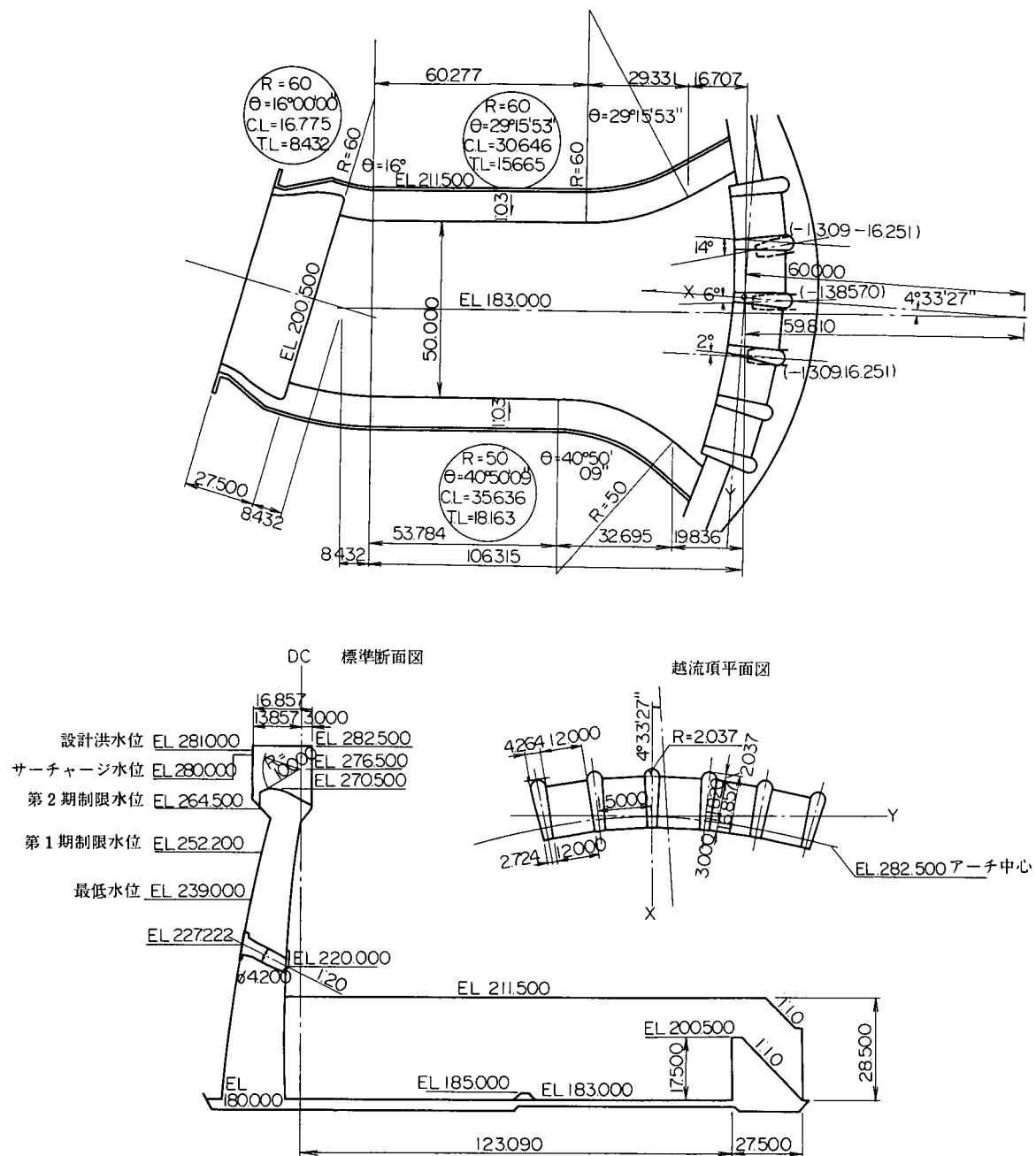


図7-1 実験形状

第2節 実験内容

2-1 洪水吐きの諸元

設計された洪水吐きの諸元は、次のとおりである。

(1) 洪水調節用放流設備

角形フード付き全管路型放流管 3 条

寸法	 $\phi 4.2\text{m} \times 3$ 条
出口中心標高	 $EL. 220.0\text{ m}$
管長	 16.15 m
管軸の傾き	 $1 : 2.0$
放流量	 $WL. 252.2\text{ m}$ で $800\text{ m}^3/\text{s}$
ゲート	 高圧ローラゲート (主ゲート)
	 コースタゲート (予備ゲート)

(2) 非常用洪水吐き

中央越流型洪水吐き 5 門

寸法	 幅 $12.0\text{ m} \times$ 高さ $12.0\text{ m} \times 5$ 門
クレスト敷高	 $EL. 270.5\text{ m}$
越流面形状	 上流面 — 標準形状
	 下流面 — 放物線形状
放流量	 $WL. 281.0$ で放流管と相まって $5,160\text{ m}^3/\text{s}$
ゲート	 ラジアルゲート ($R=10\text{ m}$)

(3) 減勢工

自由落下式減勢工

寸法	 幅 $50\text{ m} \times$ 長さ 120 m
水叩き面標高	 $EL. 183.0\text{ m}$
導流壁勾配	 $1 : 0.3$
幅ダム高さ	 13 m
設計対象流量	 $5,160\text{ m}^3/\text{s}$

2-2 実験内容

川辺川ダム洪水吐きについて以下の項目について調査、検討した。

1) 洪水吐き

- (1) 放流能力
- (2) 越流水面形
- (3) 洪水吐き配置と規模

2) 減勢工

減勢機能と減勢工規模

3) 下流河道部

水位と流速および流況調査

第3節 実験方法

3-1 実験設備および模型

実験は、土木研究所ダム水理実験棟内に図7-2に示すように、貯水池に該当する縦3.0m×横3.5m×高さ2.5mの木製水槽の下流にダム本体、減勢工および下流河道を木材、モルタル、アクリル板等で製作し取り付けた。なお、縮尺は1/50である。

また堤体および減勢工水叩き面に必要に応じて圧力測定用ピエゾ管を埋設した。

下流河道部は、減勢工下流約100m区間を現地地形平面図から読みとり、モルタル等にて再現した。

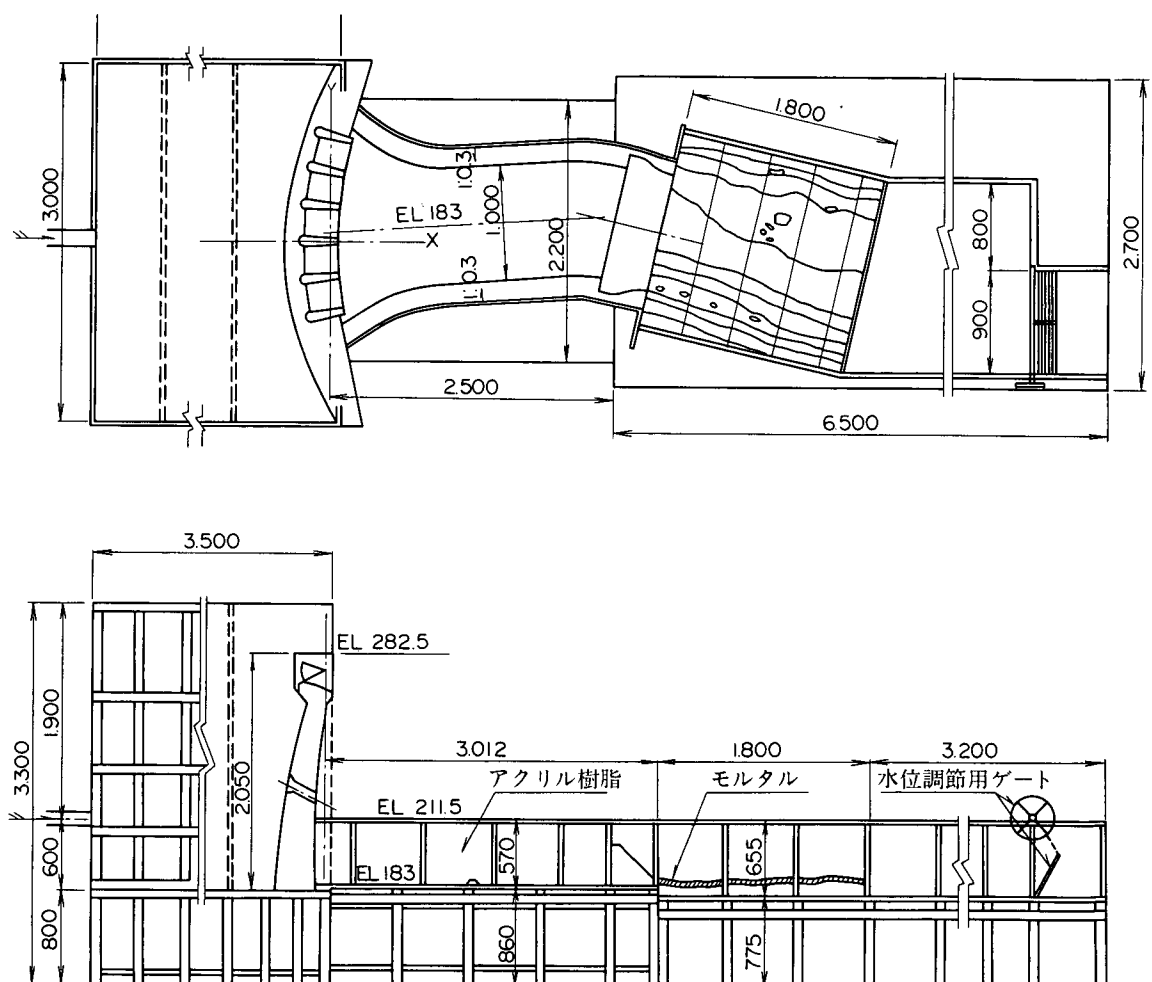


図7-2 実験模型図

3-2 計測方法

諸元の計測方法は、次のとおりである。

1) 流量

実験開始時、および、終了時の電磁流量計プリンター出力値をそれぞれ1個記録し、計2個の平均値を採用した。

2) 貯水池水位

貯水槽側部に取りつけた水位管の水位を、1/10mm読みポイントゲージで計測した。計測は、実

験開始時、および終了時にそれぞれ1回行い、その平均値を採用した。

3) 越流水脈・減勢工内の水位

それぞれ基準点からの最高、最低水位を1/10mm読み、ポイントゲージで計測した。

4) 圧力

本実験では、減勢状態、および放流水脈落下地点の受ける動水圧を把握する為に埋設したピエゾ管（内径1mm）からビニール管（内径6mm）により、垂直マンオメータ板に導き、1mm読みストレッチによりそれぞれ基準点からの最高最低ピエゾ水頭を計測し、圧力に換算した。

5) 流速

下流河道の流速については、表面（プロペラ径約2cmが没する程度）、水深の約1/2地点、底面の3点についてプロペラ式流速計により、10秒間の平均流速を計測した。

3-3 相似律

相似律は、フルードの相似律に従う。諸量の縮率は、次のようになる。

諸 量	基 本 次 元	縮 率	
長さ・水深	L	n	$1 : 50 = 0.0200$
時 間	T	$n^{1/2}$	$1 : \sqrt{50} = 0.1414$
流 量	$L^3 T^{-1}$	$n^{5/2}$	$1 : (50)^{5/2} = 5.6569 \times 10^{-5}$
圧力強度	$ML^{-1} T^{-2}$	n	$1 : 50 = 0.0200$
流 速	LT^{-1}	$n^{1/2}$	$1 : \sqrt{50} = 0.1414$
流量係数	$L^{1/2} T^{-1}$	n^0	$1 : 1 = 1$

なお、本報告書で取り扱う数値は、すべて実物換算した値である。

第4節 実験結果

4-1 洪水吐き

4-1-1 放流管の放流能力の検討

放流能力の測定結果は、別表7-1に示すとおりである。これより、算出される放流管の流量係数を第6章の抽出模型実験より得られた全開時の流量係数0.786と比較したのが、図7-3である。なお、流量係数は次式で求めた。

$$C_0 = \frac{Q}{n \cdot A \cdot \sqrt{2gH}} \quad \dots\dots (7-1)$$

$$\left[\begin{array}{l} n=3, A=13.8544\text{m}^2, g=9.8\text{m/s}^2 \\ Q; \text{放流量}, H; EL.220\text{mを基準とする貯水位} \end{array} \right]$$

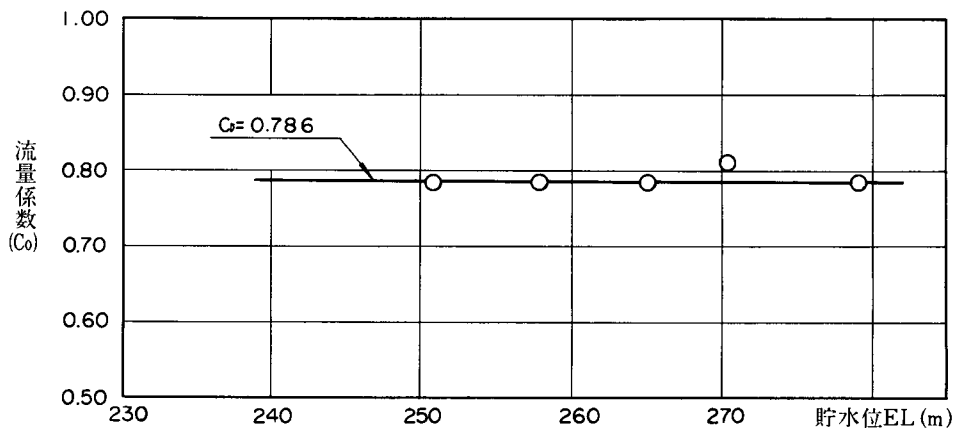


図7-3 放流管流量係数の比較

両者の差は、最大で3%，平均では0.6%であり、抽出実験の流量係数の妥当性が確認された。

4-1-2 越流部の放流能力の検討

越流頂についても、中間報告書の第5章で抽出実験を行っており、その時の測定結果は別表7-2のとおりである。全体模型と抽出実験との実験結果を比較したのが図7-4である。なお、図中の曲線はそれぞれ実験値より最小二乗法により求めたものである。

また、全開時の流量係数について両実験の結果を比較したのが図7-5である。

全開時の流量係数は次式で求めた。

$$C_0 = \frac{Q}{n \cdot B \cdot H^{3/2}} \quad \dots\dots (7-2)$$

$$\left[\begin{array}{l} n=5, B=12.0\text{m}, \\ H; \text{越流水深 (m)}, Q; \text{放流量} \end{array} \right]$$

全体模型の流量係数は、設計洪水水位EL. 281.0m付近では、1.98程度で抽出実験値の2.23に比べれば13%程度の低下である。これは、ピアによる縮流およびアーチ状平面配置の影響によるものと判断される。よって越流部の放流能力については、全体模型実験の結果を基に定める必要がある。

4-1-3 洪水吐きの放流能力

前項および前々項の検討より、放流管については第6章の(6-6)式、越流部については、全体

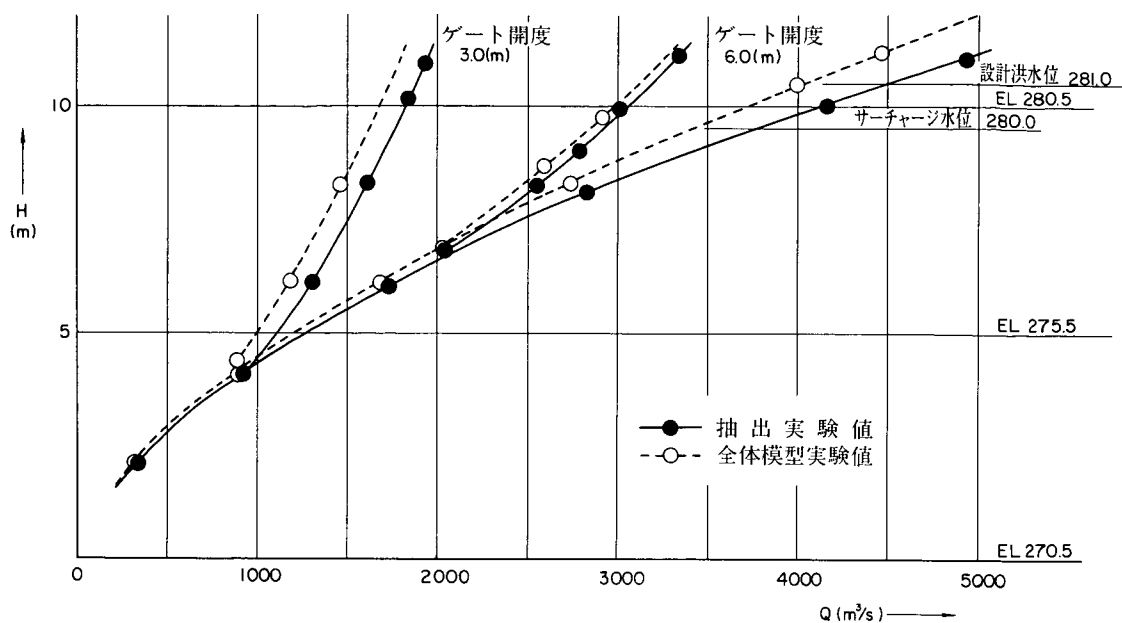


図7-4 抽出実験と全体実験における越流頂放流能力の比較

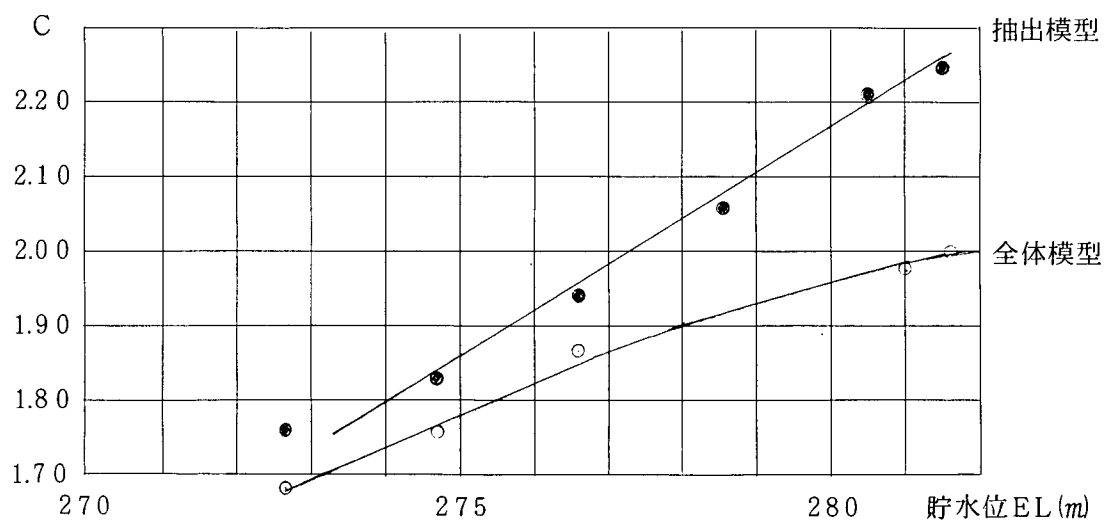
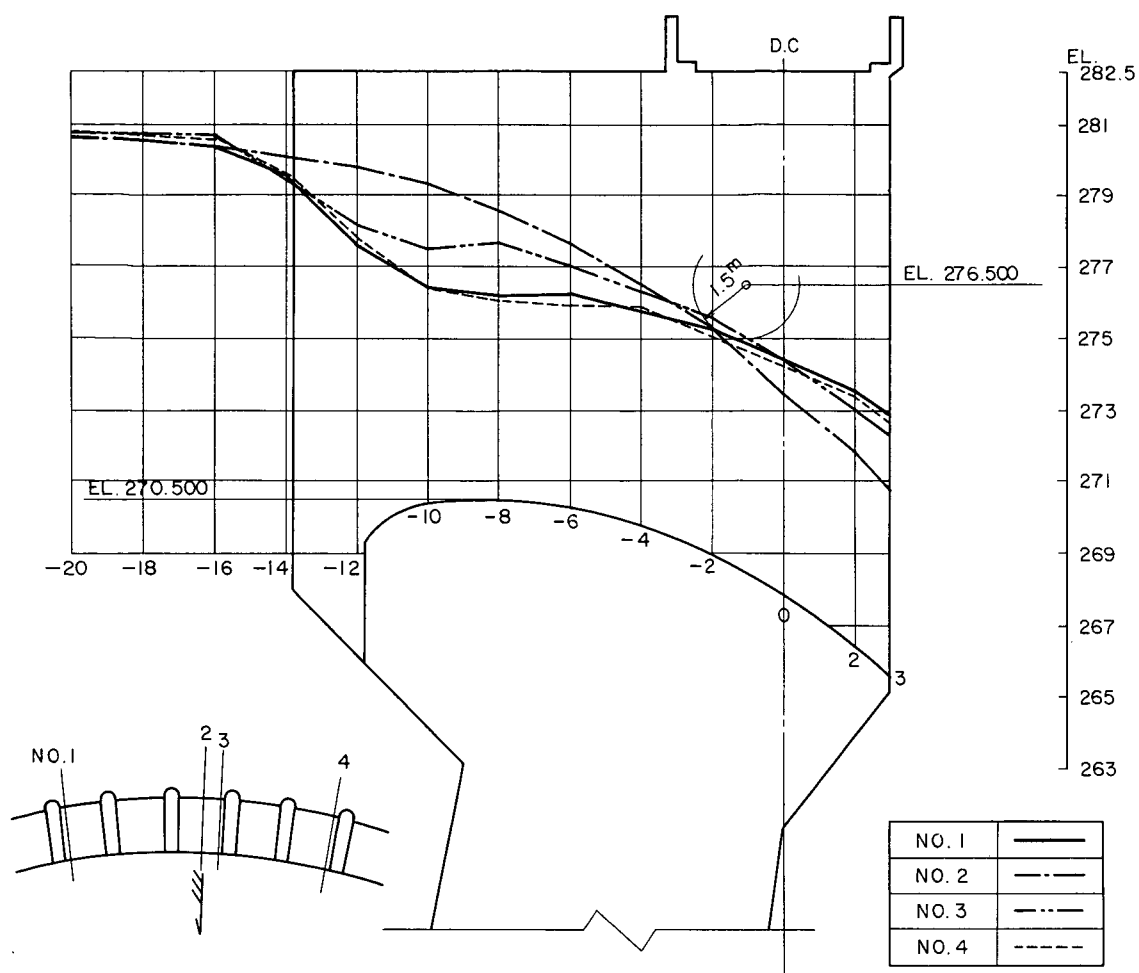


図7-5 ゲート全開時の流量係数の比較

模型実験の結果より洪水吐きの放流能力を算定する事にすると、各貯水位での放流量は、表7-1のとおりになる。これより洪水吐きは放流量について設計条件を満たしていることがわかる。

表7-1 全体実験の結果による放流能力

貯水位 EL (m)	放流量 (m³/s)		
	放流管	越流部	合計
最低水位 EL 239.0m	630.4	—	630.4
第1期制限水位 EL 252.2m	820.7	—	820.7
サーチャージ水位 EL 280.0m	1,120.3	3,443.4	4,563.7
設計洪水水位 EL 281.0m	1,129.6	4,042.0	5,171.6

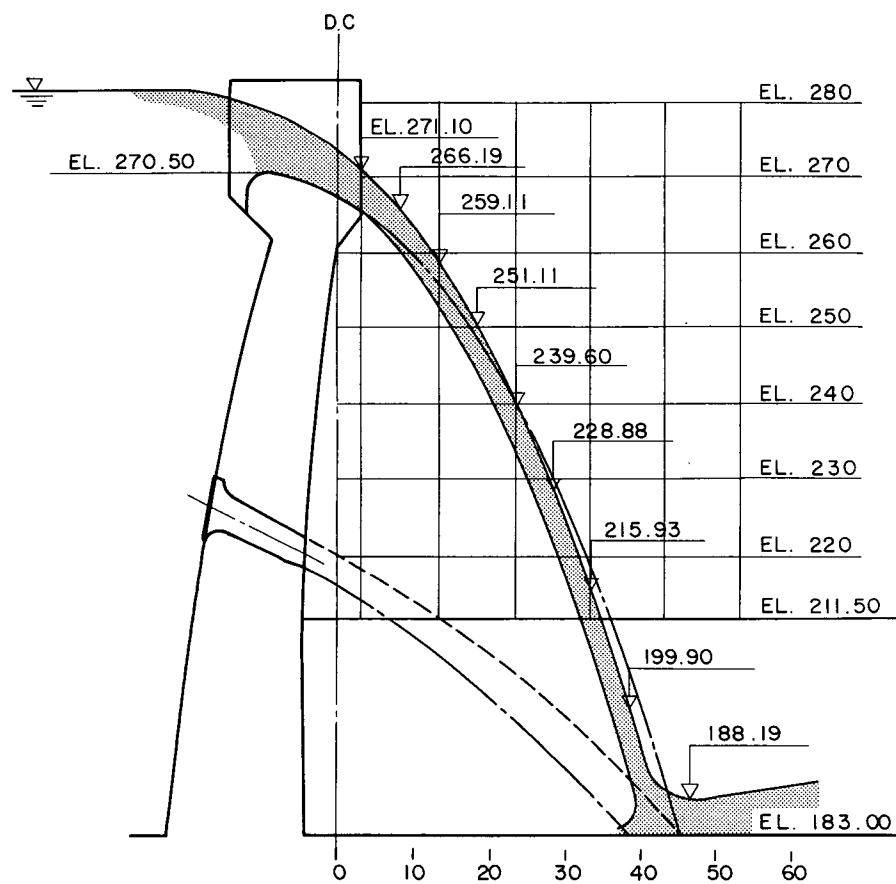


測線	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4	
距離	最大水位	平均水位	最大水位	平均水位	最大水位	平均水位	最大水位	平均水位
-20	280.69	280.64	280.65	280.64	280.77	280.76	280.88	280.86
-18	280.63	280.57	280.56	280.53	280.72	280.70	280.70	280.69
-16	280.48	280.40	280.39	280.37	280.70	280.68	280.56	280.54
-14	279.83	279.66	280.15	280.11	280.68	280.63	279.98	279.71
-12	277.87	277.63	279.82	279.79	279.53	279.47	277.97	277.85
-10	276.64	276.46	279.35	279.33	278.21	278.15	276.64	276.43
-8	276.36	276.18	278.64	278.63	277.53	277.49	276.34	276.05
-6	276.52	276.28	277.78	277.71	277.11	277.05	276.25	275.94
-4	275.94	275.76	276.70	276.54	276.38	276.33	276.08	275.90
-2	275.44	275.28	275.64	275.43	275.69	275.64	275.47	275.16
0	274.53	274.39	273.81	273.61	274.50	274.46	274.56	274.28
2	273.74	273.54	272.25	271.93	273.12	273.04	273.73	273.39
3	273.05	272.91	271.23	270.89	272.45	272.37	273.01	272.68

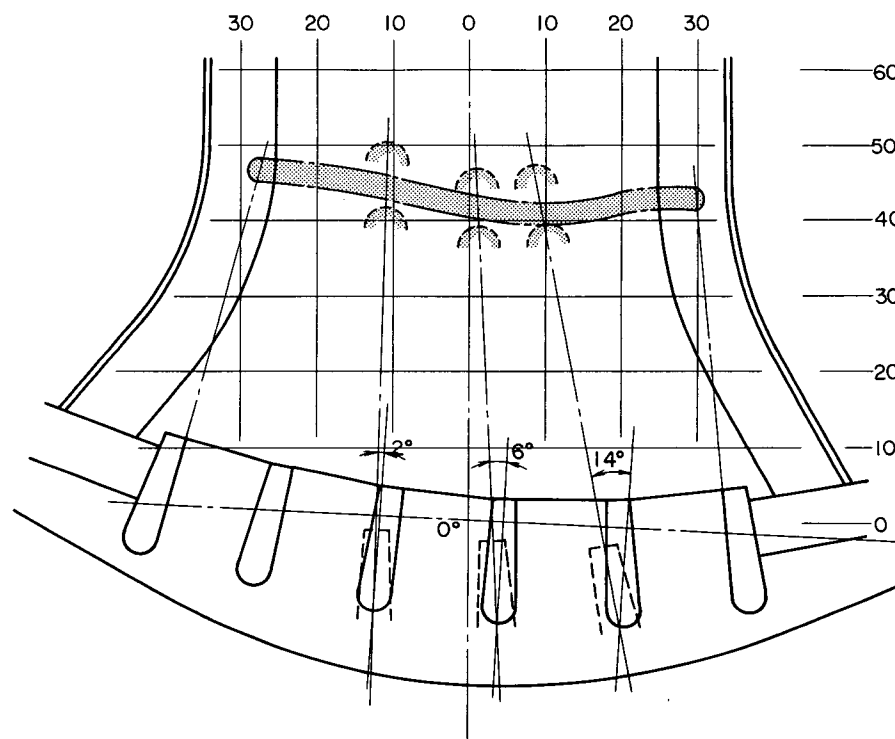
貯水位	EL281.05m
流量	$Q = 5,169.83 \text{ m}^3/\text{s}$

図7-6 越流水面形

落下水脈の軌跡



水脈落下位置



落下水脈：越流部 3 門放流管 5 門放流
 EL280.92 $Q=5,145.09\text{m}^3/\text{s}$
 放流水脈：放流管 3 門単独放流
 EL280.86 $Q=1,129.43\text{m}^3/\text{s}$
 EL250.66 $Q=800.80\text{m}^3/\text{s}$

図7-7 放流水脈の落下状態

4-1-4 越流水面形の検討

越流水面形の測定結果は、図7-6に示すとおりで、計測断面も同図に示しておいた。

ピアによる縮流は、左右岸のピア沿いが最も顕著で、中間ピア沿いは比較的小さい傾向がある。なお、ゲートピンとの余裕は、1.3m程度である。

4-1-5 洪水吐き配置の検討

洪水吐き配置については、減勢工の減勢機能とも関連があり、特に同時放流時においては、放流水脈と越流水脈を相互に衝突させることが減勢機能を高めることと考えられる。

ここでは、放流水脈、落下水脈およびその落下点の計測により、洪水吐き配置の検討を行った。

図7-7は、放流管単独放流での計画最大放流量 $800\text{m}^3/\text{s}$ 、および設計洪水位 $EL. 281.0$ での放流管単独の最大可能放流量 $1,130\text{m}^3/\text{s}$ 放流時とダム設計洪水流量 $5,160\text{m}^3/\text{s}$ 放流時（同時放流）の越流部からの落下水脈の軌跡、落下位置の計測結果である。ただし、下流水位調節は行わず、副ダムも設けていない。

放流管単独 $800\text{m}^3/\text{s}$ 放流時の放流水脈の飛距離は、出口から約42mである。落下地点は、 $DC. 39\text{m}$ ～ $DC. 41\text{m}$ で、減勢工中心から左右岸方向に±15mの範囲に落下する。

$1,130\text{m}^3/\text{s}$ 放流になると、その飛距離はさらにのびて約51mに達し、落下地点は $DC. 46\text{m}$ ～ $DC. 50\text{m}$ 、減勢工中心から左右岸方向に±15mの範囲に落下する。

放流水脈は、全開放放流時に落下地点で約6.0mまで拡幅されるが、落下後の水脈の飛散は小さく、減勢工中央に集中している。

ダム設計洪水流量 $5,160\text{m}^3/\text{s}$ 放流での越流水脈は、 $DC. 40\text{m}$ ～ $DC. 48\text{m}$ の間にアーチ状に落下しており、左右岸の導流壁上にも水脈の落下があり、特に右岸側導流壁の方がその割合が大である。

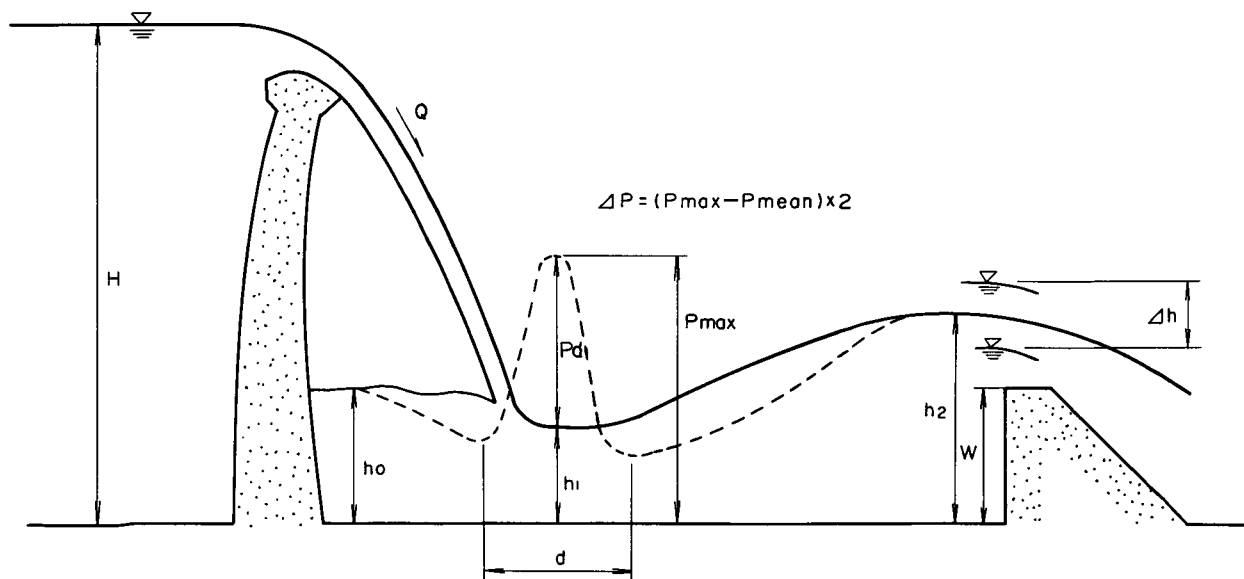


図7-8 減勢工水理量の説明図

4-2 減勢工

減勢工に関する測定、解析および検討は、次の点に注目して行った。

- 1) 下流水深と水叩き面の受ける圧力
- 2) デフレクタの設置による流況の改善

実験は副ダム高さについて17.5m, 15m, 13mの3ケースで行い, 最適な副ダム高さを決定し, その後にデフレクタの検討を行った。減勢工検討を行うに当り, 水理量を図7-8に示す記号で定義する。

ここで,

Q ; 流量 (m^3/s)

H ; 水叩き面を基準とする全水頭 (m)

h_0 ; 水脈上流側の平均水深 (m)

h_1 ; 最大圧力を与える断面における平均水深 (m)

h_2 ; 副ダム前面における平均水深 (m)

Δh ; 副ダム前面における水位変動幅 (m)

$P_{\max}$; 水叩き面の受ける最大圧力水頭 (m)

P_{mean} ; 最大圧力を与える点での平均圧力水頭 (m)

ΔP ; 最大圧力を与える点での圧力変動, $(P_{\max} - P_{\text{mean}}) \times 2$

P_d ; 最大動水圧水頭 (m), $(P_{\max} - h_1)$

d ; 圧力集中部分の広がり上下流方向の長さ (m)

W ; 副ダム高さ (m)

また, 水位および圧力の測定位置を別図7-1に示す。

4-2-1 下流水深と水叩き面の受ける圧力

水叩き面の受ける圧力および減勢工水深の測定結果は別表7-3に示すとおりであり, (ただしこの時には, 減勢工内にシルは設置されていない。)これより, 計算される各水理量をまとめたのが表7-2である。下流水深と最大圧力および最大動水圧の集中度合との関係を求めると, 図7-9~10の様になり, これより次のことがいえる。

- 1) 最大圧力は, 下流水位の変化に対してほぼ一定の値となり, $P_{\max}/H$ は越流部単独放流では, 0.60~0.62で, 同時放流では0.53~0.55の値をとる。
- 2) 最大動水圧の集中度合を示すパラメーター P_d/d は下流水深の増加につれて減少し越流部単独放流, 同時放流とも同様の傾向を示している。

なお, $h_2/H = 0.275$ 付近で $P_d/d = 1.0$ となる。

表7-2 減勢工の各水理量

CASE	NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6	NO. 7
WL (m)	280.92	280.95	280.95	280.95	280.90	280.90	280.90
Q (m^3/s)	5134.27	5170.52	5145.76	5145.76	3998.04	3998.04	3998.04
H (m)	97.92	97.95	97.95	97.95	97.90	97.90	97.90
h_0 (m)	29.15	25.23	18.35	17.45	17.38	19.25	21.63
h_1 (m)	23.65	25.04	13.08	3.13	3.30	13.18	17.48
h_2 (m)	26.63	28.92	17.79	9.38	12.19	18.62	21.78
$P_{\max}$ (m)	52.75	51.75	54.25	52.15	60.50	60.65	58.40
P_d (m)	29.10	26.71	41.17	49.02	57.20	47.47	40.92
d (m)	30.0	30.0	25.0	25.0	25.0	30.0	30.0
h_2/H	0.27	0.30	0.18	0.10	0.12	0.19	0.22
$P_{\max}/H$	0.54	0.53	0.55	0.53	0.62	0.62	0.60
P_d/d	0.97	0.89	1.65	1.96	2.29	1.58	1.36

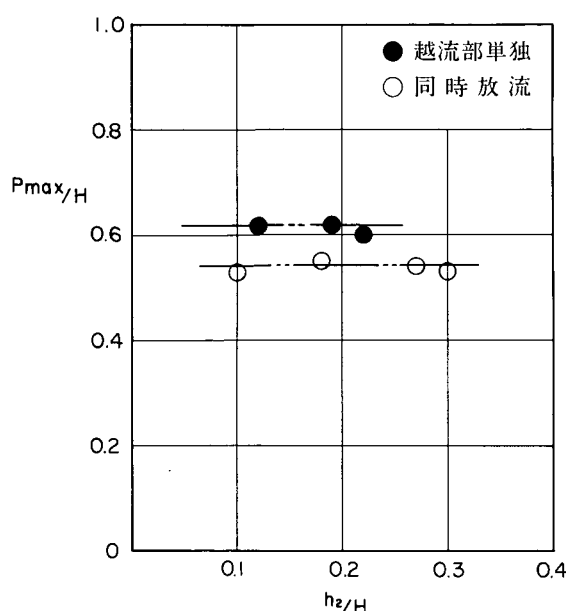


図 7-9 最大圧力と下流水深の関係

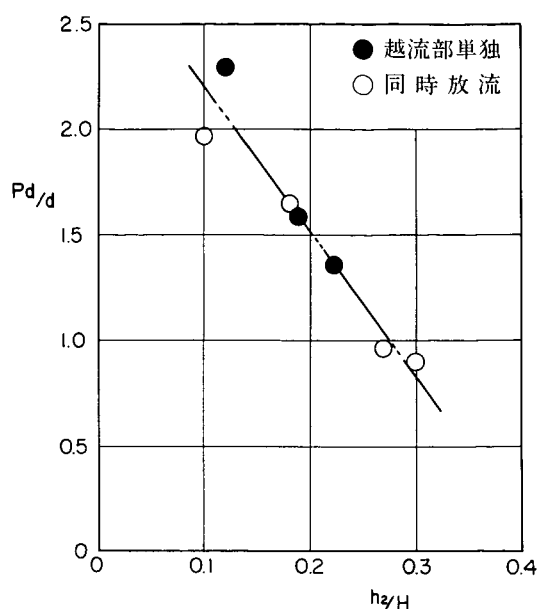


図 7-10 圧力集中度と下流水深の関係

最大圧力の発生する断面は、DC.45～50m 付近であり貯水位を 281.0m とすると、最大圧力の越流部単独放流時に約 60m 水柱、放流管との同時放流時には約 53m 水柱となる。

従来の例では、 P_d/d は 1.0 を下回ったところから、急に減少率が低下する事が知られており、 P_d/d が 1.0 を上回らないように減勢工水深を決定している。本ダムでも $P_d/d = 1.0$ とすると、 $h_2/H = 0.275$ であり $H = 98\text{m}$ では $h_2 \approx 27\text{m}$ となり、これに対応する副ダム高さは 13 m である。

4-2-2 減勢工内の流況

減勢工内の流況については、副ダム高さ 17.5m、15.0m、13.0m の 3 ケースについて行ったが、いずれも流況的には大差なく放流管単独放流時では、放流水脈の拡散効果が小さく、減勢工中央に集中するため、噴流が拡散する長さが長くほぼ副ダム直上流まで達する。

同時放流となると、全流量ともほぼ突入した水脈が右岸側に片寄り、右岸側では直進する流れ、左岸側では逆流する流れを呈し、そのため右岸側副ダム前面からは飛散する流況である。（別図 7-2 参照）

よって、減勢工内に補助構造物を取り付けることによる流況改善の可能性について検討してみることとした。

4-2-3 減勢工内補助構造物の検討

減勢工内補助構造物による流況改善の方針は、次の 3 点である。

① 放流管単独放流時

減勢工中央での著しい水面隆起を発生させず、放流水脈の拡散効果を高め、噴流拡散領域、特に長さが短縮されること。（A）

② 同時放流時

右岸側に集中する流れの方向を変えることにより、左岸側の逆流が発生せず、副ダムから均等に流下させる。（B）

副ダムからの飛散を解消する。（C）

なお、対象とした流量は、 $800\text{ m}^3/\text{s}$ および $4,600\text{ m}^3/\text{s}$ (WL. 280mでの最大流量)である。まず、設置位置および形状の目安をつけるために予備的に I 型のシルを設けてみた。

設計位置は、シル中心で DC. 70.0m の位置、長さは 50.0m とし、減勢工中心線方向に対し 90° および 74° の 2 ケースを実施した。

この結果では、 $800\text{ m}^3/\text{s}$ 放流時では 2 ケースとも減勢工中央での水面隆起が大きく A の条件を満足しない。しかし、噴流拡散の長さは短縮される。

また、 $4,600\text{ m}^3/\text{s}$ 放流時では、副ダムからの飛散する現象は幾分緩和されるものの、B の条件は満足されず、 74° で設置した場合ではシルによって方向を左岸側に変えられた潜流が左岸導流壁沿いで上向きとなるため、この付近の水面隆起、変動が大きく左岸側逆流域を増長することがわかった。

したがって、次のことがいえる。

○ シル高さ 2.0m とした場合、DC. 70m より上流へ設置することは、単独放流時の流況改善につながらない。むしろ、DC. 70m あるいは上流へ設置するのであれば高さを低くするか、長さを短かくするかのいずれかとなり、下流側へ設置するのであれば 2.0m 程度が妥当な高さといえる。

○ シル設置角度は、減勢工中心線方向に対し 90° の方が妥当といえる。

この予備検討を踏まえて、本ダムの減勢工については図 7-11 に示す 5 ケースのシルについて流況調査を行った。

この結果を流況改善方針の A, B, C に対し、ほぼ満足できる○、幾分改善される△、設置しない場合と大差ない×、としてまとめると、表 7-3 のようになる。

各形状ともシルを設けない場合の流況を大幅に改善するのは、無理なようであるが放流管単独放流時の流況は、④によりある程度緩和される。

しかし、この場合、同時放流となるとシルの効果はなく、その他の形状についても一長一短がある。したがって、シルの効果により平均的に流況が改善された⑤を採用した。

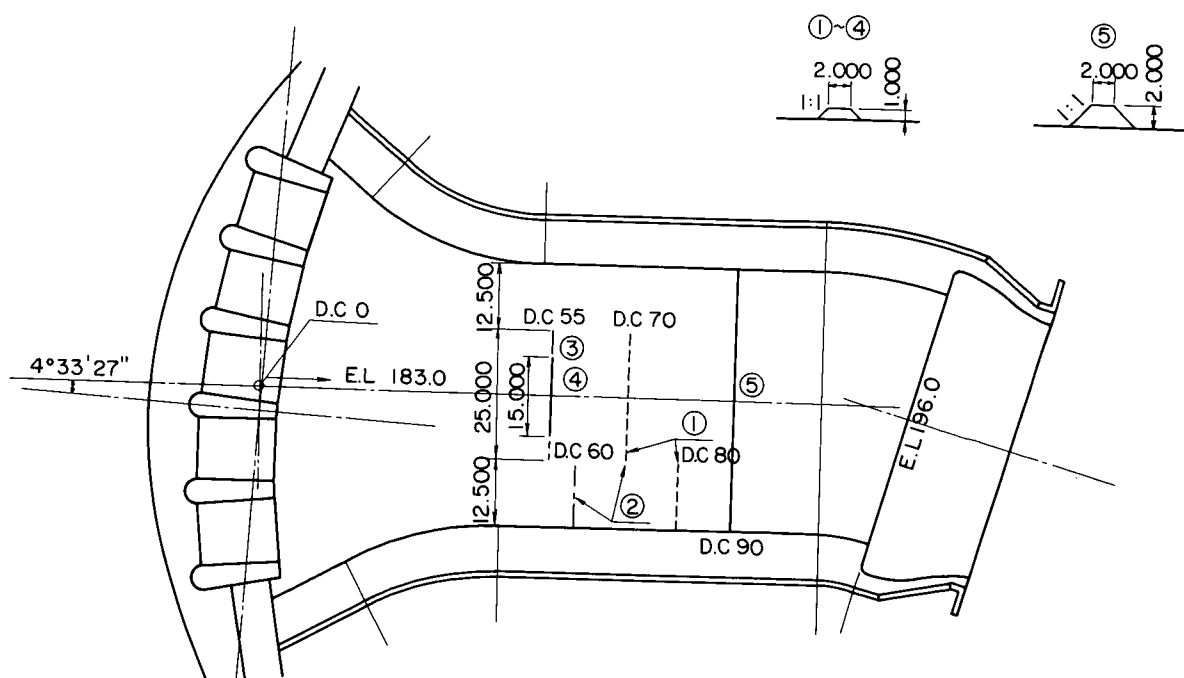


図 7-11 シル設置位置および検討形状

表 7-3 シル設置時の流況評価

ケース	Q (m³/s)	A	B	C	流況	総合評価
①	800	△	—	—	拡散効果はあるが、水面隆起を伴なう。	△
	4,600	—	△	×	減勢工中央で水面隆起を伴なう。	
②	800	△	—	—	①と同じ。	△
	4,600	—	×	△	減勢工右岸側の水面隆起がある。	
③	800	△	—	—	放流水脈落下地点で拡散効果はあるが水面隆起を伴なう。	×
	4,600	—	×	×	デフレクタの効果はほとんどない。	
④	800	○	—	—	放流水脈落下地点に近いので、拡散効果が高い。	△
	4,600	—	×	×	デフレクタの効果はほとんどない。	
⑤	800	△	—	—	拡散効果はなく他のケース①, ②, ③程度	△
	4,600	—	△	△	左右導流壁沿いの水面隆起を緩和する。	

4-2-4 シル設置後の減勢工流況

今までの検討より、本実験による減勢工最適案（第7章形状）として副ダム高さ13m、シルは高さ2.0m、幅50mとし設置位置はDC. 90.0mで、減勢工に対し直角である形状が求められた。これは、図7-12に示すとおりであり、これについて流況解析を行った。（別図7-3参照）

放流管単独放流および1,200m³/s同時放流では、三次元的な噴流拡散に近い流況を呈する。

これらの放流に対するシルの分散効果は小さいが、減勢工底面をほう潜流を上向きに変える効果があり、原案のように潜流が副ダム直上流から、噴き出すような流況は緩和される。

1,200m³/sを越える同時放流になると、越流部からの落下水脈が支配的となり、二次元的な跳水現象に近くなる。減勢工底面をほう潜流は、シルにより全般に上向きに方向を変え、表面近くで上下流に分散する。

しかし、4,000m³/s付近になるとシルによって上向きとなった潜流が、上流側に逆流する割合が小さく、大半が下流側に流出するため、特に落下水脈とシル間の水位低下（10.5m）が目立つ。

なお、シルなしの場合の水位低下は4.5mであり、減勢工底面に受ける圧力はシルなしの場合に比べると特に動水圧が増加する。

ダム設計洪水流量放流時の最大圧力をとる地点は、H測線DC.45.0mで、総水圧 $P_{\max} \doteq 57$ m水柱、動水圧 $P_d \doteq 39.3$ m水柱、圧力の集中度 $P_d \doteq 1.2$ 程度であり、この時の越流部設計流量約4,030m³/sを単独放流した場合では、 $P_{\max} \doteq 56.9$ m水柱、 $P_d \doteq 47$ m水柱、 $P_d \doteq 1.3$ 程度である。

（表7-4、別表7-4参照）

なお、減勢工導流壁沿いの最大水位は、表7-5に示すとおりで最大でEL.210.26mである。

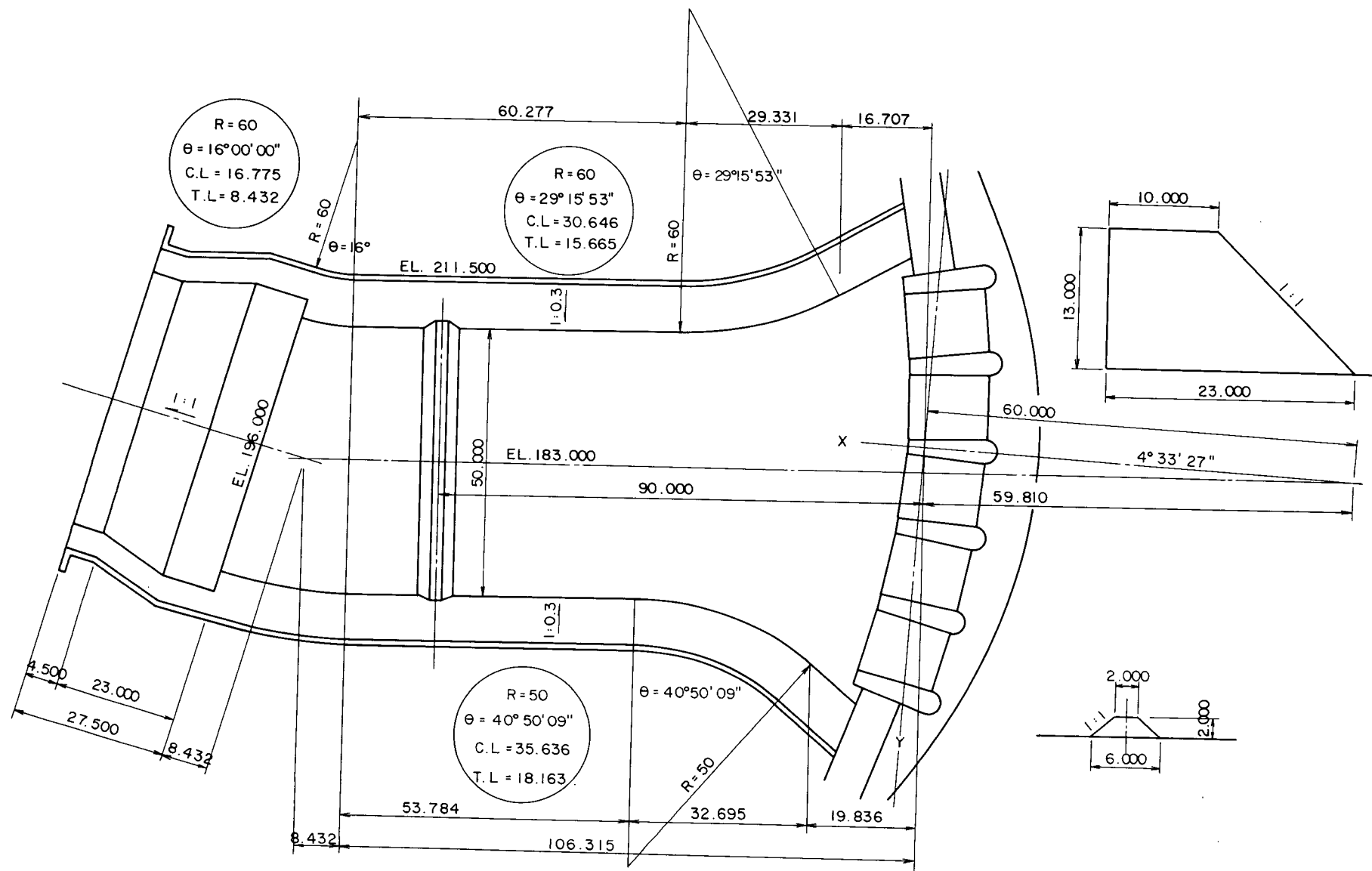


図 7 - 12 第 7 章実験による最適減勢工形状 (第 7 章形状)

表 7-4 第 7 章形状による減勢工内各水理量

Q	H	h_0	h_1	h_2	Δh	$P_{\max}$	P_{mean}	ΔP	P_d	d	$P_{\max}/H$	h_2/H	P_d/d	$\Delta h/h_2$
801.79	65.10	15.23	16.08	16.79	0.93	—	—	—	—	—	—	0.26	—	0.06
						(C 35) 21.80	21.38	0.84	5.72	20.0	0.35		0.29	
1,197.82	88.55	14.38	15.85	18.66	1.68	—	—	—	—	—	—	0.21	—	0.09
						(C 45) 24.55	23.50	2.10	8.70	40.0	0.28		0.22	
4,601.22	96.97	22.13	17.52	24.16	1.89	(H 45) 54.00	49.78	8.44	36.48	30.0	0.56	0.25	1.22	0.08
						(E 45) 38.55	37.30	2.50	21.03	35.0	0.40		0.60	
5,164.33	97.92	22.25	17.74	25.28	2.54	(H 45) 57.05	53.15	7.80	39.31	35.0	0.58	0.26	1.12	0.10
						(C 45) 41.75	38.80	5.90	24.01	40.0	0.43		0.60	
4,031.92	97.96	20.50	17.82	22.79	3.78	(H 45) 56.85	51.60	10.50	39.03	30.0	0.58	0.23	1.30	0.17
						(C 40) 46.90	41.70	10.40	29.08	35.0	0.48		0.83	

()内は測点位置

表 7-5 減勢工左右岸導流壁沿いの最大水位

WL	EL.248.10 m				EL.278.08 m				EL.280.92 m			
Q	Q = 801.79 m ³ /s				Q = 1,129.75 m ³ /s				Q = 5,164.33 m ³ /s			
距 離 (m)	左 岸		右 岸		左 岸		右 岸		左 岸		右 岸	
	H (m)	EL (m)	H (m)	EL (m)	H (m)	EL (m)	H (m)	EL (m)	H (m)	EL (m)	H (m)	EL (m)
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	15.19	198.19	15.30	198.30	—	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	15.32	198.32	15.43	198.43	14.27	197.27	14.59	197.59	—	—	—	—
45	—	—	—	—	15.21	198.21	15.11	198.11	—	—	—	—
50	15.90	198.90	15.58	198.58	15.04	198.04	15.22	198.22	20.65	203.65	20.20	203.20
55	—	—	—	—	15.64	198.64	15.89	198.89	20.70	203.70	20.50	203.50
60	16.48	199.48	15.85	198.85	15.81	198.81	17.42	200.42	22.00	205.00	21.60	204.60
65	—	—	—	—	17.08	200.08	16.47	199.47	22.15	205.15	21.62	204.62
70	16.61	199.61	16.35	199.35	16.76	199.76	17.49	200.49	22.40	205.40	23.60	206.60
75	—	—	—	—	17.28	200.28	17.02	200.02	20.83	203.83	24.23	207.23
80	18.04	201.04	16.47	199.47	17.87	200.87	18.18	201.18	22.00	205.00	27.18	210.18
90	18.23	201.23	17.35	200.35	20.39	203.39	19.26	202.26	24.97	207.97	27.05	210.05
100	18.68	201.68	18.32	201.32	19.60	202.60	19.17	202.17	26.22	209.22	27.08	210.08
110	17.83	200.83	17.46	200.46	16.92	199.92	19.21	202.21	26.55	209.55	27.26	210.26

4-3 下流河道

下流河道は、副ダム下流約100m区間を再現した。本実験では $800\text{m}^3/\text{s}$ 、 $5,160\text{m}^3/\text{s}$ に対して下流水位を調節しない場合と、副ダム直下流から跳水を起こすような水位に調節した場合の水位、流速の計測を行ない副ダム減勢工の必要性についても若干検討を加えた。測定結果は表7-6、別図7-4に示すとおりである。

$800\text{m}^3/\text{s}$ 放流の場合では、跳水させた場合、副ダム直下流の流速の減衰は認められるが、その下流での大幅な減少はなく、最大 $5\text{m}/\text{s}$ 前後の流速となる。

$5,160\text{m}^3/\text{s}$ になると、下流水位調節を行わないと、プロペラ式流速計の計測限度(模型流速で $2\text{m}/\text{s}$)を越えてしまい、跳水に必要とする下流水位は、 $EL.205\text{m}$ であり、水平水叩き型の副ダム減勢工とした場合の規模は相当大規模となる。

よって、強制的に跳水を起こさせて、減勢させるタイプの副ダム減勢工がよい。

表 7-6 下流河道の水位と流速値

WL = EL.241.10m

Q = 801.79m³/s

断面 \ 測線		(1) 下流水位調節なしの場合			(2) 跳水させた場合		
		A	E	I	A	E	I
DC. + 150.57 m	底面	1.27	6.97	1.48	1.20	3.96	1.43
	中央	1.32	1.14	2.25	1.28	1.09	2.00
	表面	2.49	0.69	2.29	2.15	1.15	2.45
	水位	右岸192.14	191.81	左岸 194.69	右岸 192.13	192.23	左岸 193.15
DC. + 183.07 m	底面	2.35	5.74	—	2.58	4.32	—
	中央	3.17	3.56	—	2.26	4.55	—
	表面	3.12	4.24	—	1.56	2.97	—
	水位	右岸191.19	189.78	左岸 189.94	右岸 191.53	190.78	左岸 192.66
DC. + 223.07 m	底面	5.93	—	—	5.45	4.91	—
	中央	5.61	7.13	—	4.50	3.87	—
	表面	—	7.77	—	—	4.14	—
	水位	右岸189.75	188.55	左岸 189.59	右岸 189.39	189.76	左岸 190.43

WL = EL.280.92m

Q = 5,164.33m³/s

断面 \ 測線		(1) 下流水位調節なしの場合			(2) 跳水させた場合		
		A	E	I	A	E	I
DC. + 150.57 m	底面	—	—	—	8.97	1.96	6.35
	中央	—	—	—	12.32	4.25	7.60
	表面	—	—	—	4.68	15.33	6.45
	水位	右岸200.28	199.30	左岸 193.44	右岸203.93	200.86	左岸 205.50
DC. + 183.07 m	底面	—	—	—	7.20	7.45	5.96
	中央	—	—	—	7.68	7.43	6.52
	表面	—	—	—	2.82	5.65	6.64
	水位	右岸203.36	195.06	左岸 192.78	右岸 203.66	204.70	左岸 205.31
DC. + 223.07 m	底面	—	—	—	1.53	3.69	7.85
	中央	—	—	—	2.09	5.49	7.42
	表面	—	—	—	4.75	6.04	8.33
	水位	右岸205.28	195.76	左岸 196.31	右岸 204.95	202.72	左岸 206.20

第 5 節 検討事項

本実験より明らかになった問題点およびさらに検討を要する事項をまとめると次のとおりである。

- 1) 越流部からの落下水脈が左右岸導流壁に当るため、さらに水脈を絞り込むような措置が必要である。
- 2) 放流管からの放流水脈と越流部からの落下水脈との当りがずれており管軸方向の修正が必要である。
- 3) 越流部の放流能力曲線式を求める必要がある。
- 4) 越流部において水面と天端構造物との余裕が充分でない。
- 5) 副ダム形状を決める必要がある。
- 6) 副ダム減勢工を決める必要がある。
- 7) 下流河道の流況調査

第 8 章 洪水吐きの修正水理設計

第 8 章 洪水吐きの修正水理設計

第 1 節 修正設計の方針

第 7 章の水理実験により越流部からの落下水脈が減勢工導流壁に直接当る事が判明したが、これは導流壁に過大な水圧を与える事を示し安全上好ましくないので、落下水脈が水叩き面の幅の内に納まるよう絞り込むことにする。

これに伴ない放流管軸の方向も、堤体上流面のコースターゲートの関係および水脈同志の関係を考慮して、修正するものとする。

第 2 節 水脈絞り込み型越流頂の設計

2-1 水脈絞り込み型越流頂採用経緯

川辺川ダムの越流頂は幅 12 m × 5 門であるが減勢工の幅は底部 50 m しかなく，現状形では越流水脈が導流壁に当ることは避け難い。水理模型実験によっても左右岸の両導流壁に当っており，特に右岸側導流壁には E L. 20.5 m 付近で当ることが確認されている。

よって水脈を中央に絞り込める水脈絞り込み型の越流頂を用い，さらに左岸に全体を寄せることにより，水脈を減勢工底面に均一に落下させるような形状とすることにした。

2-2 設計方法の概要

水脈絞り込み越流頂の平面形状は，図 8-1 に示すとおり越流頂の幅と同じ直径をもつ円（基準円）に，各方線が接する様に設計するものであり，円の中心を焦点と呼び，各越流頂の終端から焦点までの距離を変化させることにより落下水脈同志の衝突をさけている。

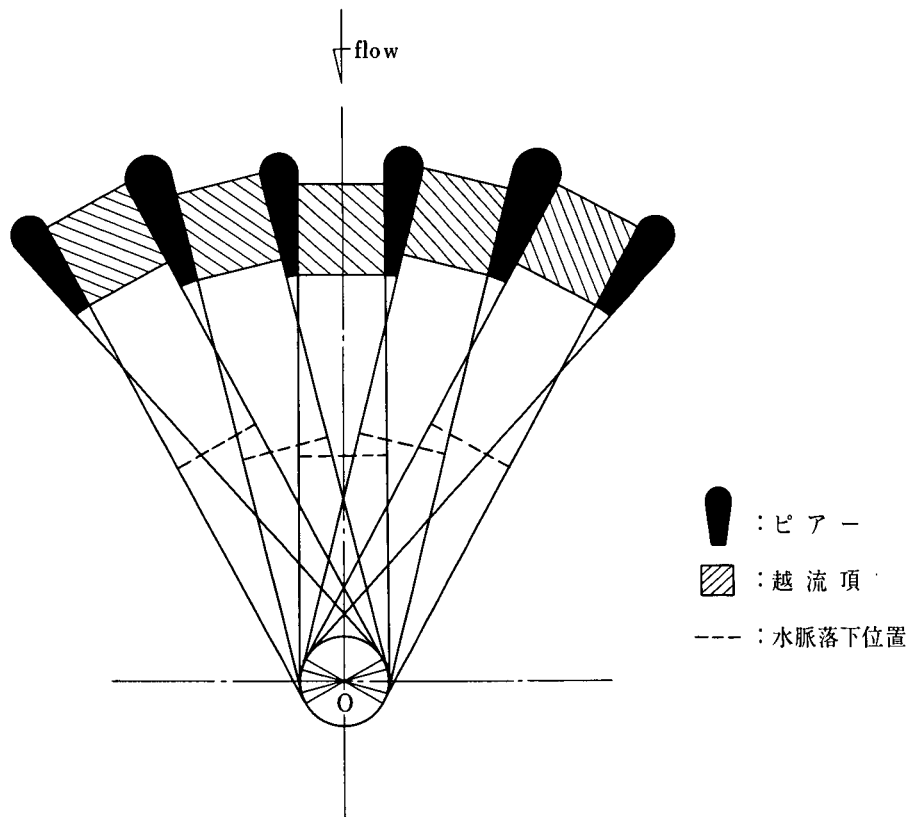


図 8-1 水脈絞り込み型越流頂概念図

2-3 記号説明

絞り込み型越流頂の平面形状を表わす各寸法を模式的に表わすと，図 8-2 のようになる。

平面形状を決定するためのパラメータは，越流頂門数の他，次の 5 つである。

B；越流頂の幅

L；越流頂の長

S；基準となる越流頂の下流端より焦点までの距離

ΔS；となり合う越流時の焦点までの距離の差（水脈落下地点のずらし）

θ ; となり合う越流頂中心線のなす角度

なお、ピア上流側半径 : r , ピア下流端幅

: b は次式で求まる。

$$r = (S + \Delta S + L) \tan \frac{\theta}{2} - \frac{B}{2} \cdots \cdots (8-1)$$

$$b = 2S \sin \frac{\theta}{2} - B \cos \frac{\theta}{2} \cdots \cdots (8-2)$$

2-4 座標および各直線の計算方法

焦点を原点として、下流方向を正に x 軸、左岸方向を正に y 軸とする直交座標系において、図 8-3 に示す各直線の方程式および各点の座標は、以下の通りに求められる。

越流頂の中心線 L_1 は

$$\begin{aligned} x \sin \theta - y \cos \theta &= 0 \\ \therefore y &= x \tan \theta \cdots \cdots (8-3) \end{aligned}$$

ピア中心線 L_2 は

$$\begin{aligned} x \sin (\theta - \delta) - y \cos (\theta - \delta) &= 0 \\ \therefore y &= x \tan (\theta - \delta) \cdots \cdots (8-4) \end{aligned}$$

ピア側面を表わす L_3 は

$$\begin{aligned} x \sin \theta - y \cos \theta \pm \frac{B}{2} &= 0 \\ y &= x \tan \theta \pm \frac{B}{2 \cos \theta} \cdots \cdots (8-5) \end{aligned}$$

各点のうろ越流頂の中心軸側の P_1, P_2, P_3 は

$$\begin{cases} x = -D \cos \theta - \frac{B}{2} \sin \theta \\ y = -D \sin \theta - \frac{B}{2} \cos \theta \end{cases} \cdots \cdots (8-6)$$

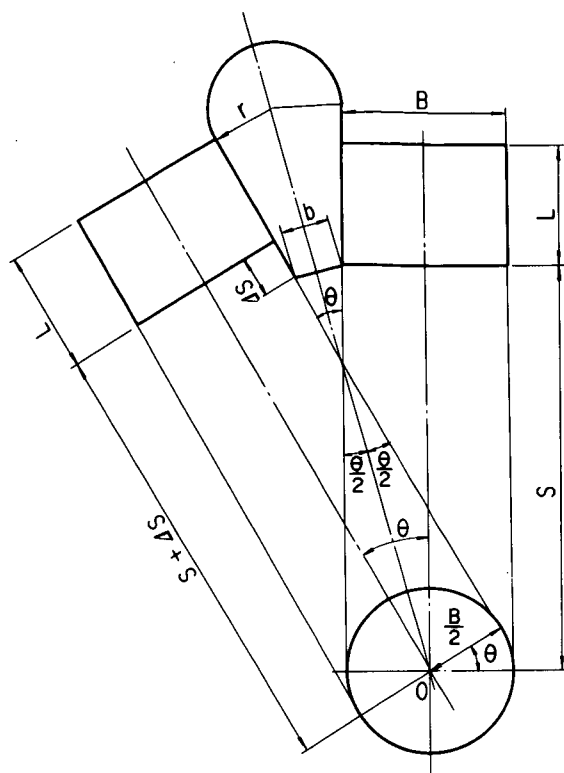


図 8-2 水脈絞り込み型越流頂の記号説明図

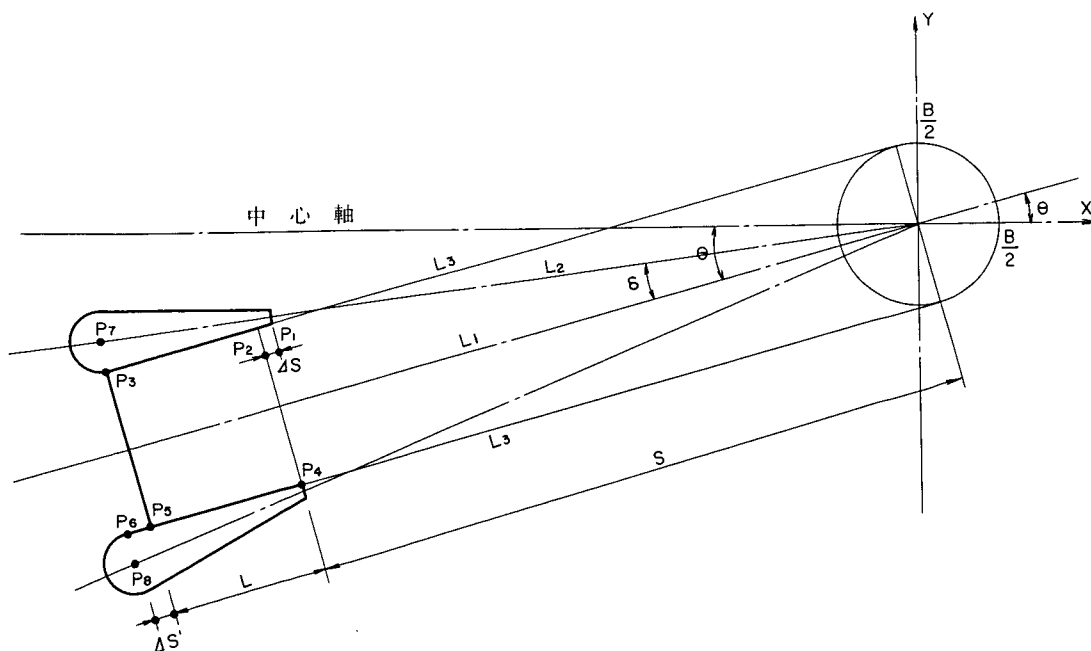


図 8-3 座標および各直線の計算説明書

反対側の P_4 , P_5 , P_6 は

$$\begin{cases} x = -D \cos \theta + \frac{B}{2} \sin \theta \\ y = -D \sin \theta - \frac{B}{2} \cos \theta \end{cases} \dots\dots\dots (8-7)$$

ただし (8-6) , (8-7) 式の D は、基準円への接点から各点までの距離で次のようになる。

$$P_1 ; D = S - \Delta S$$

$$P_2 , P_4 ; D = S$$

$$P_3 , P_5 ; D = S + L$$

$$P_6 ; D = S + L + \Delta S'$$

ピアー上流側円弧の中心点 P_7 は

$$\begin{cases} x = - (S + L) \frac{\cos (\theta - \delta)}{\cos \delta} \\ y = - (S + L) \frac{\sin (\theta - \delta)}{\cos \delta} \end{cases} \dots\dots\dots (8-8)$$

