

I S S N 0386—5878

土 研 資 料 第1585号

土 木 研 究 所 資 料

浅瀬石川ダム洪水吐水理模型実験報告書

昭和55年3月

建設省土木研究所

ダム水工研究室

Copyright © 54年度 by P.W.R.I.

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

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

ま え が き

本報告書は建設省土木研究所が東北地方建設局の依頼により、昭和 54 年度に実施した浅瀬石川ダム洪水吐の水理設計および水理模型実験の結果をとりまとめたものである。

なお、本水理実験の計測、整理の主たるものは土木研究所の実施計画に基づき日本工営株式会社技術研究所が実施した。

昭和 55 年 3 月

建設省土木研究所 ダム水工研究室

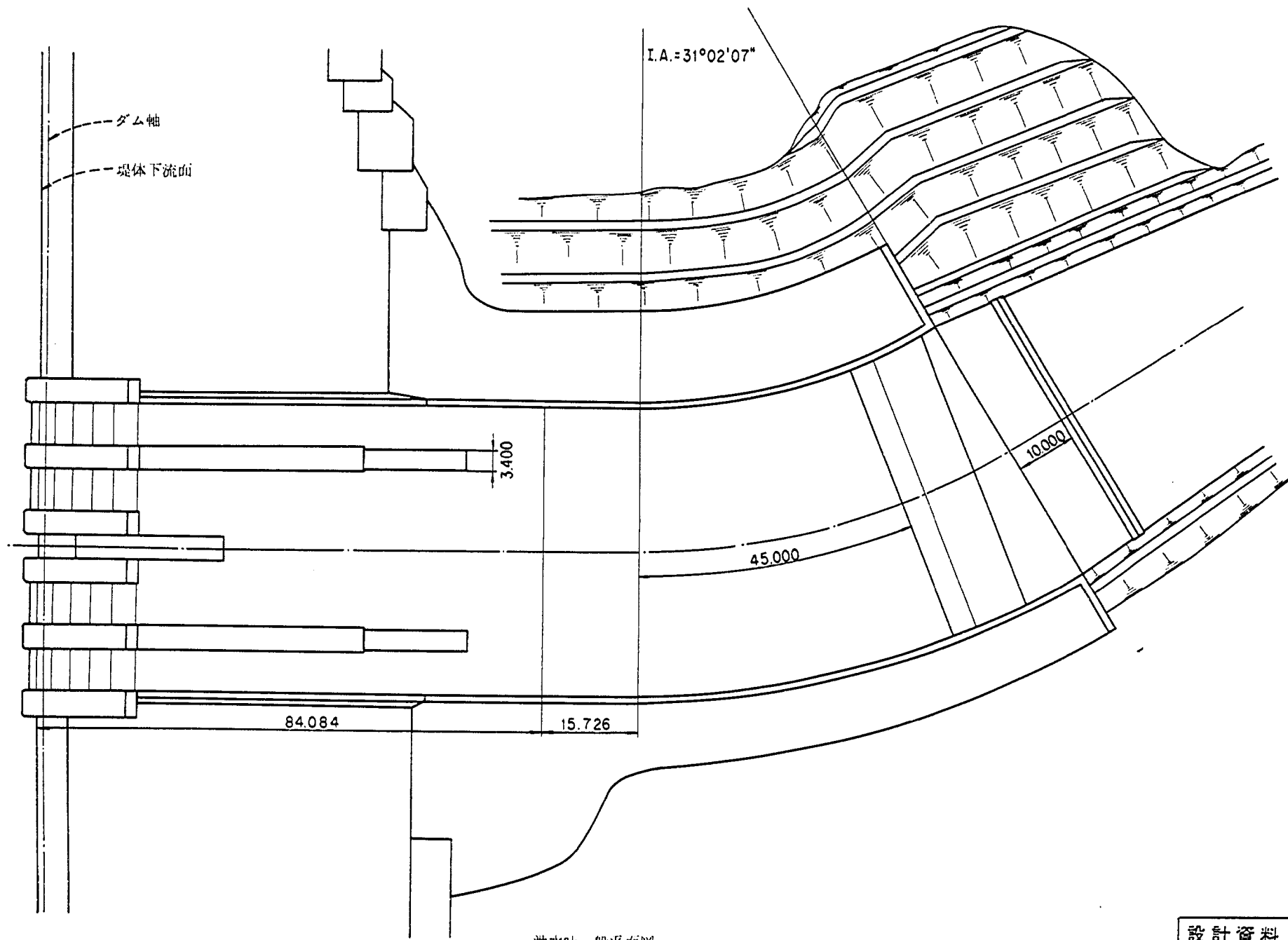
波 多 野 茂 幸

目 次

検 討 結 果	1
第一章 計 画 概 要	19
第二章 放 水 管	27
第一節 設 計 条 件	27
第二節 設 計	27
第三節 水 理 実 験	32
第四節 総 括	35
第三章 低圧型管路	65
第一節 概 要	65
第二節 設 計	65
第三節 水 理 実 験	66
第四節 総 括	69
第四章 堤頂越流部	87
第一節 設 計 条 件	87
第二節 越流部の形状	87
第三節 越流面圧力の検討	87
第四節 水 理 実 験	89
第五節 総 括	91
第五章 減 勢 工	103
第一節 設 計 条 件	103
第二節 設計の概要と形式の選定	103
第三節 概略必要規模	103
第四節 水 理 実 験	104
第五節 総 括	109

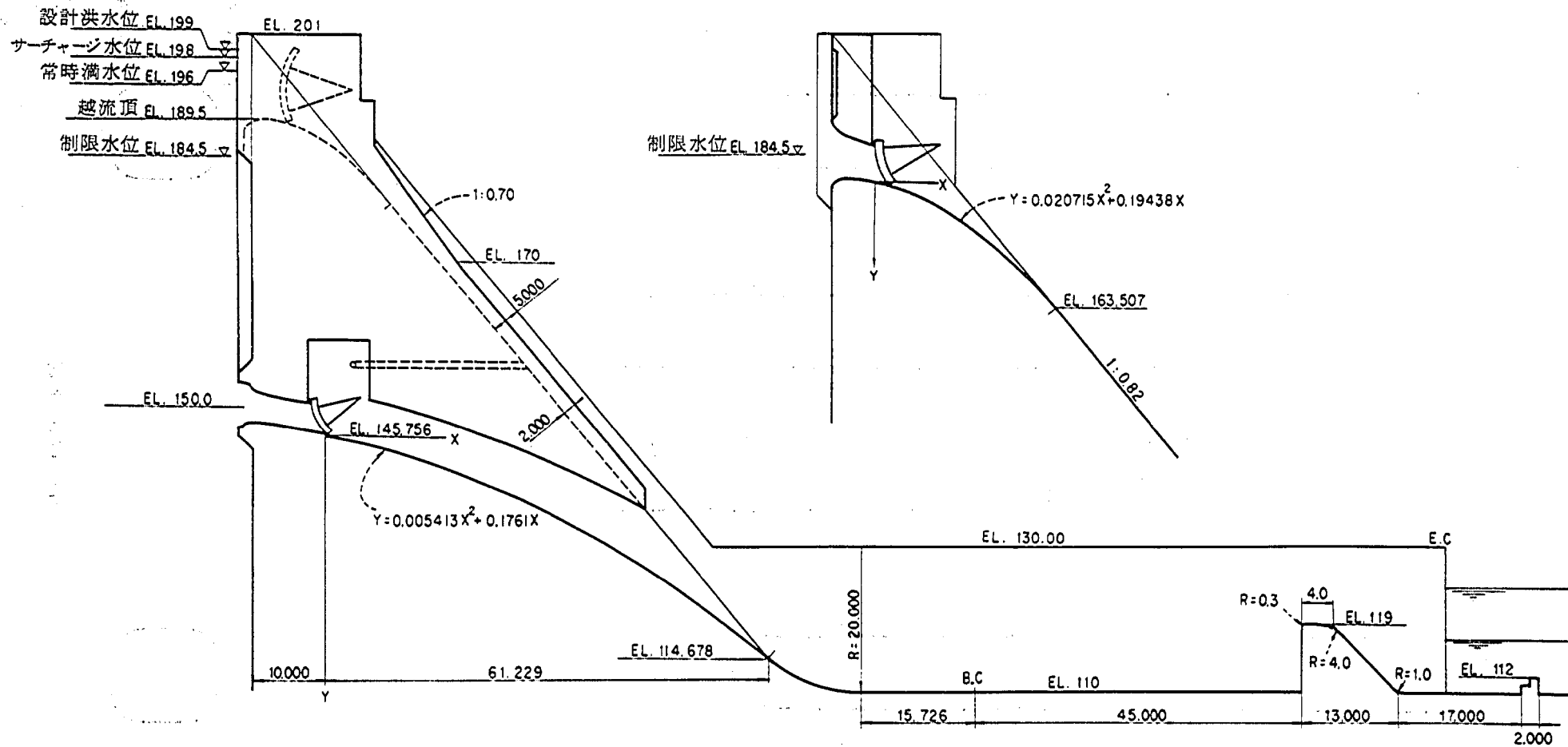
検 討 結 果

浅瀬石川ダム洪水吐として、「設計資料」に示す形状を採用すれば設計条件を満足し、所定の機能を維持することができる。この場合、放水管、低圧型管路および越流頂の放流能力曲線は「管理資料」に示すものを適用する。

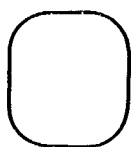
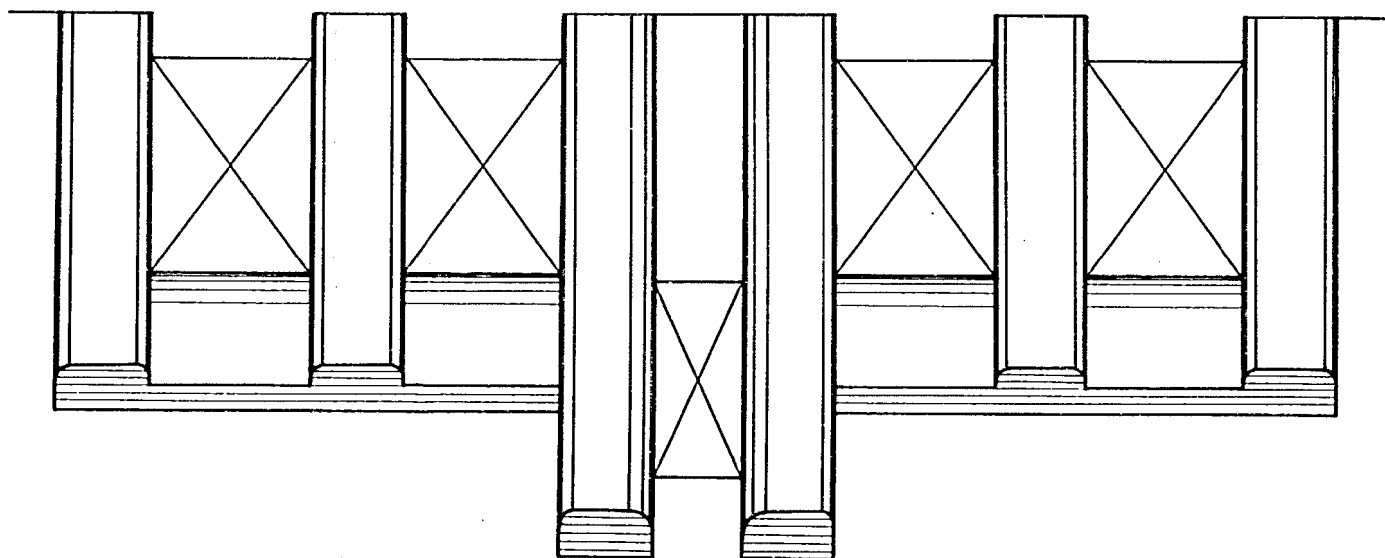
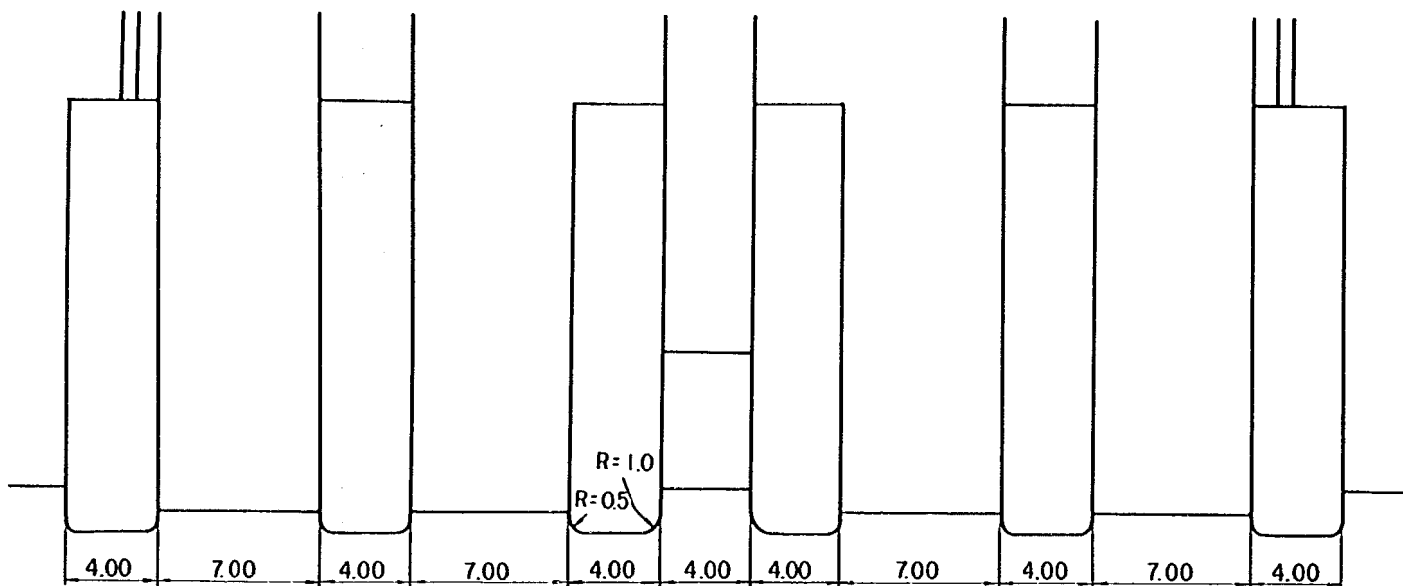


洪水吐一般平面図

設計資料



洪水吐一般断面図



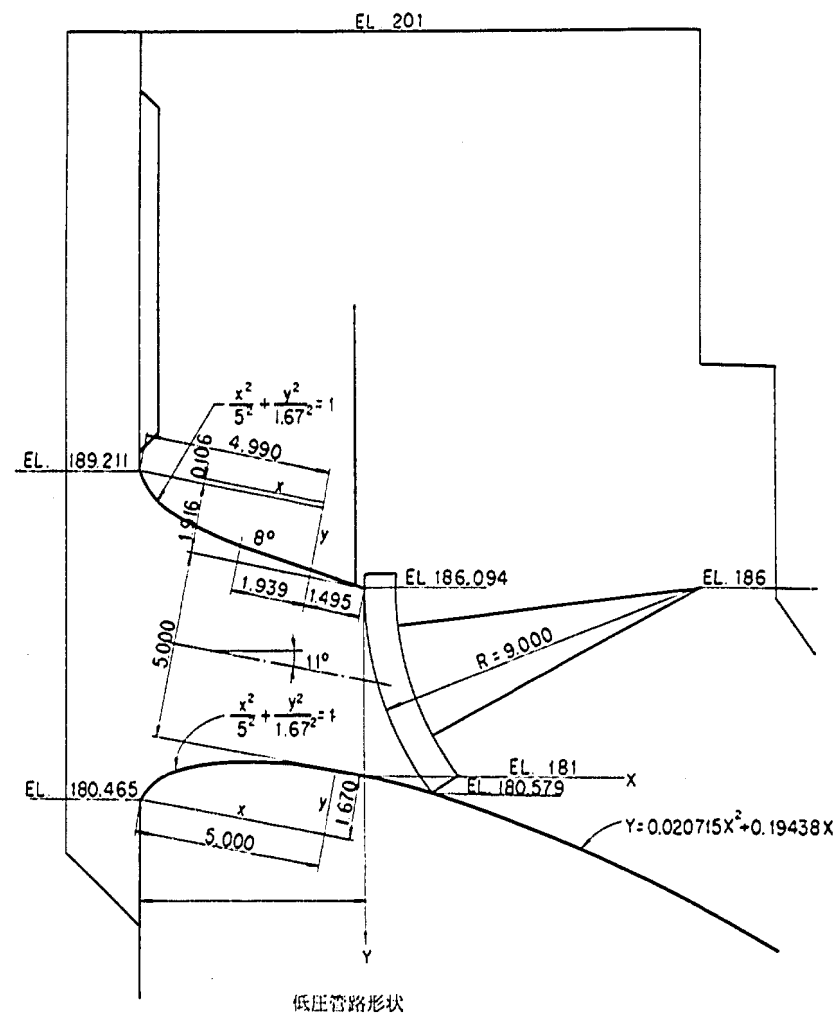
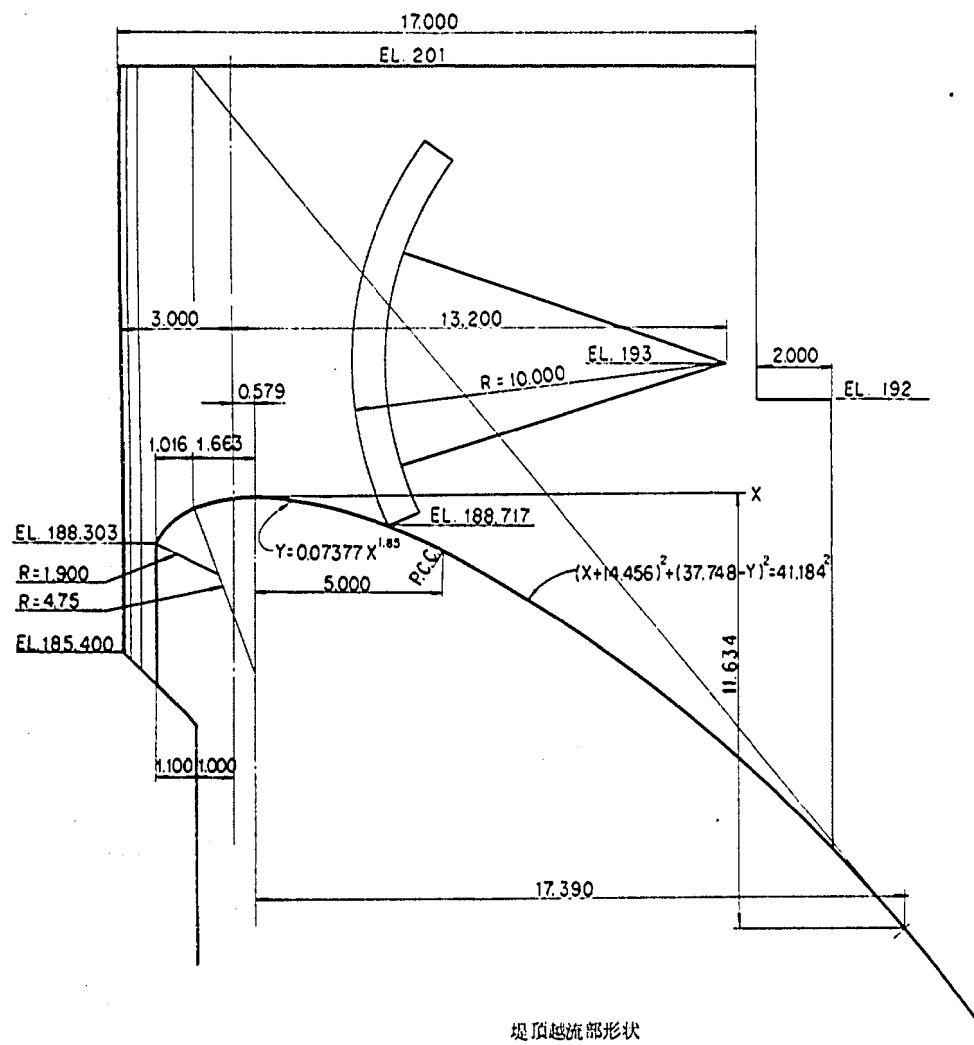
EL. 152.998

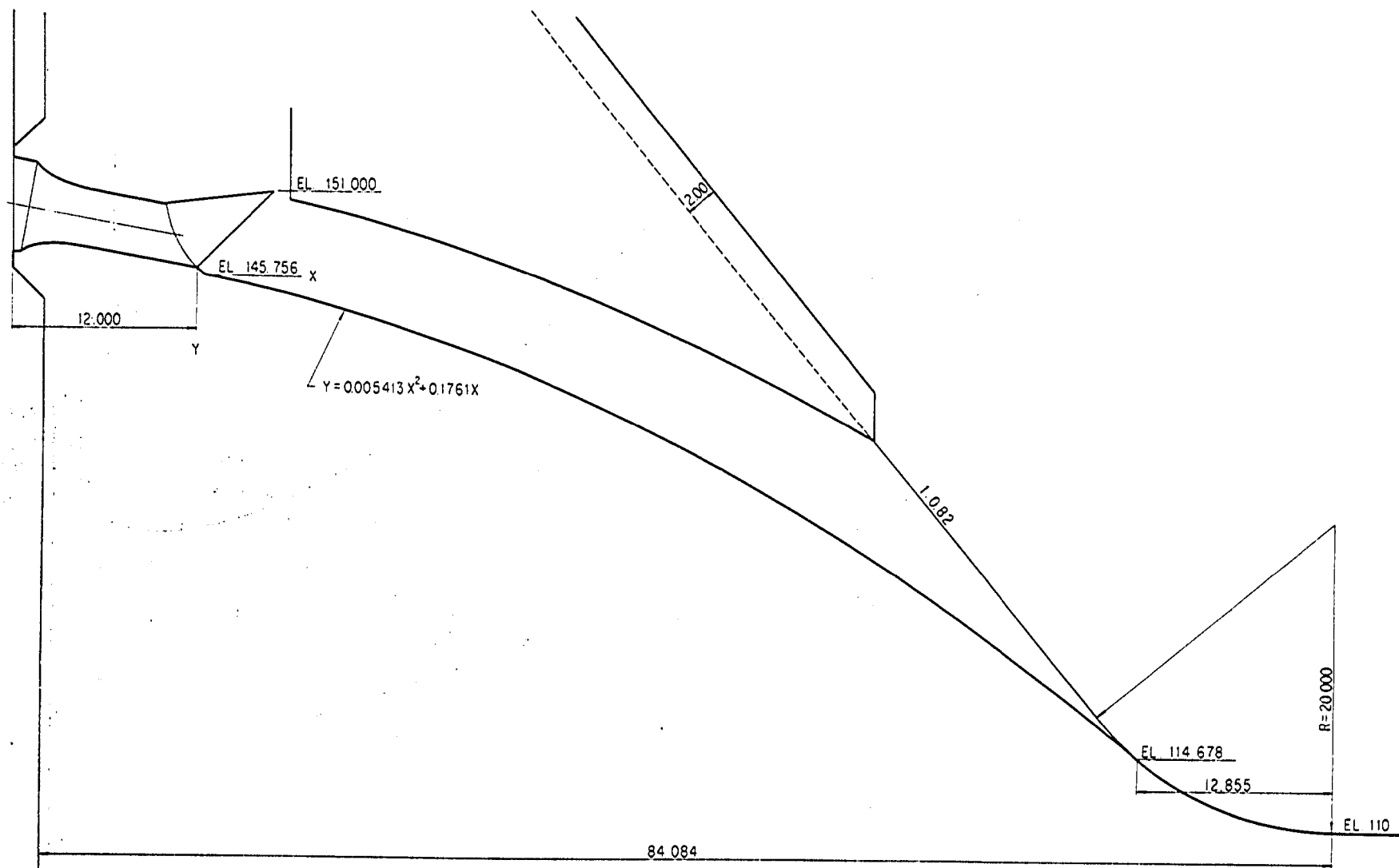


EL. 146.919

堤頂越流部一般図

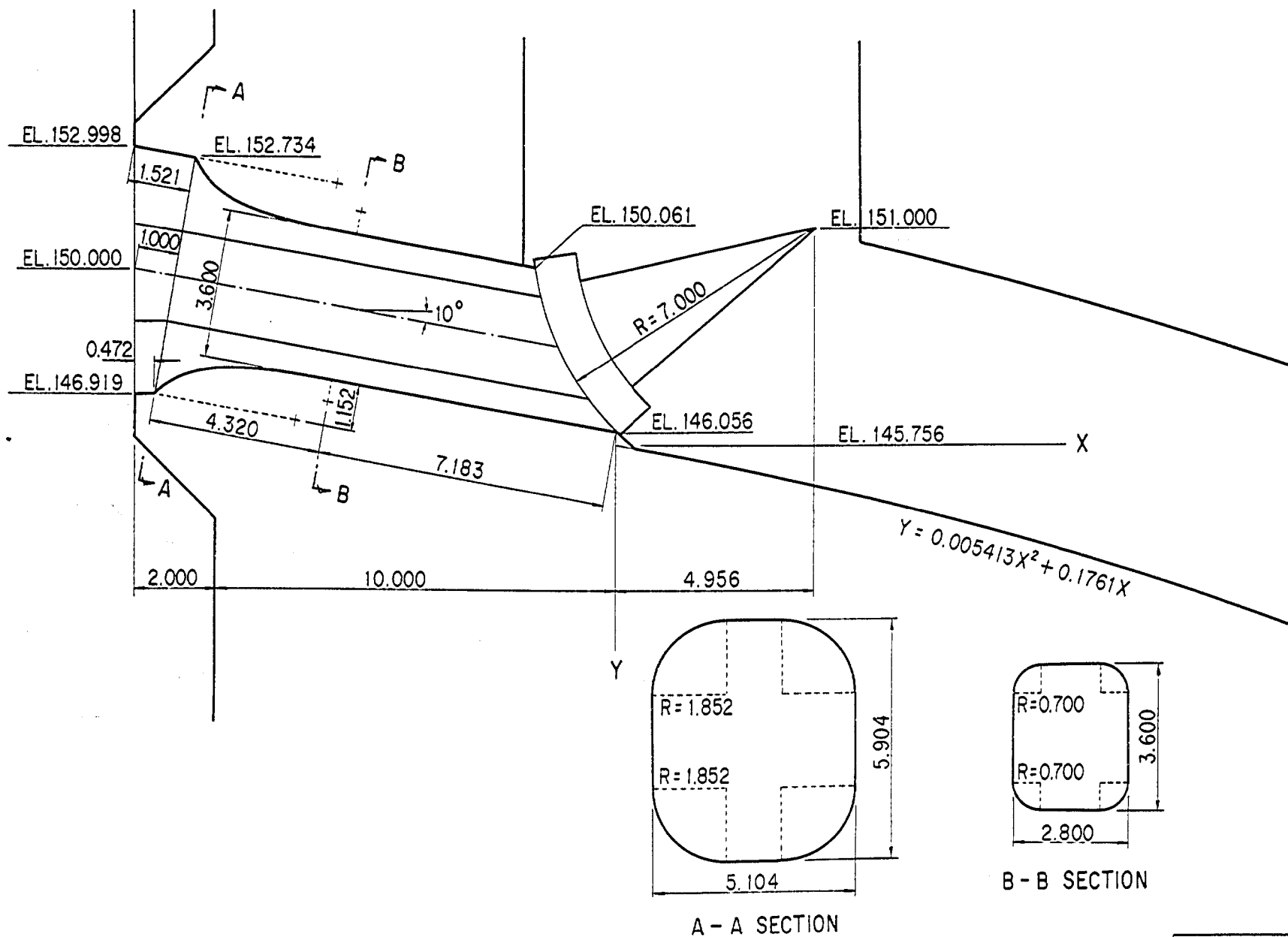
設計資料



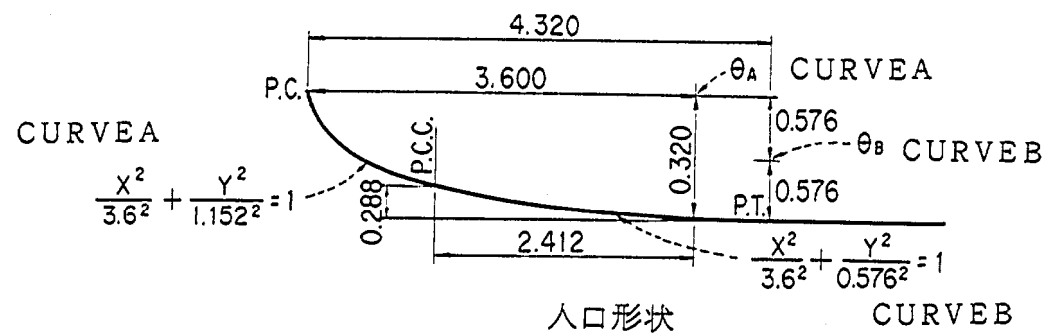
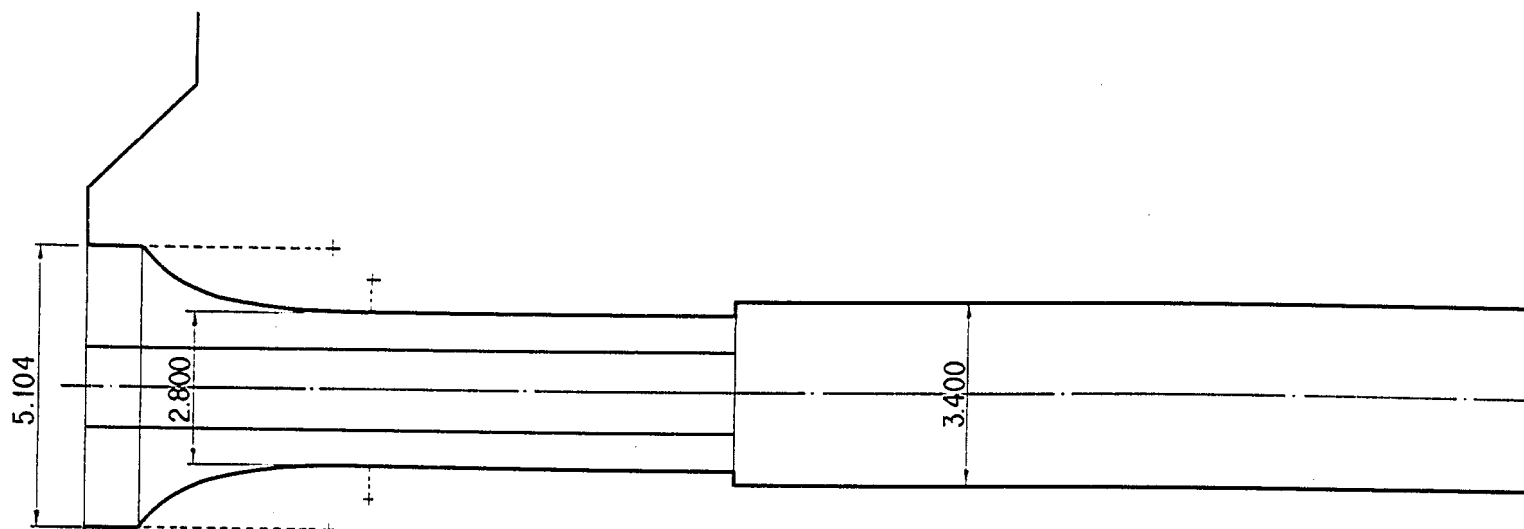


放水管全体断面図

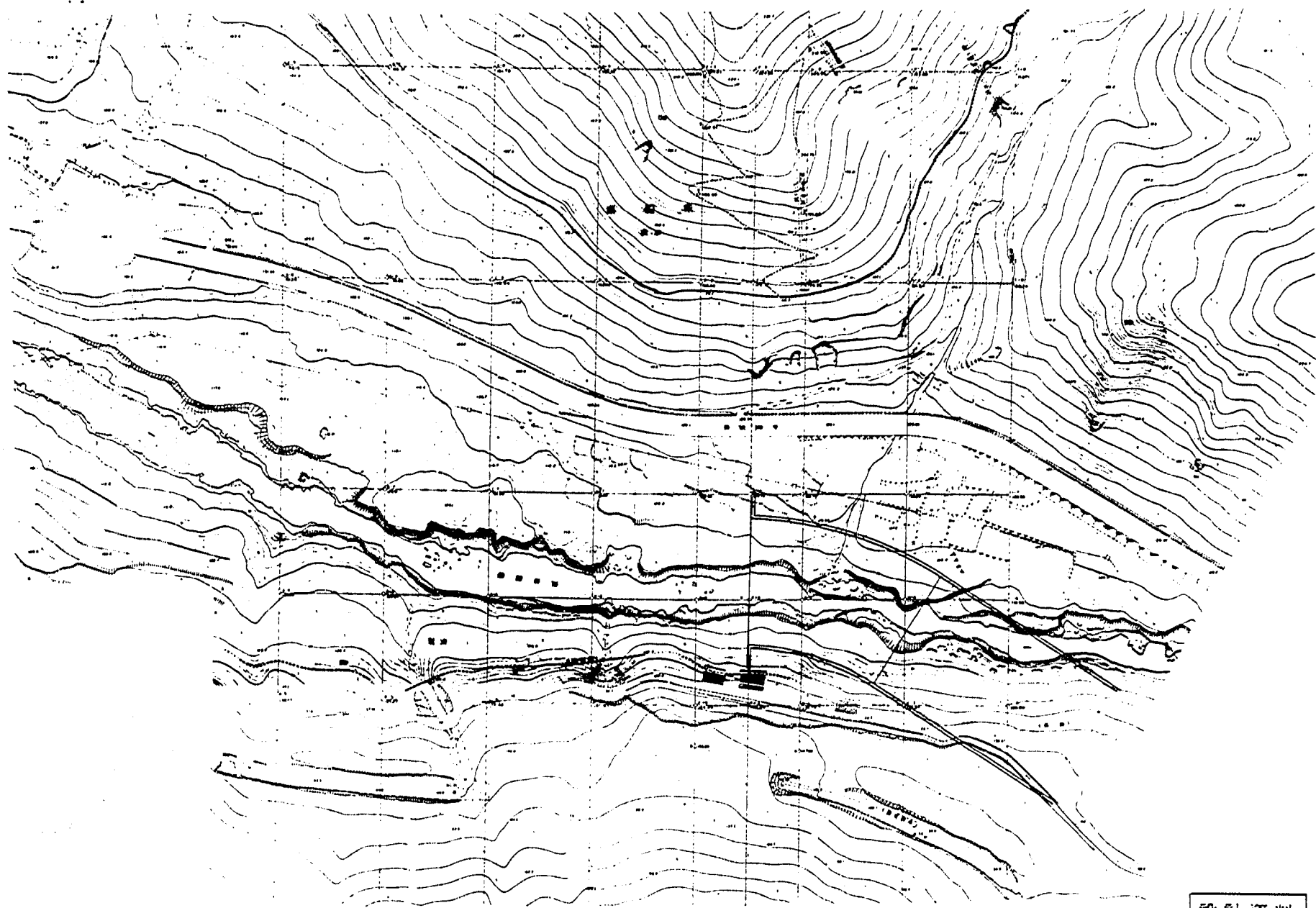
設計資料



放水管側面および断面

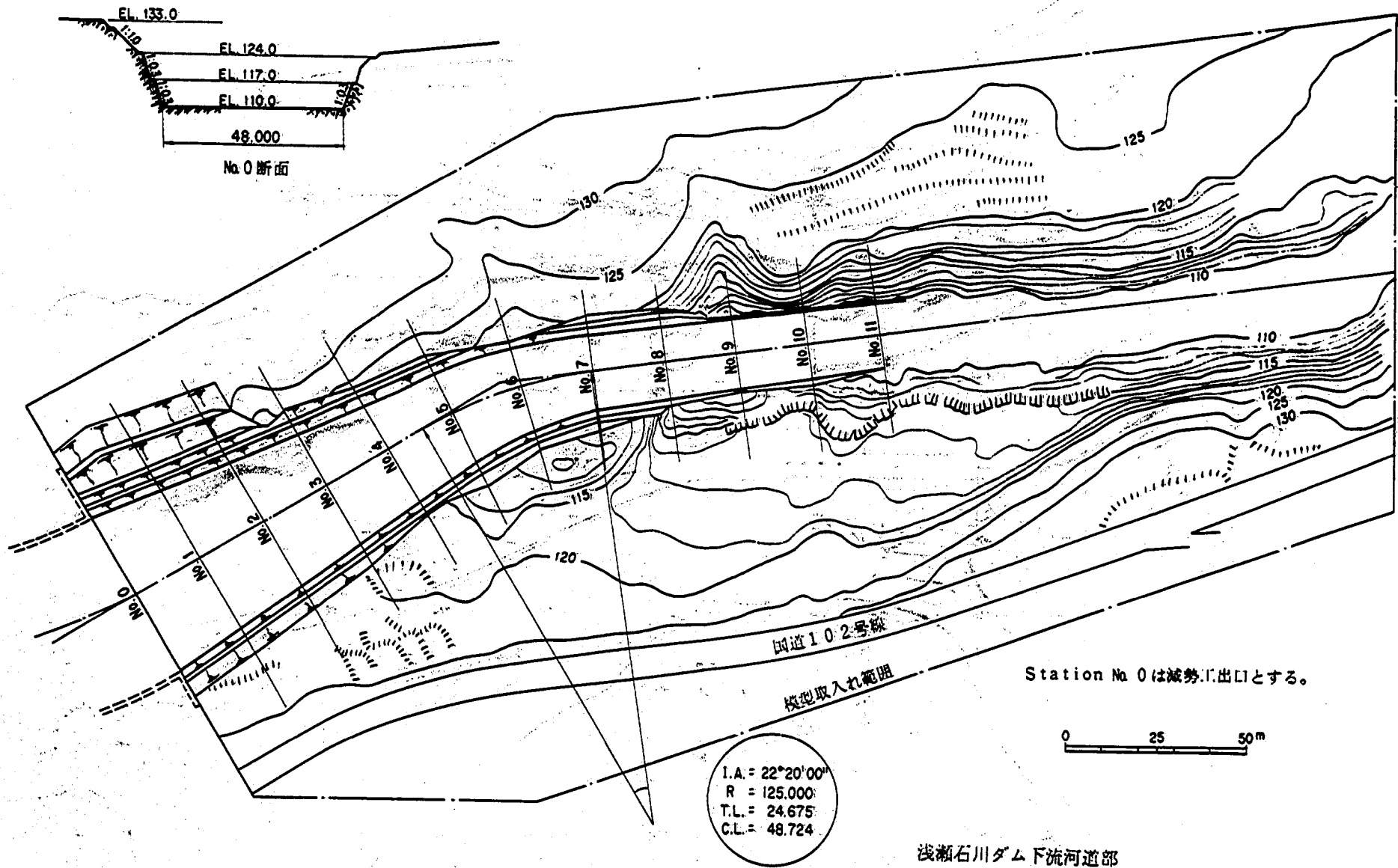


放水管平面圖

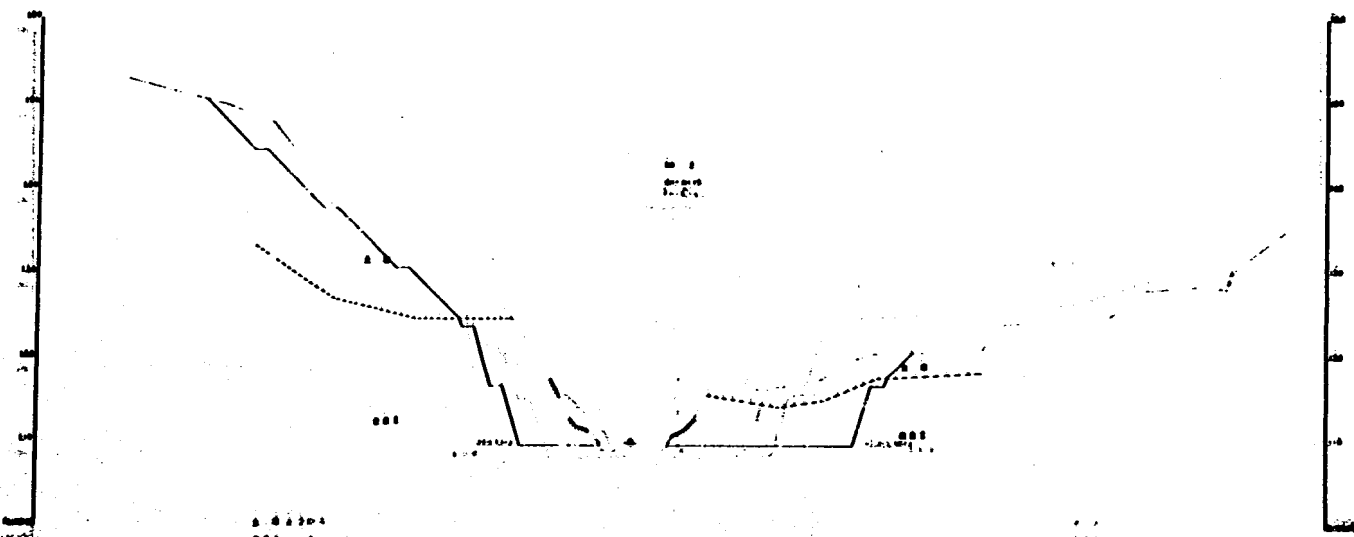


河道平面図

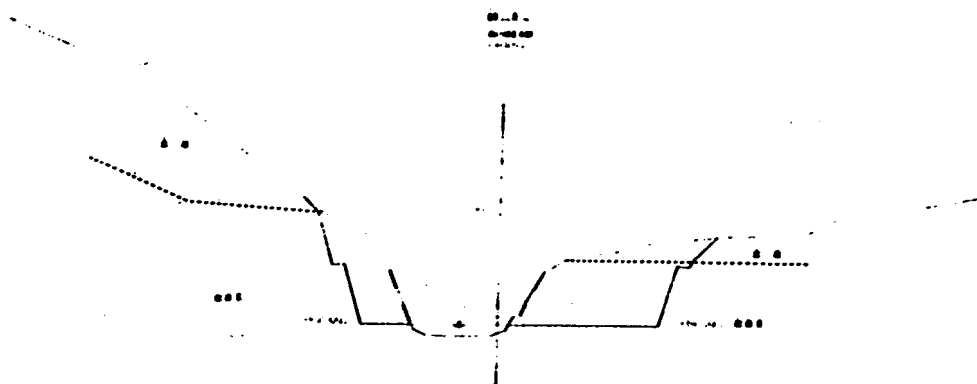
設計資料



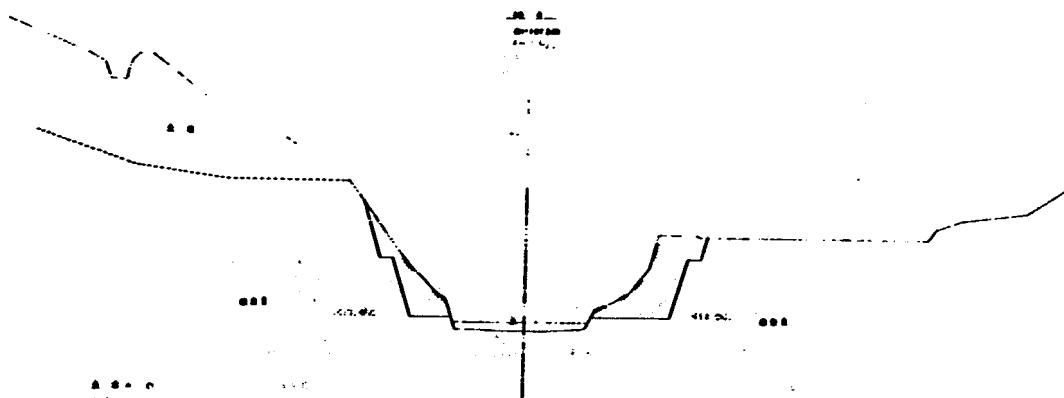
設計資料



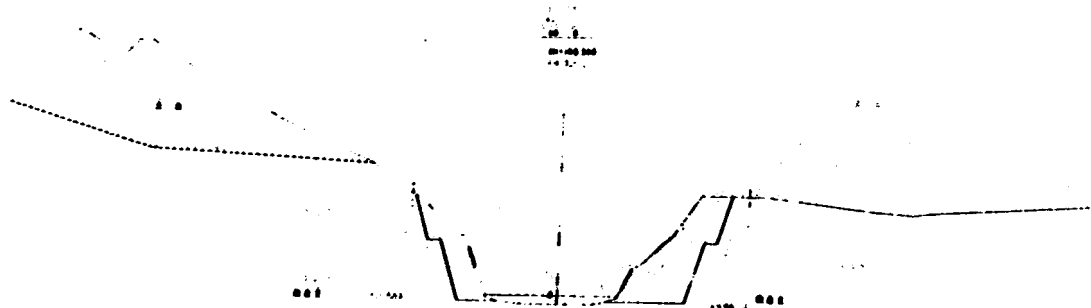
設計資料



1. 1. = 22.1
 2. 2. = 17
 3. 3. = 15.4
 4. 4. = 14
 5. 5. = 26.1
 6. 6. = 22.1



1. 1. = 22.1
 2. 2. = 17
 3. 3. = 15.4
 4. 4. = 14
 5. 5. = 26.1
 6. 6. = 22.1

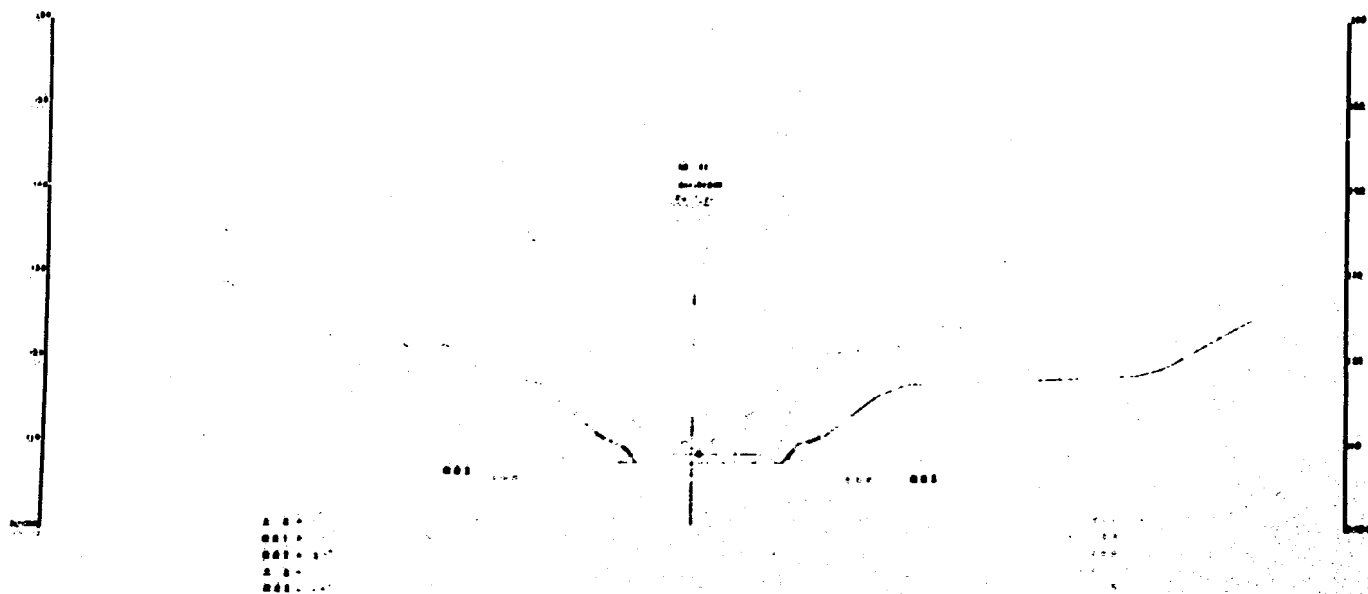
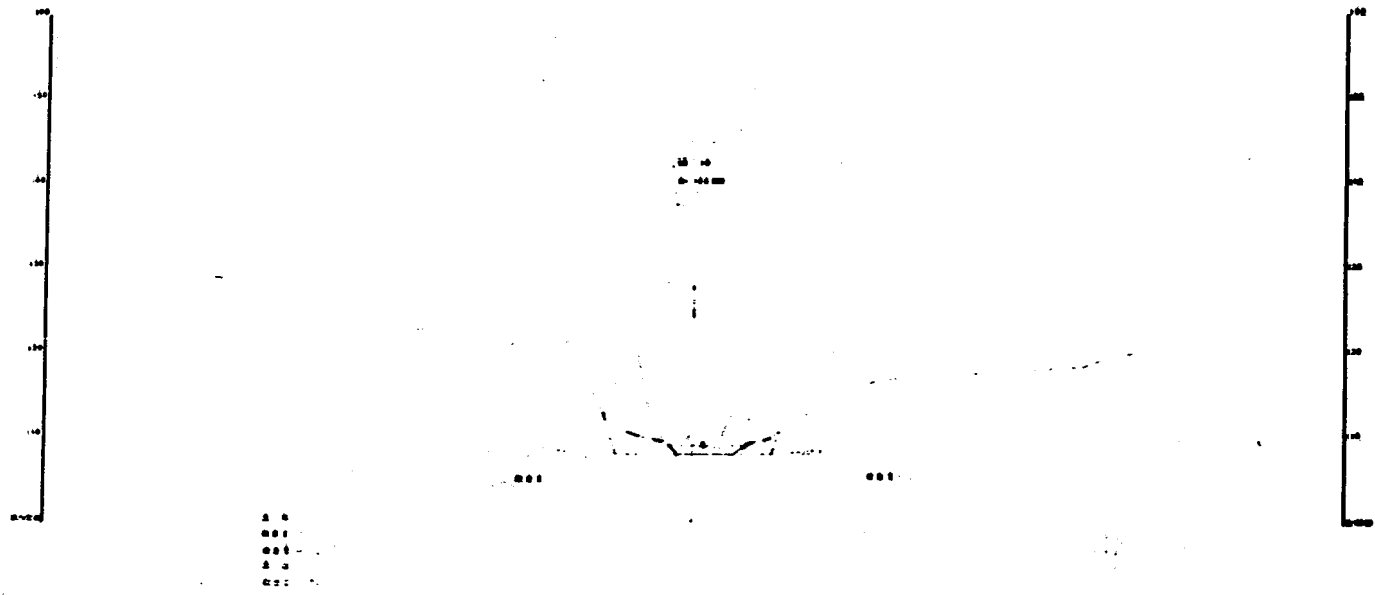
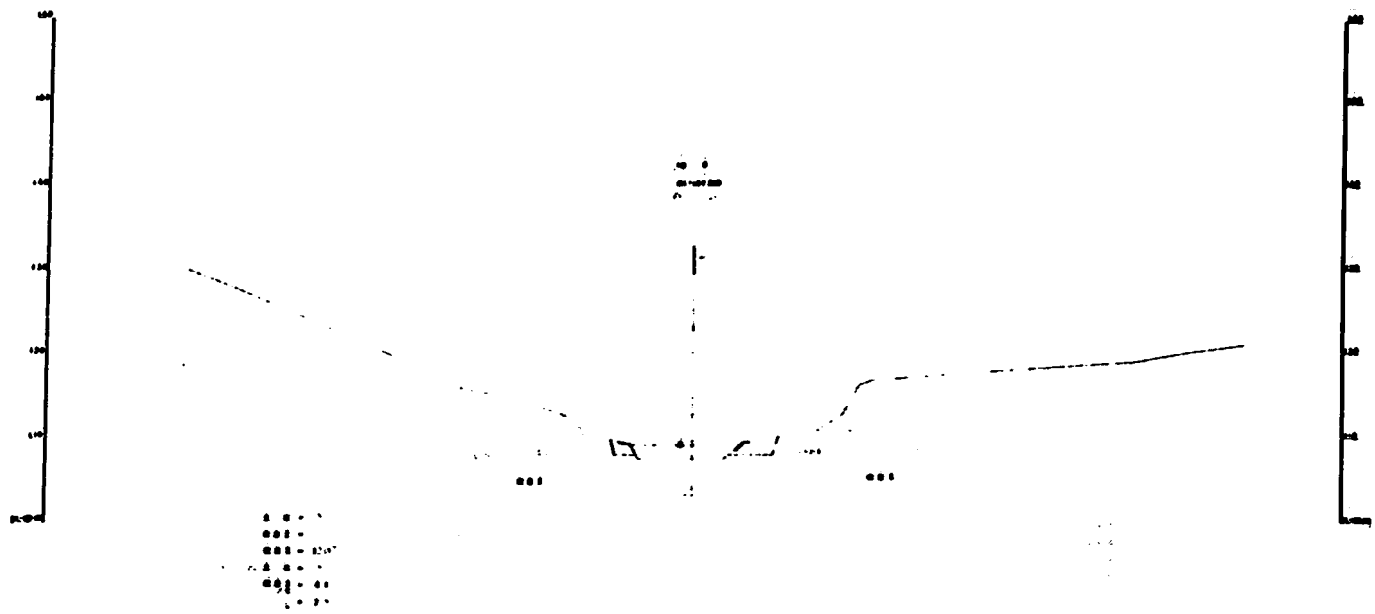


1. 1. = 22.1
 2. 2. = 17
 3. 3. = 15.4
 4. 4. = 14
 5. 5. = 26.1
 6. 6. = 22.1

詳見圖說

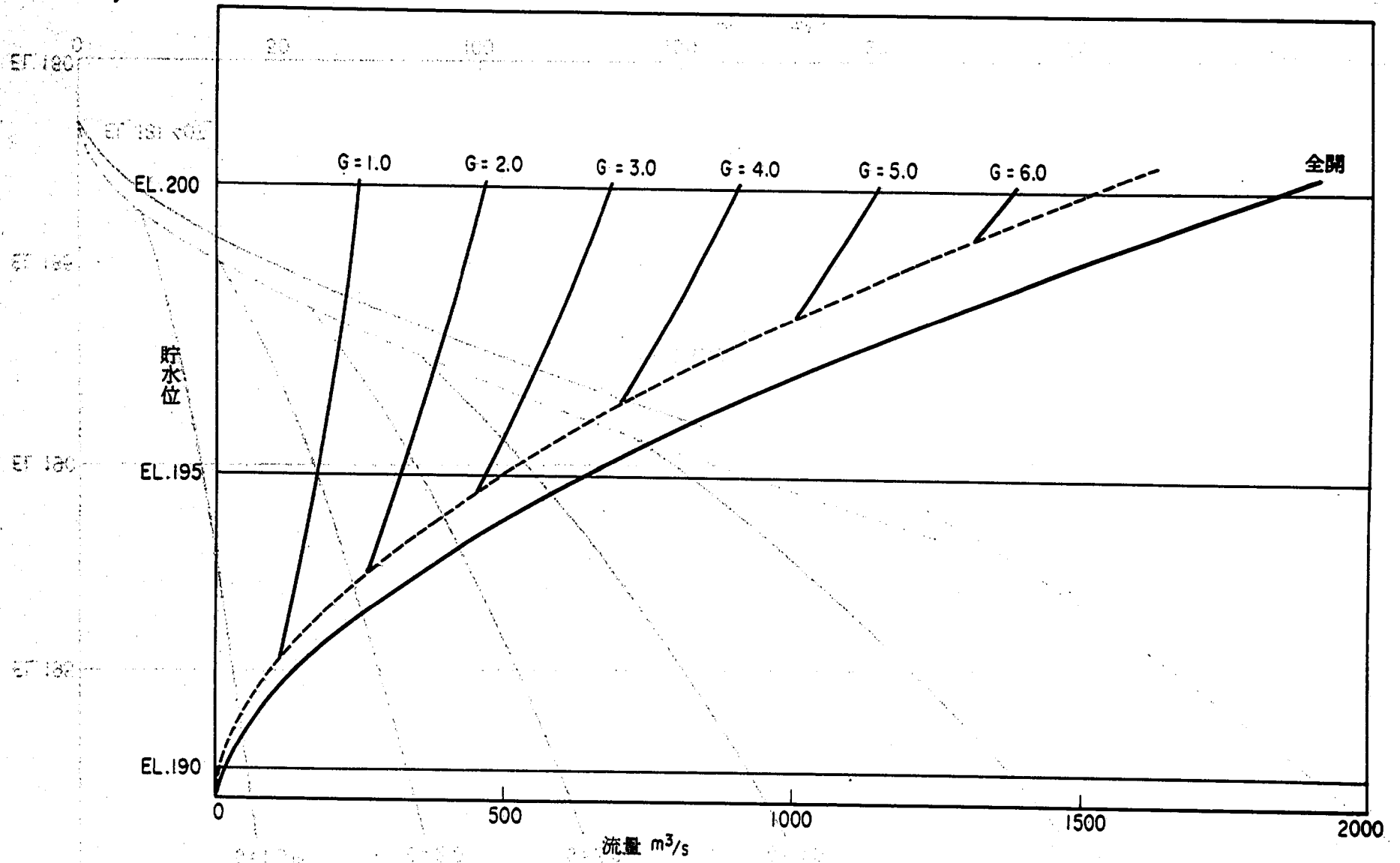
改修河道断面图

設計資料

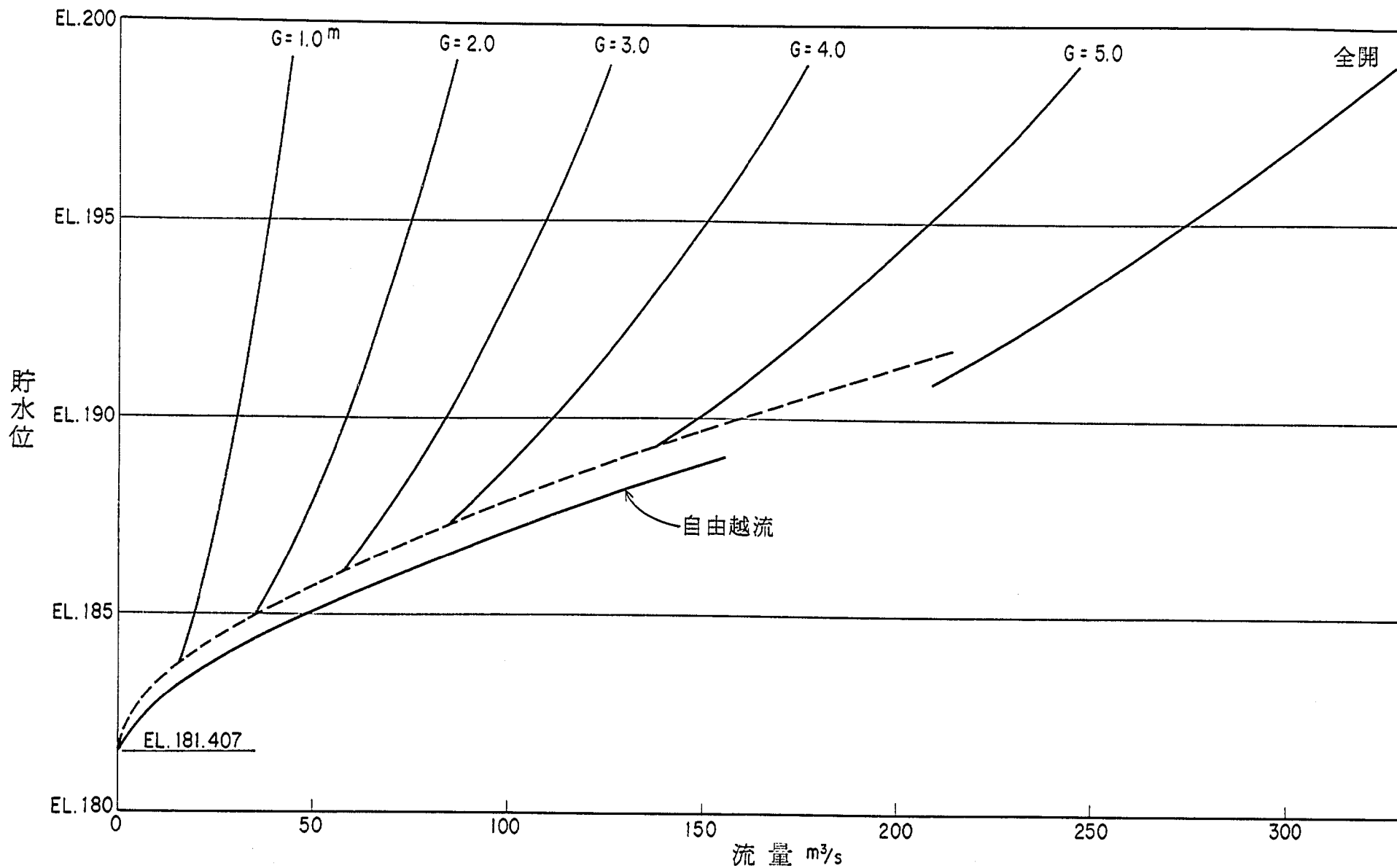


改修河道断面図

設計資料

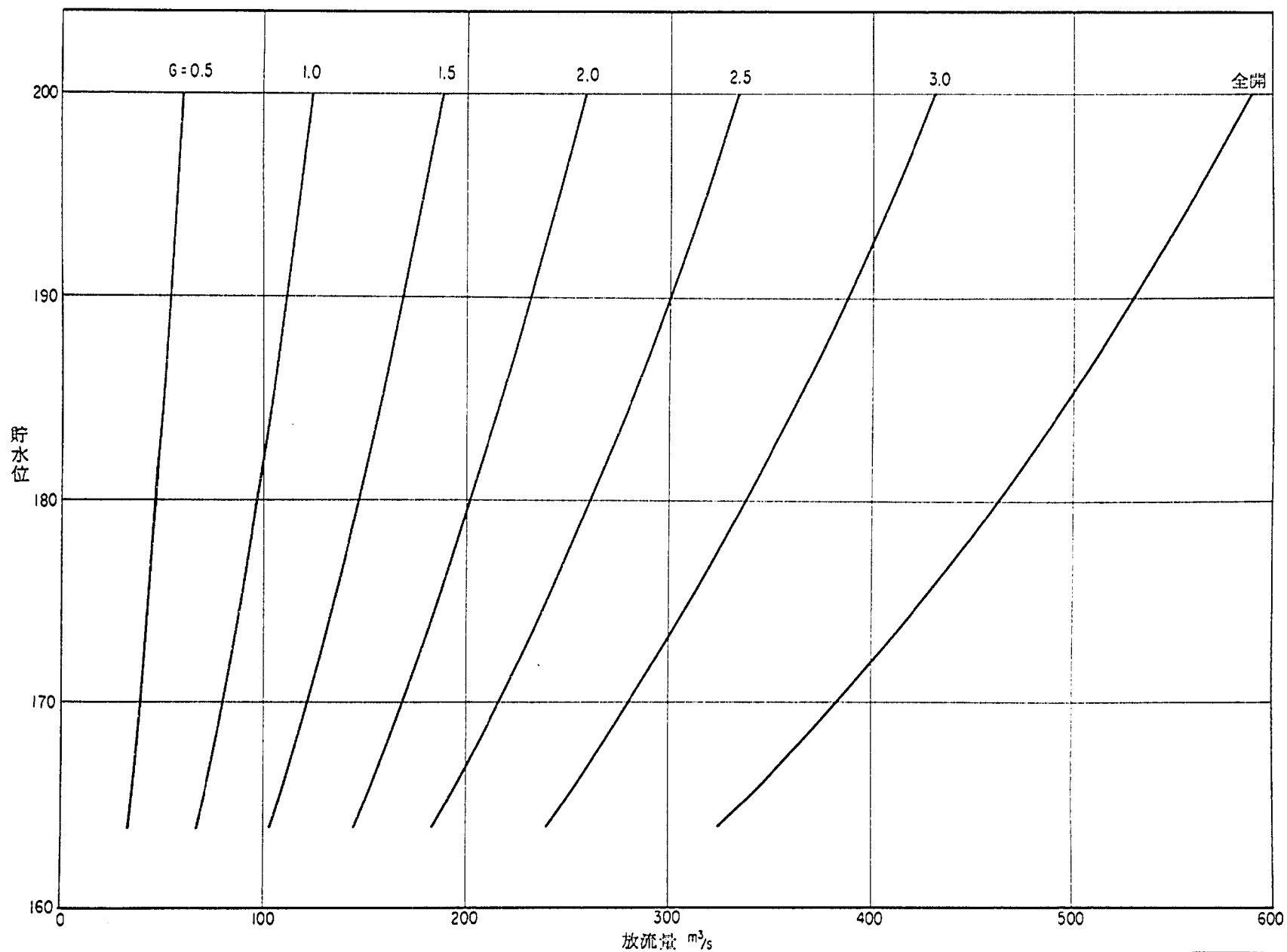


堤頂越流部放流能力曲線 (4 徑間合計)



低圧型管路放流量能力曲線

管理資料



放水管放流能力曲線 (2 条合計)

管理資料

第一章 計 画 概 要

事業の概要

1) 事業の概要

浅瀬石川ダムは、青森県の津軽地方を貫流する岩木川右支川浅瀬石川の上流、黒石市大字板留、及び貸地先に建設する多目的ダムである。ダムは岩木川水系工事実施基本計画に基づく洪水調節計画の一環を成す他、上水道用水の供給、発電、及び灌漑用水の補給等を目的としている。ダム型式は、コンクリート重力式で、高さ96.5m、総貯水容量53,100千 m^3 、有効貯水容量は、43,100千 m^3 である。昭和46年4月実施調査に着手後、事業は順調に進捗しており、昭和54年度にダム本体工事に着工し、昭和60年に完成の予定である。

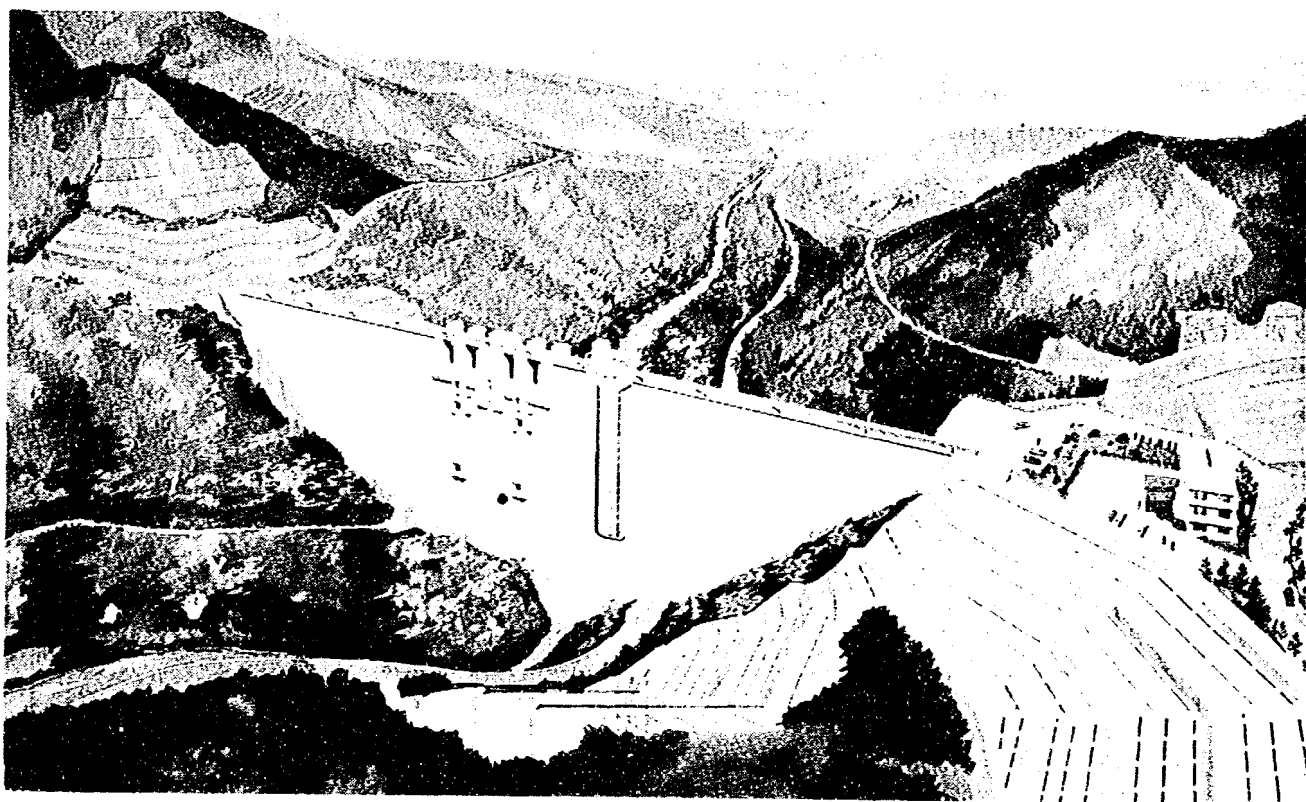
2) 事業の必要性

岩木川は、大正7年以来国の直轄事業として河川改修工事が進められて来た。しかし、その間も出水被害は相次ぎ、今日までに3回に渡って計画流量改訂を実施し、治水事業計画を作成して来た。特に、昭和48年には河川流域の開発状況等に鑑み、治水計画の安全度を rd として、基準地点五所川原に於ける基本高水流量5,500(m^3/s)とし、これを上流ダム群により1,700(m^3/s)調節し、計画高水流量3,800(m^3/s)とする現計画が決定された。この計画の一環として目屋ダム(昭和35年完成)に次いで浅瀬石川ダムは建設されるものである。

一方、利水面では東北縦貫道の建設等により、発展が予想される黒石、弘前、五所川原等、津軽地域約36万人の都市用水源、及び慢性的な水不足に悩まされ続けている下流域7,700haの灌漑用水の確保が要望されているところである。

3) 事業の経緯

浅瀬石川は、下流域10市町村の用水源であり、沿川にあった12箇所の取水堰の間で水争いの絶えない河川であり、且つ又治水事業も進まない狭小断面の氾濫河川でもあった。これに対処する為、昭和初期に大穴ダムが建設され、又昭和20年には河水統制事業の一環として我が国最初の多目的ダムである沖浦ダムが建設された。しかし、これらは抜本的対策に至らず、昭和36年より青森県農林部、そして昭和38年からは青森県土木部によって調査が行われた。この結果等に基づき、建設省では昭和42年から河川総合開発事業調査に着手し、昭和46年からは黒石市に調査事務所を設置し実施調査を行ない、昭和48年から工事事務所となり建設工事を進めているものである。



ダムの概要

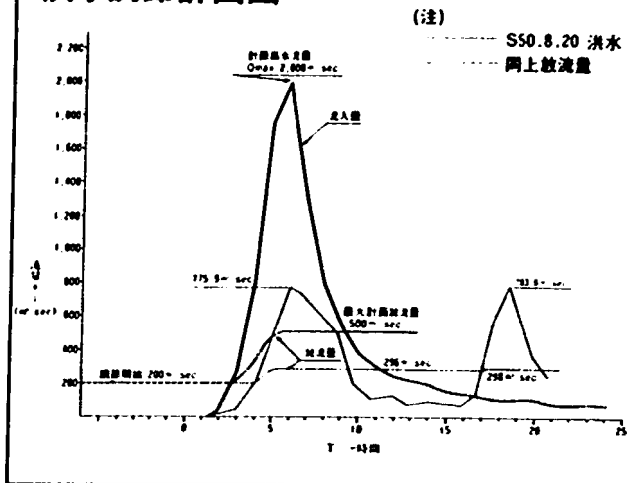
1) ダムの目的

- (1)洪水調節： 未曾有の大洪水と、言われた昭和50年8月洪水は、ダム計画地点で780(m³/s)の洪水流量であった。本ダムでは、100年確率洪水2,000(m³/s)を対象にした洪水調節により、それを500(m³/s)に低減させる計画である。これに必要なダムの調節容量は、24,000千m³である。
- (2)流水の正常な機能の維持： ダム下流2市6町2村に跨る約7,700haの灌漑用水及び黒石市上水道等、既得用水の補給等の為、最大11,777(m³/s)を放流する。この為、洪水期(7月～9月)に於いて12,800千m³を貯留する。
- (3)水道： 弘前市、黒石市、五所川原市等の3市6町2村で設置した浅瀬石ダム水道企業団に対し、1日最大126,860m³の水道用水を供給する。
- (4)発電： ダム地点に発電所を新設し、ダムより最大24(m³/s)を取水し、最大17,100kWの発電を行なう。

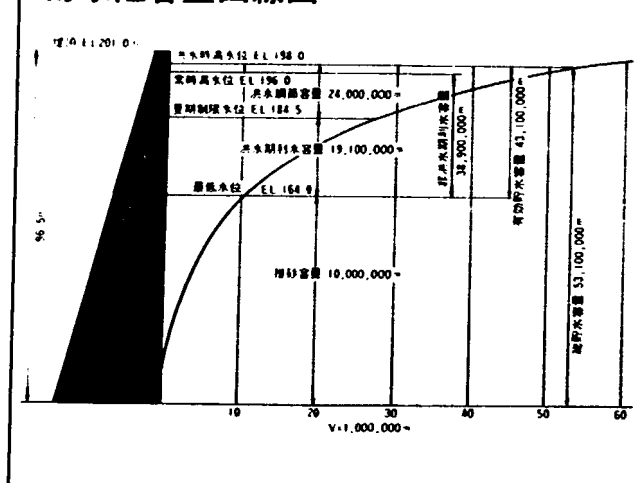
2) ダムの特徴

- (1)水源地域対策特別措置法第2条の“指定ダム”であり、第9条の整備事業費の国庫負担率の高率対象ダム”となっており、周辺整備事業を実施している。
- (2)コンクリート重力式ダムとしては、高さ、及び堤体積に於いて玉川ダム(秋田、建設中)に次いで東北で2番目、青森県では最大のダムである。
- (3)昭和10年に着工し、昭和20年に完成した我が国最初の多目的ダムである河浦ダムが水面下13mに水没する。同ダムの貯砂機能の利用を計画。
- (4)15km上流に東北農政局による温川ダム(傾斜コア型フィルダム、流域80.8km、高さ72m、貯水容量19,130千m³)が、建設中であり、同ダムとの連係操作による機能活用を計画。
- (5)ダムサイト右岸上部地質は浮石質又は、シルト質凝灰岩により形成されており、その処理として、コンクリート遮水壁を築造する。
- (6)2011年の住家、4発電所、及び12箇所の温泉源が水没補償対象となった他、国道、県道、市町村道、林道等約20数kmの付替工事を実施している。

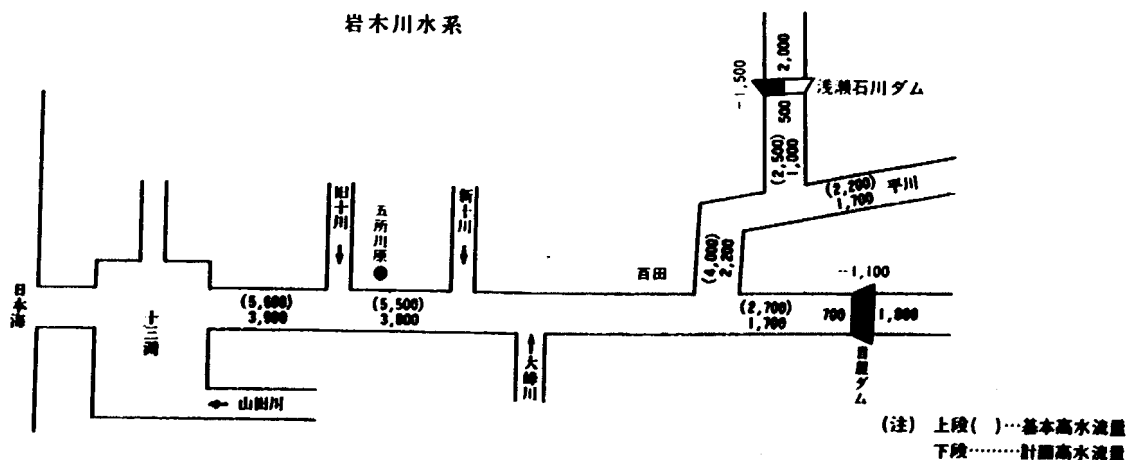
洪水調節計画図



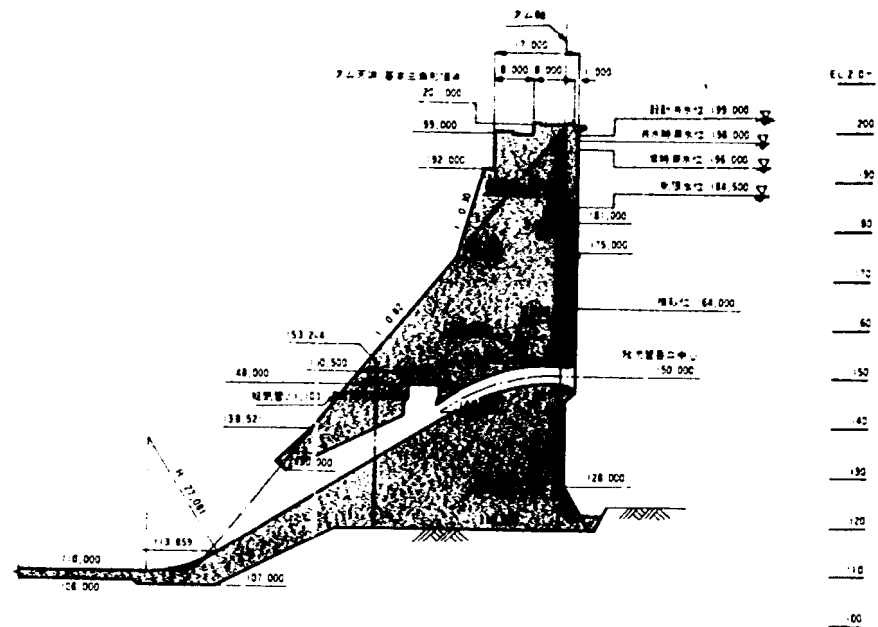
貯水池容量曲線図



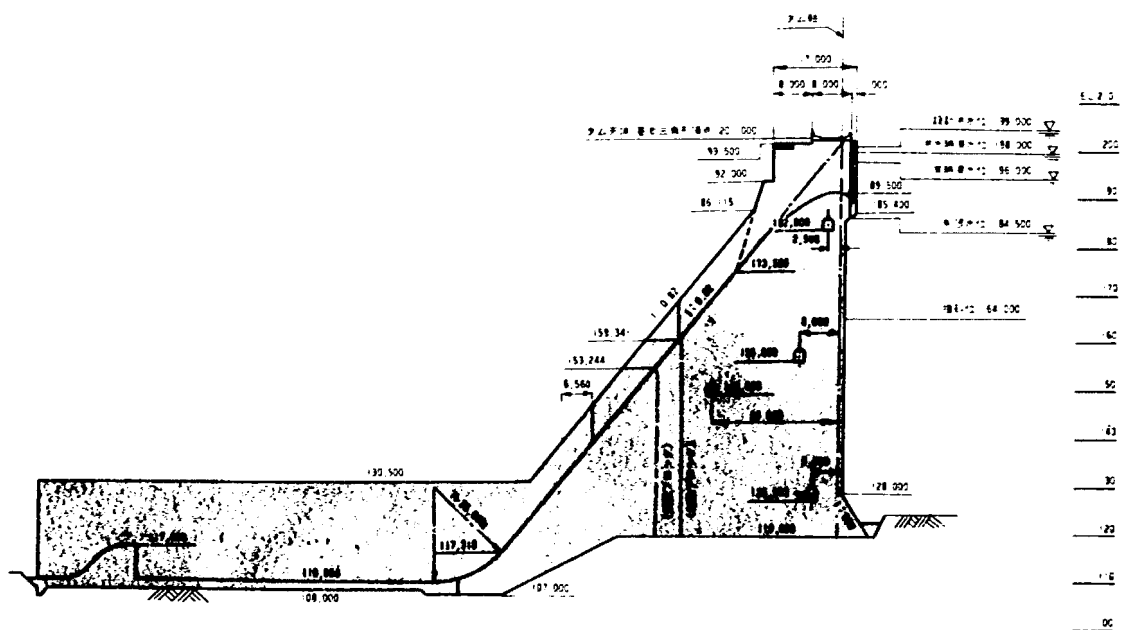
流量配分図



放流管部断面図



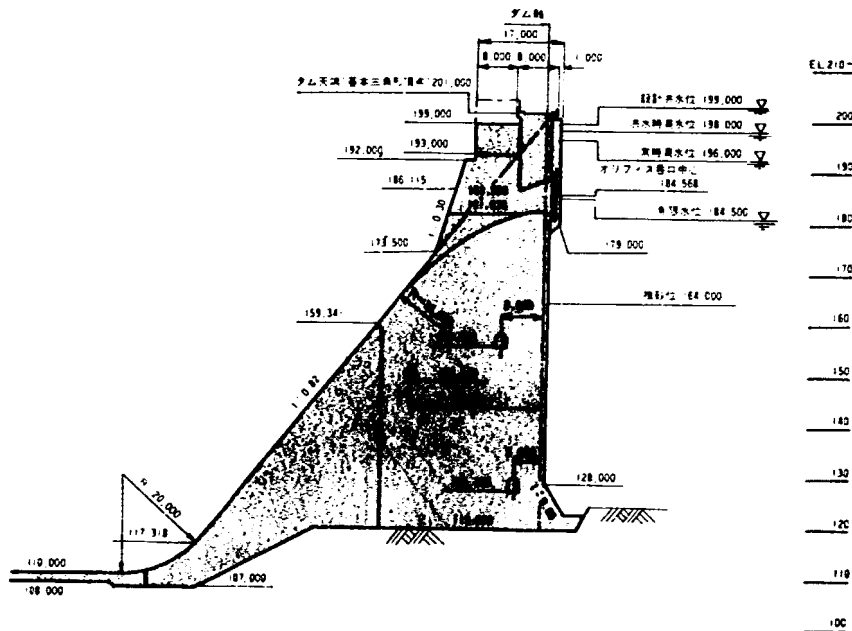
クレスト越流部断面図

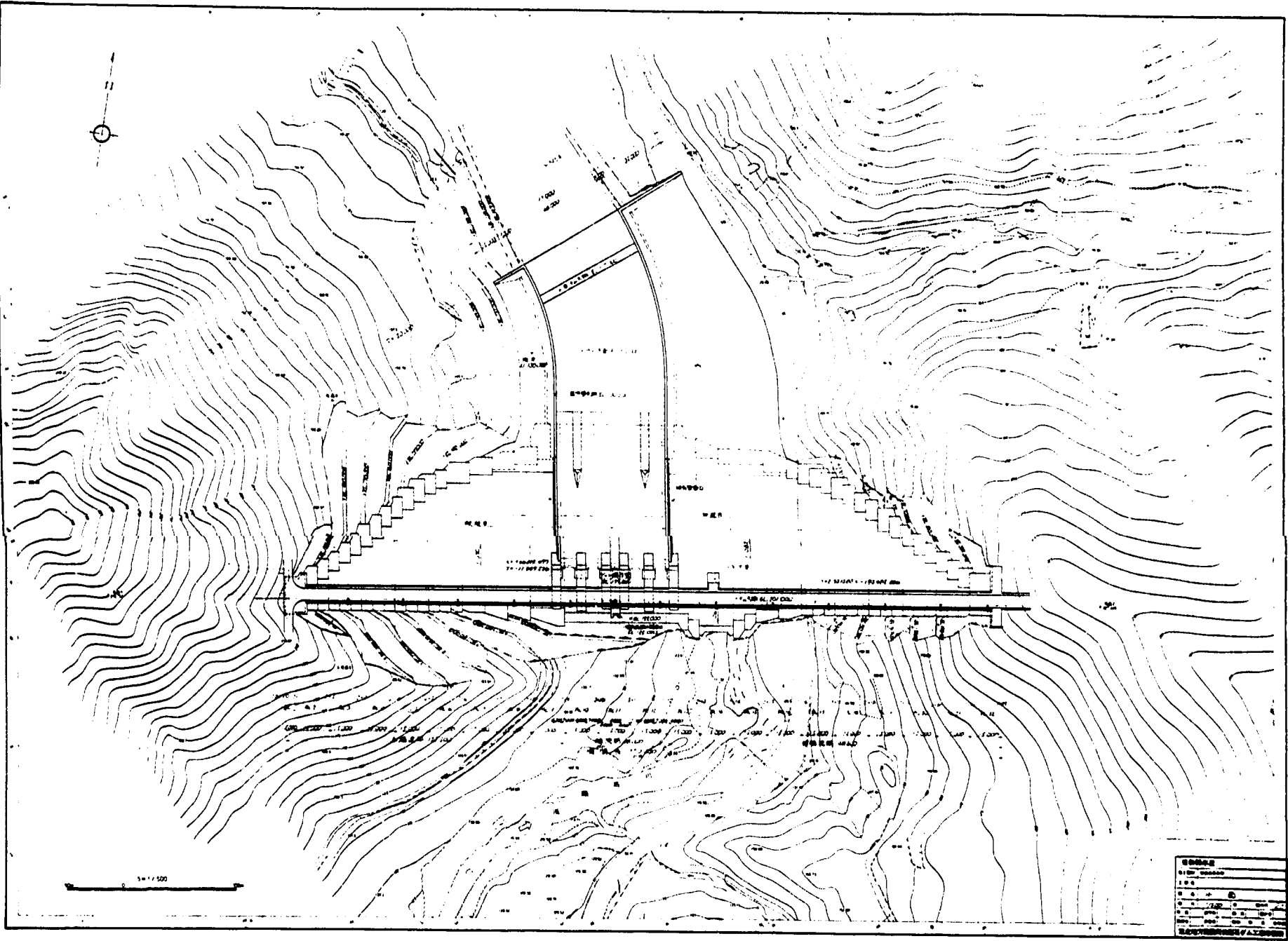


ダムおよび貯水池諸元

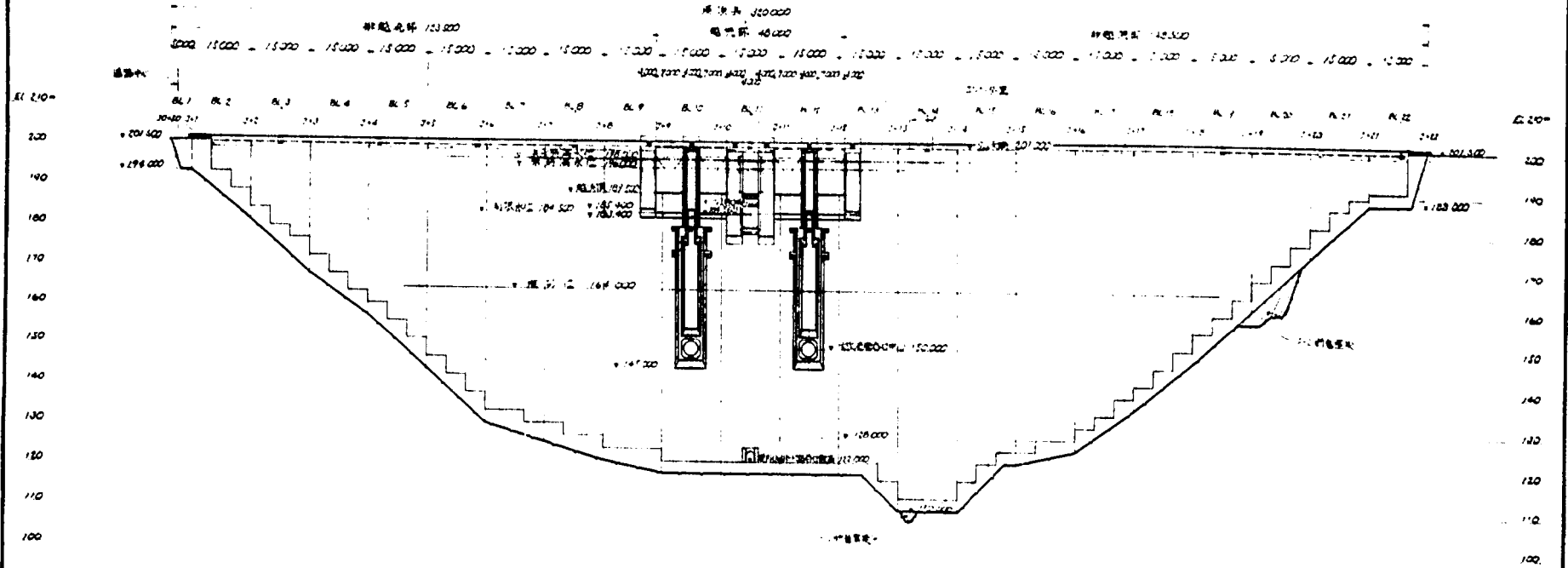
河 川 名	岩木川水系浅瀬石川		
流 域 面 積	225.5km ²	利 水 容 量	非洪水期 38,900,000m ³
貯 水 池			洪水期 19,100,000m ³
湛 水 面 積	2.2km ²	設 計 洪 水 流 量	2,400m ³ /秒
湛 水 延 長	6.8km	計 画 高 水 流 量	2,000m ³ 秒
常 時 満 水 位	標高 196.0 m	計 画 最 大 放 流 量	500m ³ /秒
洪 水 時 満 水 位	標高 198.0 m	調 節 最 大 流 量	1,500m ³ /秒
制 限 水 位	標高 184.5 m	ダ ム	
最 低 水 位	標高 164.0 m	型 式	重力式コンクリートダム
洪水調節水深	13.5 m	堤 頂 標 高	201.0m
総 貯 水 容 量	53,100,000m ³	堤 高	96.5 m
有効貯水容量	43,100,000m ³	堤 頂 長	320.0 m
堆 砂 容 量	10,000,000m ³	堤 頂 巾	8.0m
洪水調節容量	24,000,000m ³	ダ ム 名	浅瀬石川ダム
サーチャージ容量	4,200,000m ³	位 置	黒石市板留地内

オリフィス部断面図

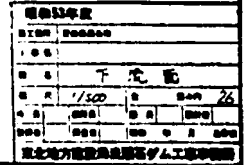




上 流 面 $S=1:500$



昭和33年度			
図工部	河川課	河川課	河川課
図名	上流面		
図尺	1/500	図	図
図名	図名	図名	図名
図名	図名	図名	図名
東北地方建設局河川課河川工事課			