以上 (8-3) ~ (8-8) 式で求まる各方程式および座標をダム座標に座標変換すればよいことになる。

なお、ダム座標を (X, Y) , ダム座標における焦点の座標を (a, b) , 両座標系のなす角度を ϕ とすれば座標変換式は (8-9) のように表わされる。ただしダム座標は下流方向に X プラス左岸方向に Y プラス、 ϕ は X から Y 方向に正とする。

$$\begin{cases} X = x \cos \phi - y \sin \phi + a \\ Y = x \sin \phi + y \cos \phi + b \end{cases} \dots\dots\dots (8-9)$$

2-5 設計条件と各パラメータの値

川辺川ダムの越流頂の平面形状を決める条件としては、次の5点を考慮した。

- 1) 落下水脈が両側の導流壁に当たらず、できるだけ水叩き面の幅いっばいに均しく落下させる。
- 2) 落下水脈同志の接触を最小限におさえる。
- 3) ピアの最小幅は、原案程度になるようにする。
- 4) 越流頂の幅、長さおよび形状は原案のままとする
- 5) 水脈落下位置は、第7章の実験より越流頂下流端から、4.5 mの位置と考えられる。

以上の条件より各パラメータの値を次のように決定した。

$$B = 1.2 \text{ m}$$

$$L = 14.82 \text{ m}$$

$$S = 10.0 \text{ m}$$

$$\Delta S = 2.5 \text{ m}$$

$$\theta_1 = 0.147 \text{ rad.}$$

$$\theta_2 = 0.1435 \text{ rad.}$$

$$\theta_3 = 0.140 \text{ rad.}$$

2-6 ダムへの設置位置の設計

決定された形状のダムへの設置位置を決めるにあたり、次の4点を考慮した。

- 1) 越流水脈を減勢工に均一に落下させる。
- 2) 越流頂およびピアの上下流面のいずれの位置もダム堤体内に入り込ませない。
- 3) 天端道路の設置に支障をきたさない様にピア位置を決める。
- 4) ピア位置に支配される3条の放流管の位置がダムの施工ジョイントを侵さないようにする。

以上の条件により設置位置をきめるパラメータを次のように決定した。

◎ ダム座標における焦点の座標

$$\begin{cases} a = 105.9825 \text{ m} \\ b = 3.5754 \text{ m} \end{cases}$$

◎ 中心軸のダム x 軸となす角度

$$\begin{aligned} \phi &= -0.058243575 \text{ rad.} \\ &= -3^\circ 20' 13.6'' \end{aligned}$$

以上の検討により越流頂の平面形状は、図8-4に示す形状に修正する。

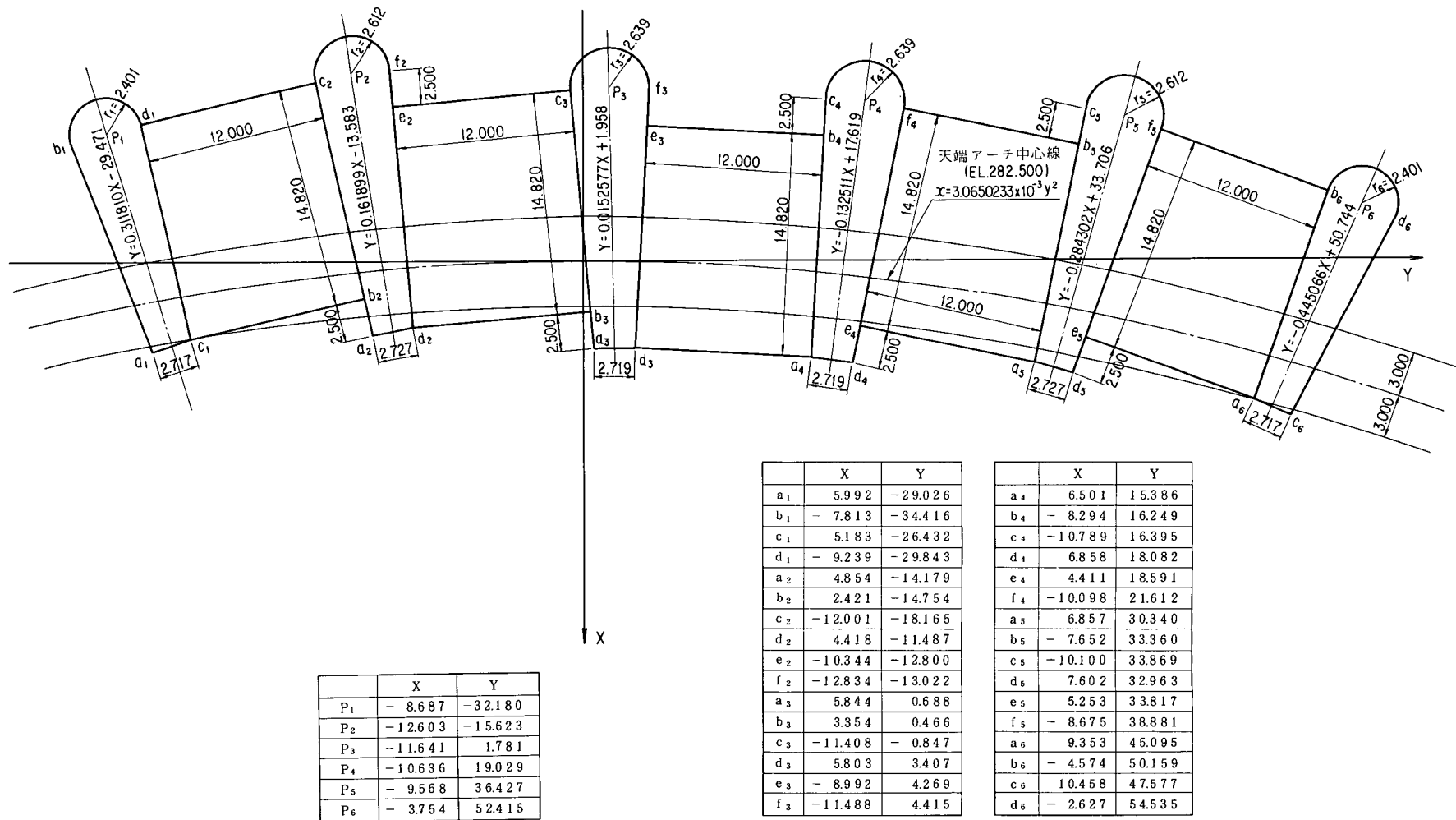


図 8 - 4 越流部修正設計形状図

第3節 放流管の配置の設計

川辺川ダム放流管は、右岸側より1, 2, 3号放流管といい、それぞれ2号, 3号, 4号ピアの真下に出口中心標高220mで設置される。

各放流水脈は2号, 3号, 4号越流頂からの落下水脈に衝突させ、減勢効果をもたせる。各放流管軸は、第7章の実験結果および平面図からの読みとりにより傾斜は1:2.0でダム座標の x 軸に対して1号, 2号, 3号, それぞれ 13° , 5° , -25° 平面的に振ることとする。

本計算で求めるものは、次の4つである。

- 1) 放流管呑口の座標および標高
- 2) 放流管出口の座標および標高
- 3) 放流管の全長
- 4) 放流管の直管部長さ

なお、放流管形状は、原設計案のままとする。

3-1 計算条件

計算条件は、次のとおりである。(図8-5参照)

- ① 放流管中心線の出口の点は、E.L. 220mとし、堤体下流面と水平に1.0m離れた点とする。
- ② 放流管中心線の勾配は、1:2.0とし入口の点から1:0.2で昇るコースタゲート面の中心線が堤体から0.5~0.7m程度離れている。
- ③ ダム天端におけるコースタゲート面の中心線とアーチ中心線との離れがピア中心線方向においてラウンドの距離になるように定める。
- ④ 堤体の形状は、鉛直方向には5m、水平方向には1mのピッチで座標計算を行い、折れ線にて近似させる。
- ⑤ 管長のうちフード部長さは1.35m、ベルマウス部長さは2.1m、漸縮部の長さは3.636mである。
- ⑥ コースタゲート面中心線は、平面的にはピア中心線の延長とする。
- ⑦ 座標はすべて、ダム座標とする。

3-2 1号放流管の計算

- 1) 2号ピア中心線と天端アーチ中心線との交点、

2号ピア中心線は、

$$y = 0.161899x - 13.583 \quad \dots\dots\dots (8-10)$$

天端アーチ中心線は、

$$x = 3.0650233 \times 10^{-3} y^2 \quad \dots\dots\dots (8-11)$$

よって、

$$(x', y', z') = (0.558, -13.493, 282.5) \quad \dots\dots\dots (8-12)$$

- 2) 天端におけるコースタゲート面中心線と (x', y', z') との離れ

2号ピア中心線を通る鉛直断面(図8-6)より、5.6mとする。

なお、コースタゲート面中心線と堤体上流面との最小距離は、ゲート面が堤体面に対して傾いて設置されることを考慮して、0.7m程度とした。

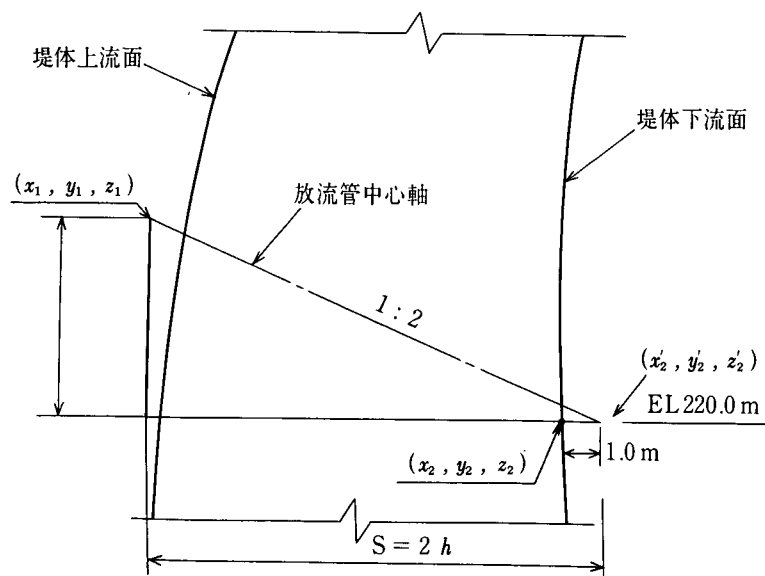
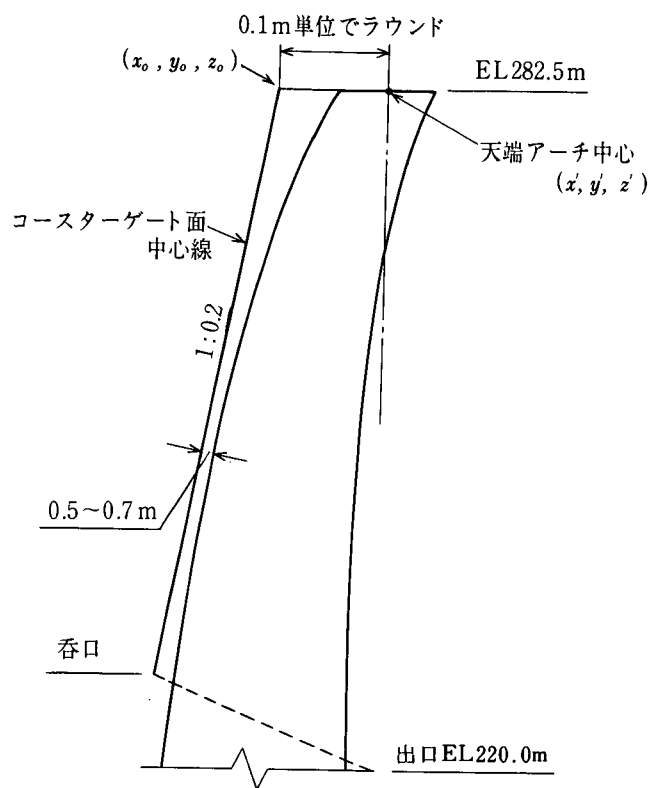


図 8 - 5 放流管の配置設計の説明図

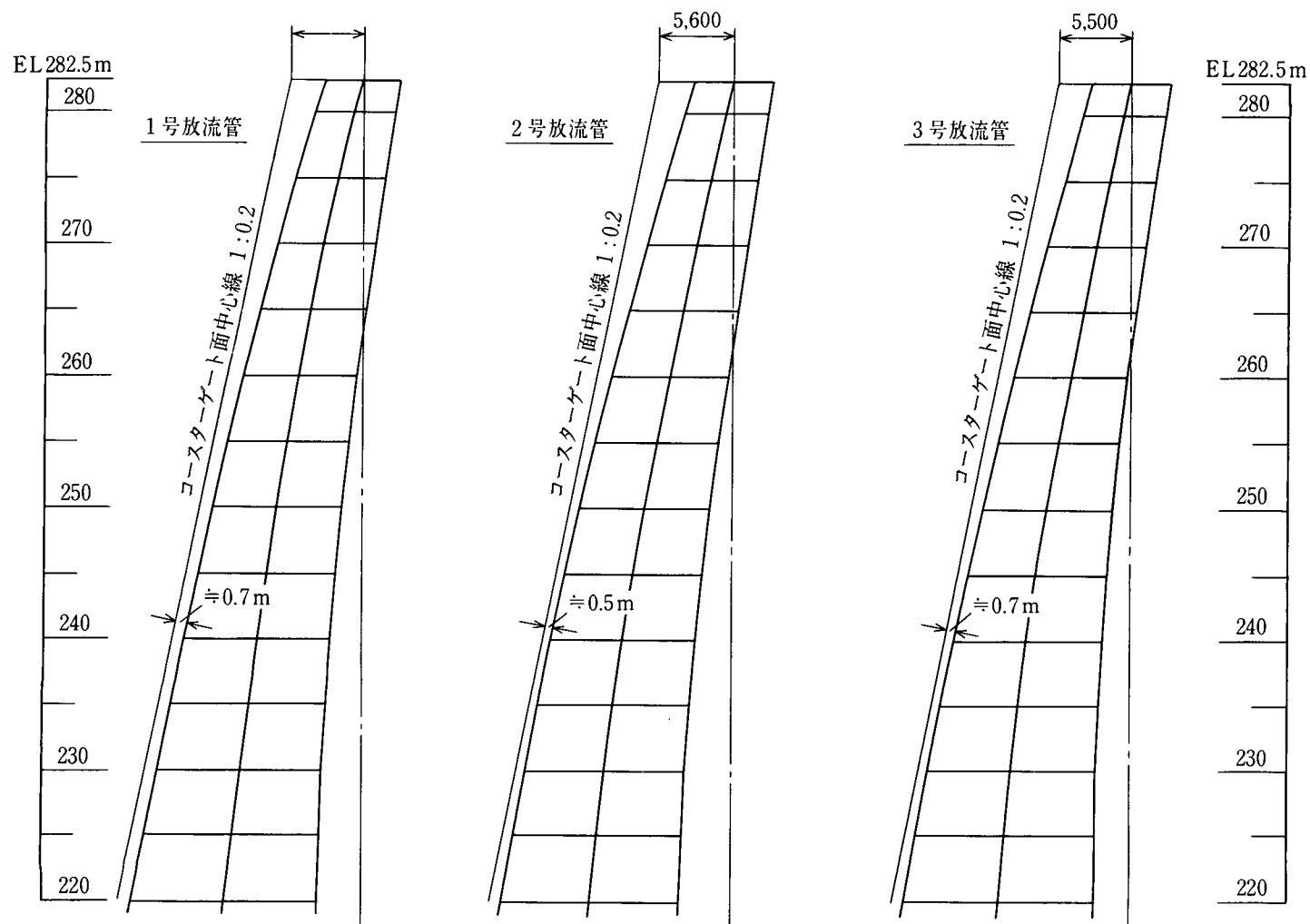


図 8 - 6 コースタゲート面中心線での堤体の鉛直断面

3) (x_0, y_0, z_0) の計算

$$\begin{cases} (x_0 - x')^2 + (y_0 - y')^2 = 5.6^2 \\ y_0 = 0.161899x_0 - 13.583 \end{cases} \dots\dots\dots (8-13)$$

より,

$$(x_0, y_0, z_0) = (-4.970, -14.388, 282.5) \dots\dots\dots (8-14)$$

4) 呑口標高の仮定および呑口標高

$z_1 = 227.210 \text{ m}$ と仮定とする。

$$\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} = 0.2 \times (z_0 - z_1)$$

$$y_1 = 0.161899x_1 - 13.583$$

$\therefore$

$$(x_1, y_1, z_1) = (-15.886, 16.155, 227.210)$$

$\dots\dots\dots (8-15)$

5) 1号放流管中心線の方程式

(x_1, y_1, z_1) を通って x 軸より 13° 傾いている。

$\therefore$

$$(y - y_1) = (x - x_1) \times \tan 13^\circ$$

$$y = 0.230868x - 12.4874$$

$\dots\dots\dots (8-16)$

6) 放流管中心線の E L. 220 m 面への投影線と堤体下流面との交点

E L. 220 m 堤体下流面は, $(-2.8269, -13.0675, 220.0)$ と

$(-2.6765, -13.9995, 220.0)$ を結ぶ線である。

よって, これと (8-16) 式より

$$(x'_2, y'_2, z'_2) = (-2.816, -13.138, 220.0) \dots\dots\dots (8-17)$$

7) 放流管出口

$$\begin{cases} \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = 2 \times (z_1 - z_2) \\ y_2 = 0.230868x_2 - 12.4874 \end{cases}$$

ここで,

$$z_2 = 220.0 \text{ m}$$

よって

$$(x_2, y_2, z_2) = (-1.836, -12.911, 220.0) \dots\dots\dots (8-18)$$

8) 出口の堤体下流面からの距離

$$\sqrt{(x_2 - x'_2)^2 + (y_2 - y'_2)^2} = 1.006 \text{ m}$$

よって, z_1 の仮定は正しい。

9) 1号放流管全長

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} = 16.122 \text{ m}$$

10) 1号放流管直管部長さ

$$16.122 - (1.35 + 2.1 + 3.636) = 9.036 \text{ m}$$

3-3 2号放流管の計算

1) (x', y', z') の計算

3号ピアの中心線は,

$$y = 0.0152577x + 1.958 \quad \dots\dots\dots (8-19)$$

よって,

$$(x', y', z') = (0.012, 1.958, 282.5) \quad \dots\dots\dots (8-20)$$

2) (x_0, y_0, z_0) と (x', y', z') の距離

断面図(図8-6)より5.6mとする。

なお, コースタゲート面中心線と堤体上流面との離れは, 0.5m程度とした。

3) (x_0, y_0, z_0) の計算

$$\begin{cases} (x_0 - x')^2 + (y_0 - y')^2 = 5.6^2 \\ y_0 = 0.0152577x_0 + 1.958 \end{cases}$$

$$\therefore (x_0, y_0, z_0) = (-5.587, 1.873, 282.5) \quad \dots\dots\dots (8-21)$$

4) 呑口標高の仮定および呑口座標

$z_1 = 226.940 \text{ m}$ と仮定する。

$$(x_1, y_1, z_1) = (-16.698, 1.703, 226.940) \quad \dots\dots\dots (8-22)$$

5) 2号放流管中心線の方程式

(x_1, y_1, z_1) を通って x 軸より 5° 傾いている。

$$\therefore (y - y_1) = (x - x_1) \tan 5^\circ$$

$$y = 0.08748866x + 3.1639 \quad \dots\dots\dots (8-23)$$

6) (x_2', y_2', z_2') の計算

EL. 220mの堤体下流面は, $(-3.8125, 3.7379, 220.0)$

と $(-3.8687, 2.8041, 220.0)$ を結ぶ線である。

よって, これと(8-23)式より

$$(x_2, y_2, z_2) = (-3.867, 2.825, 220.0) \quad \dots\dots\dots (8-24)$$

7) 放流管出口

$$(x_2, y_2, z_2) = (-2.871, 2.913, 220.0) \quad \dots\dots\dots (8-25)$$

8) 出口の堤体流面からの距離

$$\sqrt{(x_2 - x_2')^2 + (y_2 - y_2')^2} = 1.000 \text{ m}$$

よって, z_1 の仮定は正しい

9) 2号放流管全長

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} = 15.518 \text{ m}$$

10) 直管部の長さ

$$15.518 - 7.086 = 8.432 \text{ m}$$

3-4 3号放流管の計算

1) (x', y', z') の計算

4号ピアの中心線は、

$$y = -0.132511x + 17.619 \quad \dots\dots\dots (8-26)$$

よって、

$$(x', y', z') = (0.938, 17.495, 282.5) \quad \dots\dots\dots (8-27)$$

2) (x_0, y_0, z_0) と (x', y', z') の距離

断面図(図8-6)より5.5mとする。

なお、コースタゲート面中心線と堤体上流面との最小離れは堤体面に対してゲート面が傾いて設置される事を考慮して0.7m程度とした。

3) (x_0, y_0, z_0) の計算

$$\begin{cases} (x_0 - x')^2 + (y_0 - y_1)^2 = 5.5^2 \\ y_0 = -0.132511x_0 + 17.619 \end{cases}$$

$$\therefore (x_0, y_0, z_0) = (-4.514, 18.217, 282.5) \quad \dots\dots\dots (8-28)$$

4) 呑口標高の仮定および呑口座標

$z_1 = 227.430$ mと仮定すると、

$$(x_1, y_1, z_1) = (-15.433, 19.664, 227.430) \quad \dots\dots\dots (8-29)$$

5) 3号放流管中心線の方程式

(x_1, y_1, z_1) を通って x 軸より、 -2.5° 傾いている。

$$\therefore (y - y_1) = (x - x_1) \tan(-2.5^\circ)$$

$$y = -0.0436609x + 18.9902 \quad \dots\dots\dots (8-30)$$

6) (x'_2, y'_2, z'_2) の計算

E.L. 220 m堤体下流面は、 $(-1.4738, 19.5678, 220.0)$

と $(-1.6837, 18.6381, 220.0)$ を結ぶ線である。

これと、(8-30)式より

$$(x'_2, y'_2, z'_2) = (-1.589, 19.060, 220.0) \quad \dots\dots\dots (8-31)$$

7) 放流管出口

$$(x_2, y_2, z_2) = (-0.587, 19.016, 220.0) \quad \dots\dots\dots (8-32)$$

8) 出口の堤体下流面からの距離

$$\sqrt{(x_2 - x'_2)^2 + (y_2 - y'_2)^2} = 1.003 \text{ m}$$

よって z_1 の仮定は正しい。

9) 3号放流管全長

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} = 16.619 \text{ m}$$

10) 直管部長さ

$$16.619 - 7.086 = 9.533 \text{ m}$$

3-5 計算結果

以上，計算された座標および長さをまとめると，下表のようになる。よって放流管の形状および配置を図8-7，図8-8のように修正する。

		1号放流管	2号放流管	3号放流管
呑口座標	x	-15.886	-16.698	-15.433
	y	-16.155	1.703	19.664
	z	227.210	226.940	227.440
出口座標	x	-1.836	-2.871	-0.587
	y	-12.911	2.913	19.016
	z	220.0	220.0	220.0
全 長 (L)		16.122 m	15.518 m	16.619 m
直 管 部 (ℓ)		9.036 m	8.432 m	9.533 m

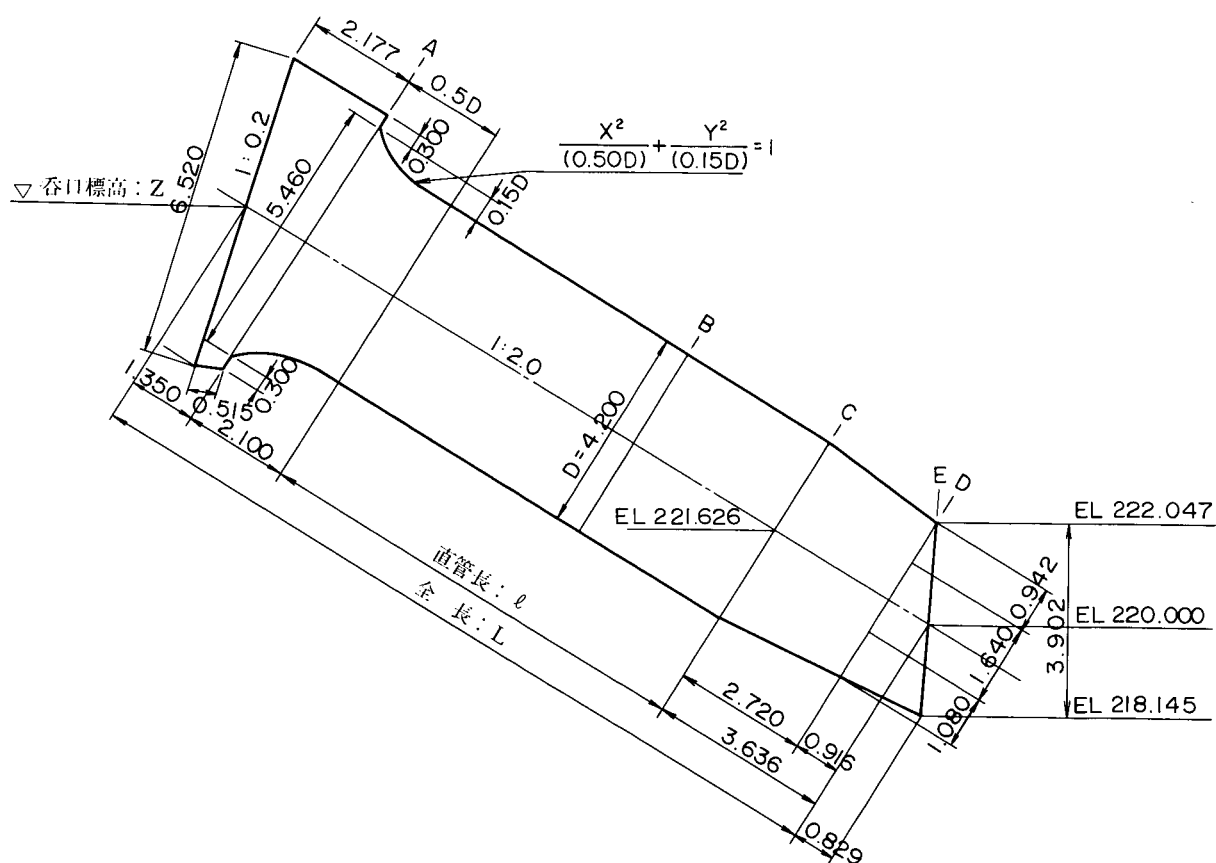


図8-7 放流管修正形状図

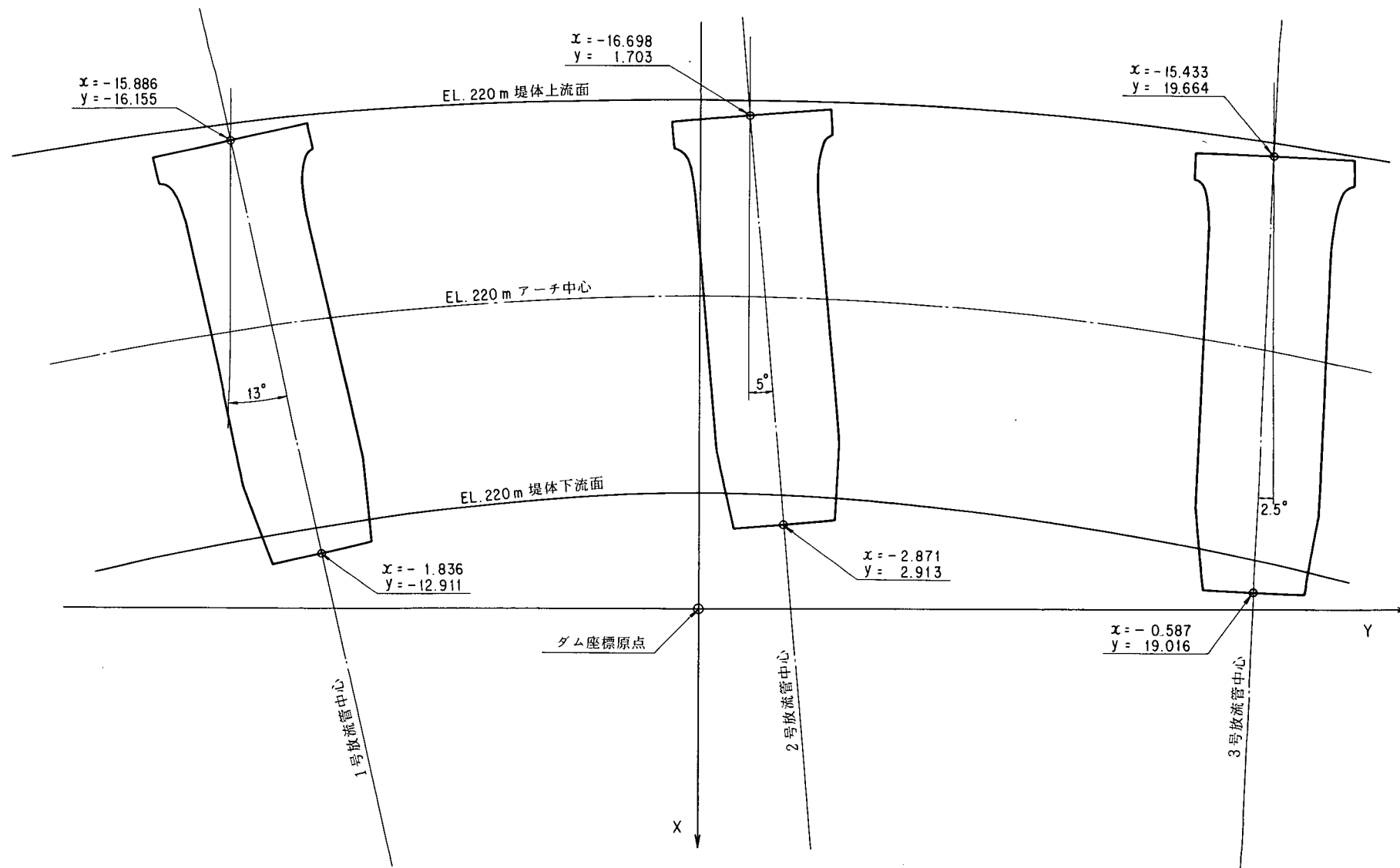


図 8 - 8 放流管修正配置図

第4節 下流河道部の等流計算

4-1 目的

水理模型実験において下流河道の流況調査を予定しているが、洪水吐きの減勢効果を定量的に評価するため、ダム構築以前の河道の諸水理量を把握しておくことが必要である。

本来、現地実測、または、河道のみの模型実験で確かめておく事が最良と考えられるが、今回は自然状態の流況にほぼ等しいと思われる等流計算の結果をもって評価の基準とする。

4-2 計算式および条件

等流計算には最も一般的なマンニングの公式を用いた。

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} I^{1/2} \quad \dots\dots\dots (8-33)$$

ここで、

Q ; 流量 (m^3/s)

n ; 粗度係数

A ; 流水断面積 (m^2)

R ; 径深 (m)

I ; 動水勾配

また平均流速 V (m/s) は

$$V = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots\dots (8-34)$$

で計算する。

計算する流量は、次の3流量である。

- 1) ダム設計洪水流量 $\dots\dots\dots 5,160 \text{ m}^3/\text{s}$
- 2) 計画高水流量 $\dots\dots\dots 3,520 \text{ m}^3/\text{s}$
- 3) ダム計画最大放流量 $\dots\dots\dots 800 \text{ m}^3/\text{s}$

水理公式集より山地流路の粗度係数は $0.03 \sim 0.07$ と考えられるので粗度係数は 0.03 , 0.05 , 0.07 の3ケースについて計算する。

計算断面は、図8-9に示すとおりダム下流D.C.203.7m~D.C.323.07mまでの6断面である。

4-3 流水断面積および径深

各断面について水位; H ,と流水断面積; A ,の関係および径深; R ,の $2/3$ 乗と H の関係を最小二乗法を用いて一次関数で表わすと表8-1のようになる。また各式の適用範囲を示しておく。

4-4 水面勾配

動水勾配; I ,については河床平均勾配で近似させることとし、図8-10に示す縦断面より $I = 0.015$ とする。

4-5 計算結果

以上の条件により各断面における各ケースの水位および流速を計算すると表8-2のように求まる。

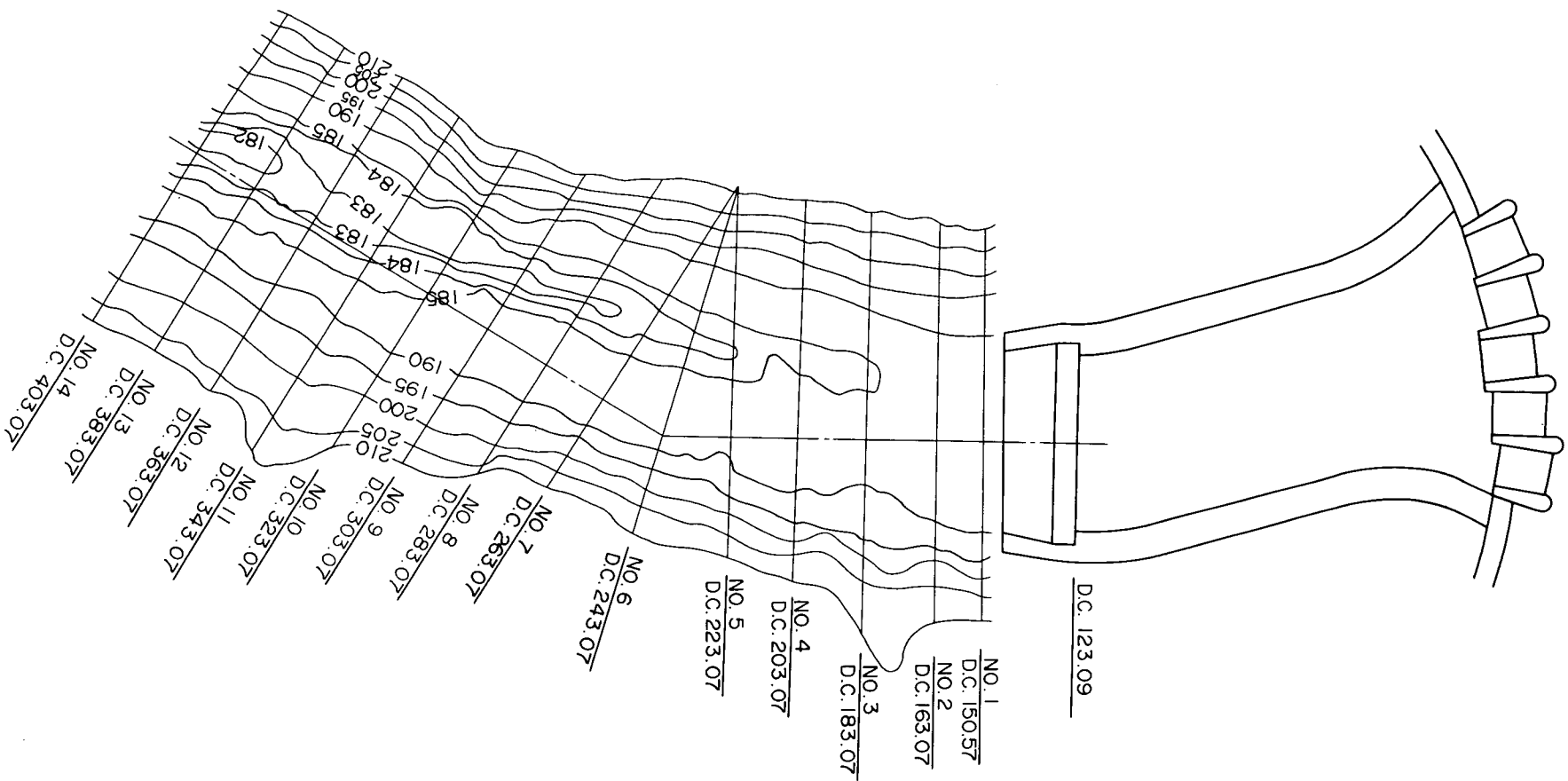


图 8 - 9 下流河道等流计算断面位置图

表 8 - 1 各断面の断面特性式

	H ~ A	適用範囲
	H ~ $R^{2/3}$	
No. 4	A = 71.5273H - 13403.1	E L. 189 m ≤ H ≤ E L. 198 m
	$R^{2/3} = 0.21898H - 39.495$	
No. 5	A = 66.0163H - 11347.5	E L. 188 m ≤ H ≤ E L. 197 m
	$R^{2/3} = 0.22106H - 39.681$	
No. 6	A = 67.0163H - 12491.5	E L. 188 m ≤ H ≤ E L. 197 m
	$R^{2/3} = 0.27594H - 50.032$	
No. 8	A = 61.0594H - 11347.5	E L. 187 m ≤ H ≤ E L. 196 m
	$R^{2/3} = 0.24947H - 44.987$	
No. 10	A = 56.0354H - 10414.5	E L. 187 m ≤ H ≤ E L. 196 m
	$R^{2/3} = 0.26323H - 47.574$	
No. 12	A = 58.9188H - 10926.7	E L. 187 m ≤ H ≤ E L. 196 m
	$R^{2/3} = 0.22927H - 40.960$	

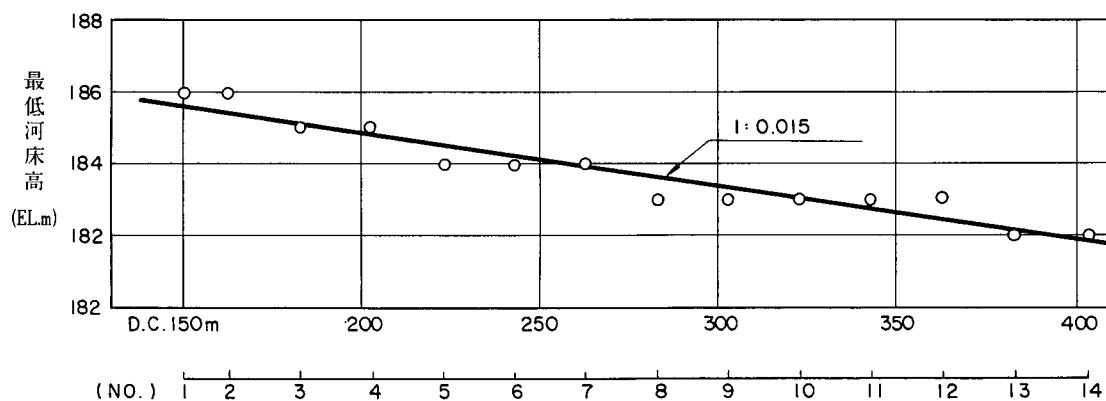


図 8 - 1 0 下流河道の平均河床勾配

表 8 - 2 下流河道の等流計算結果

流 量		800m ³ /s			3,520m ³ /s			5,160m ³ /s		
粗 度 係 数 (n)		0.03	0.05	0.07	0.03	0.05	0.07	0.03	0.05	0.07
No. 4	水位 (E L. m)	188.86	189.63	190.32	192.08	194.07	195.74	193.52	195.99	198.04
	流速 (m ³ /s)	7.60	4.98	3.82	10.48	7.36	5.89	11.76	8.38	6.77
No. 5	水位 (E L. m)	188.14	188.95	189.66	191.49	193.55	195.27	192.97	195.53	197.64
	流速 (m ³ /s)	7.79	5.11	3.93	10.81	7.60	6.10	12.15	8.68	7.01
No. 6	水位 (E L. m)	187.98	188.76	189.44	191.14	193.03	194.59	192.50	194.83	196.74
	流速 (m ³ /s)	7.51	5.04	3.92	11.07	7.92	6.41	12.61	9.13	7.45
No. 8	水位 (E L. m)	187.59	188.45	189.20	191.08	193.16	194.89	192.58	195.15	197.25
	流速 (m ³ /s)	7.39	4.96	3.87	10.95	7.84	6.35	12.49	9.05	7.39
No. 10	水位 (E L. m)	187.75	188.65	189.42	191.36	193.49	195.25	192.90	195.52	197.66
	流速 (m ³ /s)	7.54	5.11	4.00	11.42	8.23	6.69	13.07	9.53	7.80
No. 12	水位 (E L. m)	187.16	188.03	188.79	190.74	192.91	194.72	192.31	195.00	197.22
	流速 (m ³ /s)	7.56	5.27	4.07	11.31	8.01	6.45	12.78	9.18	7.45

第9章 修正形状による水理模型実験

第9章 修正形状による水理模型実験

第1節 実験目的および内容

第7章で行った水理模型実験において明らかになった問題点を解決するため第8章で洪水吐き配置を修正した。

本実験では修正形状による水理模型実験を行い、それによる各事項の改善を確認すると共に第7章で実施しなかった副ダム形状の決定、副ダム減勢工の検討、越流頂の放流能力曲線式の算出および下流河道の流況調査等を行う。

第2節 実験方法

模型は、第7章の実験で使用した模型の越流部と放流管を改造し、さらに下流河道の流況調査のため河道模型はさらに150m分増設し総延長250m区間を再現した。

また、模型縮尺は第7章と同じ1/50とし、さらに計測方法、相似律とも第7章と同様である。

なお、模型は図9-1～2に示すとおりである。

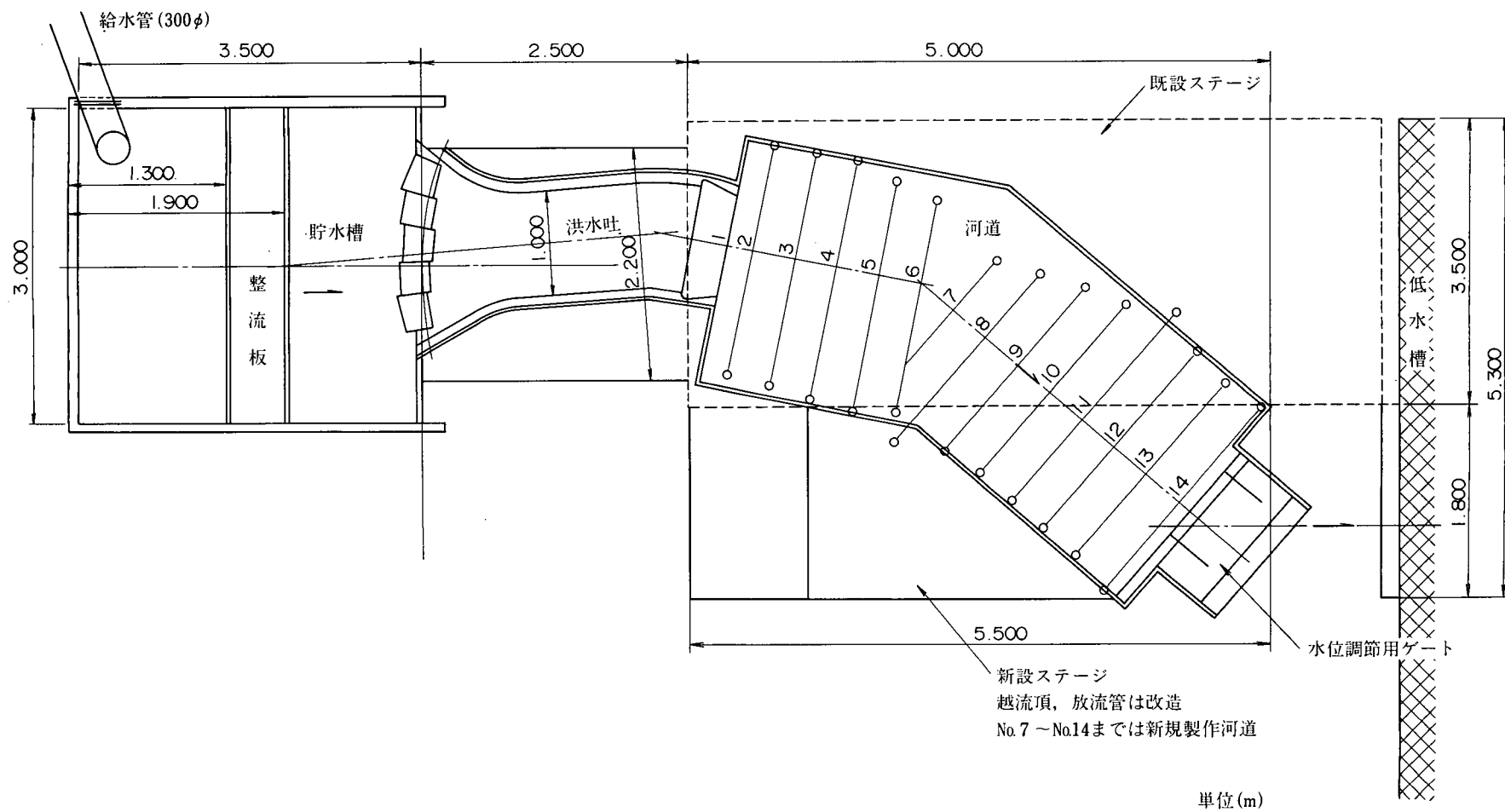


図 9 - 1 全体実験模型平面図

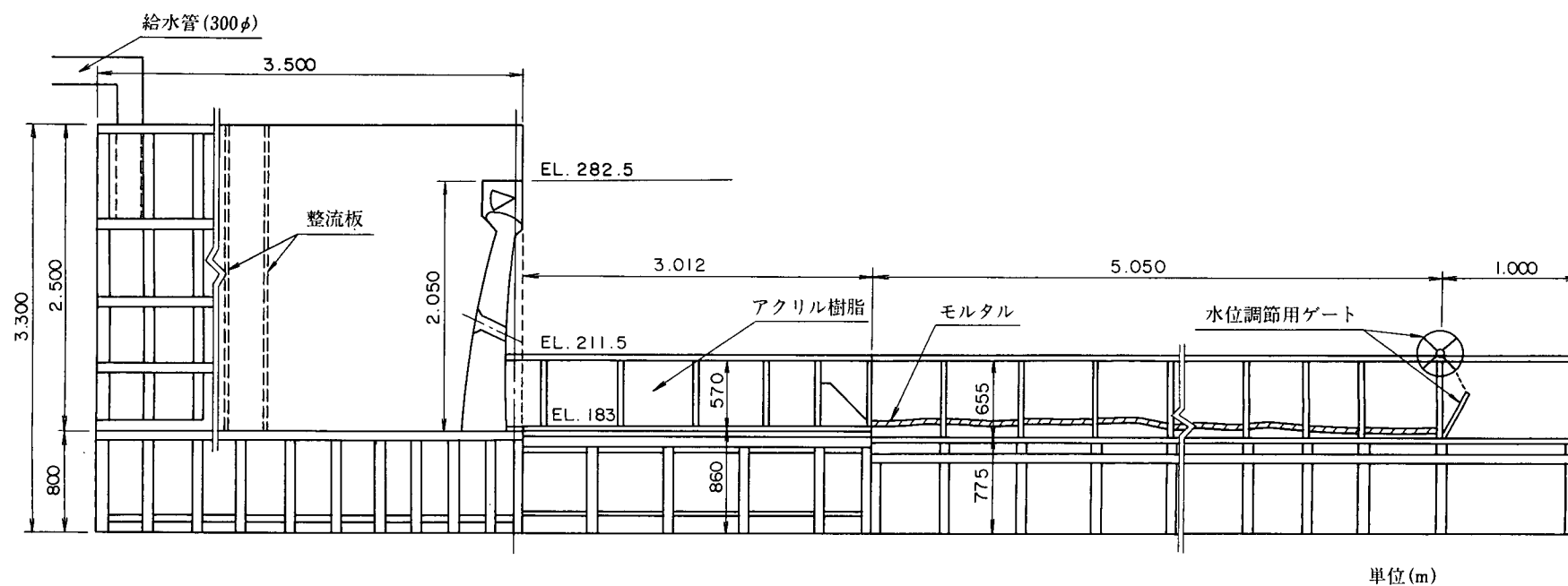


図 9 - 2 全体実験模型側面図

第3節 実験結果

3-1 洪水吐き

3-1-1 放流管の放流能力曲線式

放流能力の測定結果は別表9-1に示すとおりである。第6章で求めた計算式が適用できるかどうか検証するために比較したのが図9-3である。図中の黒丸は実験値である。

図よりその差は認められず、よって放流管の放流能力曲線式は、(6-6)式を適用して差し支えない。(6-6)式をここに再録する。

$$\left. \begin{aligned} Q &= n C_0 C_c A \sqrt{2 g H} \\ C_c &= 0.758 G_0 (1 + 0.061 G_0^2 + 0.258 G_0^4) \end{aligned} \right\} \dots (9-1)$$

$$G_0 = G/D$$

ここで、

$$C_0 = 0.786$$

$$n = 3$$

$$A = 13.8544 \text{ m}^2$$

$$D = 3.902 \text{ m}$$

3-1-2 越流部の放流能力曲線式

1) ゲート全開時

越流のゲート全開時の放流量は次式によって求める。

$$Q = n \cdot C_0 \cdot B \cdot H^{3/2} \dots (9-2)$$

ここで、

Q ; 放流量 (m^3/s) C_0 ; 流量係数

H ; 越流水深 (EL.270.50mを基準とする) (m)

B ; 越流部1門幅 ($B = 12.0 \text{ m}$)

n ; 越流部門数 ($n = 5$ 門)

流量係数と貯水池水位について、 $H \sim C_0$ の関係を実験値から最小二乗法により求めると、次式が得られる。

(図9-4, 別表9-1参照)

$$C_0 = 1.6676 + 0.006079 H^2 - 0.00002837 H^4 \dots (9-3)$$

式(9-3)より得られる C_0 を用いれば、ゲート全開時の放流量を算定できる。

2) ゲート部分開放時

越流部のゲート部分開放時の放流量は、次式によって求める。

$$Q = n \cdot C \cdot B \{ H^{3/2} - (H - G)^{3/2} \} \dots (9-4)$$

ここで、

Q ; 放流量 (m^3/s), C ; 流量係数

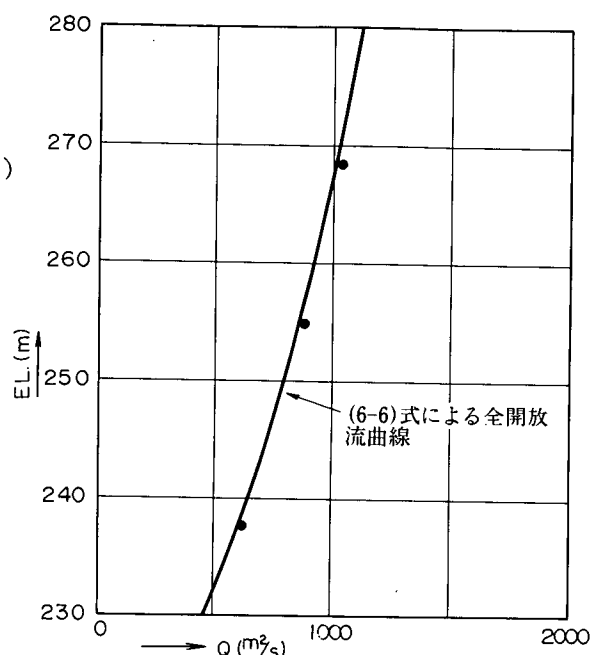


図9-3 放流管放流能力の比較

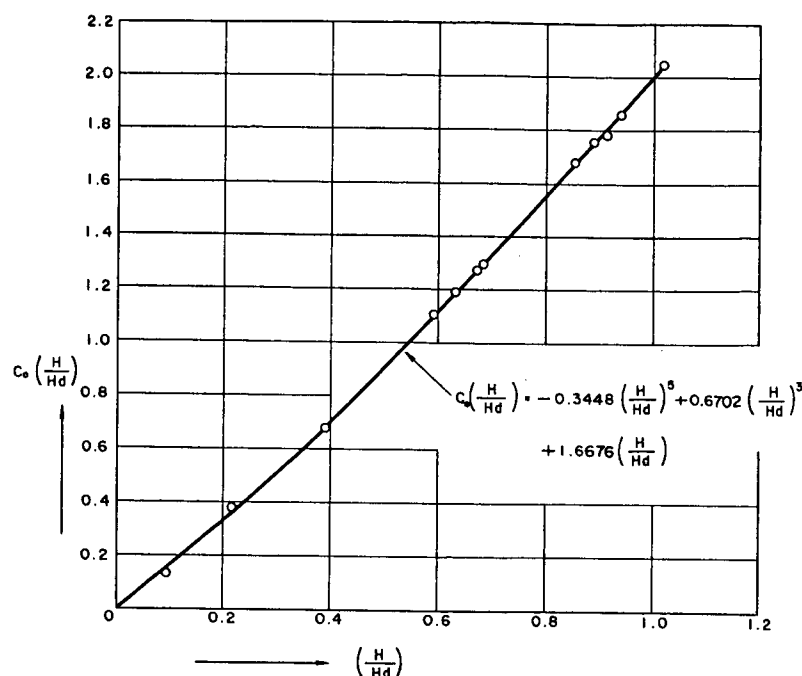


図 9 - 4 越流部の流量係数（全開時）

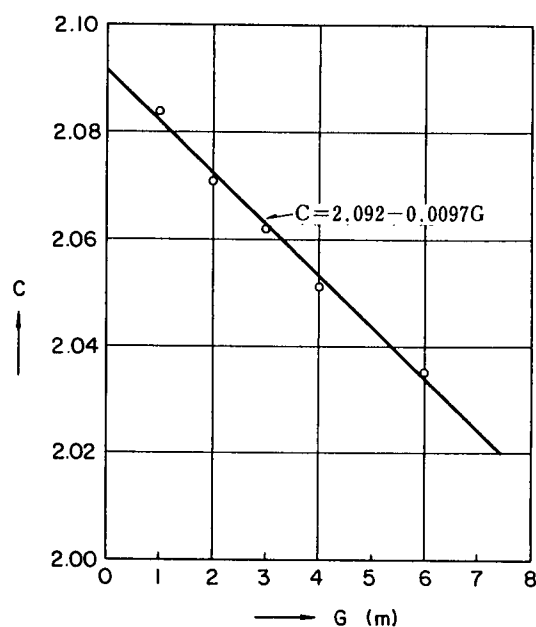


図 9 - 5 越流部の流量係数（ゲート部分開放時）

H ；越流水深（EL. 270500 mを基準とする）（m）

B ；越流部1門幅（ $B = 12.0$ m）

n ；越流部門数（ $n = 5$ 門）

G ；ゲート開き（ゲート下端からゲート敷までの標高差）（m）

流量係数とゲート開きについて $G \sim C$ の関係を，実験値から最小二乗法により求めると，次式が得られる。（図 9 - 5，別表 9 - 1 参照）

$$C = 2.092 - 0.0097G \quad \dots\dots\dots (9-5)$$

（9 - 5）式より得られる C を用いれば，ゲート操作時の放流量を算定できる。

3-1-3 洪水吐きの放流能力

(9-1)～(9-5)式で計算される洪水吐きの放流能力をまとめると表9-1のとおりである。

表9-1 修正案形状による放流能力

貯 水 位	放 流 量 (m^3/s)		
	放 流 管	越 流 部	計
最低水位 E L. 2 3 9.0 0 0 m	630.4	—	630.4
第1期制限水位 E L. 2 5 2.2 0 0 m	820.7	—	820.7
サーチャージ水位 E L. 2 8 0.0 0 0 m	1,120.3	3,487.6	4,607.9
設計洪水位 E L. 2 8 1.0 0 0 m	1,129.6	4,068.5	5,198.1

3-1-4 越流水面形

ダム設計洪水流量放流時の越流水面形の測定結果を図9-6に示す。流入部での縮流は、左右岸のアバット沿いが最も顕著であり、ゲートピンとの余裕は1.0 m程度である。

また、ゲートを巻き上げた場合に、ゲート下端と越流水脈との余裕を1.5 mとるためには、ゲート下端はE L. 2 8 1.0 0 0 mとしなければならない。

3-1-5 越流水脈と減勢工の関係

越流水脈と減勢工の関係について検討を行った。検討流量はダム設計洪水流量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。ただし、副ダムは設けていない。

1) 越流水脈と減勢工導流壁との関係

越流水脈の落下位置は、図9-7～8に示すとおりである。図中、修正前の洪水吐きでの落下位置を破線で、本実験の洪水吐きでの落下位置を実線で示している。

いずれの場合でも、D.C. 40 m～D.C. 50 mの間にアーチ状に落下している。

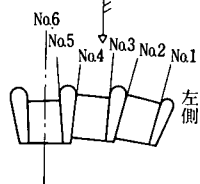
図9-7に示すように、ダム設計洪水流量での越流水脈は左右岸とも導流壁に、左岸側はE L. 193 m付近、右岸側はE L. 195 m付近で壁に当たっている。

したがって、左右岸ピア内側にデフレクタの設置を行い、水脈を減勢池内へ落下させるような工夫が必要である。

2) デフレクタの検討

越流部ピア内側に設けるデフレクタについて検討を行った。検討流量は、ダム設計洪水流量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$ である。検討した3種のくさび状のデフレクタの形状を図9-9に示す。デフレクタの長さについては長い程勾配が緩やかとなり流水がなめらかに流れるため、ゲートピンからの余裕を1.5 mとって長さ2.5 mとした。各デフレクタ設置時の流況をまとめると表9-2のとおりである。

貯水位 EL. 280.94m
流量 5,227.39m³/s



測線 距離	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
-10	281.00	280.90	280.90	280.80	280.80	280.80
R'	280.40	281.15	281.15	281.10	281.10	280.53
R	277.75	279.60	279.45	278.75	279.25	280.12
-12			278.70		278.55	
-8	277.05	278.25	278.20	277.70	278.15	278.32
-6	276.90	277.65	277.75	277.30	277.60	277.20
-4	276.50	277.00	276.95	276.60	276.80	276.20
-2	275.75	275.75	275.90	275.70	275.90	274.95
-1	275.35	295.25	275.35	275.30	275.40	274.35
0	274.90	274.65	274.65	274.75	274.70	273.80
3	273.00	272.10	272.20	272.55	272.50	271.20
5.5				270.60		

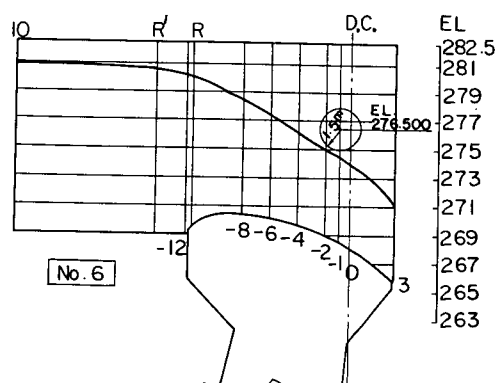
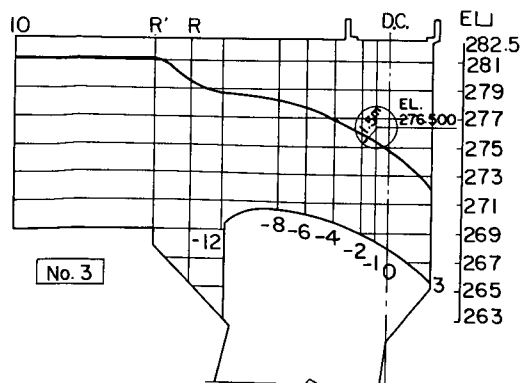
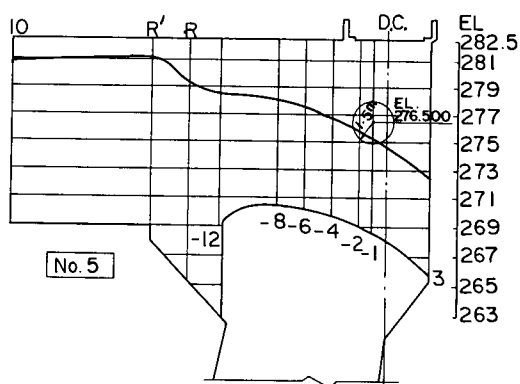
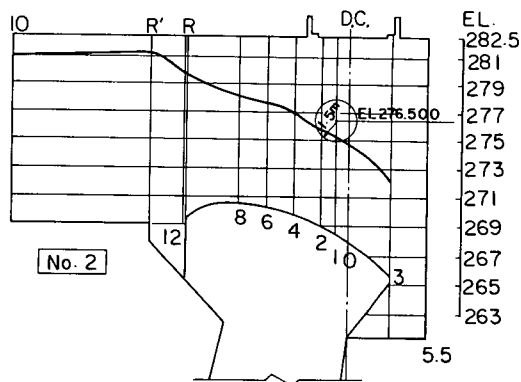
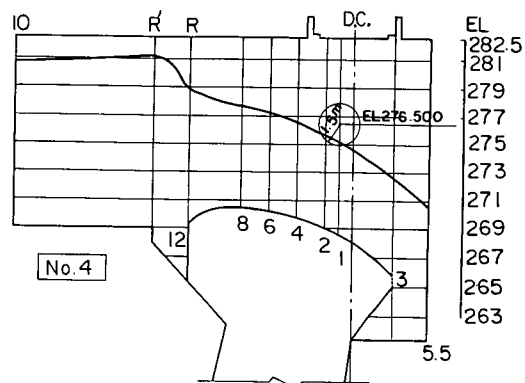
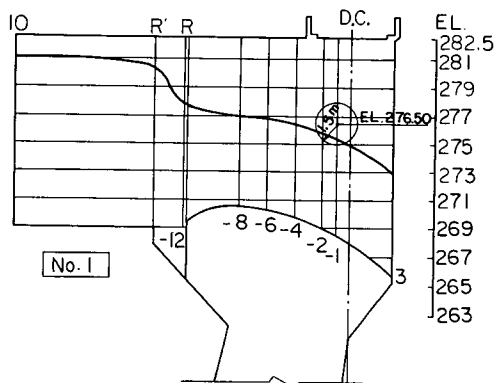
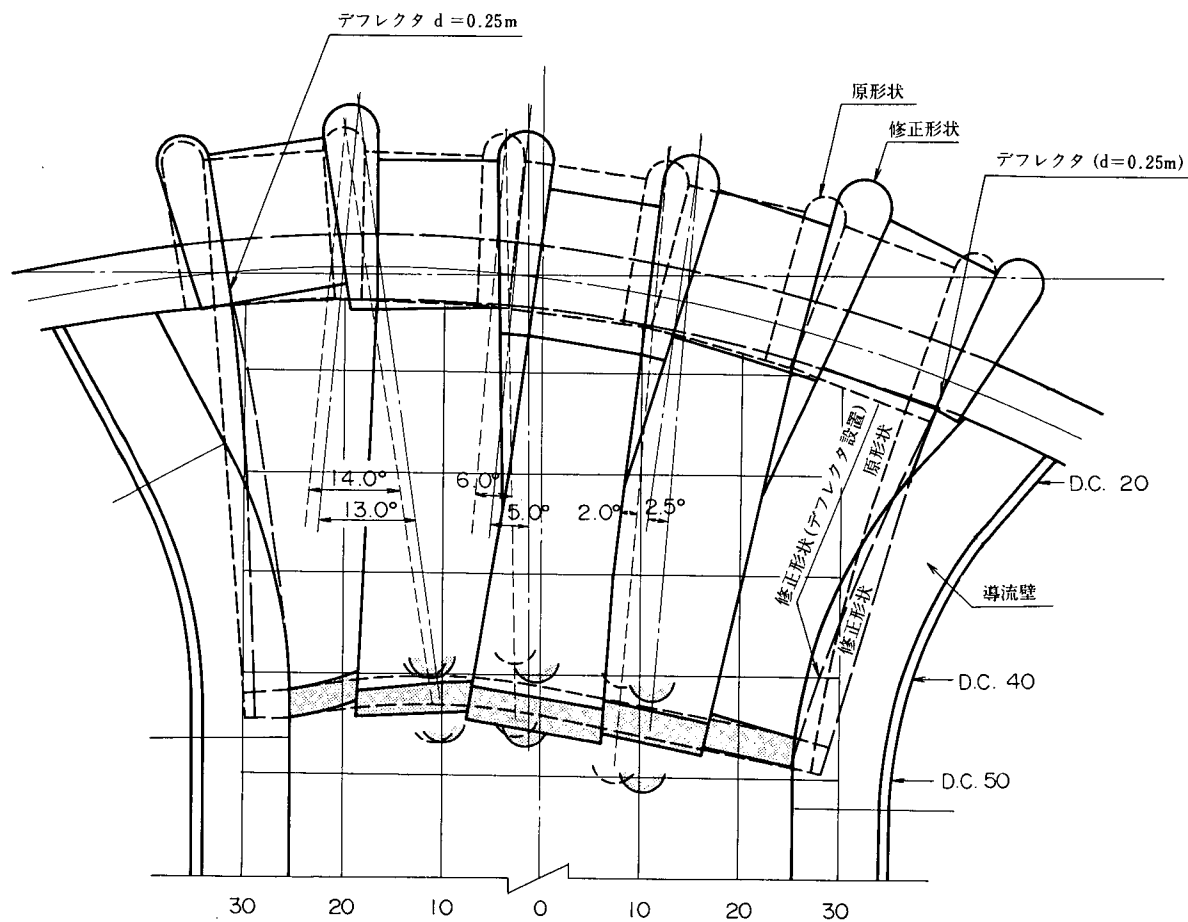


図 9 - 6 越流部水面形測定結果図



形 状	放 流 条 件			
原 形 状	250.66	280.86	280.92	-----
	800.80	1,129.43	5,145.09	-----
修正形状	248.96	280.99	280.85	-----
	799.62	1,129.49	5,161.00	-----
修正形状	—	—	280.85	-----
デフレクター設置	—	—	5,161.00	-----

上段：貯水位 E.L.(m)
下段：放流量 (m^3/s)