第二章 放 水 管

第一節 設 計 条 件

現洪水調節および水質対策に関する検討をふまえて、常用の洪水調節設備とし設計し、条件としては次のものを考慮する。

- 1) 制限水位 (EL. 184.5 m) にて、計画最大放流量 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ の放流能力をもつこと。
- 2) 洪水調節計画を満足すること。
- 3) 入口中心標高を EL. 150 m 付近とする。

第二節 設 計

2-1 設 計 概 要

原設計案では、堤体の構造、洪水吐の配置および放水管の規模を考え合わせて、管路長が比較的長い半管路型式の放水管として2条設計された。しかしこの設計案は、管路長が長く水理的、経済的に不利であることおよび堤体のジョイントが、ゲート付近にあって支障となる等の問題が挙げられたため、ここでは管路長の短い矩形放水管を比較案として設計する。

放水管の管軸は堤体の設置標高や管理面を考慮して、入口より下流に向って、 10° の傾斜角をもたせる。入口部は非常用ゲートの設置を考え、矩形断面とし、管胴内の急激な圧力降下を生じさせないように考慮する。出口には主ゲートとして、高圧ラディアルゲートを設置し、流量調節を行なう。また入口上流面は、非常ゲートの保守、管理上からピア前面まで引き上げ、停止ができるような構造として設計する。

主ゲートから下流の開水路部の縦断形状は、計画最大放流時の流出軌跡を考慮した曲線として、堤体バケットになめらかに接続させるよう設計する。

2-2 出口所要断面

まず、堤体上流面から出口までの水平距離を 10 m に設定する。出口の中心標高はおよそ EL. 148 m となり、出口の必要断面積は以下のように計算される。

$$A = \frac{C}{C\sqrt{2gH}} = \frac{500}{0.95\sqrt{2g(184.5-148)}} = 19.7 \text{ m}^2$$

したがって1条当り、およそ 9.85 m^2 が出口に必要な断面となる。

浅瀬石川ダム放水管の出口断面を高さ 3.6 m、幅 2.8 m の矩形断面とする。ここで幅を 2.8 m としたのは以下の理由による。

- ① 堤体出口が、越流部からの流水の落下による悪影響を防ぐようにピアから、堤体下流面沿いにピア一下流端から巾 4 m の導流壁を設けることをあらかじめ考え、それより幅を小さくおさえる。
- ② 管胴下流端に設ける側部給気溝のために開水路の片側に 30 cm 程度の拡幅が必要であること。

2-3 入口形状

入口曲線としては、W, E, S (アメリカ工兵隊水路試験所) の推奨形状として知られるものを採用する。この曲線は2つの長円曲線を組み合わせたもので、曲線下流端に生ずる圧力降下を単一の長円曲線を用いた場合より、軽減させることが実験により知られている。

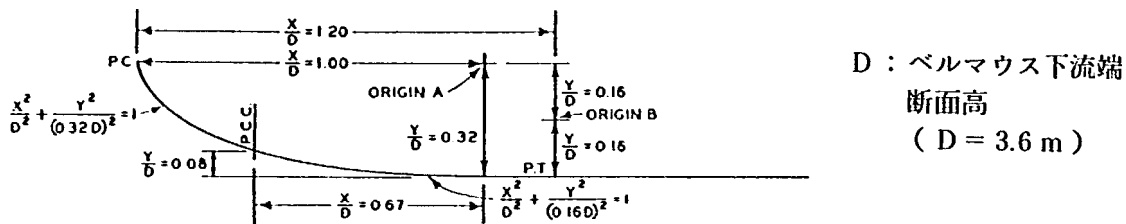


図2-1 入口曲線

従来、よくみられる入口形状の設計は、長円曲線を変形させ、管軸の傾斜角に合わせて上面、側面、それに下面と別々に決定された。これらはいずれも形状が複雑で、製作上、不利になる場合が多い。本設計では、最近しばしば入口の設計に用いられる。「フード付ベルマウス」とよばれるものを採用する。これはフードをベルマウスの上流端に取り付けたもので、任意の傾斜角に対して、上下面对称なベルマウスを用いるものである。

この形状による基礎的な実験では管としての水頭損失は若干増加するがベルマウスに急激な圧力降下はみられず、ベルマウス内の圧力分布もなめらかで、フードがない従来のもものと比べて大きな違いはないとされる。

2-4 隅取円弧

放水管に隅取円弧を使用する目的は、刃形オリフィスからの自由流出形状に近似させて、水理的な影響を軽減させること、堤体の構造上から、隅取部の応力を軽減させることの二点である。

浅瀬石川ダムでは、隅取円弧の中心軸を管全体に亘って直線とする。多くの設計例ではベルマウス下流端での隅取面積を4%程度とされている。

$$R = \sqrt{\frac{3.6 \times 2.8 \times 0.04}{4 - \pi}} = 0.68 \approx 0.70 \text{ m}$$

しかるに、入口曲線下流端から出口までは一様に $R = 0.70 \text{ m}$ とする。

2-5 開水路

開水路の縦断形状は通常、計画最大水頭時の流出水脈の軌跡として知られる放物線を使用し、下流の一部に直線を挿入して堤体バケットに接続するように設計される。すなわち、求める曲線式は次式で計算される。

$$y_w = \frac{X^2}{4 C^2 H \cos^2 \theta} + \tan \theta \cdot X$$

ここで、 C : 流量係数 (0.95), $H = \text{EL. 199} - \text{EL. 148} = 51 \text{ m}$, $\theta = 10^\circ$

$$y_w = 0.00560 X^2 + 0.1763 X \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

しかし、必ずしもこの曲線を用いることはない。使用する曲線を y_D とすると、

$$y_D \leq y_w$$

とすれば、水脈が底面よりはく離することなく底面の圧力に対して安全に設計することができる。ここでは、直線を挿入することなく一つの曲線だけで堤体バケットに接続するような曲線として次式を採用する。

$$y_D = 0.005413 X^2 + 0.1761 X \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

開水路の所要断面は、通常管路出口の断面高の 1.5 倍程度とされ、上面の形状は必ずしも曲線とする必要はない。

2-6 必要空気量の検討

ダム放水管には放水管内部のキャビテーションに対する被害の防止と、ゲート作用する起振力を軽減させるために給気管や給気溝が設けられる。従来、給気管や給気溝の設計に必要な、空気吸込量についてはまだ基準となる算定法が、明らかにされていない。したがって、同様な形状をもつ実例や実測資料などを参考に検討されるべきであるが、ここでは、いくつかの計算例を示し、設計のための資料とした。

a) 放水管主給気管の必要空気量

設計条件として、次のような場合を考える。

放水管の長さ $L \approx 40 \text{ m}$ (開水路部)

放水管の幅 $B = 2.8 \text{ m}$

放水管の高さ $D \approx 6.0 \text{ m}$ (開水路部)

設計水深 $H = 51 \text{ m}$

計算例(1) キャンベル、ガイトンの提案式

高速流によって管外へ誘出される空気量の算定には従来から実測資料にもとづく経験的方法を利用されることが多い。キャンベル、ガイトンは米国の実測資料から必要空気量 Q_a と水流量 Q_w との β と、ゲート噴出流のフルード数 F_r との関係を図示し、それらを包絡する式で表わされる曲線を提案した。

$$\left. \begin{aligned} Q_a &= \beta Q_w \\ \beta &= 0.04 (F_r - 1)^{0.85} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

放水管断面をゲート下流部に対して拡げている場合、最大給気量を示すゲート開度として、いくつかの実測例から 100 % とされている。

$$V = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 51} = 31.6 \text{ m/s}$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gd}} = \frac{31.6}{\sqrt{9.8 \times 3.6}} = 5.32$$

$$\beta = 0.04 (5.32 - 1)^{0.85} = 0.139$$

$$\therefore Q_a = 0.139 \times 305 = 42 \text{ m}^3/\text{s}$$

計算例(2), W , E , S の水工水理設計基準による算定式

この算定式はキャンベル, ガイトンの提案式と同様に, いくつかの実測資料から得られたもので, 以下の式で示される。

$$\left. \begin{aligned} Q_a &= \beta Q_w \\ \beta &= 0.03 (F_r - 1)^{1.06} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2-4)$$

$$\therefore Q_a = 0.141 \times 305 = 43 \text{ m}^3/\text{s}$$

計算例(3), 中島, 巻幅の提案した算定方法

開水路の空気吸込みを運動量の拡散現象と考え, 大気のうず動粘性係数を導入し, 境界層理論を適用した算定方法で, 以下の式で示される。

$$Q_a = \alpha \cdot V \cdot B \cdot \delta \dots\dots\dots (2-5)$$

$$\delta = 5.48 \frac{L}{\sqrt{R_K}} \quad (\text{放水管出口における境界層の厚さ})$$

$$R_K = \frac{V \cdot L}{K} \quad K = 8D^{3/4} \quad (\text{うず動粘性係数, cm}^2/\text{s})$$

図2-2より, $D/\delta \geq 1 \rightarrow \delta = 0.33$

$$K = 8 \times 600^{3/4} = 969.8$$

$$R_K = \frac{3160 \times 4000}{969.8} = 13033$$

$$\delta = 5.48 \times \frac{4000}{\sqrt{13033}} = 192 \text{ cm}$$

$$\therefore Q_a = 0.33 \times 31.6 \times 2.8 \times 1.92 = 56 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) ゲート直下流オフセットにおける必要空気量

オフセットにおける空気吸込量を求める方法として, 噴流の拡散現象として取扱い, 混合距離の概念を採り入れた噴流理論から導かれた式を用いた例がある。

$$q_a = 0.25 b \cdot V \dots\dots\dots (2-6)$$

ここで, q_a : 単位長さ当りの空気吸込量, b : 段差寸法, V : 流速

この式で計算される理論空気吸込量と実験で得られたものとはよく一致することが知られているが, 模型と実物との相似性が成立するかどうかは今後に残る課題とされる。

$$b = 0.30 \text{ m} \quad (\text{底部, 側部に対する寸法})$$

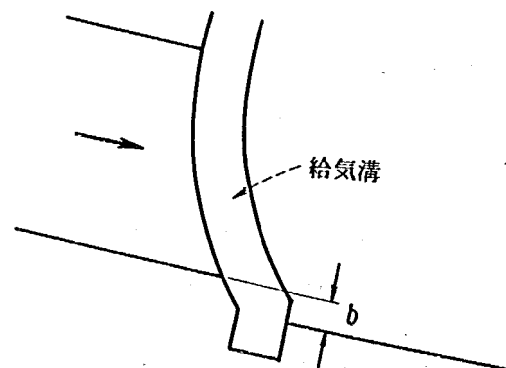
$$V = \sqrt{2gH} = \sqrt{2g(199 - 146)} = 32.2 \text{ m/s}$$

底部全体に対する空気量 Q_{a1}

$$Q_{a1} = 0.25 \times 0.30 \times 32.2 \times 3.4 = 8.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

同様に側部片側全体に対する空気量 Q_{a2}

$$Q_{a2} = 0.25 \times 0.30 \times 32.2 \times 5.5 = 13.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

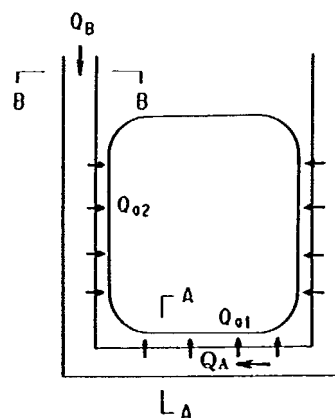


section A-Aを通る空気量

$$Q_A = \frac{8.4}{2} = 4.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

section B-Bを通る空気量

$$Q_B = \frac{Q_{a1}}{2} + Q_{a2} = 17.4 \text{ m}^3/\text{s}$$



2-7 主給気管の設計概要

給気管の必要断面の算定法についても、現在のところ明確な基準はなく、経験的な判断が目安になっている。一般に、給気管の設計では空気を非圧縮性の気体として取り扱い、管内の風速や圧力降下量を計算して、必要断面を求める。

許容風速について、明確な基準はないが最近では 70 m/s 程度にとられた例があり、この場合の許容圧力降下量を 1.5 m (水柱) としている。W, E, S の水理設計基準では、許容風速を 45 m/s 程度としている。多くの場合、主給気管は、水平に設置された管を、堤体下流面に導く方法がとられ、管長は可能なかぎり短かいことが望ましいとされる。

給気は、開水路部の気圧低下によって行われるので、ゲート室内の気圧は大気圧より降下する。したがって、ゲート室内の構造や施設はこの気圧低下に十分耐え得るような配慮が必要である。

$$\text{圧力降下量} \quad P_d = \left(1 + f_e + f_b + f \frac{l}{d} \right) \frac{u_a^2}{2g} \cdot w_a \quad (2-7)$$

f_e : 入口損失係数, f_b : 曲がりによる損失係数, f : 摩擦損失係数

l : 給気管の長さ, d : 給気管の直径, u_a : 風速, w_a : 空気の単位体積重量

$$\text{給気量} \quad Q_a = \frac{\pi d^2}{4} \frac{\left(\frac{2}{K-1} \right)^{\frac{1}{2}} u_0 \left\{ \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{2}{K}} - \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{K+1}{K}} \right\}^{\frac{1}{2}}}{\left(1 + f_e + f_b + f \frac{l}{d} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad \dots\dots\dots (2-8)$$

$$u_0 = \sqrt{\frac{g K P_0}{\gamma_0}} \quad (\text{音速}), \quad K = 1.40, \quad P_0 = 1,033 \text{ kg/cm}^2, \quad \gamma_0 = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

P_0 : 大気圧, P_1 : 給気管出口の圧力

放水管内の圧力降下を, $-0.05 \text{ kg/cm}^2 \sim -0.20 \text{ kg/cm}^2$ とすると, $\frac{P_1}{P_0}$ は 0.95 ~ 0.80 となる。

(2-8)式において

$$f \left(\frac{P_1}{P_0} \right) = \left(\frac{2}{K-1} \right)^{\frac{1}{2}} u_0 \left\{ \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{2}{K}} - \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{K+1}{K}} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (2-9)$$

とおけば, P_1/P_0 に対して $f(P_1/P_0)$ の値は図 2-3 のようになる。

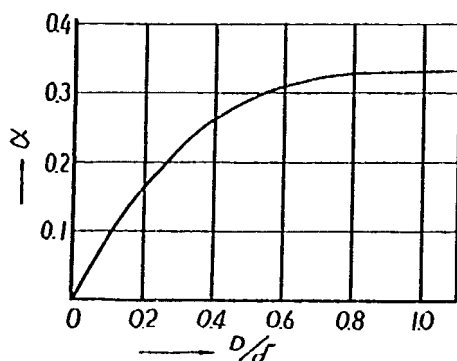


図 2-2 $\alpha - D/\delta$ の関係

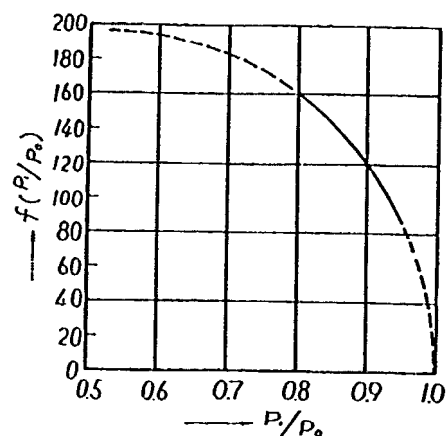


図 2-3 $f(P_1/P_0) - P_1/P_0$ の関係

(2-9) 式から (2-8) 式は

$$Q_a / f \left(\frac{P_1}{P_0} \right) = \frac{\pi d^2}{4} \left/ \left(1 + f_e + f_b + f \frac{l}{d} \right)^{\frac{1}{2}} \right. \dots\dots\dots (2-10)$$

と表示できる。

第三節 水 理 実 験

3-(1) 実 験 概 要

本水理実験では、開水路部の 1 部を含む放水管 1 条の模型を透明合成樹脂板を加工して製作し、放流能力、作用圧力および流況を調査し、放流機能の検討と構造設計資料の収集を行なった。この実験の調査項目および設定条件は表 2-1 に示すとおりである。

表 2-1 実 験 条 件

項 目	設 定 条 件
放 流 能 力	貯 水 位 EL. 164 ~ EL. 200
	ゲート開き 0.5 m, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 全開
管 洞 作 用 圧 力	貯 水 位 EL. 184.5, EL. 191, EL. 199
	ゲート開き 全 開
開水路作用圧力, 流況	貯 水 位 EL. 184.5
	ゲート開き 全 開

放水管模型は実物の開水路部約 25 m を含む、全長約 40 m を相似縮尺 1/20 で製作した。圧力測定用にピエゾメーターを管洞の壁面および開水路の底面に取り付けた。その設置位置は「放水管資料 1」に示す。実験諸量の測定は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 諸量の測定法

貯 水 位	実験用水槽の側部に取り付けてある水柱マノメーターによって測定する。
流 量	電磁流量計で示される値を記録する。
圧 力	模型に取り付けた内径 1 mm のピエゾメーターを水柱マノメーターに連結し、その水頭高から算出する。
水 面 形 状	測定断面において、設定基準高からスケールで測定する。
ゲ ー ト 開 き	管胴部出口底面 (EL. 146.056 m) から管軸に直角方向にとった距離で示す。

この実験での水理現象は重力の影響が支配的なのでフルードの相似則に従い、模型と実物との間には次の縮尺関係がある。

$$\begin{aligned}
 \text{長さの縮尺} \quad K_L &= 1/20 \\
 \text{圧力の縮尺} \quad K_P = K_L &= 1/20 \\
 \text{時間の縮尺} \quad K_T &= 1/4.47 \\
 \text{流速の縮尺} \quad K_V = K_L/K_T &= 1/4.47 \\
 \text{流量の縮尺} \quad K_Q = K_L^3/K_T &= 1/1789
 \end{aligned}$$

3-2 放流能力

ゲート全開時および操作時における貯水位と放流量の関係を「放水管資料 2」に示す。この図から制限水位 EL. 184.5 m に対する放流能力は 500 m³/s, 設計洪水位 EL. 199 に対しては 580 m³/s である。これら実験値について流量係数を求めたものが「放水管資料 3」に示されている。この流量係数 C は次式によって定義する。

$$C = \frac{Q}{A\sqrt{2gH}} \dots\dots\dots (3-1)$$

ここで,

Q : 放 流 量 A : 出口断面積 (9.66 m²)

H : 貯水位 - EL. 146.05 (出口下流端底面)

この図からわかるように、ゲート開きをある値に設定したとき、貯水位によって流量係数がいくらか変化する傾向がある。そこで今、貯水位に関係なく、ゲートの開きに対して、一義的に定まる値として、水深の重みを付けた流量係数の加重平均値 C' を求め、貯水位による流量係数の変化図を「放水管資料 4」に示した。これらの関係式を求めると以下のようなになる。

$$\left. \begin{aligned} C' &= 0.693 G_P + 0.051 G_P^3 + 0.184 G_P^5 \\ \frac{C}{C'} &= -0.00033 \left(\frac{H}{D} \right)^2 + 0.0101 \left(\frac{H}{D} \right) + 0.934 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3-2)$$

ここで, H : 貯水位 - EL. 146.05 D : 出口断面高 (3.6 m)

G_P : ゲート開度 ($G/3.6$ m)

上式の曲線は EL. 164 m ~ EL. 200 m 程度の広い範囲での実用式として適用できる。

3-3 管洞作用圧力

ゲート全開時の各断面に対して、上面中央、上面隅角、側面中央、下面隅角および下面中央における作用圧力を測定した。結果は「放水管資料 5」に示すとおりである。

これらの図から、フード内では圧力の変動は小さく、ベルマウス上流端から次第に圧力が降下することが知れる。ベルマウス下流端から下流へは、ほぼ直線でゆるやかに圧力が降下している。管洞内で記録された主な圧力を表 2-3 に示し、これらを説明すると、以下の諸点である。

表 2-3 主な圧力記録

位 置	EL. 184.76 m	EL. 190.86 m	EL. 198.6 m
ベルマウス下流端 上面中央	- 0.51 m	- 0.41 m	- 0.21m
“ 上面隅角	- 0.09	0.39	0.85
“ 側面中央	1.46	1.78	2.12
“ 下面隅角	2.89	3.15	3.43
“ 下面中央	2.82	2.89	3.30
直 管 上 面 中 央 (No 13)	- 0.94	- 0.80	- 0.62
“ 上 面 隅 角 (No 14)	- 0.61	- 0.53	- 0.47
“ 側 面 中 央 (No 9)	1.07	0.14	0
“ 下 面 隅 角 (No 15)	1.26	1.20	1.04
“ 下 面 中 央 (No 15)	1.14	0.92	0.88

- 1) フード内は、どの位置に対しても、圧力は高く、総水頭のほぼ 70 % に相当する圧力が作用する。
- 2) ベルマウス下流端で記録された最低圧力は EL. 184.76 m, 上面中央の -0.51 m (水柱) である。
- 3) 管洞内での最低圧力は、どの水位状態でも出口付近の上面中央に記録される。
- 4) 管洞内で記録された最も低い圧力は、貯水位 EL. 184.76 m, ベルマウス下流部, 上面中央の -0.94 m (水柱) である。

一般には、設計上の最低圧力を正圧に保つことが目安とされるが、キャビテーションに対する許容負圧 - 3 m (水柱) を考えると、最低圧力 -0.94 m (水柱) は、注意を要するものではない。

管洞内の作用圧力は、水深に対しほぼ比例的に変化することが、数多くの実験例から知られており、任意の貯水位での圧力を推定できる。もし、計画上の最低水位 EL. 164 m でゲートが全開された場合でも、出口付近の上面中央に発生する最低圧力は - 1.4 m (水柱) 程度で、これは実験により確認された。

ゲート全開時における圧力分布として、圧力降下係数 C_d を用いて無次元化表示すると都合がよい。これは以下の式で表わされ、水深が十分に大きい場合は、水深に無関係ではほぼ一定値を示すことが知られている。

$$H_d = C_d \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (3-3)$$

ここで、 H_d : 貯水位からピエゾ水頭までの水頭差

C_d : 圧力降下係数

$v^2/2g$: 出口断面での平均流速水頭

この圧力降下係数 C_d を計算し、各壁面ごとに表示できる。（「放水管資料6」）

3-4 開水路底面の作用圧力

ゲート全開時および操作時における、中央それに壁面沿いの底面を測定し、その結果を「放水管資料7」に示す。これらから、どの操作状態でもオフセット直下流約2mの範囲で負圧が生じ、それより下流は大気圧以上を保持する。記録された最低圧力は、設計洪水位、ゲート開き1.0mで-1.02m（水柱）であるが、この付近のゲート開きによっては、この値より低下することも十分考えられる。実測された例でも比較的小開度において最低圧力が記録されている。そこで、この負圧の大きさと範囲を助長させないことや、コンクリート面の不整によって生じるキャビテーションの防止を目的とする給気溝をオフセット部に設ける必要がある。

3-5 開水路の流況

本調査によって、知れた主な事柄は以下のとおりである。

- 1) ゲート開きが、1m程度までの比較的小さい開きに対しては、いかなる水位状態においても、水脈は安定し、水路幅方向の水深がほぼ一様になる。
- 2) ゲート開きが、1m以上の半開操作では、ゲートによって縮流された水脈が、側壁沿いに跳ね上がる現象がみられ、水路中央と側壁沿いに水面の差が生じる。
- 3) ゲート全開時に対しては、ゲートによる影響がないため水路中央部の水脈は比較的安定するが側壁沿いの水脈が、不規則に変動する傾向がみられる。
- 4) ゲートトラニオンに対し、水脈が最も接近するのは設計洪水位のゲート全開時で、この場合、水脈からの距離は1.5mである。

第四節 総 括

本実験によって認められる主な事項は以下のとおりである。

1) 放 流 能 力

制限水位EL. 184.5mに対する可能最大放流量は500 m³/s であり、計画値500 m³/s を満足する。また、設計洪水位EL. 199mに対しては580 m³/s の放流能力をもつ、貯水位と放流量の関係は、3-2)に示す曲線式を適用する。

2) 管洞作用圧力

いかなる操作状態においても、危険な負圧を生じることはない。

3) 開水路底面作用圧力

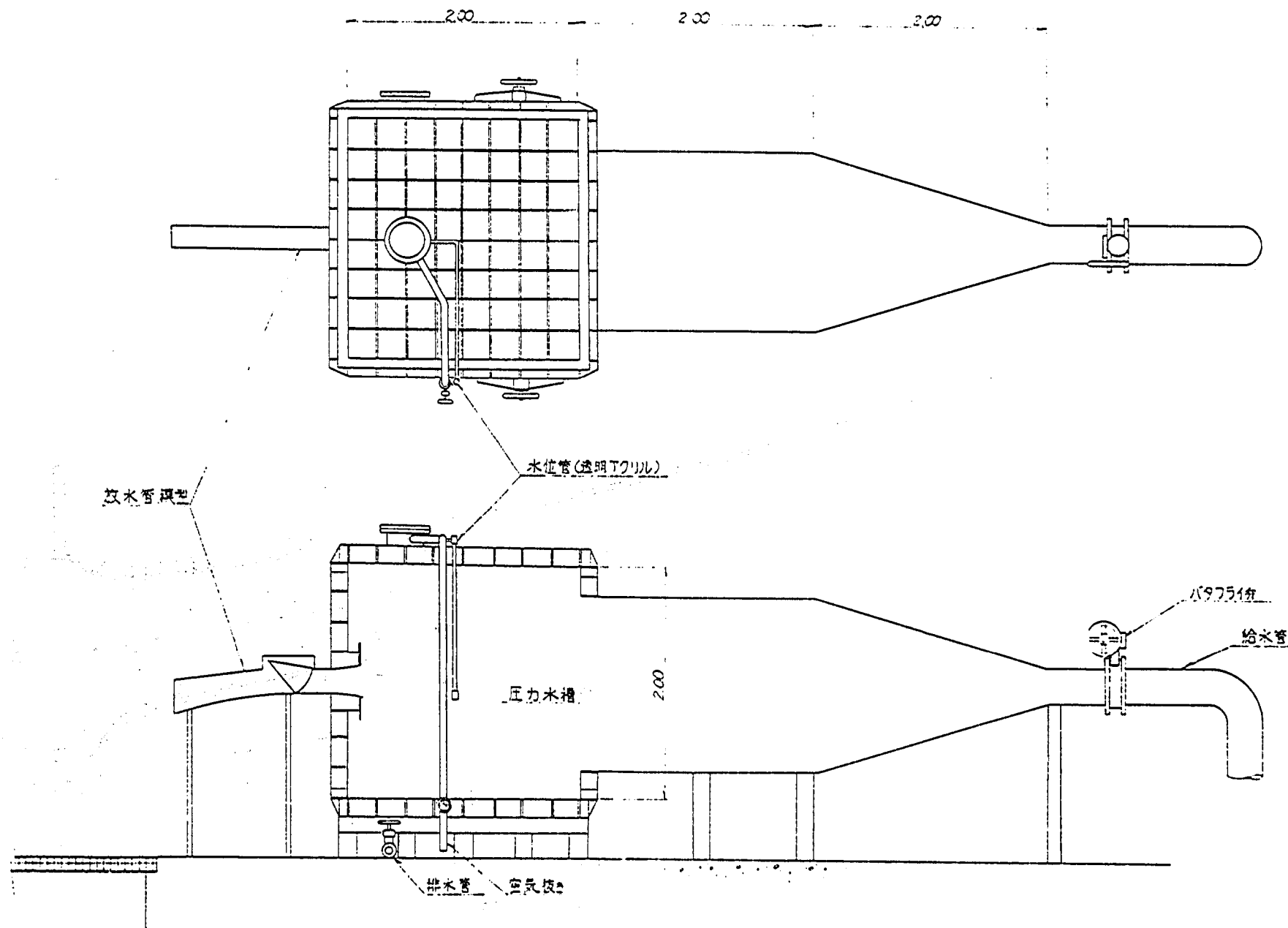
いかなる操作状態においても、危険な負圧を生じることはない。ただし、オフセット部は適切な寸法

をもつ給気溝を設ける必要がある。

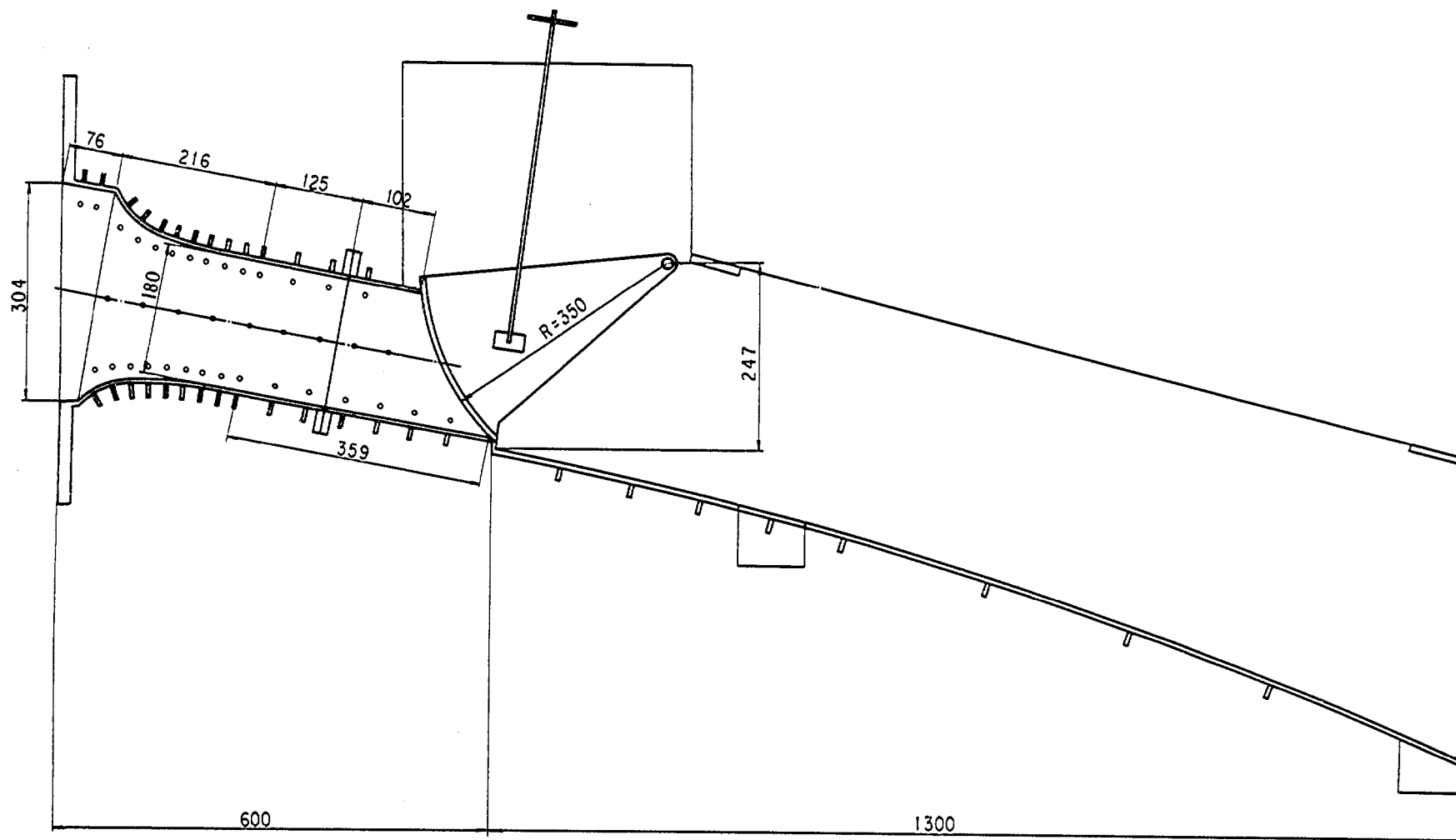
4) 開水路の流況

支障となる流況は認められない。水脈に対し、ゲートトラニオンは安全が確保される。開水路内は、激しい空気連行流となり、適切な寸法をもつ給気管を、開水路上流端付近に設ける必要がある。

開水路部の断面は、管路出口の断面高の1.5倍程度とする。



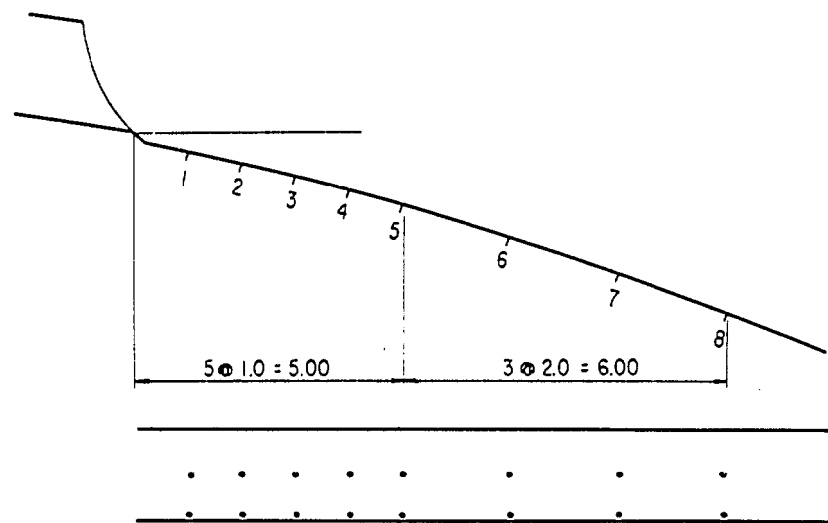
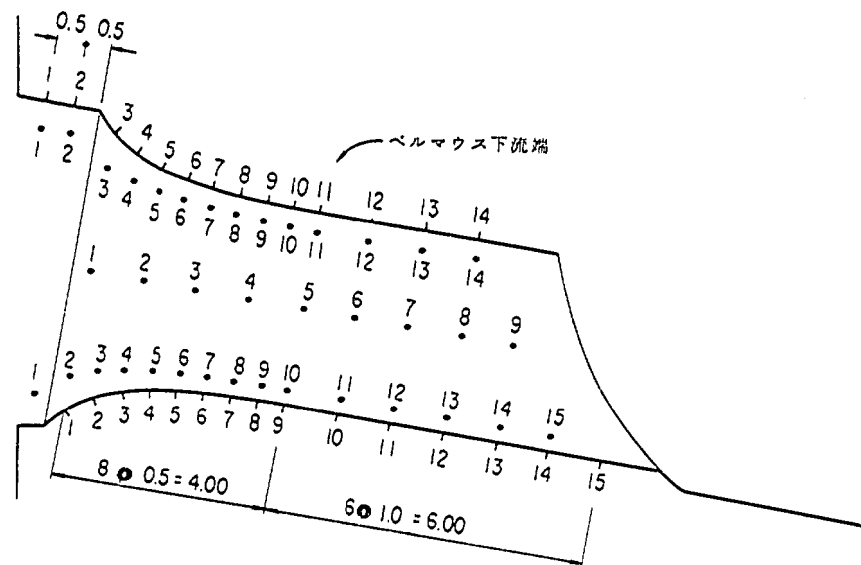
放水管模型実験施設

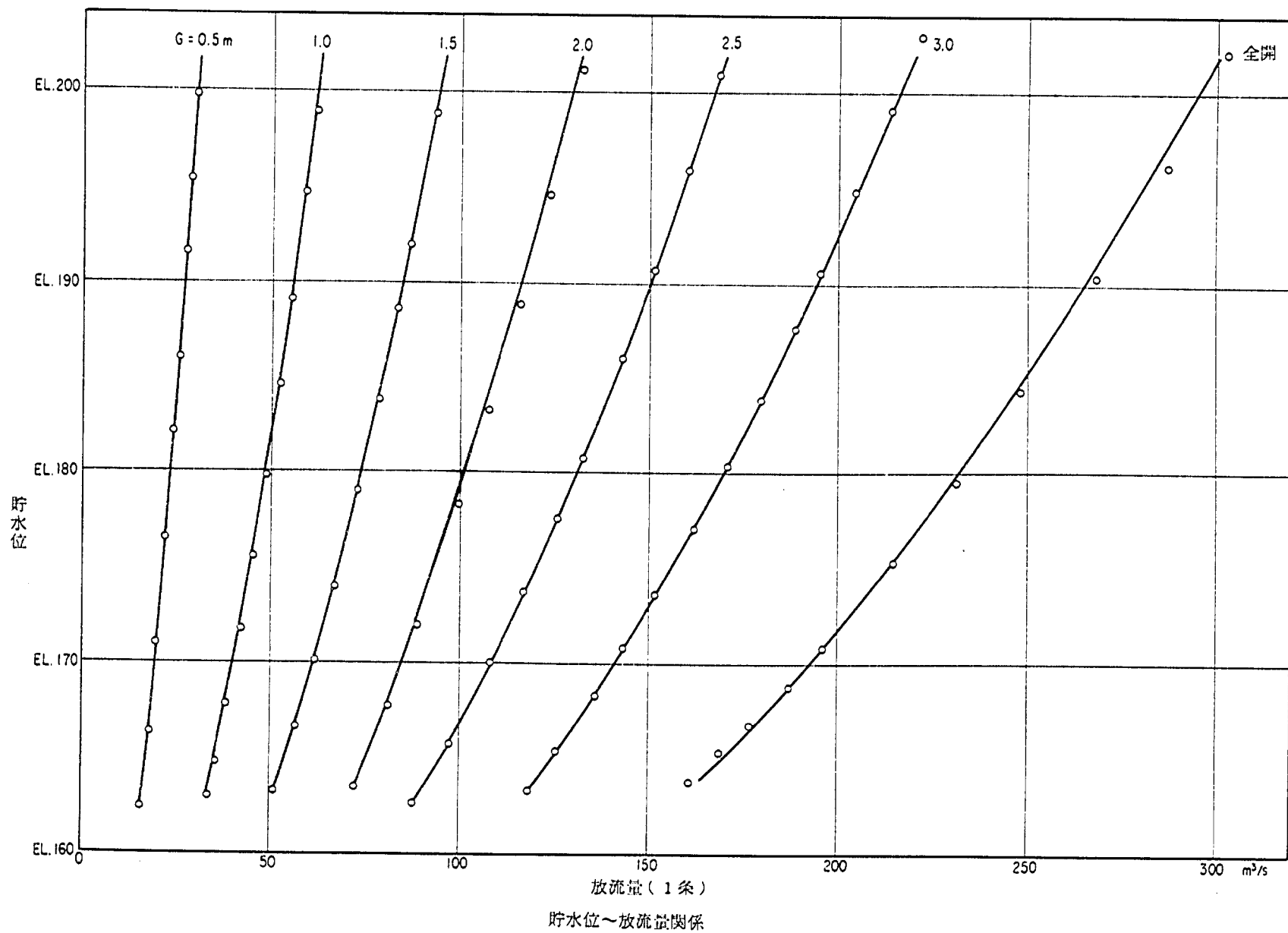


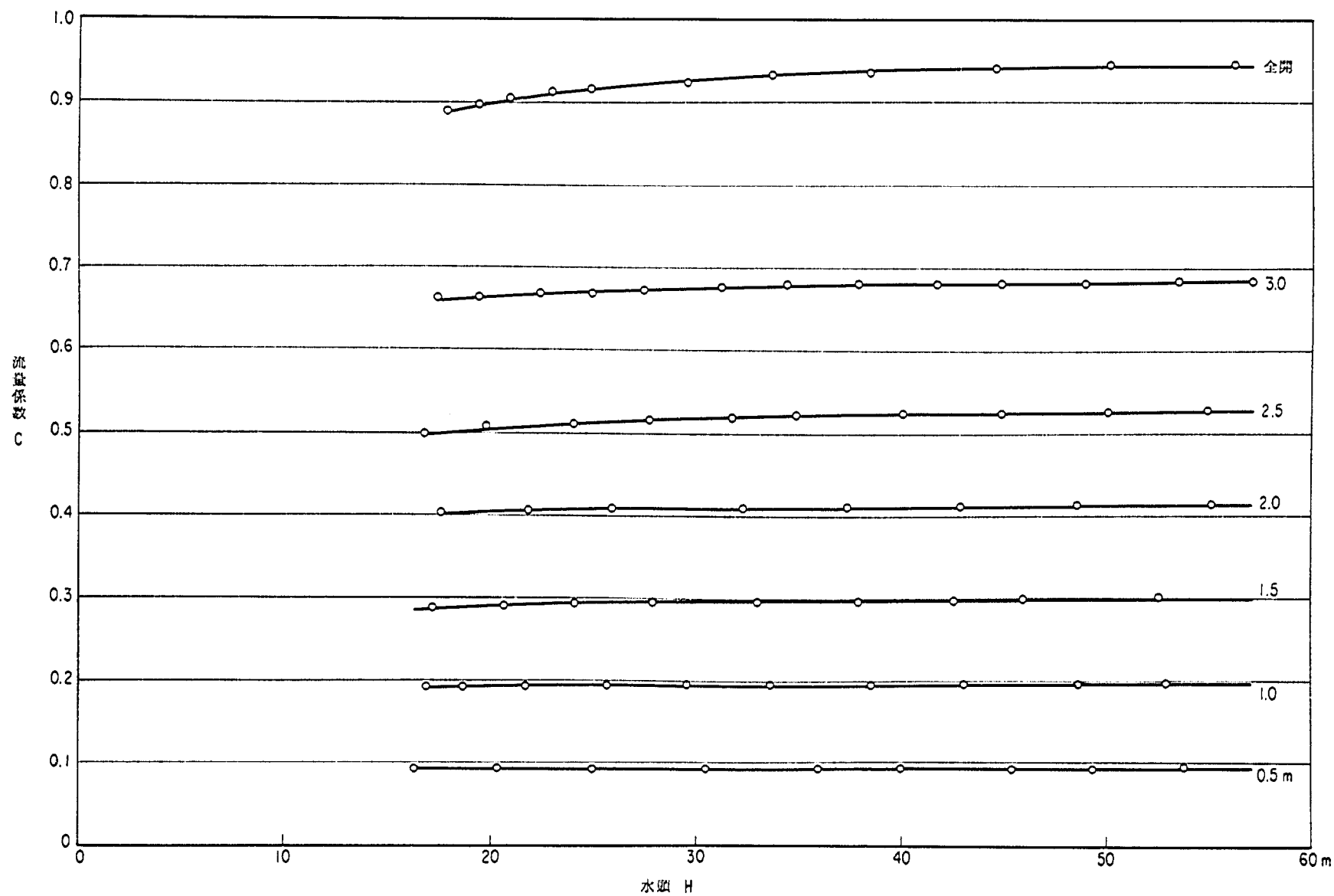
模型全体图 (单位mm)

ピエゾメーターの標高

NO	上面中央	上面隅角	側面中央	下面隅角	下面中央	開水路
1	152.91	152.37	149.77	147.46	147.33	145.38
2	152.82	152.29	149.60	147.73	147.50	145.03
3	152.21	151.81	149.42	147.82	147.53	144.51
4	151.87	151.55	149.25	147.85	147.58	144.00
5	151.66	151.35	149.08	147.83	147.56	143.45
6	151.44	151.19	148.90	147.79	147.51	142.23
7	151.29	151.06	148.73	147.73	147.46	140.83
8	151.16	150.94	148.56	147.66	147.38	139.26
9	151.06	150.84	148.38	147.59	147.30	
10	150.94	150.74		147.51	147.13	
11	150.85	150.65		147.33	146.96	
12	150.68	150.47		147.16	146.78	
13	150.50	150.30		147.00	146.61	
14	150.33	150.13		146.81	146.44	
15				146.64	146.26	