図 9 - 7 放流水脈の落下状態

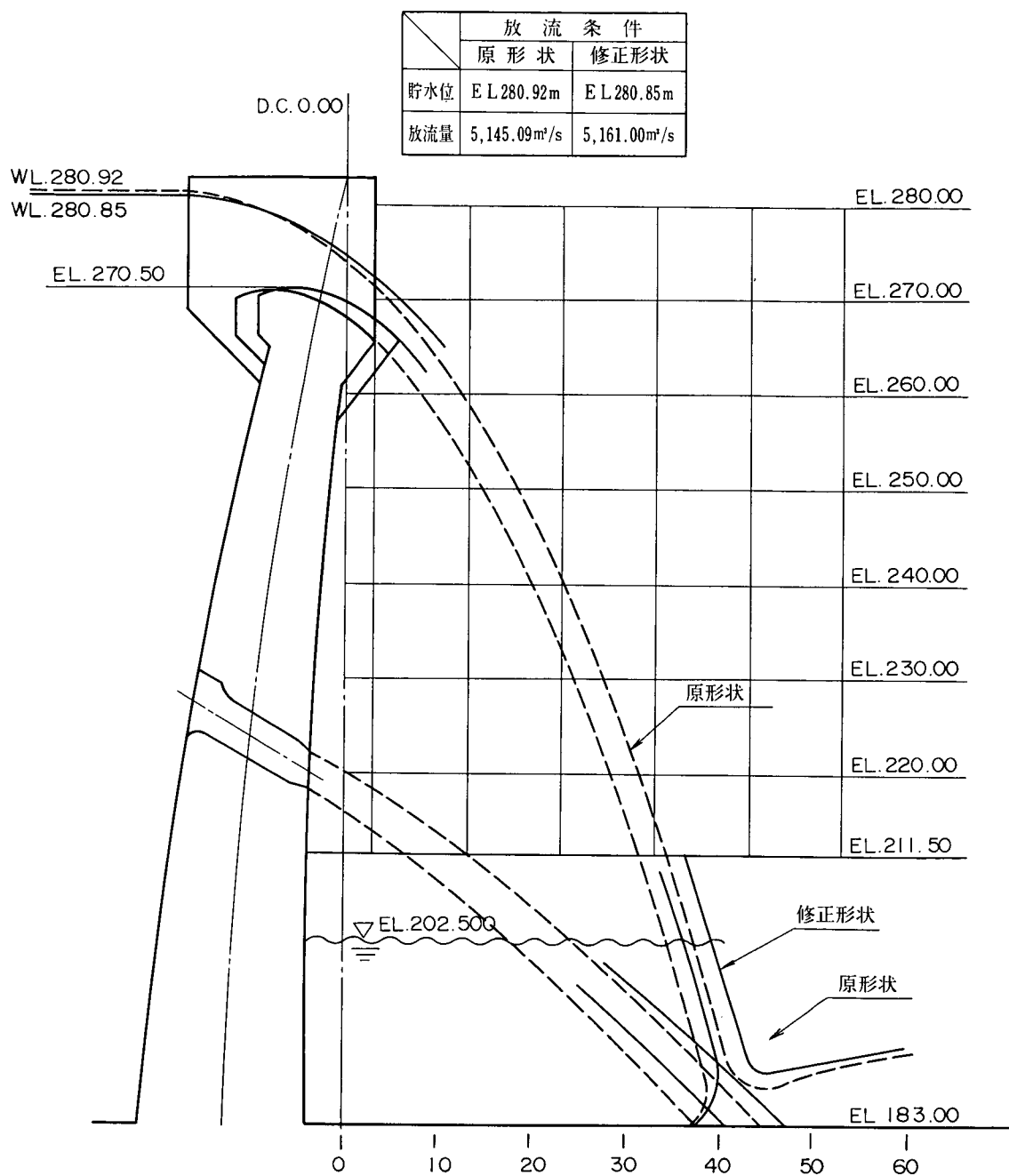
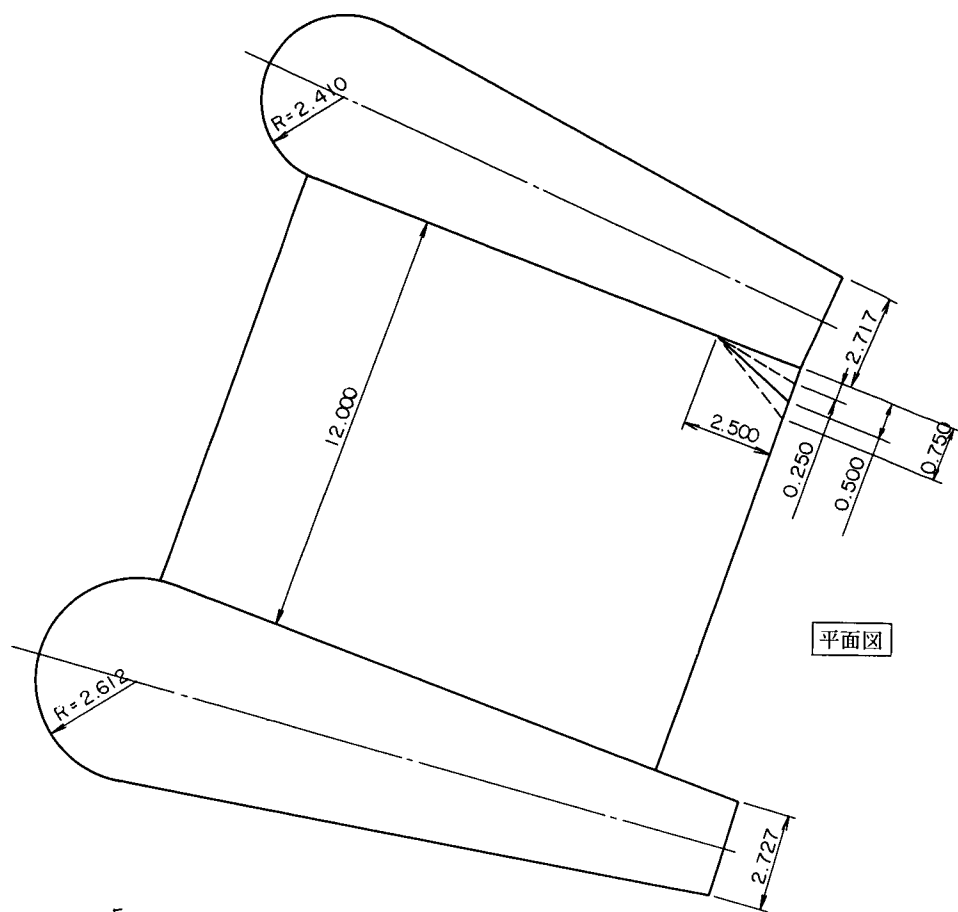
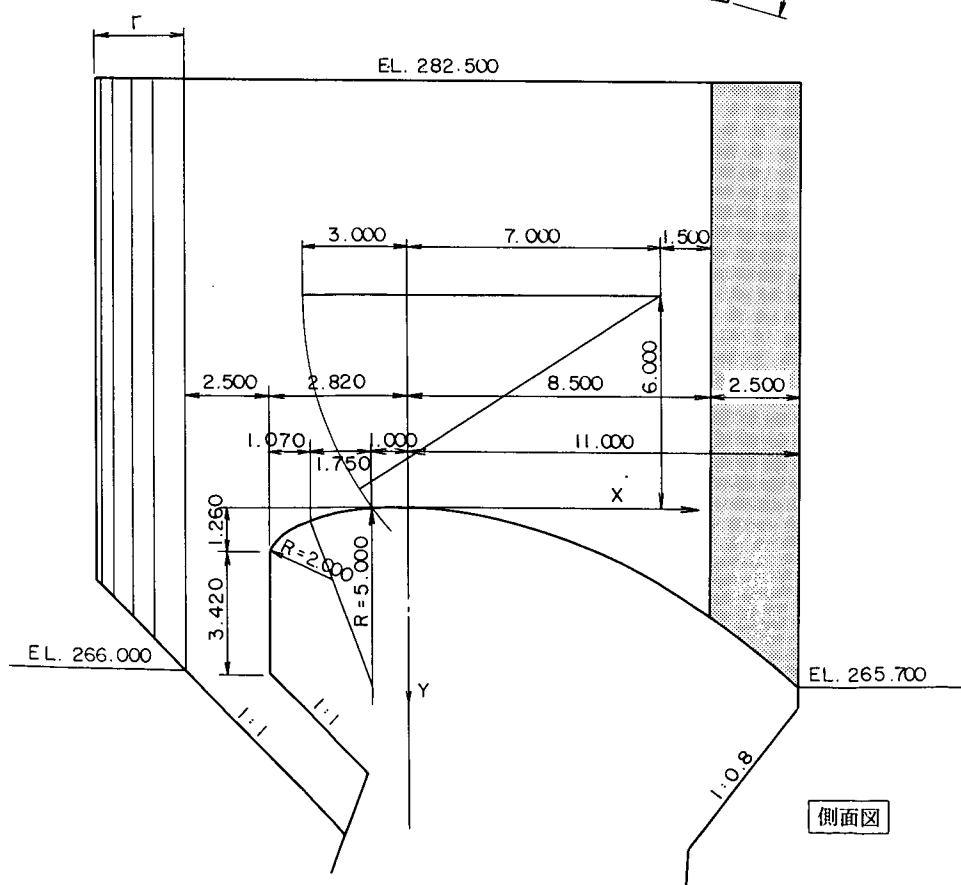


図 9 - 8 放流水脈の落下状態（減勢工中心線上でみた場合）



平面図



側面図

図 9-9 越流部デフレクタ形状図

表 9 - 2 デフレクタの設置時の流況

No.	厚み d (m)	流 況	
		越 流 水 脈	導 流 壁 と の 関 係
0	0 (デフレクタなし)	越流水脈に乱れは見えない。	左岸導流壁高 E L. 193 m 付近に当る。 右岸導流壁高 E L. 195 m 付近に当る。
1	0.25	水位差 (1.5 m)	減勢工幅 50 m 以内に収まる。
2	0.50	越流水脈がデフレクタにより、曲げられ、水脈が割れ、水位差が大きくなる (2.0 m)。	
3	0.75	越流水脈がデフレクタにより、折り曲げたようになり、水位差が大きくなる (2.5 m)。	

3 - 2 減勢工

本ダムで用いるような自由落下式減勢工の良否の判断はそれを決定するための明確な基準はなく従来より水理模型実験による総合的な流況調査を中心になされている。これは、他の形式の減勢工でも同様な事が言えるが、減勢のための水理現象には多くの条件が係わっており、さらに互いに影響し合っているためであり各水理量をそれぞれ調査しただけでは、良否の判断は難しいのである。

本実験においても総合的な流況判断を中心に検討を行い、さらにその判断を助けるために水叩き面圧力、水位、水位変動等の水理量を測定し解析を行っている。特に水叩き面圧力については従来より土木研究所で行ってきた多くの自由落下式減勢工の実験から減勢工水深を決定するための判断材料として次のような知見が得られている。

- 1) 最大圧力 (P_{max}) は 50 m 水柱以下にする事が望ましい。ただし近年、真名川・川治ダムなどは 80 m 水柱を越える設計例もある。
- 2) 最大動水圧 (P_d) は、30 m 水柱以下にする事が望ましい。
- 3) P_d をその分布の長さ (d) で割った圧力集中度 (P_d/d) は 1.0 程度にする事が望ましい。

3-2-1 副ダム高さと水叩き面圧力

修正形状について副ダム高さを決定するため水叩き面圧力を副ダム高さ 15 m, 13 m, 10 m, 8.5 m の 4 ケースについて測定した。測定結果は別表 9-2 に示すとおりでこれより計算される各水理量は表 9-4 の様になる。

解析に用いた水理量の記号は第 7 章と同様のものである。下流水深 (h_2) と最大圧力 (P_{max}) および圧力集中度 (Pd/d) の関係は図 9-10 の様になる。図中の黒丸は第 7 章の実験結果である。(図 7-8~9 参照)

図より明らかなように修正の前後とも、ほぼ同様の傾向を示し Pd/d が 1.0 となるのは、 $h_2/H \approx 0.25$ であり、これは副ダム高さ 10 m~13 m に対応する。よって水叩き面圧力の解析結果からは副ダム高さは 10 m~13 m が良いと考えられる。

3-2-2 減勢工の流況

副ダム高さとシル設置の検討を行うため、減勢工の流況を調査した。調査ケースは全部で 18 ケースで条件は次のとおりである。

- イ) 副ダム高さは前項の検討より 10 m, 13 m の 2 ケースとした。
- ロ) シルは第 7 章の検討を踏まえて高さ 2.0 m のシルの設置位置を D.C. 50 m, D.C. 70 m, D.C. 90 m の 3 ケースとした。
- ハ) 流量は、 $800 \text{ m}^3/\text{s}$, $1,120 \text{ m}^3/\text{s}$, $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$ の 3 ケースとした。

各ケースの流況をまとめると表 9-3 のとおりである。その結果、総合的に判断して副ダム高さ 13 m, シル位置 D.C. 90 m の形状を採用することにする。代表的な流況図を別図 9-3 に示す。

また、シルの形状、設置角度についても数ケース検討を行ったがいずれもかえって流況が悪くなり、本シル形状が最適と思われる。

表 9-3 シル設置の検討

副ダム 高 さ	流 量	シル2.0m D.C. 50.0m		シル2.0m D.C. 70.0m		シル2.0m D.C. 90.0m	
W = 10.0m	放流管単独 $800 \text{ m}^3/\text{s}$	△	拡散効果はあるが 水面隆起が大きい	△	拡散効果はあるが 水面隆起がある	△	拡散効果はないが 副ダムに直撃しない
	サーチャージ水位での放流管 単独 $1,120 \text{ m}^3/\text{s}$	×	飛 散	×	水面隆起が見られ る	△	拡散効果がある
	ダム設計洪水 流量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$	△	飛散は緩和するが 片よりは変化しない	△	飛散は緩和するが 片よりは変化しない	×	露出射流, 飛散す る
W = 13.0m	放流管単独 $800 \text{ m}^3/\text{s}$	△	拡散効果はあるが 水面隆起が大きい	△	拡散効果はあるが 水面隆起がある	△	拡散効果はないが 副ダムに直撃しない
	サーチャージ水位での放流管 単独 $1,120 \text{ m}^3/\text{s}$	×	飛 散	×	水面隆起が見られ る	×	拡散効果があり, デフレクタがない 時に見られた飛散 がなくなる
	ダム設計洪水 流量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$	△	飛散は緩和するが 片よりは変化しない	△	拡散効果はあるが 飛散が見られる	△	左右等流壁沿いの 水面隆起を緩和す る程度である

表 9 - 4.1 減勢工内の諸水理量関係

副ダム高 (W)	Q (m^3/s)	H (m)	h_0 (m)	h_1 (m)	h_2 (m)	Δh (m)	
8.5 m	—	—	—	—	—	—	
	5160.11	97.85	20.00	13.50	21.98	4.70	
10.0 m	4041.12	97.94	18.75	C 15.30 D 13.99	21.05	3.30	
	5153.04	97.85	20.25	16.75	23.56	3.65	

副ダム高 (W)	Q (m^3/s)	※ Pmax (m)	Pmean (m)	ΔP (m)	Pd (m)	d (m)	Pwmax (m)
8.5 m	—	—	—	—	—	—	—
	5160.11	C 45 51.25	47.75	7.00	37.75	25.00	右 32.00
10.0 m	4041.12	D 45 48.05	46.23	3.64	C 32.75 D 34.06	35.00	—
	5153.04	E 50 49.60	45.00	9.20	32.85	30.00	右 34.00

副ダム高 (W)	Q (m^3/s)	Pmax/H	ΔP / Pmean	h_2/H	Pd/d	Pwmax/ h_2	$\Delta h/h_2$
8.5 m	—	—	—	—	—	—	—
	5160.11	0.52	0.15	0.22	1.51	1.46	0.21
10.0 m	4041.12	0.49	0.08	0.21	C 0.94 D 0.97	—	0.16
	5153.04	0.51	0.20	0.24	1.10	1.44	0.15

※ 内は測定位置

表 9 - 4. 2 減勢工内の諸水理量の関係

副ダム高 (W)	Q (m^3/s)	H (m)	h_0 (m)	h_1 (m)	h_2 (m)	Δh (m)	
13.0 m	4025.21	97.92	22.12	C 20.10 C 20.10	24.45	2.30	
	5154.10	97.85	22.75	C 21.25 E 20.50	25.75	3.50	
15.0 m	4041.12	97.94	23.50	C 23.35 B 22.85	26.70	3.20	
	5149.51	97.85	24.25	C 23.99 E 24.50	28.60	3.00	

副ダム高 (W)	Q (m^3/s)	※ P_{max} (m)	P_{mean} (m)	ΔP (m)	P_d (m)	d (m)	P_{wmax} (m)
13.0 m	4025.21	C 45 50.05	45.05	10.00	C 29.95 C 29.95	35.00	右 29.00
	5154.10	E 45 46.50	42.58	7.84	C 25.25 E 26.00	30.00	右 35.00
15.0 m	4041.12	B 40 48.15	46.63	3.04	C 24.80 B 25.30	40.00	右 31.00
	5149.51	E 45 48.50	45.13	6.74	C 24.51 E 24.00	30.00	右 35.50

副ダム高 (W)	Q (m^3/s)	P_{max}/H	$\Delta P/P_{mean}$	h_2/H	P_d/d	P_{wmax}/h_2	$\Delta h/h_2$
13.0 m	4025.21	0.51	0.22	0.25	C 0.86 C 0.86	1.19	0.09
	5154.10	0.48	0.18	0.26	C 0.84 E 0.86	1.36	0.14
15.0 m	4041.12	0.49	0.07	0.27	C 0.62 B 0.63	1.16	0.12
	5149.51	0.50	0.15	0.29	C 0.82 E 0.80	1.24	0.10

※ 内は測定位置

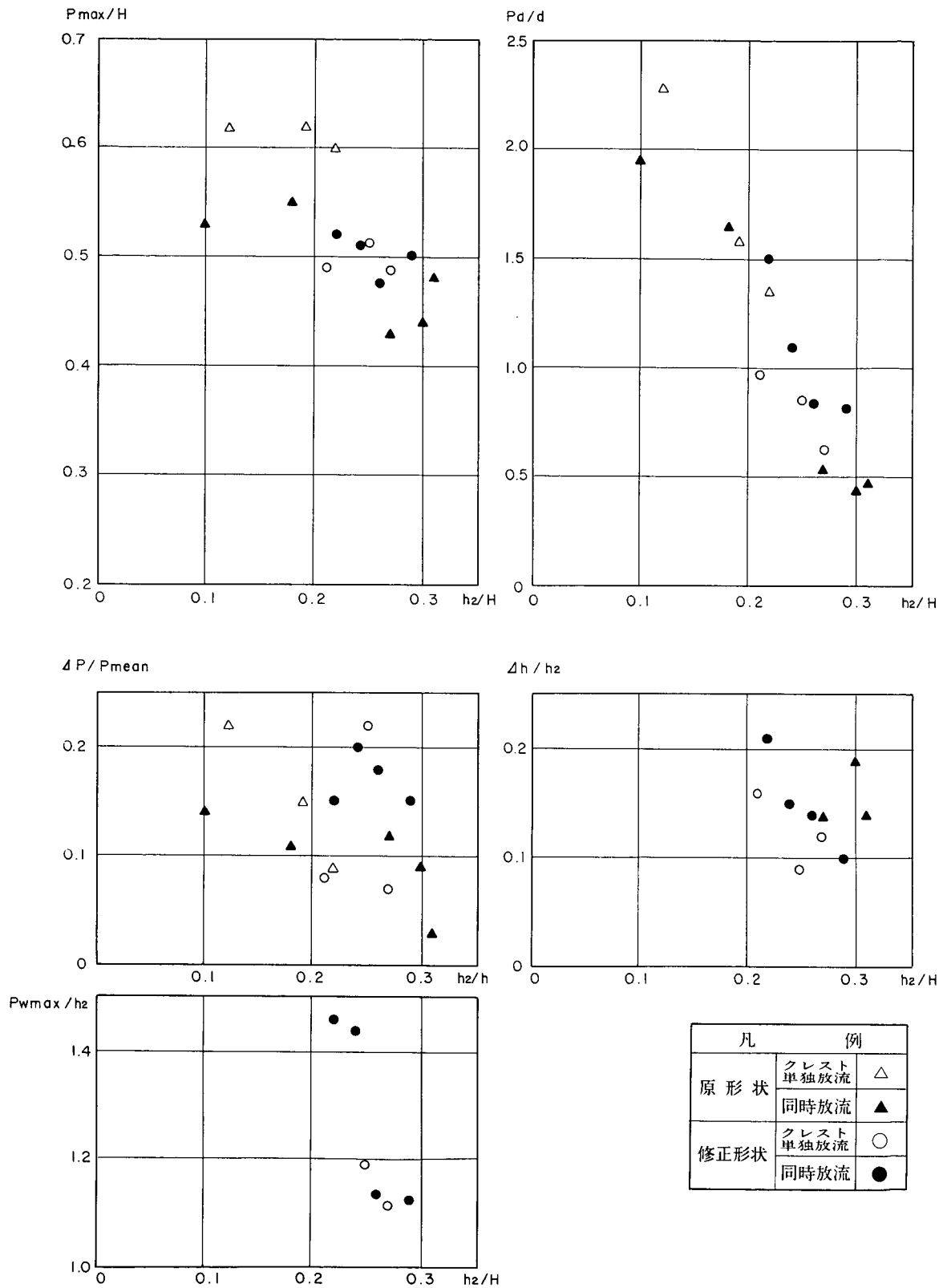
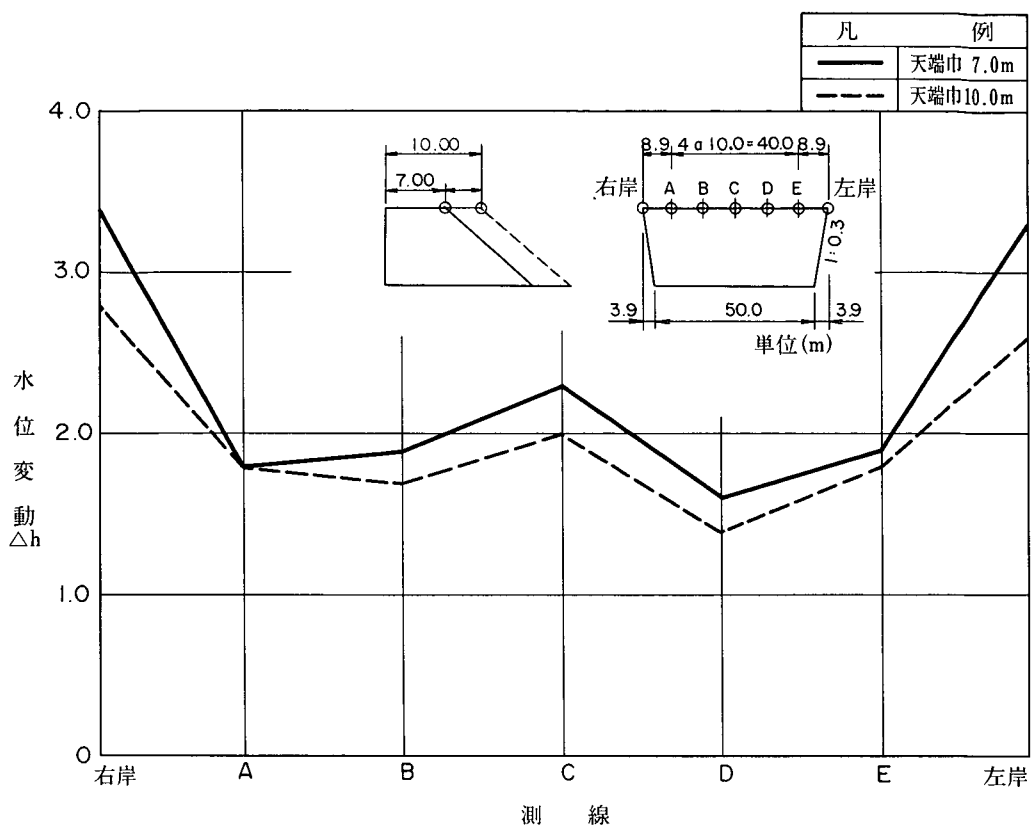


図 9 - 1 0 減勢工内の諸水理量の関係



貯水位	EL. 280.20m
流量	1179.81m ³ /s
天端巾	7.0m

	右岸	A	B	C	D	E	左岸
h_{max} (EL.m)	199.90	198.90	198.70	198.80	198.30	198.80	199.95
h_{mean} (EL.m)	198.20	198.00	197.75	197.65	197.50	197.85	198.30
Δh^* (m)	3.4	1.8	1.9	2.3	1.6	1.9	3.3

貯水位	EL. 280.20m
流量	1179.81m ³ /s
天端巾	10.0m

	右岸	A	B	C	D	E	左岸
h_{max} (EL.m)	199.80	198.85	198.40	198.75	198.30	198.65	199.75
h_{mean} (EL.m)	198.40	197.95	197.55	197.75	197.60	197.75	198.45
Δh^* (m)	2.8	1.8	1.7	2.0	1.4	1.8	2.6

※ $\Delta h = 2(h_{max} - h_{mean})$

図9-11 副ダム天端上の水位変動(副ダム天端幅の検討)

3-2-3 副ダムの形状

ここまでの検討した副ダムは、実験の遂行上、上流面鉛直の堰板を代用して進めてきた。本項では、副ダムの上流面形状、天端幅、下流面形状について検討し、副ダムの最終形状を決定する。

上流面形状および下流面形状については、構造物の安全性等から、次のよう決定した。

上流面 鉛直

下流面 1 : 1

天端幅については、長ければ減勢工内に生じる波面変動を整流する効果を増すと思われる。本減勢工内の流況は、サーチャージ水位で放流管単独放流の場合、減勢工内の水面変動が大きい。

そこで下流への流況を安定化するための天端幅について水理検討を実施した。検討条件は、放流管単独放流、貯水位はサーチャージ水位とした。天端幅は7 m、10 mの2ケースについて実施した。計測は、副ダム付辺の水面形についてその変動量を把握できるようにし、最高、平均の水位を計測した。結果を図9-11に示す。

図9-11より、天端幅を10 mにすれば変動量について30 cm程小さくなると判断できるが、

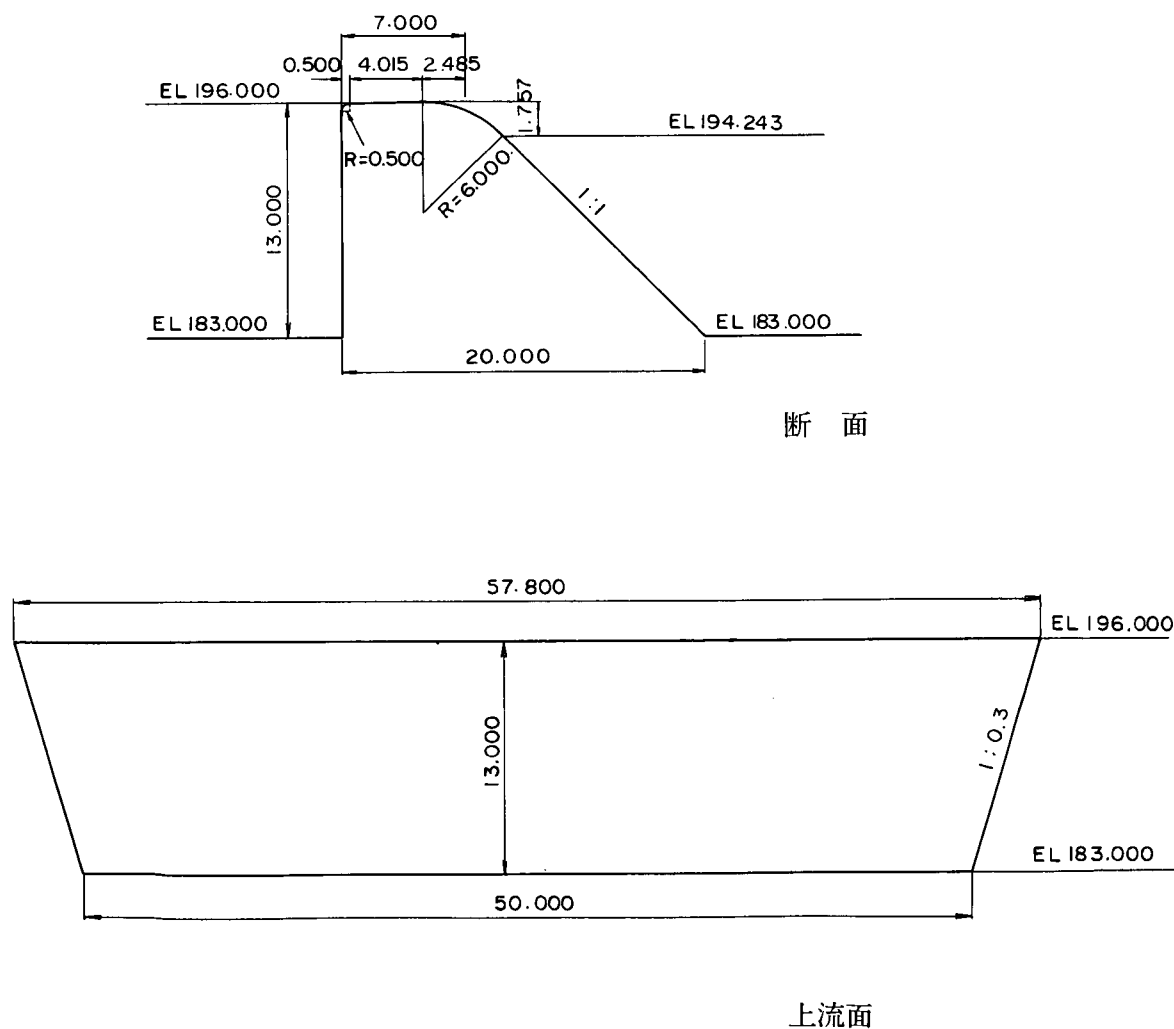


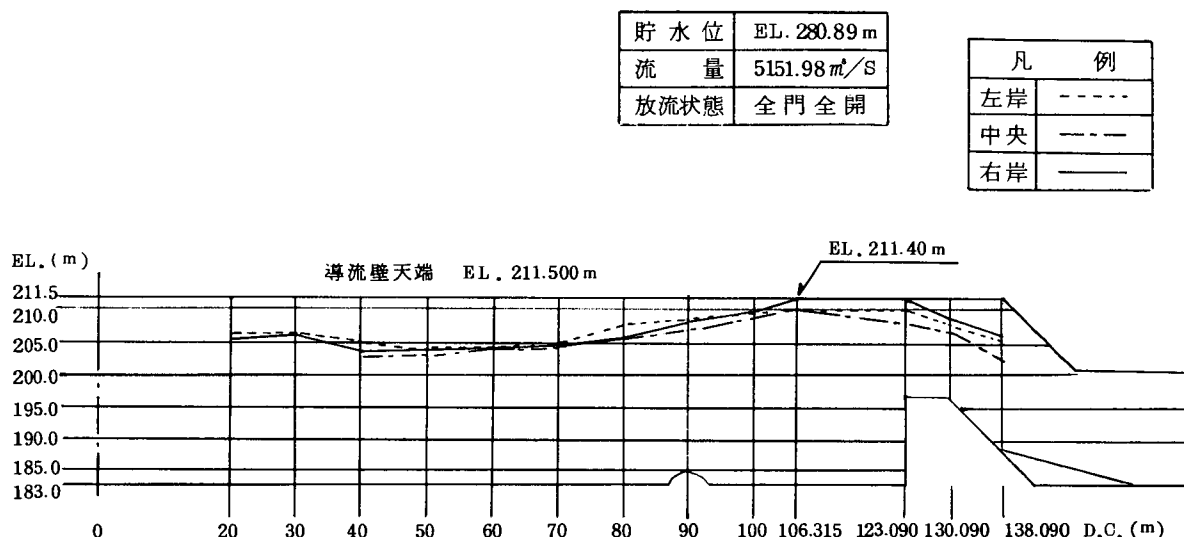
図9-12 副ダム形状図

この程度の整流効果では副ダム下流での流況が差程良好にならず、副ダム天端幅は7mで十分である。

副ダムの詳細な形状は、既設ダムの設計例を参考に図9-12に示すとおりとした。

3-2-4 導流壁天端標高の検討

減勢工の規模および副ダムの形状が定まったので、この形状に対して、改めて減勢工内の水位を測定した。放流量は、ダム設計洪水流量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$ とし、左岸、中央、右岸の3測線の最高、平均を測定した。測定結果を図9-13に示す。測定結果より、最高水位はD.C.106.315m(減勢工線形が湾曲する始端)の位置の右岸沿いで、E.L.211.400mである。よって、導流壁の天端標高はE.L.211.5mでよいことになる。ただし、この値は、空気混入による影響および不規則なはね上がりは考慮していない。



※ 最高水位を示している。

D. C. (m)	左 岸		中 央		右 岸	
	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
20.000	206.75	205.05	測定不可	測定不可	205.55	203.45
30.000	206.35	204.15	測定不可	測定不可	206.00	203.85
40.000	205.00	203.75	202.85	201.85	203.65	202.35
50.000	203.70	201.85	202.90	201.45	203.46	201.05
60.000	204.20	201.60	204.20	201.95	204.00	202.70
70.000	205.00	202.50	204.30	202.00	204.50	203.25
80.000	207.70	204.50	205.90	202.95	205.80	204.00
90.000	208.85	205.10	206.90	203.70	208.00	206.25
100.000	209.55	206.25	208.60	205.20	209.85	207.00
106.315	209.85	208.50	210.30	207.85	211.40	208.80
123.090	210.05	207.50	208.30	206.80	211.10	208.70
130.090	207.50	204.50	206.50	203.15	208.25	205.20
138.090	205.75	201.45	202.30	198.85	206.30	201.95

図9-13 減勢工水面形測定結果図(最終案)

3-3 副ダム減勢工

副ダムからの越流水は、ダム設計洪水流量の $5,160\text{ m}^3/\text{s}$ 放流時で 2.7 m 水柱程度、計画高水流量の $3,520\text{ m}^3/\text{s}$ 放流時で 2.4 m 水柱程度のエネルギーをもって流下することが予想され、副ダム下流で射流を起こし局所洗掘および河岸侵蝕を起こす危険性があると判断し得る。

本節では、副ダム下流に、副ダム減勢工がない場合の下流河道を調査するとともに、副ダム減勢工の設計をするものである。

3-3-1 副ダム減勢工がない場合の下流河道流況

本項では副ダム減勢工を検討するに先立って、現状での下流河道における問題点および流況についての知見を得るために実施した。検討流量は計画最大放流量 $Q = 800\text{ m}^3/\text{s}$ 、計画高水量 $3,520\text{ m}^3/\text{s}$ 、ダム設計洪水流量 $5,160\text{ m}^3/\text{s}$ の3ケースとして、計測は水位、流速、流況観察について別図9-4に示す位置で行った。結果をそれぞれ別図9-5、および別表9-4に示した。

下流水位条件については安全側を考慮して模型末端で自然流下とした。各流量での流況観察結果をまとめると次のとおりである。

ただし、本文中の副ダム下流○mとは特にことわらない限り、副ダム前面からの距離をさす。

(1) $Q = 800\text{ m}^3/\text{s}$

副ダム下流60mまで射流状態で流下しており、河道内最大流速は、副ダム下流40mの位置で、 8.7 m/s である。副ダム下流60m以降では、波状跳水をとところどころに発生しながら流下している。

(2) $Q = 3,520\text{ m}^3/\text{s}$

副ダムを越流した流水は直進性が強く、副ダム下流80mまでそのまま射流で流下する。河道内最大流速は、副ダム下流40mの位置で 11.0 m/s もあり、河床が洗掘されるおそれがある。また、流水の直進性のために、副ダム下流80～100mで左岸側にはいあがりがあるがE.L.200mまで見られる。

副ダム下流80mより下流では、波状跳水が1ヶ所みられるもののまた射流になり流下している。

(3) $Q = 5,160\text{ m}^3/\text{s}$

副ダムを越流した流水はさらに直進性が強く、副ダム下流100m付近まで射流状態で流下し、最大流速も副ダム下流60mで 12.3 m/s と大きい。副ダム下流60～100mの左岸側に水衝部を形成しており、河岸へのはあがりがあるがE.L.205m程度までみられる。

副ダム下流100mより下流でもほぼ射流で流下しており、副ダム下流200mで河道内で最大の流速 12.5 m/s が記録されている。

3-3-2 副ダム減勢工の設計

前項の調査より副ダム減勢工を設置することにした。

副ダム減勢工は掘り込み式減勢工を採用することとし、次の条件により形状を検討する。

- 1) 水叩き面標高はE.L.183.0mとする。
- 2) 導流壁の線形は上流減勢工の延長とし勾配も1:0.3とする。
- 3) 下流端は鉛直とする。

これより副ダム減勢工の形状は図9-14の様になり水理計算および実験から水叩き長さ(L)を決めればよい事になる。

水叩き長さは(L)は、副ダム直下流から跳水が始まるとしたときの跳水長を基準に設計する事に

なる。跳水長 (l) は次式により求められる。

$$\left. \begin{aligned} l &= 4.5 h_2 \\ h_2 &= \frac{h_1}{2} (\sqrt{1 + 8 F_r^2} - 1) \\ F_r &= \frac{V_1}{\sqrt{g h_1}} \\ V_1 &= 0.8 \sqrt{2 g H} \\ h_1 &= \frac{q}{V_1} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9-6)$$

ここで、

H ; 有効落差

h ; 水深 (m)

F_r ; フルード数

l ; 跳水長 (m)

q ; 単位幅流量 ($\text{m}^3 / \text{s} - \text{m}$)

V ; 流速 (m / s)

g ; 重力加速度 (m / s^2)

添字 1, 2 は跳水前後のそれを示す。

各流量における計算結果を次に示す。

流 量	H (m)	h_1 (m)	h_2 (m)	F_r	l (m)
$3,520 \text{ m}^3 / \text{s}$	24.1 m	4.05	13.91	2.76	62.59
$5,160 \text{ m}^3 / \text{s}$	27.4 m	5.57	17.17	2.51	77.27

3-3-3 副ダム減勢工の実験

前項の検討より水叩き長さを 60 m とした掘り込み式減勢工について予備実験したところ副ダム減勢工終端で、放流量 $800 \text{ m}^3 / \text{s}$ のとき $3 \text{ m} / \text{s}$ 程度、放流量 $5,160 \text{ m}^3 / \text{s}$ のときでも $5.3 \text{ m} / \text{s}$ であり流況的にも水叩き長さに余裕があると判断されたため、実験は水叩き長さ 35.0 m, 25.0 m, 15.0 m の 3 ケースについて行った。

1) 水叩き長さの検討

検討流量は $5,160 \text{ m}^3 / \text{s}$ である。

水叩き長さが 15 m, 25 m の場合は副ダム下流に跳水は発生しているものの、水叩き内では流水の減勢が充分でなく、水叩き終端と河道すり付けの部分で水位上昇をひきおこし、下流に射流を発生している。

水叩き長さが 35 m の場合、上記した河道すり付け部分での水位上昇も軽減され、射流は見られない。(写真 9-16, 17, 18 別図 9-6)

以上の検討より、水叩き長さとして 35 m とすることにした。このときの各流量ごとの流況は次のとおりである。

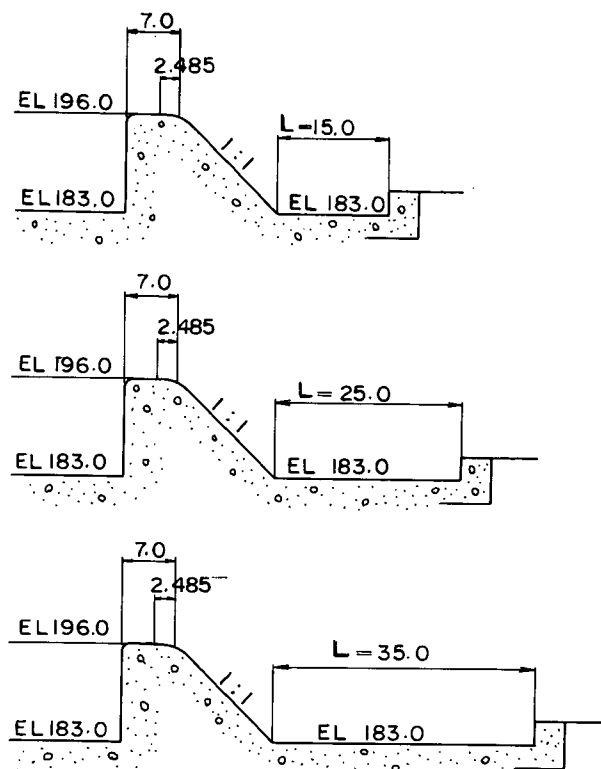


図 9-14 掘り込み式副ダム減勢工検討形状図

◎ $Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$

副ダム減勢工内の水深が大きく副ダムを流下してきた水流が潜り込む流況であり減勢は充分である。しかし水叩き始端では、主減勢工内の変動を原因とする水はねが顕著にみられる。このような水叩き内の変動は水理的に問題を残すものである。

◎ $Q = 3,520 \text{ m}^3/\text{s}$

副ダム減勢工内で跳水を起こしており、ほぼ 2 次元性を保ち安定した跳水形状である。

水叩き終端での河道部との水位差は見られず下流河道への接続がスムーズである。

◎ $Q = 5,160 \text{ m}^3/\text{s}$

副ダム減勢工内で跳水を起こしているが、右岸側において流勢が強いため水叩き始端部で露出射流が見られる。

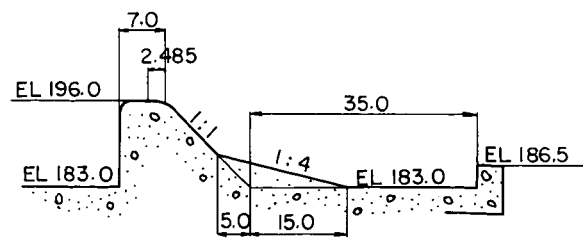
水叩き終端での河道部との水位差は小さく（1.0 m 以下）下流河道への接続について水理的には問題はない。

2) 順傾斜付掘り込み式副ダム減勢工の検討

$Q = 800 \text{ m}^3/\text{s} \sim 1,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 放流時に見られた副ダム減勢工水叩き内の変動は上流減勢工内の水面変動も関与しており、実験でも上流減勢工内の水面を整流することによりかなり改善がみられたが、上流減勢工内を整流する構造物は現実的には困難であることが推察されるとともに、シンプルな構造で対処できることが望ましい。そこで、副ダム下流面に順傾斜を入れることにより流況改善を試みた。その結果、順傾斜始端標高を水叩き面より 4～6 m 程度とることにより、順傾斜始端で安定した跳水が得られることがわかった。

水理的には射流区間延長による整流効果および副ダム越流水の水叩き内への突入角度の緩和による効果である。

水叩き標高	E L. 183.000 m
水叩き長さ	3 5 m
副ダム下流順傾斜付き	
順傾斜始端標高	E L. 188.000 m
勾配	1 : 4.0
減勢工終端	鉛直



実験の結果をまとめると表 9-5 のとおりである。

放流量 Q (m^3/s)	流 勢				況			備 考
	副 ダ ム 減 勢 工				下 流 河 道			
	減勢工内 の 流 況	減勢工始端 での 流 況	減 勢 工 内 の 水 位 , 流 速		下流河道 の 流 況	水衝部での はいあがり	河 道 内 最大流速	
始 端			終 端					
800	安定した 跳 水	順傾斜始端 から跳水が 起こっている。 水はねが緩和 される	— 9m/s	— 2m/s	波状跳水を ところどころ に発生させ ながら射流 で流下する。	な し	副ダム下流 240 m 7 m/s	写真 9-20
3,520	安定した 跳 水	順傾斜上に 露出射流が あらわれる。	3m	1m	副ダム下流 60m~140 m付近に波 状跳水ほぼ 射流で流下 している。	副ダム下流 80 m~100 m 左岸 EL. 200 m	副ダム下流 240 m 10 m/s	写真 9-21
5,160	跳 水	順傾斜上か ら跳水が起 こっている。	3m 9m/s	2m 5m/s	副ダム下流 60m~160 m付近波状 跳水 副ダム下流 180 m~ 260 m付近 波状跳水	副ダム下流 60m~100m EL. 205m 副ダム下流 160m~180m EL. 202 m	副ダム下流 200 m 10 m/s	写真 9-22

放流量 Q (m ³ /s)	副ダム減勢工と下流河道との関係		
	副ダム減勢工終端の平均 水位 (副ダム下流60m)	副ダム減勢工直下60mの平 均水位 (副ダム下流80m)	水 位 差 (m)
800	EL (m) 191.81	EL (m) 189.87	1.9
3,520	197.21	195.52	1.7
5,160	198.37	197.47	0.9

3-3-4 副ダム減勢工導流壁天端標高の検討

図9-15の最終形状について水位測定を行い、導流壁高さを決定した。水位の測定結果は表9-6に示すとおりであり、副ダム減勢工内の最高水位はE L.199.24 mとなる。よって導流壁天端はE L.200.0 m程度あればよいことになる。

表9-6 副ダム減勢工内水位測定結果表（最終案）（単位 E L. m）

断面	副ダム前面からの距離 (m)	左 岸		中 央		右 岸	
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
順傾斜始端	15.00	205.75	201.45	202.30	198.85	206.30	201.95
No. 1	27.48	198.19	195.89	196.09	194.04	196.14	193.69
No. 2	39.98	199.24	196.54	198.39	195.99	196.29	194.44

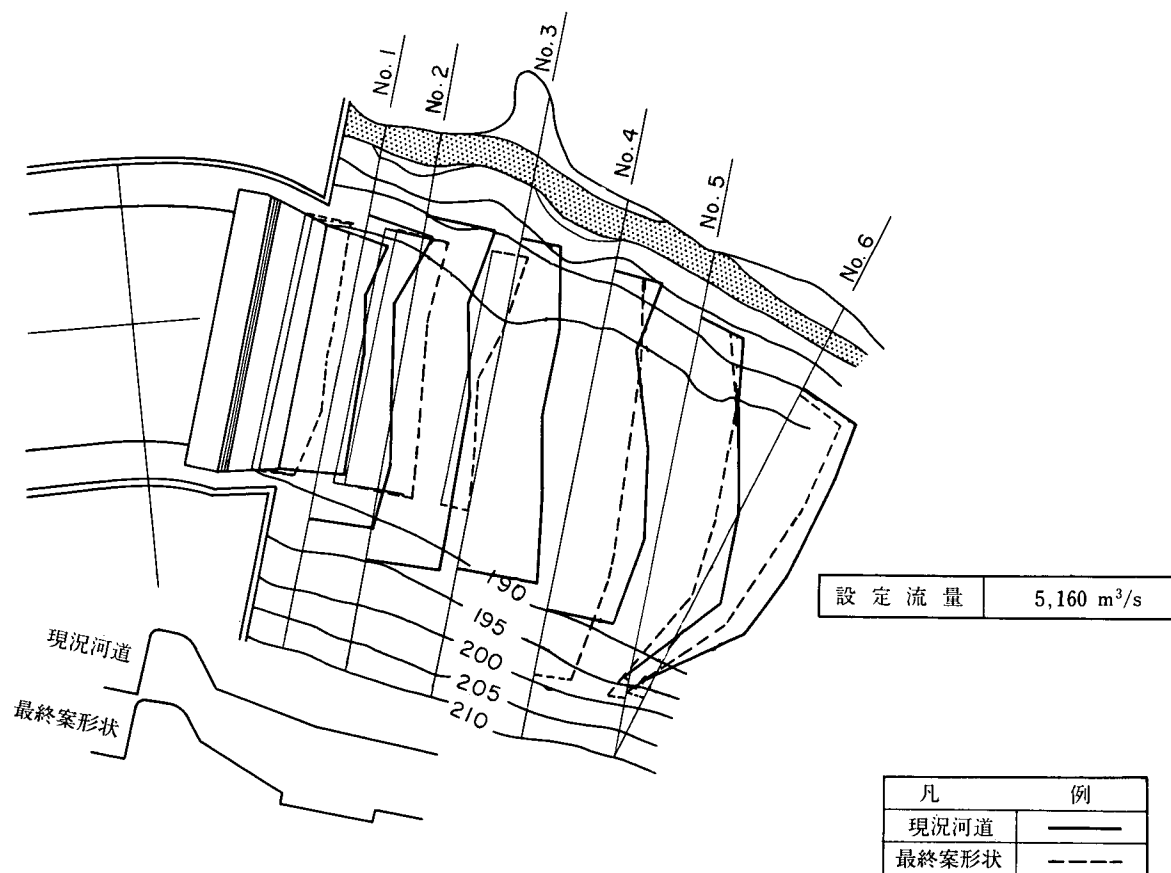


図9-16.1 下流河道の流速比較図

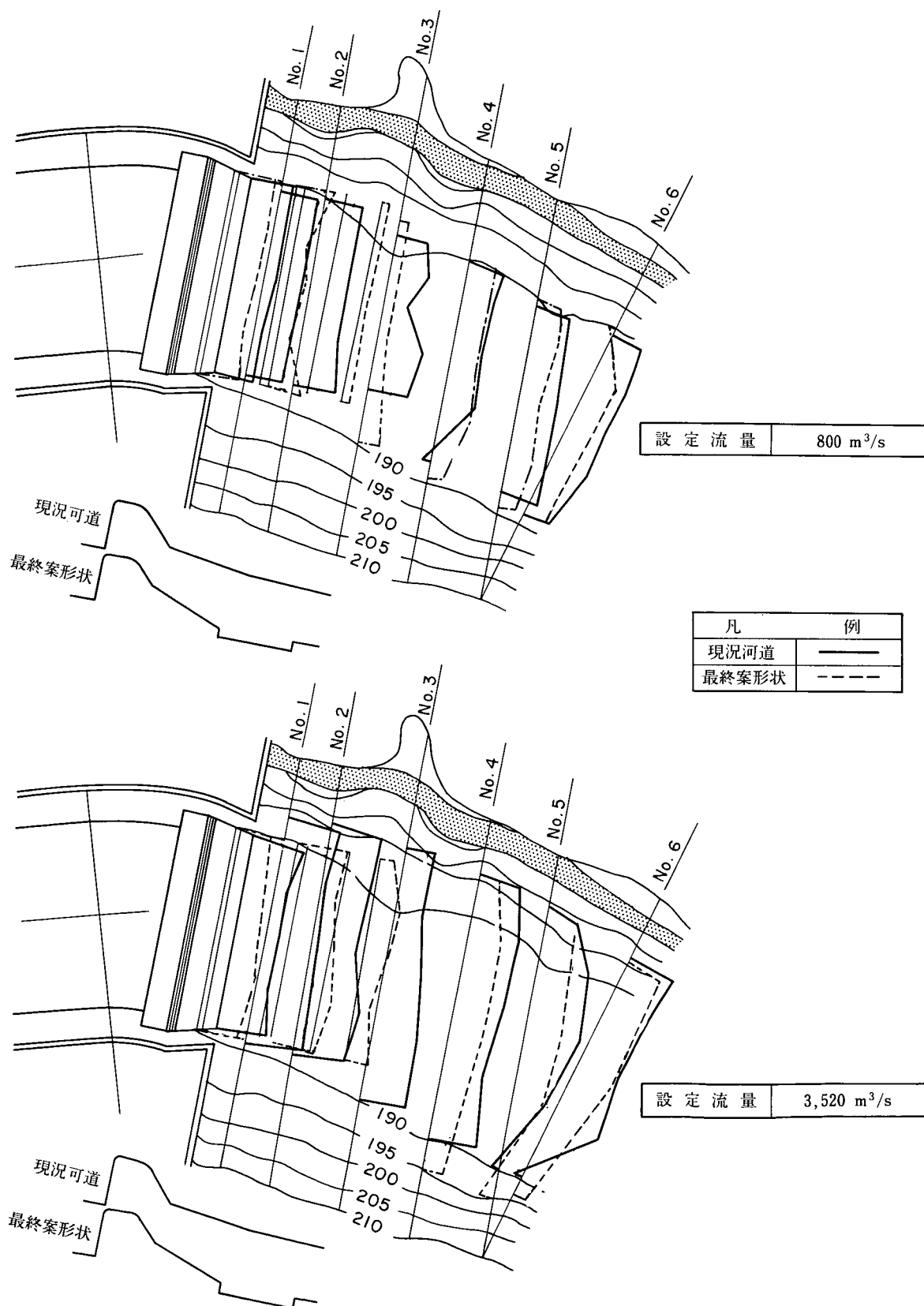


図 9 - 16,2 下流河道の流速比較図

3-3-5 副ダム減勢工の効果

図9-15の副ダム減勢工最終形状の効果について下流河道の流況を、3-3-1で実施した副ダム減勢工がない場合の流況と比較して検討する。

1) 副ダム減勢工直下の流況について

副ダム減勢工がない場合、流量 $800\text{ m}^3/\text{s} \sim 5,160\text{ m}^3/\text{s}$ のいずれの場合も射流で流下しているが、最終形状ではすべて副ダム減勢工内で跳水が起こり一旦常流となったのち流下している。ただし水衝部については副ダムを越流する流水の直進性のために同じ位置に形成されている。

(別図9-8, 別図9-10)

2) 下流部の流速の比較

両形状の下流部の流速を比較したのが図9-16である。これより、副ダム減勢工により流速が2～3割程度減少していることがわかる。

3-4 下流河道の調査

最終案形状における下流河道の流況について放流量別にまとめると次のとおりである。

(図9-17参照)

(1) $Q = 800\text{ m}^3/\text{s}$

河道内流速は、副ダム下流240m中央で最大 $7.22\text{ m}/\text{s}$ である。兩岸流速は $1.5\text{ m}/\text{s} \sim 6\text{ m}/\text{s}$ 程度である。

河道内水位は、左右岸で片寄りはなく $\text{E.L. } 193\text{ m} \sim \text{E.L. } 185\text{ m}$ の範囲で水面勾配約 $1/30$ 程度で下がっていく。

副ダム減勢工内で安定した跳水が起こっており、減勢された流水はほぼ河道の最深部に沿ってところどころに波状跳水を発生させながら流下している。(別図9-11, 写真9-25)

(2) $Q = 3,520\text{ m}^3/\text{s}$

河道内流速は、副ダム下流240m中央で最大 $9.77\text{ m}/\text{s}$ である。兩岸流速は $2\text{ m}/\text{s} \sim 7.5\text{ m}/\text{s}$ 程度である。

河道内水位は、副ダム減勢工直下では左岸が高いが、副ダム下流120mより下流ではほぼ片寄りなくなってくる。河道内最高水位は兩岸とも副ダム下流60mで左岸は $\text{E.L. } 199.04\text{ m}$ 、右岸は $\text{E.L. } 196.54\text{ m}$ である。

副ダム減勢工内での跳水により、減勢された流水は副ダム減勢工終端から10mまでは常流で流下するが、河道内にはいって射流で流下する。

副ダム下流60m～140m付近と副ダム下流160m～260m付近に波状跳水がみられる。

(別図9-11, 写真9-26)

(3) $Q = 5,160\text{ m}^3/\text{s}$

河道内流速は、副ダム下流200m中央で $10.34\text{ m}/\text{s}$ である。兩岸の流速は $25\text{ m}/\text{s} \sim 9\text{ m}/\text{s}$ 程度である。

河道内水位は、副ダム減勢工直下では左岸が高く、副ダム下流120mより下流では兩岸に比べて中央が低くなっている。

河道内最高水位は副ダム下流60m左岸でEL.201.24m副ダム下流120m右岸でEL.197.64mであるが、2箇所とも岸へのはい上がり、ときおり見られ岸沿いではさらに上昇がある。

副ダム減勢工内で跳水は起こるものの流水の直進性が強く副ダム下流600m～1000m左岸側に水衝部を形成し、そのはい上がりがEL.205mに達する。副ダム減勢工終端から下流の河道では射流で流下している。

副ダム下流60m～160mと、副ダム下流180m～260m付近に波状跳水がみられ、その影響で、副ダム下流100m～140mの右岸側と副ダム下流160～180mの左岸側にはい上がりが見られ、それぞれEL.200m、EL.202mに達している。(別図9-11, 写真9-27)

各断面で行った水位および流速の測定結果を第8章で計算した等流水位、流速(表8-2)と比較すると、各流量ともほとんど等流計算の結果に等しい値であり、測定範囲では十分に減勢され、ダム構築以前の流況に復しているものと判断される。

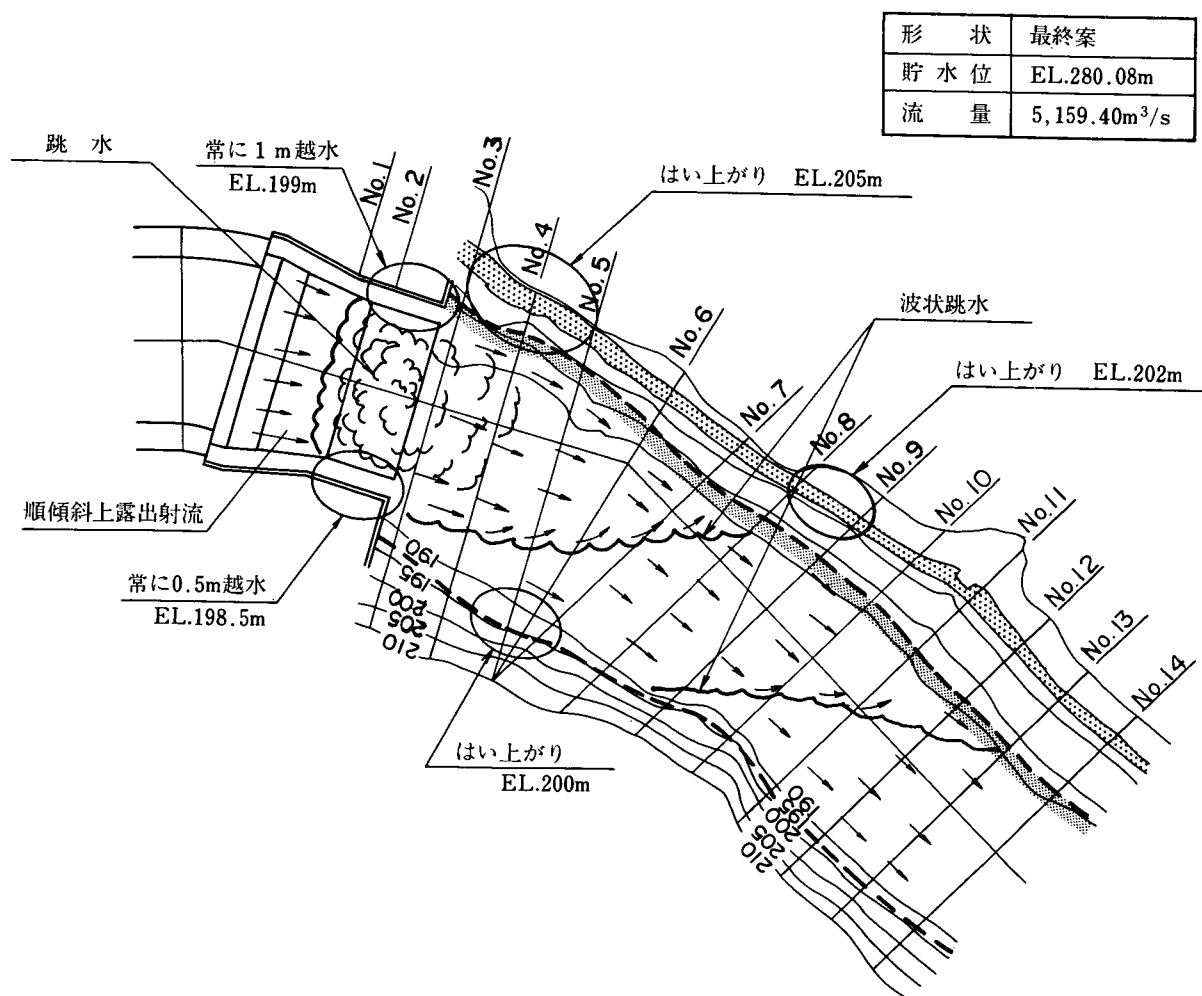


図9-17.1 下流河道の流況図(最終案)

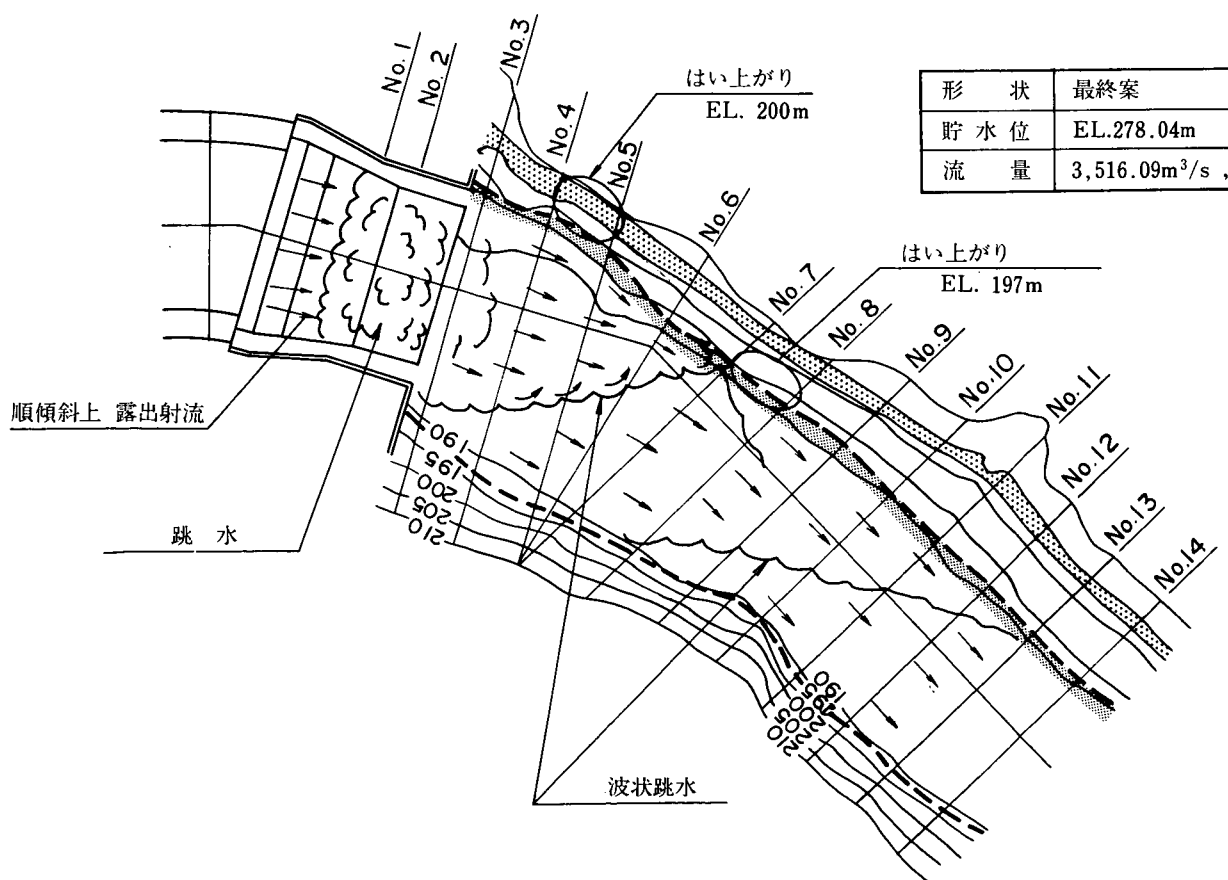
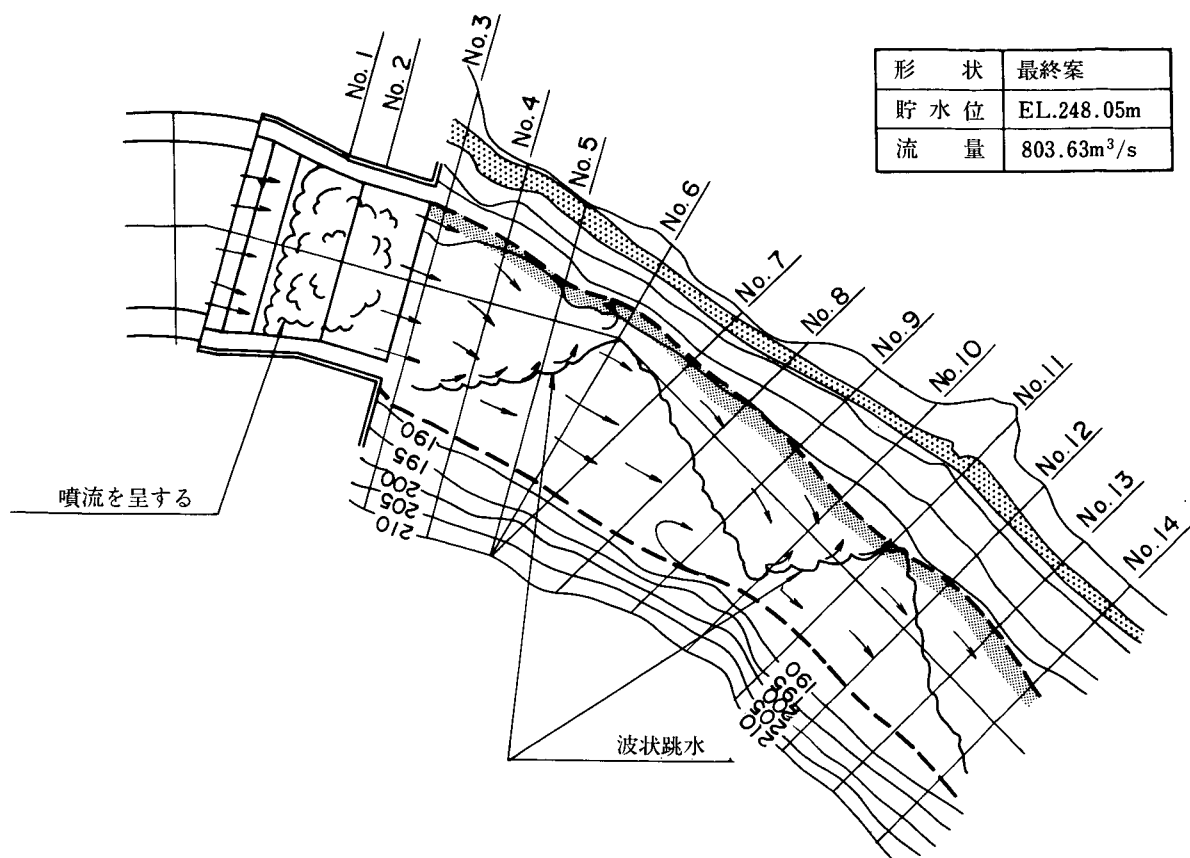


図 9-17, 2 下流河道の流況図 (最終案)

別 図 集

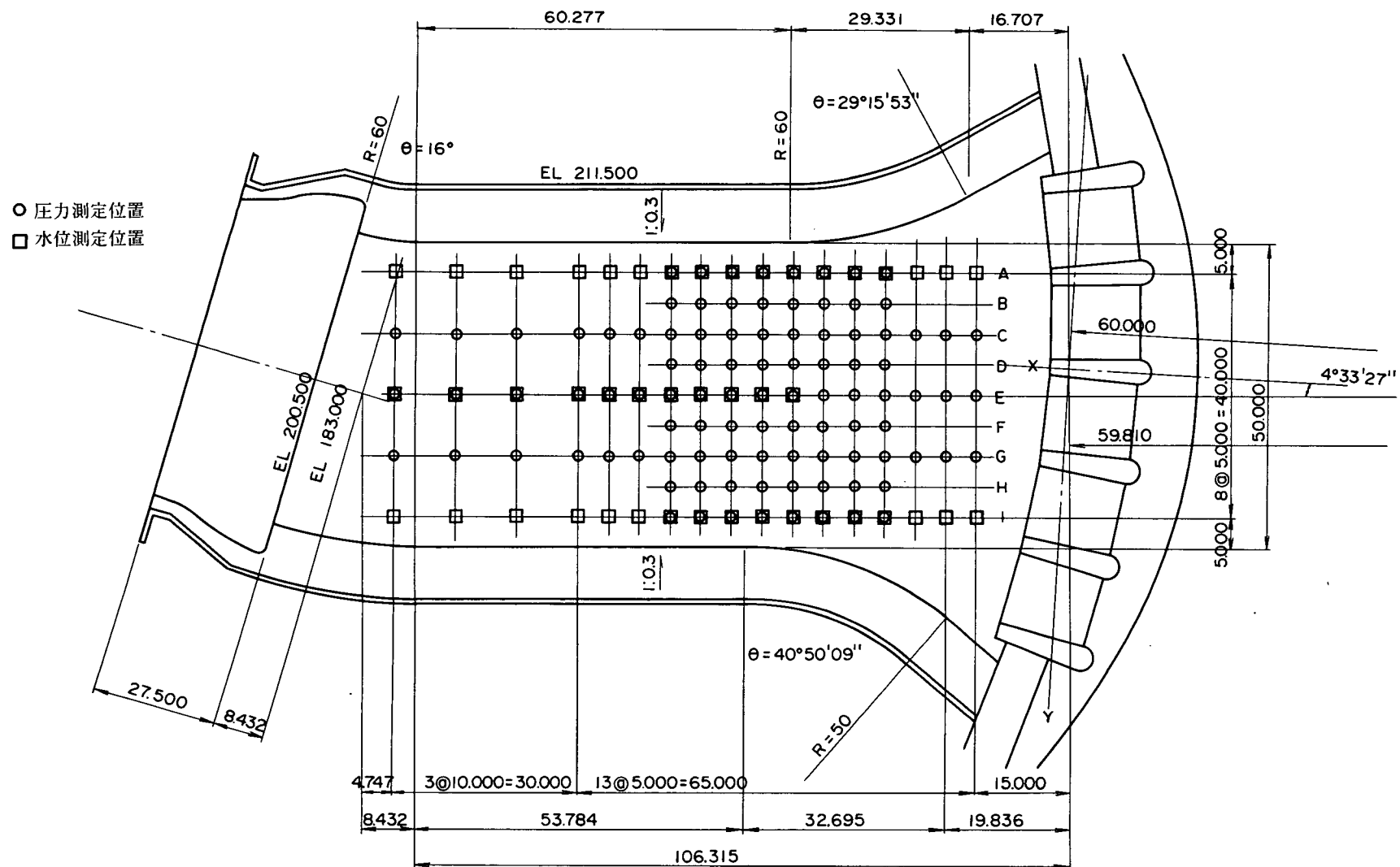
別 図 集 目 次

第 7 章

別図 7-1	水位および圧力測定位置図	161
別図 7-2	減勢工流況図（シルなし）	162
別図 7-3	“ “ （シルあり）	164
別図 7-4	下流河道水位流速分布図	166

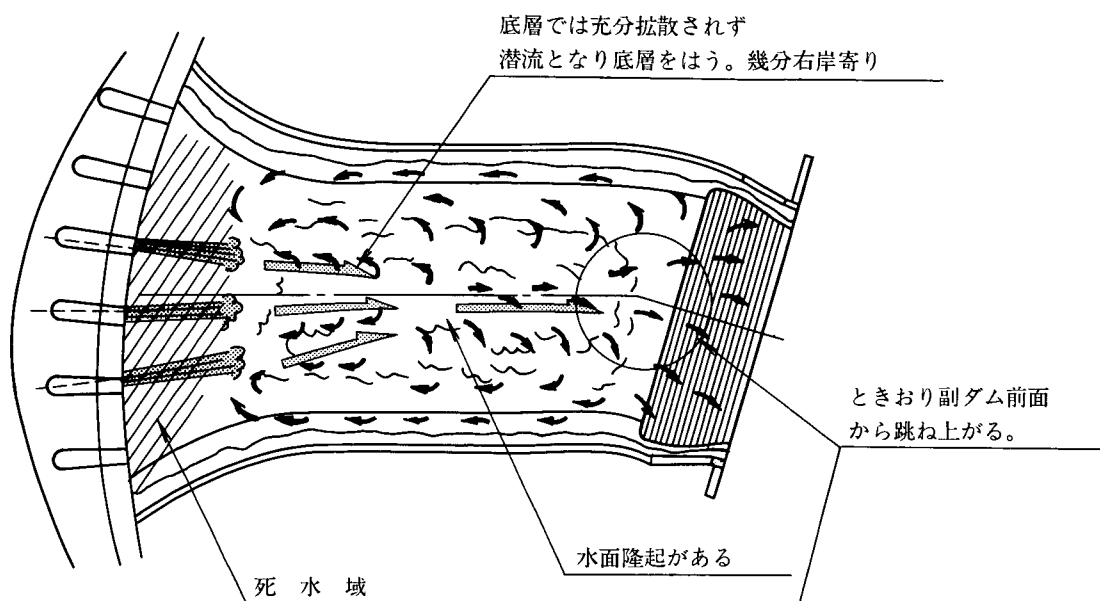
第 9 章

別図 9-1	水位および圧力測定位置図	168
別図 9-2	減勢工の水位・圧力分布図	169
別図 9-3	減勢工流況図	173
別図 9-4	下流河道水位・流速測定位置図	176
別図 9-5	流況図（現況河道）	177
別図 9-6	副ダム減勢工流況図（副ダム減勢工の長さ）	179
別図 9-7	副ダム減勢工流況図（順傾斜付き副ダム減勢工）	180
別図 9-8	下流河道の水位縦断面図（現況河道）	181
別図 9-9	下流河道の流速分布図（現況河道）	182
別図 9-10	下流河道の水位縦断面図（最終案形状）	185
別図 9-11	下流河道の流速分布図（最終案形状）	187