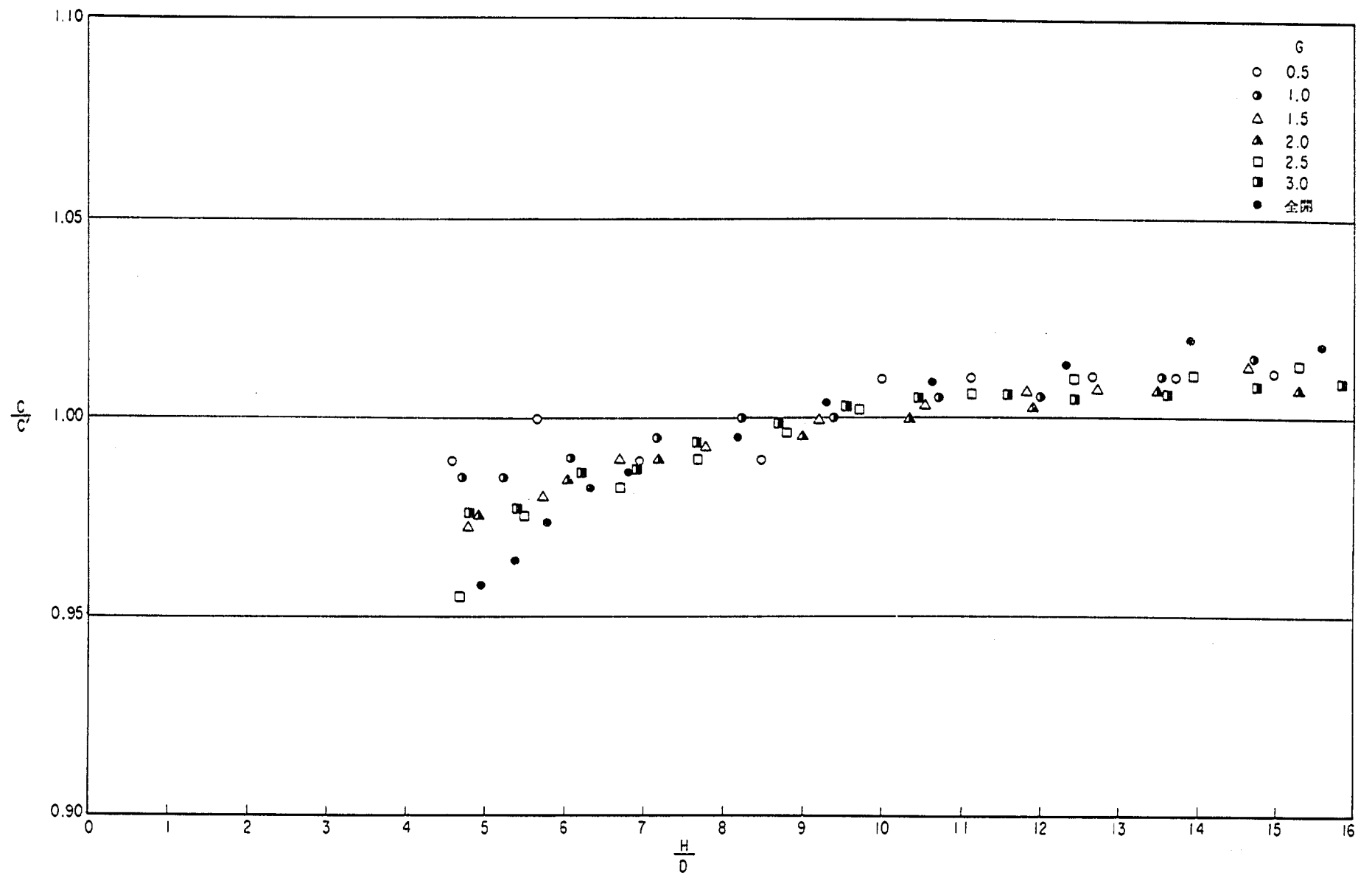






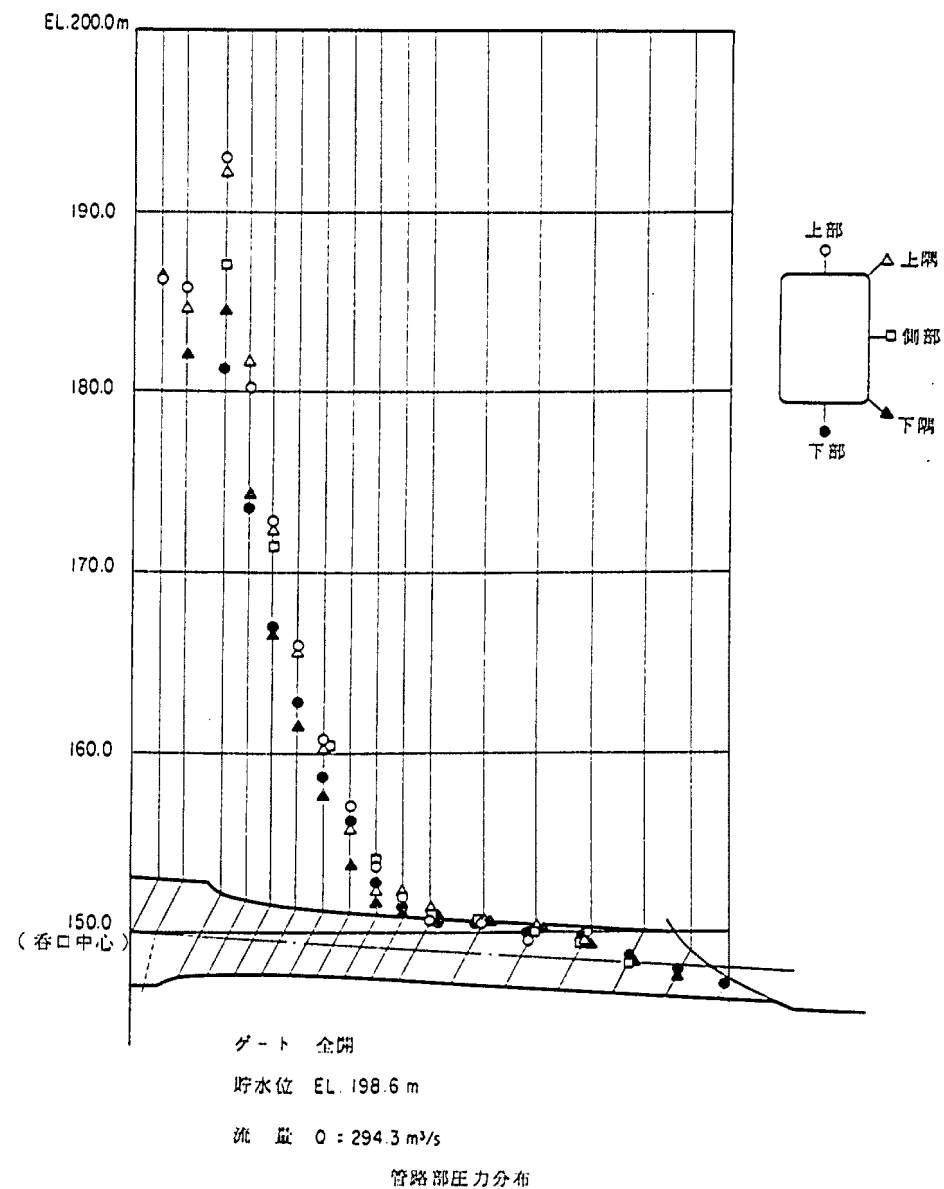
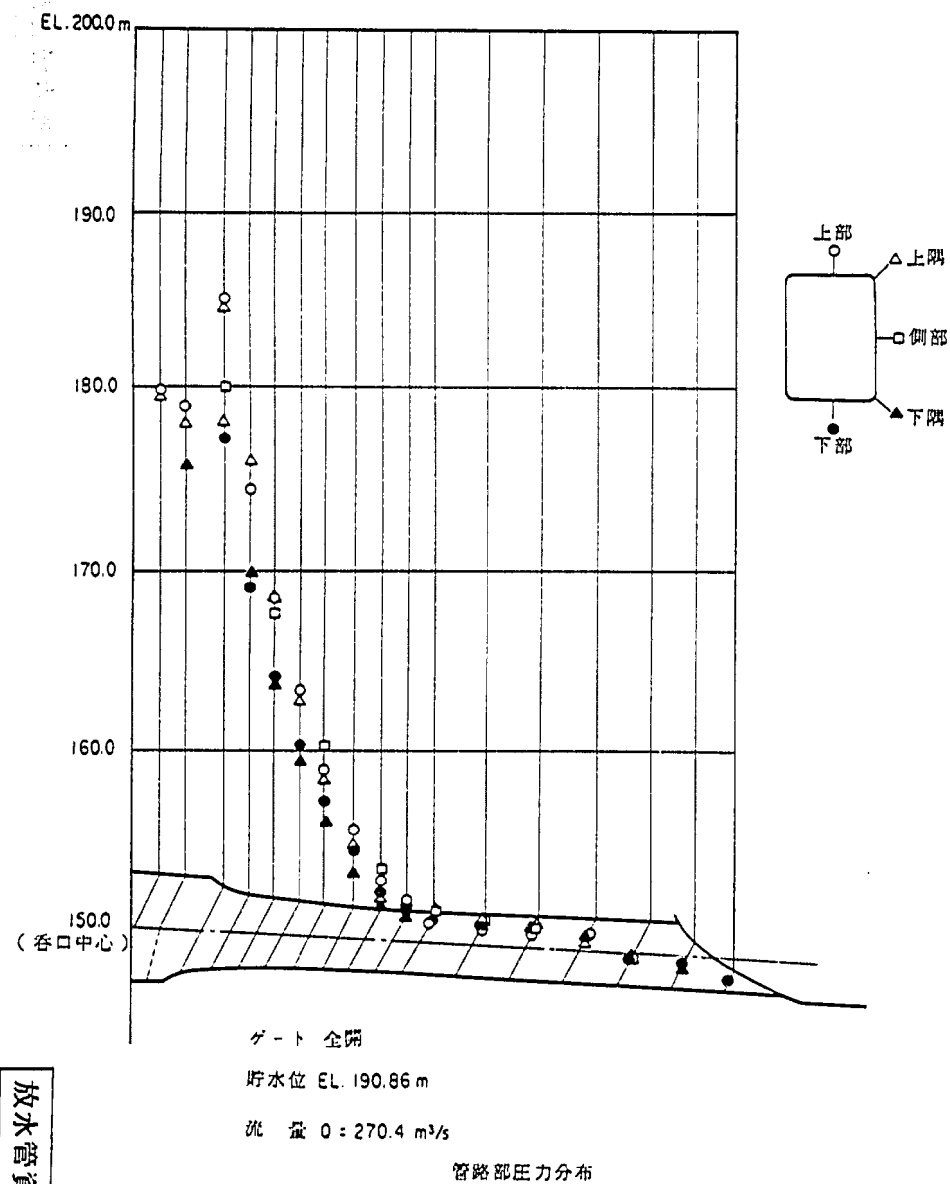
流 量 係 数

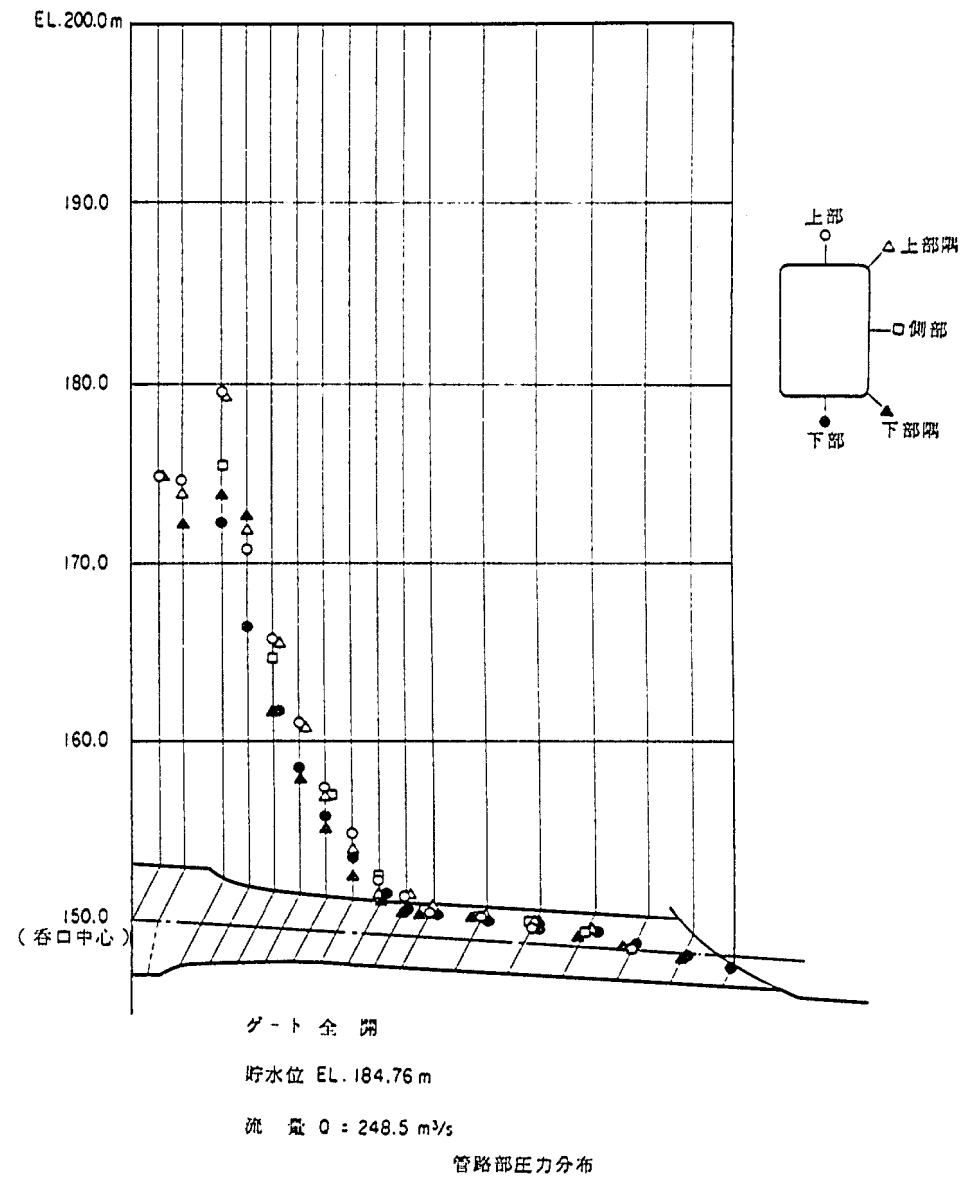
放水管資料 3

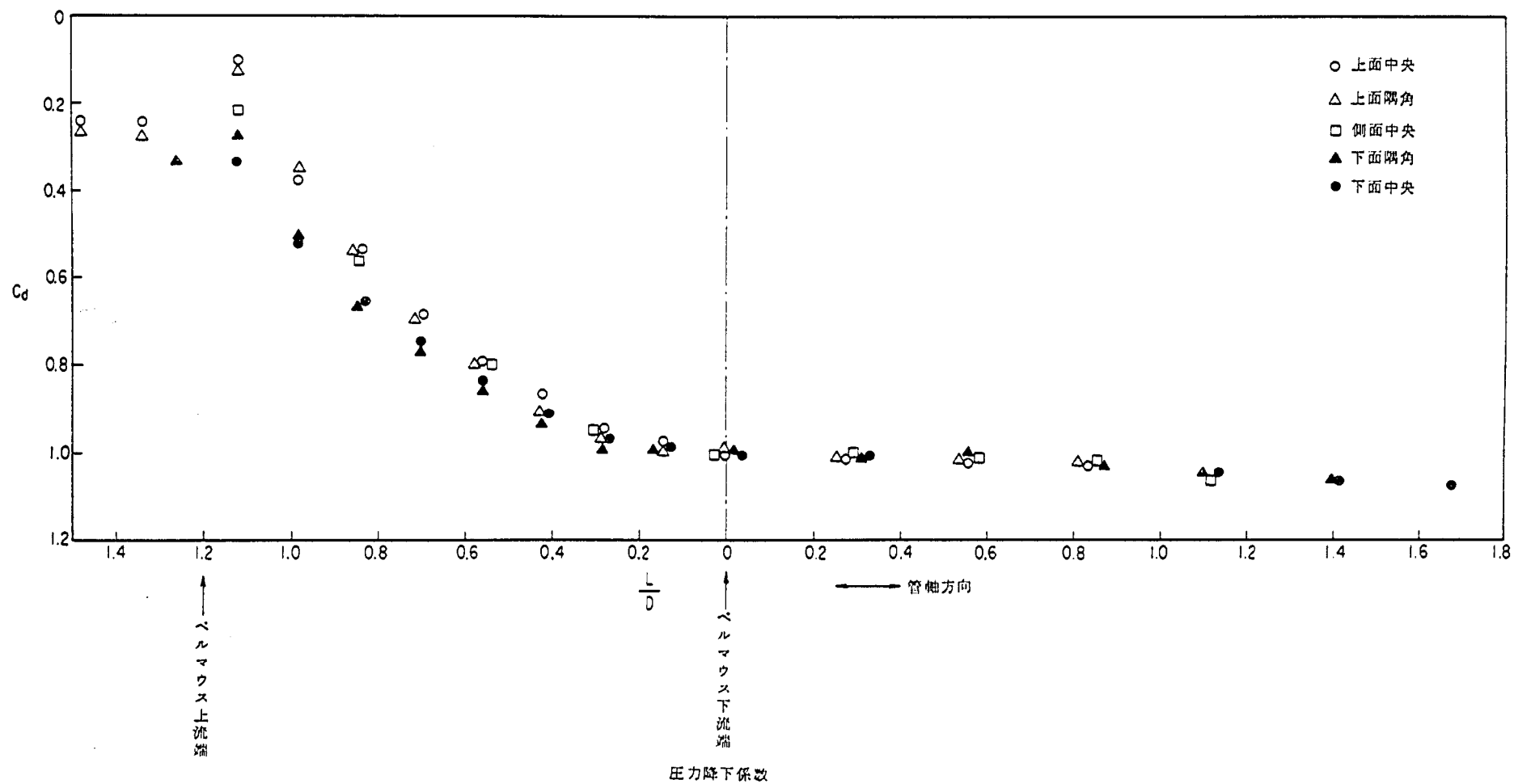


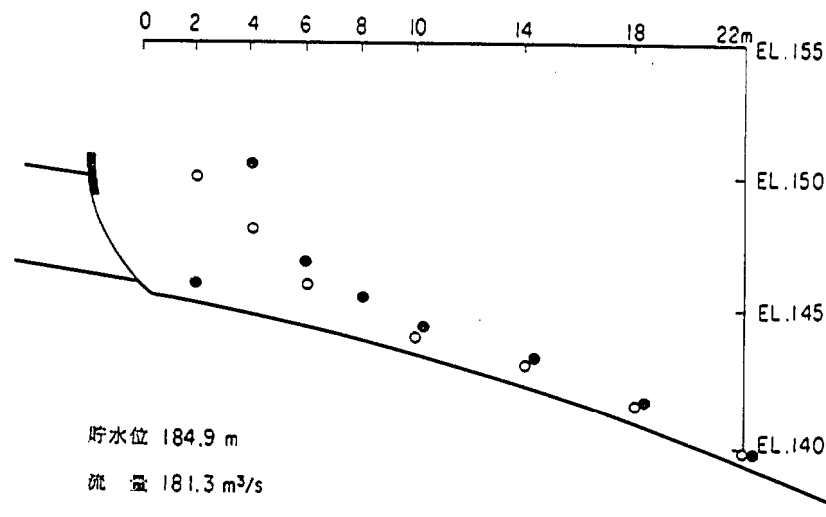
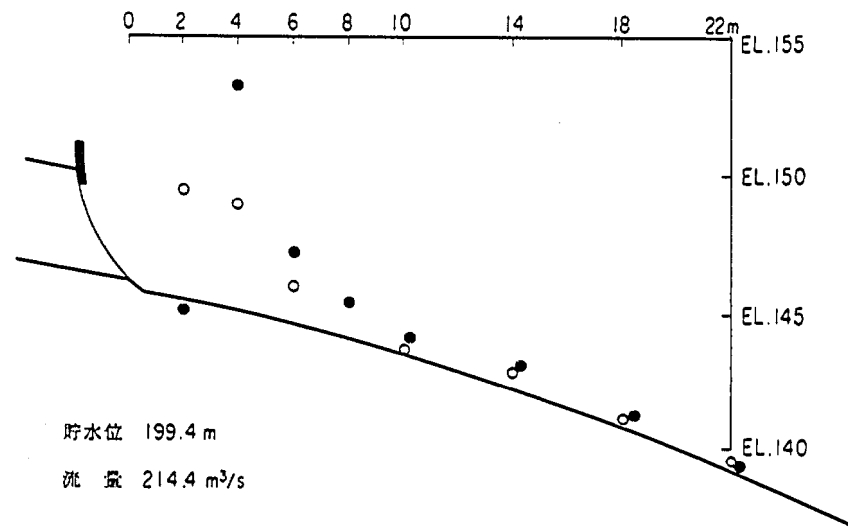
水深による流量係数の変化

放水管資料 4



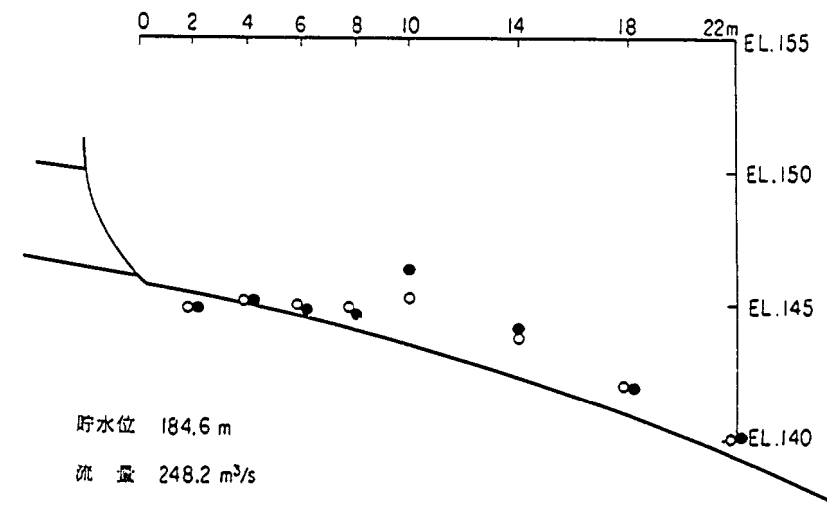
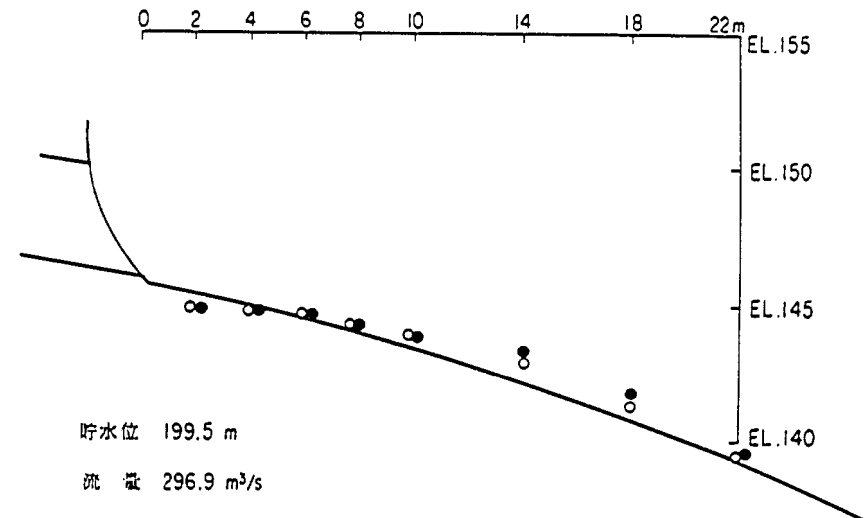






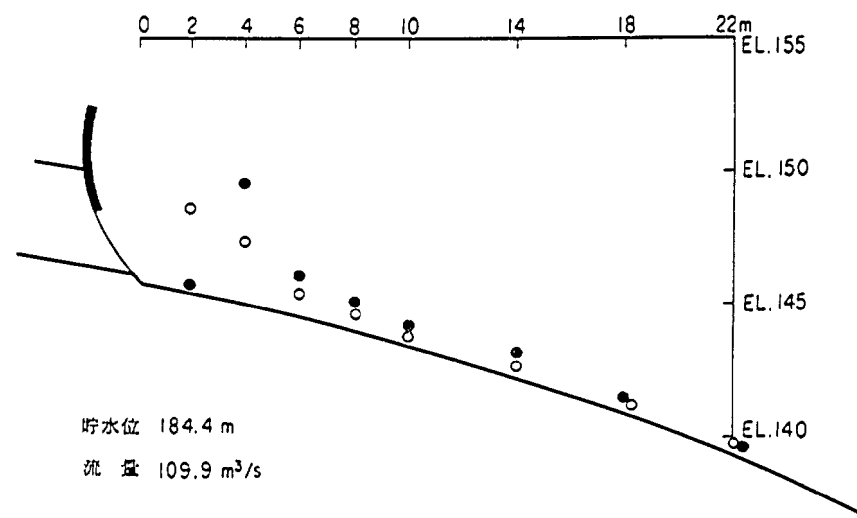
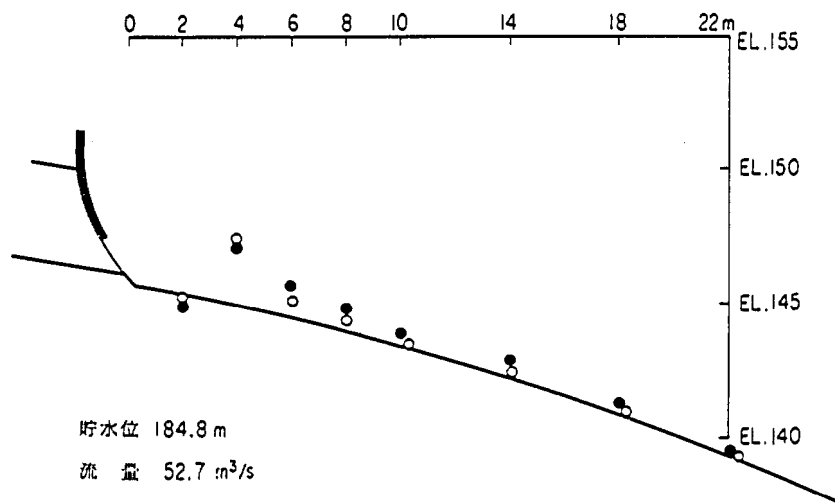
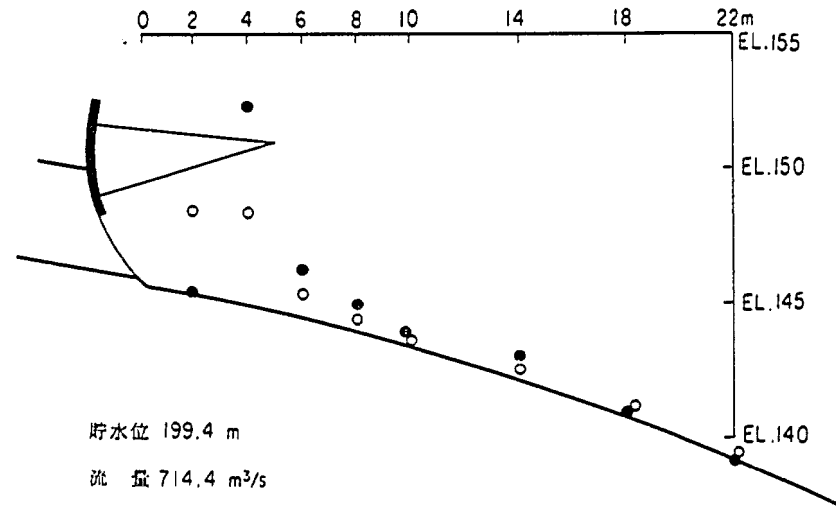
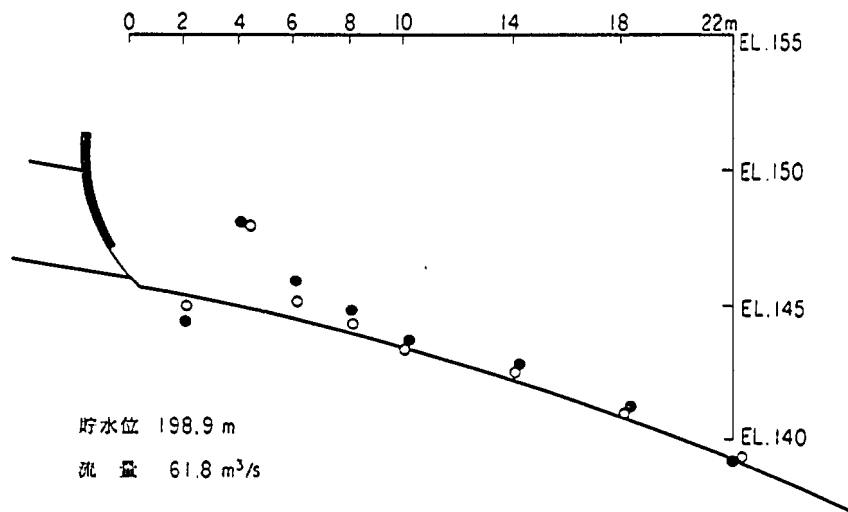
○ 中央
● 壁沿い

ゲート開き 3.0 m
開水路圧力分布



○ 中央
● 壁沿い

ゲート開き 全開
開水路圧力分布

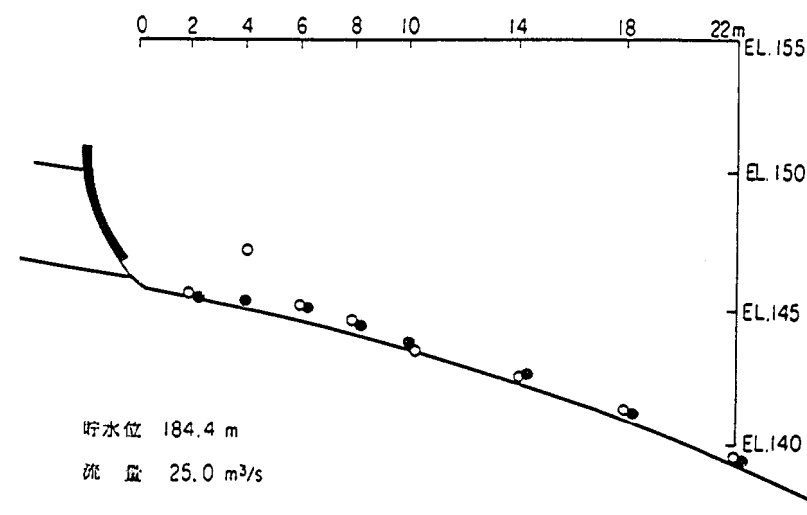
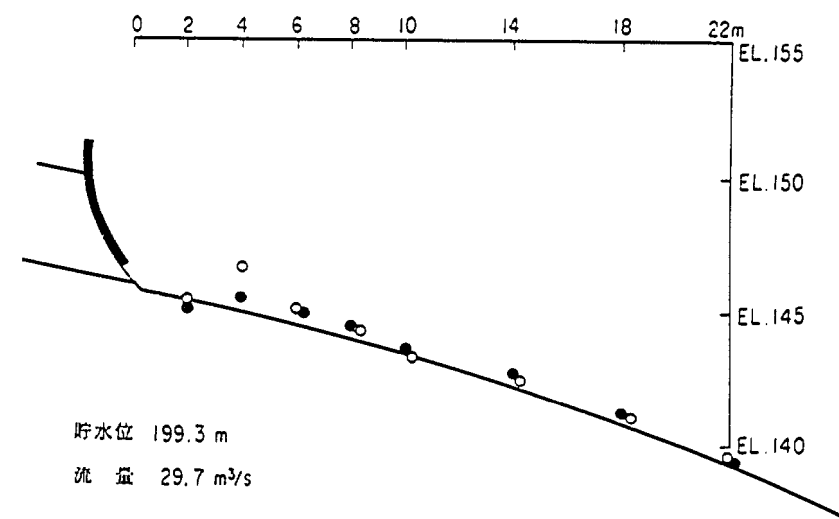


○ 中央
● 壁沿い

ゲート開き 1.0 m
開水路圧力分布

○ 中央
● 壁沿い

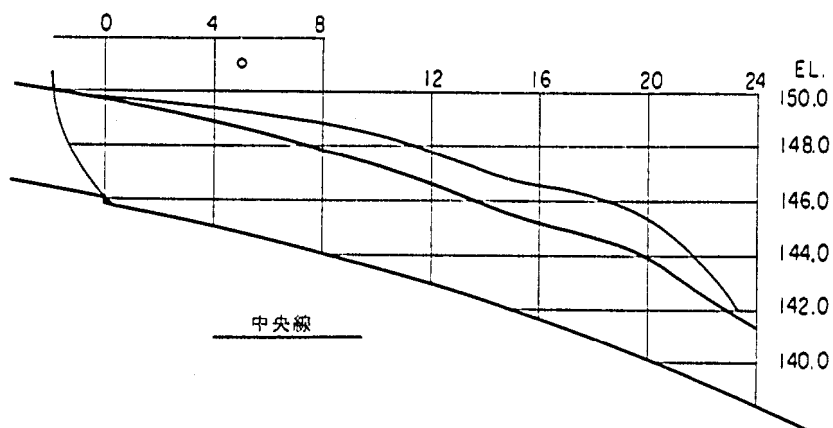
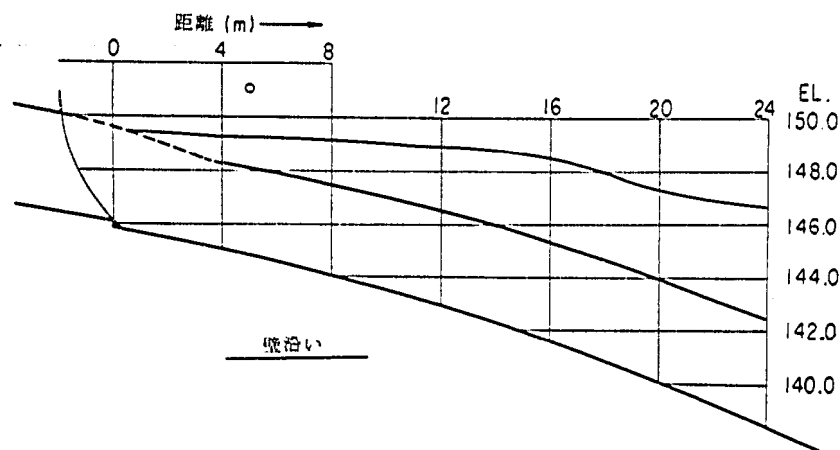
ゲート開き 2.0 m
開水路圧力分布



○ 中央
● 壁沿い

ゲート開き 0.5 m

開水路圧力分布

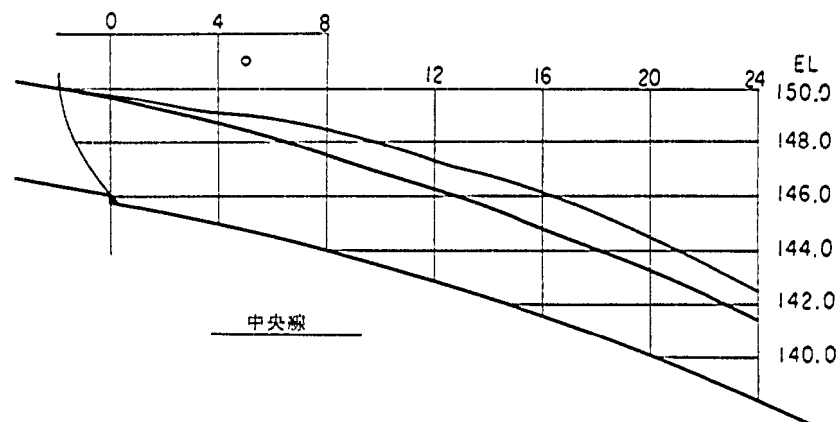
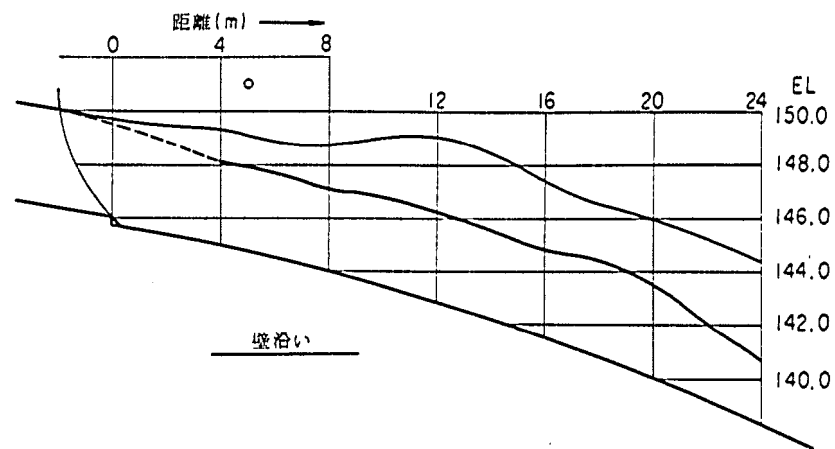


ゲート開き 全開

貯水位 EL. 199.6 m

流量 $Q = 296.2 \text{ m}^3/\text{s}$

開水路部水面形状



ゲート開き 全開

貯水位 EL. 184.6 m

流量 $Q = 249.2 \text{ m}^3/\text{s}$

開水路部水面形状

貯水位－放流量測定結果

G = 0.5 m					G = 1.5 m				
貯水位	水頭	流量	C	$\frac{H}{D}$	貯水位	水頭	流量	C	$\frac{H}{D}$
199.89	53.84	29.7	0.095	14.96	198.69	52.64	93.2	0.301	14.62
195.41	49.36	28.3	0.094	13.71	191.96	45.85	86.7	0.299	12.74
191.57	45.52	27.1	0.094	12.64	188.63	42.58	83.4	0.299	11.83
186.07	40.02	25.5	0.094	11.12	183.92	37.87	78.4	0.298	10.52
182.09	36.04	24.0	0.094	10.01	179.05	33.00	72.9	0.297	9.17
176.55	30.50	22.0	0.093	8.47	173.98	27.93	66.7	0.295	7.76
171.03	24.98	19.8	0.093	6.94	170.20	24.15	61.8	0.294	6.71
166.43	20.38	18.1	0.094	5.66	166.73	20.68	56.7	0.291	5.74
162.45	16.40	16.0	0.093	4.56	163.29	17.24	51.2	0.289	4.79
G = 1.0 m					G = 2.0 m				
貯水位	水頭	流量	C	$\frac{H}{D}$	貯水位	水頭	流量	C	$\frac{H}{D}$
199.01	52.96	61.9	0.199	14.71	201.17	55.12	131.9	0.415	15.31
194.72	48.67	58.9	0.198	13.52	194.62	48.57	123.7	0.415	13.49
189.13	43.08	55.4	0.197	11.97	188.89	42.84	115.5	0.413	11.90
184.63	38.58	52.3	0.197	10.72	183.30	37.25	107.5	0.412	10.35
179.76	33.71	48.6	0.196	9.36	178.35	32.30	99.7	0.410	8.97
175.63	29.58	45.5	0.196	8.22	171.94	25.89	88.8	0.408	7.19
171.80	25.75	42.4	0.195	7.15	167.90	21.85	81.2	0.406	6.07
167.89	21.84	38.7	0.194	6.07	163.62	17.57	72.1	0.402	4.88
164.77	18.72	35.7	0.193	5.20					
163.01	16.96	34.0	0.193	4.71					

放水管資料

貯水位 - 放流量測定結果

G = 2.5 m					全 開 (G = 3.6 m)				
貯 水 位	水 頭	流 量	C	$\frac{H}{D}$	貯 水 位	水 頭	流 量	C	$\frac{H}{D}$
200.96	54.93	167.9	0.530	15.26	202.13	56.08	303.0	0.946	15.58
196.01	49.96	159.8	0.529	13.88	196.08	50.02	286.8	0.948	13.89
190.81	44.76	150.9	0.528	12.43	190.44	44.38	268.2	0.941	12.33
186.06	40.01	142.4	0.526	11.11	184.36	38.31	248.1	0.937	10.64
180.82	34.77	132.1	0.524	9.66	179.59	33.54	231.0	0.933	9.32
177.72	31.67	125.4	0.521	8.80	175.44	29.39	214.3	0.924	8.16
173.78	27.73	116.5	0.517	7.70	170.89	24.84	195.1	0.916	6.90
170.10	24.05	107.7	0.514	6.68	168.92	22.87	186.5	0.912	6.35
165.84	19.79	97.0	0.510	5.50	166.91	20.86	176.6	0.904	5.79
162.83	16.78	87.4	0.499	4.66	165.47	19.42	168.8	0.896	5.39
					163.87	17.82	160.5	0.889	4.95
G = 3.0 m									
貯 水 位	水 頭	流 量	C	$\frac{H}{D}$					
203.03	56.98	221.0	0.685	15.83					
199.16	53.11	213.3	0.684	14.75					
194.87	48.82	204.0	0.683	13.56					
190.72	44.67	194.9	0.682	12.41					
187.67	41.62	188.3	0.683	11.56					
183.84	37.79	179.2	0.682	10.50					
180.39	34.34	170.6	0.681	9.54					
177.23	31.18	161.9	0.678	8.66					
173.65	27.60	151.4	0.674	7.67					
170.90	24.85	142.9	0.670	6.90					
168.41	22.36	135.4	0.670	6.21					
165.48	19.43	125.0	0.663	5.40					
163.42	17.37	118.0	0.662	4.83					
(定義) 貯 水 位 …… 標高 C …… 流量係数 水 頭(H) = 貯水位 - EL. 146.05 流 量 …… m/s D …… 放水管出口の高さ (3.6 m)									

放水管資料

放水管内の作用圧力

開 度	断 面 積	貯 水 位	放 流 量	流 速	速度水頭
全 開	A (㎡)	EL. (m)	Q (㎡/s)	V (m/s)	$V^2/2.9(m)$
	9.659	184.76	248.5	25.73	33.76

測 線	ピ エ ソ No	最 高				最 低				平 均 降 係 下 数
		ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭	降 係 下 数	ピエソ水頭	ピエソ標高	圧力水頭	降 係 下 数	
上 面 中 央	1	175.86	152.91	22.95	0.26	174.92	152.91	22.01	0.29	0.27
	2	176.58	152.82	23.76	0.24	174.64	152.82	21.82	0.30	0.27
	3	180.16	152.21	27.95	0.14	179.46	152.21	27.25	0.16	0.15
	4	171.16	151.87	19.29	0.40	170.68	151.87	18.81	0.42	0.41
	5	165.96	151.66	14.30	0.56	165.64	151.66	13.98	0.57	0.56
	6	161.12	151.44	9.68	0.70	160.96	151.44	9.52	0.70	0.70
	7	157.60	151.29	6.31	0.80	157.40	151.29	6.11	0.81	0.81
	8	154.92	151.16	3.76	0.88	154.70	151.16	3.54	0.89	0.87
	9	152.50	151.05	1.45	0.96	152.22	151.05	1.17	0.96	0.96
	10	151.42	150.42	0.48	0.99	151.20	150.94	0.26	0.94	0.99
	11	150.58	150.85	- 0.27	1.01	150.34	150.85	- 0.51	1.02	1.02
	12	150.42	150.68	- 0.26	1.02	150.14	150.68	- 0.54	1.03	1.02
	13	149.82	150.50	- 0.68	1.03	149.56	150.50	- 0.94	1.04	1.04
	14	149.92	150.33	- 0.41	1.03	149.78	150.33	- 0.55	1.04	1.03
上 面 隅 角	1	175.78	152.37	23.41	0.27	174.94	152.37	22.57	0.29	0.28
	2	175.02	152.29	22.73	0.29	173.84	152.29	21.55	0.32	0.31
	3	180.16	151.81	28.35	0.14	179.34	151.81	27.53	0.16	0.15
	4	172.20	151.55	20.65	0.37	171.86	151.55	20.31	0.38	0.38
	5	165.90	151.35	14.55	0.56	165.50	151.35	14.15	0.57	0.56
	6	161.88	151.19	10.69	0.68	160.76	151.19	9.57	0.71	0.69
	7	157.30	151.06	6.24	0.81	156.94	151.06	5.88	0.82	0.82
	8	154.14	150.94	3.20	0.91	153.86	150.94	2.92	0.92	0.91
	9	151.66	150.84	0.82	0.98	151.40	150.84	0.56	0.99	0.98
	10	151.48	150.74	0.74	0.99	151.28	150.74	0.54	0.99	0.99
	11	150.94	150.65	0.29	1.00	150.56	150.65	- 0.09	1.01	1.00
	12	150.40	150.47	- 0.07	1.02	150.22	150.47	- 0.25	1.02	1.02
	13	150.08	150.30	- 0.22	1.03	149.90	150.30	- 0.40	1.03	1.03
	14	149.70	150.13	- 0.43	1.04	149.52	150.13	- 0.61	1.04	1.04