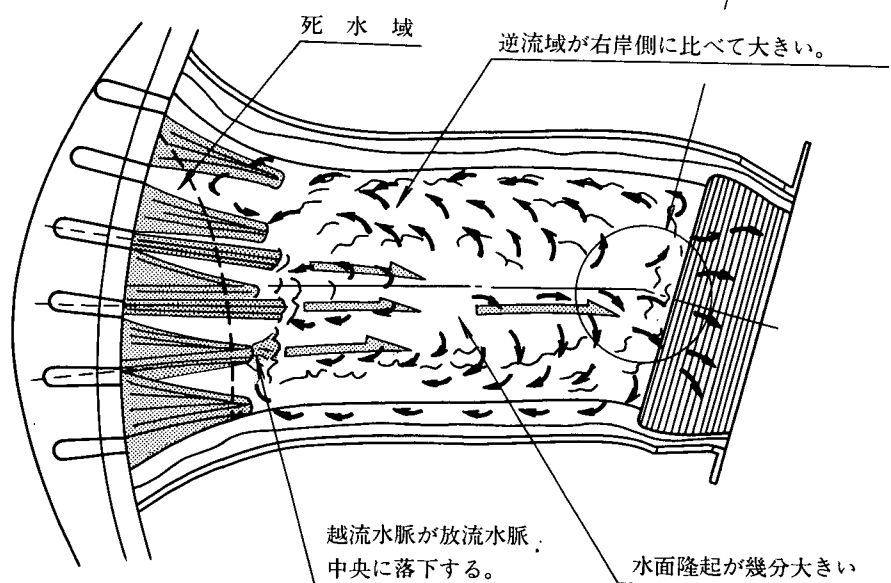


別図 7 - 1 水位および压力测定位置図

放流管単独放流 ($Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$, ゲート全開)

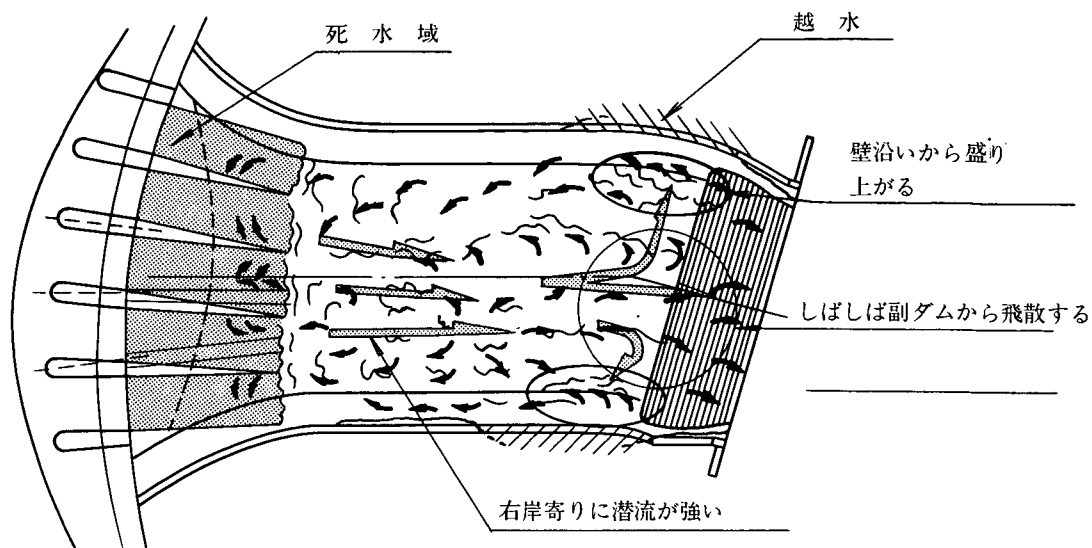


全門同時放流 ($WL = 271.54 \text{ m}$, $Q = 1.202 \text{ m}^3/\text{s}$)

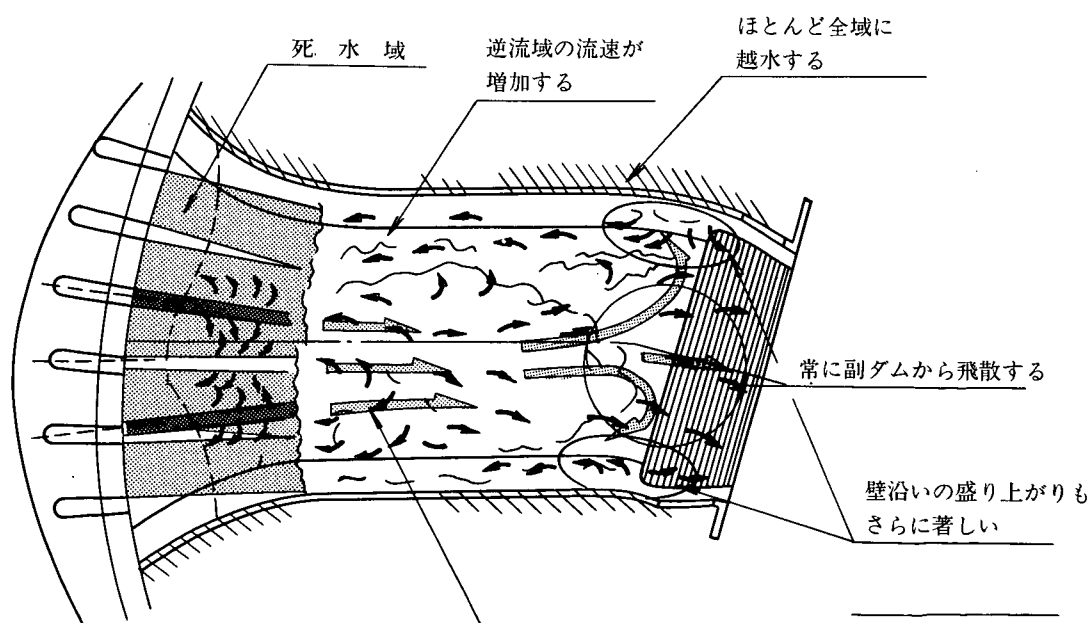


別図 7-2, 1 減勢工流況図 (シルなし)

越流部単独放流（サーチャージ水位，ゲート全開）



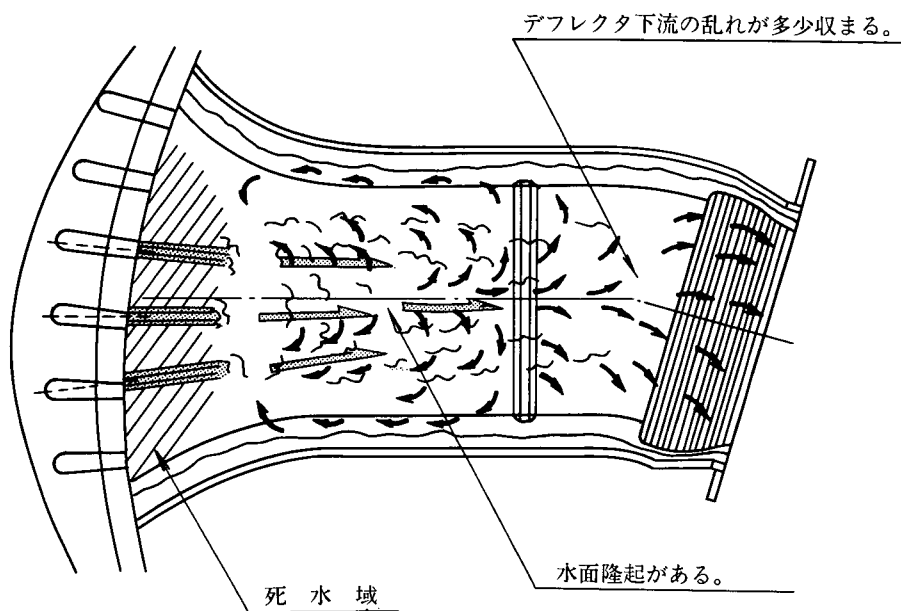
全門同時放流（設計洪水流量流下時）



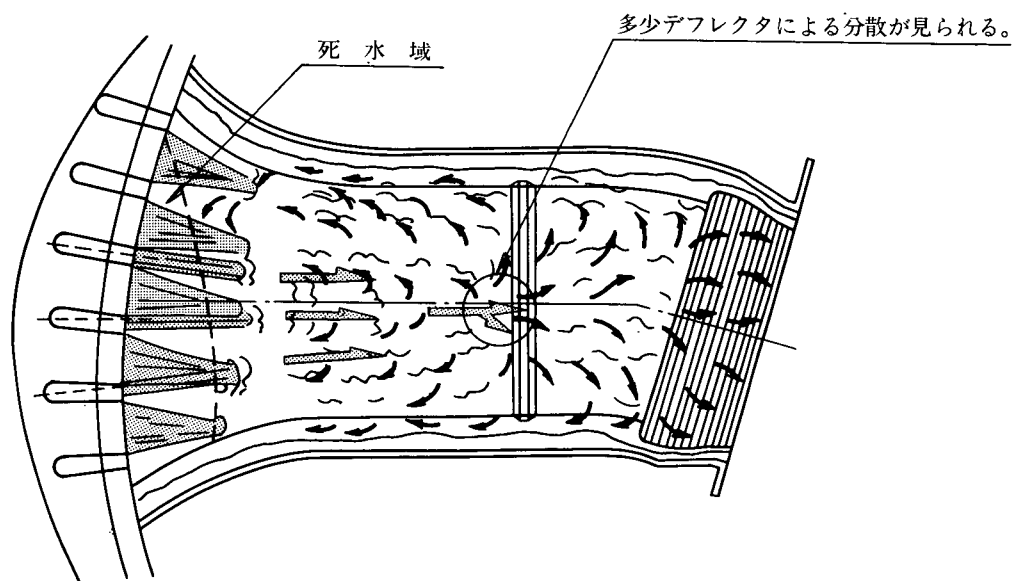
右岸寄りの潜流がさらに強くなる。
左岸寄りの落下水脈は減勢工突入後
ただちに減衰し、潜流は弱い表面の
逆流の影響もある。

別図7-2.2 減勢工流況図（シルなし）

放流管単独放流 ($Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$)

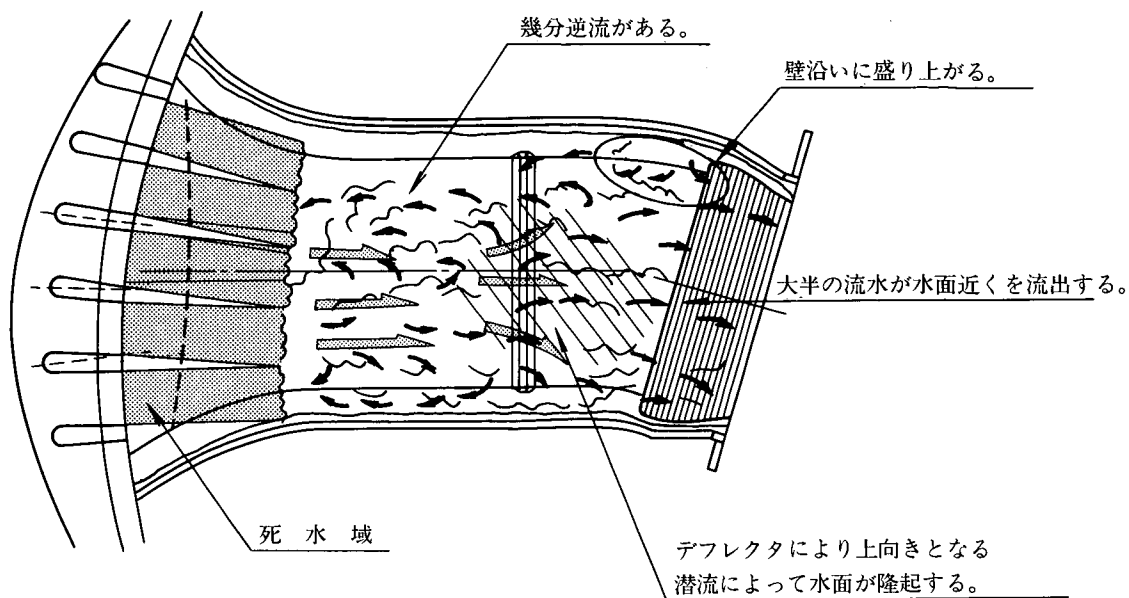


同時放流 ($Q = 1,200 \text{ m}^3/\text{s}$)

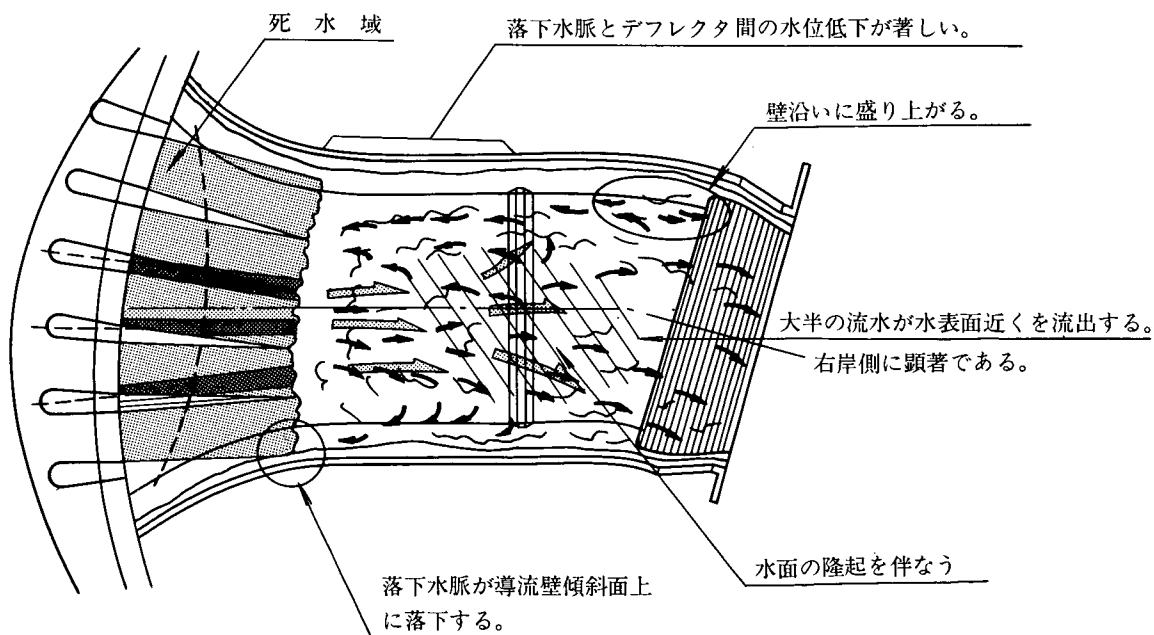


別図 7 - 3.1 減勢工流況図 (シルあり)

越流部単独放流 ($Q = 4.600 \text{ m}^3/\text{s}$)



全門全開放流 ($Q = 5.160 \text{ m}^3/\text{s}$)

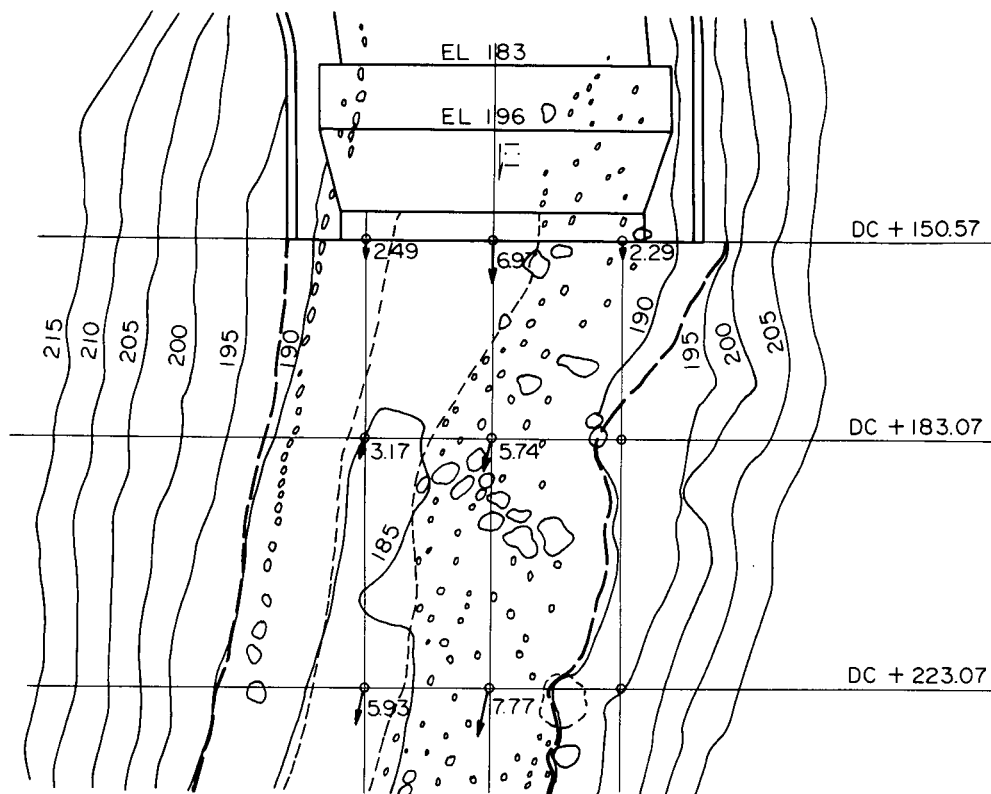


別図 7-3.2 減勢池流況図 (シルあり)

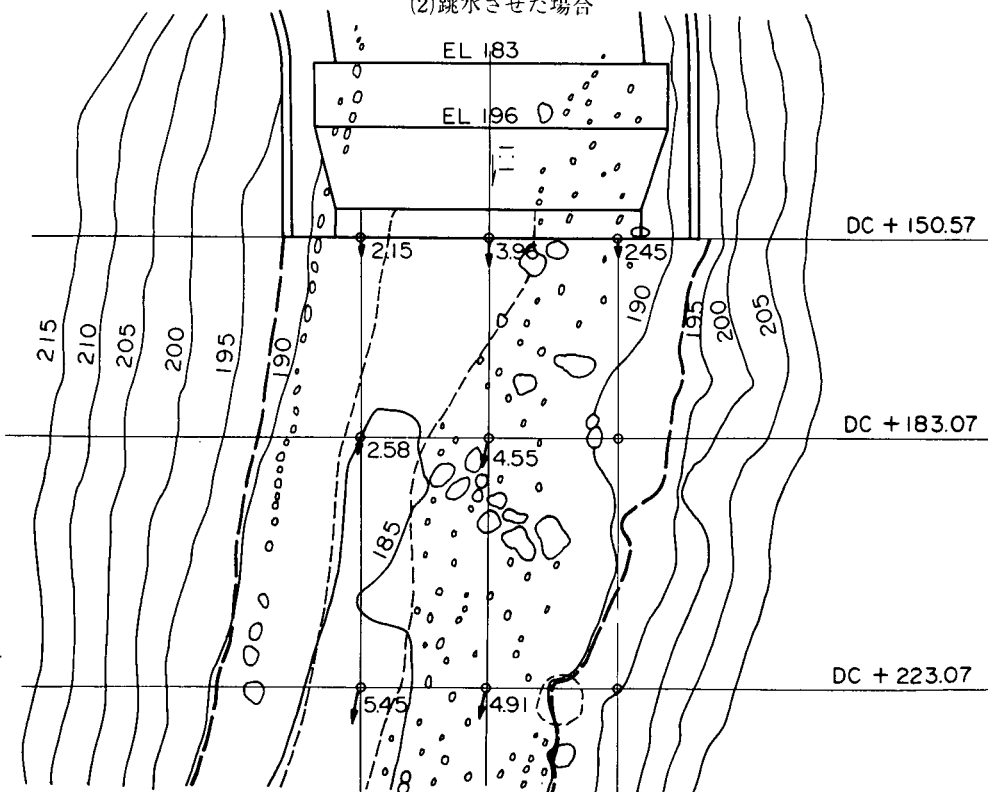
WL = EL 241.10m

Q = 801.79 m³/s

(1) 下流水位調節なしの場合



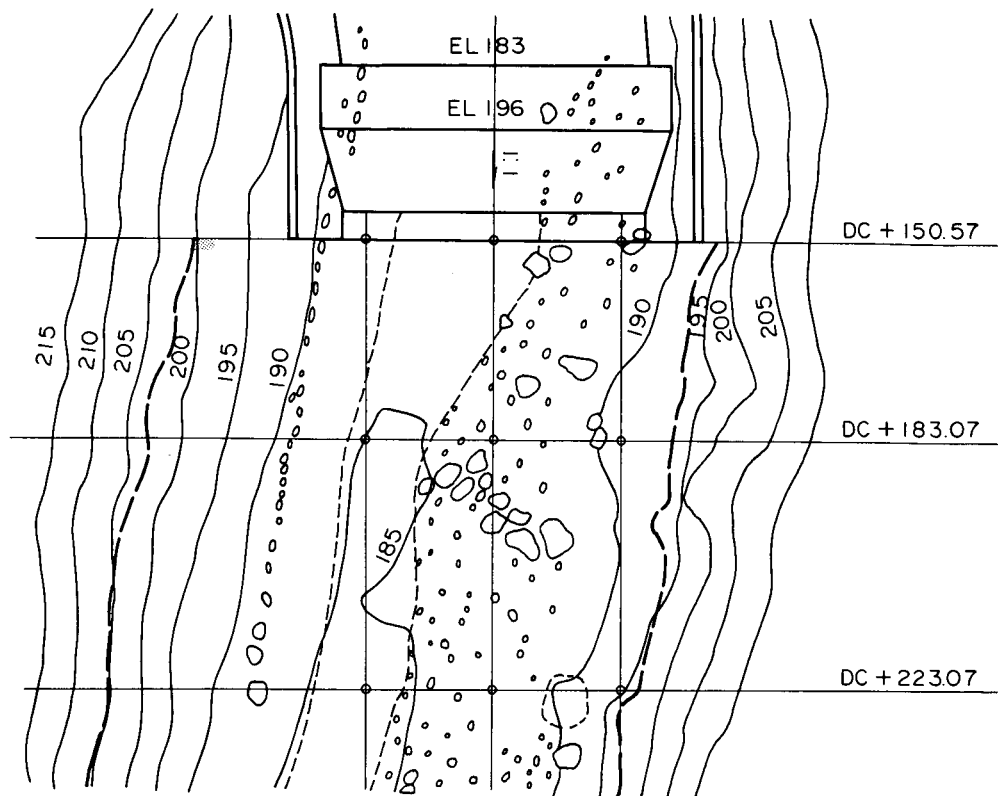
(2) 跳水させた場合



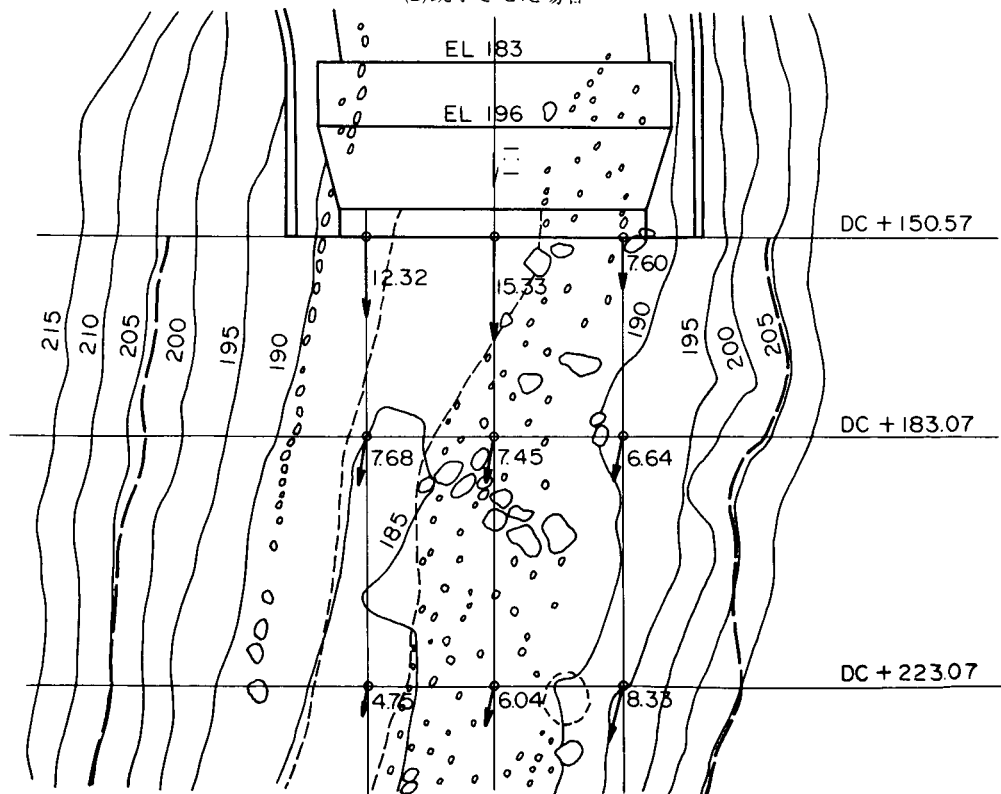
別図 7 - 4.1 下流河道水位流速分布図

WL = EL 280.92m
 $Q = 5.164.33 \text{ m}^3/\text{s}$

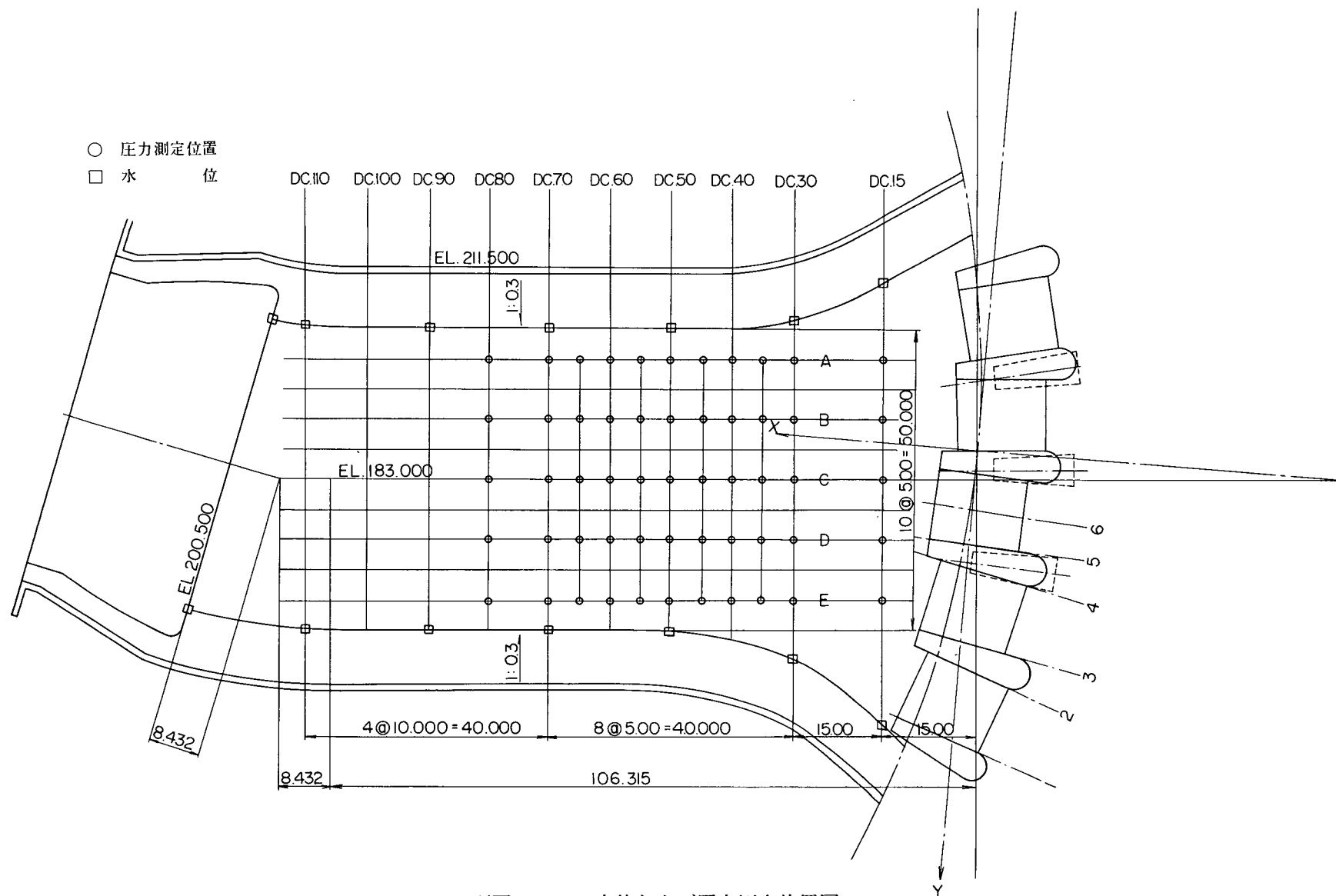
(1) 下流水位調節なしの場合



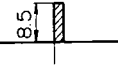
(2) 跳水させた場合



別図 7 - 4.2 下流河道水位流速分布図



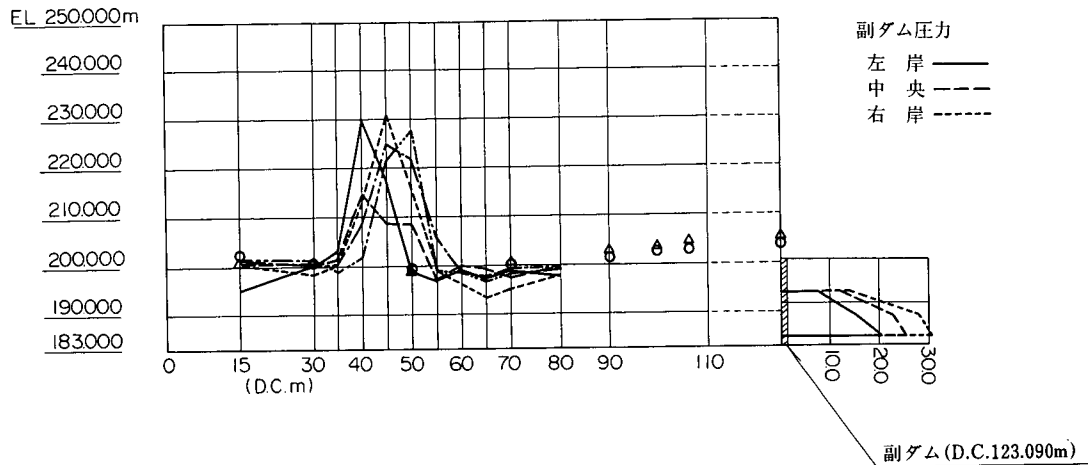
別図 9 - 1 水位および圧力測定位置図

貯水水位	EL. 280.85m	形状	副ダム高さ8.5m
流量	5,161.00m ³ /s		
放流様式	放流管 3 門 越流部 5 門	状	DC.123090

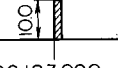
水叩き面圧力
A ———
B - - - -
C - - - -
D - - - -
E - - - -

側壁沿い水位
左 岸 ○
右 岸 △

副ダム圧力
左 岸 ———
中 央 - - - -
右 岸 - - - -



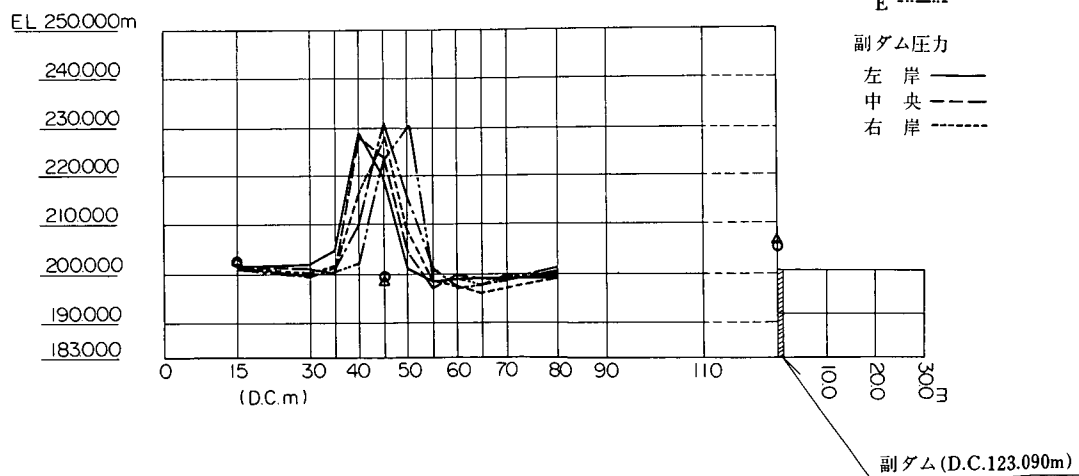
別図 9 - 2.1 減勢工の水位・圧力分布図

貯水水位	EL. 280.94m	形状	副ダム高さ10m
流量	4,041.12m ³ /s		
放流様式	放流管 5 門 越流部 — 門	状	DC.123090

水叩き面圧力
A ———
B - - - -
C - - - -
D - - - -
E - - - -

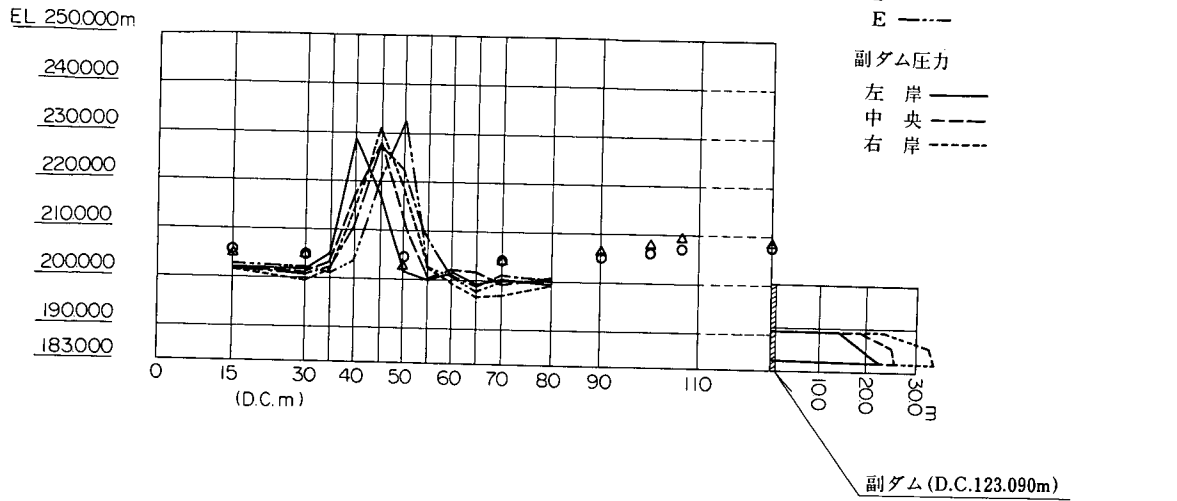
側壁沿い水位
左 岸 ○
右 岸 △

副ダム圧力
左 岸 ———
中 央 - - - -
右 岸 - - - -



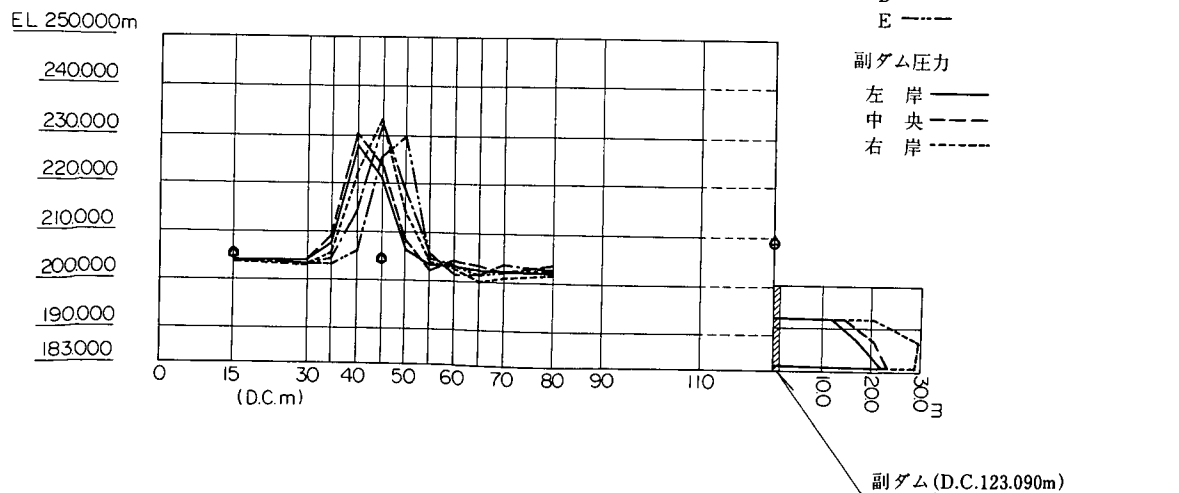
別図 9 - 2.2 減勢工の水位・圧力分布図

貯水	位	EL. 280.83m	形	副ダム高さ10m
流	量	5,157.46m ³ /s	状	
放流様式	放流管	3 門		
	越流部	5 門		DC.123.090



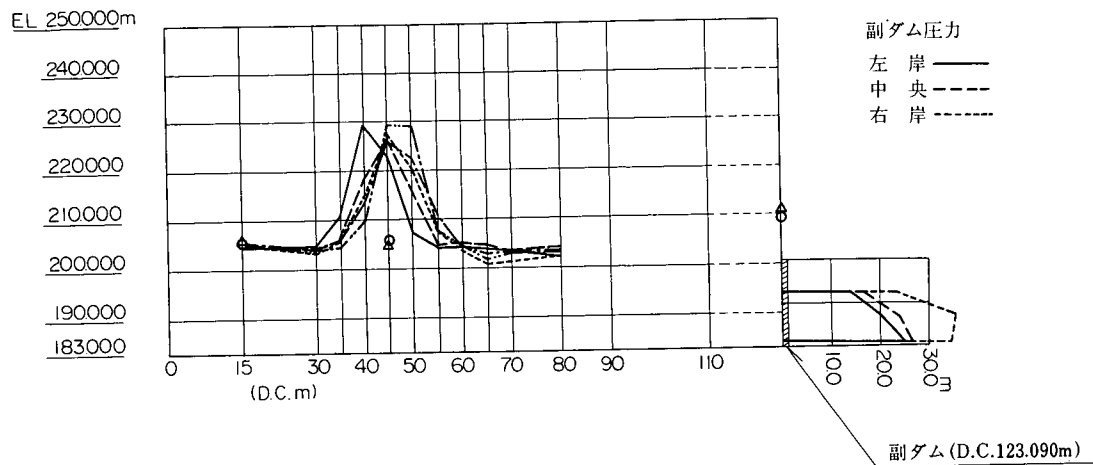
別図 9 - 2.3 減勢工の水位・圧力分布図

貯水	位	EL. 280.92m	形	副ダム高さ13m
流	量	4,025.21m ³ /s	状	
放流様式	放流管	5 門		
	越流部	— 門		DC.123.090



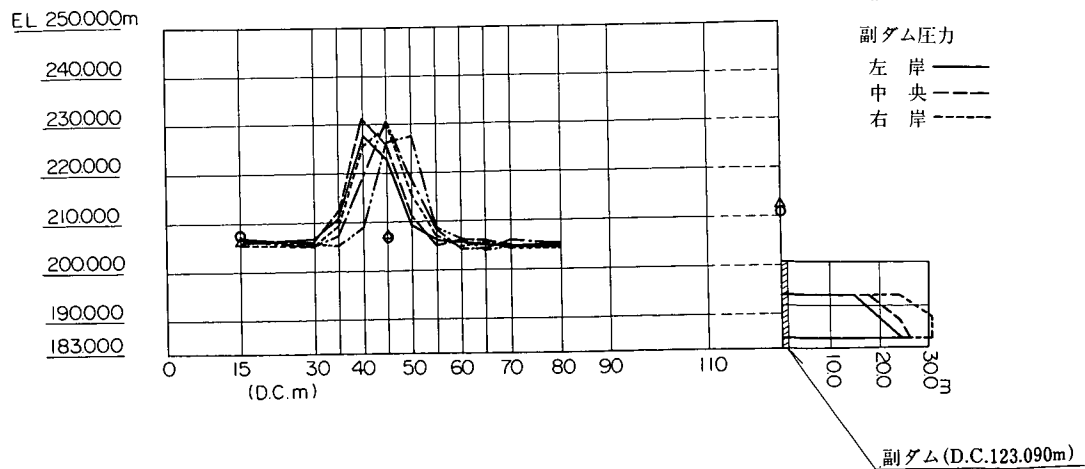
別図 9 - 2.4 減勢工の水位・圧力分布図

貯水水位	EL. 280.85m	形	副ダム高さ13m
流量	5,161.00m ³ /s	状	DC.123.090
放流様式	放流管 3 門 越流部 5 門		



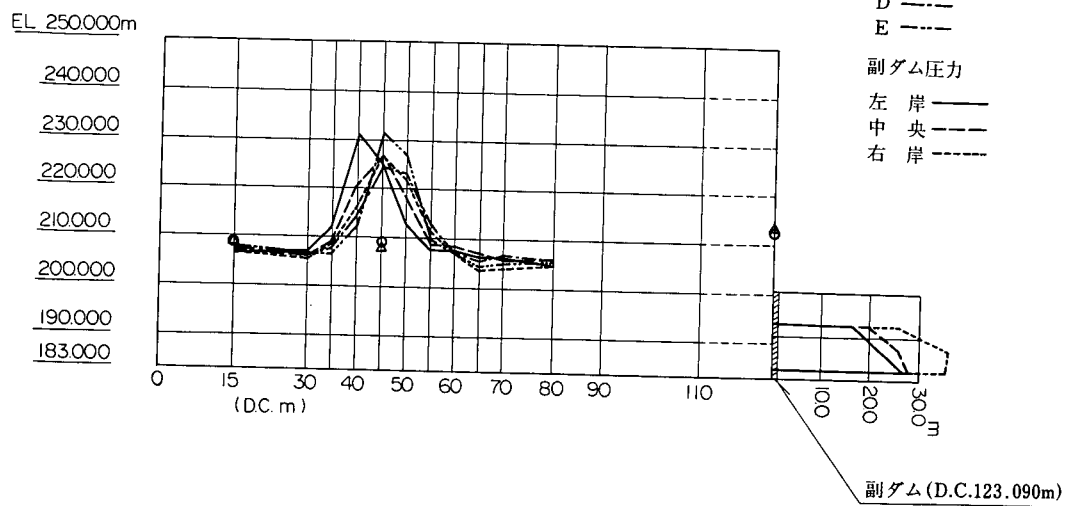
別図 9 - 2.5 減勢工の水位・圧力分布図

貯水水位	EL. 280.94m	形	副ダム高さ15m
流量	4,041.12m ³ /s	状	DC.123.090
放流様式	放流管 — 門 越流部 5 門		

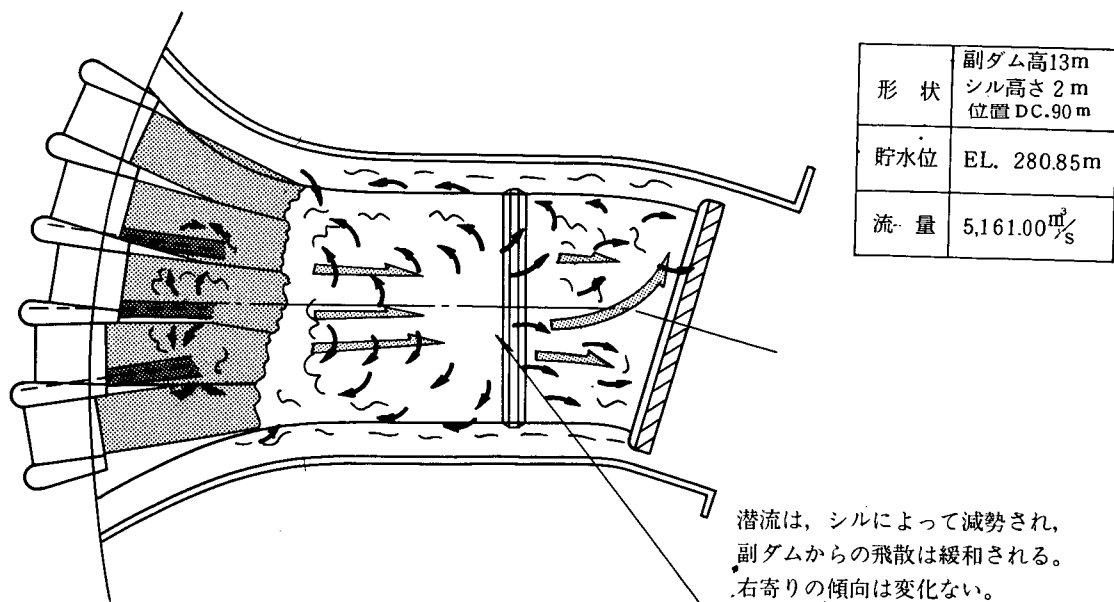
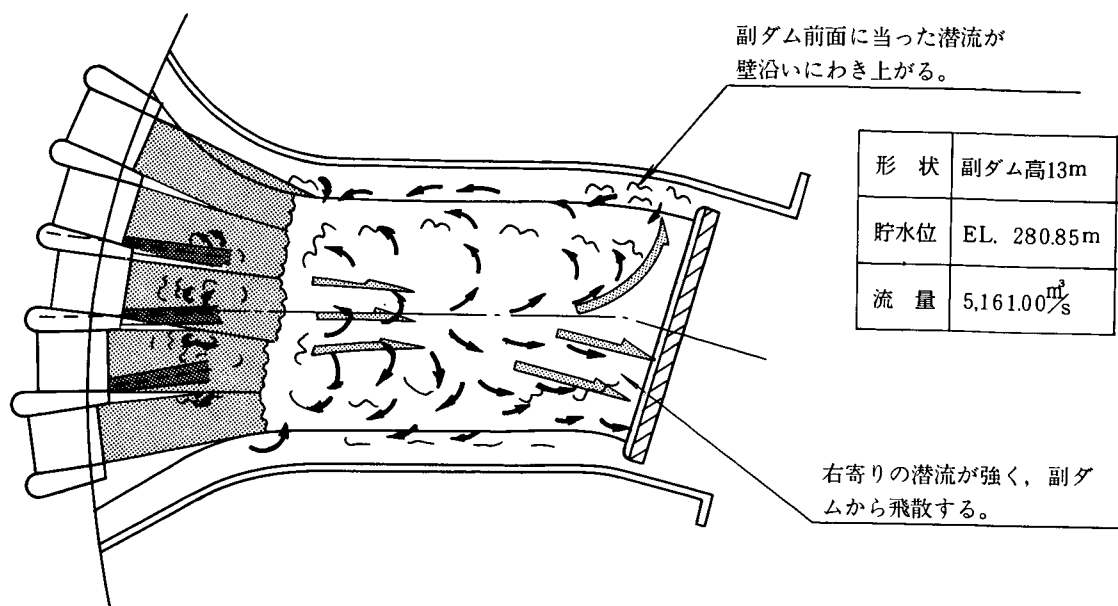


別図 9 - 2.6 減勢工の水位・圧力分布図

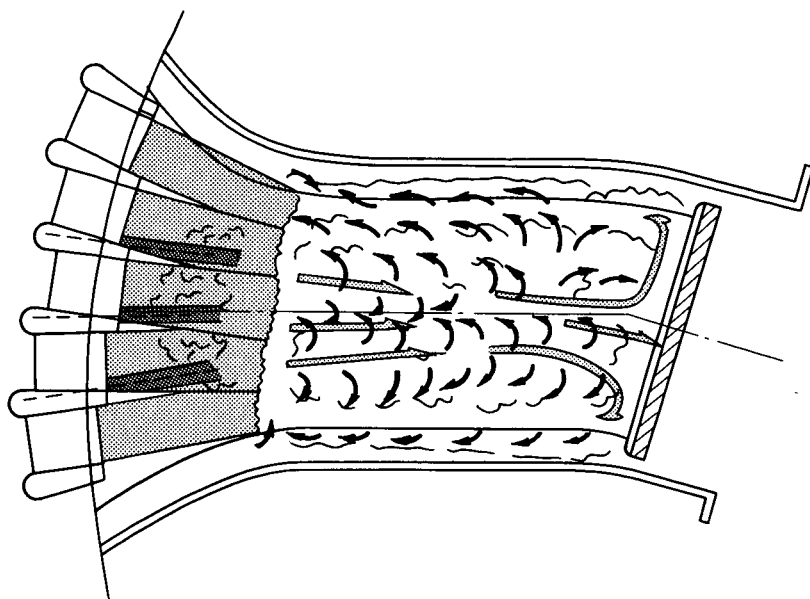
貯水	位	EL. 280.85m	形 状	副ダム高さ15m  DC.123.090
流	量	5,161.00m ³ /s		
放流様式	放流管	3 門		
	越流部	5 門		



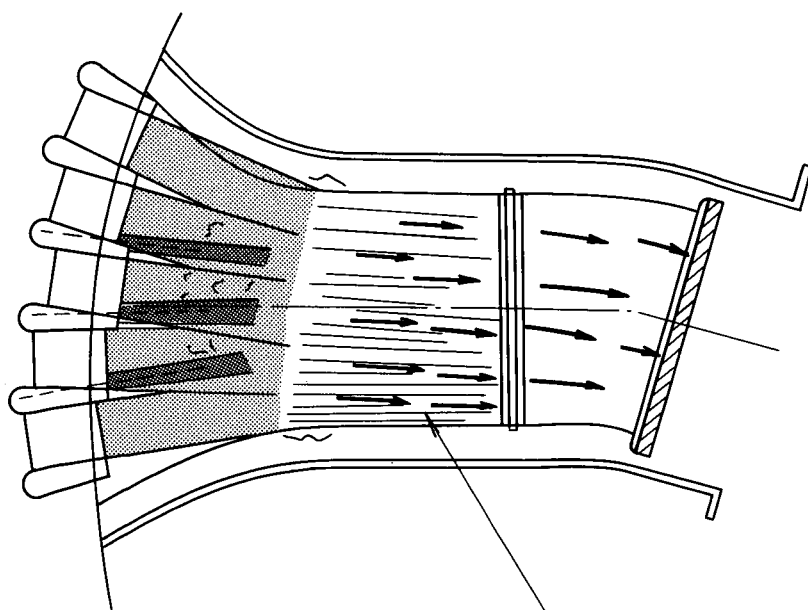
別図 9 - 2.7 減勢工の水位・圧力分布図



別図 9 - 3.1 減勢工流況図



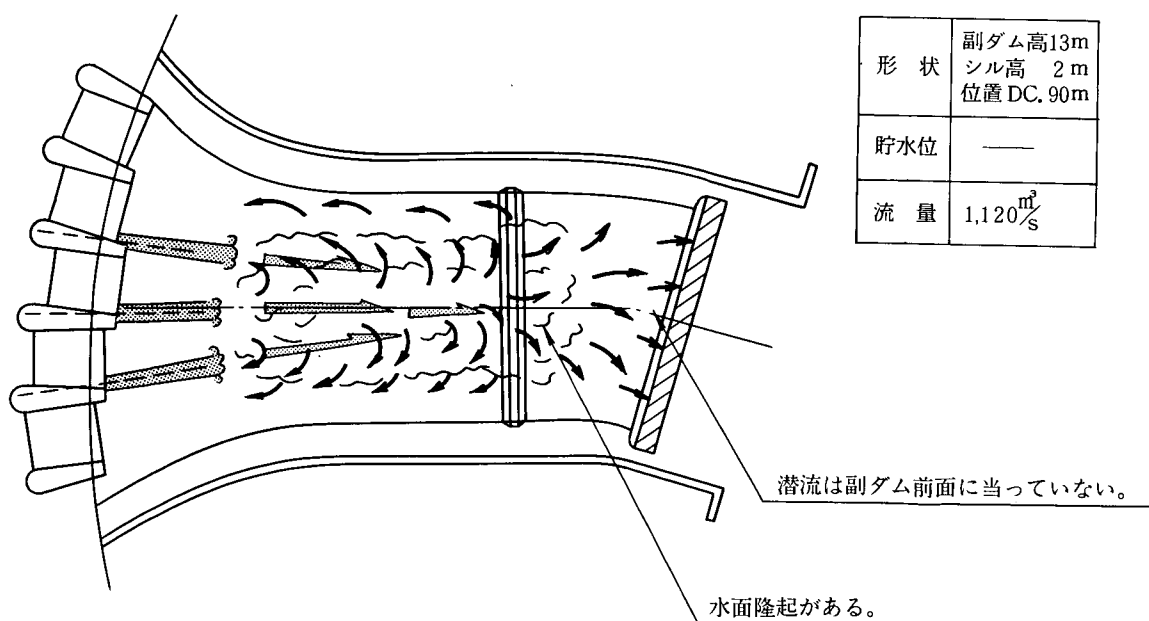
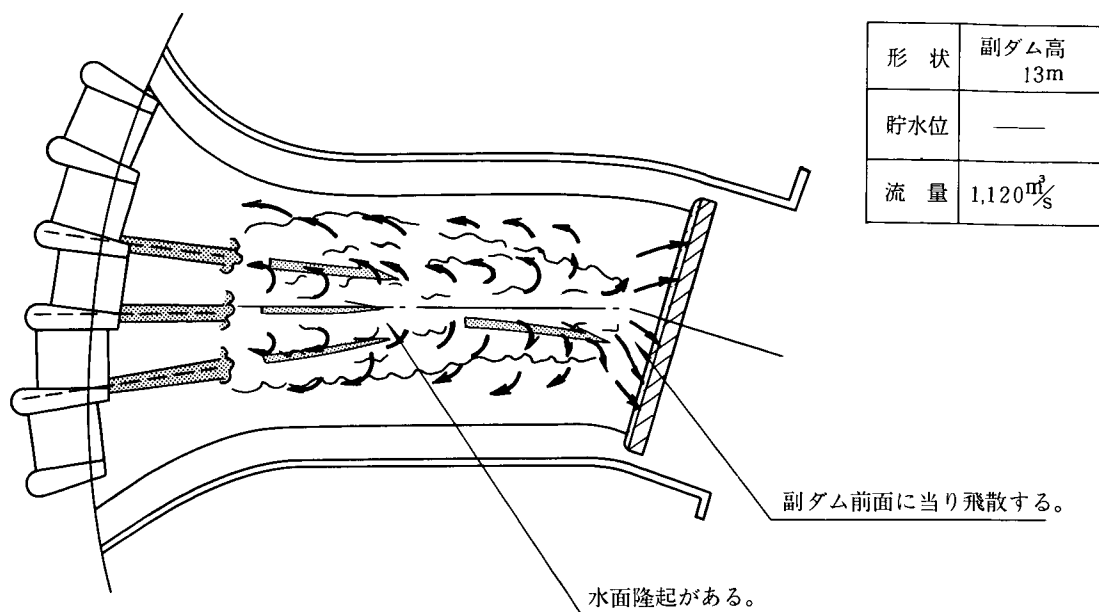
形 状	副ダム高 10m
貯水位	EL 280.83m
流 量	5,157.46 $\frac{m^3}{s}$



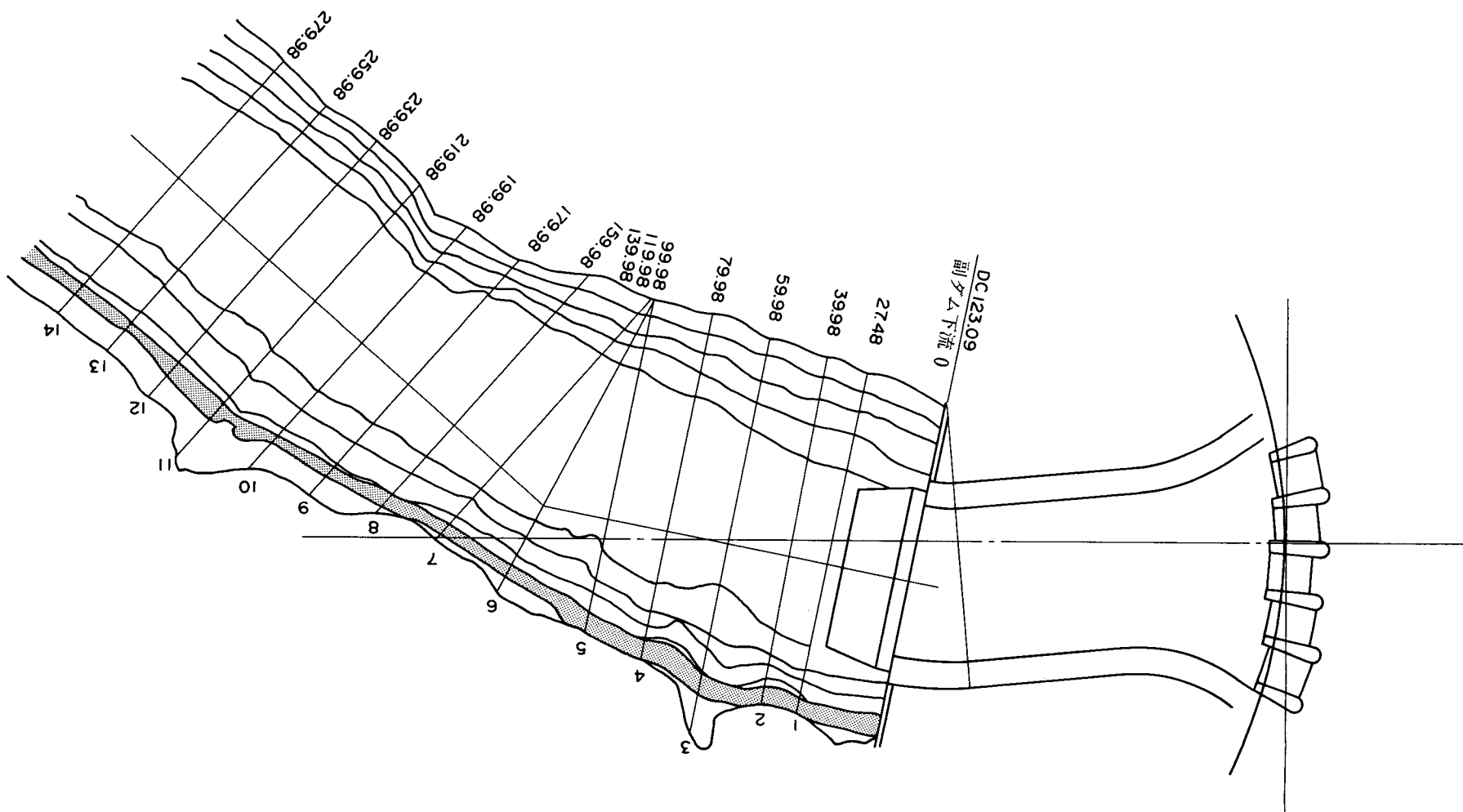
形 状	副ダム高10m シル高さ 2 m 位置 DC. 90m
貯水位	EL. 280.86m
流 量	5,157.47 $\frac{m^3}{s}$

露出射流が起き、シルに当り飛散する。

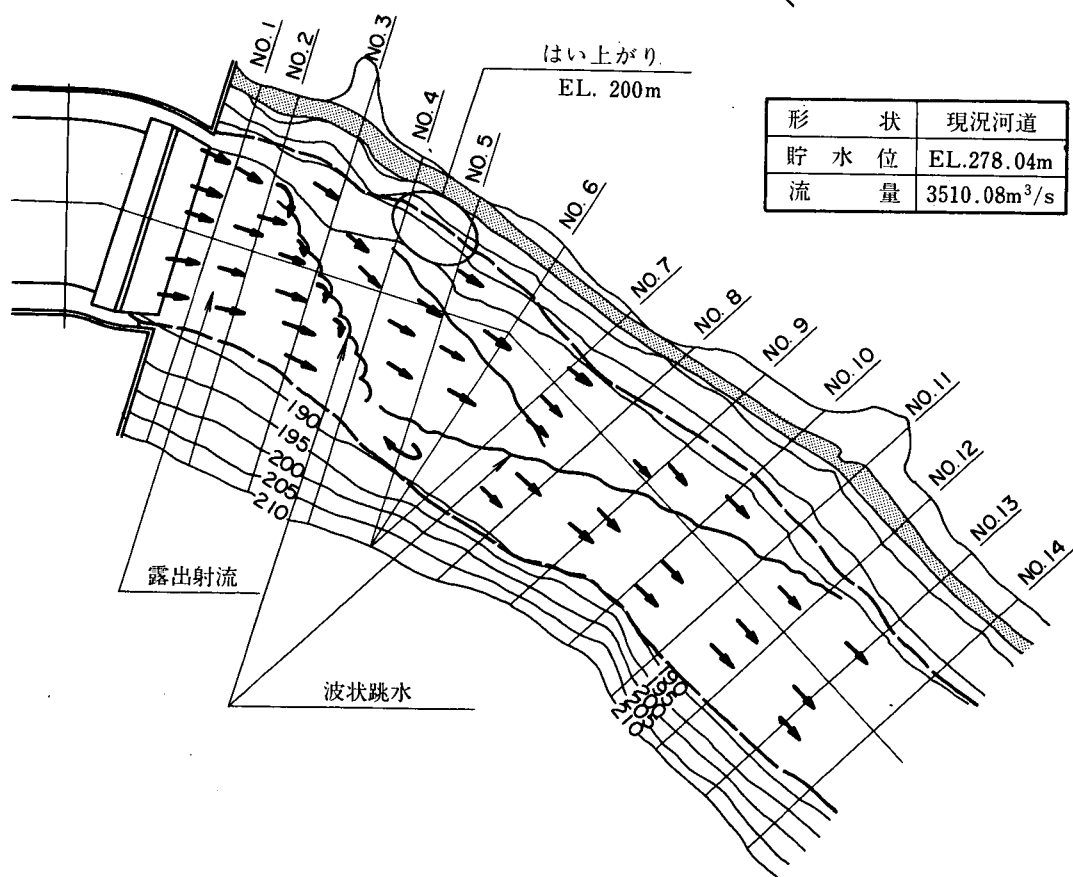
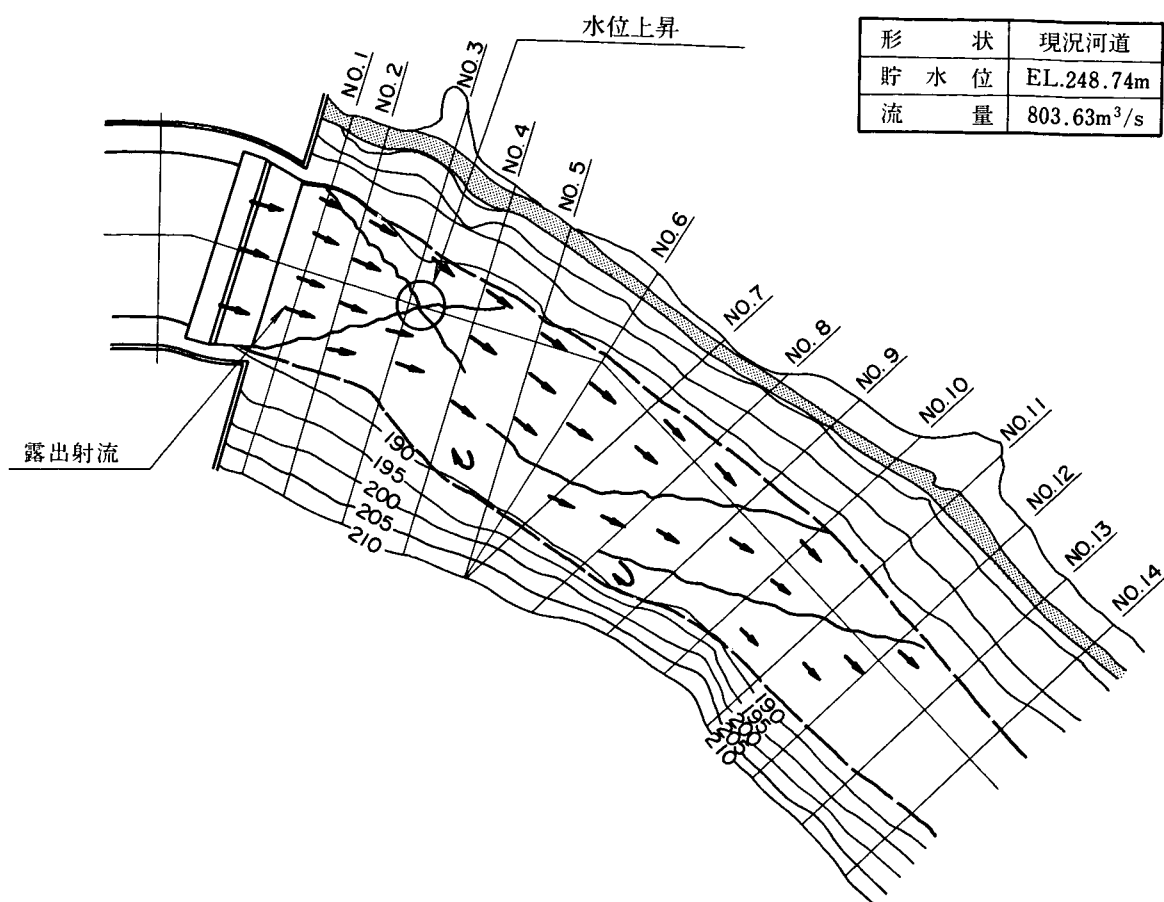
別図 9 - 3.2 減勢工流況図



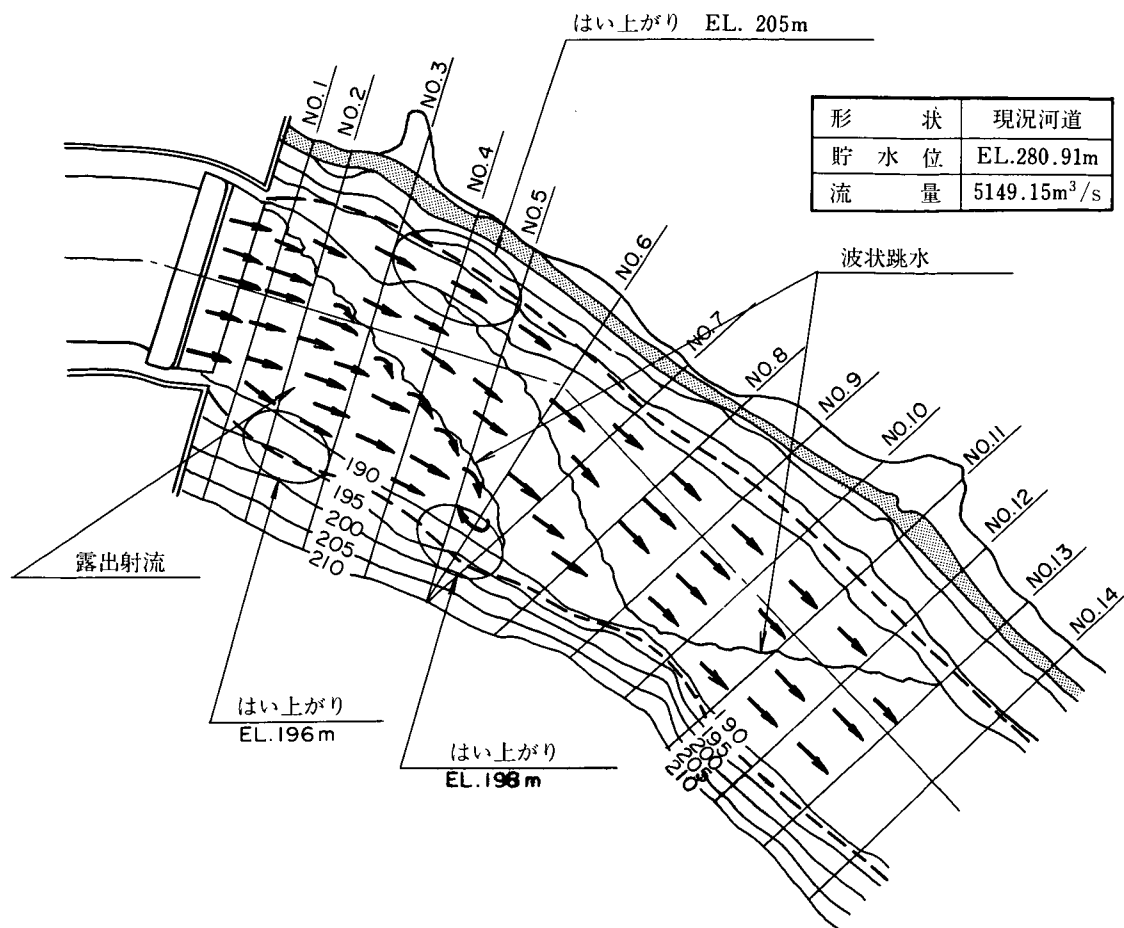
別図 9 - 3.3 減勢工流況図



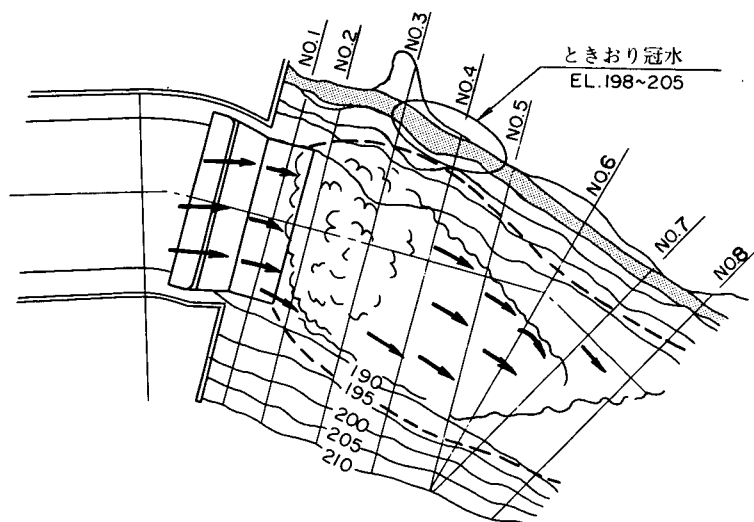
別図 9-4 下流河道水位・流速測定位置図



別図 9 - 5.1 流況図 (現況河道)

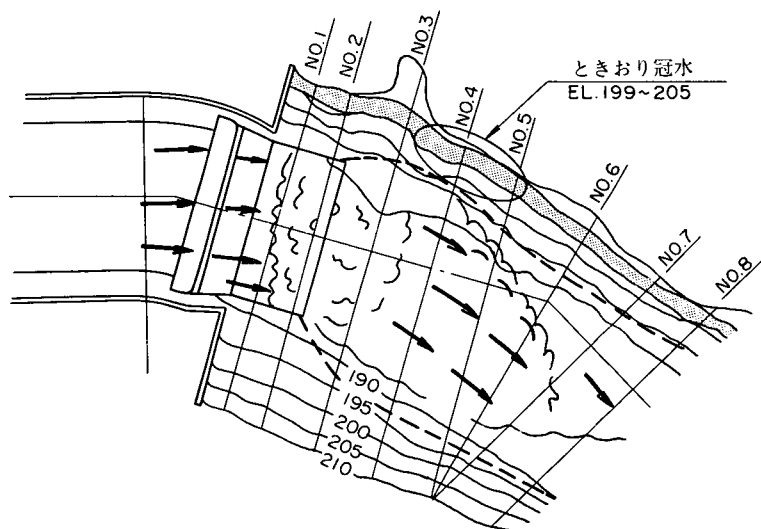


別図 9 - 5.2 流況図 (現況河道)



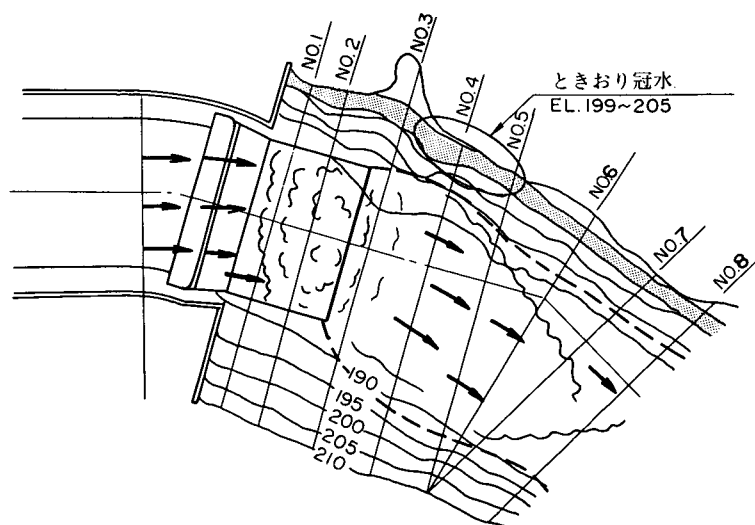
形 状	掘り込み L = 15
貯 水 位	EL 280.95 m
流 量	5,177.79 $\frac{m^3}{s}$

掘り込み終端での水位変動、
水位上昇が大きく飛散する。



形 状	掘り込み L = 15
貯 水 位	EL 280.85 m
流 量	5,161.00 $\frac{m^3}{s}$

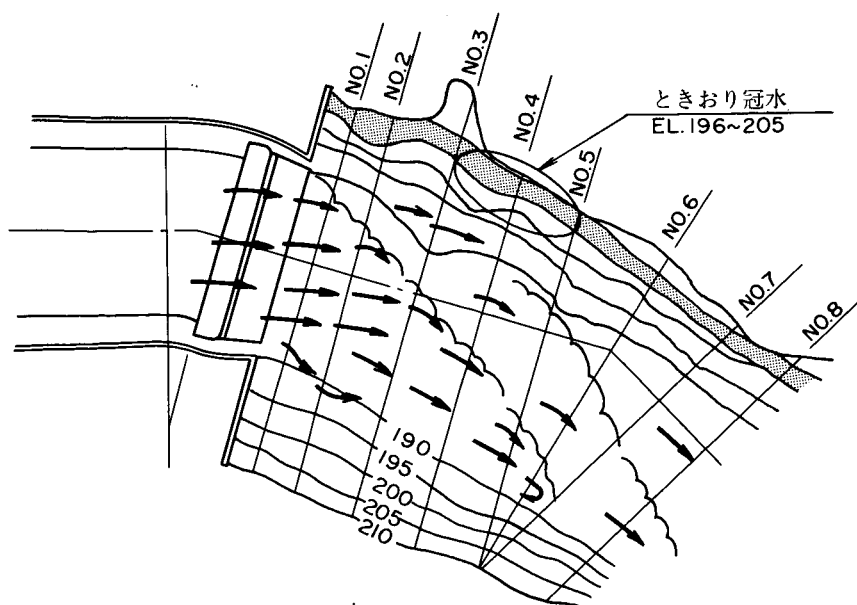
掘り込み終端よりも下流に変
動がおよんでいる。



形 状	掘り込み L = 35
貯 水 位	EL 280.83 m
流 量	5,157.46 $\frac{m^3}{s}$

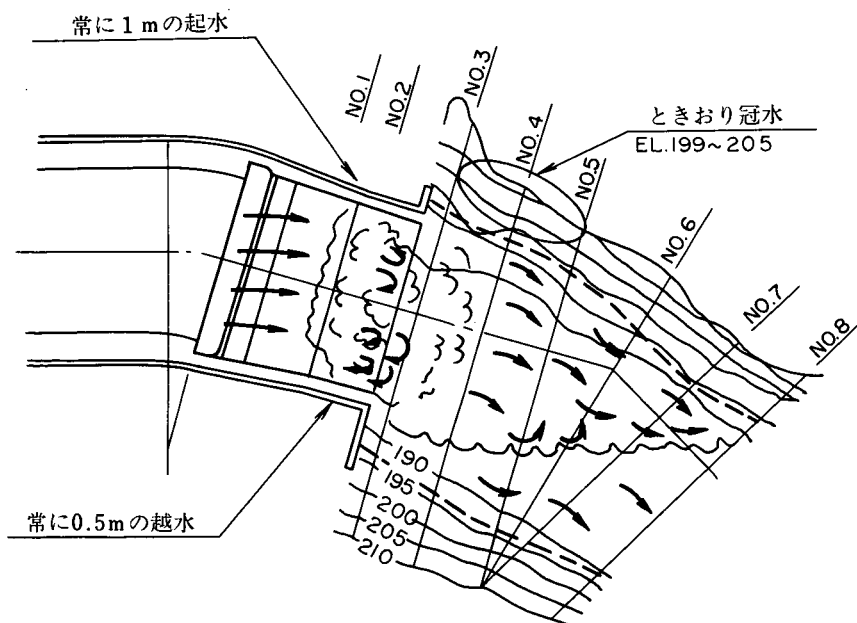
ほぼ掘り込みの中で変動が収
まっている。

別図 9-6 副ダム減勢工流況図（副ダム減勢工の長さの検討）



形 状	現況河道
貯 水 位	EL280.85m
流 量	5,161.00 $\frac{m^3}{s}$

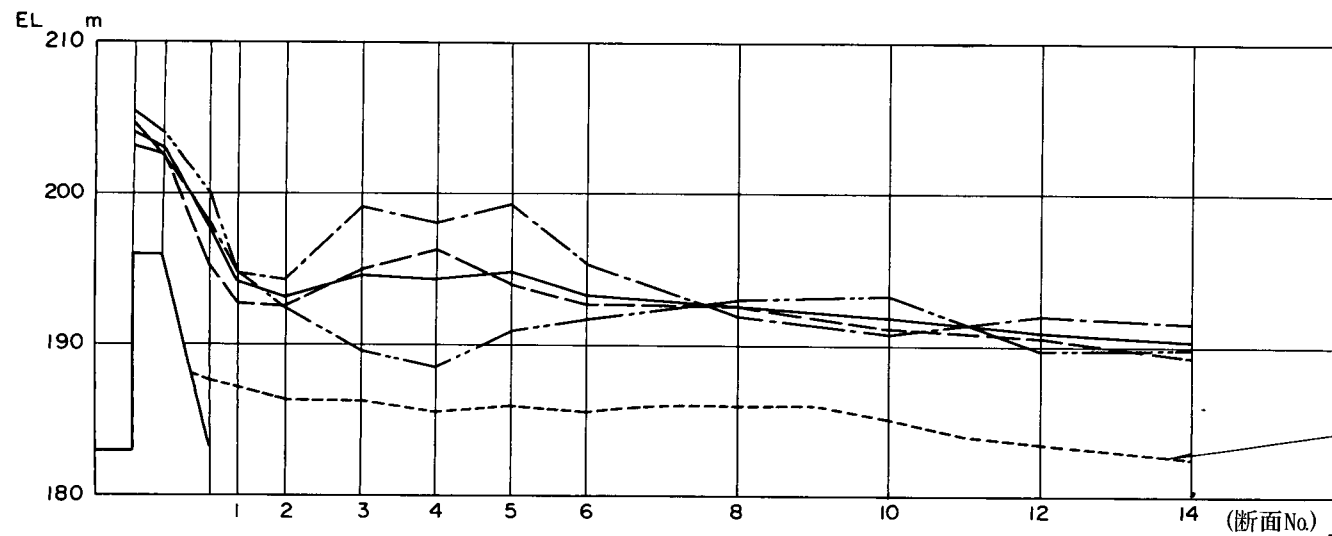
副ダムを越流した流水は、波状跳水をところどころに発生させて、射流で流下する。



形 状	最終案
貯 水 位	LEL280.83m
流 量	5,157.46 $\frac{m^3}{s}$

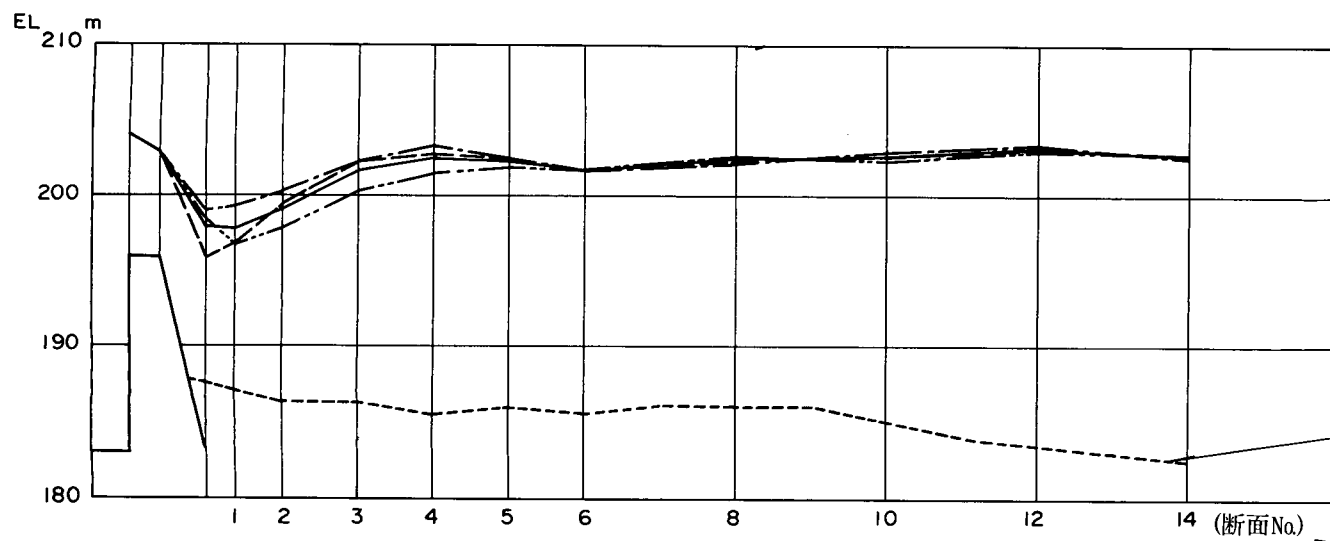
副ダムを越流した流水は、順傾斜上で跳水を起こしている。河道では波状跳水を起こしながら、射流で流下する。

別図 9-7 副ダム減勢工流況図（順傾斜付き副ダム減勢工）



形 状	現 況 河 道
貯 水 位	EL. 280.910m
流 量	5149.151m ³ /s

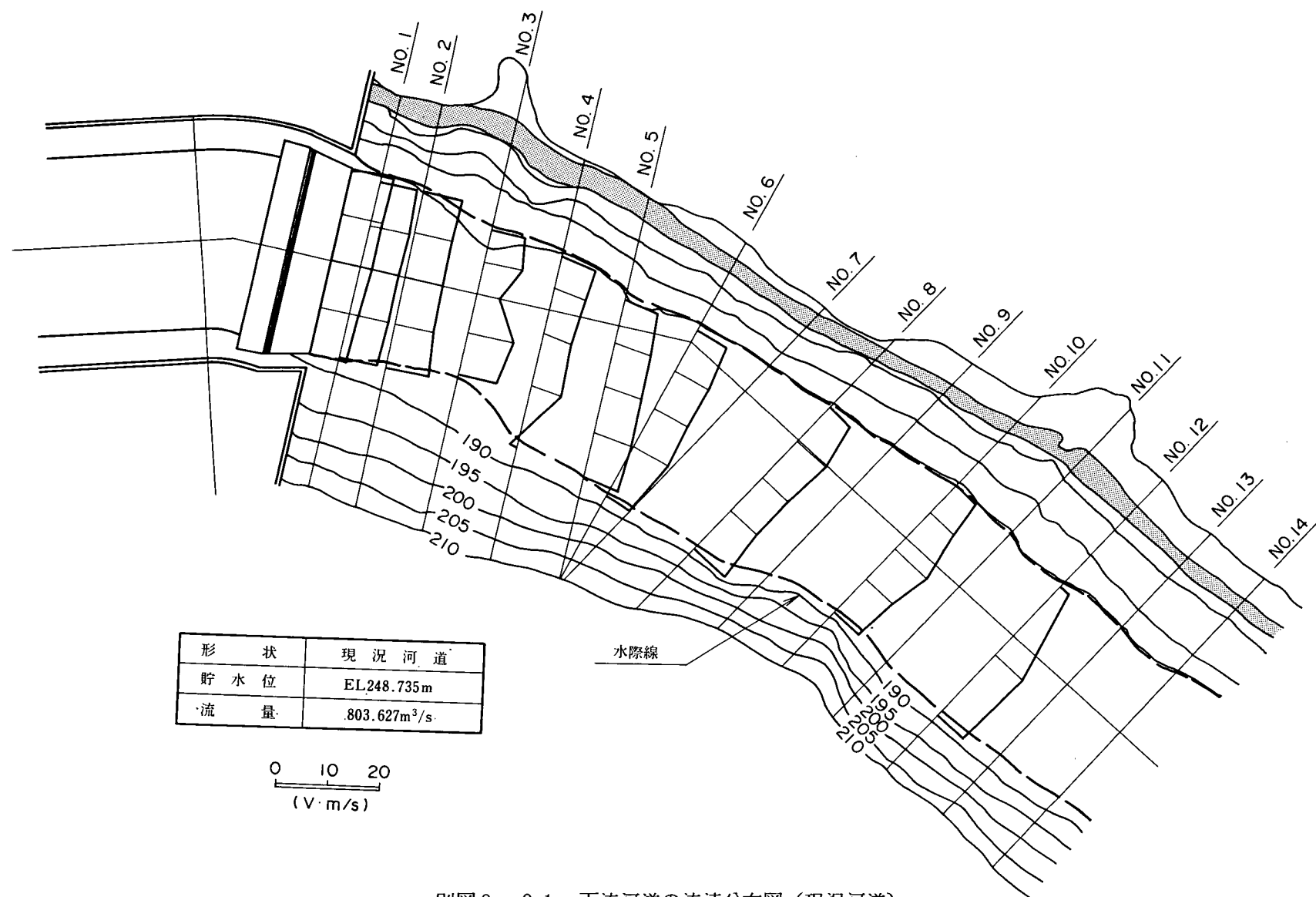
凡	例
左 岸	— — — — —
中 央	- - - - -
右 岸	- · - · - · -
平均水位	— — — — —



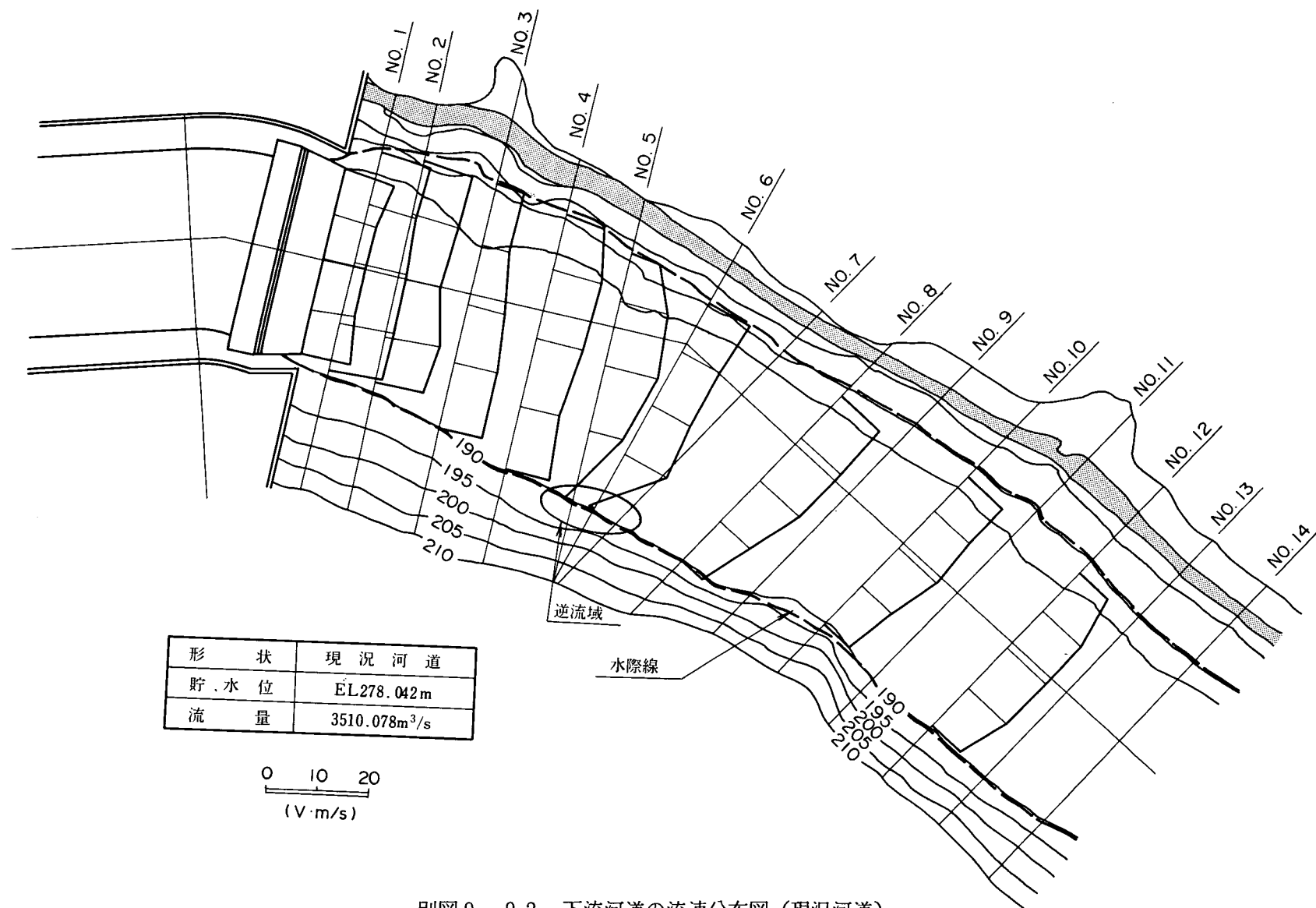
形 状	現 況 河 道
貯 水 位	EL. 280.950m
流 量	5177.789m ³ /s

下流水位 (WL.202.675m) を与えた場合

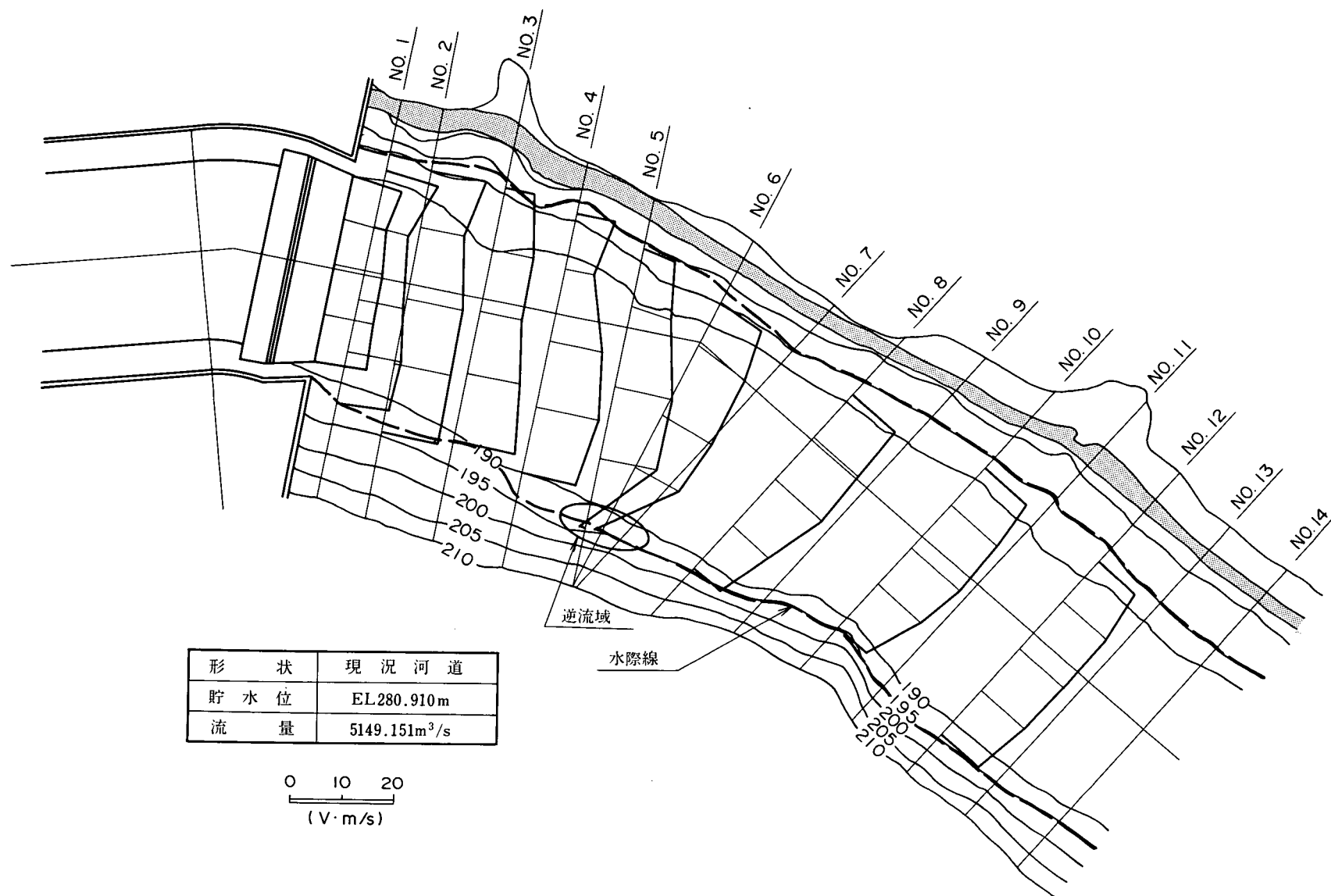
別図 9-8 下流河道の水位縦断面図 (現況河道)



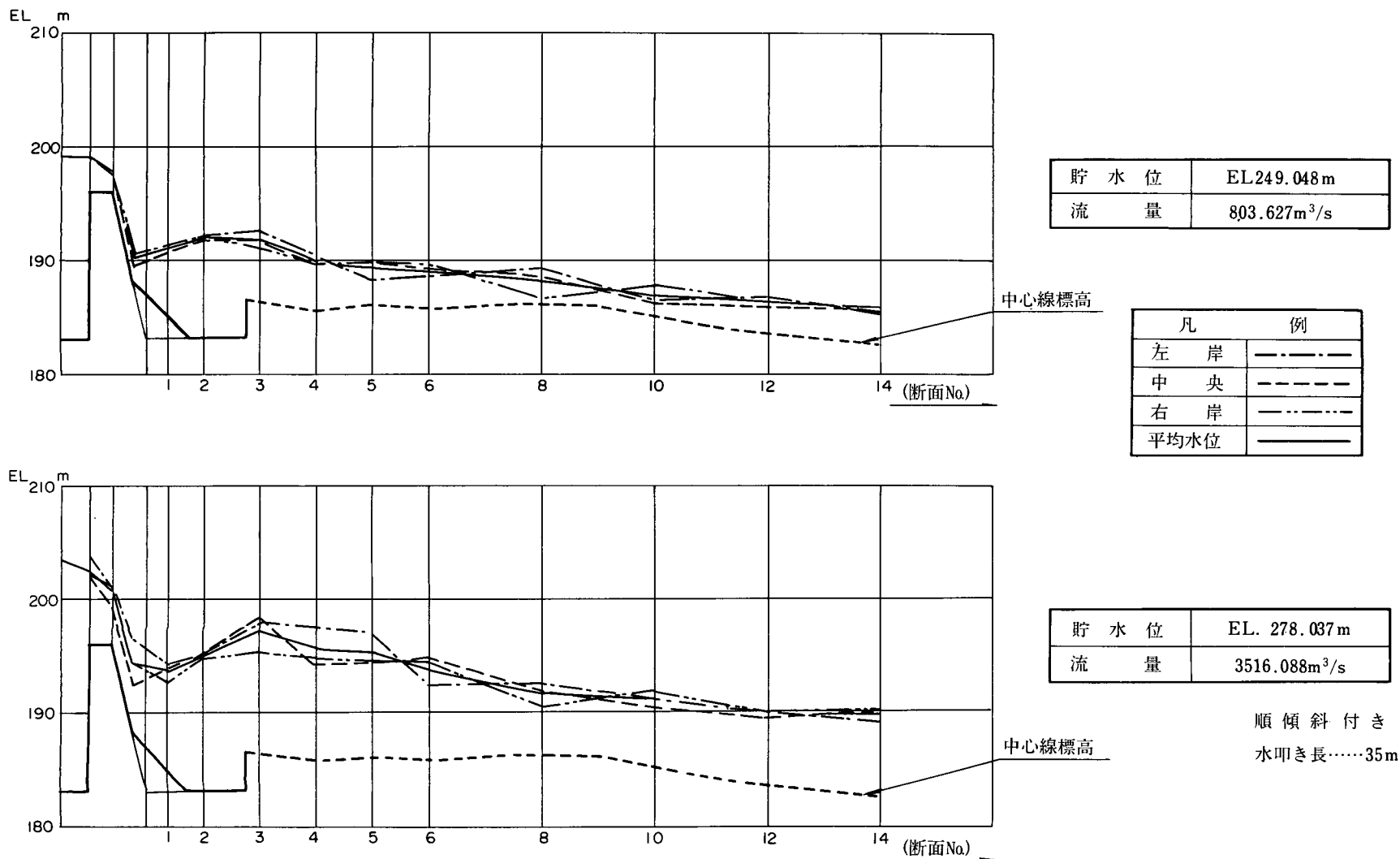
別図9-9.1 下流河道の流速分布図(現況河道)



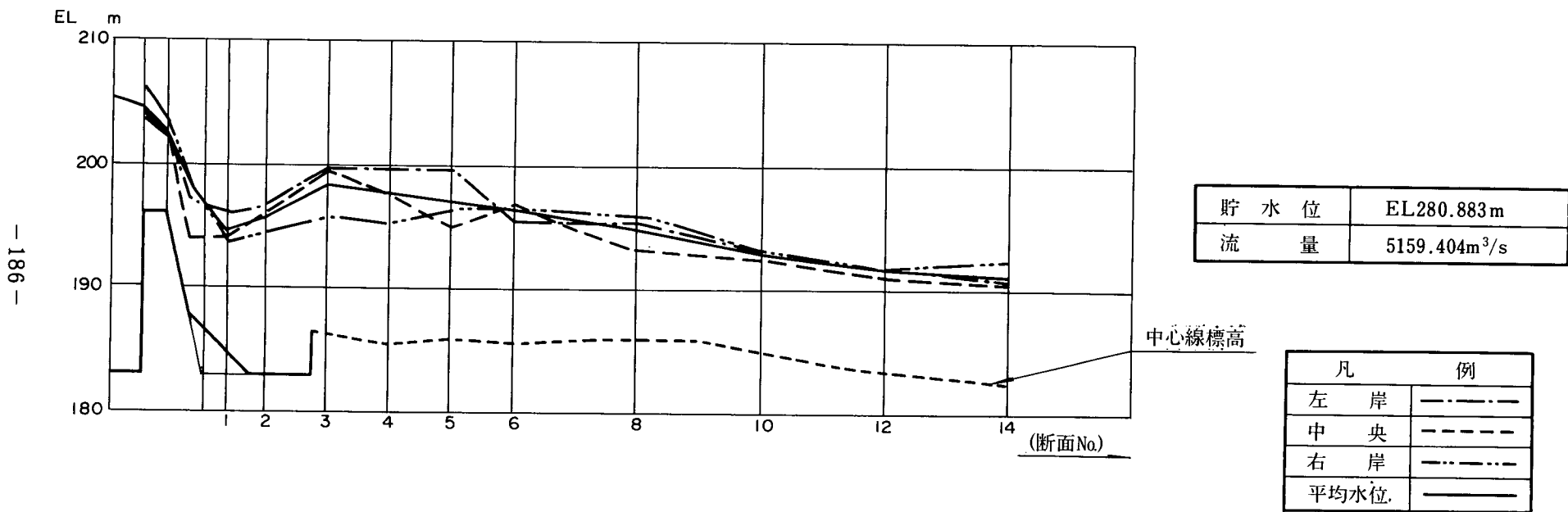
別図 9 - 9.2 下流河道の流速分布図 (現況河道)



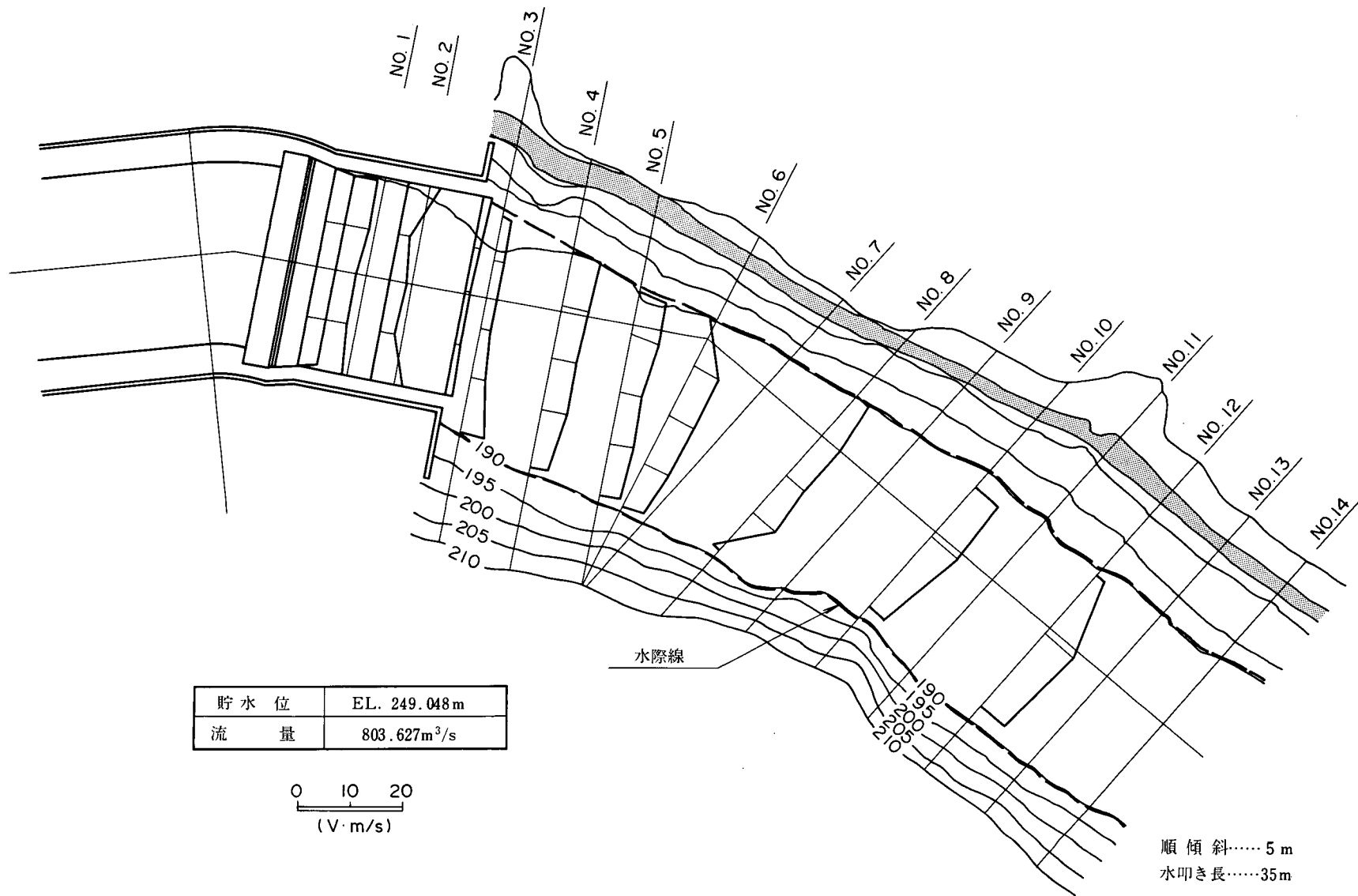
別図 9-9.3 下流河道の流速分布図 (現況河道)



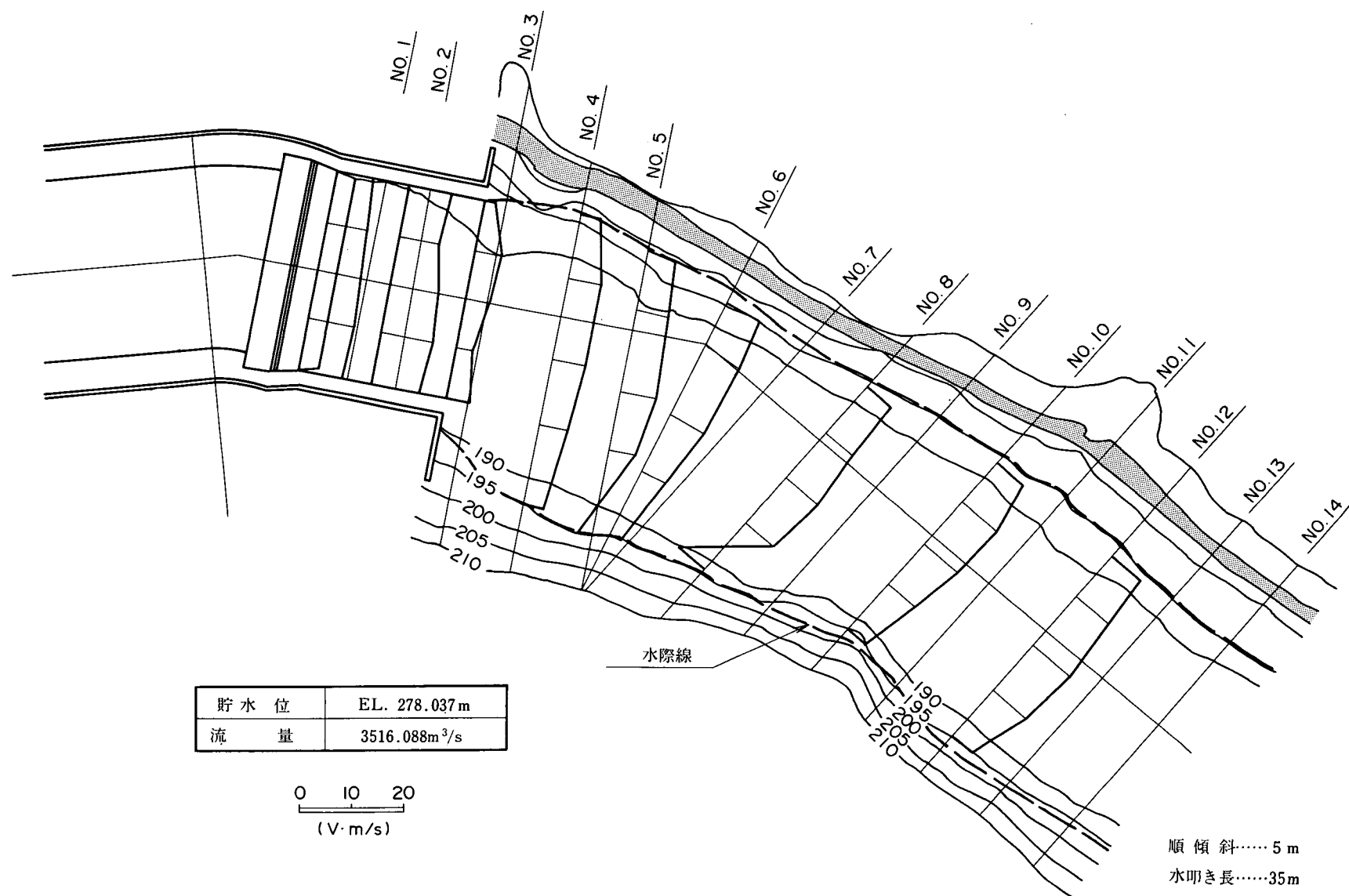
別図 9 - 10.1 下流河道の水位縦断図 (最終案形状)



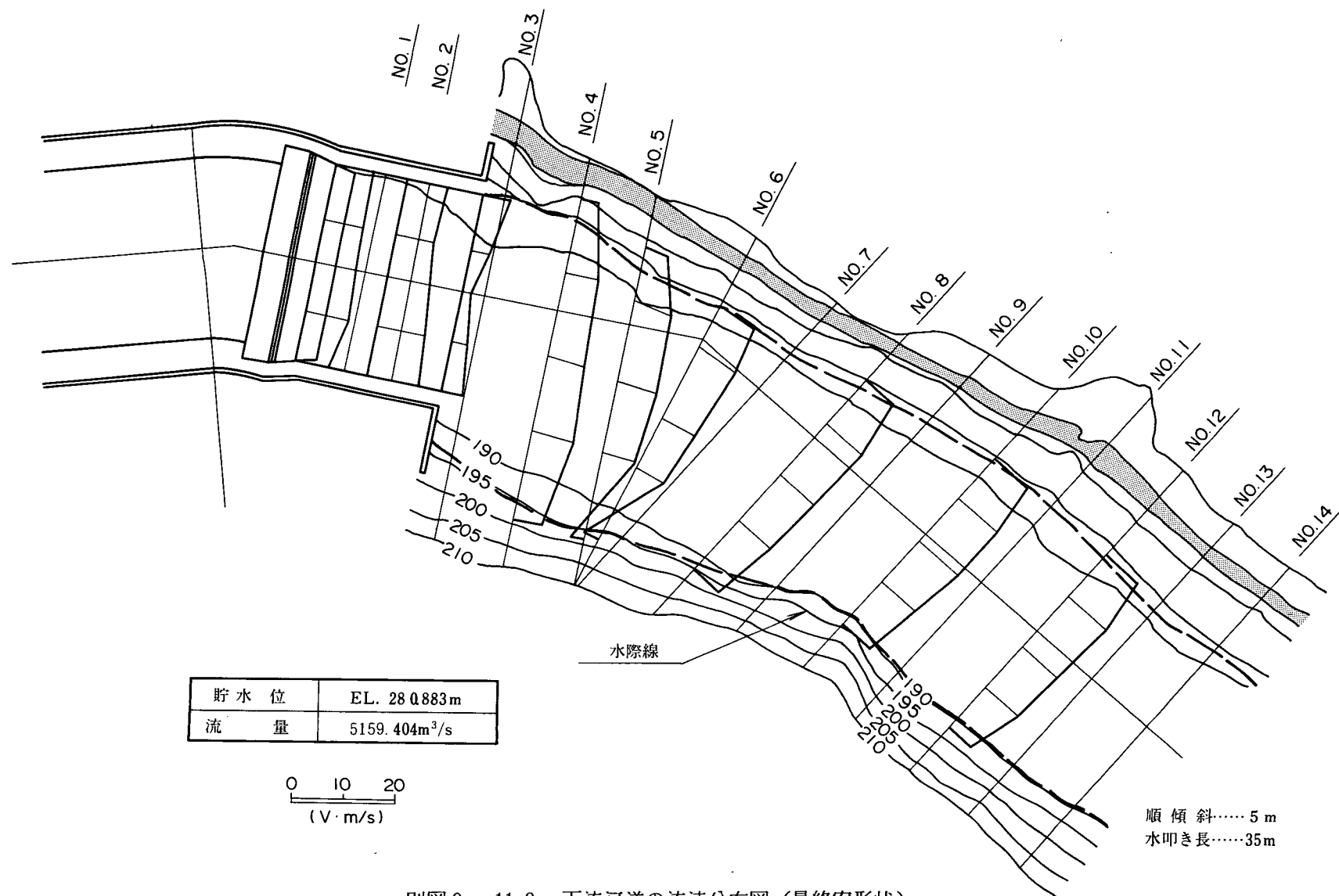
別図 9 - 10.2 下流河道の水位縦断図 (最終案形状)



別図9-11.1 下流河道の流速分布図（最終案形状）



別図 9 - 11.2 下流河道の流速分布図 (最終案形状)



別図 9 - 11.3 下流河道の流速分布図 (最終案形状)

別 表 集

別 表 集 目 次

第 2 章

別表 2-1	放流管の貯水池水位と放流量	195
別表 2-2	越流頂の放流能力（5 門合計）	197

第 4 章

別表 4-1	自由落下式減勢工の計算プログラム	198
--------	------------------------	-----

第 6 章

別表 6-1	管内圧力測定値	202
--------	---------------	-----

第 7 章

別表 7-1	洪水吐きの放流能力の実験結果	214
別表 7-2	越流部抽出模型実験の放流能力実験結果	215
別表 7-3	減勢工圧力・水位測定結果（原形状）	216
別表 7-4	減勢工圧力・水位測定値（原形状）	217

第 9 章

別表 9-1	川辺川ダム貯水位と流量の関係	223
別表 9-2	減勢工の水位と圧力（修正形状）	224
別表 9-3	減勢工内の水位（修正形状）	231
別表 9-4	下流河道の水位流速測定結果表（現況）	232
別表 9-5	下流河道の水位流速測定結果表（最終案形状）	233

別表 2 - 1.1 放流管の貯水池水位と放流量

G = 0.5 m		G = 1.0 m		G = 1.5 m		G = 2.0 m	
W.L (M)	Q (M ³ /S)	W.L (M)	Q (M ³ /S)	W.L (M)	Q (M ³ /S)	W.L (M)	Q (M ³ /S)
252.000	26.517	252.000	53.249	252.000	80.631	252.000	109.541
252.200	26.600	252.200	53.415	252.200	80.883	252.200	109.882
253.000	26.928	253.000	54.075	253.000	81.881	253.000	111.239
254.000	27.333	254.000	54.888	254.000	83.113	254.000	112.912
255.000	27.732	255.000	55.689	255.000	84.326	255.000	114.560
256.000	28.126	256.000	56.479	256.000	85.522	256.000	116.185
257.000	28.514	257.000	57.258	257.000	86.702	257.000	117.788
258.000	28.897	258.000	58.027	258.000	87.866	258.000	119.369
259.000	29.274	259.000	58.785	259.000	89.014	259.000	120.929
260.000	29.647	260.000	59.534	260.000	90.148	260.000	122.470
261.000	30.016	261.000	60.274	261.000	91.268	261.000	123.991
262.000	30.379	262.000	61.005	262.000	92.374	262.000	125.495
263.000	30.739	263.000	61.727	263.000	93.468	263.000	126.980
264.000	31.094	264.000	62.440	264.000	94.548	264.000	128.448
265.000	31.446	265.000	63.146	265.000	95.617	265.000	129.899
266.000	31.793	266.000	63.844	266.000	96.673	266.000	131.335
267.000	32.137	267.000	64.534	267.000	97.718	267.000	132.754
268.000	32.477	268.000	65.217	268.000	98.752	268.000	134.159
269.000	32.814	269.000	65.892	269.000	99.776	269.000	135.550
270.000	33.147	270.000	66.561	270.000	100.789	270.000	136.926
271.000	33.477	271.000	67.224	271.000	101.792	271.000	138.288
272.000	33.803	272.000	67.880	272.000	102.785	272.000	139.637
273.000	34.127	273.000	68.529	273.000	103.768	273.000	140.974
274.000	34.447	274.000	69.173	274.000	104.743	274.000	142.297
275.000	34.764	275.000	69.810	275.000	105.708	275.000	143.609
276.000	35.079	276.000	70.442	276.000	106.665	276.000	144.909
277.000	35.391	277.000	71.068	277.000	107.613	277.000	146.197
278.000	35.700	278.000	71.689	278.000	108.553	278.000	147.474
279.000	36.006	279.000	72.304	279.000	109.484	279.000	148.739
280.000	36.310	280.000	72.914	280.000	110.408	280.000	149.995
281.000	36.612	281.000	73.520	281.000	111.325	281.000	151.239

別表 2 - 1.2 放流管の貯水池水位と放流量

G = 2.5 m		G = 3.0 m		G = 3.5 m		G = 全 開	
W. L (M)	Q (M3/S)	W. L (M)	Q (M3/S)	W. L (M)	Q (M3/S)	W. L (M)	Q (M3/S)
252.000	141.519	252.000	178.992	252.000	225.490	252.000	272.718
252.200	141.961	252.200	179.551	252.200	226.194	252.200	273.569
253.000	143.713	253.000	181.767	253.000	228.987	253.000	276.946
254.000	145.875	254.000	184.501	254.000	232.430	254.000	281.111
255.000	148.004	255.000	187.194	255.000	235.824	255.000	285.215
256.000	150.104	256.000	189.850	256.000	239.169	256.000	289.261
257.000	152.174	257.000	192.469	257.000	242.468	257.000	293.251
258.000	154.217	258.000	195.052	258.000	245.722	258.000	297.187
259.000	156.233	259.000	197.602	259.000	248.935	259.000	301.072
260.000	158.223	260.000	200.119	260.000	252.106	260.000	304.908
261.000	160.189	261.000	202.605	261.000	255.238	261.000	308.696
262.000	162.131	262.000	205.061	262.000	258.332	262.000	312.437
263.000	164.049	263.000	207.488	263.000	261.389	263.000	316.135
264.000	165.946	264.000	209.887	264.000	264.411	264.000	319.790
265.000	167.821	265.000	212.259	265.000	267.399	265.000	323.403
266.000	169.675	266.000	214.604	266.000	270.353	266.000	326.977
267.000	171.510	267.000	216.924	267.000	273.276	267.000	330.512
268.000	173.325	268.000	219.220	268.000	276.168	268.000	334.010
269.000	175.121	269.000	221.492	269.000	279.030	269.000	337.471
270.000	176.899	270.000	223.740	270.000	281.863	270.000	340.897
271.000	178.659	271.000	225.966	271.000	284.668	271.000	344.289
272.000	180.402	272.000	228.171	272.000	287.445	272.000	347.648
273.000	182.128	273.000	230.355	273.000	290.196	273.000	350.975
274.000	183.839	274.000	232.517	274.000	292.921	274.000	354.271
275.000	185.533	275.000	234.660	275.000	295.620	275.000	357.536
276.000	187.212	276.000	236.784	276.000	298.296	276.000	360.772
277.000	188.876	277.000	238.889	277.000	300.947	277.000	363.979
278.000	190.526	278.000	240.975	278.000	303.576	278.000	367.157
279.000	192.161	279.000	243.044	279.000	306.182	279.000	370.309
280.000	193.783	280.000	245.095	280.000	308.765	280.000	373.434
281.000	195.391	281.000	247.129	281.000	311.328	281.000	376.533

別表 2-2 越流頂の放流能力 (5 門合計)

(単位 m^3/s)

貯水位 (EL. m)	ゲート操作時 (m)												全開
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	
270.5													0
270.7													9
270.9													25
271.1													47
271.3	69												72
271.5	81												100
271.7	91												132
271.9	101												167
272.1	109	195											204
272.3	117	212											244
272.5	124	228											287
272.7	131	243											332
272.9	138	258	357										380
273.1	144	271	379										430
273.3	150	284	399										482
273.5	156	296	419										536
273.7	161	308	437	548									593
273.9	167	319	455	574									652
274.1	172	330	472	598									714
274.3	177	340	489	621									778
274.5	182	350	504	643	765								844
274.7	187	360	520	665	793								912
274.9	191	370	535	685	820								983
275.1	196	379	549	706	846								1056
275.3	200	388	564	725	872	1003							1131
275.5	205	397	577	744	897	1034							1208
275.7	209	406	591	763	921	1064							1288
275.9	213	415	604	781	944	1093							1370
276.1	217	423	617	799	967	1121	1261						1455
276.3	221	431	630	816	989	1149	1294						1541
276.5	225	439	642	833	1011	1176	1327						1630
276.7	229	447	654	849	1032	1202	1359						1721
276.9	233	455	666	866	1053	1228	1390	1537					1814
277.1	237	463	678	882	1074	1253	1420	1572					1909
277.3	240	470	689	897	1094	1278	1449	1607					2006
277.5	244	478	701	913	1113	1302	1478	1641					2106
277.7	248	485	712	928	1133	1326	1507	1675	1829				2207
277.9	251	492	723	943	1152	1349	1535	1708	1867				2310
278.1	255	499	734	958	1171	1372	1562	1740	1904				2414
278.3	258	506	744	972	1189	1395	1589	1771	1941				2521
278.5	261	513	755	986	1207	1417	1615	1802	1976	2137			2629
278.7	265	520	765	1000	1225	1439	1641	1832	2011	2177			2738
278.9	268	527	775	1014	1242	1460	1667	1862	2046	2216			2848
279.1	271	533	786	1028	1260	1481	1692	1892	2079	2255			2960
279.3	275	540	795	1041	1277	1502	1717	1920	2113	2293	2460		3073
279.5	278	546	805	1055	1294	1523	1741	1949	2145	2330	2502		3186
279.7	281	553	815	1068	1310	1543	1765	1977	2177	2366	2543		3300
279.9	284	559	825	1081	1327	1563	1789	2005	2209	2402	2583		3415
280.1	287	565	834	1093	1343	1583	1813	2032	2240	2437	2623	2796	3530
280.3	290	571	843	1106	1359	1603	1836	2059	2271	2472	2662	2840	3644
280.5	293	578	853	1119	1375	1622	1859	2085	2301	2507	2701	2883	3759
280.7	296	584	862	1131	1391	1641	1881	2111	2331	2540	2738	2925	3872
280.9	299	590	871	1143	1406	1660	1903	2137	2361	2574	2776	2967	3985
281.1	302	596	880	1155	1422	1678	1925	2163	2390	2607	2813	3008	4097

別表 4 - 1.1 自由落下式減勢工の計算プログラム

```

C      WATER CUSHION TYPE ENERGY DISSIPATER...C
C      BY T. ISHIKAWA
C
C      **** INPUT ****
00001      WRITE(6,10)
00002      1 READ(5,100) F0,F2,TH0
00003      IF(F0.LE.0.0) GOTO 36
00004      WRITE(6,20) F0,F2,TH0
C
C      **** TYPE A ****
C
C      **** CHARACTERISTIC VALUE OF NAP ****
00005      H2=(F0/F2)**0.667
00006      H0=(F0**2/0.45)**0.4
00007      P=H0**2/(4.0*F0**2)
00008      F9=F0
00009      TH9=TH0
00010      F92=F2
00011      2 A0=0.5/(F9**2*COS(TH9)**2)
00012      B0=TAN(TH9)
00013      C0=H0
00014      X0=(B0-SQRT(B0**2-4.0*A0*C0))/(2.0*A0)
00015      T0=X0/COS(TH9)
00016      TH=ATAN(B0-2.0*A0*X0)
00017      V0=(SIN(TH9)-T0/F9**2)/SIN(TH)
00018      F=F9*V0**1.5
00019      TH0=TH
00020      F0=F
00021      H0=H0*V0
C      **** CALCULATION ****
00022      TH1=TH0
C
00023      3 X=H0/SIN((TH1+TH0)/2.0)
00024      IF(X-10.42)4,4,5
00025      4 AME=0.00162*X
00026      GO TO 6
00027      5 AME=0.04836* LOG(X)-0.09646
00028      6 TH=ACOS(COS(TH0)+AME*P)
00029      IF(ABS((TH-TH1)/TH1)-0.0001) 7,7,17
00030      17 TH1=TH
00031      GO TO 3
C
00032      7 IF(X-10.42) 8,8,9
00033      8 T1= PERFC(1.0-0.8523)
00034      T2=1.732*T1
00035      E1=0.07868*X*ERF(T2/SQRT(2.0))/2.0+0.5-0.048*X
00036      V1=SQRT(2.0*E1)
00037      ES=0.5-0.00866*X-E1
00038      QS=0.04025*X
00039      GO TO 11
00040      9 S1= PERFC(1.0-1.137/SQRT(X)-0.5)
00041      S2=1.732*S1

```

別表 4 - 1.2 自由落下式減勢工の計算プログラム

```

00042      E1=2.644/SQRT(X)*ERF(S2/SQRT(2.0))/2.0
00043      V1=SQRT(2.0*E1)
00044      ES=1.322/SQRT(X)-E1
00045      QS=0.4397*SQRT(X)-1.0
00046      11 VS=SQRT(2.0*ES/QS)
00047      H01=SQRT(2.0*F0**2*(V1-COS(TH0)))
00048      P1 =H01**2/(2.0*F0**2)-QS*VS-AME
C
00049      IF(ABS((H01-H0)/H01)-0.0001) 13,13,14
00050      13 IF(ABS((P1-P)/P1)-0.0001) 15,15,14
00051      14 H0=H01/V0
00052      P=P1
00053      GOTO 2
00054      15 F2=F0*V1**1.5
00055      HC=(SQRT(1.0+8.0*F2**2)-1.0)/(2.0*V1)
00056      GAN=2.0*F0**2*P/H01**2
00057      FF=(F9/F0)**0.667
00058      HC=HC*FF
00059      H0=H01*FF
C ***** OUTPUT *****
00060      WRITE(6,30) H2,HC,H0,GAN
00061      IF(HC-H2) 16,16,37
C
C ***** TYPE B *****
C
C ***** CHARACTERISTIC VALUES OF NAP *****
00062      16 P=0.0
00063      F2=F92
00064      H1=H2
00065      H0=H2
00066      DS=H0/10.0
00067      D=DS
00068      19 A0=0.5/(F9**2*COS(TH9)**2)
00069      B0=TAN(TH9)
00070      C0=H0
00071      X0=(B0-SQRT(B0**2-4.0*A0*C0))/(2.0*A0)
00072      T0=X0/COS(TH9)
00073      TH=ATAN(B0-2.0*A0*X0)
00074      V0=(SIN(TH9)-T0/F9**2)/SIN(TH)
00075      F=F9*V0**1.5
00076      TH0=TH
00077      F0=F
00078      H0=H0*V0
C
C ***** CALCULATION *****
00079      TH1=TH0
C
00080      21 DX=(H0-H1)/SIN((TH0+TH1)/2.0)
00081      X1=H0/SIN((TH0+TH1)/2.0)
00082      X2=X1-DX
00083      X=X1+X2
00084      Y1=0.5+0.048*DX
00085      IF(X1+X2-10.416) 22,22,23
00086      22 AME1=0.00162*X1
00087      AME2=0.00162*X2
00088      GOTO 24

```

別表4-1.3 自由落下式減勢工の計算プログラム

```

00089      23 AME1=0.01208*(2.0*LOG(X)+4.0*DX/X-DX**2/X**2-3.988-0.3170*DX
1          +0.009217*DX**2)
00090      AME2=0.01208*(2.0*LOG(X)-4.0*DX/X-DX**2/X**2-3.988+0.3170*DX
1          +0.009217*DX**2)
00091      24 TH=ACOS(COS(TH0)+P+AME1-AME2)
00092      IF(ABS((TH-TH1)/TH)-0.0001) 26,26,25
00093      25 TH1=TH
00094      GOTO 21

C
00095      26 IF(X-10.416) 27,27,28
00096      27 QT=0.04025*X+1.0
00097      QE2=0.04025*X2
00098      Q1=1+QE2
00099      QS=QT-Q1
00100      T1=ERF(0.5-(Q1-0.04025*X2-1.0+0.096*X2)/0.2725*X2)
00101      ET=0.5-0.00866*X
00102      E2T=0.25+0.03934*X2-0.024*X
00103      T2=1.732*T1
00104      E1=E2T+0.07868*X*ERF(T2/SQRT(2.0))/2.0+0.5*Y1-0.048*X1
00105      GOTO 29
00106      28 QT=0.4397*SQRT(X)
00107      QE2=0.4397*X2/SQRT(X)-0.5+0.048*DX
00108      Q1=1+QE2
00109      QS=QT-Q1
00110      S1=ERF(0.5-(Q1-0.4397*X2/SQRT(X))/(0.8794*X1/SQRT(X)))
00111      ET=1.322/SQRT(X)
00112      E2T=1.322*X2/X**1.5
00113      S2=1.732*S1
00114      E1=E2T+2.644*X2/X**2*ERF(S2/SQRT(2.0))/2.0
00115      29 ES=ET-E1
00116      V1=SQRT(2.0*E1/Q1)
00117      VS=SQRT(2.0*ES/QS)
00118      H01=SQRT(2.0*F0**2*((F2/F0)**0.667-COS(TH0))*(F0/F2)**1.333)
00119      H11=SQRT(2.0*F0**2*((F2/F0)**0.667-Q1*V1-AME2)*(F0/F2)**1.333)
00120      P1=(H01**2-H11**2)/(2.0*F0**2)-AME1-QS*VS
00121      GA=(2.0*F0**2*P+H11**2)/H01**2
00122      IF(ABS((H0-H01)/H01)-0.0001) 31,31,34
00123      31 IF(ABS((H1-H11)/H11)-0.0001) 32,32,34
00124      32 IF(ABS((P-P1)/P1)-0.0001) 35,35,34
00125      34 H0=H01/V0
00126      H1=H11
00127      P=P1
00128      D=D11
00129      GOTO 19

C
C      *** OUTPUT ***
00130      35 FF=(F9/F0)**0.667
00131      H0=H01*FF
00132      H1=H11*FF
00133      WRITE(6,40) H0,H1,GA
00134      37 IF(X-10.42) 38,38,39
00135      38 AA=1.0
00136      GOTO 41
00137      39 AA=10.42/X
00138      41 BB=2.507*AA*X/(2.0*SIN(TH1))
00139      AA=AA/FF

```

別表 4 - 1.4 自由落下減勢工の計算プログラム

```

00140      BB=BB/FF/X
00141      WRITE(6,50) AA,BB
00142      GOTO 1
00143 36 STOP
00144 10 FORMAT(1H1,///,23X,2HF0,7X,2HF2,7X,2HT4,6X,2HH2,6X,2HHC,6X,2HH0,
1        6X,2HH1,7X,2HGA,6X,2HAA,6X,2HBB,/)
00145 20 FORMAT(1H0,20X,F6.2,2X,F8.5,2X,F6.3)
00146 30 FORMAT(1H+,46X,F6.2,2X,F6.2,2X,F6.2,10X,F6.3)
00147 40 FORMAT(1H0,62X,F6.2,2X,F6.2,2X,F6.3)
00148 50 FORMAT(1H+,86X,F6.3,2X,F6.3)
00149 100 FORMAT(3F12.6)
00150      END

```

別表 6 - 1.1 管内圧力測定値

		H(M)	Q(M3/S)	A(M2)	HV(M)	ゲート開度		
		239.157	207.500	13.854	11.445	全開		
SOKUSEN I								
フ ィ 部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD	
	A	238.069	235.869	235.969	229.888	6.081	0.279	
	B	238.244	235.944	236.094	229.664	6.430	0.268	
	C	238.619	236.069	236.344	229.441	6.903	0.246	
	D	237.119	236.369	236.744	229.329	7.415	0.211	
部	1	237.119	235.744	236.431	229.061	7.370	0.238	
	2	233.319	232.994	233.156	229.706	4.450	0.524	
	3	230.169	229.869	230.019	229.398	1.621	0.798	
	4	227.369	226.919	227.144	228.149	-1.005	1.050	
	5	226.069	226.069	226.069	227.931	-1.862	1.144	
部	6	225.744	225.669	225.706	227.736	-2.030	1.175	
	7	226.169	226.144	226.156	227.559	-1.403	1.136	
	8	226.544	226.544	226.544	227.111	-0.567	1.102	
	9	226.444	226.444	226.444	226.663	-0.219	1.111	
	10	226.244	226.244	226.244	226.216	0.028	1.128	
部	11	226.119	226.119	226.119	225.769	0.350	1.139	
	12	226.044	226.044	226.044	225.322	0.722	1.146	
	13	226.069	226.069	226.069	224.875	1.194	1.144	
	14	226.019	226.019	226.019	224.427	1.592	1.148	
	15	226.044	226.044	226.044	223.980	2.064	1.146	
部	16	226.869	226.869	226.869	223.533	3.336	1.074	
	17	226.244	226.244	226.244	223.303	2.941		
	18	225.719	225.719	225.719	223.103	2.616		
	19	225.194	225.194	225.194	222.902	2.292		
	20	224.694	224.694	224.694	222.701	1.993		
部	21	224.169	224.169	224.169	222.500	1.669		
	22	223.669	223.669	223.619	222.015	1.604		
SOKUSEN II								
部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD	
	17	225.569	225.569	225.569	222.825	2.744		
	18	225.019	225.019	225.019	222.664	2.355		
	19	224.694	224.694	224.694	222.502	2.392		
	20	224.194	224.194	224.194	222.334	1.860		
部	21	223.744	223.744	223.744	222.179	1.565		
	22	223.669	223.669	223.619	222.015	1.604		
SOKUSEN III								
フ ィ 部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD	
	B	235.119	233.919	234.519	226.954	7.565	0.405	
	C	236.294	235.194	235.744	226.731	9.013	0.298	
	D	236.244	235.344	235.794	226.619	9.175	0.294	
	1	234.644	233.119	233.881	226.619	7.262	0.461	
部	2	231.994	230.119	231.056	226.518	4.538	0.708	
	3	229.119	228.369	228.744	226.351	2.393	0.910	
	4	226.869	226.244	226.556	226.183	0.373	1.101	
	5	225.544	225.544	225.544	226.015	-0.471	1.190	
	6	225.219	224.944	225.081	225.849	-0.768	1.230	
部	7	225.744	225.419	225.581	225.680	-0.099	1.186	
	8	225.994	225.994	225.994	225.233	0.761	1.150	
	9	225.994	225.994	225.994	224.785	1.205	1.150	
	10	225.994	225.994	225.994	224.338	1.656	1.150	
	11	225.894	225.894	225.894	223.891	2.003	1.159	
部	12	225.819	225.819	225.819	223.444	2.375	1.165	
	13	225.869	225.869	225.869	222.997	2.872	1.161	
	14	225.894	225.894	225.894	222.549	3.345	1.159	
	15	225.869	225.869	225.869	222.102	3.767	1.161	
	16	226.769	226.769	226.769	221.655	5.114	1.082	
部	17	226.144	226.144	226.144	221.458	4.686		
	18	225.419	225.419	225.419	221.291	4.128		
	19	224.794	224.794	224.794	221.123	3.671		
	20	224.419	224.419	224.419	220.955	3.464		
	21	223.994	223.994	223.994	220.787	3.207		
部	22	223.669	223.669	223.619	220.620	2.999		
	23	222.994	222.919	222.906	220.452	2.454		
	24	222.069	221.919	221.994	220.284	1.710		
	SOKUSEN IV							
	部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
17		225.669	225.669	225.669	220.157	5.512		
18		225.369	225.369	225.369	219.994	5.385		
19		225.069	225.069	225.069	219.810	5.259		
20		224.669	224.669	224.669	219.636	5.033		
部	21	224.294	224.294	224.294	219.462	4.832		
	22	223.744	223.744	223.744	219.289	4.455		
	23	223.194	223.194	223.194	219.115	4.079		
	24	222.669	222.669	222.669	218.942	3.727		
	25	221.769	221.769	221.769	218.769	3.000		
部	26	220.694	220.694	220.694	218.596	2.098		
	SOKUSEN V							
フ ィ 部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD	
	D	235.069	234.669	234.869	223.909	10.960	0.375	
	1	228.119	227.369	227.744	224.177	3.567	0.997	
	2	233.119	232.069	232.594	224.330	8.264	0.574	
	3	225.669	225.419	225.544	224.304	1.240	1.190	
部	4	224.394	224.019	224.206	224.217	-0.011	1.306	
	5	224.419	223.944	224.181	224.099	0.082	1.309	
	6	224.419	224.419	224.419	223.962	0.457	1.288	
	7	225.419	225.269	225.344	223.802	1.542	1.207	
	8	226.244	226.244	226.244	223.355	2.889	1.128	
部	9	226.319	226.319	226.319	222.907	3.412	1.122	
	10	226.319	226.319	226.319	222.460	3.859	1.122	
	11	226.169	226.169	226.169	222.013	4.156	1.135	
	12	226.244	226.244	226.244	221.566	4.678	1.128	
	13	226.244	226.244	226.244	221.119	5.125	1.128	
部	14	226.319	226.319	226.319	220.671	5.648	1.122	
	15	226.244	226.244	226.244	220.224	6.020	1.128	
	16	226.969	226.969	226.969	219.777	7.192	1.065	
	17	226.319	226.319	226.319	219.613	6.706		
	18	225.669	225.669	225.669	219.479	6.190		
部	19	225.369	225.369	225.369	219.344	6.025		
	20	224.619	224.619	224.619	219.209	5.410		
	21	224.319	224.319	224.319	219.074	5.245		
	22	223.744	223.744	223.744	218.940	4.804		
	23	223.044	223.044	223.044	218.806	4.238		
部	24	222.494	222.494	222.494	218.671	3.823		
	25	221.669	221.669	221.669	218.537	3.132		
	26	220.769	220.769	220.769	218.403	2.366		
	27	220.694	220.694	220.694	218.267	2.427		