放水管資料

放水管内の作用圧力

貯水位 EL. 184.76

側 面 中 央	1	176.84	149.77	27.07	0.23	175.52	149.77	25.75	0.27	0.25
	2	164.90	149.60	15.30	0.59	164.66	149.60	15.06	0.59	0.59
	3	157.08	149.42	7.66	0.82	156.94	149.42	7.52	0.82	0.82
	4	152.74	149.25	3.49	0.95	152.54	149.25	3.29	0.95	0.95
	5	150.78	149.08	1.70	1.00	150.54	149.08	1.46	1.01	1.01
	6	150.32	148.90	1.42	1.02	150.22	148.90	1.32	1.02	1.02
	7	149.96	148.73	1.23	1.03	149.80	148.73	1.07	1.04	1.03
	8	149.72	148.56	1.16	1.04	149.30	148.56	0.74	1.05	1.04
	9	148.70	148.38	0.32	1.07	148.50	148.38	0.12	1.07	1.07
下 面 隅 角	1	172.66	147.46	25.20	0.36	172.24	147.46	24.78	0.37	0.36
	2	174.80	147.73	27.07	0.30	173.90	147.73	26.17	0.32	0.31
	3	163.78	147.73	16.05	0.62	162.96	147.73	15.23	0.35	0.64
	4	161.74	147.85	13.89	0.68	161.64	147.85	13.79	0.68	0.68
	5	158.08	147.83	10.25	0.79	157.86	147.83	10.03	0.80	0.79
	6	155.54	147.79	7.75	0.87	155.10	147.79	7.31	0.89	0.87
	7	152.62	147.73	4.89	0.95	152.52	147.73	4.79	0.95	0.95
	8	151.16	147.66	3.50	0.99	150.94	147.66	3.28	1.00	0.99
	9	150.68	147.59	3.09	1.01	150.46	147.59	2.87	1.02	1.01
	10	150.54	147.51	3.03	1.01	150.40	147.51	2.89	1.02	1.02
	11	150.26	147.33	2.93	1.02	150.16	147.33	2.83	1.02	1.02
	12	150.18	147.16	3.02	1.02	150.04	147.16	2.88	1.03	1.03
	13	149.26	147.00	2.26	1.05	149.18	147.00	2.18	1.05	1.05
	14	148.66	146.81	1.85	1.07	148.58	146.81	1.77	1.07	1.07
	15	148.00	146.64	1.36	1.09	147.90	146.64	1.26	1.09	1.09
下 面 中 央	1	173.86	147.33	26.53	0.32	172.30	147.33	24.97	0.37	0.35
	2	166.54	147.50	19.04	0.54	166.40	147.50	18.90	0.54	0.54
	3	161.90	147.53	14.37	0.68	161.66	147.53	14.13	0.68	0.68
	4	158.80	147.58	11.22	0.77	158.60	147.58	11.02	0.77	0.77
	5	156.04	147.56	8.48	0.85	155.86	147.56	8.30	0.86	0.85
	6	153.76	147.76	6.25	0.92	153.54	147.51	6.03	0.92	0.92
	7	151.72	147.46	4.26	0.98	151.50	147.46	4.04	0.99	0.98
	8	150.80	147.38	3.42	1.01	150.66	147.38	3.28	1.01	1.01
	9	150.30	147.30	3.00	1.02	150.12	147.30	2.82	1.03	1.02
	10	150.08	147.13	2.95	1.03	150.00	147.13	2.87	1.03	1.03
	11	149.78	146.96	2.82	1.04	149.68	146.96	2.72	1.04	1.04
	12	149.58	146.78	2.80	1.04	149.44	146.78	2.66	1.05	1.04
	13	148.84	146.61	2.23	1.06	148.80	146.61	2.19	1.07	1.06
	14	148.14	146.44	1.70	1.08	148.10	146.44	1.66	1.09	1.09
	15	147.40	146.26	1.14	1.10	147.40	146.26	1.14	1.11	1.11

放水管資料

放水管内の作用圧力

開 度	断 面 積	貯 水 位	放 水 量	流 速	速度水頭
全 開	A (㎡)	EL. (m)	Q (㎡/s)	V (m/s)	$V^2/2g$ (m)
	9.659	190.86	270.4	28.00	39.98

測 線	ピ エ ゾ No	最 高				最 低				平 均
		ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭	降 下 係 数	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭	降 下 係 数	降 下 係 数
上 面 中 央	1	180.56	152.91	27.65	0.26	178.90	152.91	25.99	0.30	0.28
	2	182.12	152.82	29.30	0.22	179.14	152.82	26.32	0.29	0.26
	3	186.10	152.21	33.89	0.12	185.00	152.21	32.79	0.15	0.13
	4	175.24	151.87	23.37	0.39	174.40	151.87	22.53	0.41	0.40
	5	168.94	151.66	17.28	0.55	168.46	151.66	16.80	0.56	0.55
	6	163.64	151.44	12.20	0.68	163.40	151.44	11.96	0.68	0.68
	7	159.00	151.29	7.71	0.80	158.86	151.29	7.57	0.80	0.80
	8	156.06	151.16	4.90	0.87	155.56	151.16	4.40	0.88	0.88
	9	153.12	151.05	2.07	0.94	152.76	151.05	1.71	0.95	0.95
	10	151.88	150.94	0.94	0.97	151.46	150.94	0.52	0.99	0.98
	11	150.82	150.85	- 0.03	1.00	150.44	150.85	- 0.41	1.01	1.01
	12	150.60	150.68	- 0.08	1.01	150.34	150.68	- 0.34	1.01	1.01
	13	149.94	150.50	- 0.56	1.02	149.70	150.50	- 0.80	1.03	1.03
	14	150.10	150.33	- 0.23	1.02	149.78	150.33	- 0.55	1.03	1.02
上 面 隅 角	1	180.46	152.37	28.09	0.26	179.70	152.37	27.33	0.28	0.27
	2	179.30	152.29	27.01	0.29	178.24	152.29	25.95	0.32	0.30
	3	185.44	151.81	33.63	0.14	184.56	151.81	32.75	0.16	0.15
	4	176.40	151.55	24.85	0.36	176.06	151.55	24.51	0.37	0.37
	5	168.64	151.35	17.29	0.56	168.52	151.35	17.17	0.56	0.56
	6	163.00	151.19	11.81	0.70	162.84	151.19	11.65	0.70	0.70
	7	158.54	151.06	7.48	0.81	158.36	151.06	7.30	0.81	0.81
	8	154.86	150.94	3.92	0.90	154.62	150.94	3.68	0.91	0.90
	9	152.10	150.84	1.26	0.97	151.82	150.84	0.98	0.98	0.97
	10	151.86	150.74	1.12	0.98	151.66	150.74	0.92	0.98	0.98
	11	151.34	150.65	0.69	0.99	151.04	150.65	0.39	1.00	0.99
	12	150.64	150.47	0.17	1.01	150.48	150.47	0.01	1.01	1.01
	13	150.28	150.30	- 0.02	1.02	150.10	150.30	- 0.20	1.02	1.02
	14	149.78	150.13	- 0.35	1.03	149.60	150.13	- 0.53	1.03	1.03

放水管資料

放水管内の作用圧力

貯水位 EL. 190.86

側 面 中 央	1	182.44	149.77	32.67	0.21	180.10	149.77	30.33	0.27	0.24
	2	167.70	149.60	18.10	0.58	167.48	149.60	17.88	0.58	0.58
	3	160.46	149.42	11.04	0.76	160.24	149.42	10.82	0.77	0.76
	4	153.46	149.25	4.21	0.94	153.26	149.25	4.01	0.94	0.94
	5	151.02	149.08	1.94	1.00	150.86	149.08	1.78	1.00	1.00
	6	150.52	148.90	1.62	1.01	150.38	148.90	1.48	1.01	1.01
	7	150.26	148.73	1.53	1.02	150.04	148.73	1.31	1.02	1.02
	8	149.74	148.56	1.18	1.03	149.46	148.56	0.90	1.04	1.03
	9	148.70	148.38	0.32	1.05	148.52	148.38	0.14	1.06	1.06
下 面 隅	1	176.84	147.46	29.38	0.35	175.92	147.46	28.46	0.37	0.36
	2	179.48	147.73	31.75	0.28	178.44	147.73	30.71	0.31	0.30
	3	170.20	147.82	22.38	0.52	169.80	147.82	21.98	0.53	0.52
	4	164.14	147.85	16.29	0.67	163.74	147.85	15.89	0.68	0.67
	5	159.82	147.83	11.99	0.78	159.34	147.83	11.51	0.79	0.78
	6	156.66	147.79	8.87	0.86	156.10	147.79	8.31	0.87	0.86
	7	153.22	147.73	5.49	0.94	153.06	147.73	5.33	0.95	0.94
	8	151.60	147.66	3.94	0.98	151.32	147.66	3.66	0.99	0.99
	9	151.10	147.59	3.51	0.99	150.80	147.59	3.21	1.00	1.00
	10	150.82	147.51	3.31	1.01	150.66	147.51	3.15	1.01	1.00
	11	150.54	147.33	3.21	1.01	150.38	147.33	3.05	1.01	1.01
	12	150.36	147.16	3.20	1.01	150.26	147.16	3.10	1.02	1.01
	13	149.36	147.00	2.36	1.04	149.26	147.00	2.26	1.04	1.04
	14	148.70	146.81	1.89	1.05	148.46	146.81	1.65	1.06	1.06
	15	147.98	146.64	1.34	1.07	147.84	146.64	1.20	1.08	1.07
下 面 中 央	1	178.86	147.33	31.53	0.30	177.38	147.33	30.05	0.34	0.32
	2	169.70	147.50	22.20	0.53	169.14	147.50	21.64	0.54	0.54
	3	164.50	147.53	16.97	0.66	163.94	147.53	16.41	0.67	0.67
	4	160.62	147.58	13.04	0.76	160.20	147.58	12.62	0.77	0.76
	5	157.40	147.56	9.84	0.84	157.16	147.56	9.60	0.84	0.84
	6	154.66	147.51	7.15	0.91	154.38	147.51	6.87	0.91	0.91
	7	152.26	147.46	4.80	0.97	152.04	147.46	4.58	0.97	0.97
	8	151.18	147.38	3.80	0.99	150.88	147.38	3.50	1.00	1.00
	9	150.60	147.30	3.30	1.01	150.28	147.30	2.98	1.02	1.01
	10	150.42	147.13	3.29	1.01	150.18	147.13	3.05	1.02	1.01
	11	150.04	146.96	3.08	1.02	149.86	146.96	2.90	1.03	1.02
	12	149.70	146.78	2.92	1.03	149.54	146.78	2.76	1.03	1.03
	13	148.88	146.61	2.27	1.05	148.70	146.61	2.09	1.05	1.05
	14	148.30	146.44	1.86	1.06	147.96	146.44	1.52	1.07	1.07
	15	147.50	146.26	1.24	1.08	147.18	146.26	0.92	1.09	1.09

放水管資料

放水管内の作用圧力

開 度	断 面 積	貯 水 位	放 水 量	流 速	速度水頭
全 開	$A (m^2)$	EL. (m)	$Q (m^3/s)$	$V (m/s)$	$V^2/2g(m)$
	9.659	198.60	294.3	30.47	47.37

測 線	ピ エ ゾ No	最 高				最 低				平 均
		ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭	降係 下 数	ピエゾ水頭	ピエゾ標高	圧力水頭	降係 下 数	降係 下 数
上 面 中 央	1	187.50	152.91	34.59	0.23	186.24	152.91	33.33	0.26	0.25
	2	187.64	152.82	34.82	0.23	185.68	152.82	32.86	0.27	0.25
	3	194.10	152.21	41.89	0.09	192.96	152.21	40.75	0.12	0.11
	4	180.90	151.87	29.03	0.37	180.30	151.87	28.43	0.39	0.38
	5	173.20	151.66	21.54	0.54	172.80	151.66	21.14	0.54	0.54
	6	166.08	151.44	14.64	0.69	165.86	151.44	14.42	0.69	0.69
	7	161.10	151.29	9.81	0.79	160.66	151.29	9.37	0.80	0.80
	8	157.54	151.16	6.38	0.87	157.10	151.16	5.94	0.88	0.87
	9	153.90	151.05	2.85	0.94	153.68	151.05	2.63	0.95	0.95
	10	152.48	150.94	1.54	0.97	151.88	150.94	0.94	0.99	0.98
	11	151.34	150.85	0.49	1.00	150.64	150.85	- 0.21	1.01	1.01
	12	151.10	150.68	0.42	1.00	150.48	150.68	- 0.20	1.02	1.01
	13	150.26	150.50	- 0.24	1.02	149.88	150.50	- 0.62	1.03	1.03
	14	150.44	150.33	0.11	1.02	149.96	150.33	- 0.37	1.03	1.02
上 面 隅 角	1	187.20	152.37	34.83	0.24	186.34	152.37	33.97	0.26	0.25
	2	185.60	152.29	33.31	0.27	184.70	152.29	32.41	0.29	0.28
	3	193.54	151.81	41.73	0.11	192.20	151.81	40.39	0.14	0.12
	4	182.40	151.55	30.85	0.34	181.86	151.55	30.31	0.35	0.35
	5	173.10	151.35	21.75	0.54	172.66	151.35	21.31	0.55	0.54
	6	166.36	151.19	15.17	0.68	165.74	151.19	14.55	0.69	0.69
	7	160.70	151.06	9.64	0.80	160.28	151.06	9.22	0.81	0.80
	8	156.16	150.94	5.22	0.90	155.84	150.94	4.90	0.90	0.90
	9	152.70	150.84	1.86	0.97	152.40	150.84	1.56	0.98	0.97
	10	152.42	150.74	1.68	0.97	152.16	150.74	1.42	0.98	0.98
	11	151.90	150.65	1.25	0.99	151.50	150.65	0.85	0.99	0.99
	12	151.08	150.47	0.61	1.00	150.74	150.47	0.27	1.01	1.01
	13	150.56	150.30	0.26	1.01	150.30	150.30	0.00	1.02	1.02
	14	149.96	150.13	- 0.17	1.03	149.66	150.13	- 0.47	1.03	1.03

放水管資料

放水管内の作用圧力

貯水位 EL. 198.60 m

側面中央	1	189.30	149.77	39.53	0.20	187.10	149.77	37.33	0.24	0.22
	2	171.64	149.60	22.04	0.57	171.46	149.60	21.86	0.57	0.57
	3	160.64	149.42	11.22	0.80	160.30	149.42	10.88	0.81	0.80
	4	154.36	149.25	5.11	0.93	154.14	149.25	4.89	0.94	0.94
	5	151.48	149.08	2.40	0.99	151.20	149.08	3.12	1.00	1.00
	6	150.84	148.90	1.94	1.01	150.68	148.90	1.78	1.01	1.01
	7	150.40	148.73	1.67	1.02	150.20	148.73	1.47	1.02	1.02
	8	149.80	148.56	1.24	1.03	149.48	148.56	0.92	1.04	1.03
	9	148.60	148.38	0.22	1.06	148.38	148.38	0.00	1.06	1.06
下面隅角	1	182.84	147.46	35.38	0.33	182.10	147.46	34.64	0.35	0.34
	2	185.90	147.73	38.17	0.27	184.54	147.73	36.81	0.30	0.28
	3	174.80	147.82	26.98	0.50	174.40	147.82	26.58	0.51	0.51
	4	167.20	147.85	19.35	0.66	166.68	147.85	18.83	0.67	0.67
	5	162.14	147.83	14.31	0.80	161.62	147.83	13.79	0.78	0.78
	6	158.40	147.79	10.61	0.85	157.70	147.79	9.91	0.86	0.86
	7	154.30	147.73	6.57	0.94	153.88	147.73	6.15	0.94	0.94
	8	152.14	147.66	4.48	0.98	151.70	147.66	4.04	0.99	0.99
	9	151.64	147.59	4.05	0.99	151.06	147.59	3.47	1.00	1.00
	10	151.26	147.51	3.75	1.00	150.94	147.51	3.43	1.01	1.00
	11	150.88	147.33	3.55	1.01	150.60	147.33	3.27	1.01	1.01
	12	150.74	147.16	3.58	1.01	150.36	147.16	3.20	1.02	1.01
	13	149.52	147.00	2.52	1.04	149.30	147.00	2.30	1.04	1.04
	14	148.74	146.81	1.93	1.05	148.52	146.81	1.71	1.06	1.05
	15	147.90	146.64	1.26	1.07	147.68	146.64	1.04	1.07	1.07
下面中央	1	184.20	147.33	36.87	0.30	181.26	147.33	33.93	0.37	0.34
	2	174.18	147.50	26.68	0.52	173.68	147.50	26.18	0.53	0.52
	3	167.34	147.53	19.81	0.66	166.94	147.53	19.41	0.67	0.66
	4	162.94	147.58	15.36	0.75	162.80	147.58	15.22	0.76	0.75
	5	159.06	147.56	11.50	0.83	158.74	147.56	11.18	0.84	0.84
	6	155.86	147.51	8.35	0.90	155.56	147.51	8.05	0.91	0.91
	7	152.94	147.46	5.48	0.96	152.66	147.46	5.20	0.97	0.97
	8	151.68	147.38	4.30	0.99	151.30	147.38	3.92	1.00	0.99
	9	150.84	147.30	3.54	1.01	150.60	147.30	3.30	1.01	1.01
	10	150.66	147.13	3.53	1.01	150.46	147.13	3.30	1.02	1.01
	11	150.26	149.96	3.30	1.02	150.10	146.96	3.14	1.02	1.02
	12	149.82	146.78	3.04	1.03	149.66	146.78	2.88	1.03	1.03
	13	148.94	146.61	2.33	1.05	148.70	146.61	2.09	1.05	1.05
	14	148.06	146.44	1.62	1.07	147.84	146.44	1.40	1.07	1.07
	15	147.36	146.26	1.10	1.08	147.14	146.26	0.88	1.09	1.08

放水管資料

開水路底面圧力値

測 線	ピ エ ゾ No	ピ エ ゾ 標 高	全開 EL. 199.5 Q = 296.9 m ³ /s				全開 EL. 184.6 m Q = 248.2 m ³ /s			
			最 高		最 低		最 高		最 低	
			ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭
壁 沿	1	145.38	144.92	-0.46	—	—	144.92	-0.46	—	—
	2	145.03	145.10	0.07	144.86	-0.17	145.10	0.07	—	—
	3	144.51	145.08	0.57	144.66	0.15	145.24	0.73	144.80	0.29
	4	144.00	145.24	1.24	144.30	0.30	147.40	3.40	144.60	0.60
	5	143.45	145.06	1.61	143.82	0.37	147.60	4.15	146.24	2.79
	6	142.23	144.04	1.81	143.32	1.09	144.20	1.97	143.96	1.73
	7	140.83	141.90	1.07	141.74	0.91	141.92	1.09	—	—
	8	139.26	139.66	0.40	139.56	0.30	140.04	0.78	—	—
中 央	1	145.38	144.90	-0.48	—	—	144.90	-0.48	—	—
	2	145.03	145.32	0.29	144.96	-0.07	145.40	0.37	145.10	0.07
	3	144.51	145.10	0.59	144.68	0.17	146.16	1.65	145.02	0.51
	4	144.00	144.58	0.58	144.26	0.26	146.10	2.10	144.80	0.80
	5	143.45	144.00	0.55	143.84	0.39	145.96	2.51	145.28	1.83
	6	142.23	144.00	1.77	143.00	0.77	143.64	1.41	—	—
	7	140.83	141.54	0.71	141.44	0.61	141.84	1.01	—	—
	8	139.26	139.52	0.26	—	—	140.00	0.74	—	—

測 線	ピ エ ゾ No	ピ エ ゾ 標 高	3.0 m EL. = 199.4 Q = 214.4 m ³ /s				3.0 m EL. = 184.9 m Q = 181.3 m ³ /s			
			最 高		最 低		最 高		最 低	
			ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭
壁 沿	1	145.38	146.16	0.78	145.00	-0.38	149.54	4.16	146.06	0.68
	2	145.03	154.22	9.19	153.20	8.17	151.04	6.01	150.50	5.47
	3	144.51	147.20	2.69	147.10	2.59	146.82	2.31	146.72	2.21
	4	144.00	145.32	1.32	145.28	1.28	145.44	1.44	145.36	1.36
	5	143.45	144.00	0.55	—	—	144.32	0.87	—	—
	6	142.23	143.20	0.97	143.10	0.87	143.30	1.07	—	—
	7	140.83	141.24	0.41	—	—	141.74	0.91	141.60	0.77
	8	139.26	139.40	0.14	—	—	139.80	0.54	—	—
中 央	1	145.38	150.50	5.12	149.40	4.02	150.90	5.52	150.06	4.68
	2	145.03	149.40	4.37	148.86	3.83	148.66	3.63	148.20	3.17
	3	144.51	146.24	1.73	146.02	1.51	146.20	1.69	146.08	1.57
	4	144.00	—	—	—	—	—	—	—	—
	5	143.45	143.84	0.39	143.60	0.15	144.16	0.71	144.06	0.61
	6	142.23	142.84	0.61	142.72	0.49	143.06	0.83	142.96	0.73
	7	140.83	141.30	0.47	141.20	0.37	141.58	0.75	141.52	0.69
	8	139.26	139.54	0.28	—	—	139.80	0.54	—	—

放水管資料

開水路底面圧力値

測 線	ピ エ ソ No	ピ エ ソ 標 高	2.0 m EL. 199.4 m Q = 214.4 m ³ /s				2.0 m EL. 184.4 m Q = 109.3 m ³ /s			
			最 高		最 低		最 高		最 低	
			ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭
壁 沿	1	145.38	148.80	3.42	145.40	0.02	147.60	2.22	145.68	0.30
	2	145.03	154.36	9.33	152.36	7.33	150.80	5.77	149.50	4.47
	3	144.51	146.64	2.13	146.34	1.83	146.18	1.67	146.00	1.49
	4	144.00	145.24	1.24	145.00	1.00	145.10	1.10	145.00	1.00
	5	143.45	144.04	0.59	143.88	0.43	144.10	0.65	—	—
	6	142.23	143.06	0.83	143.00	0.77	143.10	0.87	—	—
	7	140.83	141.30	0.47	141.04	0.21	141.46	0.63	—	—
	8	139.26	139.26	0.00	139.16	-0.10	139.54	0.28	—	—
中 央	1	145.38	149.32	3.94	148.44	3.06	149.44	4.06	148.56	3.18
	2	145.03	148.70	3.67	148.34	3.31	147.72	2.69	147.26	2.23
	3	144.51	145.64	1.13	145.36	0.85	145.48	0.97	145.30	0.79
	4	144.00	144.80	0.80	144.42	0.42	144.90	0.90	144.50	0.50
	5	143.45	143.88	0.43	143.62	0.17	144.10	0.65	143.76	0.31
	6	142.23	142.70	0.47	142.56	0.33	142.80	0.57	142.70	0.47
	7	140.83	141.30	0.47	141.22	0.39	141.38	0.55	141.28	0.45
	8	139.26	139.50	0.24	139.44	0.18	139.66	0.40	—	—

測 線	ピ エ ソ No	ピ エ ソ 標 高	1.0 m EL. 198.9 m Q = 61.8 m ³ /s				1.0 m EL. 184.8 m Q = 52.7 m ³ /s			
			最 高		最 低		最 高		最 低	
			ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭
壁 沿	1	145.38	144.50	-0.88	144.36	-1.02	144.98	-0.40	144.82	-0.56
	2	145.03	149.74	4.71	148.00	2.97	148.32	3.29	147.08	2.05
	3	144.51	145.86	1.35	—	—	145.58	1.07	145.52	1.01
	4	144.00	144.92	0.92	144.72	0.72	144.76	0.76	144.70	0.70
	5	143.45	143.82	0.37	143.68	0.23	143.80	0.35	—	—
	6	142.23	142.80	0.57	—	—	142.80	0.57	—	—
	7	140.83	141.20	0.37	—	—	141.30	0.47	—	—
	8	139.26	139.28	0.02	139.14	-0.12	139.32	0.06	—	—
中 央	1	145.38	145.10	-0.28	—	—	145.38	0.00	145.28	-0.10
	2	145.03	148.60	3.57	148.10	3.07	147.86	2.83	147.40	2.37
	3	144.51	145.28	0.77	145.16	0.65	145.14	0.63	—	—
	4	144.00	144.38	0.38	144.30	0.30	144.40	0.40	—	—
	5	143.45	143.40	-0.05	143.34	-0.11	143.60	0.15	—	—
	6	142.23	142.44	0.21	—	—	142.50	0.27	—	—
	7	140.83	141.12	0.29	140.96	0.13	141.26	0.43	141.16	0.33
	8	139.26	139.44	0.18	—	—	139.56	0.30	139.46	0.20

放水管資料

開水路底面圧力値

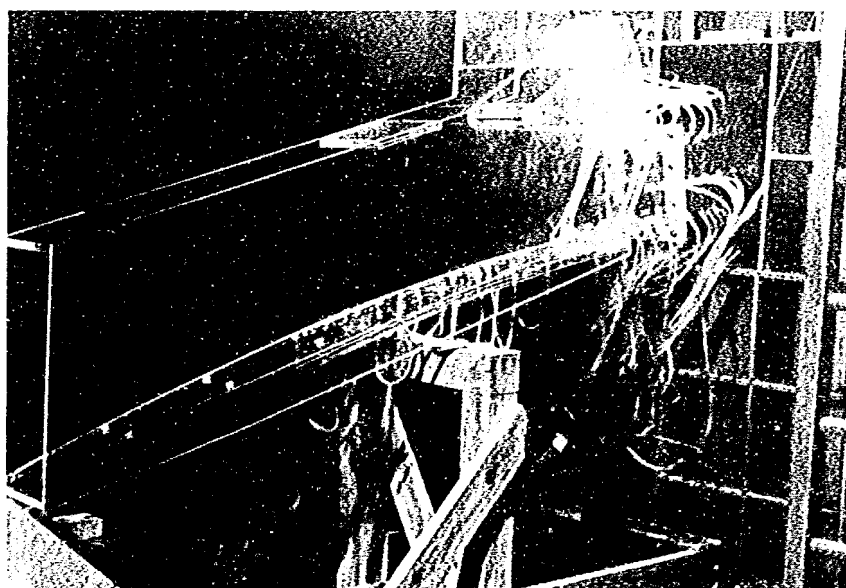
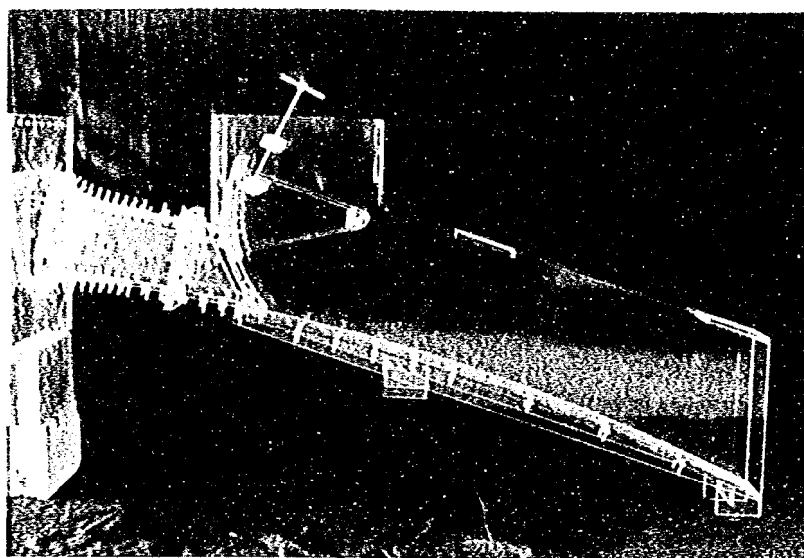
測 線	ピ エ ゾ No	ピ エ ゾ 標 高	0.5 m EL. = 199.3 m Q = 29.7 m ³ /s				0.5 m EL. = 184.4 m Q = 25.0 m ³ /s			
			最 高		最 低		最 高		最 低	
			ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭	ピエゾ水頭	圧力水頭
壁 沿	1	145.38	145.10	-0.28	144.98	-0.40	145.44	0.06	145.38	0.00
	2	145.03	145.56	0.53	145.48	0.45	145.36	0.33		
	3	144.51	144.94	0.43			144.94	0.43		
	4	144.00	144.40	0.40			144.46	0.46		
	5	143.45	143.60	0.15			143.70	0.25		
	6	142.23	142.66	0.43			142.62	0.39		
	7	140.83	141.18	0.35			141.20	0.37		
	8	139.26	139.44	0.18			139.50	0.24		
中 央	1	145.38	145.36	-0.02			145.46	0.08		
	2	145.03	147.20	2.17	146.64	1.61	147.30	2.27	147.10	2.07
	3	144.51	145.10	0.59			145.00	0.49		
	4	144.00	144.22	0.22			144.30	0.30		
	5	143.45	143.36	-0.09			143.50	0.05		
	6	142.23	142.40	0.17			142.46	0.23		
	7	140.83	141.14	0.31			141.20	0.37		
	8	139.26	139.44	0.18			139.54	0.28		

放水管下流開水路水面形状

ゲート開度		全 開				全 開			
貯水池水位		184.616 m				199.576 m			
放 流 量		249.19				296.23			
距 離 (m)	測 点 (EL.)	壁 沿 い (m)		中 央 線 上 (m)		壁 沿 い (m)		中 央 線 上 (m)	
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
0	145.76	149.70		149.76		149.70		149.76	
4	144.96	149.26	148.16	149.06	148.76	149.36	148.32	149.36	148.86
8	144.00	148.70	147.20	148.50	147.50	149.20	147.70	148.80	147.80
※ 12	142.86	149.06	146.26	146.95	145.95	148.86	146.76	147.35	146.25
16	141.55	147.35	144.85	146.15	144.75	148.55	145.35	146.45	145.25
20	140.07	145.97	143.57	144.47	143.27	147.27	143.97	145.37	143.87
※ 24	138.41	144.41	141.61	143.08	141.98	146.61	142.51	142.68	141.81

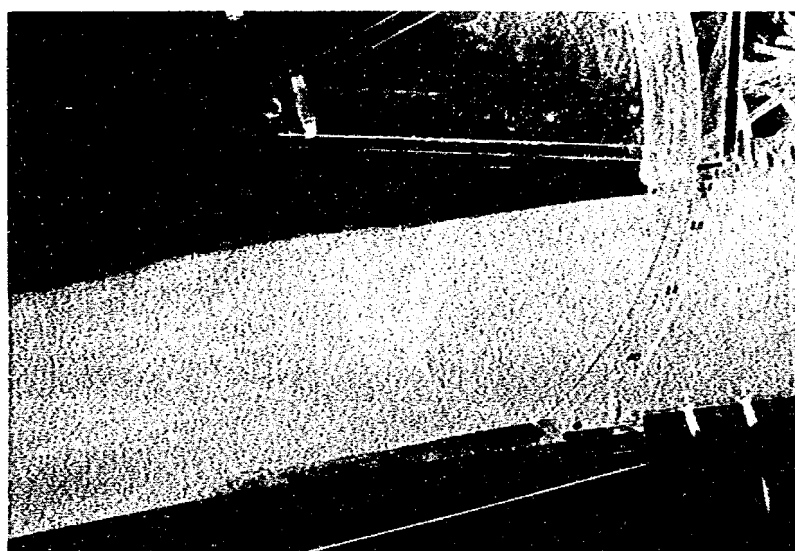
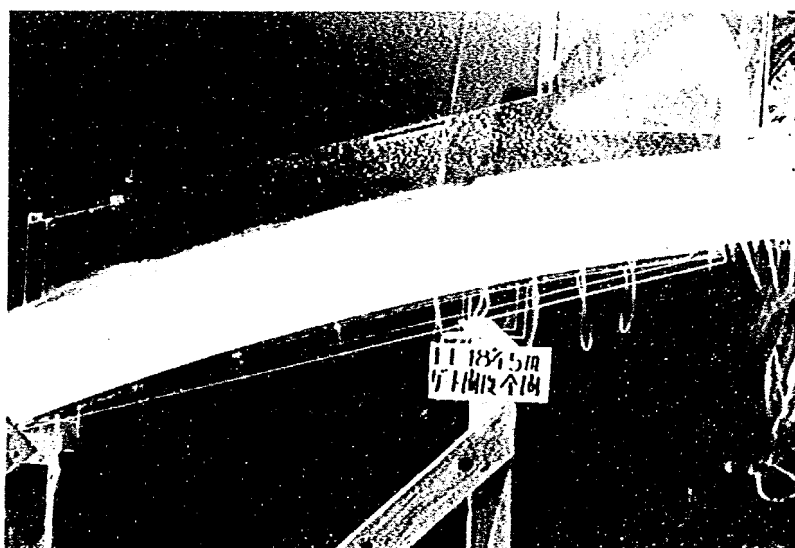
※ (12m, 24mの中央線上は)
13mおよび22.9 m地点

放水管資料



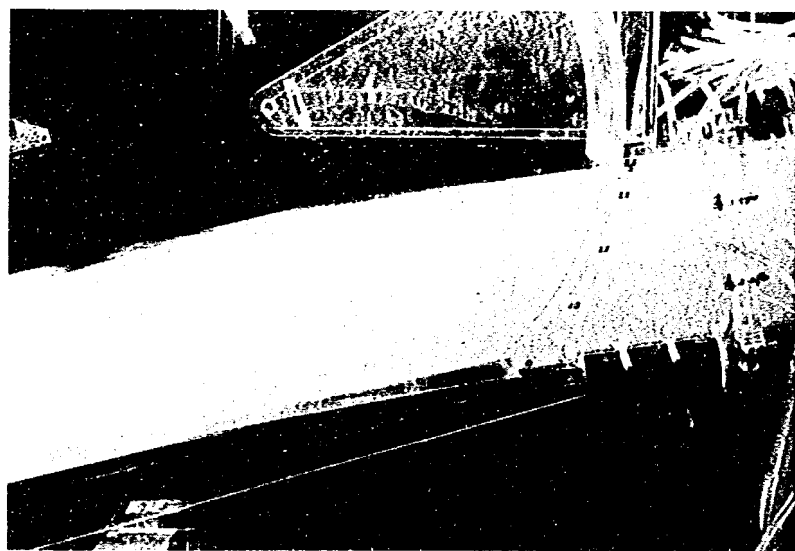
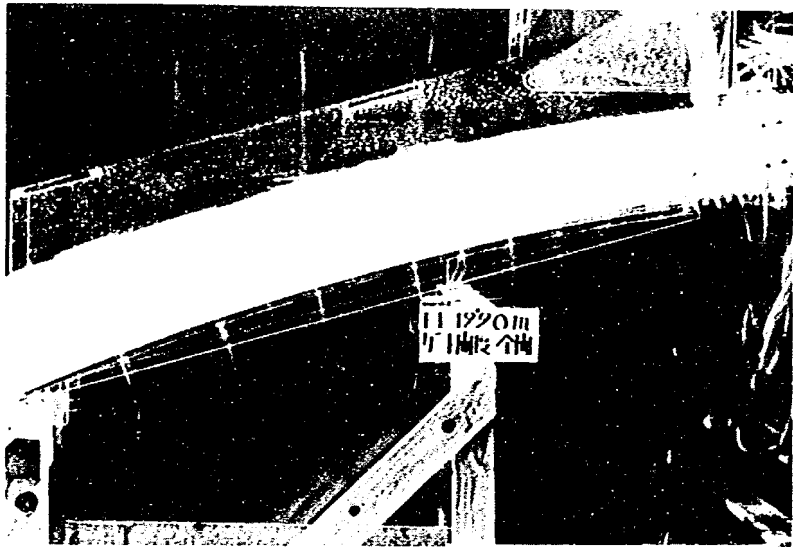
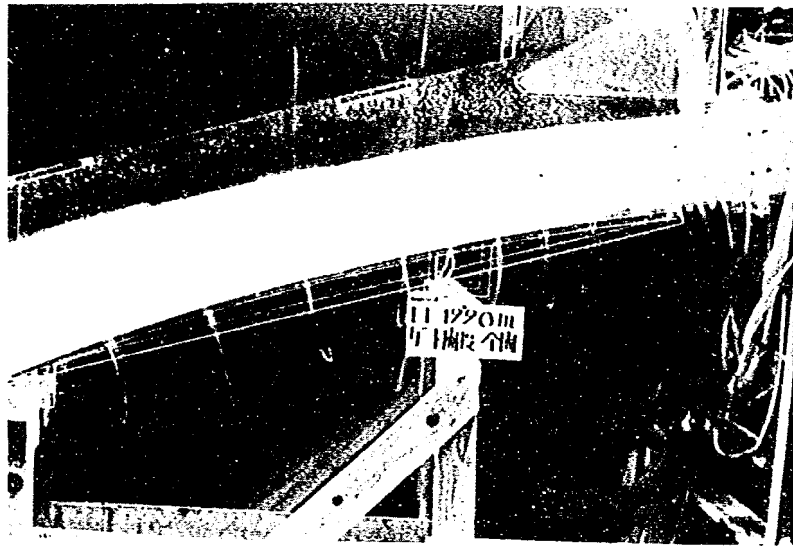
放水管模型

放水管資料



EL. 184.5 m , ゲート全開

放水管資料



EL. 199 m, ゲート全開

放水管資料

第三章 低 圧 型 管 路

第一節 概 要

原設計では、制限水位付近に 1 門設置された。これは単独あるいは放水管と併用して、使用される常用の洪水調節用放流設備である。

通常、オリフィス型式の低圧型管路を設計する上で、考慮すべき基本的条件としては、次のとおりである。

- 1) 流量条件 — 計画流量を放流できること。
- 2) 圧力条件 — 管壁面の作用圧力に対し、安全であること。
- 3) 放流条件 — 水脈のはく離およびゲートなどの構造物に対して安全であること。
- 4) 製作条件 — 制約が少なく、十分な精度で製作できること。

本設計では以上の諸条件を考慮して形状を決定する。

第二節 設 計

原設計では、出口の断面を高さ 5 m、幅 4 m、入口中心を制限水位程度とされた。本ダムでは堤体の高い位置に設置されるため、管軸を下流に向って傾斜させて細部形状を形定するが、傾斜角度は可能なかぎり小さくとることを基本として求める。

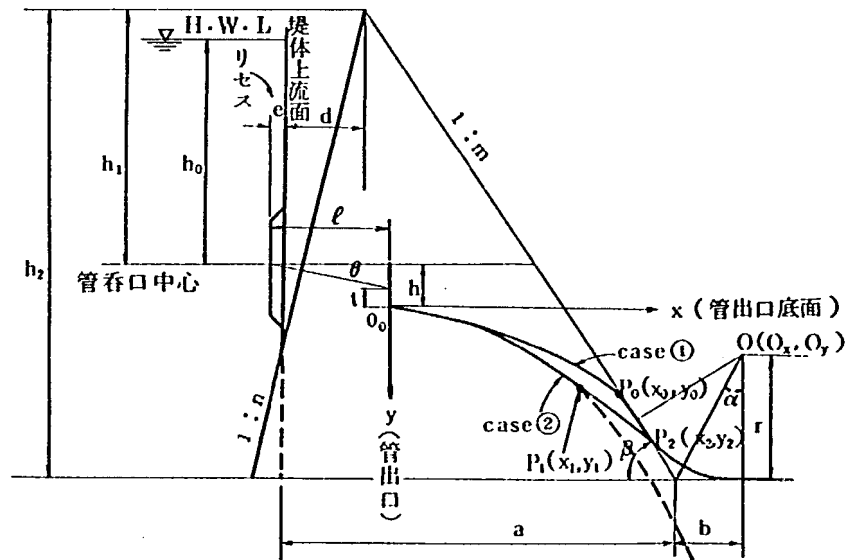


図 3-1 記号の定義

設計にあたって次の設定をする。

$$m = 0.82, \quad n = 0, \quad e = 0, \quad d = 0, \quad \ell = 6.000 \text{ m},$$

$$h_0 + h = 18.0 \text{ m}, \quad O_0 = \text{EL.}181.000 \text{ m}, \quad h_2 = 91.0 \text{ m}$$

図 3-1 で、case ①の場合を考える。

堤体下流面の式は次式で示される。

$$y = 1.21951 X - 12.683 \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

下流水路の設計曲線を y_d とすると

$$y_d = aX^2 + bX$$

$b = \tan \theta$ とすると

$$y_d = aX^2 + \tan \theta \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

(3-1), (3-2) 式から

$$a = \frac{(\tan \theta - 1.21951)^2}{50.7317}$$

自由落下曲線の式を y_w とすると

$$y_w = \frac{1 + \tan^2 \theta}{4(h_0 + l \tan \theta) C^2} X^2 + \tan \theta \cdot X \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

($C \approx 0.9$)

流水脈が底面からはく離しないためには

$$y_w \geq y_d \quad \dots\dots\dots (3-4)$$

よって, (3-2), (3-3), (3-4) 式から

$$\tan \theta \geq 11^\circ$$

以上から管軸の傾斜角を 11° に設定する。

入口の形状は, 2面ベルマウスとし, 上, 下面ともに長円曲線を使用する。

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

$D = 5 \text{ m}$ とすると,

$$\frac{X^2}{5^2} + \frac{Y^2}{1.67^2} = 1$$

ただし, 管内の内圧を高めるため, 出口に向って断面を絞ることや, 遷移領域の範囲を小さくすることを考慮して, 多少変形させる。

以上のように決定された, 詳細形状を「設計資料」に示す。

第三節 水 理 実 験

本実験では前節で得られた形状について, 放流能力, 作用圧力および流況を調査し, 最終形状として, ふさわしいかどうかを, 調査資料をもとに検討を行なう。

実験用模型は, 幾何学的相似な縮尺 $1/25$ とし, 主に木製とし, 側面は流況がよくわかるように透明アクリル板を使用した。管路内の壁面および開水路の底面には圧力測定用にピエゾメーターを設けた。圧力測定は内径 1 mm のピエゾメーターから水柱マノメーターに連結し, その水頭高から圧力値を算定する。流量は電磁流量計に表示される値を記録する。

模型と実物との間にはフルードの相似則が成立し, 以下の縮尺関係をもつ

$$\text{長さの縮尺 } K_L = 1/25$$

圧力の縮尺 …… $K_P = K_L = 1/25$
 時間の縮尺 …… $K_T = 1/5$
 流速の縮尺 …… $K_V = K_L/K_T = 1/5$
 流量の縮尺 …… $K_Q = K_L^3/K_T = 1/3125$

3-1 放流能力に関する調査結果

ゲート操作時およびゲート全開時における貯水位～放流量の関係は「低圧管路資料1」に示す。この場合、ゲート開きはゲート戸当り (EL. 180.579 m) からゲート下端までの標高差である。流量係数については以下の通り定義する。

ゲート全開時は一般に次の2式が適用できる。

$$Q = \frac{2}{3} C \sqrt{2g} B (H_1^{3/2} - H_2^{3/2}) \quad (3-5)$$

$$Q = C B (H_1 - H_2) \sqrt{2gH} \quad (3-6)$$

ここで、

Q : 放流量 C : 流量係数 B : 出口幅 (4.00 m)

H_1 = 貯水位 - EL. 181 H_2 = 貯水位 - EL. 186.094

H = 貯水位 - 出口中心 (EL. 183.55)

実験で得られた資料から C を計算すると上記の2式ともほとんど差はなく、どちらを適用して差しつかえないので、ここでは (3-6) 式を使用して、整理した。(低圧管資料2)

出口の鉛直高を d として表わすと、

$$Q = C B d \sqrt{2gH} \quad d = 5.094 \text{ m}$$

$$C = -0.0163 \left(\frac{H}{d} \right)^2 + 0.1168 \left(\frac{H}{d} \right) + 0.715$$

ゲート操作時については、一般に3-5式が適用される。この式はクレストゲートの流量公式として利用される。3-5式は C を m-sec 単位として、次のように定義され、この C を求めたのが「低圧管資料3」である。

$$Q = C_1 B (H_1^{3/2} - H_2^{3/2})$$

ここで、 H_1 = 貯水位 - ゲート戸当り面 (EL. 180.579), H_2 = 貯水位 - ゲート下端標高 C_1 について、 $G = 3.0 \text{ m}$ までは次式で定義する。

$$C_1 = -0.253 \left(\frac{G}{H_1} \right) + 1.730$$

$G = 3.0 \text{ m}$ 以上に対しては

$$\frac{C_1}{C_2} = -0.319 \left(\frac{G}{H_1} \right) + 1.112$$

$$C_2 = 0.108 G^2 - 0.706 G + 2.841$$

自由越流時による流量係数は次式を適用する。

$$Q = C B H^{3/2}$$

$$B = 4.00 \text{ m} \quad H = \text{貯水位} - \text{EL. 181.407 (クレスト)}$$

$$C = -0.0117 H^2 + 0.146 H + 1.394$$

以上により、貯水位～ゲート開き～放流量の関係を示す曲線式として、上記のものを使用すればよい。

3-2 管路内および下流開水路底面の圧力に関する調査結果

ゲート全開における圧力分布を「低圧管資料4」に示す。この図から、管路の上面について貯水位が高くなるにつれて、圧力が高まり、下面についてはその逆の傾向がみられる。開水路の底面については貯水位が高くなるほど圧力が低下することが知れる。開水路底面に作用する圧力について、記録された最低圧力は設計洪水位 EL. 199 において、水路中央の -0.6 m (水柱) である。これはとくに注意を要するものではない。管路内の作用圧力はいずれも大気圧以上を保ち、問題はない。

3-3 開水路の流況に関する調査結果

出口付近の流況は、「低圧管資料」の写真にみられる通りである。ゲート半開時およびゲート全開時における水面の変動は比較的少く、とくに問題となるような点はみられない。

ゲートトラニオンに対し、水面からの距離は 3 m 程度あり、支障はない。

3-4 遷移領域に関する調査結果

オリフィス型式の低圧管路にも、堤頂越流部の自由越流時とオリフィス流との間にみられるような不安定領域が存在する。本実験では大きな模型を用いているのでこの領域について、比較的詳しく調査することができた。管路流および自由越流の各限界水位について実験より求めた結果を次表に示しておく。

表 3-1 各領域での限界水位

ゲート開き 領 域	1.0 m	2.0 m	3.0 m	4.0 m	5.0 m	全 開
管 路 流	EL. 183.7	EL. 184.9	EL. 186.1	EL. 187.4	EL. 189.0	EL. 190.9
自 由 越 流	EL. 183.2	EL. 184.5	EL. 185.7	EL. 187.0	EL. 188.4	EL. 189.0