別表 6 - 1.2 管内圧力測定値

		H(M)	Q(M3/S)	A(M2)	HV(M)	ゲート開度	
		251.737	271.353	13.854	19.572	全開	
SOKUSEN I							
ポイント	部	FMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
		246.744	245.869	246.306	229.888	16.418	0.277
A	B	247.244	246.494	246.869	229.664	17.205	0.249
	C	248.244	247.119	247.681	229.441	18.240	0.207
	D	248.494	247.544	248.019	229.329	18.690	0.190
	E	248.369	246.619	247.494	229.061	18.433	0.217
ベル	2	242.619	241.319	241.969	228.706	13.263	0.459
	3	236.919	235.994	236.456	228.398	8.058	0.781
	4	232.244	231.444	231.844	228.149	3.695	1.016
	5	229.994	229.569	229.781	227.931	1.850	1.122
ウ	6	229.519	229.219	229.369	227.736	1.633	1.143
	7	230.244	230.119	230.181	227.559	2.622	1.074
	8	230.794	230.644	230.719	227.111	3.608	1.101
	9	230.619	230.469	230.544	226.663	3.881	1.083
直	10	230.394	230.219	230.306	226.216	4.090	1.095
	11	230.219	230.119	230.169	225.769	4.400	1.102
	12	230.119	230.019	230.069	225.322	4.747	1.107
	13	230.169	230.019	230.094	224.875	5.219	1.106
部	14	230.094	229.994	230.044	224.427	5.617	1.108
	15	230.094	229.994	230.044	223.980	6.064	1.108
	16	231.469	231.169	231.319	223.533	7.786	1.043
	17	230.219	230.219	230.219	223.303	6.916	
漸	18	229.469	229.169	229.319	223.103	6.216	
	19	228.494	228.319	228.406	222.902	5.504	
	20	227.494	227.494	227.494	222.701	4.793	
	21	226.394	226.394	226.394	222.500	3.894	
SOKUSEN II							
ポイント	部	FMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
		17 229.094	229.094	229.094	222.825	6.269	
漸	18	228.069	228.069	228.069	222.664	5.405	
	19	227.969	227.969	227.969	222.502	5.467	
	20	226.719	226.719	226.719	222.334	4.385	
	21	225.969	225.969	225.969	222.179	3.790	
部	22	225.919	225.919	225.919	222.015	3.904	
SOKUSEN III							
ポイント	部	FMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
		B 245.244	244.319	244.781	226.954	17.827	0.355
A	C	246.319	245.369	245.844	226.731	19.113	0.301
	D	246.994	245.894	246.444	226.619	19.825	0.270
	E	244.219	241.669	242.944	226.619	16.325	0.449
	2	239.619	237.969	238.894	226.518	12.376	0.656
ベル	3	235.619	234.219	234.919	226.351	8.568	0.859
	4	231.419	230.469	230.944	226.183	4.761	1.062
	5	229.969	229.369	229.619	226.015	3.604	1.130
	6	228.719	228.394	228.556	225.849	2.707	1.184
ウ	7	229.444	229.119	229.281	225.680	3.601	1.147
	8	230.019	229.744	229.881	225.233	4.648	1.117
	9	230.194	229.994	230.094	224.785	5.309	1.106
	10	230.069	229.869	229.969	224.338	5.631	1.112
直	11	229.869	229.744	229.806	223.891	5.915	1.120
	12	229.619	229.619	229.619	223.444	6.175	1.130
	13	229.869	229.869	229.869	222.997	6.872	1.117
	14	229.844	229.844	229.844	222.549	7.293	1.119
部	15	229.769	229.769	229.769	222.102	7.687	1.122
	16	231.044	230.919	230.981	221.655	9.326	1.060
	17	230.244	230.244	230.244	221.458	8.786	
	18	228.969	228.769	228.869	221.291	7.578	
漸	19	227.919	227.769	227.844	221.123	6.721	
	20	227.469	226.744	227.106	220.955	6.151	
	21	226.769	226.619	226.694	220.787	5.907	
	22	225.919	225.919	225.919	220.620	5.299	
部	23	225.569	225.569	225.569	220.452	5.079	
	24	224.319	224.144	224.231	220.284	3.947	
	SOKUSEN IV						
	ポイント	部	FMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
17 230.594			229.319	229.956	220.157	9.799	
漸	18	228.794	228.794	228.794	219.984	8.810	
	19	228.369	228.369	228.369	219.810	8.559	
	20	227.744	227.744	227.744	219.636	8.108	
	21	227.144	227.144	227.144	219.462	7.682	
部	22	226.369	226.369	226.369	219.289	7.080	
	23	225.494	225.494	225.494	219.115	6.379	
	24	225.569	225.369	225.469	218.942	6.527	
	25	224.219	224.069	224.144	218.769	5.375	
部	26	222.819	222.819	222.819	218.596	4.223	
SOKUSEN V							
ポイント	部	FMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
		D 245.494	243.869	244.681	223.909	20.772	0.360
A	B	233.269	232.494	232.881	224.177	8.704	0.963
	2	240.994	240.419	240.706	224.330	16.376	0.564
	3	239.119	238.269	238.744	224.304	4.440	1.175
	4	228.819	226.819	226.719	224.217	2.502	1.278
ベル	5	226.994	226.994	226.994	224.099	2.895	1.264
	6	227.069	226.869	226.969	223.962	3.007	1.265
	7	228.844	228.569	228.706	223.802	4.904	1.177
	8	230.019	229.969	229.994	223.355	6.639	1.111
ウ	9	230.019	229.969	229.994	222.907	7.087	1.111
	10	230.494	230.444	230.469	222.460	8.009	1.087
	11	230.594	230.119	230.355	222.013	8.343	1.052
	12	230.244	230.119	230.181	221.566	8.615	1.101
直	13	230.244	230.119	230.181	221.119	9.062	1.101
	14	230.169	230.069	230.119	220.671	9.448	1.105
	15	230.119	229.994	230.056	220.224	9.832	1.108
	16	231.394	231.394	231.394	219.777	11.617	1.039
部	17	230.394	230.394	230.394	219.613	10.781	
	18	229.519	229.294	229.406	219.479	9.927	
	19	228.869	228.869	228.869	219.344	9.525	
	20	227.694	227.619	227.656	219.209	8.447	
漸	21	227.369	227.244	227.306	219.074	8.232	
	22	226.294	226.294	226.294	218.940	7.354	
	23	226.244	225.994	226.119	218.806	7.313	
	24	225.319	225.119	225.219	218.671	6.548	
部	25	224.119	224.019	224.069	218.537	5.532	
	26	222.569	222.569	222.569	218.403	4.166	
	27	221.119	221.119	221.119	218.267	2.852	

別表 6 - 1.3 管内圧力測定値

		H (M)	Q (M3/S)	A (M2)	HV (M)	ゲート開度	
		259.345	303.437	13.854	24.474	全開	
SOKUSEN I							
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)	CD
フ ー ド 部	A	253.494	252.769	253.131	229.888	23.244	0.254
	B	253.419	252.819	253.119	229.664	23.455	0.254
	C	255.319	253.169	254.244	229.441	24.803	0.208
	D	255.219	253.994	254.606	229.329	25.277	0.194
ベ ル マ ウ ス 部	1	253.369	252.869	253.119	229.061	24.058	0.254
	2	247.694	246.494	247.194	228.706	18.488	0.496
	3	240.869	239.919	240.394	228.398	11.996	0.774
	4	234.919	234.194	234.556	228.149	6.407	1.013
直 管	5	232.619	231.669	232.144	227.931	6.213	1.111
	6	231.994	231.369	231.681	227.736	3.945	1.130
	7	232.644	231.769	232.206	227.559	4.647	1.109
	8	233.244	233.244	233.244	227.111	6.133	1.066
管 部	9	233.119	232.869	232.994	226.663	6.331	1.077
	10	232.819	232.819	232.819	226.216	6.603	1.084
	11	232.619	232.619	232.619	225.769	6.850	1.092
	12	232.494	232.494	232.494	225.322	7.172	1.097
部	13	232.519	232.519	232.519	224.875	7.644	1.096
	14	232.494	232.494	232.494	224.427	8.067	1.097
	15	232.444	232.444	232.444	223.980	8.464	1.099
	16	234.069	234.069	234.069	223.533	10.536	1.033
漸 縮 部	17	232.694	232.694	232.694	223.303	9.391	
	18	231.619	231.619	231.619	223.103	8.516	
	19	230.544	230.544	230.544	222.902	7.642	
	20	229.319	229.319	229.319	222.701	6.618	
部	21	227.869	227.869	227.869	222.500	5.369	
	22	227.494	227.494	227.494	222.015	5.479	
SOKUSEN II							
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)	
漸 縮 部	17	231.244	231.244	231.244	222.825	8.419	
	18	229.919	229.919	229.919	222.664	7.255	
	19	229.744	229.744	229.744	222.502	7.242	
	20	228.119	228.119	228.119	222.334	5.785	
部	21	227.219	227.219	227.219	222.179	5.040	
	22	227.494	227.494	227.494	222.015	5.479	
SOKUSEN III							
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)	CD
フ ー ド 部	B	251.094	249.469	250.281	226.954	23.327	0.370
	C	253.169	251.694	252.431	226.731	25.700	0.282
	D	253.744	251.869	252.806	226.619	26.187	0.267
ベ ル マ ウ ス 部	1	249.619	247.744	248.681	226.619	22.062	0.436
	2	244.619	241.494	243.056	226.518	16.538	0.666
	3	239.244	237.919	238.581	226.351	12.230	0.848
	4	234.269	232.869	233.569	226.183	7.386	1.053
直 管	5	232.719	231.494	232.106	226.015	6.091	1.113
	6	231.044	229.994	230.519	225.849	4.670	1.178
	7	231.644	231.369	231.506	225.680	5.826	1.137
	8	232.369	232.169	232.269	225.233	7.036	1.106
管 部	9	232.369	232.369	232.369	224.785	7.584	1.102
	10	232.244	232.244	232.244	224.338	7.906	1.107
	11	232.044	232.044	232.044	223.891	8.153	1.116
	12	232.369	231.869	232.119	223.444	8.675	1.112
部	13	232.369	232.144	232.256	222.997	9.259	1.107
	14	232.119	232.119	232.119	222.549	9.570	1.112
	15	231.994	231.994	231.994	222.102	9.692	1.118
	16	233.869	233.569	233.719	221.655	12.064	1.047
漸 縮 部	17	232.669	232.669	232.669	221.458	11.211	
	18	230.894	230.894	230.894	221.291	9.603	
	19	229.744	229.744	229.744	221.123	8.621	
	20	229.219	229.219	229.219	220.955	8.264	
部	21	228.119	228.119	228.119	220.787	7.332	
	22	227.494	227.494	227.494	220.620	6.874	
	23	225.719	225.719	225.719	220.452	5.267	
	24	224.644	224.069	224.356	220.284	4.072	
SOKUSEN IV							
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)	
漸 縮 部	17	231.519	231.519	231.519	220.157	11.362	
	18	230.969	230.969	230.969	219.984	10.985	
	19	230.444	226.623	228.533	219.000		
	20	229.519	229.519	229.519	219.636	9.883	
部	21	228.869	228.869	228.869	219.462	9.407	
	22	227.869	227.869	227.869	219.289	8.580	
	23	226.794	226.794	226.794	219.115	7.679	
	24	225.769	225.769	225.769	218.942	6.827	
部	25	224.144	224.144	224.144	218.769	5.375	
	26	222.669	222.669	222.669	218.596	4.073	
SOKUSEN V							
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)	CD
フ ー ド 部	B	251.619	250.419	251.019	223.909	27.110	0.340
	C	254.894	253.469	254.181	224.177	12.004	0.946
	D	254.694	253.469	254.981	224.330	21.652	0.546
ベ ル マ ウ ス 部	1	246.994	244.969	245.981	224.304	6.615	1.153
	2	241.369	239.869	240.619	224.217	3.964	1.273
	3	238.494	237.619	238.181	224.099	3.720	1.283
	4	228.019	227.619	227.819	223.962	4.857	1.247
直 管	5	229.069	228.569	228.819	223.802	6.804	1.174
	6	230.719	230.494	230.606	223.555	9.426	1.085
	7	232.994	232.569	232.781	223.355	10.062	1.078
	8	232.969	232.969	232.969	222.907	10.409	1.082
管 部	9	232.869	232.869	232.869	222.460	10.731	1.087
	10	232.744	232.744	232.744	222.013	11.066	1.092
	11	232.744	232.519	232.631	221.566	11.550	1.092
	12	232.669	232.669	232.669	221.119	11.948	1.092
部	13	232.619	232.619	232.619	220.671	12.320	1.095
	14	232.544	232.544	232.544	220.224	12.320	1.095
	15	232.444	232.444	232.444	219.777	14.467	1.028
	16	232.919	232.919	232.919	219.613	13.306	
漸 縮 部	17	231.594	231.594	231.594	219.479	12.115	
	18	230.944	230.944	230.944	219.344	11.600	
	19	229.419	229.419	229.419	219.209	10.210	
	20	228.994	228.994	228.994	219.074	9.920	
部	21	227.819	227.819	227.819	218.940	8.879	
	22	226.719	226.719	226.719	218.806	7.913	
	23	225.694	225.519	225.606	218.671	6.935	
	24	224.419	224.194	224.306	218.537	5.769	
部	25	222.494	222.494	222.494	218.403	4.091	
	26	220.444	220.444	220.444	218.267	2.177	

別表 6 - 1.4 管内圧力測定値

		H(M)	Q(M3/S)	A(M2)	HV(M)	ゲート開度	
		263.545	318.022	13.854	26.883	全開	
SOKUSEN I							
		P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
フ ィ ド 部	A	256.994	255.869	256.431	229.888	26.543	0.265
	B	257.169	256.369	256.769	229.664	27.105	0.252
	C	258.494	257.369	257.931	229.441	28.490	0.209
	D	259.044	257.719	258.381	229.329	29.052	0.192
ベ ル マ ウ ス 部	1	257.944	248.219	253.081	229.061	24.020	0.389
	2	250.869	248.994	249.931	228.706	21.225	0.506
	3	243.094	241.369	242.231	228.398	13.833	0.793
	4	236.219	235.569	235.894	228.149	7.745	1.029
直 部	5	233.594	233.119	233.356	227.931	5.425	1.123
	6	233.044	232.569	232.806	227.736	5.070	1.143
	7	234.019	233.769	233.894	227.559	6.335	1.103
	8	234.819	234.569	234.694	227.111	7.583	1.073
管 部	9	234.494	234.494	234.494	226.663	7.831	1.081
	10	234.244	234.244	234.244	226.216	8.028	1.090
	11	233.869	233.869	233.869	225.769	8.100	1.104
	12	233.744	233.744	233.744	225.322	8.422	1.109
漸 縮 部	13	233.744	233.744	233.744	224.875	8.869	1.109
	14	233.744	233.744	233.744	224.427	9.317	1.109
	15	233.619	233.619	233.619	223.980	9.639	1.113
	16	235.744	235.244	235.494	223.533	11.961	1.043
漸 縮 部	17	234.119	233.969	234.044	223.303	10.741	
	18	232.994	232.744	232.869	223.103	9.766	
	19	231.744	231.494	231.619	222.902	8.717	
	20	230.294	230.119	230.206	222.701	7.505	
部	21	228.719	228.519	228.619	222.500	6.119	
	22	228.344	228.119	228.231	222.015	6.216	
SOKUSEN II							
		P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	
漸 縮 部	17	232.369	232.369	232.369	222.825	9.544	
	18	230.919	230.919	230.919	222.664	8.255	
	19	230.669	230.669	230.669	222.502	8.167	
	20	229.044	229.044	229.044	222.334	6.710	
部	21	227.994	227.994	227.994	222.179	5.815	
	22	228.344	228.119	228.231	222.015	6.216	
SOKUSEN III							
		P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
フ ィ ド 部	B	254.244	252.119	253.181	226.954	26.227	0.386
	C	256.369	254.969	255.669	226.731	28.938	0.293
	D	257.069	255.369	256.219	226.619	29.600	0.273
ベ ル マ ウ ス 部	1	258.169	252.819	255.494	226.619	28.875	0.299
	2	246.744	244.094	245.419	226.518	18.901	0.674
	3	241.994	240.119	241.056	226.351	14.705	0.837
	4	235.619	233.494	234.556	226.183	8.373	1.078
直 部	5	234.494	232.619	233.556	226.015	7.541	1.116
	6	231.744	230.994	231.369	225.849	5.520	1.197
	7	232.619	232.369	232.494	225.680	6.814	1.155
	8	233.619	233.244	233.431	225.233	8.198	1.120
管 部	9	233.719	233.369	233.544	224.785	8.759	1.116
	10	233.619	233.369	233.494	224.338	9.156	1.118
	11	233.469	233.244	233.356	223.891	9.465	1.123
	12	233.169	233.044	233.106	223.444	9.662	1.132
漸 縮 部	13	233.494	233.369	233.431	222.997	10.434	1.120
	14	233.569	233.469	233.519	222.549	10.970	1.117
	15	233.344	233.169	233.256	222.102	11.185	1.127
	16	235.119	234.869	234.994	221.655	13.339	1.062
漸 縮 部	17	234.294	233.919	234.106	221.458	12.648	
	18	232.169	231.969	232.069	221.291	10.778	
	19	230.644	230.544	230.594	221.123	9.471	
	20	229.744	229.744	229.744	220.955	8.789	
部	21	228.869	228.719	228.794	220.787	8.007	
	22	228.344	228.119	228.231	220.620	7.611	
	23	226.569	226.569	226.569	220.452	6.117	
	24	224.569	224.294	224.431	220.284	4.147	
SOKUSEN IV							
		P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	
漸 縮 部	17	232.719	232.619	232.669	220.157	12.512	
	18	232.119	231.869	231.994	219.984	12.010	
	19	231.544	231.419	231.481	219.810	11.671	
	20	230.419	230.219	230.319	219.636	10.683	
部	21	229.869	229.744	229.806	219.462	10.344	
	22	228.619	228.419	228.519	219.289	9.230	
	23	227.669	227.444	227.556	219.115	8.441	
	24	226.419	226.419	226.419	218.942	7.477	
部	25	224.369	224.369	224.369	218.769	5.600	
	26	222.944	222.944	222.944	218.596	4.348	
SOKUSEN V							
		P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
フ ィ ド 部	D	256.619	252.669	254.644	223.909	30.735	0.331
	1	237.969	237.494	237.731	224.177	13.555	0.960
	2	246.994	247.619	248.306	224.330	23.976	0.567
	3	232.994	231.869	232.431	224.304	8.127	1.157
ベ ル マ ウ ス 部	4	229.819	228.269	229.044	224.217	4.827	1.283
	5	229.369	228.244	228.806	224.099	4.707	1.292
	6	229.969	229.169	229.569	223.962	5.607	1.264
	7	232.419	231.519	231.969	223.802	8.167	1.175
直 部	8	233.869	233.594	233.731	223.335	10.397	1.109
	9	234.169	234.169	234.169	222.907	11.262	1.093
	10	234.119	233.819	233.969	222.460	11.509	1.100
	11	234.144	233.719	233.931	222.013	11.918	1.102
管 部	12	233.744	233.744	233.744	221.566	12.178	1.109
	13	233.919	233.669	233.794	221.119	12.675	1.107
	14	233.919	233.669	233.794	220.671	13.123	1.107
	15	233.719	233.719	233.719	220.224	13.495	1.109
漸 縮 部	16	233.619	233.619	233.619	219.777	15.842	1.039
	17	234.219	233.994	234.106	219.613	14.493	
	18	232.844	232.619	232.731	219.479	13.252	
	19	232.094	231.869	231.981	219.344	12.637	
部	20	230.494	230.244	230.369	219.209	11.160	
	21	229.894	229.894	229.894	219.074	10.820	
	22	228.669	228.669	228.669	218.940	9.729	
	23	227.369	227.369	227.369	218.806	8.563	
部	24	226.319	226.319	226.319	218.671	7.648	
	25	224.569	224.569	224.569	218.537	6.032	
	26	222.669	222.669	222.669	218.403	4.266	
	27	220.769	220.769	220.769	218.267	2.502	

別表 6 - 1.5 管内圧力測定値

		H(M)	Q(M ³ /S)	A(M ²)	HV(M)	ゲート開度	
		268.553	337.709	13.854	30.315	全開	
SOKUSEN I							
ア ー ド 部	A B C D	P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
		261.494	260.219	260.856	229.888	30.968	0.254
ベル マ ウ ス 部	1	261.544	261.094	261.319	229.664	31.655	0.239
	2	263.894	262.669	263.281	229.441	33.840	0.174
	3	263.744	262.719	263.231	229.329	33.902	0.176
	4	261.844	260.344	261.094	229.061	32.033	0.246
	5	253.769	253.419	253.594	228.708	24.888	0.493
	6	245.419	243.144	244.281	228.398	15.883	0.801
	7	237.844	236.269	237.056	228.149	8.907	1.039
	8	235.394	234.344	234.969	227.931	7.038	1.108
	9	234.544	234.294	234.419	227.736	6.683	1.126
	10	236.044	235.719	235.882	227.559	8.323	1.077
	11	236.494	236.444	236.469	227.111	9.358	1.058
	12	236.244	236.194	236.219	226.663	9.556	1.067
	13	235.944	235.769	235.856	226.216	9.640	1.079
	14	235.619	235.469	235.544	225.769	9.775	1.089
	15	235.519	235.444	235.481	225.322	10.160	1.091
	16	235.594	235.469	235.531	224.875	10.656	1.089
	17	235.544	235.444	235.494	224.427	11.067	1.091
	18	235.469	235.244	235.356	223.980	11.376	1.095
	19	237.994	237.394	237.654	223.533	14.161	1.018
	20	235.594	235.594	235.594	223.303	12.291	
	21	234.369	234.369	234.369	223.103	11.266	
	22	233.069	232.919	232.994	222.902	10.092	
	23	231.394	231.394	231.394	222.701	8.693	
	24	229.844	229.694	229.769	222.500	7.269	
SOKUSEN II							
新 部	A B C D	P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
		233.869	233.869	233.869	222.825	11.044	
新 部	17	232.369	232.319	232.344	222.664	9.680	
	18	232.269	232.069	232.169	222.502	9.667	
	19	230.144	230.044	230.094	222.334	7.760	
	20	228.969	228.969	228.969	222.179	6.790	
	21	229.544	229.169	229.356	222.015	7.341	
	22						
	23						
SOKUSEN III							
ア ー ド 部	A B C D	P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
		258.419	257.544	257.981	226.954	31.027	0.349
ベル マ ウ ス 部	1	260.544	258.469	259.506	226.731	32.775	0.298
	2	261.094	259.719	260.406	226.619	33.787	0.269
	3	257.044	253.694	255.369	226.619	28.750	0.435
	4	249.969	246.894	248.431	226.518	21.913	0.664
	5	244.394	242.919	243.656	226.351	17.305	0.821
	6	237.119	235.894	235.506	226.183	10.324	1.057
	7	235.469	234.444	234.956	226.015	8.941	1.108
	8	233.144	232.294	232.719	225.849	8.670	1.182
	9	234.244	233.819	234.031	225.680	8.351	1.139
	10	235.394	235.319	235.356	225.233	10.123	1.095
	11	235.494	235.319	235.406	224.785	10.621	1.093
	12	235.269	235.044	235.156	224.338	10.818	1.102
	13	235.119	234.944	235.031	223.891	11.140	1.106
	14	234.744	234.544	234.644	223.444	11.200	1.119
	15	235.244	235.094	235.169	222.997	12.172	1.101
	16	235.269	235.094	235.181	222.549	12.632	1.101
	17	234.994	234.894	234.944	222.102	12.842	1.109
	18	236.994	236.694	236.844	221.655	15.189	1.046
	19	235.944	233.169	234.556	221.458	13.098	
	20	233.619	233.344	233.481	221.291	12.151	
	21	231.994	231.694	231.844	221.123	10.721	
	22	231.194	230.944	231.069	220.955	10.114	
	23	230.069	229.794	229.931	220.787	9.144	
	24	229.544	229.169	229.356	220.620	8.736	
	25	227.419	227.194	227.306	220.452	6.854	
	26	225.019	225.019	225.019	220.284	4.735	
SOKUSEN IV							
新 部	A B C D	P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
		234.344	234.144	234.244	220.157	14.087	
新 部	17	233.494	233.494	233.494	219.984	13.510	
	18	232.994	232.819	232.906	219.810	13.096	
	19	231.619	231.519	231.569	219.636	11.933	
	20	231.044	230.894	230.969	219.462	11.507	
	21	229.444	229.444	229.444	219.289	10.255	
	22	228.394	228.244	228.319	219.115	9.204	
	23	227.244	227.144	227.194	218.942	8.252	
新 部	24	225.044	225.044	225.044	218.769	6.275	
	25	223.444	223.444	223.444	218.596	4.848	
	26						
	27						
SOKUSEN V							
フ ー ド 部	A B C D	P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)	CD
		248.269	236.419	257.494	223.909	33.385	0.365
ベル マ ウ ス 部	1	240.044	239.519	240.044	224.177	15.867	0.940
	2	251.244	250.269	250.756	224.330	26.427	0.587
	3	235.119	233.194	234.156	224.304	9.852	1.135
	4	231.219	230.369	230.794	224.217	6.577	1.246
	5	230.344	229.544	229.944	224.099	5.845	1.274
	6	231.069	230.569	230.819	223.962	6.857	1.245
	7	233.569	233.044	233.306	223.802	9.504	1.163
	8	235.519	235.519	235.519	223.355	12.164	1.090
	9	235.919	235.919	235.919	222.907	13.012	1.077
	10	235.694	235.694	235.694	222.460	13.234	1.084
	11	235.794	235.794	235.794	222.013	13.781	1.081
	12	235.694	235.694	235.694	221.566	14.128	1.084
	13	235.444	235.444	235.444	221.119	14.325	1.082
	14	235.344	235.344	235.344	220.671	14.673	1.095
	15	235.444	235.444	235.444	220.224	15.220	1.092
	16	237.569	237.569	237.569	219.777	17.792	1.022
	17	235.869	235.869	235.869	219.613	16.256	
	18	234.569	234.569	234.569	219.479	15.090	
	19	233.519	233.519	233.519	219.344	14.175	
	20	231.694	231.694	231.694	219.209	12.488	
	21	231.194	231.194	231.194	219.074	12.120	
	22	229.694	229.694	229.694	218.940	10.754	
	23	228.369	228.369	228.369	218.806	9.563	
	24	227.094	227.094	227.094	218.671	8.423	
	25	225.144	225.144	225.144	218.537	6.607	
	26	223.194	223.194	223.194	218.403	4.791	
	27	220.994	220.994	220.994	218.267	2.727	

別表 6 - 1.6 管内圧力測定値

		H(M)	Q(M ³ /S)	A(M ²)	HV(M)	ゲート開度
		281.637	382.084	13.854	38.805	全開
SOKUSEN I						
フ ィ 部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
		CD				
A	1	272.619	271.719	272.169	229.888	42.281
	2	273.869	272.194	273.031	229.664	43.367
B	3	274.319	272.719	274.019	229.441	44.578
	4	275.319	273.819	274.506	229.329	45.577
C	5	275.994	271.519	272.694	229.061	43.633
	6	275.994	261.494	262.181	228.706	33.475
D	7	275.994	251.069	251.831	228.398	23.433
	8	275.994	241.919	242.706	228.149	14.557
1	9	239.494	238.744	239.119	227.931	11.188
	10	238.619	237.619	238.119	227.736	10.383
2	11	239.869	239.869	239.869	227.559	12.310
	12	240.919	240.919	240.919	227.111	13.808
3	13	240.619	240.619	240.619	226.663	13.956
	14	240.169	240.169	240.169	226.216	13.953
4	15	239.819	239.819	239.819	225.769	14.050
	16	239.619	239.619	239.619	225.322	14.297
5	17	239.694	239.694	239.694	224.875	14.819
	18	239.619	239.619	239.619	224.427	15.192
6	19	239.569	239.569	239.569	223.980	15.589
	20	242.369	242.369	242.369	223.533	18.836
7	21	239.944	239.944	239.944	223.303	16.641
	22	238.169	237.919	238.044	223.103	14.941
8	23	236.619	236.244	236.431	222.902	13.829
	24	234.619	234.244	234.431	222.701	11.730
9	25	232.444	232.169	232.306	222.500	9.806
SOKUSEN II						
フ ィ 部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
		CD				
A	1	237.619	237.419	237.519	222.825	14.694
	2	235.469	235.269	235.369	222.664	12.705
B	3	235.244	235.244	235.244	222.502	12.742
	4	232.694	232.694	232.694	222.334	10.360
C	5	231.119	231.119	231.119	222.179	8.940
	6	231.869	231.619	231.744	222.015	9.729
SOKUSEN III						
フ ィ 部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
		CD				
A	1	268.944	266.494	267.719	226.954	40.765
	2	271.744	269.469	270.606	226.731	43.675
B	3	271.294	270.669	270.981	226.619	44.363
	4	265.619	260.494	263.056	226.619	36.437
C	5	255.119	253.719	254.419	226.518	27.901
	6	250.869	248.869	249.869	226.351	23.518
D	7	249.419	240.819	241.344	226.183	15.161
	8	241.869	238.244	238.831	226.015	12.816
1	9	239.419	235.744	237.931	225.849	10.520
	10	236.994	233.744	235.869	225.680	12.251
2	11	238.119	237.744	237.931	225.518	13.886
	12	239.244	238.994	239.119	225.356	14.771
3	13	239.619	239.494	239.556	224.785	15.906
	14	239.244	239.244	239.244	224.338	14.906
4	15	239.119	239.119	239.119	223.891	15.228
	16	238.619	238.619	238.619	223.444	15.175
5	17	239.369	239.244	239.306	222.997	16.309
	18	239.619	239.369	239.494	222.549	16.945
6	19	239.119	238.869	238.994	222.102	16.892
	20	241.619	241.369	241.494	221.655	19.839
7	21	239.969	239.969	239.969	221.458	18.511
	22	236.994	236.794	236.894	221.291	15.603
8	23	234.919	234.919	234.919	221.123	13.796
	24	233.994	233.744	233.869	220.955	12.914
9	25	232.619	232.369	232.494	220.787	11.707
	26	231.869	231.619	231.744	220.620	11.124
10	27	229.369	229.369	229.369	220.452	8.917
	28	226.369	226.369	226.369	220.284	6.085
SOKUSEN IV						
フ ィ 部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
		CD				
A	1	238.119	238.119	238.119	220.157	17.962
	2	237.269	237.244	237.256	219.984	17.273
B	3	236.494	236.244	236.369	219.910	16.559
	4	234.744	234.744	234.744	219.636	15.108
C	5	234.019	234.019	234.019	219.462	14.557
	6	232.169	232.169	232.169	219.289	12.880
D	7	230.744	230.744	230.744	219.115	11.629
	8	229.244	229.244	229.244	218.942	10.377
1	9	226.619	226.619	226.619	218.769	7.850
	10	224.544	224.544	224.544	218.596	5.948
SOKUSEN V						
フ ィ 部		PMAX(M)	PMIN(M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
		CD				
A	1	246.319	244.619	245.469	224.177	21.292
	2	240.244	238.994	239.619	224.330	35.289
B	3	238.369	237.244	237.806	224.304	13.502
	4	233.369	233.069	233.219	224.217	9.002
C	5	232.244	231.994	232.119	224.099	8.020
	6	233.444	233.444	233.444	223.962	9.482
D	7	237.119	236.119	236.619	223.802	12.817
	8	239.869	239.494	239.681	223.355	16.326
1	9	240.119	240.119	240.119	222.907	17.212
	10	240.369	239.994	240.181	222.460	17.721
2	11	240.044	239.744	239.894	222.013	17.881
	12	239.919	239.494	239.706	221.566	18.140
3	13	239.694	239.494	239.594	221.119	18.475
	14	239.569	239.369	239.469	220.671	18.798
4	15	239.494	239.369	239.431	220.224	19.207
	16	242.119	242.119	242.119	219.777	22.342
5	17	240.244	240.244	240.244	219.613	20.631
	18	238.369	238.369	238.369	219.479	18.690
6	19	237.494	237.044	237.269	219.344	17.925
	20	234.919	234.919	234.919	219.209	15.710
7	21	234.669	234.369	234.519	219.074	15.445
	22	234.794	234.794	234.794	218.940	15.854
8	23	231.019	230.819	230.919	218.806	12.113
	24	229.369	229.169	229.269	218.671	10.598
9	25	226.994	226.819	226.906	218.537	8.369
	26	224.444	224.294	224.369	218.403	5.966
10	27	221.794	221.669	221.732	218.267	3.463

別表 6 - 1.7 管内圧力測定値

		H (M)	Q (M3/S)	A (M2)	HV (M)	ゲート開度
		235.578	37.813	13.854	0.380	g=1.0m
SOKUSEN I						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
フ ー 部	A	235.019	235.019	235.019	229.888	5.131
	B	234.994	234.994	234.994	229.664	5.330
	C	235.069	235.069	235.069	229.441	5.628
	D	235.119	235.119	235.119	229.329	5.790
ペ ル マ ウ ス 部	1	235.144	235.144	235.144	229.061	6.083
	2	234.994	234.994	234.994	228.706	6.288
	3	234.869	234.869	234.869	228.398	6.471
	4	234.794	234.794	234.794	228.149	6.645
直 管	5	234.794	234.794	234.794	227.931	6.863
	6	234.844	234.844	234.844	227.736	7.108
	7	234.794	234.794	234.794	227.559	7.235
	8	234.844	234.844	234.844	227.111	7.733
管 部	9	234.844	234.844	234.844	226.663	8.181
	10	234.869	234.869	234.869	226.216	8.653
	11	234.819	234.819	234.819	225.769	9.050
	12	234.844	234.844	234.844	225.322	9.522
漸 縮 部	13	234.819	234.819	234.819	224.875	9.944
	14	234.769	234.769	234.769	224.427	10.342
	15	234.794	234.794	234.794	223.980	10.814
	16	234.819	234.819	234.819	223.533	11.266
漸 縮 部	17	234.994	234.994	234.994	223.303	11.691
	18	234.894	234.894	234.894	223.103	11.791
	19	234.994	234.994	234.994	222.902	12.092
	20	234.994	234.994	234.994	222.701	12.293
部	21	234.994	234.994	234.994	222.500	12.494
	22	234.994	234.994	234.994	222.500	12.494
SOKUSEN II						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
漸 縮 部	17	234.869	234.869	234.869	222.825	12.044
	18	234.869	234.869	234.869	222.664	12.205
	19	234.919	234.919	234.919	222.502	12.417
	20	234.969	234.969	234.969	222.334	12.635
部	21	234.969	234.969	234.969	222.179	12.790
	22	234.744	234.744	234.744	222.015	12.729
SOKUSEN III						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
フ ー 部	B	235.069	235.069	235.069	226.954	8.115
	C	235.069	235.069	235.069	226.731	8.338
	D	235.069	235.069	235.069	226.519	8.450
ペ ル マ ウ ス 部	1	234.994	234.994	234.994	226.619	8.575
	2	234.994	234.994	234.994	226.518	8.476
	3	234.869	234.869	234.869	226.351	8.518
	4	234.794	234.794	234.794	226.183	8.611
直 管	5	234.794	234.794	234.794	226.015	8.779
	6	234.794	234.794	234.794	225.849	8.945
	7	234.744	234.744	234.744	225.680	9.064
	8	234.794	234.794	234.794	225.513	9.561
管 部	9	234.794	234.794	234.794	224.785	10.009
	10	234.794	234.794	234.794	224.338	10.456
	11	234.819	234.819	234.819	223.891	10.928
	12	234.794	234.794	234.794	223.444	11.350
部	13	234.744	234.744	234.744	222.997	11.747
	14	234.694	234.694	234.694	222.549	12.145
	15	234.744	234.744	234.744	222.102	12.642
	16	234.869	234.869	234.869	221.655	13.214
漸 縮 部	17	234.844	234.844	234.844	221.458	13.386
	18	234.819	234.819	234.819	221.291	13.528
	19	234.844	234.844	234.844	221.123	13.721
	20	234.794	234.794	234.794	220.955	13.839
部	21	234.744	234.744	234.744	220.787	13.957
	22	234.744	234.744	234.744	220.620	14.124
	23	234.669	234.669	234.669	220.452	14.217
	24	234.494	234.494	234.494	220.284	14.210
SOKUSEN IV						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
漸 縮 部	17	234.819	234.819	234.819	220.157	14.662
	18	234.719	234.719	234.719	219.984	14.735
	19	234.669	234.669	234.669	219.810	14.859
	20	234.519	234.519	234.519	219.636	14.883
部	21	234.419	234.419	234.419	219.462	14.957
	22	234.194	234.194	234.194	219.289	14.905
	23	233.894	233.894	233.894	219.115	14.779
	24	233.369	233.369	233.369	218.942	14.427
部	25	232.119	232.119	232.119	218.769	13.350
	26	229.669	229.669	229.669	218.596	11.073
SOKUSEN V						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
フ ー 部	D	235.044	235.044	235.044	223.909	11.135
	1	234.869	234.869	234.869	224.177	10.692
	2	234.994	234.994	234.994	224.330	10.664
	3	234.744	234.744	234.744	224.304	10.440
ペ ル マ ウ ス 部	4	234.744	234.744	234.744	224.217	10.527
	5	234.719	234.719	234.719	224.099	10.620
	6	234.744	234.744	234.744	223.962	10.782
	7	234.769	234.769	234.769	223.802	10.967
直 管	8	234.819	234.819	234.819	223.355	11.464
	9	234.819	234.819	234.819	222.907	11.912
	10	234.794	234.794	234.794	222.460	12.334
	11	234.819	234.819	234.819	222.013	12.806
管 部	12	234.819	234.819	234.819	221.566	13.253
	13	234.769	234.769	234.769	221.119	13.650
	14	234.794	234.794	234.794	220.671	14.123
	15	234.819	234.819	234.819	220.224	14.595
漸 縮 部	16	234.794	234.794	234.794	219.777	15.017
	17	234.719	234.719	234.719	219.613	15.106
	18	234.694	234.694	234.694	219.479	15.215
	19	234.619	234.619	234.619	219.344	15.275
部	20	234.494	234.494	234.494	219.209	15.285
	21	234.369	234.369	234.369	219.074	15.295
	22	234.194	234.194	234.194	218.940	15.254
	23	233.869	233.869	233.869	218.806	15.063
部	24	233.244	233.244	233.244	218.671	14.573
	25	232.069	232.069	232.069	218.537	13.532
	26	230.069	230.069	230.069	218.403	11.666
	27	226.269	226.269	226.269	218.267	8.002

別表 6 - 1.8 管内圧力測定値

		H (M)	Q (M ³ /S)	A (M ²)	HV (M)	ゲート開度
		239.020	41.978	13.654	0.469	0=1.0m
SOKUSEN I						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
7 F 部	A	238.694	238.469	238.581	229.888	8.693
	B	238.619	238.419	238.519	229.664	8.855
	C	238.744	238.594	238.669	229.441	9.228
	D	238.719	238.494	238.606	229.329	9.277
ヘル マ ウ ス 部	1	238.444	238.444	238.444	229.061	9.383
	2	238.369	238.369	238.369	228.706	9.663
	3	238.169	238.169	238.169	228.398	9.771
	4	238.119	238.119	238.119	228.149	9.970
直 管 部	5	238.069	238.069	238.069	227.931	10.138
	6	237.994	237.994	237.994	227.736	10.289
	7	238.119	238.119	238.119	227.559	10.560
	8	238.119	238.119	238.119	227.111	11.008
部	9	238.119	238.119	238.119	226.663	11.456
	10	238.119	238.119	238.119	226.216	11.903
	11	238.119	238.119	238.119	225.769	12.350
	12	238.044	238.044	238.044	225.322	12.722
部	13	238.319	238.319	238.319	224.875	13.444
	14	238.319	238.319	238.319	224.427	13.892
	15	238.119	238.119	238.119	223.980	14.139
	16	238.244	238.244	238.244	223.533	14.711
部	17	238.244	238.244	238.244	223.303	14.941
	18	238.244	238.244	238.244	223.103	15.141
	19	238.319	238.319	238.319	222.902	15.417
	20	238.369	238.369	238.369	222.701	15.668
部	21	238.494	238.494	238.494	222.500	15.994
	22					
SOKUSEN II						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
部	17	238.219	238.219	238.219	222.825	15.394
	18	238.219	238.219	238.219	222.664	15.555
部	19	238.244	238.244	238.244	222.502	15.742
	20	238.319	238.319	238.319	222.334	15.985
部	21	238.369	238.369	238.369	222.179	16.190
	22	238.119	238.119	238.119	222.015	16.104
SOKUSEN III						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
7 F 部	A	238.619	238.494	238.556	226.954	11.692
	B	238.619	238.419	238.519	226.731	11.788
	C	238.619	238.369	238.494	226.619	11.875
	D	238.244	238.244	238.244	226.619	11.625
ヘル マ ウ ス 部	1	238.244	238.244	238.244	226.518	11.726
	2	238.119	238.119	238.119	226.351	11.768
	3	238.119	238.119	238.119	226.183	11.936
	4	237.994	237.994	237.994	226.015	11.979
直 管 部	5	237.994	237.994	237.994	225.847	12.145
	6	237.994	237.994	237.994	225.680	12.314
	7	237.994	237.994	237.994	225.233	12.836
	8	238.069	238.069	238.069	224.785	13.284
部	9	238.069	238.069	238.069	224.338	13.781
	10	237.994	237.994	237.994	223.891	14.103
	11	237.994	237.994	237.994	223.444	14.550
	12	237.994	237.994	237.994	222.997	14.997
部	13	237.994	237.994	237.994	222.549	15.445
	14	237.994	237.994	237.994	222.102	15.892
	15	237.994	237.994	237.994	221.655	16.339
	16	237.994	237.994	237.994	221.458	16.786
部	17	238.244	238.244	238.244	221.221	16.828
	18	238.119	238.119	238.119	221.123	17.121
	19	238.244	238.244	238.244	220.955	17.214
	20	238.169	238.169	238.169	220.787	17.332
部	21	238.119	238.119	238.119	220.620	17.499
	22	238.069	238.069	238.069	220.452	17.617
	23	237.869	237.869	237.869	220.284	17.585
	24					
SOKUSEN IV						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
部	17	238.169	238.169	238.169	220.157	18.012
	18	238.069	238.069	238.069	219.984	18.085
部	19	237.994	237.869	237.931	219.810	18.121
	20	237.919	237.919	237.919	219.636	18.283
部	21	237.744	237.744	237.744	219.462	18.282
	22	237.494	237.494	237.494	219.289	18.205
部	23	237.119	237.119	237.119	219.115	18.004
	24	236.544	236.544	236.544	218.942	17.602
部	25	235.119	235.119	235.119	218.769	16.350
	26	232.244	232.244	232.244	218.596	13.648
SOKUSEN V						
		FMAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
7 F 部	A	238.619	238.419	238.519	223.909	14.610
	B	238.244	238.244	238.244	224.177	14.067
	C	238.419	238.419	238.419	224.330	14.089
	D	238.044	238.044	238.044	224.304	13.740
ヘル マ ウ ス 部	1	237.994	237.994	237.994	224.217	13.777
	2	237.994	237.994	237.994	224.099	13.895
	3	238.044	238.044	238.044	223.962	14.062
	4	238.119	238.119	238.119	223.802	14.317
直 管 部	5	238.169	238.169	238.169	223.355	14.814
	6	238.219	238.219	238.219	222.907	15.312
	7	238.244	238.244	238.244	222.460	15.784
	8	238.219	238.219	238.219	222.013	16.206
部	9	238.219	238.219	238.219	221.566	16.653
	10	238.119	238.119	238.119	221.119	17.000
	11	238.169	238.169	238.169	220.671	17.498
	12	238.119	238.119	238.119	220.224	17.895
部	13	238.144	238.144	238.144	219.777	18.367
	14	238.119	238.119	238.119	219.613	18.506
	15	238.119	238.119	238.119	219.479	18.640
	16	237.994	237.994	237.994	219.344	18.650
部	17	237.869	237.869	237.869	219.209	18.660
	18	237.819	237.819	237.819	219.074	18.745
	19	237.419	237.419	237.419	218.940	18.479
	20	237.119	237.119	237.119	218.806	18.313
部	21	236.294	236.294	236.294	218.671	17.623
	22	234.919	234.919	234.919	218.537	16.382
	23	232.494	232.494	232.494	218.403	14.091
	24	227.869	227.869	227.869	218.267	9.602

別表 6 - 1.9 管内圧力測定値

H (M) Q (M³/S) A (M²) HV (M) ゲート開度
 238.761 135.312 13.854 4.867 $G=3 \cdot 0m$

SOKUSEN I

	PHAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
7	A 237.344	237.094	237.219	229.888	7.331
ト	B 237.369	237.169	237.269	229.664	7.605
部	C 237.694	237.344	237.519	229.441	8.078
	D 237.769	237.394	237.581	229.329	8.252
ベル	1 237.494	237.119	237.306	229.061	8.245
ス	2 236.144	235.944	236.044	228.706	7.338
部	3 234.769	234.619	234.694	228.398	6.296
	4 233.619	233.469	233.544	228.149	5.395
	5 232.994	232.994	232.994	227.931	5.063
	6 232.819	232.819	232.819	227.736	5.083
	7 233.044	233.044	233.044	227.559	5.485
直	8 233.294	233.194	233.244	227.111	6.133
	9 233.219	233.219	233.219	226.663	6.556
電	10 233.119	233.119	233.119	226.216	6.903
	11 233.144	233.044	233.094	225.769	7.325
	12 233.144	233.019	233.081	225.322	7.759
部	13 233.194	233.044	233.119	224.875	8.244
	14 233.194	233.019	233.106	224.427	8.679
	15 233.244	233.244	233.244	223.980	9.264
	16 233.769	233.769	233.769	223.533	10.236
漸	17 233.719	233.719	233.719	223.303	10.416
	18 233.744	233.744	233.744	223.103	10.641
部	19 233.894	233.894	233.894	222.902	10.992
	20 234.194	234.194	234.194	222.701	11.493
	21 234.769	234.769	234.769	222.500	12.269

SOKUSEN II

	PHAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
漸	17 233.344	233.344	233.344	222.825	10.519
	18 233.369	233.369	233.369	222.664	10.705
	19 233.719	233.569	233.644	222.502	11.142
部	20 233.819	233.819	233.819	222.334	11.485
	21 234.244	234.244	234.244	222.179	12.065
	22 230.694	230.694	230.694	222.015	8.679

SOKUSEN III

	PHAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
7	B 236.744	236.419	236.581	226.954	9.627
ト	C 237.119	236.844	236.981	226.731	10.250
部	D 237.169	237.044	237.106	226.619	10.487
ベル	1 236.219	236.219	236.219	226.619	9.600
ス	2 235.094	234.769	234.931	226.518	8.413
部	3 234.294	233.894	234.094	226.351	7.743
	4 233.294	232.944	233.119	226.183	6.936
	5 232.944	232.744	232.844	226.015	6.829
	6 232.719	232.544	232.631	225.849	6.782
	7 232.944	232.794	232.869	225.680	7.189
直	8 233.019	233.019	233.019	225.233	7.786
	9 233.119	233.044	233.081	224.785	8.296
電	10 233.019	233.019	233.019	224.338	8.681
	11 233.044	232.944	232.994	223.891	9.103
	12 233.019	232.944	232.981	223.444	9.537
部	13 233.069	232.969	233.019	222.997	10.022
	14 233.069	232.944	233.006	222.549	10.458
	15 233.019	232.919	232.969	222.102	10.867
	16 233.244	233.219	233.231	221.655	11.576
漸	17 233.144	233.144	233.144	221.458	11.686
	18 232.694	232.694	232.694	221.291	11.403
	19 232.344	232.344	232.344	221.123	11.221
部	20 232.019	232.019	232.019	220.955	11.044
	21 231.644	231.519	231.581	220.787	10.794
	22 230.969	230.844	230.906	220.620	10.286
部	23 229.669	229.344	229.506	220.452	9.054
	24 227.444	227.294	227.369	220.284	7.085

SOKUSEN IV

	PHAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
漸	17 232.394	232.394	232.394	220.157	12.237
	18 232.144	232.144	232.144	219.984	12.160
	19 231.794	231.794	231.794	219.810	11.984
部	20 231.194	231.194	231.194	219.636	11.558
	21 230.669	230.669	230.669	219.462	11.207
	22 229.744	229.744	229.744	219.289	10.455
部	23 228.744	228.744	228.744	219.115	9.629
	24 227.519	227.519	227.519	218.942	8.577
	25 225.569	225.569	225.569	218.769	6.800
	26 223.669	223.669	223.669	218.596	5.073

SOKUSEN V

	PHAX (M)	PMIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
フー	1 236.944	236.819	236.881	223.909	12.973
部	2 236.019	235.744	235.819	224.177	9.642
ベル	3 233.144	232.944	233.044	224.330	11.439
ス	4 232.469	232.269	232.369	224.217	8.152
部	5 232.369	232.169	232.269	224.099	8.170
	6 232.494	233.519	233.006	223.962	9.044
	7 232.894	232.744	232.819	223.802	9.017
直	8 233.294	233.169	233.231	223.355	9.976
	9 233.344	233.169	233.256	222.907	10.350
電	10 233.219	233.094	233.156	222.460	10.696
	11 233.244	233.069	233.156	222.013	11.143
	12 233.194	233.044	233.119	221.566	11.553
部	13 233.119	233.119	233.119	221.119	12.000
	14 233.094	232.994	233.044	220.671	12.373
	15 232.994	232.994	232.994	220.224	12.770
	16 233.094	233.094	233.094	219.777	13.317
漸	17 232.819	232.819	232.819	219.613	13.206
	18 232.294	232.294	232.294	219.479	12.815
	19 231.944	231.944	231.944	219.344	12.600
部	20 231.244	231.244	231.244	219.209	12.035
	21 230.694	230.694	230.694	219.074	11.620
	22 229.844	229.844	229.844	218.940	10.904
	23 228.694	228.694	228.694	218.806	9.888
部	24 227.569	227.569	227.569	218.671	8.898
	25 226.019	226.019	226.019	218.537	7.482
	26 224.269	224.269	224.269	218.403	5.866
	27 222.044	222.044	222.044	218.267	3.777

別表 6 - 1.10 管内圧力測定値

		H(M)	Q(M3/S)	A(M2)	HV(M)	ゲート開度
		250.332	52.189	13.854	0.724	0=1.0m
SOKUSEN I						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
ア 部	A	249.869	249.619	249.744	229.888	19.856
	B	249.994	249.669	249.831	229.664	20.167
	C	249.994	249.744	249.869	229.441	20.428
	D	250.019	249.744	249.881	229.329	20.553
	E	249.694	249.519	249.606	229.061	20.546
ベル マ ウ ス 部	1	250.019	249.644	249.831	228.706	21.125
	2	249.744	249.494	249.619	228.398	21.221
	3	249.494	249.344	249.419	228.149	21.270
	4	249.294	249.119	249.206	227.931	21.275
	5	249.169	249.069	249.119	227.736	21.383
直 管	6	249.219	249.044	249.131	227.559	21.573
	7	249.219	249.069	249.144	227.111	22.033
	8	249.219	249.094	249.156	226.663	22.493
	9	249.369	249.119	249.244	226.216	23.028
	10	249.369	249.119	249.244	225.769	23.475
部	11	249.369	249.119	249.244	225.322	23.922
	12	249.344	249.119	249.231	224.875	24.356
	13	249.319	249.119	249.219	224.427	24.792
	14	249.244	249.244	249.244	223.980	25.264
	15	249.369	249.369	249.369	223.533	25.836
漸 縮 部	16	249.494	249.369	249.431	223.303	26.128
	17	249.369	249.369	249.369	223.103	26.266
	18	249.619	249.444	249.531	222.902	26.629
	19	249.619	249.469	249.544	222.701	26.843
	20	249.619	249.619	249.619	222.500	27.119
SOKUSEN II						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
漸 縮 部	17	249.544	249.344	249.444	222.825	26.619
	18	249.519	249.419	249.469	222.664	26.805
	19	249.544	249.419	249.481	222.502	26.979
	20	249.469	249.469	249.469	222.334	27.135
	21	249.494	249.494	249.494	222.179	27.315
部	22	249.094	248.894	248.994	222.015	26.979
SOKUSEN III						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
ア 部	A	249.819	249.619	249.719	226.954	22.765
	B	249.869	249.619	249.744	226.731	23.013
	C	249.844	249.619	249.731	226.619	23.113
	D	249.619	249.469	249.544	226.619	22.925
	E	249.619	249.344	249.481	226.518	22.964
ベル マ ウ ス 部	1	249.369	249.219	249.294	226.351	22.943
	2	249.244	249.244	249.244	226.183	23.061
	3	249.144	248.994	249.069	226.015	23.054
	4	249.144	249.119	249.131	225.849	23.283
	5	249.319	249.169	249.244	225.680	23.564
直 管	6	249.244	249.244	249.244	225.233	24.011
	7	249.319	249.169	249.244	224.785	24.459
	8	249.294	249.169	249.231	224.338	24.893
	9	249.319	249.169	249.244	223.891	25.353
	10	249.294	249.119	249.206	223.444	25.762
部	11	249.219	249.219	249.219	222.997	26.222
	12	249.244	249.244	249.244	222.549	26.695
	13	249.219	249.219	249.219	222.102	27.117
	14	249.219	249.219	249.219	221.655	27.564
	15	249.369	249.119	249.244	221.458	27.786
漸 縮 部	16	249.294	249.294	249.294	221.291	28.003
	17	249.269	249.119	249.194	221.123	28.071
	18	249.244	249.119	249.181	220.955	28.226
	19	249.119	249.119	249.119	220.787	28.332
	20	249.094	248.894	248.994	220.620	28.374
部	21	247.244	247.244	247.244	220.452	26.792
	22	248.619	248.369	248.494	220.284	26.210
SOKUSEN IV						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
漸 縮 部	17	249.244	249.119	249.181	220.157	29.024
	18	249.119	248.994	249.056	219.984	29.072
	19	248.994	248.869	248.931	219.810	29.121
	20	248.869	248.744	248.806	219.636	29.170
	21	248.619	248.494	248.556	219.462	29.094
部	22	248.294	248.119	248.206	219.289	28.917
	23	247.544	247.369	247.456	219.115	28.341
	24	246.569	246.369	246.469	218.942	27.527
	25	244.319	244.119	244.219	218.769	25.450
	26	239.994	239.869	239.931	218.596	21.335
SOKUSEN V						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
フ ー ム 部	D	249.819	249.544	249.681	223.909	25.772
	1	249.369	249.369	249.369	224.177	25.192
	2	249.744	249.619	249.681	224.330	25.351
	3	249.219	249.219	249.219	224.304	24.915
	4	249.169	248.969	249.069	224.217	24.852
ベル マ ウ ス 部	5	249.119	249.119	249.119	224.099	25.020
	6	249.119	249.119	249.119	223.962	25.157
	7	249.219	249.219	249.219	223.802	25.417
	8	249.419	249.219	249.319	223.355	25.964
	9	249.194	249.194	249.194	222.907	26.287
直 管	10	249.244	249.169	249.206	222.460	26.746
	11	249.419	249.244	249.331	222.013	27.318
	12	249.369	249.194	249.281	221.566	27.715
	13	249.294	249.119	249.206	221.119	28.087
	14	249.244	249.119	249.181	220.671	28.510
部	15	249.244	249.144	249.194	220.224	28.970
	16	249.294	249.119	249.206	219.777	29.429
	17	249.119	249.119	249.119	219.613	29.506
	18	249.119	249.119	249.119	219.479	29.640
	19	248.869	248.869	248.869	219.344	29.525
漸 縮 部	20	248.669	248.669	248.669	219.209	29.460
	21	248.394	248.394	248.394	219.074	29.320
	22	247.994	247.994	247.994	218.940	29.054
	23	247.494	247.369	247.431	218.806	28.625
	24	246.469	246.244	246.356	218.671	27.686
部	25	243.869	243.869	243.869	218.537	25.332
	26	240.494	240.069	240.281	218.403	21.878
	27	232.994	232.794	232.894	218.267	14.627

別表 6 - 1.11 管内圧力測定値

		H(M)	Q(M ³ /S)	A(M ²)	HV(M)	ゲート開度
		251.937	177.290	13.854	8.355	0=3.0m
SOKUSEN I						
フ ィ ー 部	A D D	P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
	1	249.519	249.394	249.456	229.888	19.568
	2	249.644	249.369	249.506	229.664	19.843
	3	250.094	249.519	249.806	229.441	20.365
	4	249.869	249.719	249.794	229.329	20.465
	5	249.444	249.144	249.294	229.061	20.233
	6	247.394	246.594	247.194	228.706	18.488
	7	245.044	244.919	244.981	228.398	16.583
	8	243.069	243.144	243.106	228.149	14.958
	9	242.194	242.069	242.131	227.931	14.201
	10	242.019	241.944	241.981	227.736	14.246
	11	242.294	242.219	242.256	227.559	14.698
	12	242.569	242.519	242.544	227.111	15.433
	13	242.494	242.394	242.444	226.663	15.781
	14	242.494	242.319	242.406	226.216	16.190
	15	242.494	242.269	242.381	225.769	16.613
16	242.444	242.319	242.381	225.322	17.060	
17	242.344	242.344	242.344	224.875	17.469	
18	242.394	242.394	242.394	224.427	17.967	
19	242.669	242.569	242.619	223.980	18.639	
20	243.744	243.369	243.556	223.533	20.023	
21	243.394	243.244	243.319	223.303	20.016	
22	243.469	243.144	243.306	223.103	20.203	
23	243.894	243.694	243.794	222.902	20.604	
24	244.394	244.219	244.306	222.701	21.605	
25	245.144	245.144	245.144	222.500	22.644	
SOKUSEN II						
潮 隙 部		P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
	17	242.694	242.694	242.694	222.825	19.869
	18	242.894	242.744	242.819	222.664	20.155
	19	243.194	243.019	243.106	222.502	20.604
	20	243.544	243.494	243.519	222.334	21.185
	21	244.444	244.244	244.344	222.179	22.165
22	238.694	238.494	238.594	222.015	16.579	
SOKUSEN III						
フ ィ ー 部	A D D	P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
	1	248.594	247.744	248.169	226.954	21.215
	2	249.169	248.994	249.081	226.731	22.350
	3	249.419	249.094	249.256	226.619	22.638
	4	248.269	247.294	247.781	226.619	21.162
	5	246.594	245.694	246.144	226.518	19.626
	6	244.669	243.844	244.256	226.351	17.906
	7	242.294	242.094	242.194	226.183	16.011
	8	242.194	241.844	242.019	226.015	16.004
	9	241.744	241.444	241.594	225.849	15.745
	10	241.994	241.994	241.994	225.680	16.314
	11	242.319	242.194	242.256	225.233	17.024
	12	242.394	242.294	242.344	224.785	17.559
	13	242.469	242.319	242.394	224.338	18.056
	14	242.269	242.069	242.169	223.891	18.278
	15	242.269	242.094	242.181	223.444	18.737
	16	242.369	242.244	242.306	222.997	19.309
	17	242.494	242.344	242.419	222.549	19.870
	18	242.244	242.144	242.194	222.102	20.092
	19	242.694	242.694	242.694	221.655	21.039
	20	242.569	242.494	242.531	221.458	21.073
	21	241.744	241.744	241.744	221.291	20.453
	22	241.244	241.244	241.244	221.123	20.121
	23	240.569	240.494	240.531	220.955	19.576
24	239.819	239.819	239.819	220.787	19.032	
25	238.694	238.494	238.594	220.620	17.974	
26	236.219	235.994	236.106	220.452	15.654	
27	232.669	232.669	232.669	220.284	12.385	
SOKUSEN IV						
潮 隙 部		P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
	17	241.294	241.169	241.231	220.157	21.074
	18	240.794	240.694	240.744	219.984	20.760
	19	240.269	240.144	240.206	219.810	20.396
	20	239.319	239.194	239.256	219.636	19.621
	21	238.244	238.144	238.194	219.462	18.732
	22	236.644	236.394	236.519	219.289	17.230
	23	234.994	234.894	234.944	219.115	15.829
	24	232.869	232.869	232.869	218.942	13.927
	25	229.819	229.819	229.819	218.679	11.140
	26	226.894	226.894	226.894	218.596	8.298
SOKUSEN V						
フ ィ ー 部	D	P _{MAX} (M)	P _{MIN} (M)	PAVE(M)	Z(M)	PH(M)
	1	248.794	248.494	248.644	223.909	24.735
	2	243.569	243.569	243.569	224.177	19.592
	3	247.244	247.019	247.131	224.330	22.802
	4	242.019	241.944	241.981	224.304	17.678
	5	240.919	240.819	240.869	224.217	16.652
	6	240.869	240.694	240.781	224.099	16.682
	7	241.094	241.019	241.056	223.962	17.094
	8	241.769	241.694	241.731	223.802	17.930
	9	242.494	242.394	242.444	223.355	19.089
	10	242.744	242.419	242.581	222.907	19.674
	11	242.394	242.394	242.394	222.460	19.934
	12	242.444	242.444	242.444	222.013	20.431
	13	242.494	242.494	242.494	221.566	20.928
	14	242.394	242.294	242.344	221.119	21.225
	15	242.419	242.244	242.331	220.671	21.660
	16	242.394	242.269	242.331	220.224	22.107
	17	242.169	242.069	242.119	219.777	22.342
	18	241.644	241.594	241.619	219.613	22.006
	19	240.994	240.994	240.994	219.479	21.515
	20	240.194	240.194	240.194	219.344	20.850
	21	239.144	239.144	239.144	219.209	19.935
	22	238.319	238.144	238.231	219.074	19.158
	23	236.844	236.769	236.806	218.940	17.866
	24	235.094	235.094	235.094	218.806	16.288
	25	233.444	233.269	233.356	218.671	14.635
	26	230.844	230.569	230.706	218.537	12.169
27	228.044	227.869	227.956	218.403	9.553	
28	224.419	224.169	224.294	218.267	6.027	
*** ERROR 16 17.0 MAIN ***						

別表 6 - 1.12 管内圧力測定値

		H (M)	Q (M ³ /S)	A (M ²)	HV (M)	ゲート開度
		272.312	350.834	13.854	32.717	g=3.0m
SOKUSEN I						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
フ ィ ー 部	A	264.344	264.194	264.269	229.888	34.381
	B	265.394	264.369	264.881	229.664	35.217
	C	266.744	266.394	266.569	229.441	37.128
	D	267.044	266.267	266.806	229.327	37.477
ベ ル マ ウ	1	265.069	264.294	264.681	229.061	35.620
	2	256.419	255.944	256.181	228.706	27.475
	3	247.419	247.244	247.331	228.398	18.933
	4	239.519	239.444	239.481	228.149	11.333
ス 部	5	236.669	236.444	236.556	227.931	8.625
	6	236.644	235.644	236.644	227.736	7.908
	7	236.919	236.844	236.881	227.559	9.322
	8	237.744	237.694	237.719	227.111	10.608
直 部	9	237.344	237.344	237.344	226.663	10.681
	10	239.819	238.819	239.819	226.216	12.603
	11	236.694	236.694	236.694	225.769	10.925
	12	236.644	236.644	236.644	225.322	11.322
部	13	236.769	236.769	236.769	224.875	11.894
	14	236.694	236.694	236.694	224.427	12.267
	15	236.694	236.694	236.694	223.980	12.714
	16	238.844	238.844	238.844	223.533	15.311
漸 縮 部	17	236.819	236.819	236.819	223.303	13.516
	18	235.194	235.194	235.194	223.103	12.091
	19	233.644	233.644	233.644	222.902	10.742
	20	232.144	232.094	232.119	222.701	9.418
部	21	230.394	230.244	230.319	222.500	7.819
SOKUSEN II						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
漸 縮 部	17	234.944	234.944	234.944	222.825	12.119
	18	233.219	233.219	233.219	222.664	10.555
	19	232.994	232.994	232.994	222.502	10.492
	20	230.844	230.844	230.844	222.334	8.510
部	21	229.594	229.519	229.556	222.179	7.377
	22	230.069	229.844	229.956	222.015	7.941
SOKUSEN III						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
フ ィ ー 部	A	261.169	261.769	261.469	226.954	34.515
	B	263.594	262.219	262.906	226.731	36.175
	C	265.644	265.094	265.369	226.619	38.750
	D	268.344	266.419	267.381	226.619	30.762
ベ ル マ ウ	1	258.344	256.419	257.381	226.619	30.762
	2	250.819	249.944	250.381	226.318	23.864
	3	246.544	244.994	245.769	226.351	19.418
	4	238.144	236.994	237.569	226.183	11.386
ス 部	5	235.769	235.644	235.706	226.015	9.691
	6	234.069	234.069	234.069	225.849	8.220
	7	235.344	235.194	235.269	225.680	9.589
	8	236.194	236.194	236.194	225.233	10.961
直 部	9	236.394	236.394	236.394	224.785	11.609
	10	236.169	236.169	236.169	224.338	11.831
	11	236.069	236.069	236.069	223.891	12.178
	12	235.919	235.919	235.919	223.444	12.475
部	13	236.344	236.344	236.344	222.997	13.347
	14	236.394	236.394	236.394	222.549	13.845
	15	236.069	236.069	236.069	222.102	13.967
	16	238.144	238.044	238.094	221.655	16.439
漸 縮 部	17	236.969	236.969	236.969	221.458	15.511
	18	234.644	234.594	234.619	221.291	13.328
	19	232.769	232.769	232.769	221.123	11.646
	20	231.719	231.719	231.719	220.955	10.764
部	21	230.569	230.569	230.569	220.787	9.782
	22	230.069	229.844	229.956	220.620	9.336
	23	227.919	227.794	227.856	220.452	7.494
	24	225.444	225.444	225.444	220.284	5.160
SOKUSEN IV						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
漸 縮 部	17	235.394	235.319	235.356	220.157	15.199
	18	234.719	234.594	234.656	219.984	14.672
	19	233.944	233.844	233.894	219.810	14.084
	20	232.544	232.544	232.544	219.636	12.908
部	21	232.069	231.619	231.844	219.462	12.382
	22	230.394	230.394	230.394	219.289	11.105
	23	229.169	229.069	229.119	219.115	10.004
	24	228.269	228.269	228.269	218.942	9.327
部	25	225.419	225.419	225.419	218.769	6.650
	26	223.769	223.769	223.769	218.596	5.173
SOKUSEN V						
		P MAX (M)	P MIN (M)	PAVE (M)	Z (M)	PH (M)
フ ィ ー 部	A	261.694	260.669	261.331	223.909	37.422
	B	241.169	240.644	240.906	224.177	16.729
	C	241.994	241.544	241.769	224.330	17.439
	D	235.619	235.194	235.406	224.304	11.102
ベ ル マ ウ	1	231.594	231.319	231.456	224.217	7.239
	2	230.619	230.619	230.619	224.099	6.520
	3	231.744	231.594	231.669	223.962	7.707
	4	234.819	234.819	234.819	223.802	11.017
直 部	5	236.794	236.794	236.794	223.355	13.439
	6	237.194	237.194	237.194	222.907	14.287
	7	236.969	236.969	236.969	222.460	14.509
	8	236.694	236.694	236.694	222.013	14.681
管 部	9	236.594	236.594	236.594	221.566	15.028
	10	236.719	236.719	236.719	221.119	15.600
	11	236.544	236.544	236.544	220.671	15.873
	12	236.494	236.494	236.494	220.224	16.270
部	13	238.694	238.694	238.694	219.777	18.917
	14	235.194	235.194	235.194	219.613	15.581
	15	237.169	237.169	237.169	219.479	17.690
	16	235.744	235.469	235.606	219.344	16.262
漸 縮 部	17	232.594	232.594	232.594	219.209	13.385
	18	232.069	231.619	231.844	219.074	12.770
	19	230.594	230.594	230.594	218.940	11.654
	20	229.194	229.194	229.194	218.806	10.388
部	21	227.769	227.769	227.769	218.671	9.098
	22	225.719	225.719	225.719	218.537	7.182
	23	223.669	223.669	223.669	218.403	5.266
	24	221.194	221.194	221.194	218.267	2.927

別表 7-1 洪水吐きの放流能力の実験結果

放流条件		上流水頭(m)	貯水位(EL.m)	放流量(m³／s)	流量係数
放 流 管 単 独		30.95	250.95	804.33	0.786
		37.85	257.85	890.95	0.787
		45.13	265.13	968.74	0.784
		51.00	271.00	1,064.20	0.810
		59.15	279.15	1,113.69	0.787
越 流 部 単 独		2.16	272.66	318.20	1.671
		4.11	274.61	881.23	1.763
		6.09	276.59	1,689.99	1.874
		8.26	278.76	2,744.46	1.927
		10.47	280.97	4,019.02	1.977
		11.16	281.66	4,470.68	1.999
越 流 部 部 分 開 放	開 度 3.0 (m)	4.34	274.84	885.35	1.970
		6.09	276.59	1,177.03	2.044
		8.22	278.72	1,465.77	2.099
	開 度 6.0 (m)	6.83	277.33	2,047.67	1.997
		8.65	279.15	2,598.62	2.050
		9.75	280.29	2,918.28	2.098
全 門 同 時 放 流			271.95	1,244.51	
			273.34	1,581.27	
			274.01	1,776.61	
			274.88	2,107.18	
			275.76	2,444.82	
			276.66	2,840.80	
			277.37	3,174.91	
			278.13	3,551.44	
			279.33	4,198.45	
			280.59	4,934.72	
			281.70	5,655.09	

別表 7-2 越流部抽出模型実験の放流能力実験結果

	越流水深 H (m)	貯水位 (W.L.m)	放流量 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot 1\text{門}$)	5門合計放流量 (m^3/s)	C
全 開	11.01	281.51	988.68	4,943.4	2.255
	9.98	280.48	832.96	4,164.6	2.202
	8.07	278.57	566.28	2,831.4	2.058
	6.07	276.57	348.36	1,741.8	1.941
	4.10	274.60	181.56	907.8	1.822
	2.11	272.61	64.44	322.2	1.752
開 度 6.0 m	11.13	281.63	664.56	3,322.8	2.171
	9.99	280.49	601.20	3,006.0	2.122
	9.00	279.50	556.20	2,781.0	2.126
	8.25	278.75	512.28	2,561.4	2.101
	6.83	277.33	408.12	2,040.6	1.990
開 度 4.5 m	11.16	281.66	538.08	2,690.4	2.231
	9.99	280.49	492.84	2,464.2	2.195
	9.10	279.60	462.12	2,310.6	2.190
	8.03	278.53	417.24	2,086.2	2.157
	6.08	276.58	323.76	1,618.8	2.074
開 度 3.0 m	10.95	281.45	384.24	1,921.2	2.317
	10.17	280.67	369.00	1,845.0	2.324
	8.28	278.78	320.76	1,603.8	2.286
	6.09	276.59	260.28	1,301.4	2.260
	4.13	274.63	181.56	907.8	2.104
開 度 1.5 m	11.20	281.70	208.68	1,043.4	2.391
	10.20	280.70	198.48	992.4	2.392
	8.22	278.72	174.60	873.0	2.367
	6.12	276.62	149.64	748.2	2.394
	4.08	274.58	112.32	561.6	2.235
	1.89	272.39	55.32	276.6	1.958

※ 中間報告より引用

別表 7 - 3 減勢工圧力、水位測定結果 (原形状)