上の表からわかるように、管路流と自由越流との間の水位が遷移領域となる。貯水位とゲート戸当りとの標高差を H とおくと、次の関係式が適用される。

$$\text{管 路 流} \quad H \geq 1.3 G + 1.7$$

$$\text{自 由 越 流} \quad H \leq 1.3 G + 1.3$$

ゲート全開時における各領域は次のように定義する。

出口の鉛直高を d 、貯水位からゲート戸当りまでの標高差を H とすると、

$$\frac{H}{d} < 1.6 \quad \dots\dots\dots \text{自 由 越 流}$$

$1.6 < \frac{H}{d} < 2.0$ 遷 移 流

$2.0 < \frac{H}{d}$ オリフィス流

第四節 総 括

この調査、検討によって認められた主な事柄は次のとおりである。（最終設計案）

1) 放 流 能 力

制限水位 EL. 184.5 m での全開時放流量は $38 \text{ m}^3/\text{s}$ ，設計洪水水位 EL. 199 m においては $326 \text{ m}^3/\text{s}$ の放流能力をもつ。貯水位と放流量の関係は 3 - 1) に示す曲線式を適用する。

2) 作 用 圧 力

管路内の作用圧力は、いかなる放流条件に対しても壁面に負圧が，発生することはない。また開水路底面については，支障となる圧力状態は生じない。

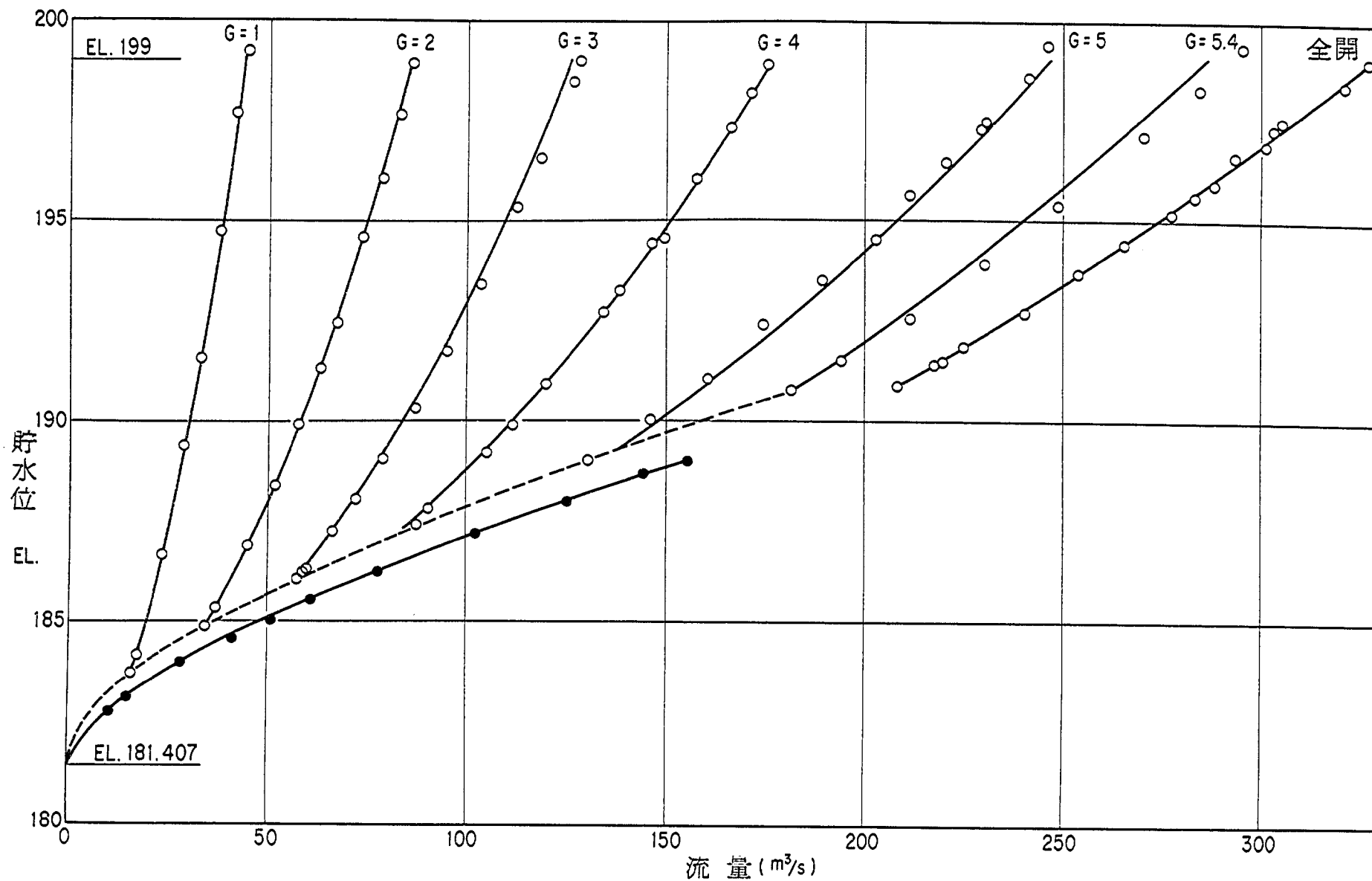
3) 開水路部の流況

いかなる操作状態でも水脈は，比較的なめらかで支障はない。水脈からゲートトラニオンまでは十分な距離があり，安全は確保される。

4) 遷 移 領 域

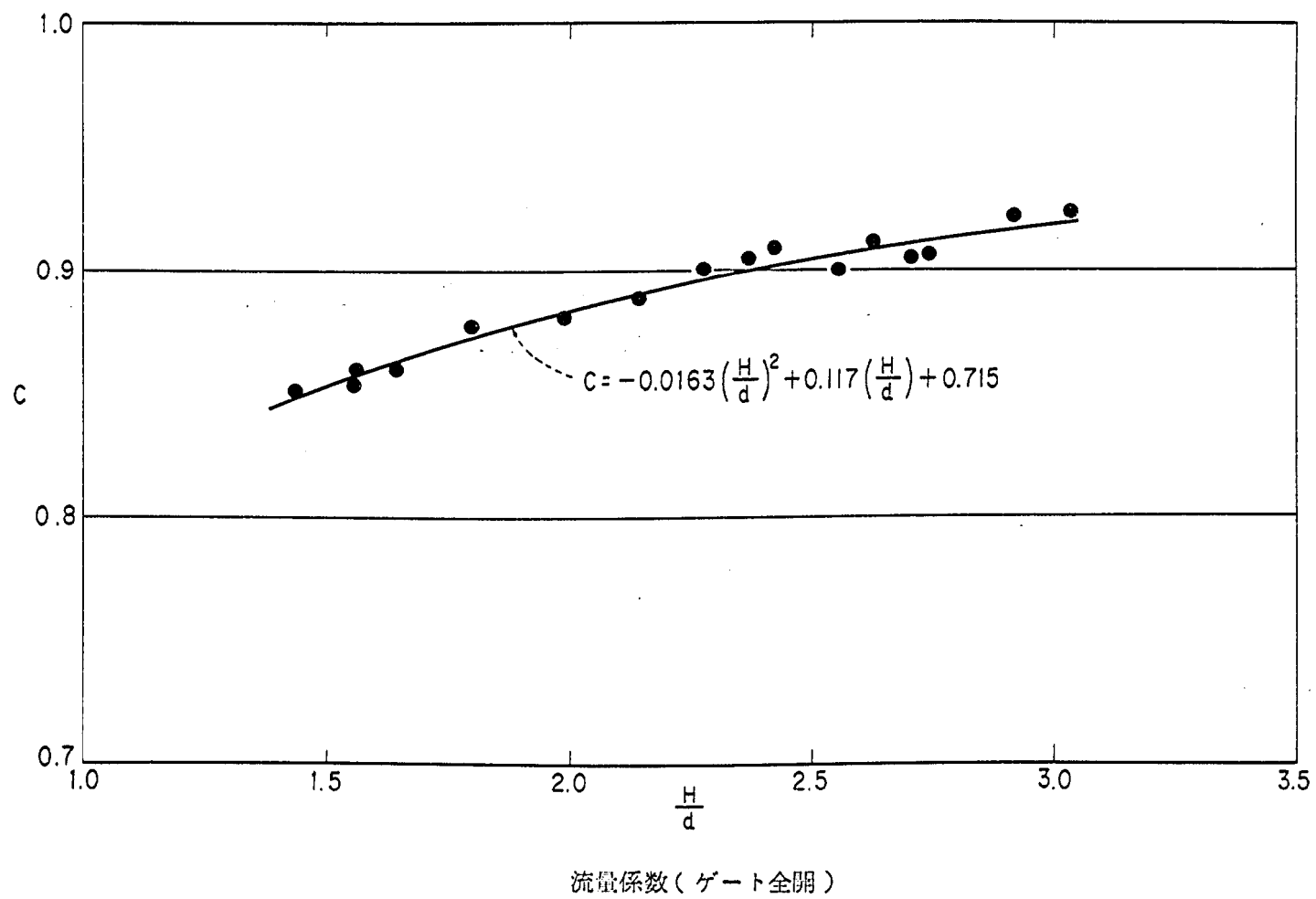
ゲート操作にあたっては，操作時の状態が遷移領域に入らないよう事前に考慮しておく必要がある。

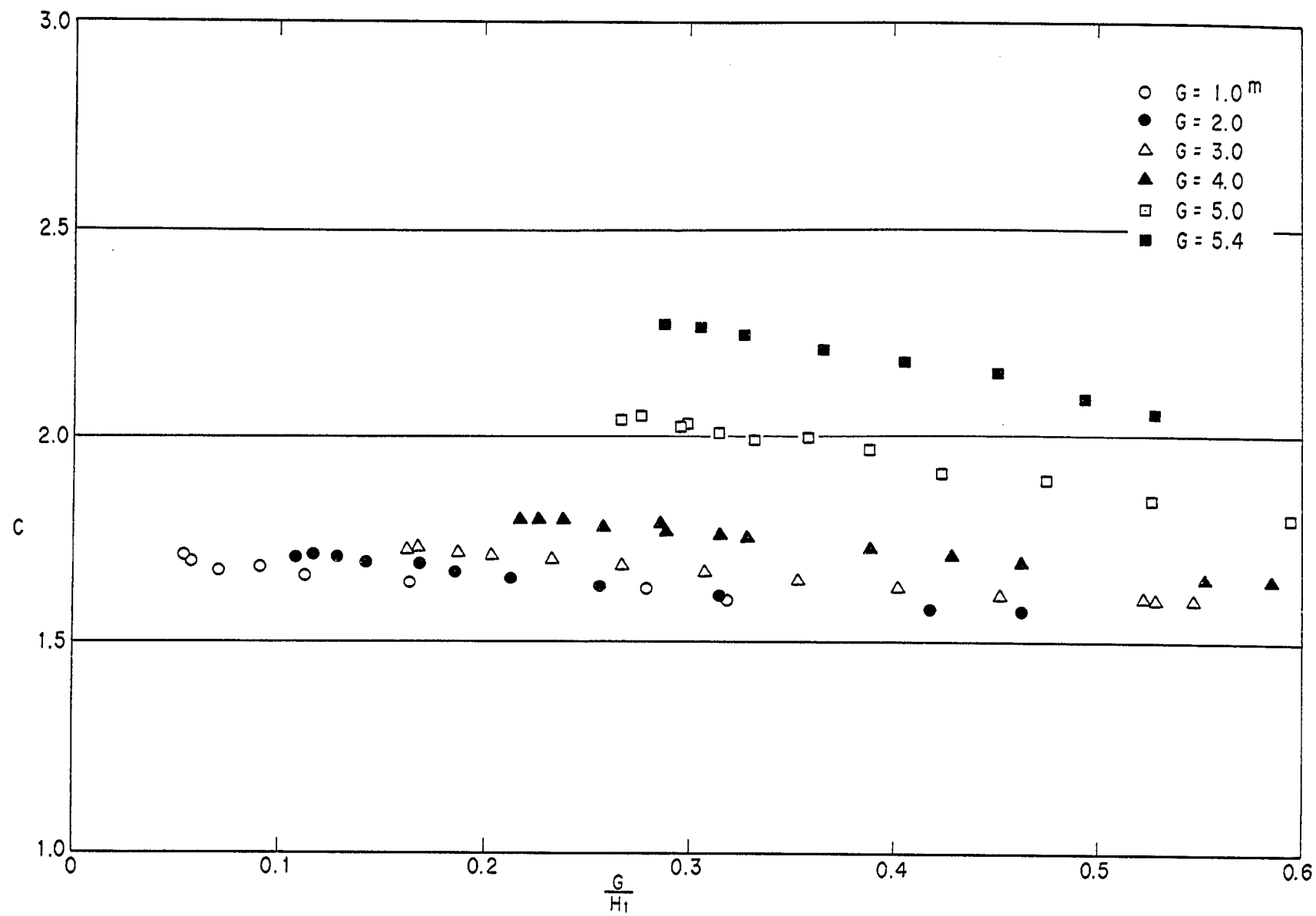
例えば，制限水位 EL. 184.5 m におけるオリフィス流となるように操作する最大のゲート開きは，だいたい 1.7 m で，このときの放流量は $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度となる。



貯水位～放流量関係

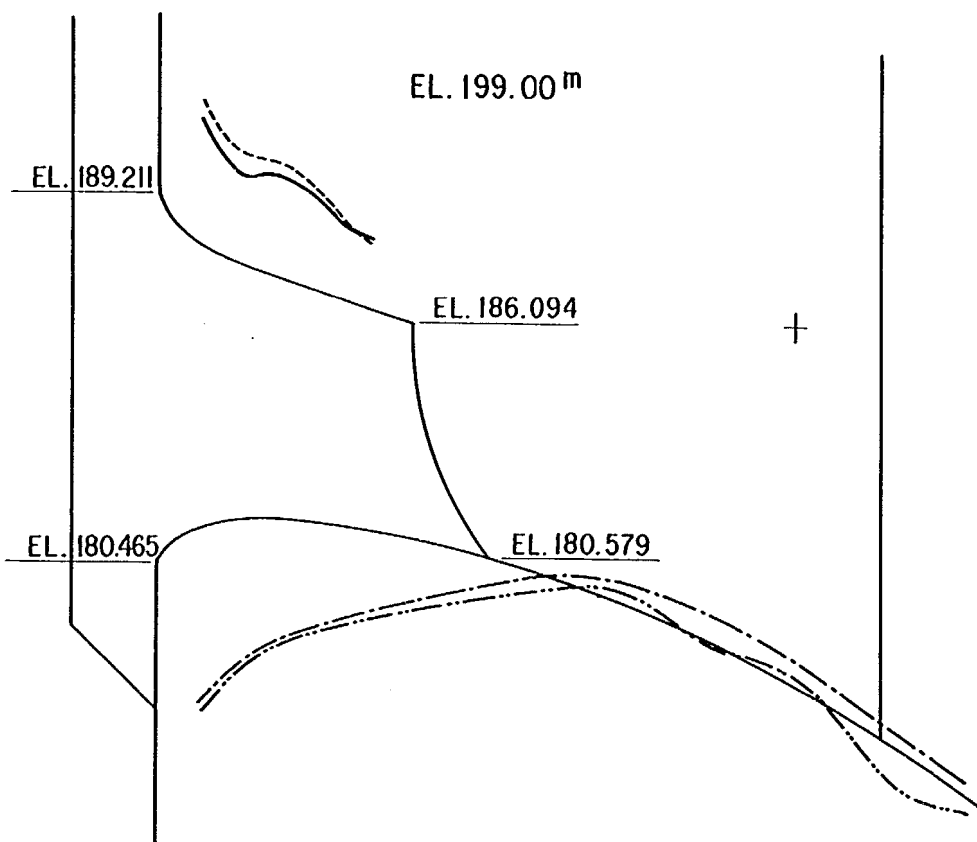
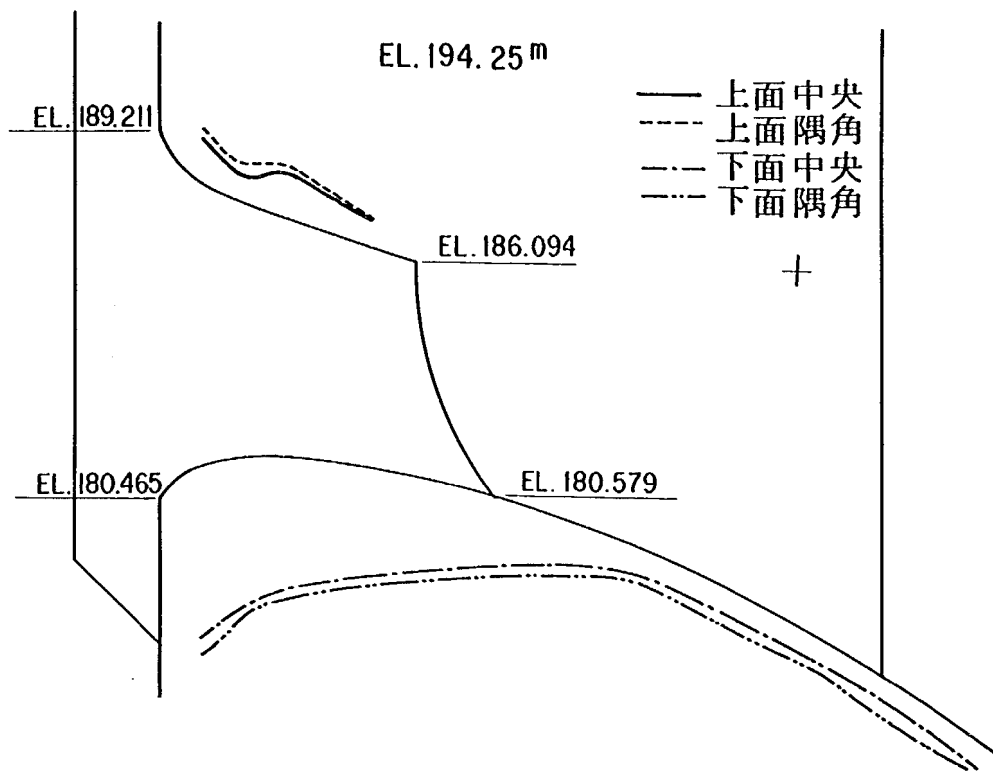
低圧管資料 1





流量係数 (ゲート半開時)

低圧管資料 3



圧力分布

低圧管路貯水位～流量

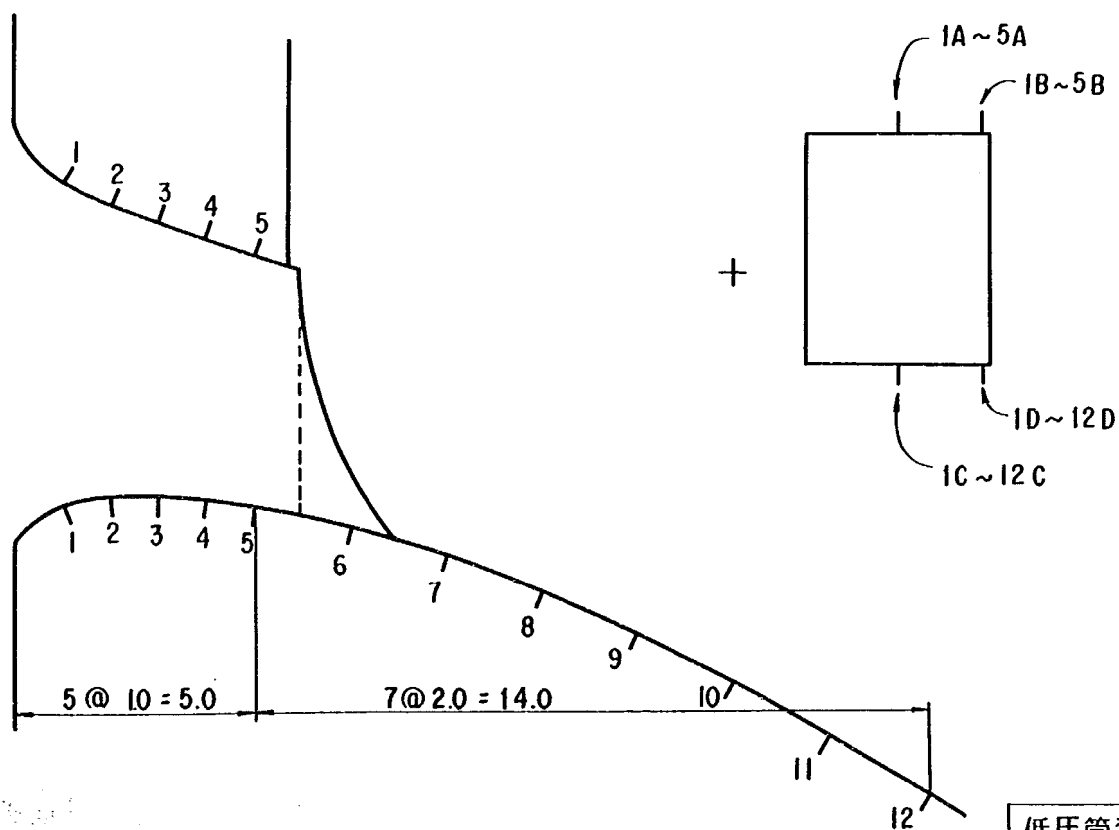
G = 5.00 m			ゲート全開		
貯水位 EL	流量 m³/s	流量係数	貯水位 EL	流量 m³/s	流量係数
199.37	246.3	2.036	199.00	327.2	0.923
198.60	241.9	2.049	198.42	320.6	0.922
197.47	229.7	2.021	197.50	305.3	0.906
197.30	228.8	2.025	197.32	303.1	0.905
196.45	220.0	2.009	196.92	300.9	0.912
195.62	211.3	1.992	196.57	293.1	0.900
194.50	202.5	2.001	195.87	287.8	0.909
193.47	189.4	1.963	195.60	283.4	0.905
192.37	174.1	1.910	195.15	276.9	0.901
191.10	160.3	1.895	194.45	264.7	0.889
190.07	145.6	1.846	193.67	252.8	0.881
188.97	130.0	1.800	192.70	239.7	0.878
			191.92	224.4	0.860
			191.50	218.8	0.860
			191.47	216.6	0.853
			190.87	207.8	0.851
			自由越流		
G = 5.4 m			189.02	154.7	1.841
199.35	295.3	2.276	188.67	143.8	1.837
198.27	284.4	2.270	188.02	125.0	1.838
197.10	270.3	2.248	187.20	101.6	1.822
195.35	248.4	2.211	186.25	77.5	1.818
193.92	229.7	2.179	185.55	60.9	1.805
192.55	211.3	2.150	185.07	50.9	1.815
191.52	193.4	2.089	184.60	40.6	1.779
190.80	181.3	2.052	184.00	28.1	1.682
			183.15	14.7	1.597
			182.77	10.0	1.571
			クレスト EL = 181.407 m		

低圧管路の作用圧力

EL 194.25 m

Q = 261.6 m³/s

ピエゾNo	ピエゾ EL	圧力 (m)	ピエゾNo	ピエゾ EL	圧力 (m)
1 A	188.01	1.04	1 B	188.01	1.24
2 A	187.49	0.64	2 B	187.49	0.94
3 A	187.12	1.03	3 B	187.12	1.21
4 A	186.78	0.87	4 B	186.78	0.90
5 A	186.28	0.72	5 B	186.28	0.72
1 C	181.21	4.02	1 D	181.21	4.42
2 C	181.38	3.50	2 D	181.38	3.67
3 C	181.40	3.08	3 D	181.40	3.27
4 C	181.34	2.80	4 D	181.34	3.05
5 C	181.20	2.52	5 D	181.20	2.75
6 C	180.79	1.95	6 D	180.79	2.17
7 C	180.23	1.25	7 D	180.23	1.50
8 C	179.51	0.72	8 D	179.51	0.97
9 C	178.62	0.67	9 D	178.62	0.92
10 C	177.57	0.67	10 D	177.57	0.82
11 C	176.36	0.55	11 D	176.36	1.02
12 C	174.97	0.60	12 D	174.97	0.77



低圧管資料

低圧管路の作用圧力

EL 199.00 m

Q = 328 m³/s

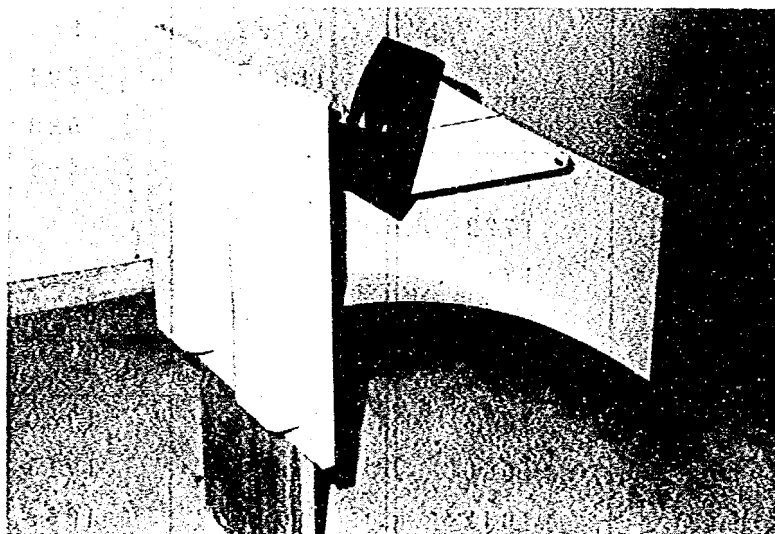
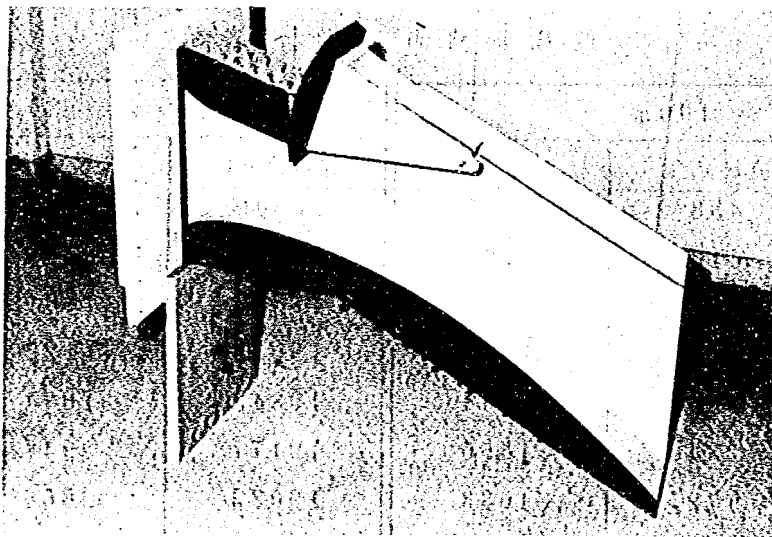
ピエゾ No	ピエゾ EL	圧力 (m)	ピエゾ No	ピエゾ EL	圧力 (m)
1 A	188.01	2.96	1 B	188.01	3.36
2 A	187.49	2.06	2 B	187.49	2.51
3 A	187.12	2.38	3 B	187.12	2.73
4 A	186.78	1.97	4 B	186.78	2.12
5 A	186.28	1.64	5 B	186.28	1.52
1 C	181.21	4.07	1 D	181.21	4.30
2 C	181.38	3.32	2 D	181.38	3.37
3 C	181.40	2.75	3 D	181.40	2.87
4 C	181.34	2.35	4 D	181.34	2.50
5 C	181.20	1.95	5 D	181.20	2.07
6 C	180.79	1.02	6 D	180.79	1.25
7 C	180.23	0.07	7 D	180.23	0.47
8 C	179.51	-0.45	8 D	179.51	-0.20
9 C	178.62	-0.62	9 D	178.62	0.07
10 C	177.57	-0.52	10 D	177.57	-0.12
11 C	176.36	-0.25	11 D	176.36	0.85
12 C	174.97	-0.30	12 D	174.97	0.32

低圧管路資料

低 压 管 路 貯 水 位 $\sim$ 流 量

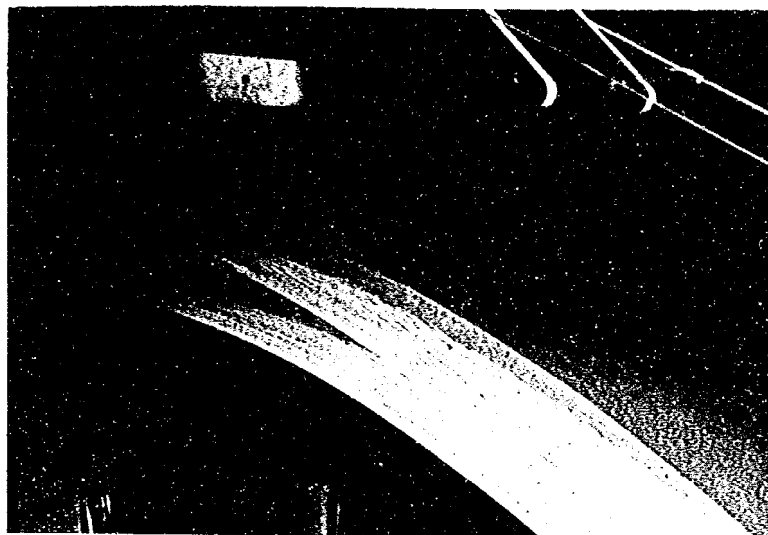
G = 1.00 m			G = 3.00 m		
貯水位 EL	流量 m ³ /s	流 量 係 数	貯水位 EL	流量 m ³ /s	流 量 係 数
199.20	43.8	1.715	199.00	128.1	1.731
197.72	41.6	1.700	198.47	126.3	1.734
194.72	37.2	1.679	196.55	118.1	1.726
191.60	32.8	1.686	195.32	112.2	1.714
189.40	28.8	1.664	193.42	103.4	1.707
186.67	23.4	1.650	191.77	94.7	1.692
184.17	17.2	1.633	190.32	86.6	1.678
183.72	15.6	1.603	189.05	78.4	1.653
			188.05	71.9	1.639
			187.22	65.9	1.621
			186.32	59.4	1.611
			186.25	58.8	1.609
			186.05	57.2	1.605
G = 2.00 m			G = 4.00 m		
198.95	85.6	1.712	198.92	175.0	1.805
197.65	82.8	1.722	198.22	171.3	1.806
196.07	78.1	1.710	197.30	165.9	1.803
194.60	73.4	1.696	196.00	156.9	1.786
192.42	66.9	1.694	194.50	148.8	1.798
191.32	62.8	1.678	194.42	146.3	1.774
189.92	57.5	1.660	193.25	138.4	1.768
188.37	51.3	1.642	192.72	134.1	1.758
186.90	44.7	1.617	190.87	119.4	1.732
185.37	36.9	1.584	189.90	111.3	1.719
184.90	34.4	1.579	189.22	104.7	1.700
			187.80	90.0	1.652
			187.40	86.6	1.656

低壓管路資料



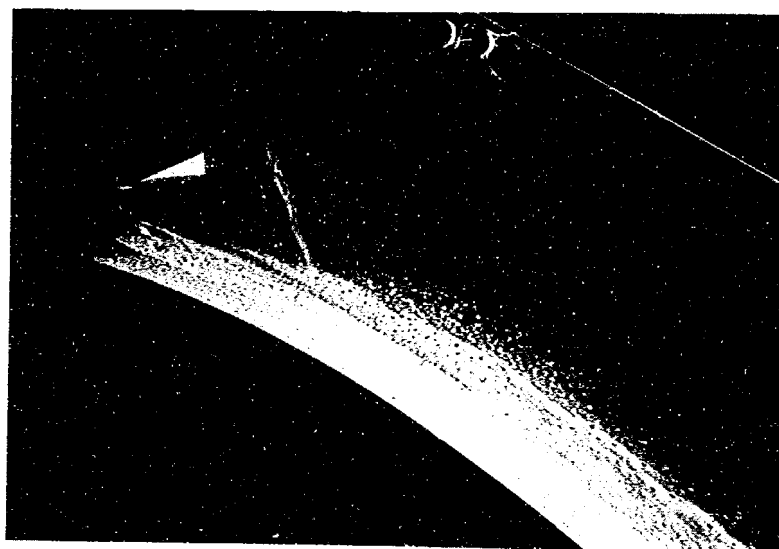
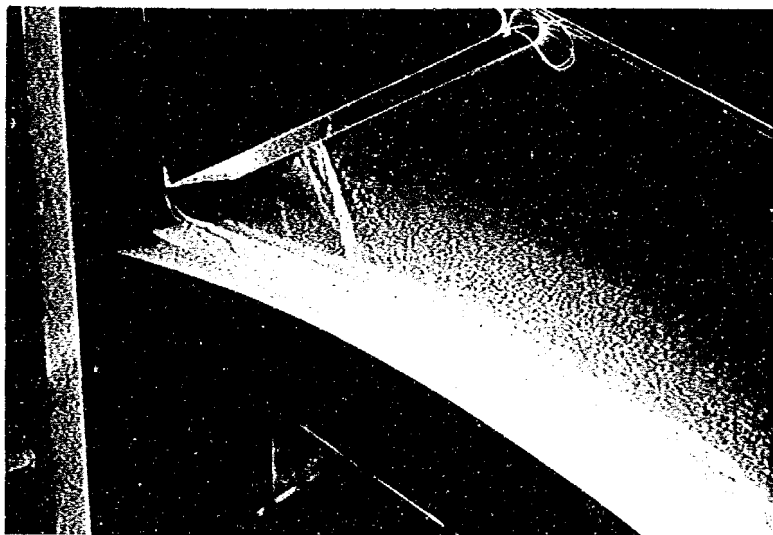
低圧管路模型写真

低圧管資料



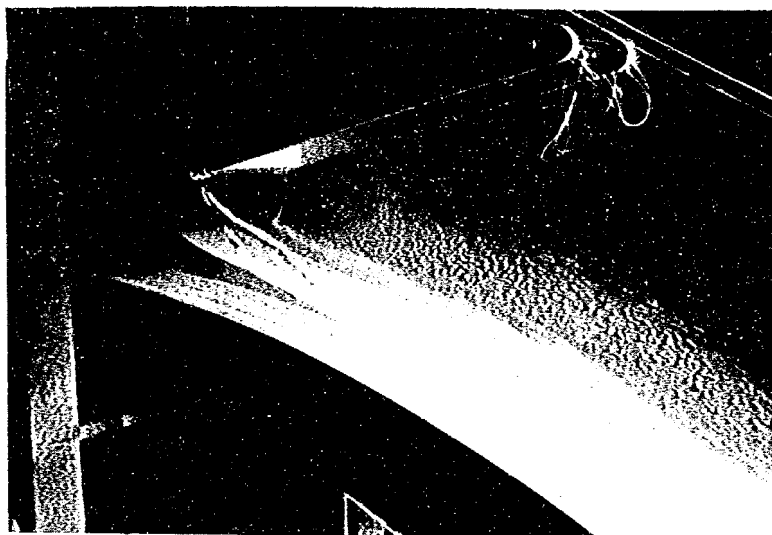
自由越流時 EL. 184.5 m

低圧管資料



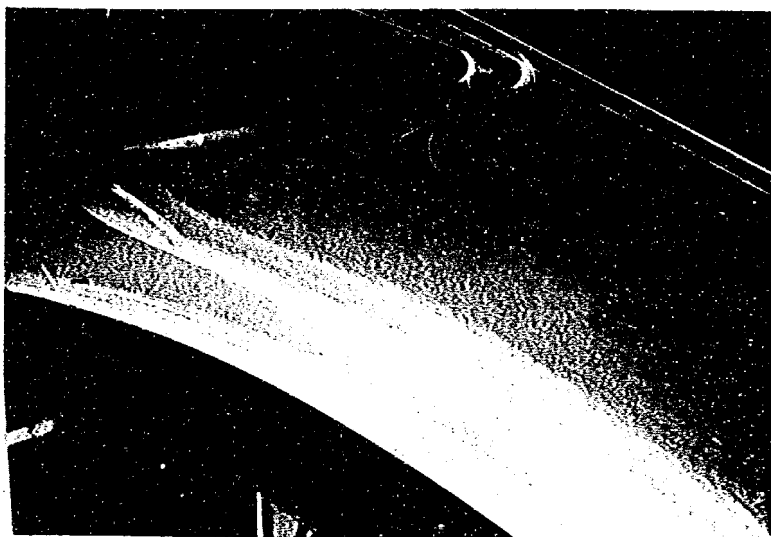
ゲート開き 1.0 m EL. 199

低圧管資料



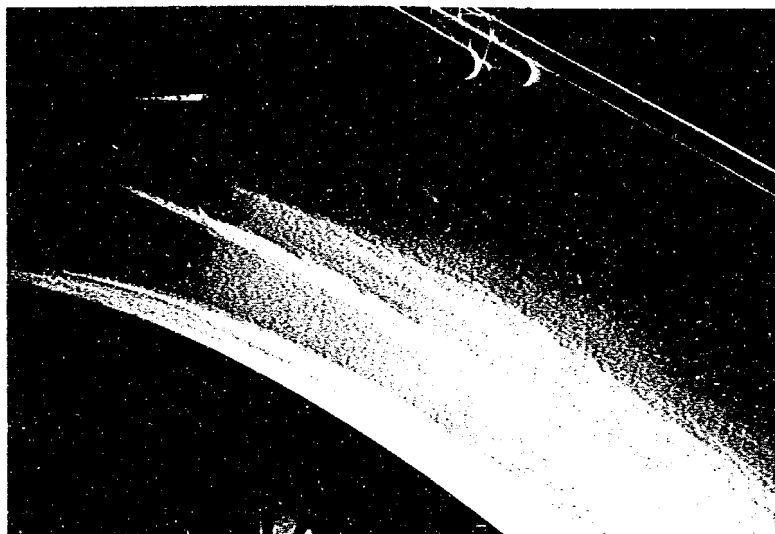
ゲート開き 2.0 m EL. 199

低圧管資料



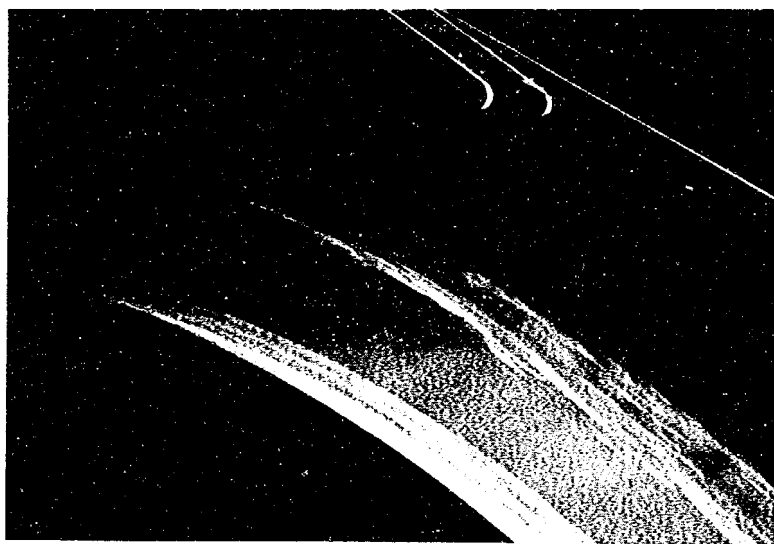
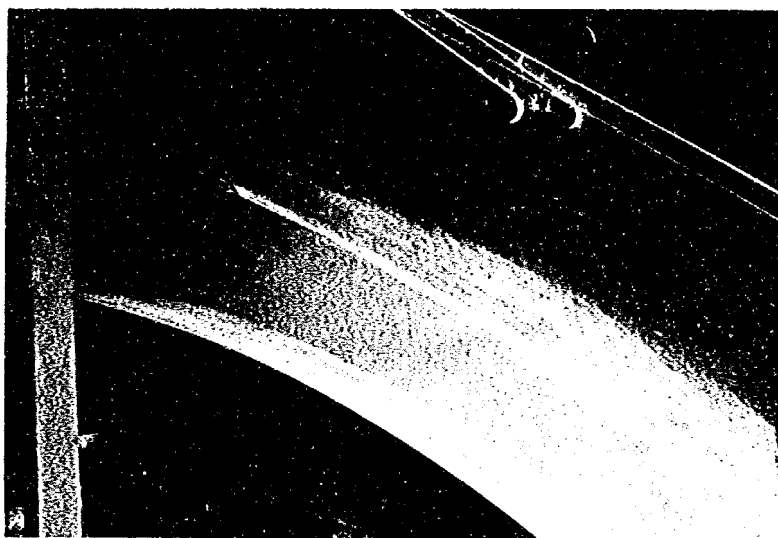
ゲート開き 3.0 m EL. 199

低圧管資料



ゲート開き 4.0 m EL. 199

低圧管資料



ゲート開き 5.0 m EL. 199

低圧管資料



ゲート全開 EL. 199

低圧管資料

第四章 堤 体 越 流 部

第一節 設 計 条 件

- (1) サーチャージ水位 EL. 198 m で、ダム地点の計画高水流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ を常用洪水吐と併用して安全かつ確実に放流できること。
- (2) 設計洪水水位 EL. 199 m で、ダム設計洪水流量 $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ を、常用洪水吐と併用して安全かつ確実に放流できること。

第二節 越流部形状

浅瀬石川ダム工事事務所で設計された原案について、検討した結果十分満足しうることが確認できたので、この形状をそのまま実験にうつすことにした。

この形状は一般にハロルドの標準越流頂とよばれるものであるが、曲線の下流部に円弧が挿入されている。越流頂の標高は EL. 189.5 m と決定されており、設計水深は 9.5 m である。越流部は 4 径間で構成され、1 径間幅は 7 m、放水管非常用ゲートの保守、管理上から、ピア前面に設置することを考慮し、ピアの幅を 4 m としている。

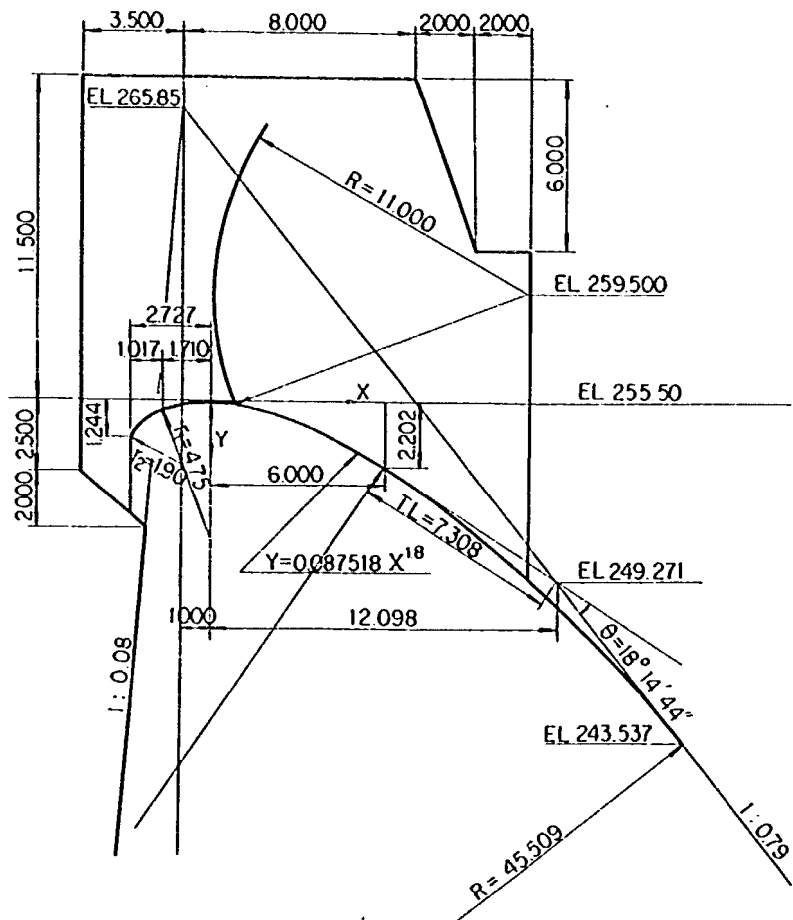
ピア下流端についてみると、サーチャージ水位付近でのフルード数はおよそ 4 程度で水脈の厚みが 3 m 程度となる。ピアの厚み 4 m を考えると、となり合う径間からの急拡散によって衝撃波が発生する。例えば、大渡ダムの実験では、この衝撃波の高さが流水深の 4 倍程度が測定された。この例では、ピア下端から 2 m の高さをもつ導流壁を、堤体下流面に沿って 20 m 区間設置することによって、衝撃波を防止した。そこで、浅瀬石川ダムでは、この部分に対する修正として、ピア下流端から、放水管出口まで、下流面に沿ってほぼ流水深程度の高さをもつ導流壁を設置した。こうすると、越流部からの水脈が、放水管出口付近に落下することによって生ずる悪影響を防止することもできる。