測 点 No	A		B		C		D		E		F		G		H		I		
	D.C. (m)	Pmax Pmean	D.C. (m)	Pmax Pmean	D.C. (m)	Pmax Pmean	D.C. (m)	Pmax Pmean	D.C. (m)	Pmax Pmean	D.C. (m)	Pmax Pmean	D.C. (m)	Pmax Pmean	D.C. (m)	Pmax Pmean	D.C. (m)	Pmax Pmean	
No. 1	30	23.10	30	21.65	30	22.40	30	20.60	30	21.50	35	21.65	35	22.05	30	22.65	35	22.80	WL= 280.92 m Q = 5,134.27 m ³ /s h ₀ = 29.15 m h ₁ = 23.65 m h ₂ = 26.63 m
		22.93		21.48		21.85		20.30		21.15		21.33		21.60		22.43		22.65	
	45	48.75	45	37.85	45	42.25	45	41.45	45	37.90	45	44.85	45	39.00	45	52.75	45	39.50	
		46.75		37.18		39.95		39.68		36.95		42.43		37.25		49.13		37.75	
	65	18.20	65	18.65	65	16.15	65	19.00	65	18.70	65	20.40	65	20.45	60	21.15	65	20.10	
		17.98		18.33		15.88		18.80		18.48		20.15		20.23		20.75		19.90	
No. 2	35	29.75	—	—	25	22.60	35	24.60	30	22.90	35	22.85	35	23.55	40	29.75	—	—	WL= 280.95 m Q = 5,170.52 m ³ /s h ₀ = 25.23 m h ₁ = 25.04 m h ₂ = 28.92 m
		29.13		—		22.45		24.20		22.55		22.63		23.20		28.58		—	
	45	48.95	45	39.45	45	42.80	45	39.50	45	37.75	45	45.00	45	40.00	45	51.75	45	41.40	
		47.15		38.48		40.98		38.55		36.80		43.00		38.30		47.63		39.70	
	55	24.65	—	—	65	17.90	55	26.65	65	20.75	60	24.15	65	21.80	55	28.55	—	—	
		24.45		—		17.70		26.30		20.33		23.93		21.60		28.23		—	
No. 3	30	18.55	30	16.65	35	16.20	30	14.90	30	16.15	35	16.00	35	16.80	35	16.00	35	16.25	WL= 280.95 m Q = 5,145.76 m ³ /s h ₀ = 18.35 m h ₁ = 13.08 m h ₂ = 17.79 m
		18.20		16.35		15.48		14.48		15.70		15.73		16.30		15.78		15.93	
	45	42.70	45	26.95	45	37.65	45	42.25	45	41.25	45	47.25	45	36.60	50	54.25	45	30.90	
		40.60		28.80		35.73		40.43		39.08		44.25		34.25		51.50		30.38	
	55	13.05	65	9.90	65	5.25	65	9.90	65	9.55	65	12.45	60	11.15	60	11.60	65	12.35	
		12.40		9.48		4.45		9.63		9.25		11.93		10.95		11.08		11.85	
No. 4	30	16.75	30	15.90	35	16.00	30	15.20	30	15.75	35	14.75	35	15.25	35	15.60	35	15.95	WL= 280.95 m Q = 5,145.76 m ³ /s h ₀ = 17.45 m h ₁ = 3.13 m h ₂ = 9.38 m
		16.50		15.53		15.03		14.63		15.45		14.43		14.98		15.18		15.58	
	40	44.25	45	31.20	45	38.75	45	41.50	45	40.00	45	50.00	45	36.75	45	52.15	50	29.40	
		41.38		29.63		33.40		39.85		37.43		45.70		34.28		48.73		27.53	
	55	6.70	65	0.90	60	1.20	65	2.00	65	1.20	65	4.00	65	3.40	60	3.90	65	0.75	
		6.30		0.60		0.83		1.93		1.18		3.70		3.25		3.75		0.50	
No. 5	30	16.35	30	15.35	30	14.30	30	13.20	30	14.45	30	15.05	35	13.40	35	15.35	35	13.95	WL= 280.90 m Q = 3,998.04 m ³ /s h ₀ = 17.38 m h ₁ = 3.30 m h ₂ = 12.19 m
		16.10		14.70		13.48		12.98		14.15		14.55		13.13		14.83		13.50	
	40	43.75	40	38.35	40	43.65	40	33.05	45	38.50	45	59.55	45	40.85	45	60.50	45	34.55	
		41.43		36.65		39.38		30.48		33.58		52.80		39.20		56.03		30.73	
	65	-3.35	65	-1.25	60	-0.55	65	-0.40	65	-2.35	65	3.45	60	-0.35	60	0.15	65	-1.80	
		-3.50		-1.53		-0.73		-0.60		-2.55		2.93		-0.60		-1.43		-1.93	
No. 6	30	18.05	30	17.85	30	15.90	30	15.40	30	16.50	35	15.85	35	14.95	30	16.50	35	16.10	WL= 280.90 m Q = 3,998.04 m ³ /s h ₀ = 19.25 m h ₁ = 13.18 m h ₂ = 18.62 m
		17.70		16.80		15.20		15.18		15.98		15.45		14.55		16.33		15.78	
	45	41.85	40	35.75	40	39.90	40	34.30	45	39.50	45	51.75	45	40.75	45	60.65	45	34.05	
		39.83		34.08		36.33		31.45		35.50		49.20		39.50		56.20		31.98	
	65	10.35	50	9.90	60	10.55	60	12.05	65	11.70	55	15.70	60	11.25	60	10.70	65	12.95	
		9.95		9.33		10.30		11.20		11.33		14.33		10.85		10.23		12.55	
No. 7	30	20.20	30	18.75	30	18.65	30	17.55	30	18.70	30	18.75	35	17.75	30	20.10	35	19.60	WL= 280.90 m Q = 3,998.04 m ³ /s h ₀ = 21.63 m h ₁ = 17.48 m h ₂ = 21.78 m
		20.00		18.53		18.30		17.13		18.40		18.48		17.25		19.33		19.43	
	40	44.15	40	38.95	40	41.50	45	34.05	45	39.85	45	49.90	45	44.55	45	58.40	45	34.75	
		41.15		37.83		39.95		32.83		38.83		46.90		42.95		55.78		33.05	
	50	17.55	65	14.25	65	13.65	60	15.40	65	15.05	65	15.85	60	14.95	60	14.40	65	16.55	
		17.25		14.08		13.43		15.00		14.75		15.63		14.58		14.23		15.90	

別表 7 - 4.1 減勢工圧力・水位測定値（原形状）

実験 No		貯水位	EL. 248.10m
放流形式	放流管単独	流量	801.79m ³ /s

測線	距離	圧力			水位			EL (m)
		max	min	mean	max	min	mean	
A	15							
	20							
	25							
	30	15.10	14.95	15.03	15.15	14.51	14.83	197.83
	35	14.95	14.80	14.88				
	40	14.65	14.40	14.53	15.50	14.43	14.96	197.96
	45	14.55	14.25	14.40				
	50	15.65	15.15	15.40	15.40	14.55	14.97	197.97
	55	15.70	15.35	15.53				
	60	14.75	14.25	14.50	15.86	14.60	15.23	198.23
	65	15.65	15.30	15.48				
	70				15.74	14.68	15.21	198.21
	75							
	80				15.98	15.18	15.58	198.58
E	90				16.28	15.93	16.10	199.10
	100				16.40	15.73	16.07	199.07
	110				16.55	15.58	16.06	199.06
	15	15.05	14.85	14.95				
	20	14.95	14.80	14.88				
	25	14.70	14.50	14.60				
	30	14.20	14.05	14.13				
	35	19.70	19.05	19.38				
	40	17.85	17.55	17.70				
	45	15.15	15.00	15.08				
	50	15.70	15.40	15.55	16.50	15.65	16.08	199.08
	55	15.10	14.95	5.03				
	60	15.25	14.90	15.08	15.95	15.20	15.57	198.57
	65	14.60	14.45	14.53				
I	70	15.05	14.80	14.93	16.95	16.04	16.49	199.49
	75	15.65	15.40	15.53				
	80	15.55	15.40	15.48	16.55	15.91	16.23	199.23
	90	16.25	15.90	16.08	17.41	16.43	16.92	199.92
	100	16.20	15.95	16.08	17.84	16.30	17.07	200.07
	110	16.05	15.85	15.95	17.26	16.33	16.79	199.79
	15							
	20							
	25							
	30	15.25	15.00	15.13	15.20	14.45	14.83	197.83
	35	15.15	15.05	15.10				
	40	15.20	14.95	15.08	15.33	14.61	14.97	197.97
	45	15.20	14.75	14.98				
	50	15.35	14.85	15.10	15.06	14.33	14.70	197.70
	55	15.60	15.15	15.38				
	60	15.55	15.15	15.35	15.65	14.66	15.16	198.16
	65	15.65	15.40	15.53				
	70				16.00	14.98	15.49	198.49
	75							
	80				15.95	15.23	15.59	198.59
	90				16.48	15.41	15.94	198.94
	100				16.65	15.75	16.20	199.20
	110				16.75	16.21	16.48	199.48

測線	距離	P p		
		max	min	mean
B	30	14.60	14.35	14.48
	35	15.75	15.30	15.53
	40	15.45	15.25	15.35
	45	15.65	15.15	15.40
	50	13.55	13.25	13.40
	55	14.25	14.05	14.15
	60	15.25	14.95	15.10
	65	15.65	15.25	15.45
C	15	15.05	14.90	14.98
	20	15.05	14.90	14.98
	25	14.75	14.45	14.60
	30	14.55	14.20	14.38
	35	21.80	20.95	21.38
	40	20.80	20.40	20.60
	45	15.55	15.35	15.45
	50	14.05	13.90	13.98
	55	14.25	13.95	14.10
	60	13.95	13.75	13.85
	65	15.15	14.55	14.85
	70	15.55	15.35	15.45
	75	15.75	15.40	15.58
	80	15.60	15.05	15.33
D	90	15.95	15.75	15.85
	100	16.10	15.85	15.98
	110	16.10	15.95	16.03
	30	13.80	13.65	13.73
	35	21.25	20.20	20.73
	40	18.75	18.30	18.53
	45	15.10	14.80	14.95
	50	14.10	14.05	14.08
F	55	14.75	14.50	14.63
	60	14.15	13.95	14.05
	65	14.65	14.40	14.53
	30	14.60	14.35	14.48
	35	16.50	15.65	16.08
	40	21.15	20.55	20.85
	45	15.35	15.20	15.28
	50	15.50	15.30	15.40
G	55	14.55	14.30	14.43
	60	14.90	14.70	14.80
	65	14.90	14.50	14.70
	15	15.10	14.95	15.03
	20	15.20	15.05	15.13
	25	14.95	14.85	14.90
	30	15.00	14.80	14.90
	35	14.55	14.40	14.48
	40	19.00	18.20	18.60
	45	16.70	16.45	16.58
	50	14.65	14.25	14.45
	55	15.10	14.80	14.95
	60	14.40	14.15	14.28
	65	15.05	14.45	14.75
H	70	15.65	15.35	15.50
	75	15.75	15.40	15.58
	80	15.85	15.10	15.48
	90	16.20	16.05	16.13
	100	16.10	16.00	16.05
	110	16.40	16.10	16.25
	30	15.05	14.85	14.95
	35	14.95	14.80	14.88
	40	14.95	14.85	14.90
	45	14.60	13.90	14.25
	50	14.35	14.15	14.25
	55	14.75	14.35	14.55
	60	15.35	14.95	15.15
	65	15.65	15.10	15.38

別表 7 - 4.2 減勢工圧力・水位測定値（原形状）

実験 No		貯水位	EL. 278.08m
放流形式	放流管単独	流量	1,129.75 m ³ /s

測線	距離	圧力			水位			EL (m)
		max	min	mean	max	min	mean	
A	15							
	20							
	25							
	30	13.50	13.35	13.43				
	35	13.65	13.10	13.38				
	40	13.40	13.00	13.20	14.37	12.87	13.62	196.62
	45	13.25	12.55	12.90	14.44	12.72	13.58	196.58
	50	12.50	12.15	12.33	14.41	12.52	13.46	196.46
	55	13.10	12.50	12.80	14.63	13.18	13.90	196.90
	60	12.55	12.15	12.35	14.96	12.82	13.89	196.89
	65	13.75	12.00	12.88	14.84	13.78	14.31	197.31
	70				15.53	13.47	14.50	197.50
	75				16.04	14.07	15.05	198.05
	80				16.66	14.41	15.53	198.53
	90				16.45	14.97	15.71	198.71
E	100				17.16	15.21	16.19	199.19
	110				18.07	15.67	16.87	199.87
	15	13.60	13.35	13.48				
	20	13.55	13.35	13.45				
	25	13.40	13.20	13.30				
	30	13.45	13.20	13.33				
	35	13.40	13.35	13.38				
	40	12.95	12.25	12.60	14.43	11.95	13.19	196.19
	45	19.25	15.75	17.50	14.71	13.83	14.27	197.27
	50	22.40	21.65	22.03	14.71	13.45	14.08	197.08
	55	16.85	16.00	16.43	15.19	14.07	14.63	197.63
	60	14.10	13.65	13.88	15.68	13.65	14.67	197.67
	65	11.85	11.35	11.60	15.39	13.68	14.54	197.54
	70	12.40	12.10	12.25	15.49	14.34	14.91	197.91
	75	14.25	13.95	14.10	16.29	14.58	15.43	198.43
I	80	14.25	13.85	14.05	16.72	14.67	15.69	198.69
	90	14.95	14.65	14.80	17.74	16.01	16.88	199.88
	100	15.65	15.05	15.35	19.69	17.03	18.36	201.36
	110	15.55	15.15	15.35	19.84	17.22	18.53	201.53
	15							
	20							
	25							
	30	13.45	13.05	13.25				
	35	13.30	13.20	13.25				
	40	13.20	12.85	13.03	14.21	13.04	13.63	196.63
	45	13.10	12.55	12.83	14.19	13.31	13.75	196.75
	50	12.85	12.65	12.75	14.15	13.09	13.62	196.62
	55	13.30	12.90	13.10	14.18	13.47	13.82	196.82
	60	13.85	13.65	13.75	15.15	13.59	14.37	197.37
	65	14.05	13.35	13.70	15.34	13.28	14.31	197.31
	70				15.16	13.82	14.49	197.49
	75				15.62	14.08	14.85	197.85
	80				16.22	14.05	15.13	198.13
	90				17.31	15.31	16.31	199.31
	100				17.36	16.00	16.68	199.68
	110				17.82	15.37	16.59	199.59

測線	距離	P p		
		max	min	mean
B	30	13.25	12.65	12.95
	35	13.15	12.55	12.85
	40	13.00	12.65	12.83
	45	12.70	12.35	12.53
	50	12.25	11.55	11.90
	55	13.30	12.75	13.03
	60	12.45	12.15	12.30
	65	11.75	11.35	11.55
	70	13.55	13.40	13.48
	75	13.45	13.25	13.35
C	80	13.35	13.15	13.25
	90	13.50	13.10	13.30
	100	13.30	13.15	13.23
	110	12.70	12.35	12.53
	120	21.35	18.05	19.70
	130	19.40	18.75	19.08
	140	13.55	13.10	13.33
	150	11.55	11.25	11.40
	160	10.65	10.35	10.50
	170	12.85	12.45	12.65
	180	12.75	12.65	12.70
	190	13.85	13.50	13.68
	200	15.15	14.95	15.05
	210	15.20	14.55	14.88
	220	14.80	14.65	14.73
D	30	13.45	13.25	13.35
	35	13.55	13.40	13.48
	40	12.80	12.15	12.48
	45	23.15	20.40	21.78
	50	20.45	20.40	20.43
	55	14.60	14.45	14.53
	60	14.45	11.75	13.10
	65	12.05	11.85	11.95
F	30	13.45	13.15	13.30
	35	13.35	13.15	13.25
	40	13.05	12.75	12.90
	45	13.65	12.95	13.30
	50	25.90	24.25	25.08
	55	16.55	16.15	16.35
	60	14.55	14.15	14.35
	65	12.95	12.65	12.80
G	15	13.55	13.40	13.48
	20	13.65	13.35	13.50
	25	13.35	13.25	13.30
	30	13.40	13.05	13.33
	35	13.35	13.05	13.20
	40	13.15	12.75	12.95
	45	12.55	12.15	12.35
	50	16.85	15.30	16.08
	55	15.25	14.55	14.90
	60	12.05	11.90	11.98
	65	12.10	11.95	12.03
	70	13.55	13.45	13.50
	75	13.25	12.85	13.05
	80	13.80	13.50	13.65
	90	15.45	15.20	15.33
H	100	15.45	15.35	15.40
	110	15.45	15.20	15.33
	30	13.45	13.10	13.28
	35	13.35	12.90	13.13
	40	12.85	12.65	12.75
	45	12.80	12.65	12.73
	50	12.75	12.35	12.55
	55	12.75	12.25	12.50
	60	11.85	11.20	11.53
	65	12.40	11.80	12.10

別表 7 - 4.3 減勢工圧力・水位測定値（原形状）

実験 No		貯水位	EL. 271.55 m
放流形式	全門全開	流量	1,197.82 m ³ /s

測線	距離	圧力			水位			EL (m)
		max	min	mean	max	min	mean	
A	15							
	20							
	25							
	30	14.35	14.05	14.20				
	35	14.45	14.15	14.30	14.95	13.80	14.37	197.37
	40	14.40	14.05	14.23	14.88	13.57	14.22	197.22
	45	14.30	13.45	13.88	14.86	13.75	14.30	197.30
	50	14.05	13.40	13.73	15.40	13.90	14.65	197.65
	55	14.15	13.55	13.85	15.60	14.30	14.95	197.95
	60	13.80	12.90	13.35	15.65	14.13	14.89	197.89
	65	15.05	13.60	14.33	16.25	14.59	15.42	198.42
	70				15.83	14.90	15.36	198.36
	75				15.65	14.95	15.30	198.30
	80				16.46	15.39	15.92	198.92
E	90				16.90	15.82	16.36	199.36
	100				17.50	16.15	16.83	199.83
	110				17.45	16.04	16.75	199.75
	15	14.10	13.70	13.90				
	20	14.15	13.95	14.05				
	25	14.05	13.90	13.98				
	30	14.70	14.35	14.53				
	35	14.15	13.90	14.03				
	40	13.45	12.95	13.20				
	45	20.75	17.85	19.30				
	50	20.35	19.80	20.08				
	55	15.65	15.30	15.48	16.40	15.30	15.85	198.85
	60	14.30	14.05	14.18	16.30	15.24	15.77	198.77
	65	12.75	12.50	12.63	15.95	15.15	15.55	198.55
I	70	13.25	13.10	13.18	16.90	15.90	16.40	199.40
	75	14.80	13.40	14.10	16.93	15.76	16.34	199.34
	80	14.95	14.70	14.83	17.60	16.08	16.84	199.84
	90	15.95	15.60	15.78	17.85	16.75	17.30	200.30
	100	16.15	15.55	15.85	19.68	18.20	18.94	201.94
	110	16.00	15.45	15.73	19.50	17.82	18.66	201.66
	15							
	20							
	25							
	30	14.15	13.80	13.98				
	35	14.30	13.65	13.98	14.78	14.33	14.55	197.55
	40	14.25	13.45	13.85	14.63	14.00	14.32	197.32
	45	13.95	13.45	13.70	14.60	13.85	14.22	197.22
	50	13.75	13.15	13.45	14.98	13.55	14.26	197.26
	55	14.20	13.50	13.85	15.54	14.00	14.77	197.77
	60	14.75	13.30	14.03	15.40	14.22	14.81	197.81
	65	15.00	13.85	14.43	15.45	14.09	14.77	197.77
	70				15.97	14.32	15.14	198.14
	75				16.18	14.40	15.29	198.29
	80				15.87	14.78	15.32	198.32
	90				17.16	15.77	16.46	199.46
	100				17.95	16.15	17.05	200.05
	110				17.64	16.70	17.17	200.17

測線	距離	P p		
		max	min	mean
B	30	14.20	13.85	14.03
	35	14.15	13.40	13.78
	40	13.85	13.60	13.73
	45	14.50	13.85	14.18
	50	12.90	12.35	12.63
	55	13.75	12.90	13.33
	60	13.35	12.85	13.10
	65	14.25	13.05	13.65
	15	14.25	13.95	14.10
	20	14.20	14.05	14.13
	25	14.15	13.95	14.05
	30	14.20	14.00	14.10
	35	14.20	13.95	14.08
	40	16.30	14.30	15.30
C	45	24.55	22.45	23.50
	50	15.45	14.85	15.15
	55	13.85	13.15	13.50
	60	12.55	12.15	12.35
	65	11.75	11.45	11.60
	70	13.85	13.15	13.50
	75	14.45	13.80	14.13
	80	14.65	13.70	14.18
	90	15.80	15.40	15.60
	100	16.05	15.70	15.88
	110	16.10	15.40	15.75
	30	14.10	13.55	13.83
	35	14.25	13.75	14.00
	40	14.25	13.30	13.78
D	45	22.90	21.15	22.03
	50	17.75	17.65	17.70
	55	14.35	14.15	14.25
	60	12.90	12.50	12.70
	65	12.90	12.75	12.83
	30	14.25	13.95	14.10
	35	14.20	13.75	13.98
	40	14.25	13.85	14.05
	45	15.95	15.20	15.58
	50	22.25	20.85	21.55
	55	16.15	15.35	15.75
	60	15.75	14.35	15.05
	65	13.55	13.25	13.40
	15	14.55	14.35	14.45
F	20	14.30	14.00	14.15
	25	13.90	13.65	13.78
	30	15.85	14.85	15.35
	35	13.80	13.55	13.68
	40	14.15	13.40	13.78
	45	13.85	12.45	13.15
	50	17.30	15.35	16.33
	55	15.85	14.85	15.35
	60	13.15	12.90	13.03
	65	13.30	12.95	13.13
	70	14.55	14.15	14.35
	75	14.55	14.05	14.30
	80	14.90	14.05	14.48
	90	16.00	15.65	15.83
G	100	15.95	15.80	15.88
	110	16.00	15.55	15.78
	30	14.45	14.10	14.28
	35	14.30	13.85	14.08
	40	14.25	13.45	13.86
	45	14.05	13.35	13.70
	50	13.70	13.05	13.38
	55	13.35	12.90	13.13
	60	12.95	12.65	12.80
	65	14.55	13.60	14.08

別表 7 - 4.4 減勢工圧力・水位測定値（原形状）

実験 No		貯 水 位	EL. 279.97 m
放流形式	全門全開	流 量	4,601.22 m ³ /s

測線	距離	圧 力			水 位			EL (m)
		max	min	mean	max	min	mean	
A	15							
	20							
	25							
	30	20.75	19.75	20.25				
	35	26.40	23.85	25.13				
	40	42.45	39.15	40.80				
	45	37.20	34.25	35.73				
	50	19.45	17.15	18.30	20.78	17.85	19.32	202.32
	55	18.25	17.15	17.70	19.15	18.13	18.64	201.64
	60	25.85	22.45	24.15	19.70	17.63	18.66	201.66
	65	15.55	13.90	14.73	20.28	18.18	19.23	202.23
	70				21.75	18.65	20.20	203.20
	75				21.45	19.20	20.33	203.33
	80				23.25	21.00	22.13	205.13
E	90				23.75	22.10	22.93	205.93
	100				24.54	22.39	23.47	206.47
	110				24.60	22.95	23.77	206.77
	15	19.95	19.15	19.55				
	20	19.75	18.95	19.35				
	25	19.35	17.70	18.53				
	30	18.80	17.75	18.28				
	35	19.15	18.75	18.95				
	40	31.85	27.70	29.78				
	45	38.55	36.05	37.30				
	50	29.15	27.90	28.53	19.28	17.58	18.43	201.43
	55	20.05	19.45	19.75	18.58	16.47	17.52	200.52
	60	17.90	17.30	17.60	20.09	17.91	19.00	202.00
	65	14.90	14.15	14.53	19.21	17.63	18.42	201.42
	70	15.75	14.90	15.33	19.97	17.43	18.70	201.70
I	75	19.05	17.95	18.50	21.32	18.73	20.02	203.02
	80	19.75	18.65	19.20	21.10	19.50	20.35	203.35
	90	18.65	17.95	18.05	22.85	20.81	21.83	204.83
	100	18.40	17.15	17.78	24.70	22.34	23.52	206.52
	110	19.15	17.95	18.55	25.10	23.21	24.16	207.16
	15							
	20							
	25							
	30	19.70	18.55	19.13				
	35	19.75	18.05	18.90				
	40	25.55	21.85	23.70				
	45	36.70	32.05	34.38				
	50	30.85	26.60	28.73	18.83	18.28	18.55	201.55
	55	22.50	20.50	21.50	18.65	17.40	18.02	201.02
	60	19.85	15.55	17.70	19.50	16.66	18.08	201.08
	65	17.25	15.30	16.28	19.63	16.75	18.19	201.19
	70				19.23	17.20	18.22	201.22
	75				20.18	17.71	18.94	201.94
	80				19.93	18.36	19.14	202.14
	90				21.82	19.68	20.75	203.75
	100				23.14	20.73	21.93	204.93
	110				23.03	20.75	21.89	204.89

測線	距離	P p		
		max	min	mean
B	30	18.65	18.05	18.35
	35	21.25	20.00	20.63
	40	28.30	26.45	27.38
	45	33.15	30.25	31.70
	50	21.30	20.05	20.68
	55	19.95	18.25	19.10
	60	18.85	17.90	18.38
	65	16.15	14.90	15.53
C	15	19.55	18.65	19.10
	20	19.75	18.80	19.28
	25	19.15	18.25	18.70
	30	19.05	17.75	18.40
	35	21.75	17.75	19.75
	40	28.90	23.85	26.38
	45	38.40	34.20	36.30
	50	24.60	22.70	23.65
	55	17.55	16.65	17.10
	60	14.55	13.25	13.90
	65	11.80	10.95	11.38
	70	17.80	17.00	17.40
D	75	17.90	17.15	17.53
	80	21.60	20.55	21.08
	90	19.55	18.65	19.10
	100	17.75	16.45	17.10
	110	19.60	17.65	18.63
	30	17.85	16.60	17.23
	35	18.70	16.75	17.73
	40	41.80	35.35	38.58
	45	41.00	38.75	39.88
	50	24.95	22.55	23.75
	55	18.75	17.50	18.13
	60	15.45	14.60	15.03
F	65	15.35	15.05	15.20
	30	19.15	18.20	18.68
	35	18.75	17.45	18.10
	40	28.15	24.60	26.38
	45	40.95	36.25	38.60
	50	32.00	29.10	30.55
	55	20.95	19.05	20.00
	60	18.00	17.15	17.58
G	65	16.30	15.05	15.68
	15	20.85	19.90	20.38
	20	20.55	19.65	20.10
	25	20.40	19.20	19.80
	30	19.85	18.90	19.38
	35	19.30	18.65	18.98
	40	25.70	22.95	24.33
	45	34.85	31.55	33.20
	50	27.90	25.25	26.58
	55	21.15	19.75	20.45
	60	16.50	15.15	15.83
	65	16.85	15.20	16.03
H	70	18.80	17.65	18.23
	75	17.70	16.60	17.15
	80	18.75	17.65	18.23
	90	19.35	18.95	19.15
	100	19.50	18.90	19.20
	110	20.10	18.90	19.50
	30	19.65	18.55	19.10
	35	20.25	18.55	19.40
	40	28.70	22.85	25.78
	45	54.00	45.55	49.78
	50	29.85	22.80	26.33
	55	20.35	18.60	19.48
	60	17.65	15.20	16.43
	65	19.25	17.80	18.53

別表 7 - 4.6 減勢工圧力・水位測定値（原形状）

実験 No		貯 水 位	EL. 280.96 m
放流形式	越流部 5 門	流 量	4,031.92 m ³ /s

測線	距離	圧 力			水 位			EL (m)
		max	min	mean	max	min	mean	
A	15							
	20							
	25							
	30	20.15	19.80	19.98				
	35	24.75	22.80	23.78				
	40	43.65	38.95	41.30				
	45	42.20	38.40	40.30	18.60	16.61	17.60	200.60
	50	17.35	16.75	17.05	19.45	18.02	18.73	201.73
	55	17.45	16.80	17.13	20.14	18.30	19.22	202.22
	60	25.20	22.75	23.98	20.64	17.72	19.18	202.18
	65	13.75	13.35	13.55	20.80	18.30	19.55	202.55
	70				21.55	17.60	19.57	202.57
	75				21.42	18.02	19.72	202.72
	80				22.02	19.05	20.53	203.53
E	90				24.51	21.08	22.79	205.79
	100				25.08	20.95	23.01	206.01
	110				24.75	21.90	23.32	206.32
	15	20.25	19.50	19.88				
	20	19.75	19.10	19.43				
	25	19.00	18.15	18.58				
	30	18.40	17.80	18.10				
	35	20.75	19.35	20.05				
	40	28.35	24.00	26.18				
	45	41.05	33.25	37.15	18.40	16.37	17.38	200.38
	50	25.30	23.65	24.48	19.10	16.55	17.82	200.82
	55	16.40	16.00	16.20	19.60	17.74	18.67	201.67
	60	16.90	16.00	16.45	20.50	17.95	19.22	202.22
	65	14.65	14.00	14.33	19.83	18.86	19.34	202.34
	70	15.90	15.45	15.68	20.47	17.82	19.15	202.15
I	75	18.40	17.55	17.98	19.90	16.15	18.02	201.02
	80	18.90	17.95	18.43	24.08	18.45	21.26	204.26
	90	19.25	18.85	19.05	23.41	20.50	21.95	204.95
	100	18.85	18.10	18.48	25.06	22.58	23.82	206.82
	110	19.05	18.25	18.65	24.69	20.90	22.79	205.79
	15							
	20							
	25							
	30	19.90	18.35	19.13				
	35	19.35	18.05	18.70				
	40	21.75	20.75	21.25				
	45	36.50	28.75	32.63	18.81	17.41	18.11	201.11
	50	32.55	27.20	29.88	19.00	17.55	18.27	201.27
	55	22.15	19.40	20.78	19.95	17.39	18.67	201.67
	60	18.95	17.45	18.20	19.14	17.25	18.19	201.19
	65	16.75	15.15	15.95	18.79	17.15	17.97	200.97
	70				19.17	16.90	18.03	201.03
	75				19.50	16.49	17.99	200.99
	80				19.00	17.95	18.47	201.47
	90				20.60	18.45	19.52	202.52
	100				22.02	19.14	20.58	203.58
	110				21.59	19.11	20.35	203.35

測線	距離	P p		
		max	min	mean
B	30	18.90	17.35	18.13
	35	21.30	20.25	20.78
	40	38.90	35.25	37.08
	45	35.10	33.50	34.30
	50	15.50	14.25	14.88
	55	17.60	16.65	17.13
	60	17.75	16.85	17.30
	65	14.75	13.80	14.28
C	15	19.30	18.60	18.95
	20	19.15	18.75	18.95
	25	18.70	17.75	18.23
	30	18.10	17.75	17.93
	35	19.60	18.30	18.95
	40	46.90	36.50	41.70
	45	41.55	34.75	38.15
	50	17.15	16.05	16.60
	55	15.15	14.05	14.60
	60	14.55	13.55	14.05
	65	14.05	13.25	13.65
	70	18.85	17.35	18.10
	75	18.95	17.75	18.35
	80	21.15	20.40	20.78
D	90	20.45	19.95	20.20
	100	19.05	17.95	18.50
	110	18.90	17.55	18.23
	30	17.95	16.40	17.18
	35	19.40	18.25	18.83
	40	30.55	25.65	28.10
	45	36.45	29.30	32.88
	50			
	55	16.55	15.25	15.90
	60	14.65	13.55	14.10
	65	15.85	14.65	15.25
	30	18.40	17.75	18.08
	35	18.05	17.35	17.70
	40	41.75	35.30	38.53
F	45	51.30	41.35	46.33
	50	27.80	24.85	26.33
	55	18.55	17.60	18.08
	60	18.10	16.70	17.40
	65	16.00	14.55	15.28
	15	20.40	19.55	19.98
	20	20.00	19.10	19.55
	25	19.10	18.20	18.65
	30	18.55	17.75	18.15
	35	17.15	16.50	16.83
	40	26.95	24.35	25.65
	45	43.55	39.00	41.28
	50	32.55	27.80	30.18
	55	20.85	19.25	20.05
G	60	14.20	13.50	13.85
	65	14.35	13.75	14.05
	70	16.85	16.20	16.53
	75	15.65	14.80	15.23
	80	17.25	16.25	16.75
	90	19.25	18.35	18.80
	100	19.00	18.30	18.65
	110	19.40	18.90	19.15
	30	19.45	18.00	18.73
	35	20.20	18.85	19.53
	40	24.25	22.25	23.25
	45	56.85	46.35	51.60
	50	37.65	30.05	33.85
	55	19.90	16.95	18.43
H	60	13.90	13.15	13.53
	65	18.10	16.20	17.15

別表 7 - 4.6 減勢工圧力・水位測定値（原形状）

実験 No		貯 水 位	EL. 280.92 m
放流形式	全門全開	流 量	5,164.33 m ³ /s

測線	距離	圧 力			水 位			EL(m)
		max	min	mean	max	min	mean	
A	15							
	20							
	25							
	30	20.40	19.70	20.05				
	35	24.45	22.60	23.53				
	40	45.95	38.65	42.30				
	45	46.05	41.00	43.53				
	50	19.55	18.35	18.95	18.35	16.60	17.48	200.48
	55	19.05	17.60	18.33	18.64	16.90	17.77	200.77
	60	26.60	25.55	26.08	19.00	16.60	17.80	200.80
	65	14.00	13.20	13.60	19.15	16.83	17.99	200.99
	70				20.94	17.95	19.44	202.44
	75				21.70	18.90	20.30	203.30
	80				23.60	20.65	22.13	205.13
	90				24.58	22.13	23.35	206.35
	100				25.64	22.96	24.30	207.30
	110				26.28	24.35	25.31	208.31
E	15	20.75	19.65	20.20				
	20	20.25	19.30	19.78				
	25	19.50	18.60	19.05				
	30	18.75	17.80	18.28				
	35	20.15	18.75	19.45				
	40	28.35	26.50	27.43				
	45	38.65	35.50	37.08				
	50	31.40	29.60	30.50	18.02	16.33	17.17	200.17
	55	21.00	19.50	20.25	19.30	16.18	17.74	200.74
	60	17.85	16.80	17.33	19.65	16.60	18.13	201.13
	65	14.55	13.75	14.15	18.69	16.65	17.67	200.67
	70	15.00	14.65	14.83	20.91	17.50	19.20	202.20
	75	19.05	17.95	18.50	21.56	17.65	19.60	202.60
	80	19.65	18.65	19.15	22.38	18.95	20.66	203.66
	90	19.70	18.60	19.15	23.80	21.65	22.72	205.72
	100	18.80	17.90	18.35	25.93	23.75	24.84	207.84
	110	19.25	17.75	18.50	26.55	24.01	25.28	208.28
I	15							
	20							
	25							
	30	20.65	18.85	19.75				
	35	19.75	18.35	19.05				
	40	23.70	22.25	22.98				
	45	35.25	31.20	33.23				
	50	34.50	29.55	32.03	19.00	17.95	18.48	201.48
	55	23.50	22.00	22.75	19.35	17.65	18.50	201.50
	60	20.10	18.35	19.23	20.00	17.05	18.53	201.53
	65	16.95	15.25	16.10	19.71	16.50	18.10	201.10
	70				18.35	15.61	16.98	199.98
	75				20.14	17.18	18.66	201.66
	80				20.55	18.24	19.39	202.39
	90				23.26	21.13	22.19	205.19
	100				24.00	21.85	22.92	205.92
	110				23.40	21.38	22.39	205.39

測線	距離	P p		
		max	min	mean
B	30	18.45	18.05	18.25
	35	21.30	19.70	20.50
	40	28.30	25.85	27.08
	45	36.60	33.65	35.13
	50	23.50	20.80	22.15
	55	20.85	18.95	19.90
	60	18.50	17.05	17.78
	65	14.05	13.75	13.90
	15	20.05	18.70	19.38
	20	19.75	18.55	19.15
	25	19.05	18.45	18.75
	30	19.85	18.65	19.25
	35	20.35	19.05	19.70
	40	29.50	25.30	27.40
	45	41.75	35.85	38.80
	50	27.95	25.40	26.68
C	55	18.95	17.60	18.28
	60	13.85	13.30	13.58
	65	10.65	10.00	10.33
	70	17.15	16.85	17.00
	75	17.30	16.65	16.98
	80	22.00	17.30	19.65
	90	19.05	17.95	18.50
	100	17.65	16.90	17.28
	110	19.20	17.75	18.48
	30	17.85	16.75	17.30
	35	19.85	18.95	19.40
	40	35.05	31.25	33.15
	45	42.10	38.90	40.50
	50	28.05	27.50	27.78
	55	19.15	18.20	18.68
	60	15.25	14.50	14.88
D	65	15.45	14.55	15.00
	30	19.10	18.45	18.78
	35	18.50	17.95	18.23
	40	29.25	25.70	27.48
	45	47.00	41.90	44.45
	50	36.60	32.80	34.70
	55	21.85	19.90	20.88
	60	17.80	17.35	17.58
	65	16.05	15.30	15.68
	15	21.35	20.15	20.75
	20	21.05	20.05	20.55
	25	20.55	19.65	20.10
	30	20.00	18.80	19.40
	35	19.45	18.35	18.90
	40	26.50	23.70	25.10
	45	39.00	33.65	36.33
F	50	32.90	29.10	31.00
	55	22.35	21.40	21.88
	60	17.00	14.85	15.93
	65	16.75	15.20	15.98
	70	18.40	17.35	17.88
	75	16.95	15.65	16.30
	80	18.55	17.55	18.05
	90	20.55	19.60	20.08
	100	19.95	18.90	19.43
	110	20.10	19.15	19.63
	30	19.85	19.00	19.43
	35	20.90	19.15	20.03
	40	24.80	22.35	23.58
	45	57.05	49.25	53.15
	50	41.40	37.00	39.20
	55	22.25	21.00	21.63
G	60	16.60	15.25	15.93
	65	18.45	17.55	18.00
	30	19.85	19.00	19.43
	35	20.90	19.15	20.03
	40	24.80	22.35	23.58
	45	57.05	49.25	53.15
	50	41.40	37.00	39.20
	55	22.25	21.00	21.63
	60	16.60	15.25	15.93
	65	18.45	17.55	18.00
	30	19.85	19.00	19.43
	35	20.90	19.15	20.03
	40	24.80	22.35	23.58
	45	57.05	49.25	53.15
	50	41.40	37.00	39.20
	55	22.25	21.00	21.63
H	60	16.60	15.25	15.93
	65	18.45	17.55	18.00

別表 9 - 1 川辺川ダム貯水位と流量の関係

ゲート開度	越流水深 H (m)	貯水位 EL.(m)	流量 Q(m ³ /s)	$H/H_d, H/G$	流量係数 C ₀ , C
全門全開	—	237.60	618	—	0.800
	—	254.90	884	—	0.813
	—	268.34	1036	—	0.810
	3.39	273.89	1750	—	—
	3.93	274.43	1950	—	—
	5.69	276.19	2640	—	—
	6.46	276.96	3007	—	—
	7.82	278.32	3548	—	—
	8.63	279.13	4071	—	—
	9.09	279.59	4392	—	—
	10.29	280.79	5134	—	—
	10.44	280.94	5227	—	—
G = 1.0 m	8.27	278.77	531	8.27	2.117
	4.11	274.61	355	4.11	2.078
	2.60	273.10	266	2.60	2.044
	5.89	276.39	438	5.89	2.097
G = 2.0 m	5.54	276.04	775	2.77	2.025
	7.74	277.94	951	3.87	2.084
	10.03	280.53	1138	5.02	2.105
G = 3.0 m	6.81	277.31	1302	2.27	2.100
	5.12	275.62	1032	1.71	2.024
G = 4.0 m	6.86	277.36	1596	1.72	2.026
	7.97	278.47	1797	1.99	2.053
	8.90	279.40	1955	2.23	2.075
G = 6.0 m	9.74	280.24	2834	1.62	2.039
	10.60	281.10	3003	1.77	2.031
全開	1.01	271.51	88	0.096	1.445
	2.43	272.93	368	0.231	1.619
	4.13	274.63	879	0.393	1.746
	6.23	276.73	1754	0.593	1.880
	6.62	277.12	1945	0.630	1.903
	7.00	277.50	2119	0.667	1.907
	7.18	277.68	2210	0.684	1.915
	8.89	279.49	3187	0.856	2.004
	9.31	279.81	3368	0.887	1.976
	9.63	280.13	3507	0.917	1.956
	9.87	280.37	3702	0.940	1.990
	10.75	281.25	4245	1.023	2.007

種類 測線	水叩き面の圧力 (m)										水叩き側壁沿いの水位			
	A		B		C		D		E		左岸 (EL. m)		右岸 (EL. m)	
	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	mean	max	mean
D. C.	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	max	mean	max	mean
15	12.25	195.25	17.75	200.75	17.35	200.35	18.00	201.00	18.50	201.50				
	12.00	195.00	16.95	199.95	17.00	200.00	17.75	200.75	17.75	200.75	203.93	202.38	203.28	201.98
30	16.65	199.65	17.40	200.40	15.25	198.25	16.95	199.95	18.25	201.25				
	17.10	200.10	17.00	200.00	14.50	197.50	16.30	199.30	17.95	200.95	203.63	201.13	203.13	201.13
35	20.30	203.30	18.65	201.65	17.45	200.45	17.60	200.60	16.00	200.95				
	19.25	202.25	18.10	201.10	16.75	199.75	16.70	199.70	14.95	199.00				
40	46.10	229.10	31.85	214.85	30.25	213.25	26.15	209.15	19.00	202.00				
	37.00	220.00	28.35	211.35	26.60	209.60	21.75	204.75	16.90	199.90				
45	34.45	217.45	25.55	208.55	48.20	231.20	41.70	224.70	38.30	221.30				
	30.15	213.15	23.25	206.25	45.30	228.30	37.45	220.45	31.65	214.65				
50	15.80	198.80	25.50	208.50	33.25	216.25	38.75	221.75	44.50	227.50				
	14.55	197.55	23.35	206.35	29.00	212.00	34.95	217.95	38.20	221.20	201.53	199.58	200.83	198.38
55	13.60	196.60	13.95	196.95	15.75	198.75	22.50	205.50	16.00	199.00				
	12.90	195.90	12.50	195.50	14.40	197.40	21.15	204.15	15.10	198.10				
60	16.00	199.00	17.00	200.00	12.95	195.95	15.00	198.00	15.40	198.40				
	13.50	196.50	16.60	199.60	12.30	195.30	13.00	196.00	14.60	197.60				
65	14.50	197.50	16.00	199.00	10.25	193.25	14.50	197.50	13.45	196.45				
	13.60	196.60	15.50	198.50	9.50	192.50	13.15	196.15	12.25	195.25				
70	15.60	198.60	14.25	197.25	11.90	194.90	16.25	199.25	15.15	198.15				
	14.95	197.95	13.95	196.95	11.65	194.65	15.60	198.60	14.20	197.20	203.73	200.53	203.38	200.98
80	16.65	197.65	16.55	199.55	14.60	197.60	16.40	199.40	16.20	199.20				
	14.15	197.15	16.00	199.00	14.10	197.10	15.95	198.95	15.65	198.65				
90											204.28	201.53	205.98	203.28
100											204.68	202.63	206.63	203.98
106.315 R 始端											205.48	203.28	207.13	205.03
123.090 (副ダム前面)											206.38	204.23	208.28	205.73

※

種類 測線	副ダム前面の圧力 (m)					
	左 岸		中 央		右 岸	
	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max
ピエン 標 高	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min
EL 194.000	7.55	201.55	11.75	205.75	13.90	207.90
	6.65	200.65	9.90	203.90	12.45	206.45
EL 189.500	15.10	204.60	22.65	212.15	27.75	217.25
	13.70	203.20	18.80	208.30	23.70	213.20
EL 185.000	20.65	205.65	25.60	210.60	30.55	215.55
	19.40	204.40	22.25	207.25	27.45	212.45

※ 水位については、DC 20mとした。

形 状	副ダム高 8.5 m
貯水位 (EL. m)	EL. 280.85 m
放流量 (Q. m ³ /s)	5,161.00 m ³ /s
放流様式	放流管
	越流部
	3 門
	5 門

別表 9-2.1 減勢工の水位と圧力
(修正形状)

種 類	水 叩 き 面 の 圧 力 (m)									
	A		B		C		D		E	
測線 D, C,	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max
	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min
15	18.25	201.25	18.40	201.40	18.10	201.10	18.10	201.10	18.30	201.30
	17.60	200.60	17.85	200.85	17.15	200.65	17.65	200.65	17.60	200.60
30	18.75	201.75	17.85	200.85	16.90	199.90	16.75	199.75	16.65	199.65
	17.85	200.85	17.00	200.00	16.35	199.35	16.55	199.55	16.20	199.20
35	21.25	204.25	16.75	199.75	18.50	201.50	18.00	201.00	17.20	200.20
	20.15	203.15	14.75	197.75	17.50	200.50	17.40	200.40	15.50	198.50
40	46.25	229.25	45.35	228.35	34.00	217.00	27.75	210.75	19.05	202.05
	37.10	220.10	41.00	224.00	30.25	213.25	24.75	207.75	18.10	201.10
45	36.75	219.75	40.50	223.50	45.00	228.00	48.05	231.05	40.65	223.65
	32.10	215.10	35.75	218.75	39.05	222.05	44.40	227.40	32.50	215.50
50	17.65	200.65	20.25	203.25	25.35	208.35	32.00	215.00	47.50	230.50
	16.00	199.00	18.25	201.25	22.45	205.45	28.50	211.50	42.10	225.10
55	15.05	198.05	13.50	196.50	15.05	198.05	18.25	201.25	15.15	198.15
	14.40	197.40	12.75	195.75	14.35	197.35	16.25	199.25	14.50	197.50
60	15.60	198.60	16.50	199.50	14.20	197.20	13.90	196.90	15.50	198.50
	15.00	198.00	16.25	199.25	13.10	196.10	12.60	195.60	14.80	197.80
65	15.75	198.75	15.75	198.75	12.50	195.50	14.40	197.40	14.25	197.25
	14.95	197.95	15.25	198.25	11.75	194.75	13.50	196.50	13.25	196.25
70	15.75	198.75	15.35	198.35	13.65	196.65	16.75	199.75	15.55	198.55
	15.10	198.10	14.50	197.50	12.75	195.75	16.40	199.40	14.45	197.45
80	16.00	199.00	17.25	200.25	15.60	198.60	16.30	199.30	17.65	200.65
	14.90	197.90	16.15	199.15	15.00	198.00	15.85	198.85	16.10	199.10
90										
100										
106.315 R 始 端										
123.090 (副ダム前面)										

形 状		幅ダム高 1'0 m
貯水位 (EL. m)		EL. 280.94 m
放流量 (Q. m ³ /s)		4,041.12 m ³ /s
放流様式	放流管	— 門
	越流部	5 門

別表9-2.2 減勢工の水位と圧力
(修正形状)

種 類 測線 D. C.	水 叩 き 面 の 圧 力 (m)										水 叩 き 側 壁 沿 い の 水 位			
	A		B		C		D		E		左 岸 (EL. m)		右 岸 (EL. m)	
	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	mean	max	mean
15	19.05	202.05	18.95	201.95	18.85	201.85	19.10	202.10	19.80	202.80	205.73	203.98	204.38	202.53
30	18.15	201.15	18.25	201.25	18.35	201.35	18.85	201.85	18.95	201.95	205.00	203.75	205.00	203.50
35	18.85	201.85	18.35	201.35	16.65	199.65	17.90	200.90	19.05	202.05				
40	18.50	201.50	17.70	200.70	16.15	199.15	17.55	200.55	18.50	201.50				
45	22.15	205.15	20.30	203.30	18.90	201.90	19.35	202.35	18.25	201.25				
50	21.45	204.45	19.30	202.30	18.05	201.05	18.35	201.35	16.35	199.35				
55	45.75	228.75	34.00	217.00	31.30	214.30	28.35	211.35	21.00	204.00				
60	38.75	221.25	30.55	213.55	27.40	210.40	24.10	207.10	20.30	203.30				
65	34.35	217.35	45.05	228.05	48.15	231.15	44.80	227.80	37.65	220.65				
70	31.30	214.30	40.80	223.80	43.90	226.90	36.00	219.00	32.35	215.35				
75	18.55	201.55	28.25	211.25	35.25	218.25	39.30	222.30	49.60	232.60	204.48	201.38	202.83	200.13
80	17.50	200.50	26.05	209.05	32.15	215.15	35.70	218.70	40.40	223.40				
85	16.70	199.70	16.85	199.85	19.50	202.50	24.75	207.75	19.45	202.45				
90	15.55	198.55	15.95	198.95	18.15	201.15	23.50	206.50	17.90	200.90				
95	18.50	201.50	19.15	202.15	16.05	199.05	17.30	200.30	17.55	200.55				
100	16.55	199.55	16.30	199.30	15.30	198.30	15.75	198.75	16.80	199.80				
106.315 R 始 端	16.00	199.00	18.65	201.65	13.50	196.50	15.75	198.75	14.90	197.90				
123.090 (副ダム前面)	14.85	197.85	18.10	201.10	12.60	195.60	15.15	198.15	14.05	197.05				
	17.15	200.15	16.05	199.05	14.15	197.15	17.60	200.60	16.85	199.85	204.28	201.93	204.43	201.98
	16.20	199.20	15.25	198.25	13.25	196.25	17.00	200.00	15.70	198.70				
	16.30	199.30	17.75	200.75	16.10	199.10	17.40	200.40	17.65	200.65				
	15.70	198.70	16.85	199.85	15.40	198.40	17.05	200.05	17.00	200.00				
											205.38	202.98	206.58	203.88
											206.23	204.03	208.13	205.88
											206.98	204.93	209.53	206.53
											207.78	205.88	208.98	207.23

※

※ 水位については、DC. 20mとした。

種 類	副ダム前面の圧力 (m)					
測線 標 高	左 岸		中 央		右 岸	
	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max
EL m	13.75	204.75	18.65	209.65	23.20	214.20
191.000	12.65	203.65	16.25	207.25	20.60	211.60
EL m	18.00	206.50	24.75	212.25	32.35	220.85
188.000	17.55	205.05	21.50	209.00	27.25	215.75
EL m	22.00	207.00	25.65	210.65	33.40	218.40
185.000	20.75	205.75	22.60	207.60	29.40	214.40

形 状		副ダム高 10 m
貯水位 (EL. m)		EL. 280.83 m
放流量 (Q. m ³ /s)		5,157.46 m ³ /s
放流様式	放流管	3 門
	越流部	5 門

別表 9 - 2.3 減勢工の水位と圧力
(修正形状)

種 類		水 叩 き 面 の 圧 力 (m)									
測線 D. C.		A		B		C		D		E	
		max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max
		min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min
15		21.00	204.00	20.85	203.85	20.70	203.70	21.05	204.05	21.25	204.25
		20.35	203.35	19.85	202.85	20.05	203.05	20.50	203.50	20.40	203.40
30		21.25	204.25	21.05	204.05	20.15	203.15	20.10	203.10	20.10	203.10
		20.95	203.95	20.45	203.45	19.25	202.25	19.50	202.50	19.70	202.70
35		24.75	207.75	26.35	209.35	22.50	205.50	21.65	204.65	20.40	203.40
		23.85	206.85	24.60	207.60	21.80	204.80	21.10	204.10	19.75	202.75
40		45.15	228.15	47.25	230.25	39.10	222.10	31.50	214.50	23.10	206.10
		36.70	219.70	47.55	225.55	35.00	218.00	30.25	213.25	21.50	204.50
45		38.40	221.40	41.25	224.25	50.25	233.25	49.75	232.75	42.30	225.30
		35.25	218.25	39.55	222.55	40.05	223.05	44.80	227.80	36.75	219.75
50		23.10	206.10	25.60	208.60	30.50	213.50	34.60	217.60	46.75	229.75
		21.85	204.85	24.35	207.35	27.50	210.50	31.75	214.75	41.30	224.30
55		19.75	202.75	18.75	201.75	20.10	203.10	22.35	205.35	21.25	204.25
		18.50	201.50	17.90	200.90	19.75	202.75	21.10	204.10	20.20	203.20
60		19.85	202.85	21.00	204.00	19.10	202.10	18.35	201.35	20.05	203.05
		18.75	201.75	20.50	203.50	17.80	200.80	17.75	200.75	18.95	201.95
65		19.25	202.25	20.15	203.15	16.75	199.75	18.65	201.65	18.20	201.20
		18.55	201.55	19.60	202.60	16.25	199.25	18.10	201.10	17.10	200.10
70		19.25	202.25	19.00	202.00	17.75	200.75	20.40	203.40	19.25	202.25
		18.60	201.60	18.60	201.60	17.00	200.00	19.75	202.75	18.50	201.50
80		19.10	202.10	20.40	203.40	18.65	201.65	19.60	202.60	19.50	202.50
		18.35	201.35	19.60	202.60	18.35	201.35	19.25	202.25	18.85	201.85
90											
100											
106.315											
R 始 端											
123.090											
(副ダム前面)											

種 類		副 ダ ム 前 面 の 圧 力 (m)					
測線 標 高		左 岸		中 央		右 岸	
		max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max
		min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min
EL	m	12.00	206.00	14.50	208.50	20.50	214.50
194.000		11.40	205.40	13.50	207.50	17.50	211.50
EL	m	17.25	206.75	20.65	210.15	29.55	219.05
189.500		16.50	206.00	19.35	208.85	25.25	214.75
EL	m	22.25	207.25	23.65	208.65	29.00	214.00
185.000		21.75	206.75	22.60	207.60	25.70	210.70

形 状		副ダム高 13 m
貯水位 (EL. m)		EL. 280.92 m
放流量 (Q. m ³ /s)		4,025.21 m ³ /s
放流様式	放流管	- 門
	越流部	5 門

別表 9 - 2.4 減勢工の水位と圧力
(修正形状)

種 類 測線 D. C.	水 叩 き 面 の 圧 力 (m)									
	A		B		C		D		E	
	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max
	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min
15	21.50	204.50	21.75	204.75	21.85	204.85	22.35	205.35	22.60	205.60
	20.05	203.05	21.00	204.00	20.95	203.95	21.40	204.40	21.75	204.75
30	21.50	204.50	20.90	203.90	20.25	203.25	21.10	204.10	21.10	204.10
	20.00	203.00	20.35	203.35	19.75	202.75	20.65	203.65	20.60	203.60
35	27.35	210.35	23.05	206.05	22.20	205.20	22.75	205.75	21.40	204.40
	24.35	207.35	22.40	205.40	21.70	204.70	21.85	204.85	20.40	203.40
40	46.50	229.50	35.15	218.15	31.50	214.50	30.00	213.00	26.50	209.50
	40.10	223.10	33.25	216.25	30.15	213.15	28.00	211.00	23.65	206.65
45	39.75	222.75	43.15	226.15	44.60	227.60	43.00	226.00	46.50	229.50
	36.75	219.75	40.75	223.75	41.85	224.85	37.75	220.75	38.65	221.65
50	24.35	207.35	32.05	215.05	37.45	220.45	39.65	222.65	46.05	229.05
	19.25	202.25	30.85	213.85	35.55	218.55	37.35	220.35	40.75	223.75
55	21.05	204.05	21.90	204.90	24.75	207.75	27.50	210.50	24.10	207.10
	18.60	201.60	20.70	203.70	23.75	206.75	25.85	208.85	22.40	205.40
60	21.40	204.40	22.35	205.35	20.75	203.75	20.95	203.95	21.35	204.35
	19.00	202.00	21.90	204.90	20.15	203.15	19.55	202.55	20.60	203.60
65	20.75	203.75	21.50	204.50	17.75	200.75	19.75	202.75	18.55	201.55
	18.50	201.50	20.95	203.95	17.15	200.15	19.00	202.00	17.70	200.70
70	20.50	203.50	20.25	203.25	18.00	201.00	21.10	204.10	19.80	202.80
	18.50	201.50	19.85	202.85	17.40	200.40	20.50	203.50	19.05	202.05
80	19.15	202.15	21.10	204.10	19.15	202.15	20.60	203.60	20.40	203.40
	17.95	200.95	20.50	203.50	18.65	201.65	20.10	203.10	19.80	202.80
90										
100										
106.315 R 始 端										
123.090 (副ダム前面)										

種 類 測線 ピエン 標 高	副 ダ ム 前 面 の 圧 力 (m)					
	左 岸		中 央		右 岸	
	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max
	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min
EL m 194.000	14.10	208.10	16.50	210.50	23.25	217.25
	13.25	207.25	14.65	208.65	20.75	214.75
EL m 189.500	20.10	209.60	23.65	213.15	35.25	224.75
	18.95	208.45	21.45	210.95	31.60	221.10
EL m 185.000	25.15	210.15	26.75	211.75	34.50	219.50
	23.60	208.60	24.50	209.50	32.10	217.10

形 状		副ダム高 13 m
貯水位 (EL, m)		EL. 280.85 m
放流量 (Q, m ³ /s)		5,161.00 m ³ /s
放流様式	放流管	3 門
	越流部	5 門

別表 9-2.5 減勢工の水位と圧力
(修正形状)

種 類 測線 D. C.	水 叩 き 面 の 圧 力 (m)									
	A		B		C		D		E	
	max min	EL. max EL. min	max min	EL. max EL. min	max min	EL. max EL. min	max min	EL. max EL. min	max min	EL. max EL. min
15	22.55	205.55	22.45	205.45	22.25	205.25	23.00	206.00	23.50	206.50
	21.90	204.90	21.90	204.90	22.00	205.00	22.45	205.45	22.45	205.45
30	23.45	206.45	23.10	206.10	22.15	205.15	22.35	205.35	22.55	205.55
	22.90	205.90	22.75	205.75	21.70	204.70	21.95	204.95	22.10	205.10
35	27.70	210.70	29.00	212.00	26.05	209.05	24.35	207.35	22.25	205.25
	26.20	209.20	27.65	210.65	25.15	208.15	23.60	206.60	21.55	204.55
40	45.00	228.00	48.15	231.15	42.30	225.30	35.75	218.75	25.75	208.75
	39.45	222.45	45.10	228.10	37.55	220.55	34.00	217.00	24.55	207.55
45	39.75	222.75	42.60	225.60	47.00	230.00	47.75	230.75	43.35	226.35
	36.60	219.60	40.25	223.25	42.95	225.95	43.80	226.80	36.70	219.70
50	26.25	209.25	27.95	210.95	32.00	215.00	35.10	218.10	44.40	227.40
	25.25	208.25	27.25	210.25	29.70	212.70	32.95	215.95	40.45	223.45
55	22.85	205.85	21.40	204.40	23.00	206.00	24.65	207.65	25.50	208.50
	21.95	204.95	20.75	203.75	22.70	205.70	24.00	207.00	24.45	207.45
60	22.50	205.50	23.25	206.25	21.50	204.50	21.05	204.05	23.15	206.15
	21.75	204.75	22.85	205.85	21.00	204.00	20.45	203.45	22.35	205.35
65	21.75	204.75	22.55	205.55	22.20	205.20	21.15	204.15	20.60	203.60
	21.00	204.00	22.05	205.05	19.15	202.15	20.50	203.50	19.75	202.75
70	21.60	204.60	21.45	204.45	20.10	203.10	22.60	205.60	21.50	204.50
	20.85	203.85	21.00	204.00	19.70	202.70	22.10	205.10	21.10	204.10
80	21.10	204.10	22.35	205.35	21.10	204.10	22.25	205.25	22.05	205.05
	20.60	203.60	21.90	204.90	20.60	203.60	21.50	204.50	21.10	204.10
90										
100										
106.315 R 始 端										
123.090 (副ダム前面)										

種 類 測線 ピエン 標 高	副 ダ ム 前 面 の 圧 力 (m)					
	左 岸		中 央		右 岸	
	max min	EL. max EL. min	max min	EL. max EL. min	max min	EL. max EL. min
EL m 194.000	14.75 14.10	208.75 208.10	17.80 16.30	211.80 210.30	23.80 20.00	217.80 214.00
EL m 189.500	19.80 19.00	209.30 208.50	23.65 21.30	213.15 210.80	30.90 27.25	220.40 216.75
EL m 185.000	24.55 23.85	209.55 208.85	26.00 24.85	211.00 209.85	30.75 27.65	215.75 212.65

形 状		副ダム高 15 m
貯水位 (EL. m)		EL. 280.94 m
放流量 (Q. m³/s)		4,041.12 m³/s
放流様式	放流管	— 門
	越流部	5 門

別表 9 - 2.6 減勢工の水位と圧力
(修正形状)

種 類 測線 D. C.	水 叩 き 面 の 圧 力 (m)									
	A		B		C		D		E	
	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max
	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min
15	23.35	206.35	24.00	207.00	23.65	206.65	24.55	207.55	24.85	207.85
	22.75	205.75	22.70	205.70	23.05	206.05	23.80	206.80	24.25	207.25
30	23.75	206.75	23.25	206.25	22.50	205.50	23.50	206.50	23.75	206.75
	22.90	205.90	22.55	205.55	22.20	205.20	23.10	206.10	23.40	206.40
35	29.10	212.10	26.15	209.15	25.00	208.00	25.25	208.25	23.60	206.60
	27.10	210.10	24.50	207.50	24.05	207.05	24.35	207.35	23.10	206.10
40	48.00	231.00	38.30	221.30	33.25	216.25	31.60	214.60	29.75	212.75
	41.25	224.25	34.75	217.75	32.15	215.15	29.00	212.00	28.35	211.35
45	42.00	225.00	43.85	226.85	43.85	226.85	41.60	224.60	48.50	231.50
	39.05	222.05	40.80	223.80	40.10	223.10	39.15	222.15	41.75	224.75
50	29.50	212.50	35.25	218.25	38.75	221.75	40.00	223.00	43.75	226.75
	27.95	210.95	34.05	217.05	36.75	219.75	37.00	220.00	40.00	223.00
55	24.60	207.60	25.60	208.60	28.25	211.25	29.75	212.75	26.75	209.75
	23.90	206.90	24.50	207.50	27.50	210.50	28.65	211.65	25.35	208.35
60	24.50	207.50	25.35	208.35	23.75	206.75	24.10	207.10	24.00	207.00
	23.85	206.85	24.90	207.90	23.15	206.15	22.50	205.50	22.30	205.30
65	23.25	206.25	24.00	207.00	20.70	203.70	22.65	205.65	21.25	204.25
	22.60	205.60	23.35	206.35	20.35	203.35	22.00	205.00	20.40	203.40
70	23.00	206.00	22.50	205.50	20.90	203.90	23.65	206.65	22.25	205.25
	22.25	205.25	22.15	205.15	20.50	203.50	23.25	206.25	21.75	204.75
80	21.75	204.75	23.35	206.35	21.70	204.70	23.00	206.00	22.60	205.60
	21.00	204.00	22.80	205.80	21.35	204.35	22.75	205.75	22.35	205.35
90										
100										
106.315 R 始 端										
123.090 (副ダム前面)										

種 類 測線 標 高	副 ダ ム 前 面 の 圧 力 (m)					
	左 岸		中 央		右 岸	
	max	EL. max	max	EL. max	max	EL. max
	min	EL. min	min	EL. min	min	EL. min
EL m	16.60	210.60	19.50	213.50	25.75	219.75
194.000	15.85	209.85	18.10	212.10	24.65	218.65
EL m	22.00	211.50	25.60	215.10	36.05	225.55
189.500	21.20	210.70	24.00	213.50	34.50	224.00
EL m	26.75	211.75	27.90	212.90	35.75	220.75
185.000	26.25	211.25	27.00	212.00	34.05	219.05

形 状		副ダム高 15 m
貯水位(EL. m)		EL. 280.85 m
放流量(Q. m ³ /s)		5.161.00 m ³ /s
放流様式	放流管	3 門
	越流部	5 門

別表 9-2.7 減勢工の水位と圧力
(修正形状)

別表 9-3 減勢工内の水位（修正形状）

Q	EL. m	ダム軸からの距離 DC, m	h	右	A	B	C	D	E	左
副ダム高 10.0 m 280.94 4041.12		15.0	h_0		202.25		203.25		202.25	
					201.25		201.75		201.25	
		45.0	h_1		199.15	200.85	200.50	199.60	198.75	
					197.25	198.60	198.30	197.00	195.75	
		123.090	h_2	206.80	206.65	206.10	205.70	204.35	204.00	205.60
				204.80	204.90	204.30	204.05	202.25	201.70	203.75
副ダム高 13.0 m 280.92 4025.21		15.0	h_0		205.75		206.50		205.75	
					204.50		205.12		204.25	
		45.0	h_1		204.50	205.05	205.35	204.60	204.35	
					202.75	203.45	203.10	203.35	201.50	
		123.090	h_2	210.05	209.70	209.10	208.60	207.35	206.45	208.75
				208.25	207.75	208.05	207.45	205.90	205.10	207.25
副ダム高 13.0 m 280.85 5154.10		15.0	h_0		206.25		207.99		205.25	
					203.75		205.75		203.75	
		45.0	h_1		205.25	206.25	206.50	206.50	205.50	
					203.75	204.25	204.25	204.50	203.50	
		123.090	h_2	211.65	212.10	212.05	210.50	209.75	207.90	210.75
				209.70	210.60	210.00	208.75	206.75	205.75	208.65
副ダム高 15.0 m 280.94 4041.12		15.0	h_0		206.75		207.75		207.50	
					205.50		206.50		206.62	
		45.0	h_1		207.45	207.60	207.60	207.60	206.75	
					205.80	205.85	206.35	206.00	204.90	
		123.090	h_2	212.75	212.35	212.45	211.30	210.00	208.70	210.80
				210.15	210.40	210.60	209.70	207.65	207.10	209.50
副ダム高 15.0 m 280.85 5149.51		15.0	h_0		208.99		210.50		208.75	
					206.75		207.25		206.25	
		45.0	h_1		208.25	208.75	208.50	209.50	208.75	
					206.99	207.25	206.99	208.00	207.50	
		123.090	h_2	213.85	214.25	214.85	213.10	212.60	211.35	212.75
				211.75	212.25	212.75	211.60	210.20	208.50	210.75

別表 9 - 4.1 下流河道の水位流速測定結果表 (現況)

		形 状		現 況 河 道	
		貯 水 位		EL. 248.735 m	
		放 流 量		803.627m ³ /s	
		下流水位		WL. 185.525 m	
断面 No	副ダム終端か らの距離 (m)	左 岸	中 央	右 岸	
1	7.480	流速	7.30	7.86	7.58
		水位	190.225	187.925	190.175
2	19.980	流速	7.89	7.46	8.69
		水位	190.625	187.575	189.750
3	39.980	流速	6.67	7.98	7.79
		水位	191.825	190.225	187.275
4	59.980	流速	7.03	6.64	1.46
		水位	189.425	190.075	187.525
5	79.980	流速	6.93	7.58	7.14
		水位	188.925	187.925	189.125
6		流速	6.71	7.85	5.40
		水位	189.075	187.475	188.825
8	139.980	流速	5.25	7.52	8.02
		水位	187.975	187.925	185.625
10	179.980	流速	5.33	6.43	6.42
		水位	187.575	185.525	186.875
12	219.980	流速	2.00	7.07	6.75
		水位	185.175	185.775	186.375
14	259.980	水位	185.425	185.475	185.675

<副ダム>

副ダム始端 からの距離 (m)	左 岸		中 央		右 岸	
	max	mean	max	mean	max	mean
0.000		199.445		198.945		199.645
7.000		197.945		196.940		197.520
20.000		191.140		189.030		190.795
流 速 (20.000m)	左 8.63	8.35	中 8.40	7.83	右 8.70	

別表 9 - 4.2 下流河道の水位流速測定結果表 (現況)

		形 状		現 況 河 道	
		貯 水 位		EL. 278.040 m	
		放 流 量		3,510.078m ³ /s	
		下流水位		WL. 188.942 m	
断面 No	副ダム終端か らの距離 (m)	左 岸	中 央	右 岸	
1	7.480	流速	10.02	9.45	10.80
		水位	192.575	190.875	192.625
2	19.980	流速	9.92	9.35	9.55
		水位	193.025	190.825	191.175
3	39.980	流速	5.56	5.42	8.73
		水位	196.625	193.825	189.275
4	59.980	流速	7.79	9.78	8.82
		水位	195.375	193.875	189.675
5	79.980	流速	5.73	9.92	1.76
		水位	196.675	191.525	190.925
6		流速	9.13	8.37	1.21
		水位	193.125	191.725	191.175
8	139.980	流速	10.18	10.55	5.22
		水位	190.625	190.175	190.125
10	179.980	流速	9.37	9.30	6.73
		水位	189.675	189.725	190.875
12	219.980	流速	7.74	10.38	7.84
		水位	189.425	189.225	188.725
14	259.980	水位	189.025	188.325	189.475

<副ダム>

副ダム始端 からの距離 (m)	左 岸		中 央		右 岸	
	max	mean	max	mean	max	mean
0.000		202.275		201.925		204.475
7.000		200.925		200.125		201.325
20.000		196.425		192.825		196.525
流 速 (20.000m)	左 9.90	8.81	中 8.76	8.67	右 9.57	

別表 9 - 4.3 下流河道の水位流速測定結果表 (現況)

							形 状	現 況 河 道
							貯 水 位	EL. 280.910 m
							放 流 量	5.149.15l ^m /s
							下流水位	WL. 190.225 m
断面 No	副ダム終端から の距離 (m)	左 岸	中 央	右 岸				
1	7.480	流速	10.38	6.80	8.86	10.50	10.08	
		水位	194.675		192.725		195.025	
2	19.980	流速	10.90	8.90	11.13	11.07	11.22	
		水位	194.275		192.475		192.475	
3	39.980	流速	5.96	8.14	8.31	10.57	12.26	
		水位	199.225		194.975		189.675	
4	59.980	流速	7.65	6.75	10.46	12.41	10.70	
		水位	198.025		196.275		188.475	
5	79.980	流速	6.54	8.13	11.56	11.53	1.26	
		水位	199.325		194.025		190.875	
6		流速	9.61	11.12	11.07	9.79	1.71	
		水位	195.375		192.625		191.625	
8	139.980	流速	11.01	11.76	12.03	9.47	6.89	
		水位	191.975		192.525		192.975	
10	179.980	流速	10.80	12.12	12.52	11.18	7.37	
		水位	190.725		191.125		193.275	
12	219.980	流速	9.14	11.33	11.53	11.12	9.70	
		水位	191.925		190.525		189.725	
14	259.980	水位	191.575		189.275		189.825	

<副ダム>

副ダム始端 からの距離 (m)	左 岸		中 央		右 岸	
	max	mean	max	mean	max	mean
0.000	205.825	203.725	205.225	203.225	207.725	205.475
7.000	204.325	202.675	204.575	202.075	206.425	204.150
20.000		198.025		195.475		200.075
流 速 (20.000 m)	左		中		右	
	9.81	8.52	9.87	9.80	10.18	

別表 9 - 5.1 下流河道の水位流速測定結果表 (最終案形状)