本越流部の形状は、過去に設計された棕梨川ダムおよび弥栄ダムの例とよく似ており、参考資料として、図 4-1 に載せた。

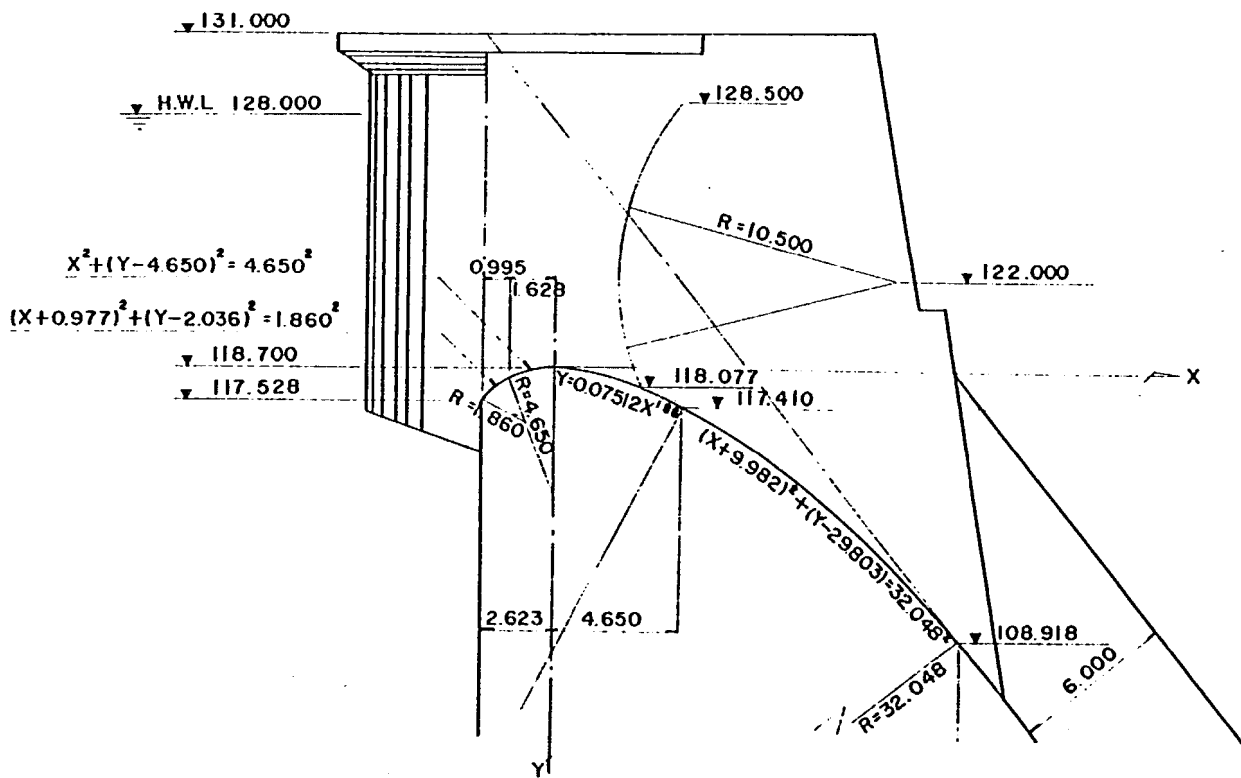
第三節 越流面圧力の検討

越流底面の作用圧力については、これまで数多くの形状に対して実験により調査され、設計水深以内の放流状態に対し、越流面に極度の負圧が発生しないことがすでに多くの実験から明らかにされている。そこで今回は実験によらなくてもこれらの調査資料から、圧力に関する形状の適否について十分把握できると考えられる。本越流部はゲートの位置の関係から自由越流時における圧力について検討を要する。

まず、本越流部と似たような形状に最近の例として、棕梨川ダム、弥栄ダムがある。この 2 つの圧力資料を「越流部資料 1」に示してある。これらの形状は、越流面全体にほぼ大気圧以上の圧力が記録されている。越流面曲線下流端付近で局所的に負圧が生じているがこれは底面が一定曲率半径の円弧により形成されていることに起因すると考えられている。これら負圧の値はひじょうに小さく、安全性になんら悪影響を及ぼす



棕梨川ダム



弥栄ダム

図4-1 越流部設計例

ものではない。

以上のことから、本形状は圧力に関して問題となる事項は認められない。

第四節 水 理 実 験

4-1 実験および調査の概要

本水理実験では、全体模型を使用し、その放流能力、水面形状、流況を調査し、放流機能および構造設計資料の収集と、形状適否の検討を行なった。

この実験の調査項目および設定条件は表-1のとおりである。

表4-1 実 験 内 容

調 査 項 目	設 定 条 件
放 流 能 力	貯 水 位 EL. 189.5 m ~ EL. 200 m ゲート開き 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 全 開
水 面 形 状 と 流 況	貯 水 位 EL. 199 (設計洪水位) 自由越流状態

この実験での水理現象は重力の影響が支配的であることから、フルードの相似則に従う。模型の縮尺は1/50であるから、諸量の縮尺関係は次のようになる。

$$\text{長 さ の 縮 尺 } K_L = 1/50$$

$$\text{時 間 の 縮 尺 } K_T = 1/7.07$$

$$\text{流 速 の 縮 尺 } K_V = K_L / K_T = 1/7.07$$

$$\text{流 量 の 縮 尺 } K_Q = K_L^3 / K_T = 1/17677$$

4-2 放 流 能 力

自由越流時およびゲート操作時における貯水位と放流量の関係を「越流部資料2」に示す。この資料に示される放流量は、水理実験による結果から4門放流量に換算された値である。サーチャージ水位 EL. 198mにおける可能最大放流量は 1300 m³/s, 設計洪水位 EL. 199mにおけるそれは 1550 m³/sである。この付近での流量係数 1.90 程度で、この種の越流面形状としては小さい値である。

ゲート操作時の流れはオリフィス流であるから、流量公式は一般に次式で定義される。

$$Q = C B \left\{ H_1^{3/2} - (H_1 - G)^{3/2} \right\}$$

ここで、

C : 流量係数, B : 全越流幅, H₁ : 貯水位からゲート戸当りまでの標高差

G : ゲート下端からゲート戸当りまでの標高差, Q : 放流量

自由越流時については、周知のとおり次式で定義する。

$$Q = C B H^{3/2}$$

ここで、

H ：貯水位から越流頂までの標高差（越流水深）

実験資料から、流量係数を求め、図に表わしたものが「越流部資料 3」である。これらの資料から、流量係数の関係式を求めると以下のとおりである。

（ゲート操作時）

ゲート開きが 3 m までは次式を適用する

$$C = 1.53 \left(\frac{G}{H_1} \right)^{-0.07}$$

ゲート開き 3 m 以上に対しては、ゲート開きごとに C はほぼ一定であるとしてよい。

$$C = 0.0275 G^2 + 0.0435 G + 1.556$$

これらの式の適用範囲を $H_1/G > 1.70$ とする。

（自由越流時）

$$C = 1.90 \left(\frac{H}{H_d} \right)^{0.12}$$

ここで、

H ：越流水深、 H_d ：設計水深（= 9.5 m）

4-3 越流部の水面形状および流況

堤頂付近の構造物は、自由越流時の水面形状によって制約される。そこで、堤頂構造物の位置の安全性や、導流壁の必要高を知るために越流部付近の水面形状や、流況を調査する必要がある。本ダムの越流部の水脈の上限になるのは設計洪水水位 EL. 199 m での自由越流時であるから、このときの水面形状を第 1 径間および第 2 径間について調べた。それぞれの径間について、橋台沿い、橋脚沿いおよび径間中央について測定した結果を「越流部資料 4」に示す。

この図からわかるように、第 1 径間では左岸非越流部からの流れの巻き込みが激しく非対称な縮流の影響を受け、橋台沿いと橋脚沿いの水面形が著しく違うことがわかるが水面の変動はきわめて小さい。第 2 径間では、右岸側の橋脚沿いの巻き込みが、やや大きい程度である。ゲートトラニオンに水面が最も接近するのは、第 1 径間の橋台沿いであることが図から明らかで、2.5 m 程度の距離がある。導流壁高は、原設計案の 5 m としても水面からは 50 cm 程度の余裕があり、支障はない。

4-4 遷移領域

本実験の模型規模において、明確な定義をすることはむずかしいが、棕梨川ダム、弥栄ダムの調査例から、概ね次のように規定され、本越流部もこれを適用して差しつかえない。

$$\begin{array}{ll} \frac{H}{G} < 1.4 & \cdots \cdots \cdots \text{自由越流} \\ 1.4 < \frac{H}{G} < 1.7 & \cdots \cdots \cdots \text{遷移流} \end{array}$$

$$1.7 < \frac{H}{G} \quad \dots\dots\dots \text{オリフィス流}$$

ここで、

H ：貯水位からゲート戸当りまでの標高差 G ：ゲートの開き

よって、通常のゲート操作にあたっては、この3領域について事前に考慮しておき、貯水位を正確に制御する必要がある。

第五節 総 括

この検討によって認められた主な事項は次のとおりである。

1) 放 流 能 力

サーチャージ水位における最大放流量は $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、常用洪水吐と合わせて $2180 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

設計洪水位における可能最大放流量は $1550 \text{ m}^3/\text{s}$ で、常用洪水吐と合わせて、 $2460 \text{ m}^3/\text{s}$ の放流能力をもち、いずれも設計条件を満足する。

貯水位と放流量の関係は 4-2 に示す曲線式を適用する。

2) 越流底面圧力

自由越流時、ゲート操作時を問わず圧力状態は安全である。

3) 越流面導流壁高

設計値の 5 m として支障はない。ただし、これ以下の寸法にしてはならない。

4) 越流面付近の流況

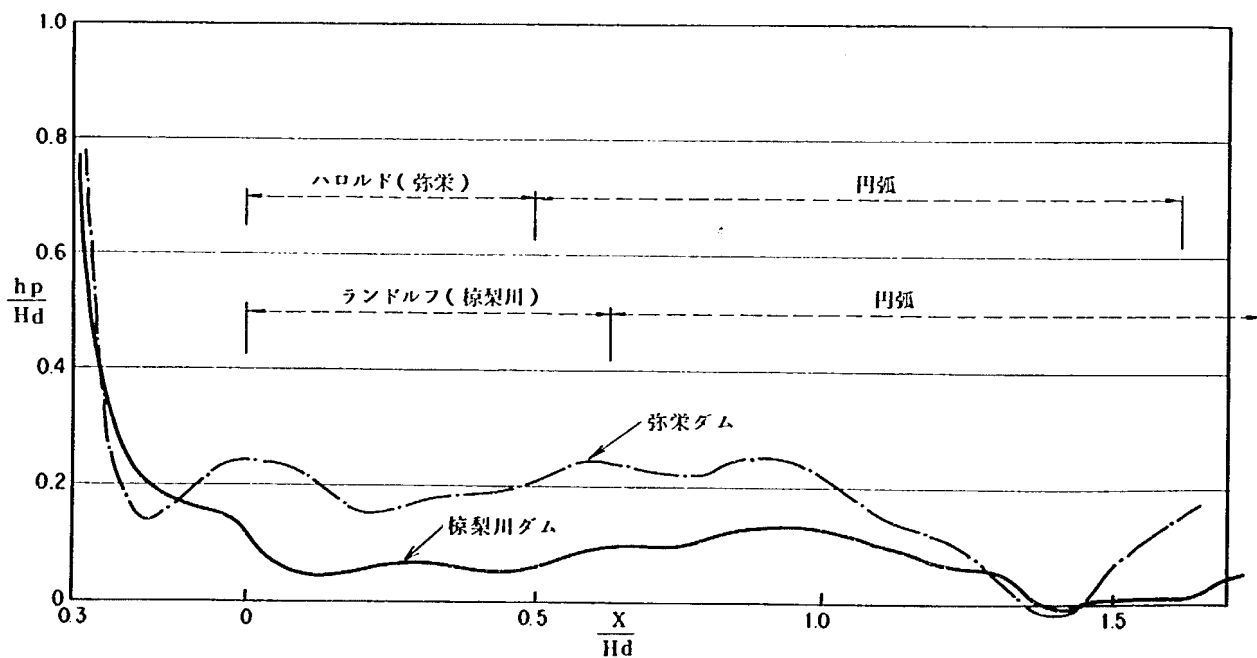
越流部付近での水面変動は小さく、堤頂構造物の安全性は確保される。

以上、原設計案について、ダム設計基準、河川管理施設等構造令および所要設計条件を満足する。

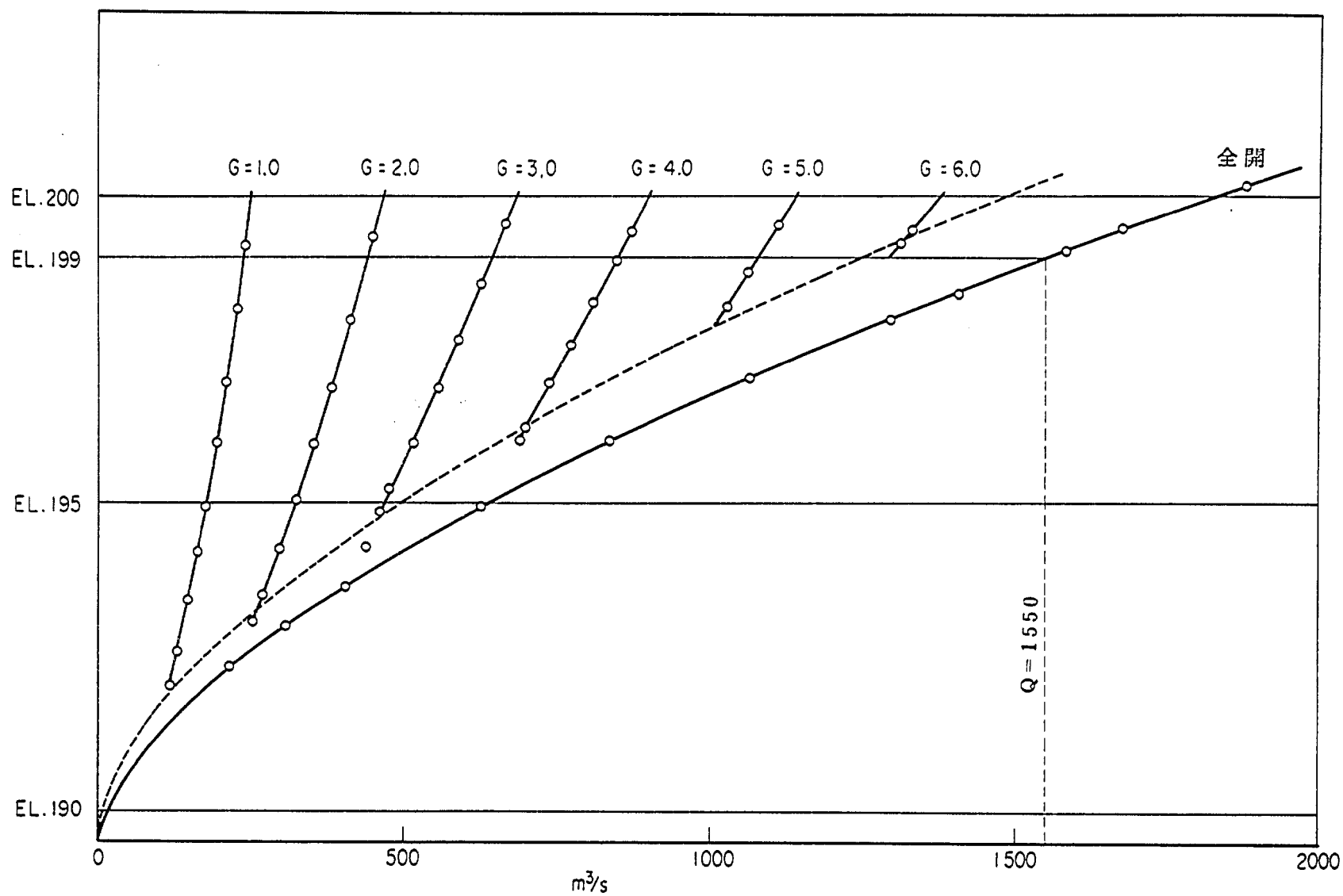
越流底面の圧力参考資料

棕 梨 川 ダ ム Hd = 9.5 m				弥 栄 ダ ム Hd = 9.3 m			
$\frac{X}{Hd}$	$\frac{h_p}{Hd}$	$\frac{X}{Hd}$	$\frac{h_p}{Hd}$	$\frac{X}{Hd}$	$\frac{h_p}{Hd}$	$\frac{X}{Hd}$	$\frac{h_p}{Hd}$
-0.287	0.760	0.884	0.132	-0.282	0.771	0.753	0.217
-0.180	0.202	0.968	0.136	-0.174	0.130	0.860	0.255
0	0.111	1.053	0.102	0.087	0.190	0.968	0.234
0.084	0.042	1.137	0.085	0	0.247	1.075	0.156
0.168	0.054	1.221	0.060	0.108	0.212	1.183	0.116
0.253	0.066	1.305	0.054	0.215	0.147	1.290	0.052
0.337	0.067	1.389	0.012	0.323	0.180	1.398	-0.025
0.421	0.058	1.474	0.001	0.430	0.181	1.505	0.080
0.505	0.067	1.558	0.006	0.537	0.223	1.613	0.154
0.632	0.092	1.642	0.012	0.645	0.239		
0.716	0.098	1.726	0.059				
0.800	0.119						

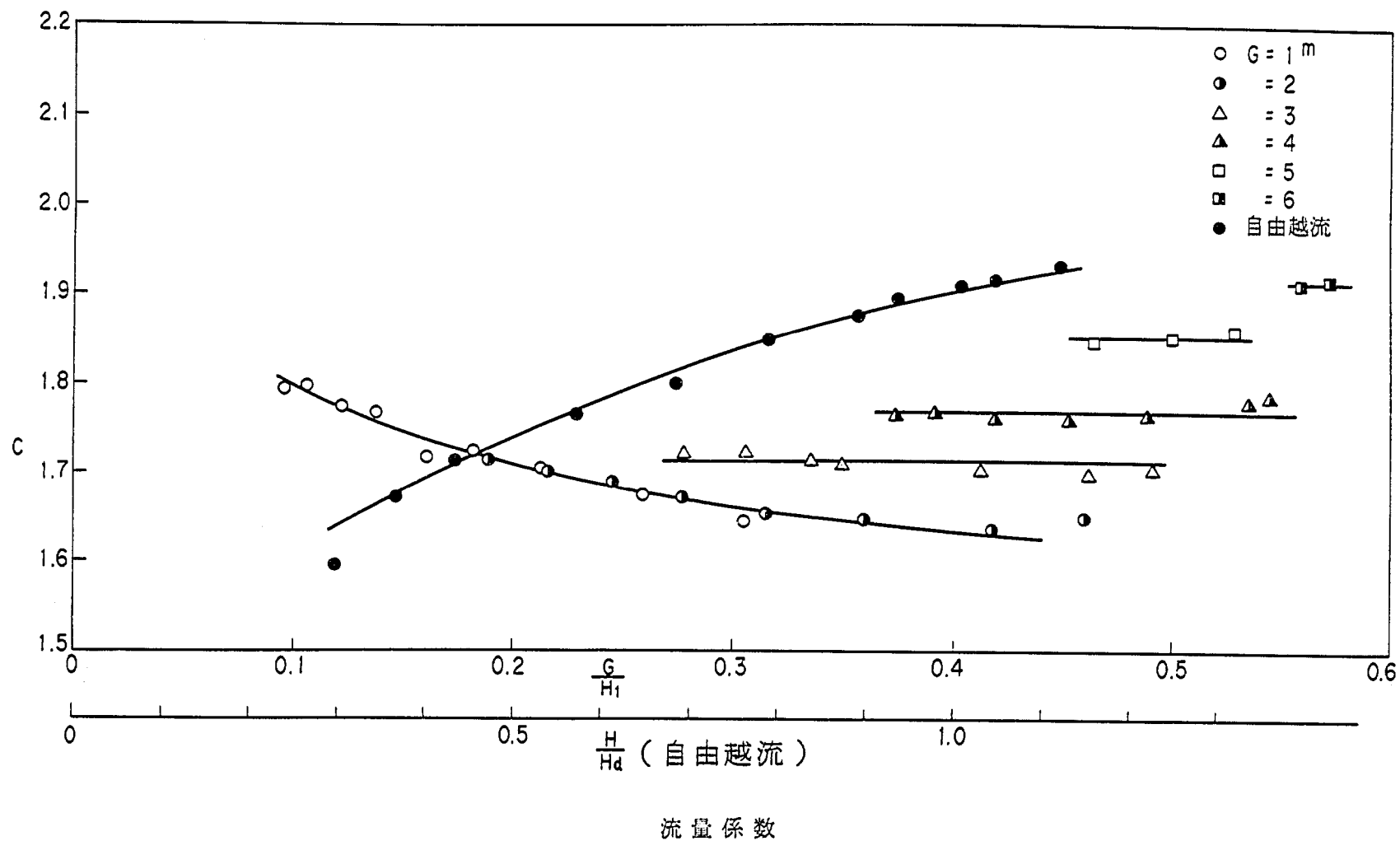
Hd = 設計水深 X = 越流頂を基準とした距離 h_p = 圧力 (m 水柱)

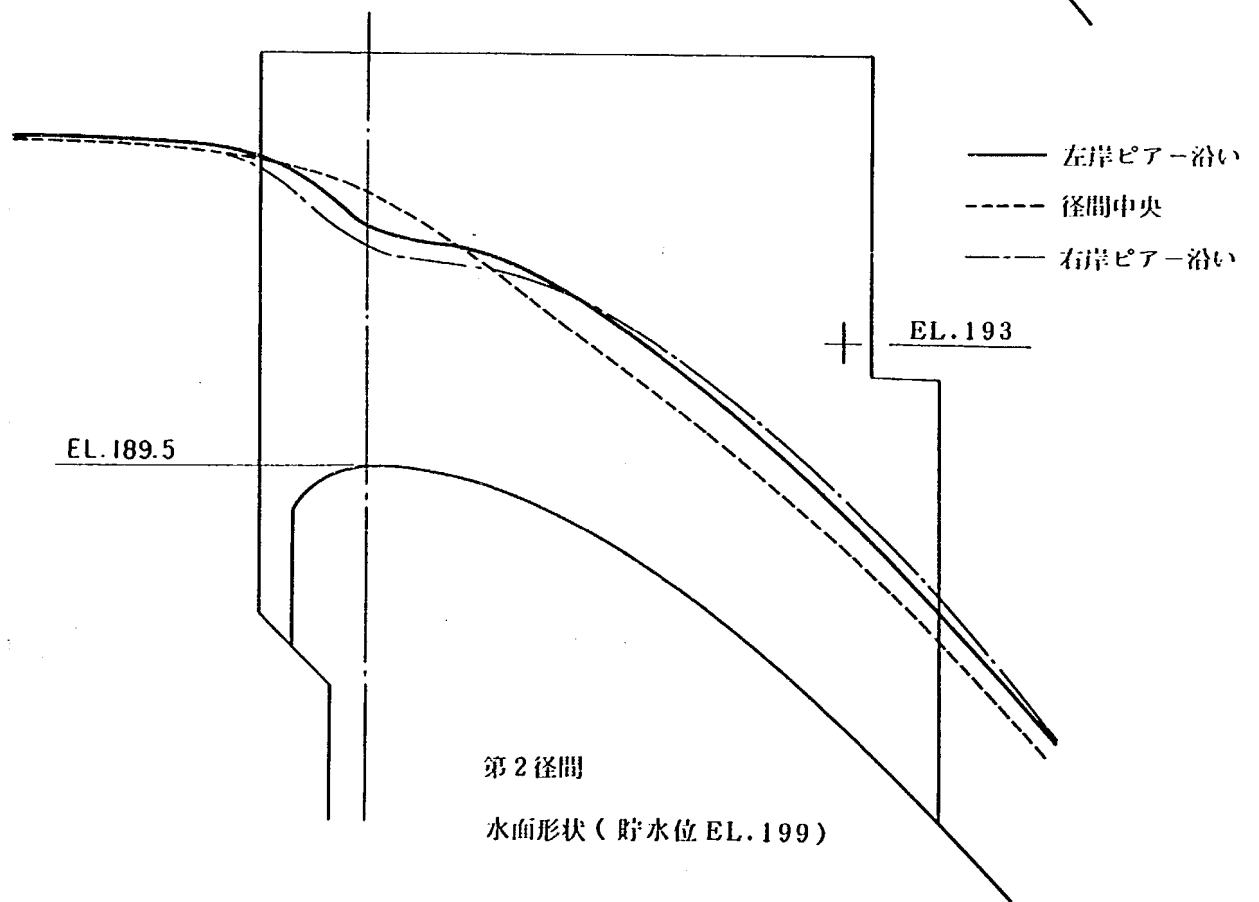
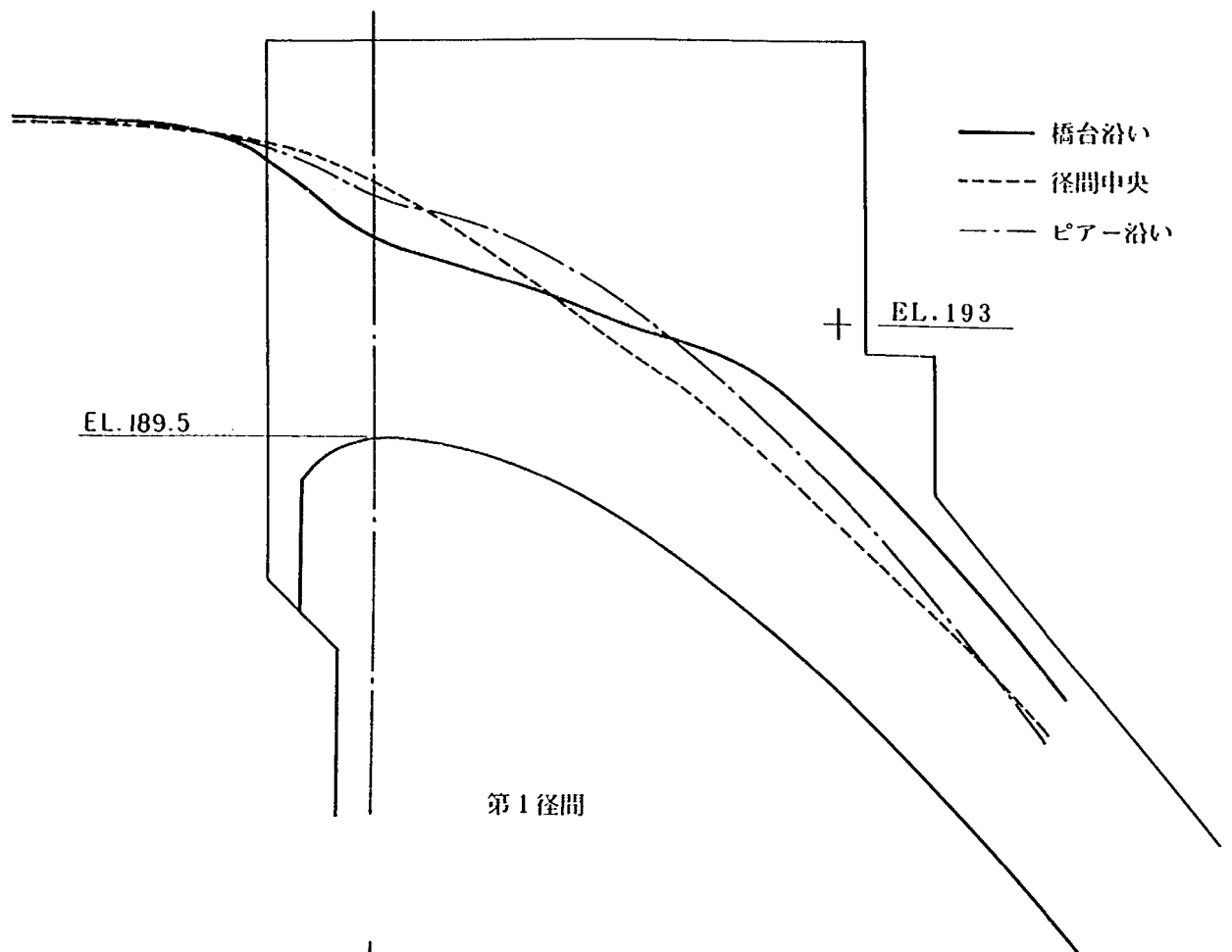


越流部資料 1



貯水位～放流量曲線





越流部の水位～流量

G = 1.0 m

貯水位 (EL)	流量 (m³/s)	流量係数
199.105	236.9	1.794
198.110	225.2	1.798
196.945	207.2	1.775
195.960	192.7	1.767
194.925	172.2	1.717
194.200	161.6	1.724
193.405	146.4	1.704
192.575	128.7	1.674
191.995	114.9	1.644

貯水位 (EL)	流量 (m³/s)	流量係数
199.410	871.5	1.763
198.910	846.8	1.765
198.260	808.6	1.758
197.550	769.4	1.758
196.905	733.3	1.762
196.200	695.1	1.777
196.050	688.4	1.785

G = 2.0 m

貯水位 (EL)	流量 (m³/s)	流量係数
199.320	446.2	1.715
197.975	410.8	1.703
196.850	379.0	1.691
195.950	350.4	1.673
195.050	322.5	1.665
194.275	295.2	1.649
193.500	266.9	1.638
193.065	252.8	1.651

貯水位 (EL)	流量 (m³/s)	流量係数
199.500	1110.5	1.844
198.745	1059.5	1.847
198.185	1025.3	1.860

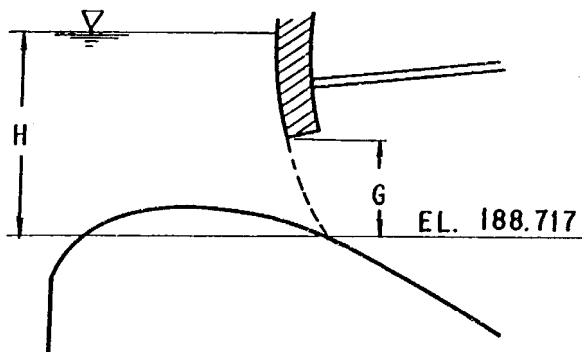
貯水位 (EL)	流量 (m³/s)	流量係数
199.450	1331.2	1.912
199.210	1312.1	1.915

G = 3.0 m

貯水位 (EL)	流量 (m³/s)	流量係数
199.500	661.2	1.724
198.525	625.8	1.726
197.635	587.3	1.714
196.840	552.3	1.707
195.985	512.7	1.699
195.215	475.5	1.695
194.825	458.2	1.702
194.250	438.8	1.744

貯水位 (EL)	$\frac{H}{H_d}$	流量 (m³/s)	流量係数
200.150	1.121	1877.6	1.929
199.435	1.046	1677.3	1.913
199.090	1.009	1584.3	1.905
198.400	0.937	1407.7	1.893
197.985	0.893	1297.2	1.874
197.005	0.790	1064.2	1.849
196.005	0.685	836.2	1.800
194.935	0.572	625.8	1.764
193.610	0.433	399.5	1.712
193.000	0.368	306.2	1.670
192.345	0.299	214.3	1.595

$$Q = CB \{ H^{3/2} - (H - G)^{3/2} \}$$



H = 越流水深

Hd = 設計水深 (9.5 m)

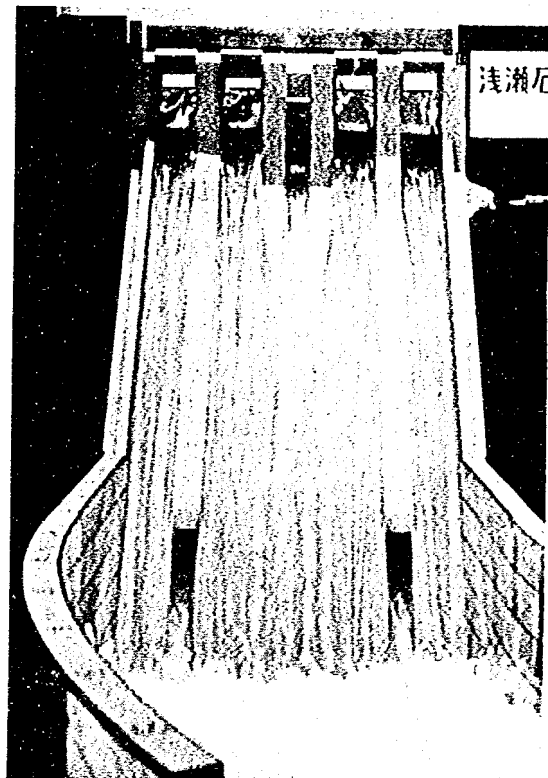
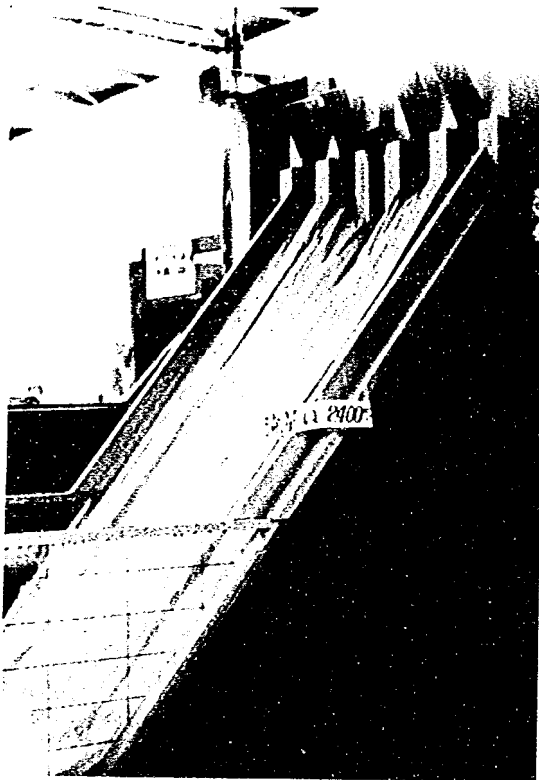
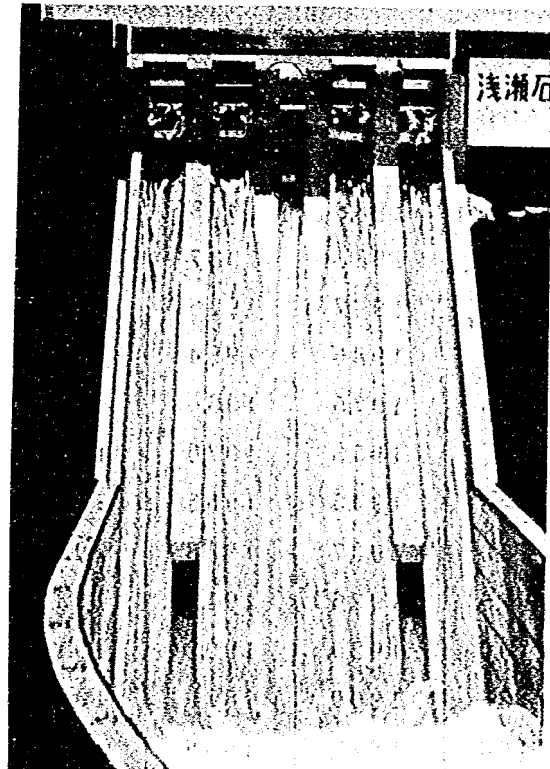
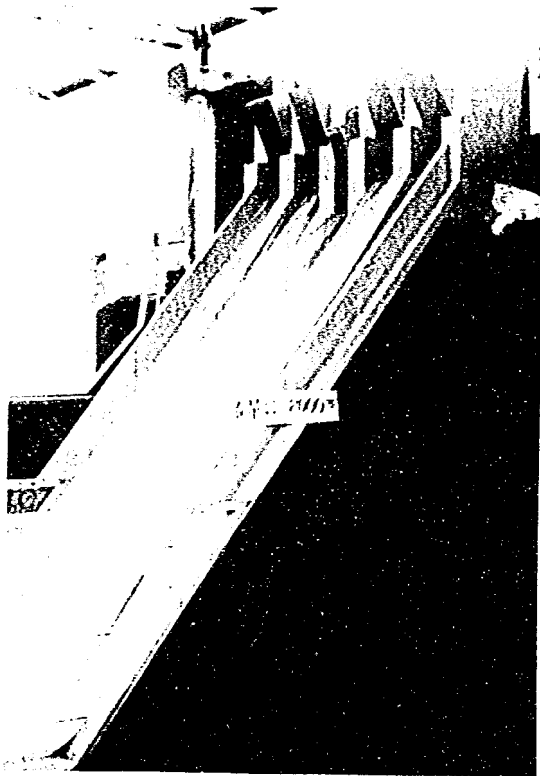
越流部資料

越流部の水面形状

ダム軸か らの距離	①	②	③
	最 高	最 高	最 高
-12.5	198.8	198.8	198.8
-10.0	198.8	198.7	198.7
- 7.5	198.7	198.6	198.6
- 5.0	198.5	198.4	198.5
- 2.5	197.5	198.0	197.9
0	195.3	197.0	196.5
2.5	194.5	195.5	195.9
5.0	193.7	193.8	194.8
7.5	192.6	191.9	193.2
10.0	192.0	190.2	191.0
12.5	190.0	187.9	188.8
15.0	187.5	185.5	186.2
17.5	184.9	183.0	183.0

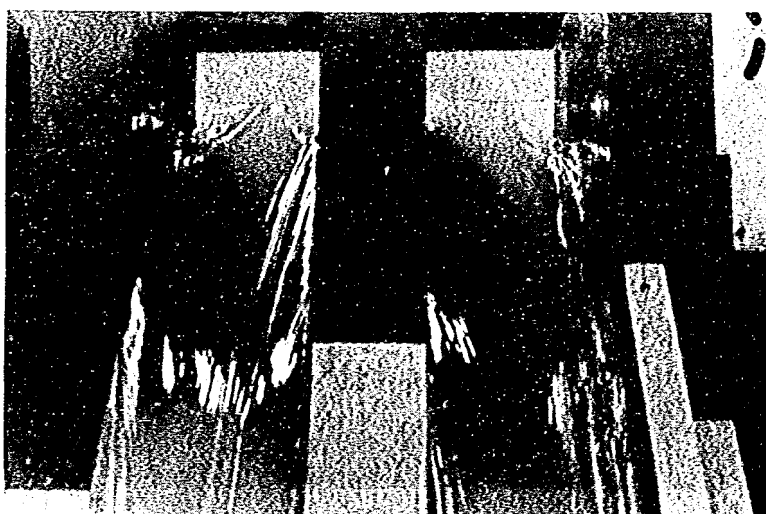
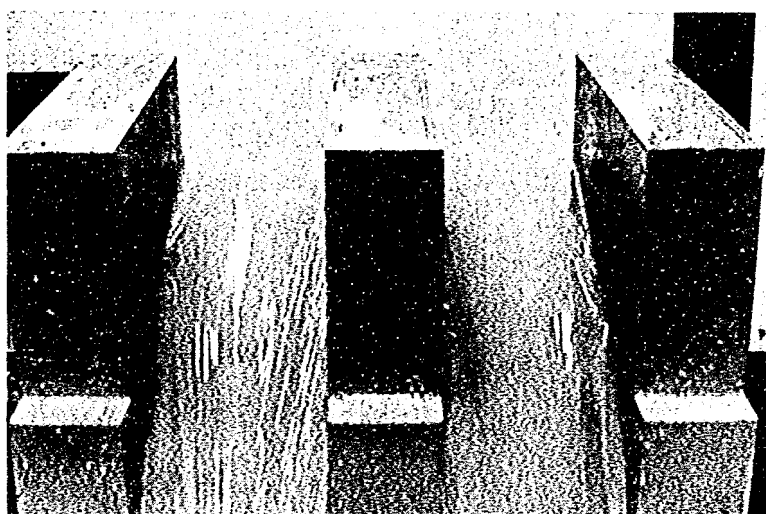
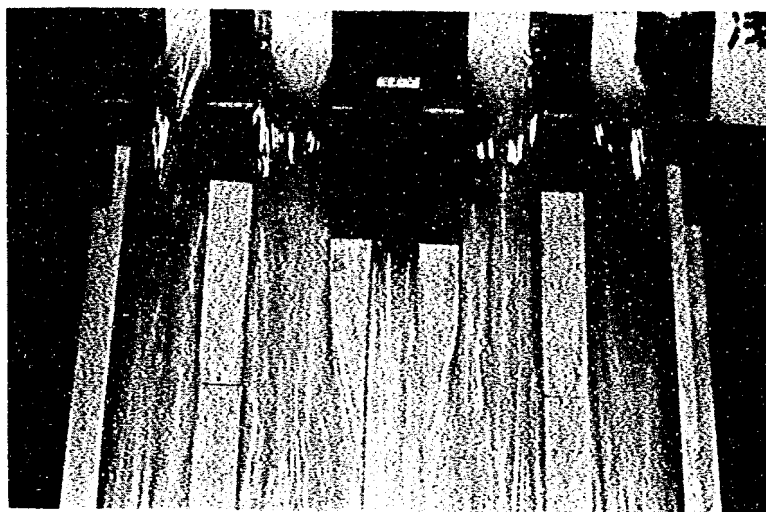
ダム軸か らの距離	④	⑤	⑥
	最 高	最 高	最 高
-12.5	198.8	198.8	198.8
-10.0	198.7	198.6	198.7
- 7.5	198.6	198.6	198.6
- 5.0	198.5	198.4	198.5
- 2.5	198.0	198.0	197.6
0	196.2	197.2	196.0
2.5	195.6	195.6	195.1
5.0	194.7	193.8	194.6
7.5	193.1	192.0	193.2
10.0	191.2	190.0	191.6
12.5	189.0	188.1	189.4
15.0	186.4	185.6	186.9
17.5	183.7	183.0	183.8

- ① 第1径間 橋台沿い
- ② 第1径間 中 央
- ③ 第1径間 橋脚沿い
- ④ 第2径間 左岸橋脚沿い
- ⑤ 第2径間 中 央
- ⑥ 第2径間 右岸橋脚沿い



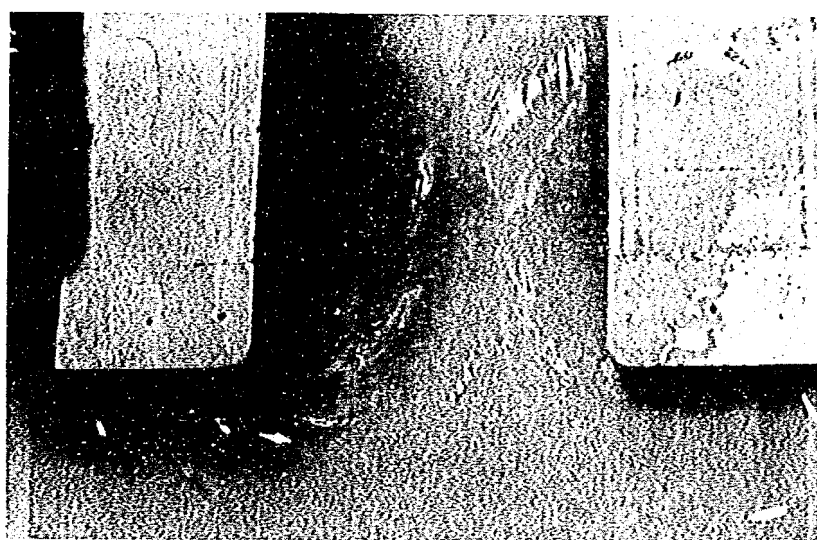
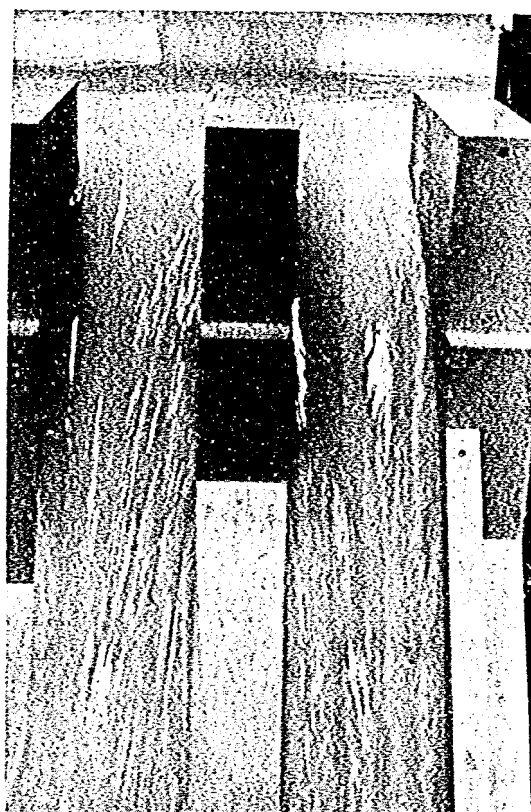
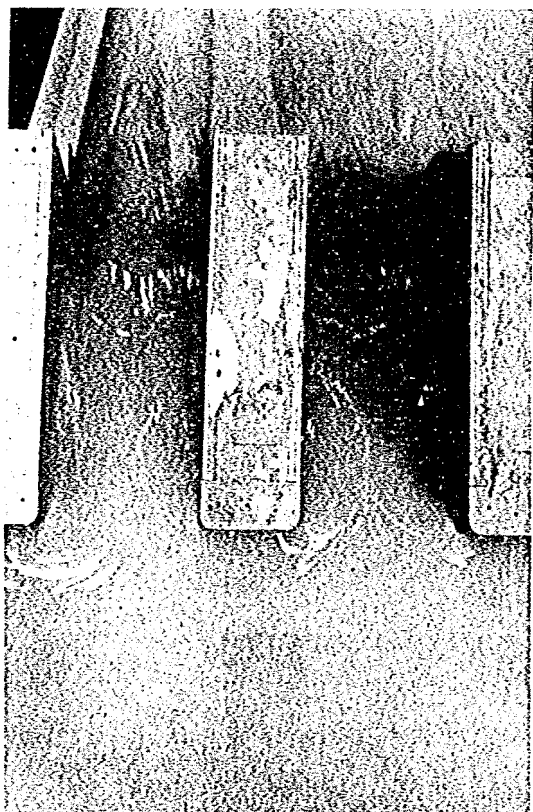
導流部の流況 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$