							形 状	
							貯 水 位	EL. 280.883 m
							放 流 量	5,159.404m ³ /s
							下流水位	WL. 191.357 m
断面 No	副ダム終端から の距離 (m)	左 岸	中 央	右 岸				
1	7.480	流速						
		水位	198.190 195.890		196.090 194.040		196.140 193.690	
2	19.980	流速						
		水位	199.240 196.540		198.390 195.990		196.290 194.440	
3	39.980	流速						
		水位	201.240 199.740		201.540 199.590		197.490 195.790	
4	59.980	流速	3.13	6.67	7.39	8.25	5.87	
		水位	200.740 199.690		198.840 197.590		196.090 195.140	
5	79.980	流速	4.94	7.97	8.13	6.82	2.49	
		水位	200.590 199.690		196.490 194.940		197.240 196.340	
6		流速	7.82	8.68	7.41	6.23	3.12	
		水位	196.640 195.490		198.590 196.890		197.640 196.490	
8	139.980	流速	7.00	9.11	8.99	8.32	6.56	
		水位	196.640 195.340		193.240 192.490		197.190 196.190	
10	179.980	流速	8.88	10.13	10.34	8.88	7.18	
		水位	194.240 193.390		192.490 191.840		194.640 193.240	
12	219.980	流速	8.56	10.04	9.34	8.65	5.80	
		水位	192.990 191.840		191.240 190.640		192.540 191.840	
14	259.980	水位	190.890				192.540	

順 傾 斜... 5 m
水叩き長... 35 m

副 ダ ム	左 岸	中 央	右 岸
0.000 m	水位 205.340 203.590	206.090 203.740	208.240 206.440
7.000 m	水位 204.340 202.090	204.540 202.090	205.790 203.540
順傾斜終端	流速 7.50	7.68	8.03
	水位 199.690 197.190	196.240 193.940	201.540 198.290
順傾斜終端	流速 8.08	7.62	8.62
プール終端	流速 5.41	3.70	1.75

※水位のうち上段は最高、下段は平均を表わす。

別表 9 - 5.2 下流河道の水位流速測定結果表 (最終案形状)

							形 状	
							貯 水 位	EL. 278.037 m
							放 流 量	3.516.088m ³ /s
							下流水位	WL. 189.873 m
							順 傾 斜… 5m 水叩き長… 35 m	
断面 No	副ダム終端か らの距離(m)	左 岸		中 央		右 岸		
1	7.480	流速 水位	196.440 194.290	195.740 193.740		194.940 192.740		
2	19.980	流速 水位	197.090 195.040	196.390 194.890		196.890 194.640		
3	39.980	流速 水位	199.040 197.940	199.590 198.340		196.540 195.340		
4	59.980	流速 水位	3.94 198.190 197.490	6.45 195.340 194.390	5.37 194.990 194.690	3.88 194.990 194.690		
5	79.980	流速 水位	5.68 197.790 196.990	6.62 195.740 194.440	5.14 195.690 194.590	2.64 195.690 194.590		
6		流速 水位	7.48 193.340 192.240	7.90 193.340 192.240	5.09 195.440 194.440	2.35 195.440 194.440		
8	139.980	流速 水位	6.01 193.540 192.540	6.80 192.740 191.940	7.02 191.340 190.640	6.85 191.340 190.640		
10	179.980	流速 水位	6.98 191.640 191.090	8.96 190.490	6.85 192.640 191.790	4.46 192.640 191.790		
12	219.980	流速 水位	7.27 190.640 189.990	8.44 189.440	8.62 190.440 189.890	5.12 190.440 189.890		
14	259.980	水位	189.240	190.040		190.340		

副 ダ ム	左 岸		中 央		右 岸
0.000 m	水位	203.890 202.390	203.140 201.990		205.640 203.990
7.000 m	水位	202.590 201.290	201.590 199.690		203.190 201.140
順傾斜始端	流速	7.20	8.09	8.57	9.15
	水位	197.440 196.640	193.740 192.240		196.990 194.540
順傾斜終端	流速	8.46	7.85	9.56	10.05
プール終端	流速	2.27	5.19	4.48	3.08

別表 9 - 5.3 下流河道の水位流速測定結果表 (最終案形状)

							形 状	
							貯 水 位	EL. 249.048 m
							放 流 量	803.627m ³ /s
							下流水位	WL. 185.657 m
							順 傾 斜… 5m 水叩き長… 35 m	
断面 No	副ダム終端か らの距離(m)	左 岸		中 央		右 岸		
1	7.480	流速 水位	191.190	190.740		190.640		
2	19.980	流速 水位	191.990	191.640		191.990		
3	39.980	流速 水位	1.47 192.540	2.06 191.740	2.08 191.740	2.98 191.140		
4	59.980	流速 水位	5.65 190.290	5.28 189.590	5.04 189.590	5.02 189.740		
5	79.980	流速 水位	5.49 188.340	5.69 189.890	4.38 189.890	4.81 189.890		
6		流速 水位	1.40 188.540	5.59 189.290	5.35 189.290	5.11 189.590		
8	139.980	流速 水位	3.05 189.090	4.73 188.590	4.88 188.590	5.98 186.740		
10	179.980	流速 水位	5.85 186.540	6.89 186.390		3.97 187.740		
12	219.980	流速 水位	1.98 186.740	7.22 186.040		5.73 186.440		
14	259.980	水位	185.340	185.690		185.940		

副 ダ ム	左 岸		中 央		右 岸
0.000 m	水位	199.390	198.990		199.290
7.000 m	水位	197.990	197.890		198.040
順傾斜始端	流速	8.52	8.61	7.95	7.99
	水位	190.590	189.390		190.140
順傾斜終端	流速	6.38	2.54	3.53	2.91
プール終端	流速	1.62	1.12	0.75	0.94

※水位のうち上段は最高、下段は平均を表わす。

写真集

写 真 集 目 次

第 6 章

写真 6-1	放流管抽出模型	239
写真 6-2	“ “	239
写真 6-3	放流管放流流況(1)	239
写真 6-4	“ “ (2)	240
写真 6-5	“ “ (3)	240
写真 6-6	“ “ (4)	240

第 7 章

写真 7-1	第 7 章全体模型実験時の模型形状	241
写真 7-2	“ “	241
写真 7-3	水脈落下状態	242
写真 7-4	“ “	242
写真 7-5	副ダム高さと減勢工内の流況(1)	243
写真 7-6	“ “ (2)	243
写真 7-7	“ “ (3)	243
写真 7-8	“ “ (4)	244
写真 7-9	“ “ (5)	244
写真 7-10	“ “ (6)	244
写真 7-11	シルの検討(1)	245
写真 7-12	“ (2)	245
写真 7-13	“ (3)	245
写真 7-14	第 7 章形状の流況(1)	246
写真 7-15	“ “ (2)	246
写真 7-16	“ “ (3)	246

第 9 章

写真 9-1	修正模型形状(1)	247
写真 9-2	“ “ (2)	247
写真 9-3	“ “ (3)	247
写真 9-4	落下水脈の状態 (デフレクターなし)	248
写真 9-5	“ “ (“ “)	248
写真 9-6	“ “ (デフレクター $d = 0.25$ m)	248
写真 9-7	副ダム高さの検討(1)	249
写真 9-8	“ “ (2)	249

写真 9-9	副ダム高さの検討(3)	.....	249
写真 9-10	シルの検討(1)	.....	250
写真 9-11	“ “ (2)	.....	250
写真 9-12	“ “ (3)	.....	250
写真 9-13	副ダム減勢工がない場合の下流河道の流況(1) (模型形状)	.....	251
写真 9-14	“ “ (2)	.....	251
写真 9-15	“ “ (3)	.....	251
写真 9-16	副ダム減勢工の長さの検討(1)	.....	252
写真 9-17	“ “ (2)	.....	252
写真 9-18	“ “ (3)	.....	252
写真 9-19	副ダム減勢工内の流況	.....	253
写真 9-20	順傾斜付き副ダム減勢工(1)	.....	253
写真 9-21	“ “ (2)	.....	253
写真 9-22	“ “ (3)	.....	254
写真 9-23	最終案形状	.....	254
写真 9-24	“ “	.....	254
写真 9-25	最終案形状における下流河道部の流況(1)	.....	255
写真 9-26	“ “ (2)	.....	256
写真 9-27	“ “ (3)	.....	257



写真 6 - 1
放流管抽出模型
縮尺 2 5 分の 1



写真 6 - 2
放流管抽出模型
縮尺 2 5 分の 1

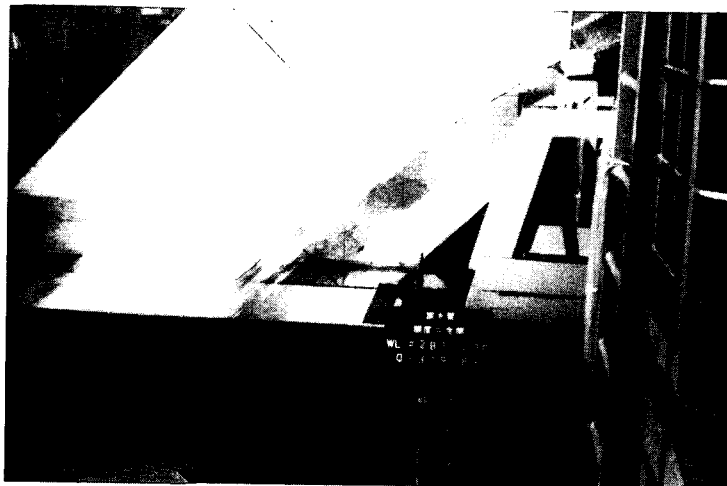


写真 6 - 3
放流管放流流況(1)

ゲート全開
貯水位 281.09 m
放流量 379.69 m³/s

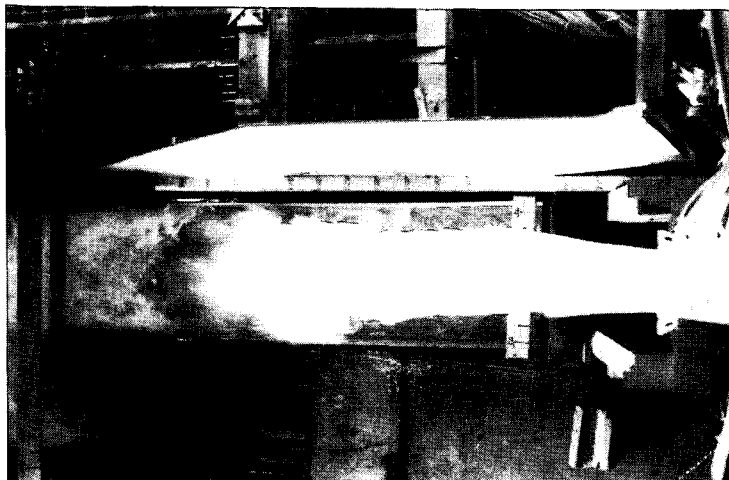


写真 6 - 4
放流管放流流況(2)

写真 6 - 3 に同じ
(上方より)

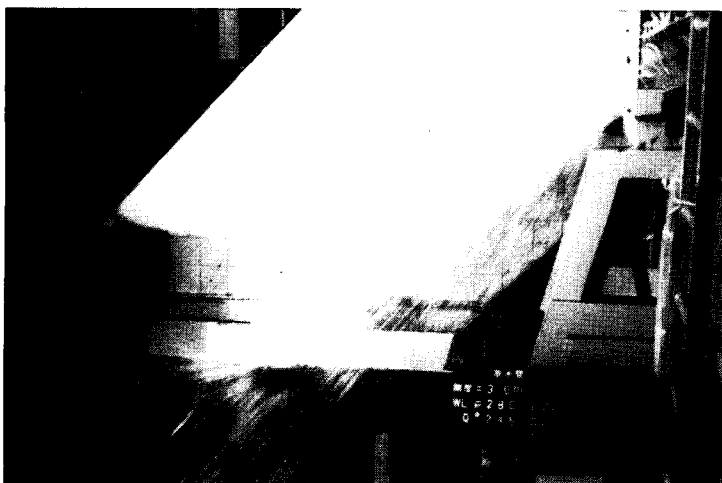


写真 6 - 5
放流管放流流況(3)

ゲート開度 3.0 m
貯 水 位 280.22 m
放 流 量 $245.000 \text{ m}^3/\text{s}$



写真 6 - 6
放流管放流流況(4)

同 上
(上方より)

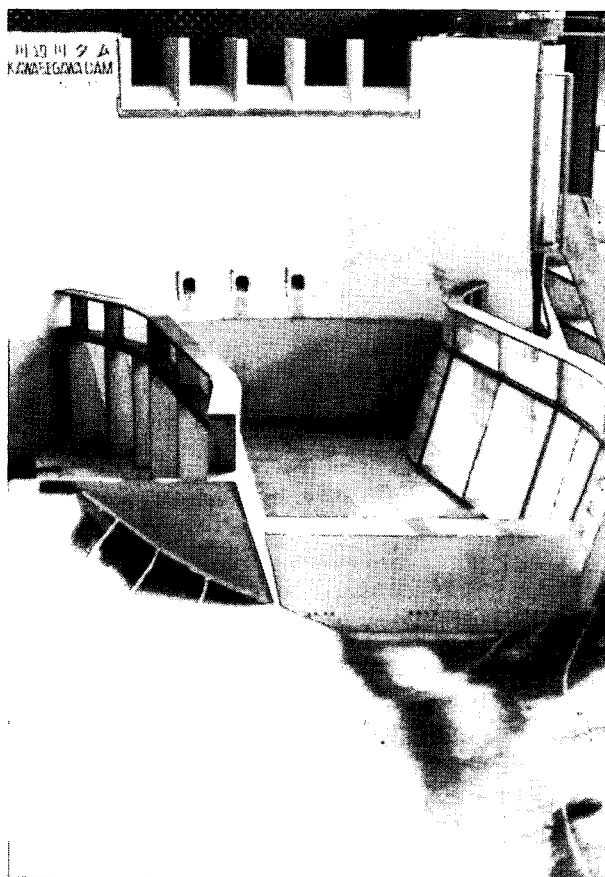


写真 7 - 1
第 7 章全体模型
実験時の模型形状
(正面より)

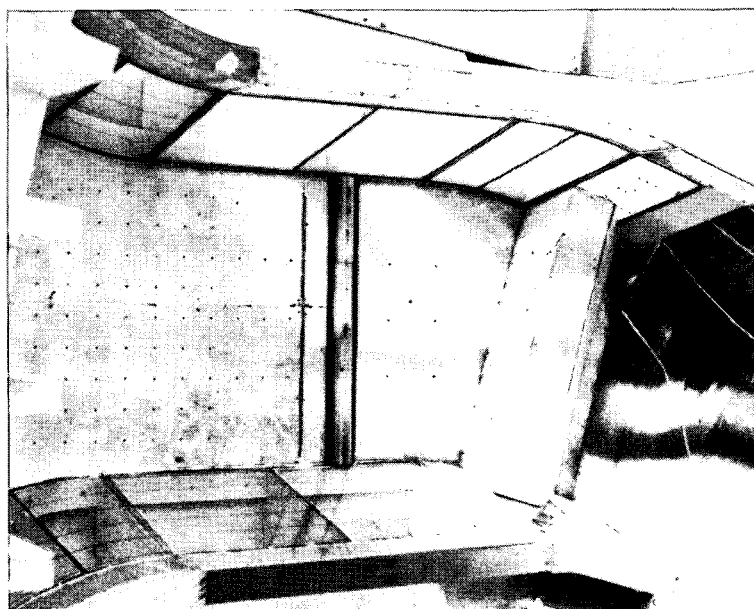


写真 7 - 2
第 7 章全体模型
実験時の模型形状
(上方より)

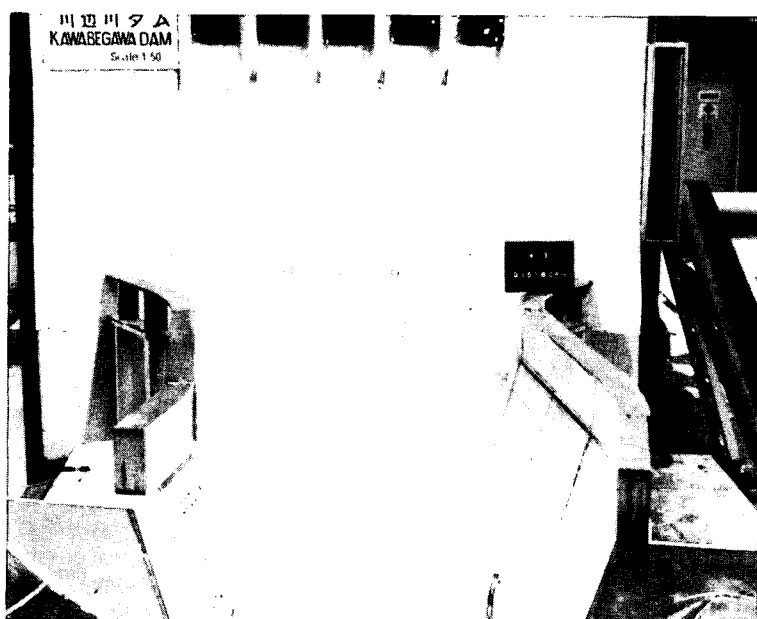


写真 7 - 3
水脈落下状態

◎右岸側で導流壁への当たりが著しい。



写真 7 - 4
水脈落下状態

◎放流管からの放流水脈と越流からの落下水脈とは池内で当っており減勢効果を増している。

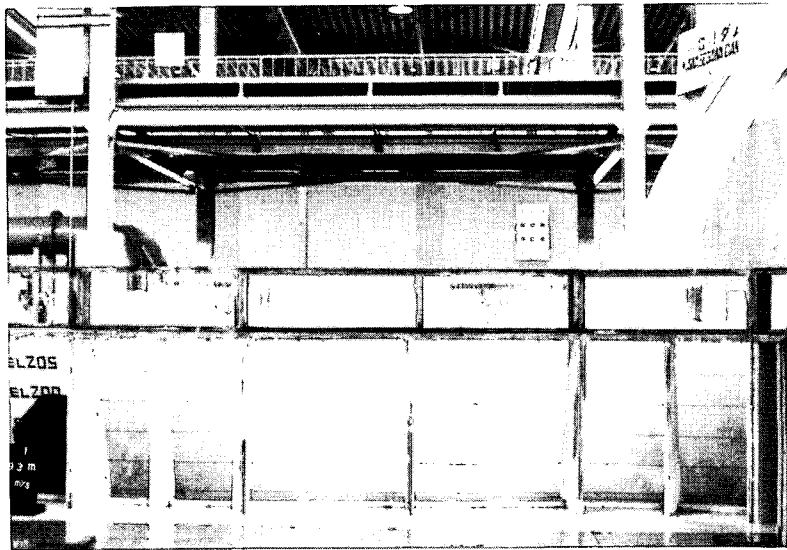


写真7-5

副ダム高さ 減勢工内の流況(1)

副ダム高さ 17.5 m

放流量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$

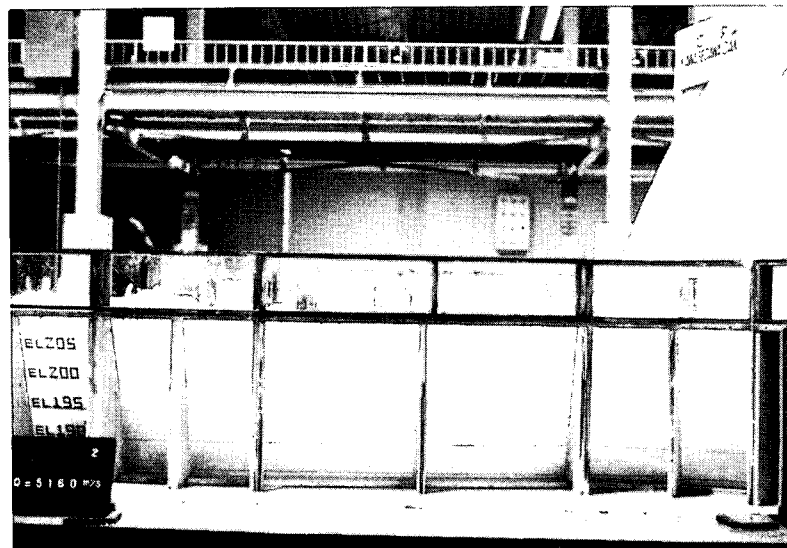


写真7-6

副ダム高さ 減勢工内の流況(2)

副ダム高さ 15 m

放流量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$

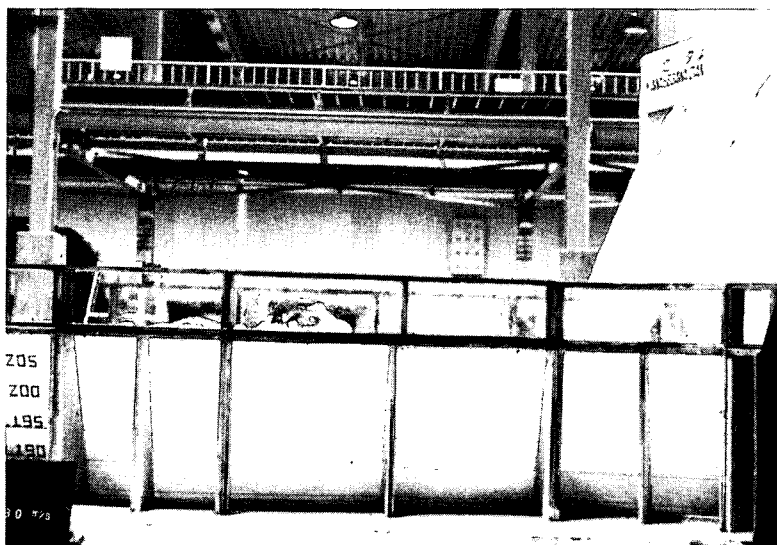


写真7-7

副ダム高さ 減勢工内の流況(3)

副ダム高さ 13 m

放流量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$

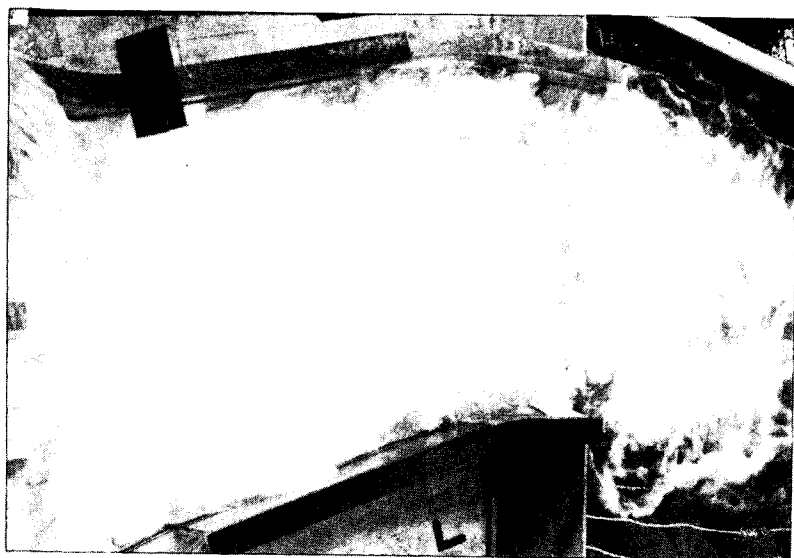


写真 7-8
副ダム高さで減勢工内の流況(4)

写真 7-5 に同じ



写真 7-9
副ダム高さで減勢工内の流況(5)

写真 7-6 に同じ



写真 7-10
副ダム高さで減勢工内の流況(6)

写真 7-7 に同じ

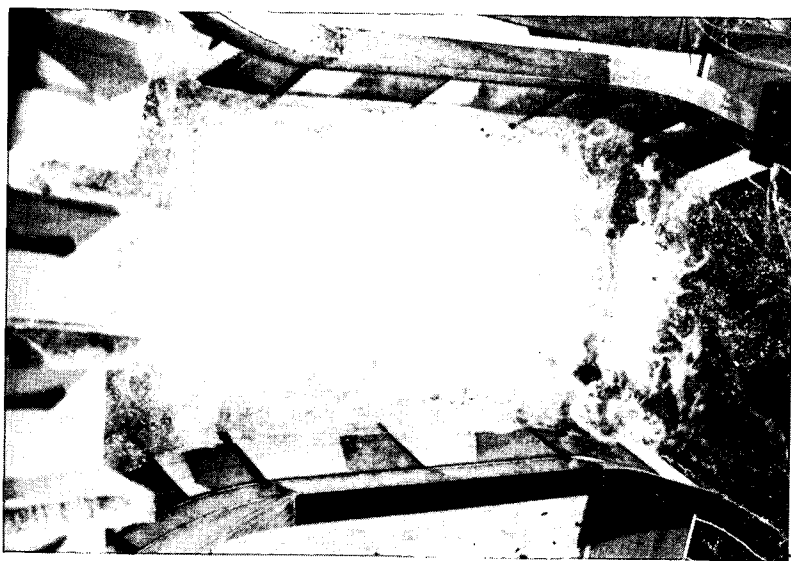


写真7-11
シルの検討(1)

シルなし
副ダム高さ 13 m
放流量 $800 \text{ m}^3/\text{s}$
放流管単独放流

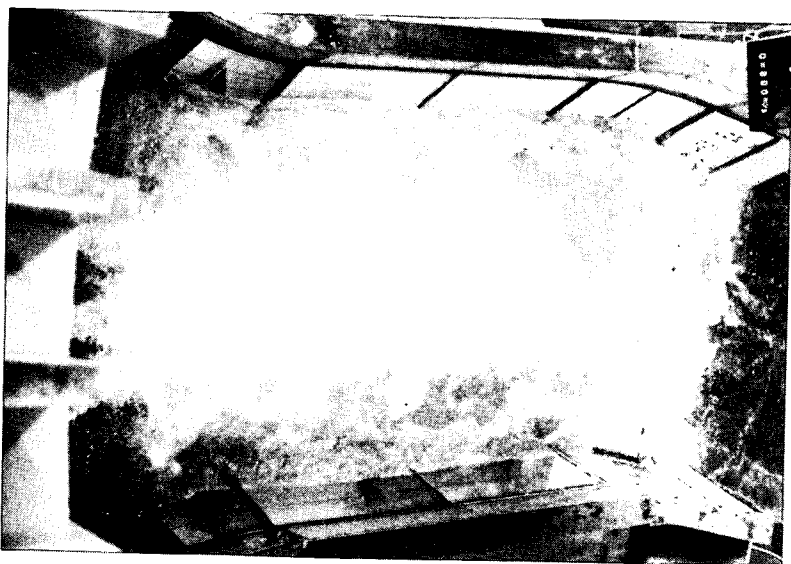


写真7-12
シルの検討(2)

シル形状④
副ダム高さ 13 m
放流量 $800 \text{ m}^3/\text{s}$
放流管単独放流

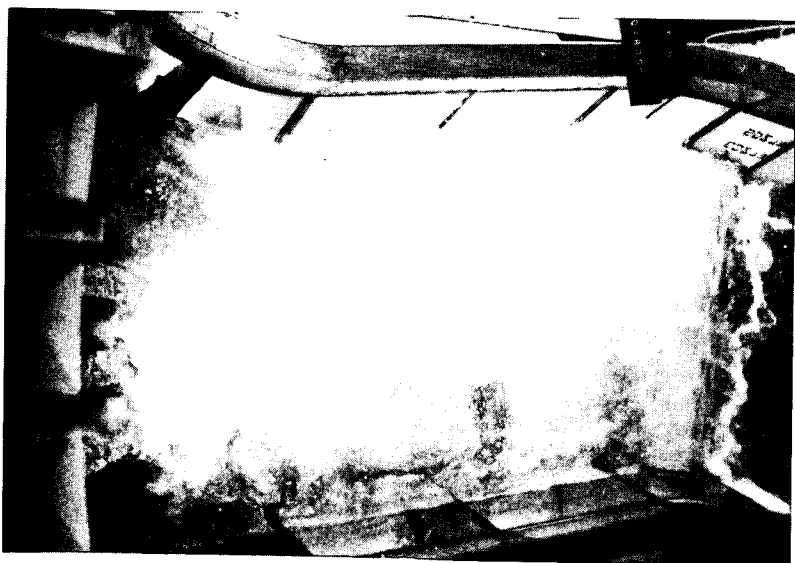


写真7-13
シルの検討(3)

シル形状⑤
副ダム高さ 13 m
放流量 $800 \text{ m}^3/\text{s}$
放流管単独放流



写真 7-14

第 7 章形状の流況(1)

放 流 量 $1,200 \text{ m}^3/\text{s}$

貯 水 位 271.55 m

副ダム高さ 13 m

シル形状⑤

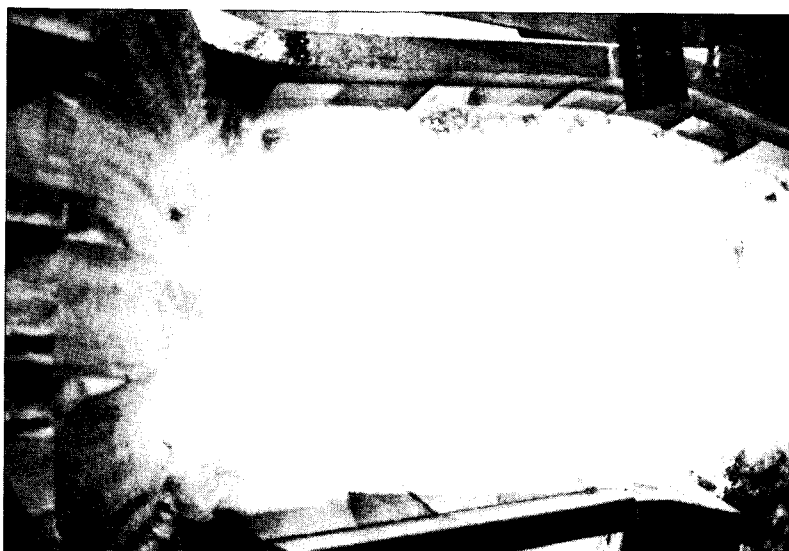


写真 7-15

第 7 章形状の流況(2)

放 流 量 $4,601 \text{ m}^3/\text{s}$

貯 水 位 279.97 m

副ダム高さ 13 m

シル形状⑤



写真 7-16

第 7 章形状の流況(3)

放 流 量 $5,164.33 \text{ m}^3/\text{s}$

貯 水 位 280.92 m

副ダム高さ 13 m

シル形状⑤

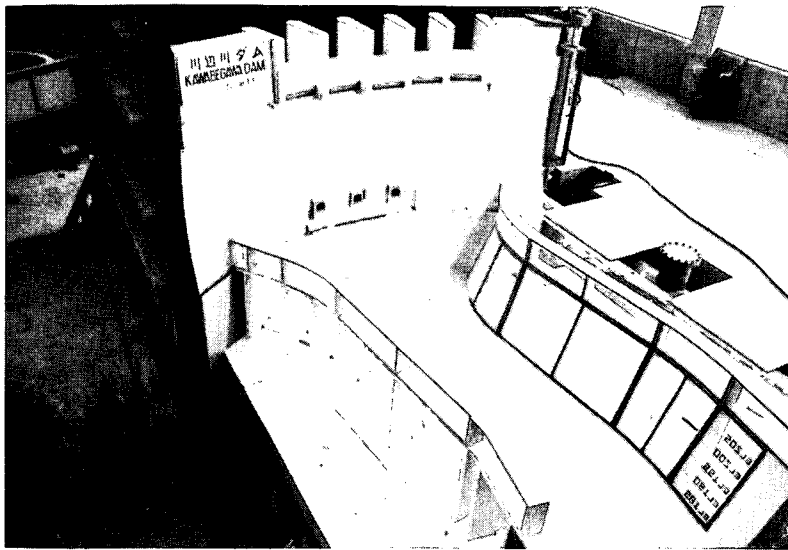


写真 9 - 1

修正模型形状(1)

堤体および減勢工



写真 9 - 2

修正模型形状(2)

越流部



写真 9 - 3

修正模型形状(3)

下流河道部



写真 9 - 4
落下水脈の状態
(デフレクタなし)

副ダムなし
貯 水 位 EL 280.84 m
流 量 $5,123.58 \text{ m}^3/\text{s}$



写真 9 - 5
落下水脈の状態
(デフレクタなし)

同 上

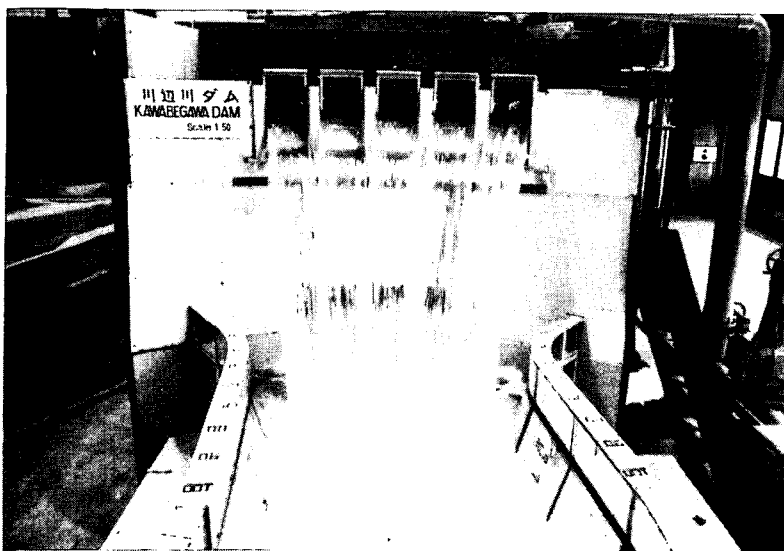


写真 9 - 6
落下水脈の状態
(デフレクタ $d = 0.25 \text{ m}$)

減勢工底面の幅の中に納まっ
ている。
副ダムなし

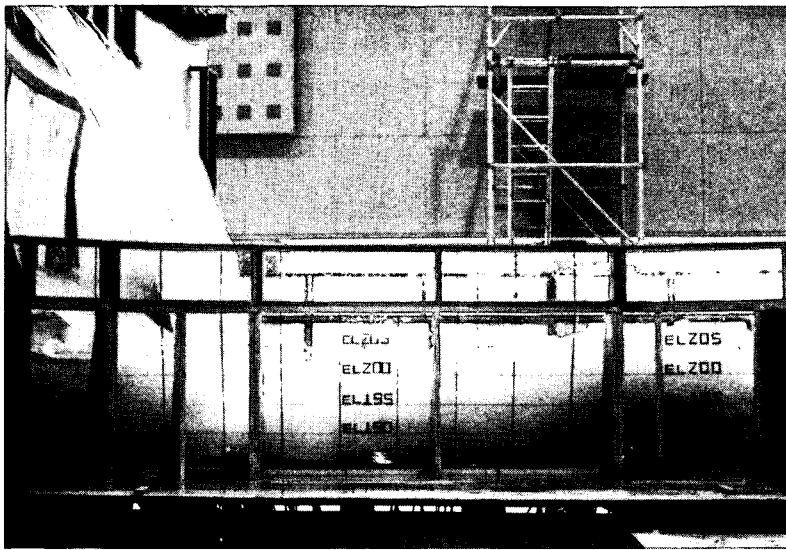


写真 9-7

副ダム高さの検討(1)

副ダム高さ 8.5 m

シルなし

貯 水 位 280.85 m

放 流 量 $5,161 \text{ m}^3/\text{s}$

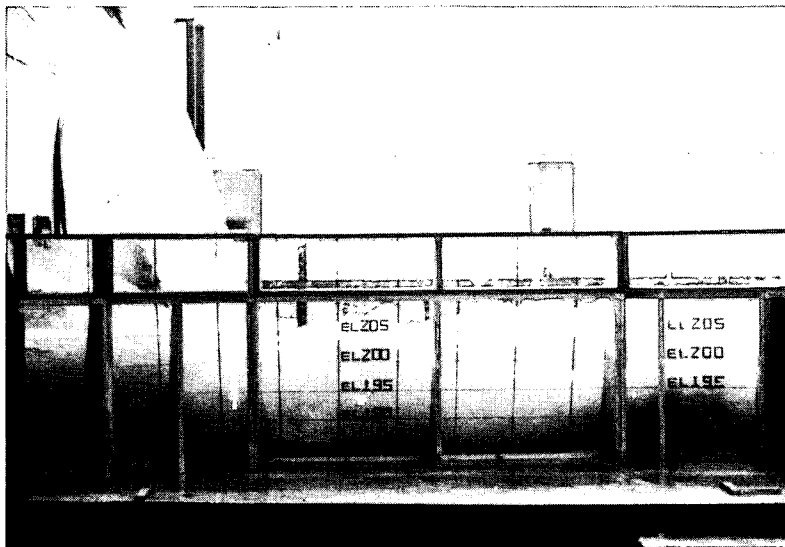


写真 9-8

副ダム高さの検討(2)

副ダム高さ 10 m

シルなし

貯 水 位 280.83 m

放 流 量 $5,157.46 \text{ m}^3/\text{s}$

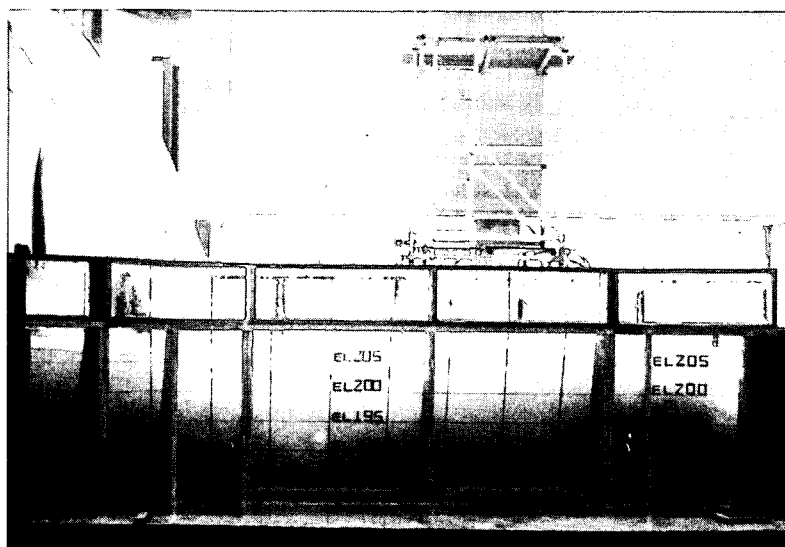


写真 9-9

副ダム高さの検討(3)

副ダム高さ 13 m

シルなし

貯 水 位 280.85 m

放 流 量 $5,161 \text{ m}^3/\text{s}$

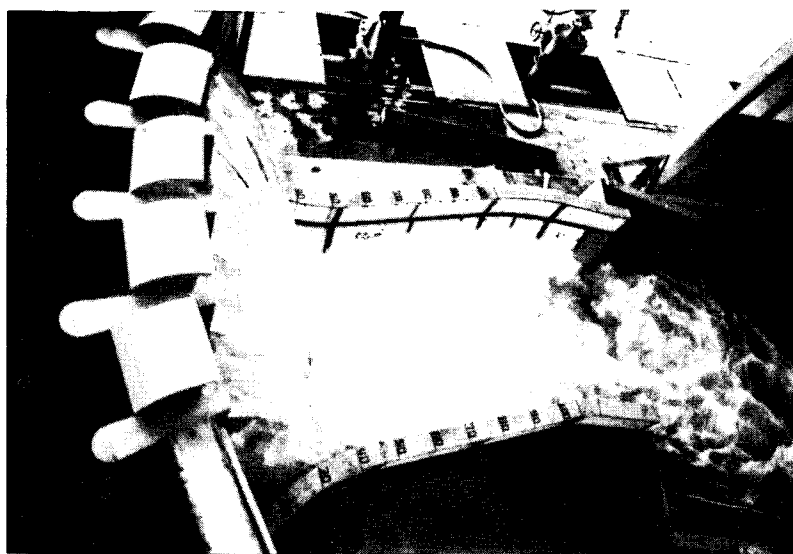


写真 9-10
シルの検討(1)

シル位置 D.C. 90 m
副ダム高さ 13 m
貯 水 位 280.82 m
放 流 量 $5,161.09 \text{ m}^3/\text{s}$

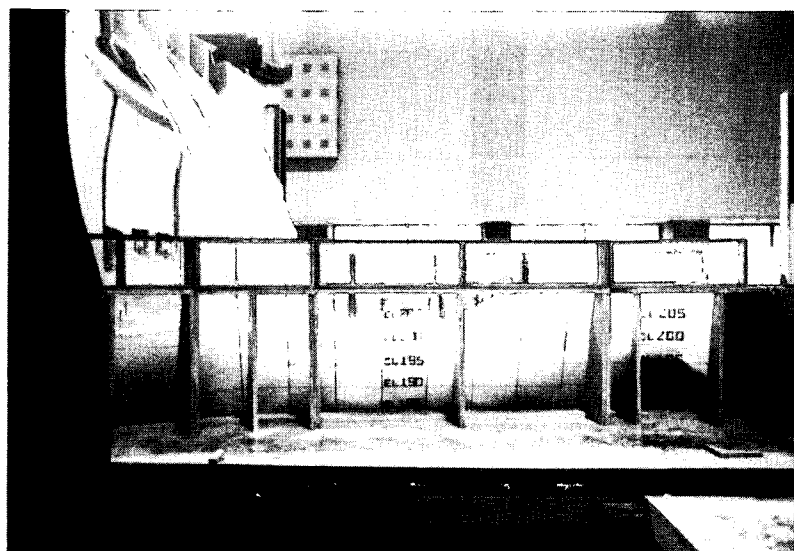


写真 9-11
シルの検討(2)

写真 9-10に同じ
(右岸側より)

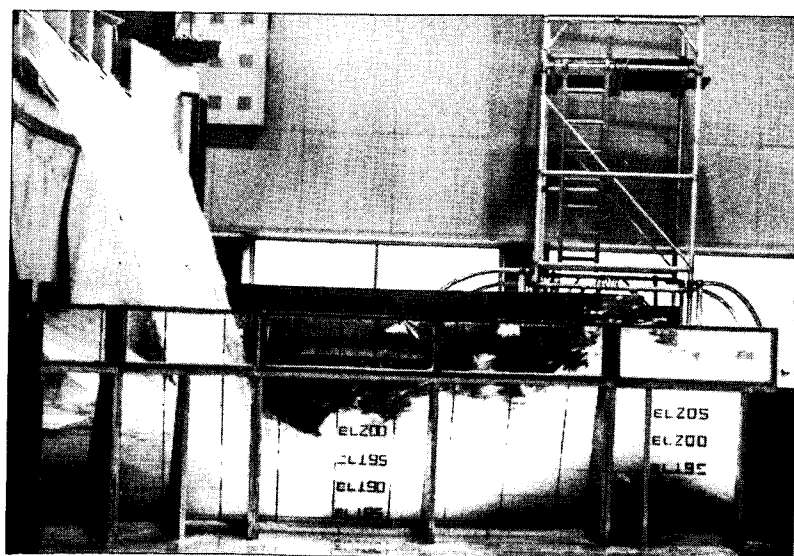


写真 9-12
シルの検討(3)

シル位置 D.C. 90 m
副ダム高さ 10 m
貯 水 位 280.86 m
放 流 量 $5,160.11 \text{ m}^3/\text{s}$

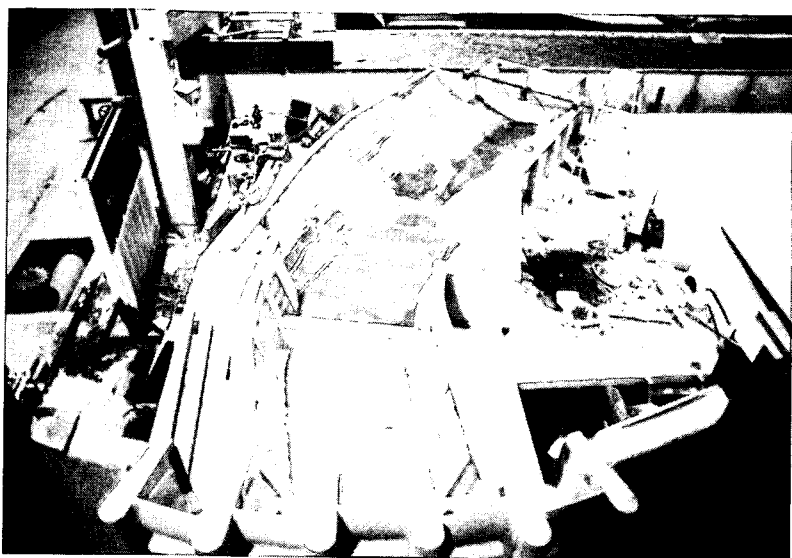


写真 9-13

副ダム減勢工がない場合の
下流河道の流況(1)
(模型形状)

副ダム高さ 13 m

シル位置 D. C. 90 m



写真 9-14

副ダム減勢工がない場合の
下流河道の流況(2)

放 流 量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$

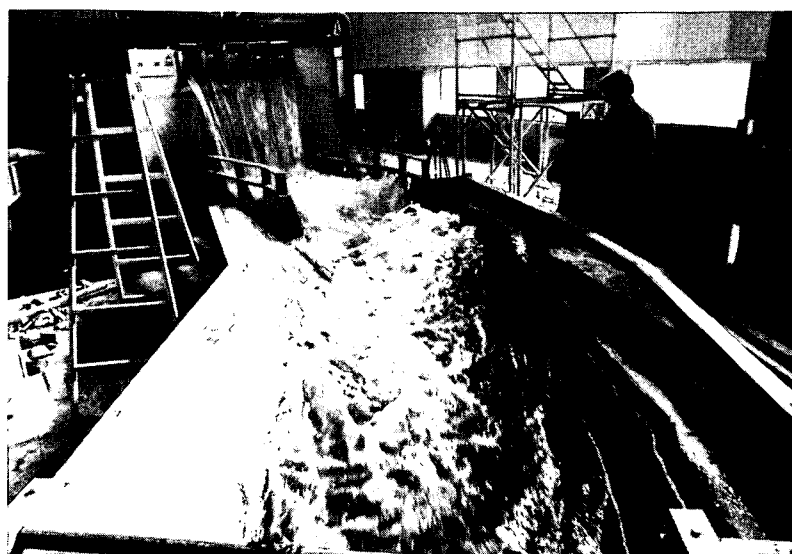


写真 9-15

副ダム減勢工がない場合の
下流河道の流況(3)
(下流より)

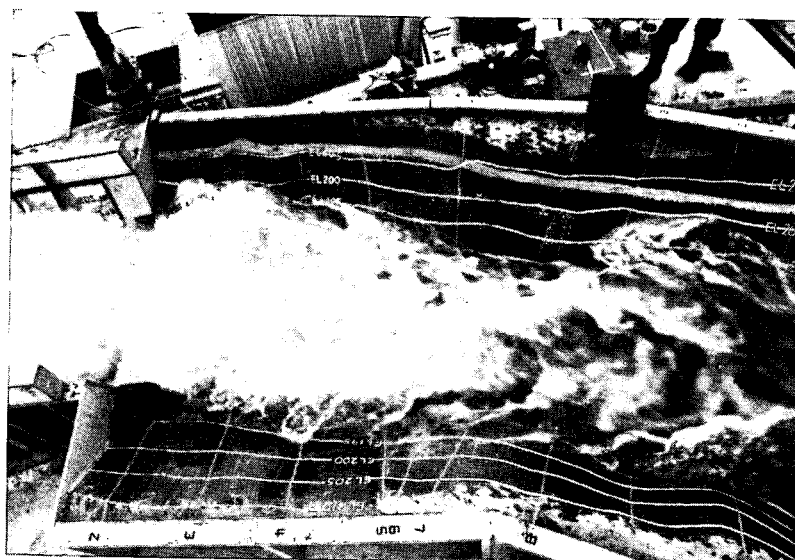


写真 9-16

副ダム減勢工の長さの検討(1)

副ダム減勢工長さ 25 m

放 流 量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$

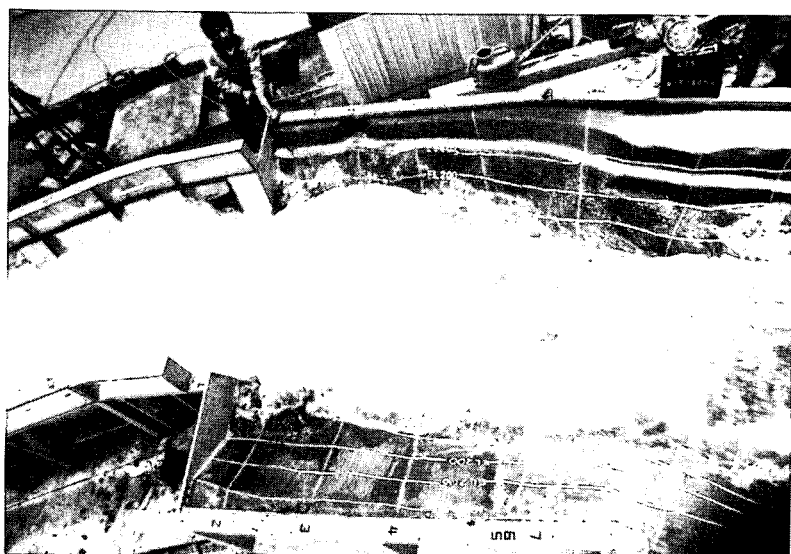


写真 9-17

副ダム減勢工の長さの検討(2)

副ダム減勢の長さ 25 m

放 流 量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$

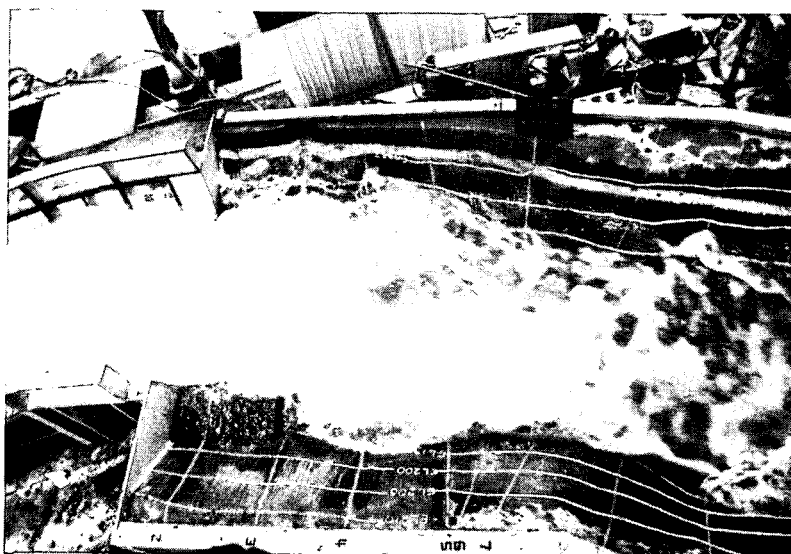


写真 9-18

副ダム減勢工の長さの検討(3)

副ダム減勢工長さ 35 m

放 流 量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$



写真 9-19

副ダム減勢工内の流況

放 流 量 $800 \text{ m}^3/\text{s}$

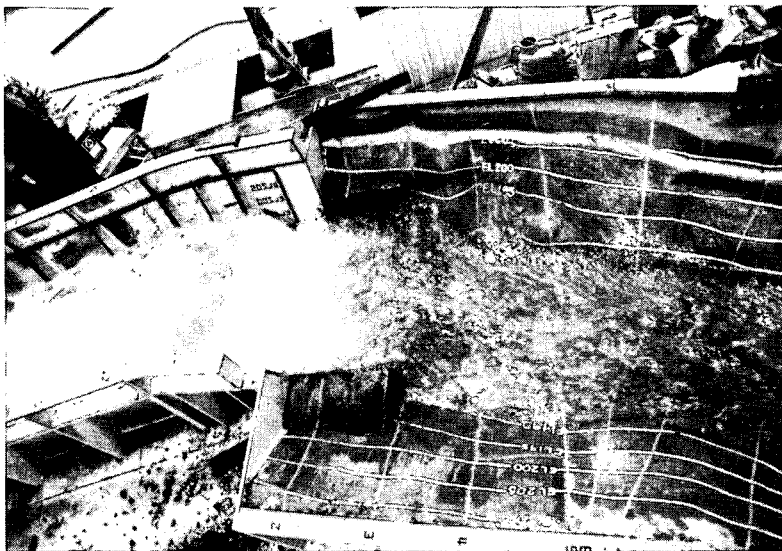


写真 9-20

順傾斜付き副ダム減勢工(1)

放 流 量 $800 \text{ m}^3/\text{s}$

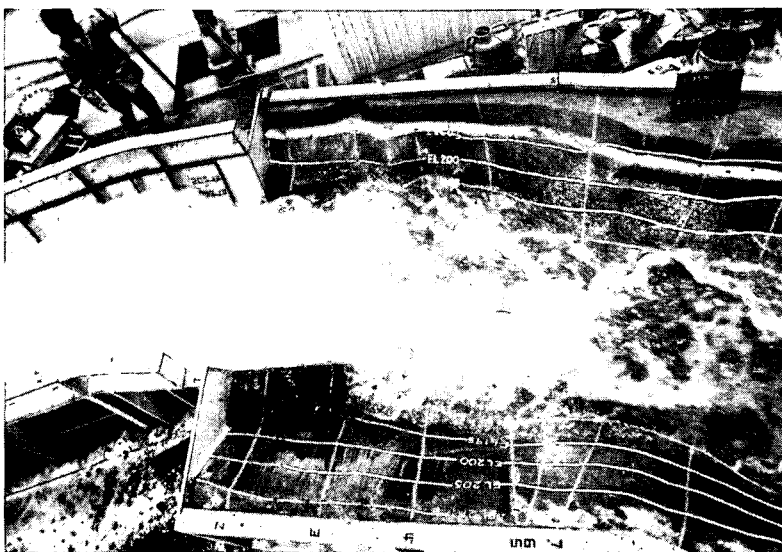


写真 9-21

順傾斜付き副ダム減勢工(2)

放 流 量 $3,520 \text{ m}^3/\text{s}$

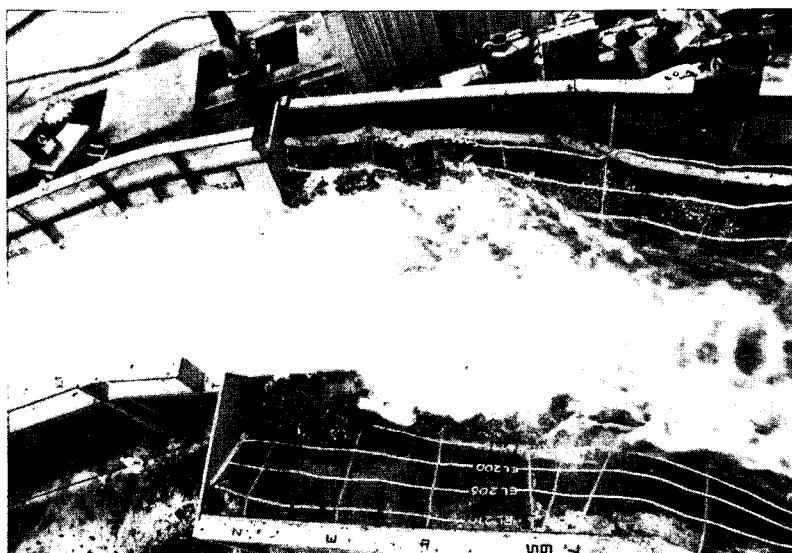


写真 9 - 22

順傾斜付き副ダム減勢工(3)

放 流 量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$

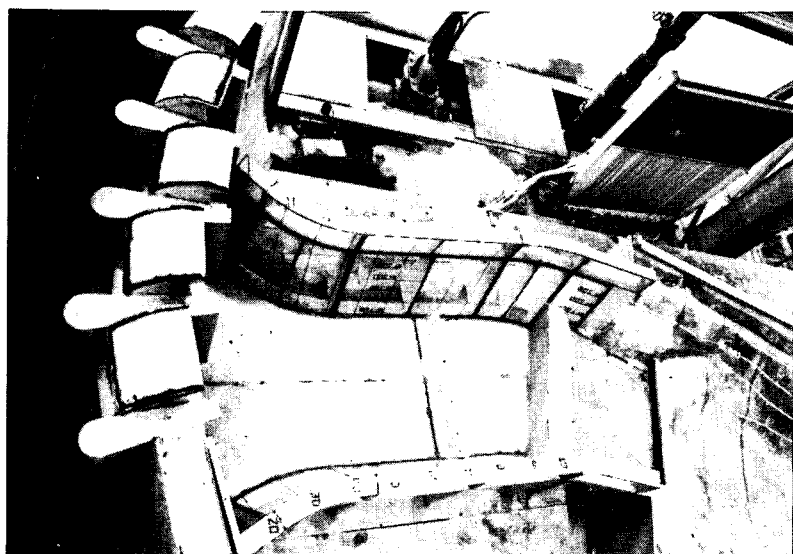


写真 9 - 23

最終案形状

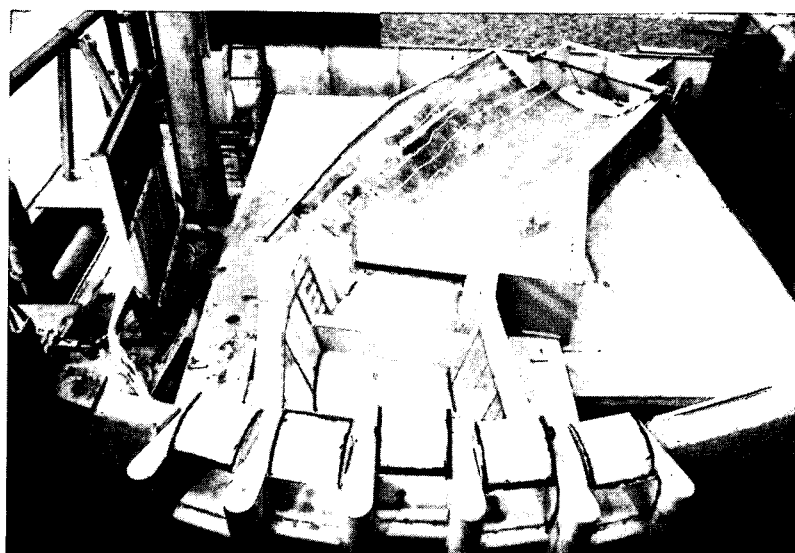


写真 9 - 24

最終案形状

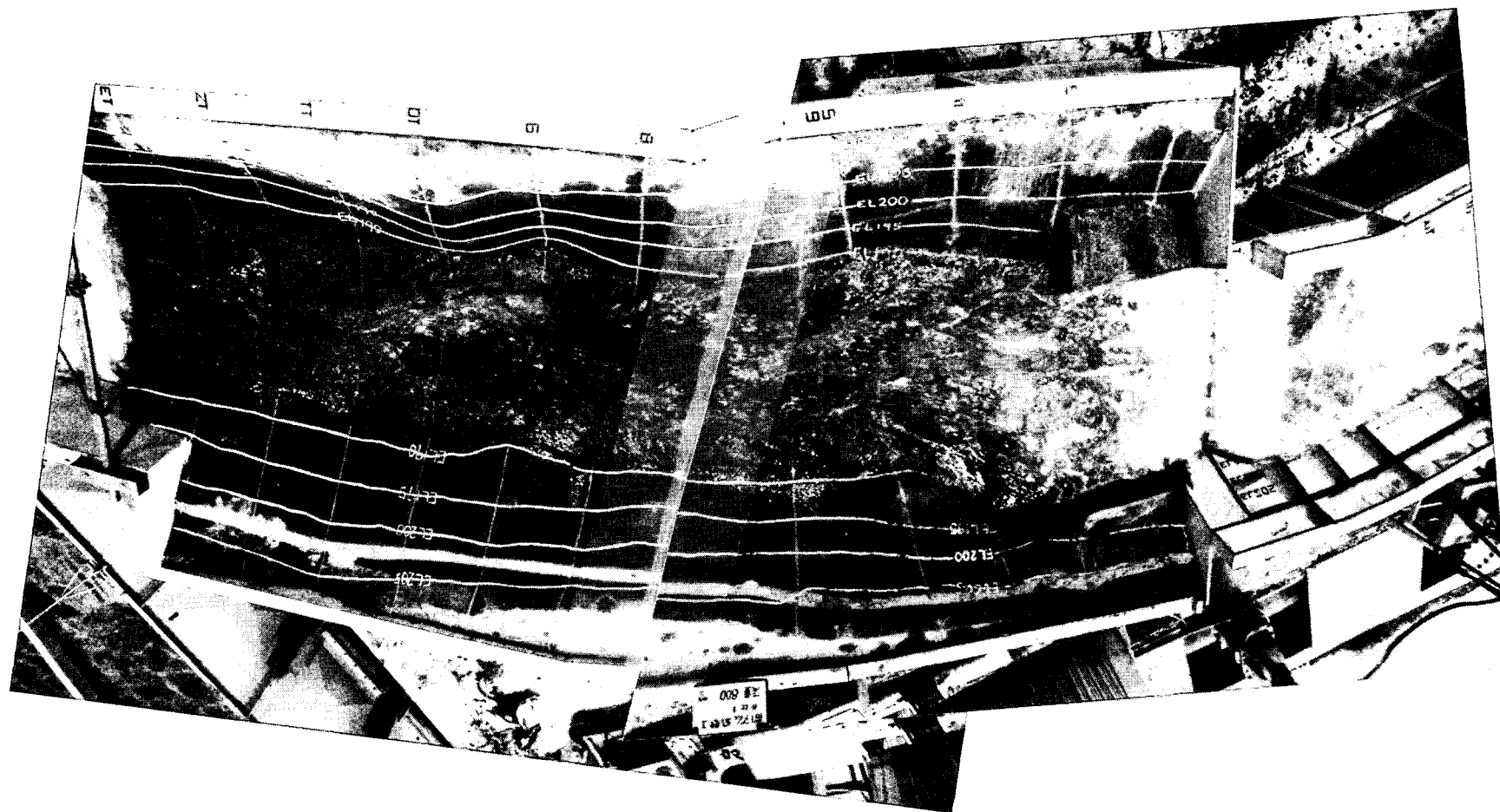


写真 9-25 最終案形状における下流河道部の流況(1) 放流量 $800 \text{ m}^3/\text{s}$

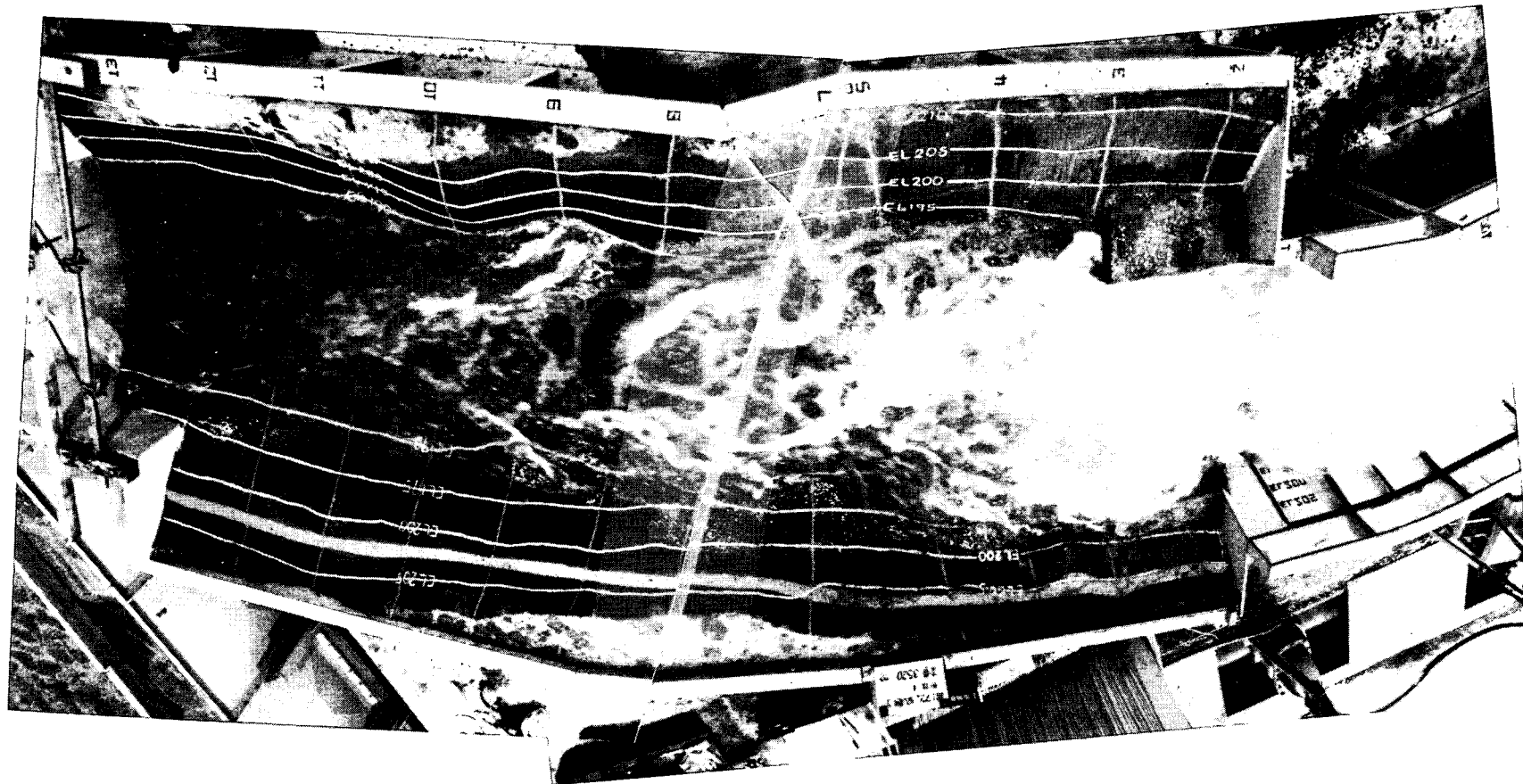


写真 9-26 最終案形状における下流河道部の流況(2) 放流量 $3,520 \text{ m}^3/\text{s}$

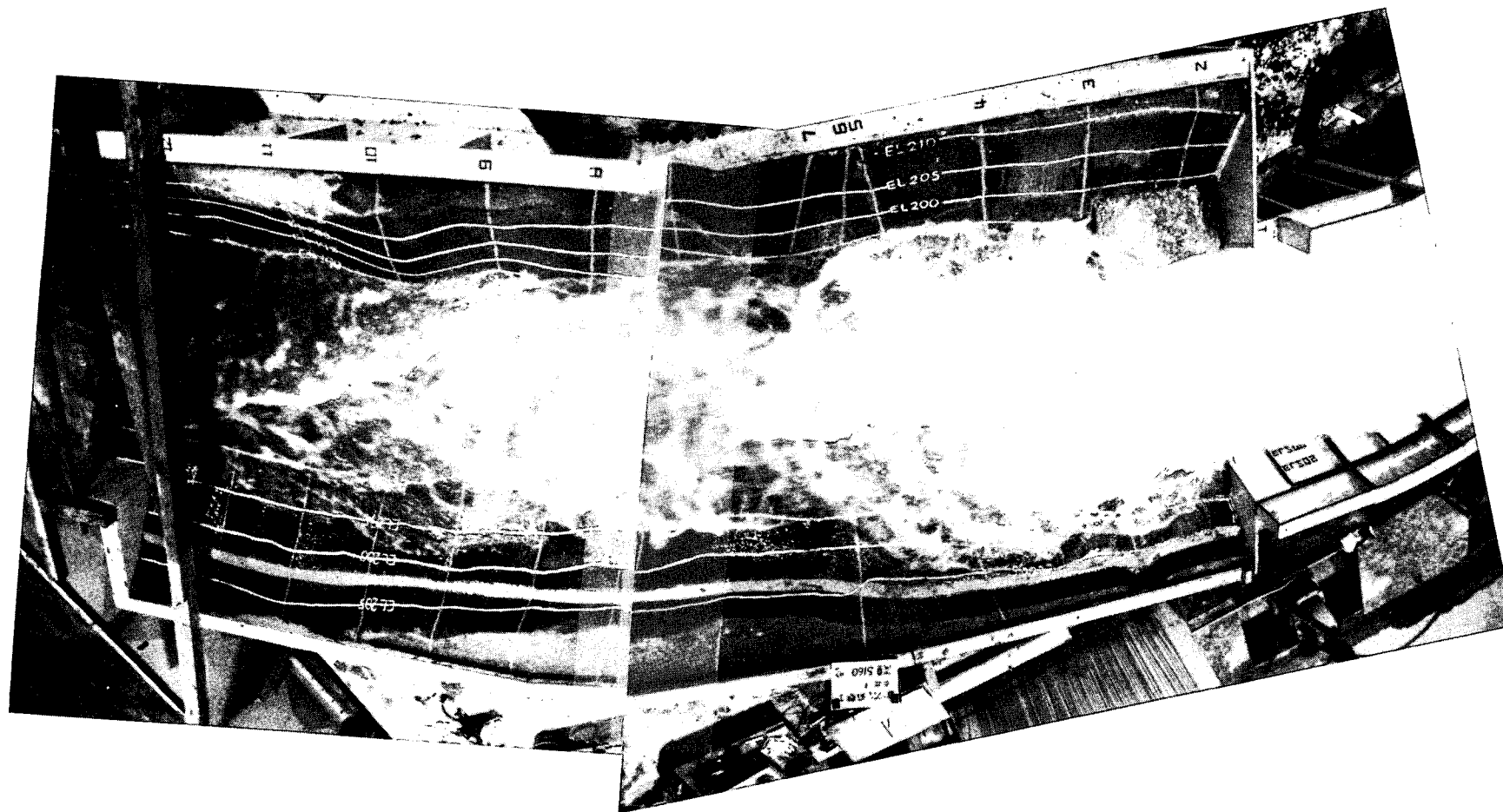


写真 9-27 最終案形状における下流河道部の流況(3) 放流量 $5,160 \text{ m}^3/\text{s}$

川辺川ダム水理模型実験
報告書

I S S N 0386-5878
土木研究所資料第1869号
昭和58年3月(1983)

建設省土木研究所ダム水工研究室

キーワード

要旨

川辺川ダム洪水吐きの水理設計および水理模型実験に
よる調査検討