越流部資料



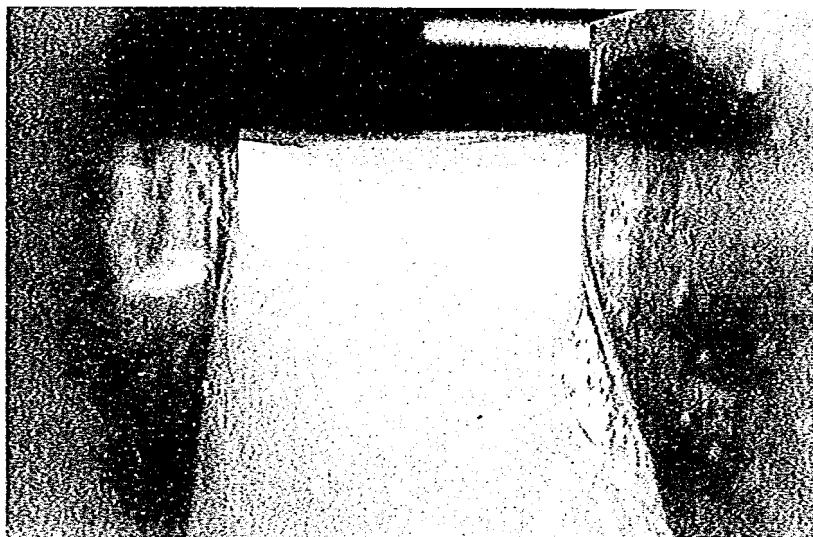
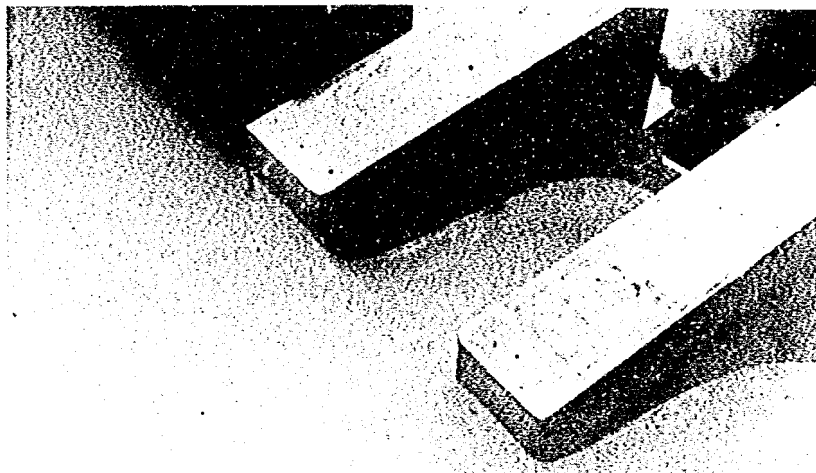
EL. 199 m

越流部資料



EL. 199 m

越流部資料



EL. 199 m

越流部資料

第五章 減 勢 工

第一節 設 計 条 件

減勢工は以下の項目を考慮して、その規模、形状を決定する。

- (1) ダム地点計画高水流量に対して、十分な減勢能力を有すること。
- (2) ダム設計洪水流量時に対して、減勢能力を維持し、ダム本体および周辺の構造物の安全性が脅かされないこと。
- (3) 河川管理施設等構造令を満足させること。

第二節 設計の概要と形式の選定

本ダムサイト付近の河道をみると、岩が広く露出しており、下流に向って左岸方向に大きく曲がっている。そのため原設計では、地形および施工性を考慮し、中心半径 120 m で、左岸側へおよそ 30° 湾曲させた跳水式減勢工として設計された。湾曲水叩での跳水は、一般的な取り扱いはできず、水理的に好ましくないなど、不利な点が多い。

このような湾曲した形状を採用した最近の例として、棕梨川ダム、下久保ダム、草木ダム、弥栄ダムなどがみられる。これらは湾曲する角度も 40°～60° 程度で比較的大きいものである。

下流河道についてみると、河道の幅はだいたい 20 m 程度で、計画流量のわりには、ひじょうに狭い。原設計案では減勢工の幅を 48 m としており、減勢工下流端より河道に接続するところでは、約 200 m 区間にわたってゆるやかに断面を変化させるように改修する計画である。

跳水式で設計された減勢工は、下流水深が確保できない場合、一般に補助構造物により、強制的に跳水を生じさせることが多い。本ダムについても、下流条件から水深が十分に確保することができず、補助構造物なしでは設計条件を満足させることが不可能と考えられ、原設計案では、水叩内に副ダムを設置することが提案された。そこで、本検討では、副ダムを設置した減勢工としての機能を調査して、その規模を決定する。

本減勢工は、掘削量が相当多く見込まれており、水叩の長さは可能なかぎり短かくすることを考え、平面形状は、原設計案を維持させることを基本とする。

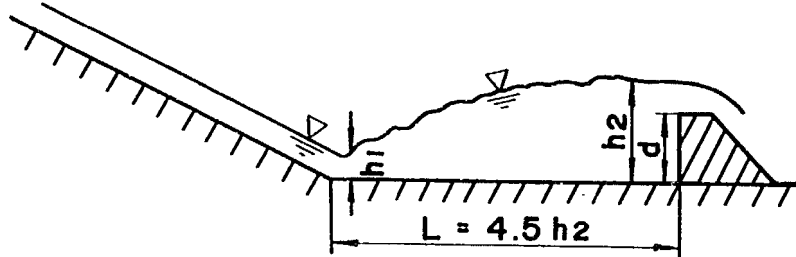
第三節 概略必要規模

本ダムの減勢工を決定するうえで、基本的な条件について、次のような場合を考える。

- | | |
|----------|------------------------|
| (1) 対象流量 | 2000 m ³ /s |
| (2) 貯水位 | EL. 199 m |
| (3) 水叩標高 | EL. 110 m |
| (4) 減勢工幅 | $B = 48 \text{ m}$ |

$$h_2 = \frac{\sqrt{1+8F^2} - 1}{2} h_1$$

$$\frac{d}{h_1} = \frac{(1+2F^2) \sqrt{1+8F^2} - (1+5F^2)}{1+4F^2 - \sqrt{1+8F^2}} - \left(\frac{F^2}{2K^2}\right)^{\frac{1}{3}} \quad K=0.4$$



$$u_1 = 0.9\sqrt{2gH} = 0.9\sqrt{2g(199-110)} = 37.6 \text{ m/s}$$

$$h_1 = \frac{Q}{Bv_1} = \frac{2000}{48 \times 37.6} = 1.11 \text{ m}$$

$$F_1 = \frac{u_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{37.6}{\sqrt{g \times 1.11}} = 11.4$$

$$h_2 = \frac{\sqrt{1+8 \times 11.4^2} - 1}{2} \times 1.11 = 17.3 \text{ m}$$

$$d = h_1 \left\{ \frac{(1+2 \times 11.4^2) \sqrt{1+8 \times 11.4^2} - 1 - 5 \times 11.4^2}{1+4 \times 11.4^2 - \sqrt{1+8 \times 11.4^2}} - \left(\frac{11.4^2}{2 \times 0.4^2}\right)^{\frac{1}{3}} \right\}$$

$$= 9.3 \text{ m}$$

$$L = 4.5 h_2 = 4.5 \times 17.3 \div 78 \text{ m}$$

これらの値は、二次元的な取り扱いとして算定したもので、本減勢工のように湾曲や、放流水の不均衡が生ずる場合は、副ダムの高さや、設置する方向について実験による詳細な調査、検討が必要になる。

第四節 水理実験

4-1 概要

模型は、相似縮尺 1/50 で、水槽、堤体、減勢工および河道で構成される。堤体にね計画されるすべての洪水吐を配置し、減勢工の平面的な規模は、原設計案を採用する。河道部については、改修計画部分を含め、減勢工下流端より約 350 m 区間を再現した。(減勢工資料 1)

模型と実物との間にはフルードの相似則が成立し、縮尺関係は堤頂越流部と同じとする。

4-2 比較形状による流況調査

副ダムの高さとその位置を検討するため、前節の必要規模をふまえて、表5-1に示す6ケースについて設定し、流況調査を行なった。水叩長については、原設計案の平面形状の範囲内におさまるようにしてある。各比較案について、放流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ に対する流況説明を表5-1に示す。

これらの調査の範囲内において、次のことが認められる。

- 1) 本減勢工では、2条の放水管による放出流や、水叩湾曲の影響により、十分に安定した跳水を得ることは困難である。したがって、減勢工の範囲を原設計案のままで考えると、周辺に悪影響を及ぼさない範囲において、水叩内の流況の悪化はある程度、許容せねばならない。
- 2) 副ダムの高さは9mおよび10mの2種について行なわれたが、いずれもとくに著しい差は認められない。これらの比較案は、水叩内に露出射流を生じたり、潜流状態になることもない。このことから副ダムの高さは9m程度が適当であると判断する。
- 3) 副ダムの設置方向は、その上流面を湾曲の半径方向とすることが、効果的で、この設置方向を変えた場合、右岸導流壁に沿う流れが強く、水面が大きく隆起あるいは副ダム付近で飛散する傾向がある。
- 4) ここで比較した水叩長はいずれも、計算上の共役水深に対し、3～4倍程度であるが、最短の3倍では副ダム付近で流水が飛散する傾向が認められ、減勢能力は著しく低下する。しかし、3.5倍以上になると、減勢は効果的で、流況に大きな差はみられない。

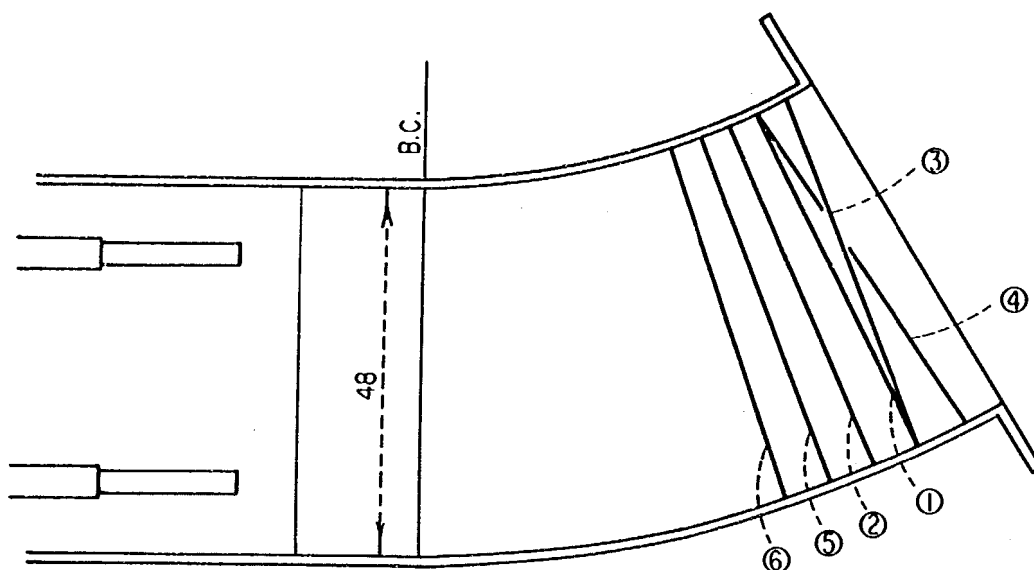
しかるに、設計条件や施工性を考え合わせると、水叩長は60m程度が適当である。

以上のように放流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し、上記の検討結果から、ケース1, 2, 5の場合が、採用可能な形状であることが知れる。

表5-1 比較案による減勢工内の流況説明

ケース	副ダム高	B, C からの距離	流況説明
* 1	10 m	55 m	右岸側に水面の隆起がみられるが、減勢の効果は良い。
* 2	10 m	50 m	水叩内の水面変動が目立つ。 右岸側の水面隆起はケース1より小さい。
3	10 m	57 m	水脈を左岸側によせるかと思われたが、結果は逆に右岸側の水面が、相当高い。
4	10 m	58 m	右岸側の水脈が、副ダム付近で飛散する傾向があり、下流河道の水面変動が相当に大きい。
* 5	9 m	45 m	水叩の流況は比較案1と大きな違いは認められない。 水面の高さはケース1より全体に低い傾向。
* 6	9 m	40 m	水叩内の水面は激しく動揺し、明らかに水叩長の不足である。 水面高は他のどのケースより高い。

*は副ダム上流面を曲線の半径方向とする。



4-3 流況および水面形状の検討

前項の比較実験により、採用可能と認められるケース 1, 2, 5 を設定し、計画高水流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ および設計洪水流量 $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し、比較検討を行なった。水叩内の水面形状を「減勢工資料 2」に流況図を「減勢工資料 3」に示す。

ここに示す比較案 3 形状はいずれも減勢効果に著しい差は認められない。これらの規模は、放流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し、概ね設定されたもので、この流量に対しては十分な減勢機能が維持される。さらに設計洪水流量 $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ に対しても増加率が小さいため、流況に大きな変化はみられない。

次に、水面形状について比較検討してみると以下のとおりである。

計画高水流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し、ケース 1, 2, 5 を比較した結果、ケース 2, 5 に比べ、右岸側で水深が高く、湾曲の影響が大きい。このときの最大水位は EL. 130 m である。これに対し、ケース 2, 5 ではだいたい同じで最大水位は EL. 129 m である。設計洪水流量 $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合を比較すると、どのケースも大きな差は認められない。このとき、右岸側での最高水位は EL. 130 m である。

4-4 所要規模の決定

前項で述べたように、流況、水面形状を検討した結果、基本的な設計条件を満足し、さらに経済性を考慮した規模として、ケース 5 が本減勢工の最終案として採用するのが妥当である。導流壁の高さは少なくとも EL. 130 m が必要である。ただし、この高さでも、右岸側は流水が最高 EL. 133 m まで飛びはねるので、導流壁内側に重要構造物が計画される場合、必要であれば天端高を EL. 133 m とすることも考慮すべきである。

以上、浅瀬石川ダム減勢工の所要規模として、次のようになる。

副 ダ ム 高	9 m (上流面は曲線の半径方向)
水 叩 長	60.726 m (曲線上流端より 45 m)
導流壁天端標高	EL. 130 m

4-5 改修河道に関する水理実験

ここでは主に改修河道内での流れを調査し、改修に必要な資料を収集する。

実験はまず、減勢工比較案のうちケース 1, 2, 5 について、計画高水流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ および設計洪水流量 $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ を流下させ、水面形状を測定した。これらの結果は「河道資料 1」に示される。これらから、どの比較案も水面形状に大きな違いがないことがわかる。

最終的な減勢工による各流量の流況図を「河道資料 2」に示す。また流況説明を表 5-2 に示してある。減勢工最終案による流況調査によって、以下の事項が認められる。

- 1) 表 5-2 でもわかるように、流量 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度までは、下流 120 m 付近の狭さく部による背水現象が副ダム直下流に達し、それ以下の流量になると、副ダム下流に露出射流が生じる。
- 2) 流量 500 程度での露出射流は、副ダム下流 50 m 付近で、いったん常流になり、断面 Na 7 付近から再び射流状態になる。
- 3) 流量 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ では、狭さく部による背水の影響で水面が上昇するが、改修河道内での水面はおだやかである。断面 Na 7 付近から流速が速くなり、Na 10 付近で波状跳水を生じる。
- 4) 計画高水流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 、設計洪水流量 $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ のいずれの場合も、背水の影響が大きく、狭さく部付近まではおだやかな流れを維持するが、Na 7 付近から水面の大きな低下がみられ、波状の射流が生じる。

4-6 二次減勢工

河道での流況は前項で述べたとおり、 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の流量に対し、副ダム下流約 120 m 付近での狭さく部が支配断面を形成する。これ以上の流量に対しては、副ダム下流端まで背水の影響が大きいため下流水深が得られ、比較的安定した跳水を生じる。しかし、計画最大放流量 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度以下の流量に対しては、背水の影響がほとんどなく、副ダム下流ではおよそ 14 m/s 程度の流速をもつ射流が発生する。したがって、改修断面内を保護するため、二次減勢工の設置を考えなければならない。

本地点の河床は比較的安定した岩盤であるため、岩盤を掘り下げて下流水深を確保する方法より、小規模なシルを設置して、強制的に跳水を生じさせるのが総合的にみて有利と考えられる。この規模は以下のように計算される。

副 ダ ム 越 流 高	$h = \left(\frac{Q}{BC} \right)^{3/2} = 3.1 \text{ m}$
副 ダ ム 下 流 端 流 速	$u_1 = C\sqrt{2g(d+h)} = 13.9 \text{ m/s}$
副 ダ ム 下 流 端 水 脈 厚	$h_1 = \frac{Q}{Bu_1} = 0.75 \text{ m}$
副 ダ ム 下 流 端 フ ルード 数	$F_1 = \frac{u_1}{\sqrt{gh_1}} = 5.1$
跳 水 下 流 水 深	$h_2 = \frac{\sqrt{1+8F_1^2}-1}{2} h_1 = 5.1 \text{ m}$
水 叩 長	$L = 4.5 h_2 = 23 \text{ m}$

表5-2 最終案による河道内の流況説明

流 量	減 勢 工 条 件	流 況
2400 m ³ /s	副ダム高 9 m 副ダム位置 45 m	副ダム直下流には、河道 120 m 付近の狭さく部による堰上げがおよんでいる。狭さく部を過ぎた 150 m 付近からは水面低下が見られる。水流に対しては 120 m 付近の狭さく部は二次減勢工の役割りを果している。 右岸側の最高水面は EL. 125.0 に達し、左岸側では EL. 126.2 まで達する。
2000 m ³ /s	"	Q = 2400 m ³ /s と同様に狭さく部による堰上げが副ダム下流まで及んでいる。狭さく部の下流では水面が急に下がり波状の不安定な流となっており、限界流に近い流れと思われる。 右岸側の最高水面は EL. 124 m、左岸でも EL. 124 m に達する。
1000 m ³ /s	"	下流の狭さく部による堰上げが副ダム直下流まで影響するのはこの流量までである。 Q = 1000 m ³ /s 以下では副ダム下流に露出射流が出はじめる。 Q = 1000 m ³ /s 以上の流量は狭さく部の堰上げによる水面上昇の影響を受け、特に右岸側のいわゆる鞍部に乗り上げ、改修低水路河道での流下は不可能である。
500 m ³ /s	"	副ダム下流では射流が発生し、河道 50 m 付近まで及んでいる。これより狭さく部までは常流であり、これを過ぎると再び射流となって下流に至っている。狭さく部による堰上げで水面は幾分上昇する。

$$\text{シル高} \quad d = h_1 \left\{ \frac{(1+2F_1^2)\sqrt{1+8F_1^2} - (1+5F_1^2)}{1+4F_1^2 - \sqrt{1+8F_1^2}} - \left(\frac{F_1^2}{2K^2} \right)^{\frac{1}{3}} \right\}$$

$$= 2.0 \text{ m}$$

以上から、シル高さを 2 m として、実験により流況を調査した結果、副ダム下流 17 m の位置が適当であることが知れた。この減勢工は 500 m³/s 程度の流量に対して効果を発揮するもので、これ以上の流量に対して減勢効果を悪化させない。

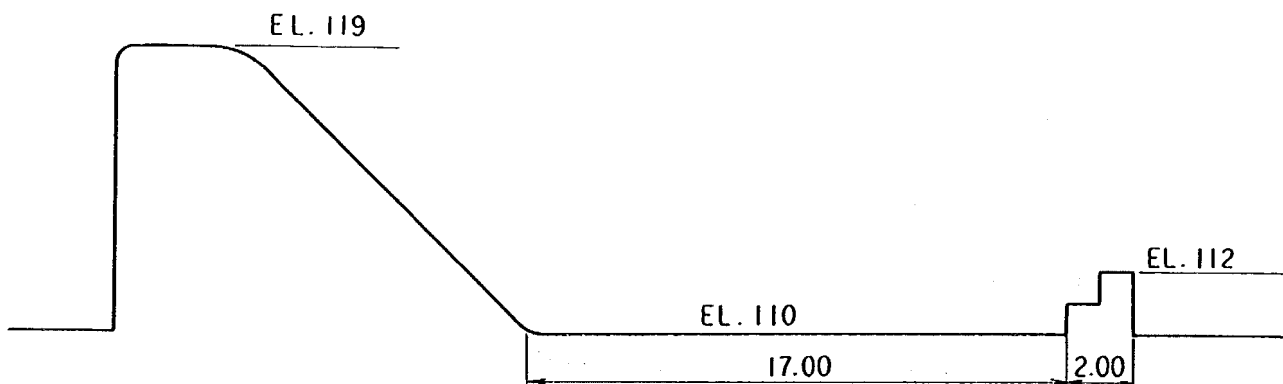


図5-1 二次減勢工（最終案）

第五節 総 括

本実験の範囲内において認められた主な事柄は次のとおりである。(最終案)

(1) 減 勢 工

本減勢工では、湾曲や放水管2条の放出流によって理想的な減勢を生じさせることは困難であり、ある程度流況の乱れを許容することが必要である。本減勢工は、計画高水流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し、十分な減勢能力をもち、設計洪水流量 $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ に対しても、減勢効果が著しく低下することはない。

導流壁の天端高は EL. 130 m とすればよいが、右岸導流壁内側に重要構造物が計画される場合、越波による影響を防止するため必要があれば、EL. 133 m にとることも考慮すべきである。

(2) 二次減勢工

この減勢工は、計画最大放流 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度の場合に、機能を有するもので、それ以上の流量に対しては副ダム下流 120 m 付近の狭さく部による背水の影響を受け、安定した減勢が得られる。本二次減勢工の築造により、 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の流量に対して、減勢効果が低下することはない。

(3) 改 修 河 道

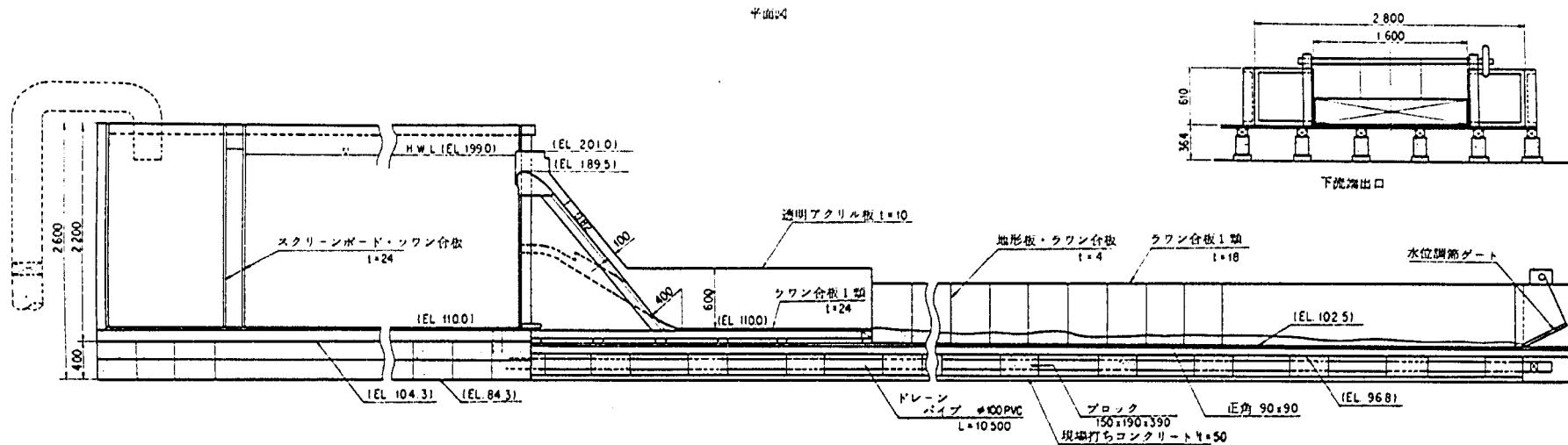
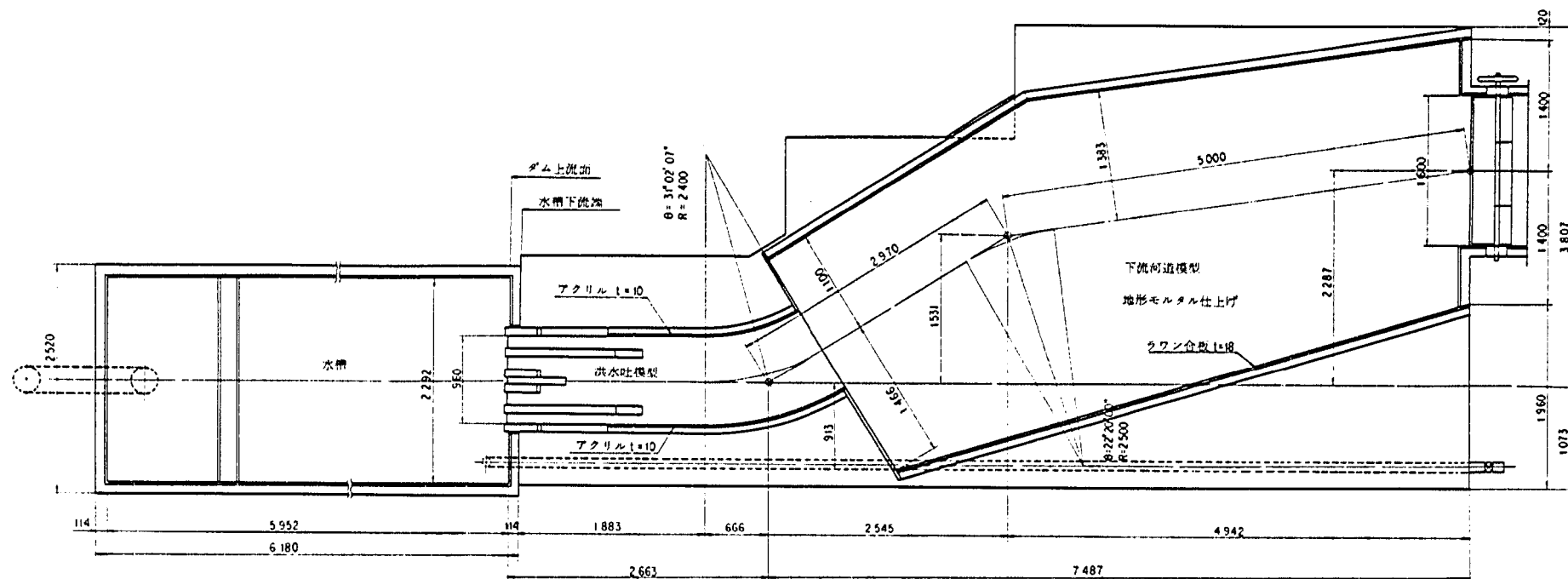
計画最大放流量 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ では、二次減勢された流れが、比較的なめらかで支障は認められない。これ以上の流量に対しては、下流、狭さく部に支配断面が形成され、背水の影響を受けて水面はおだやかである。この断面を過ぎると流速が速くなり、波状の流れを伴って流下する。

あ と が き

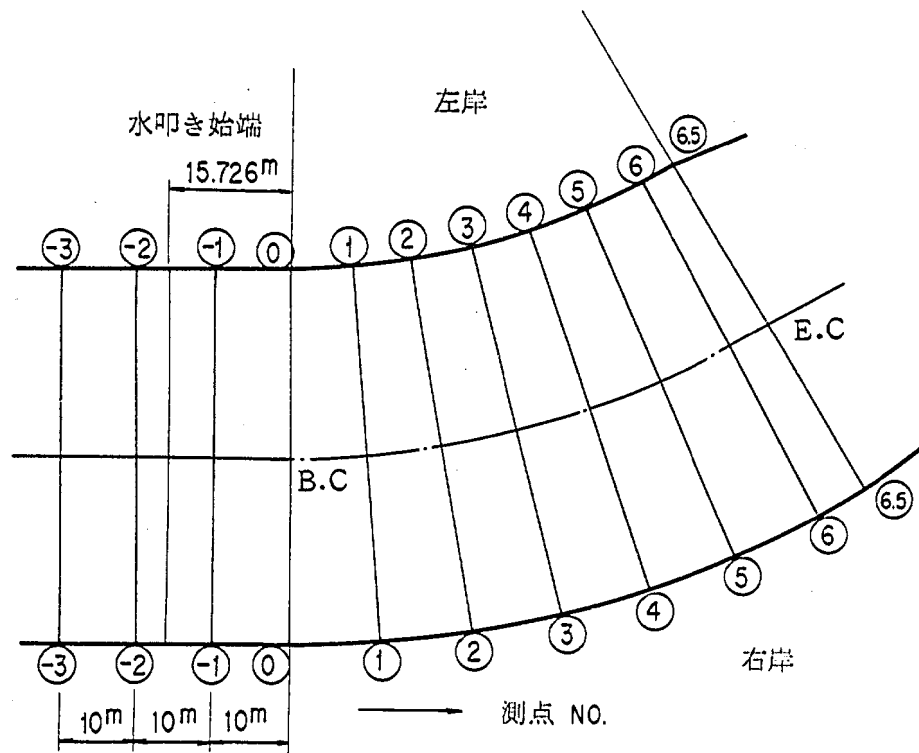
本報告書に載せてない下記のものについては、昭和 55 年度中に報告する予定である。

- 1) 堤体導流部における詳細な水理資料
- 2) 副ダムに作用する圧力
- 3) 二次減勢工のシルに作用する圧力
- 4) 発電所放水管の設置による河道改修部の水理資料

以 上

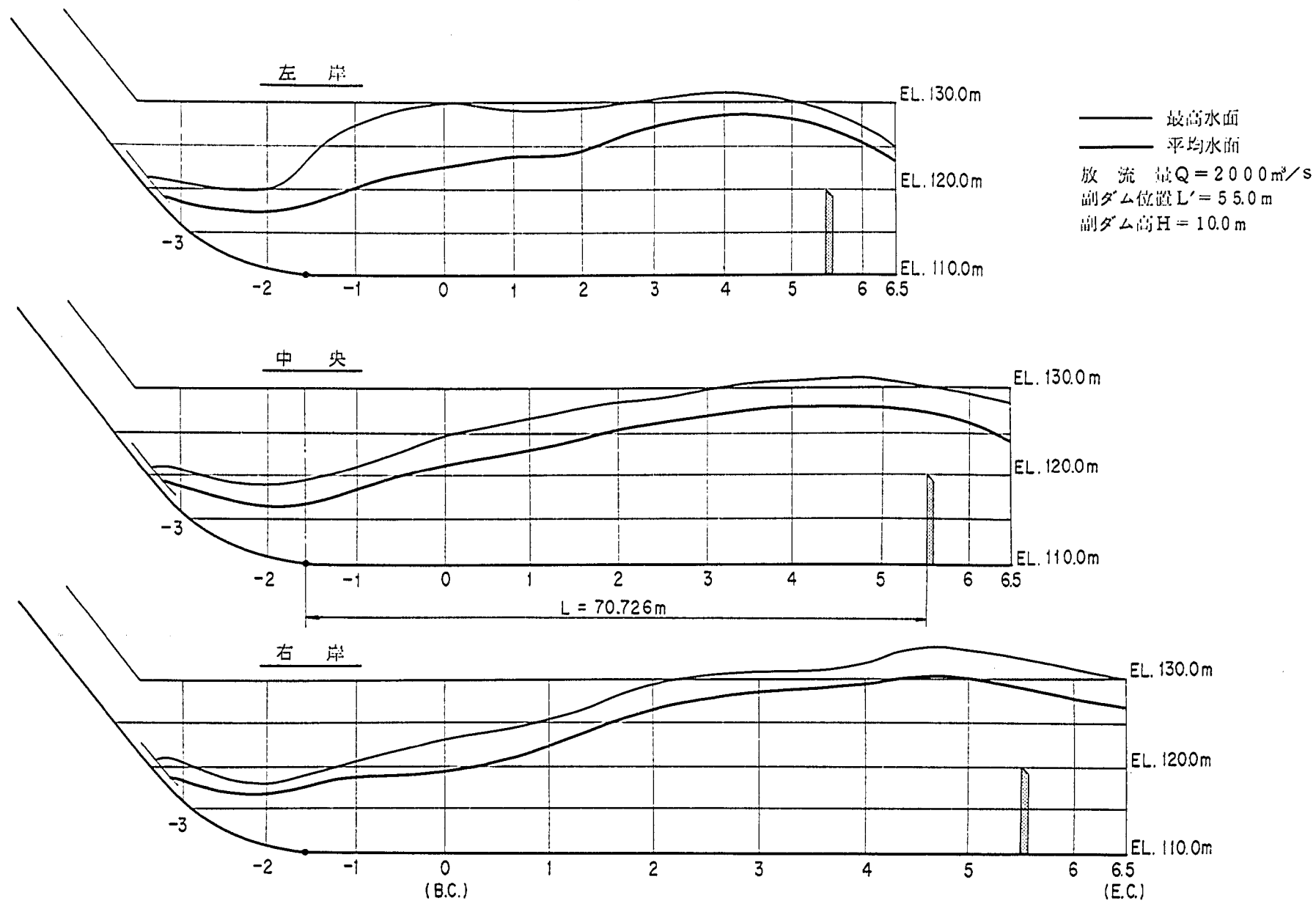


模型一般図 (単位mm)

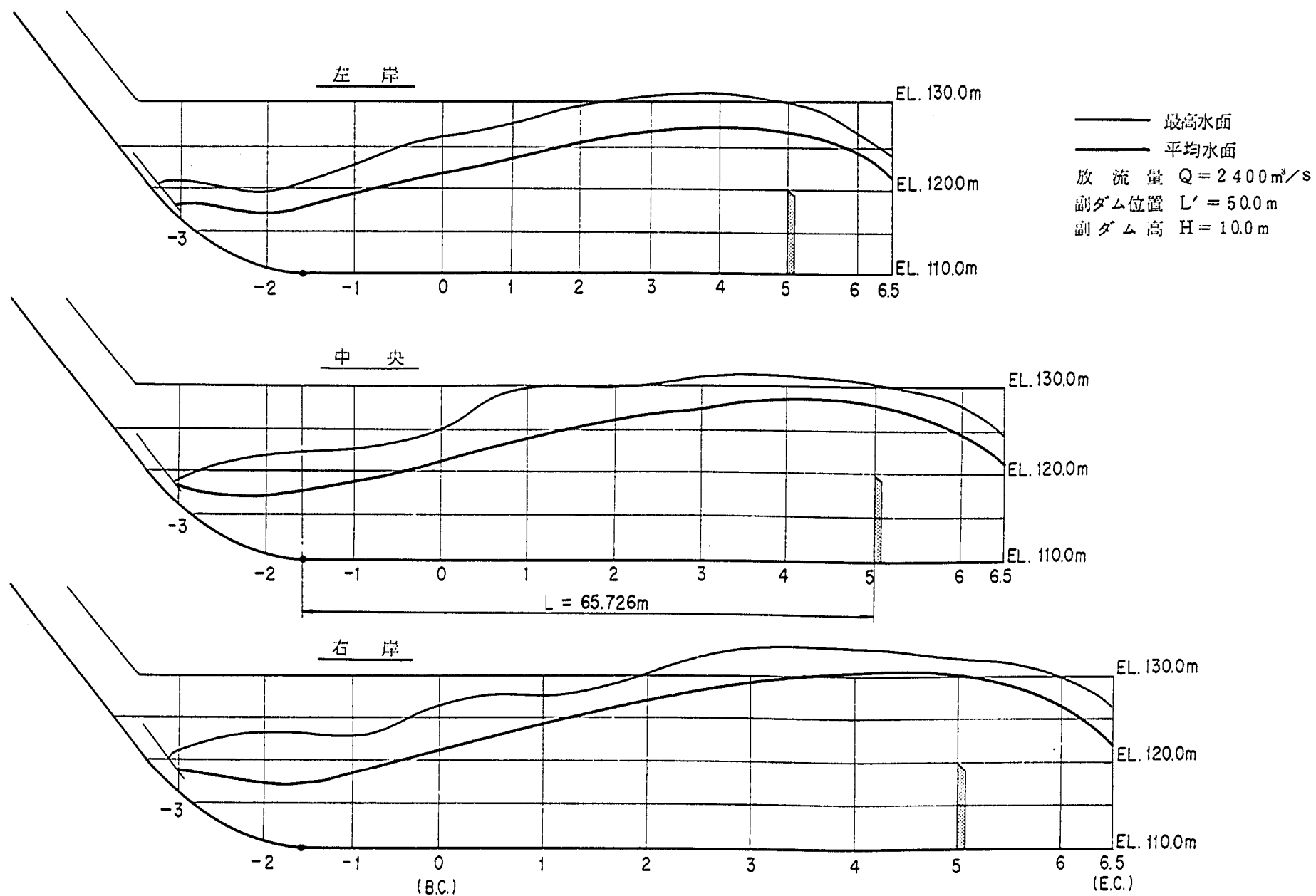


測点 NO.	曲線上流端からの距離		
	左 岸	中 央	右 岸
①	0 m	0 m	0 m
②	8	10	12
③	16	20	24
④	24	30	36
⑤	32	40	48
⑥	40	50	60
⑦	48	60	72
⑧	52	65	78

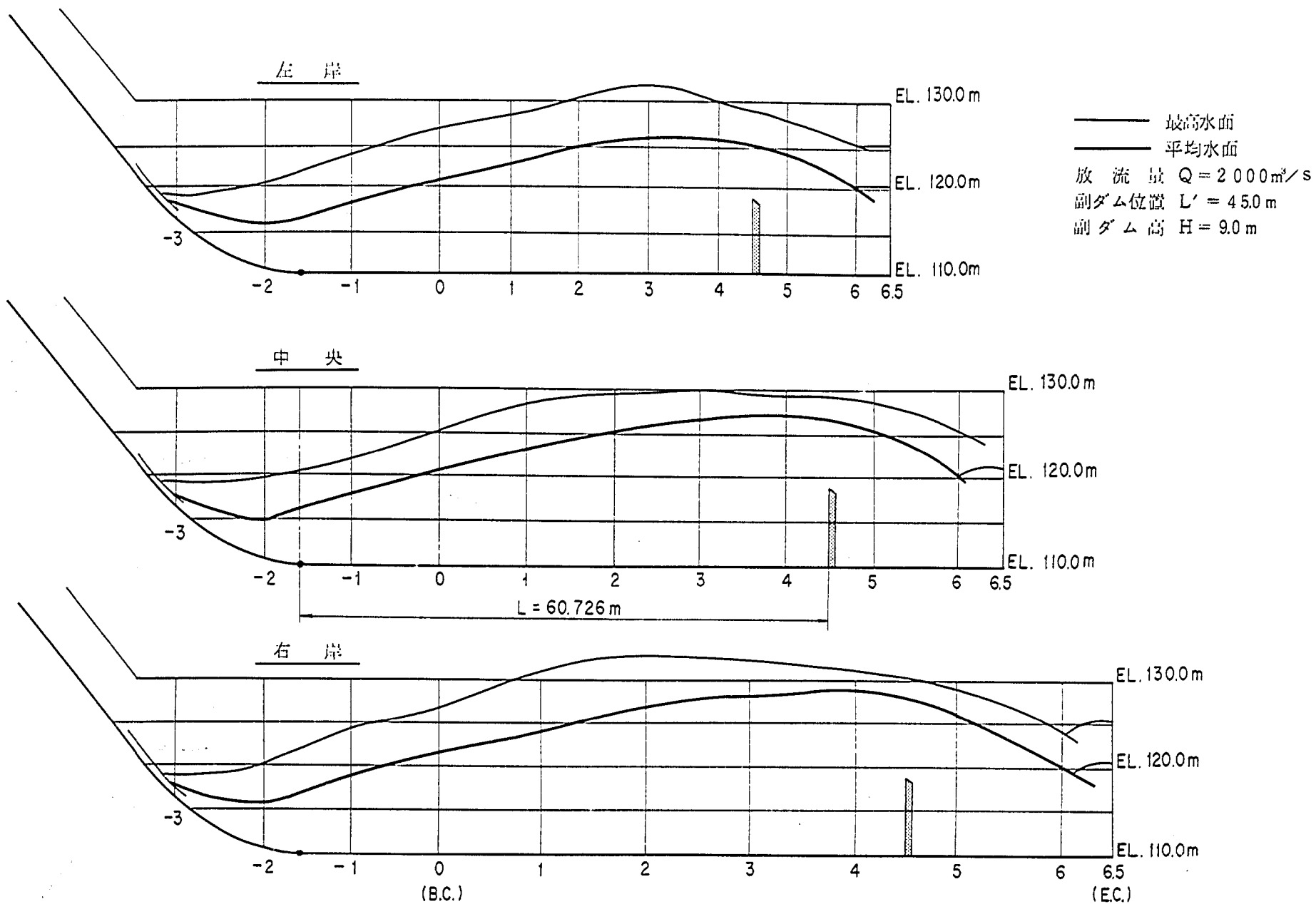
減勢工水面形測定位置



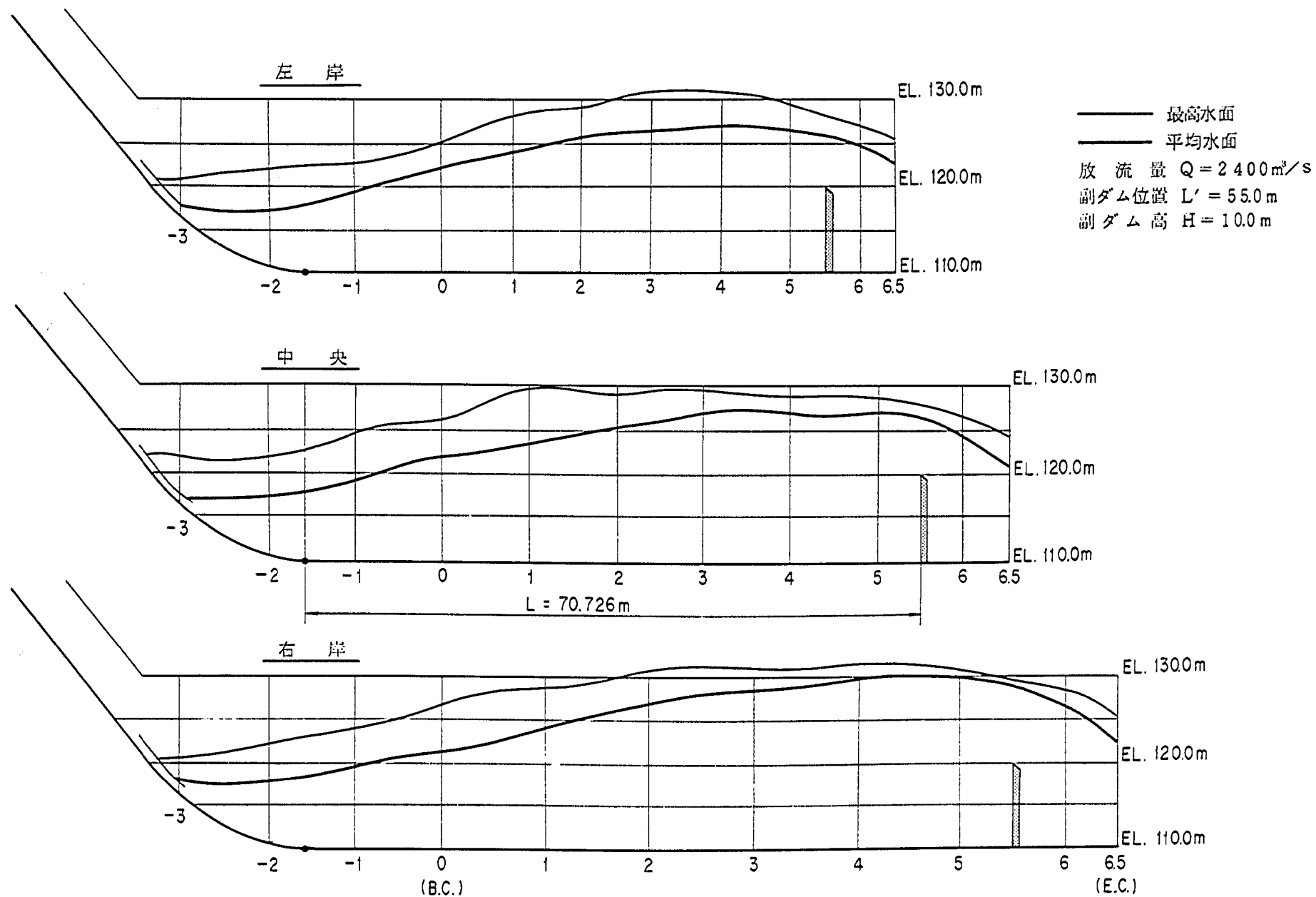
減勢工内水面形状，ケース 1



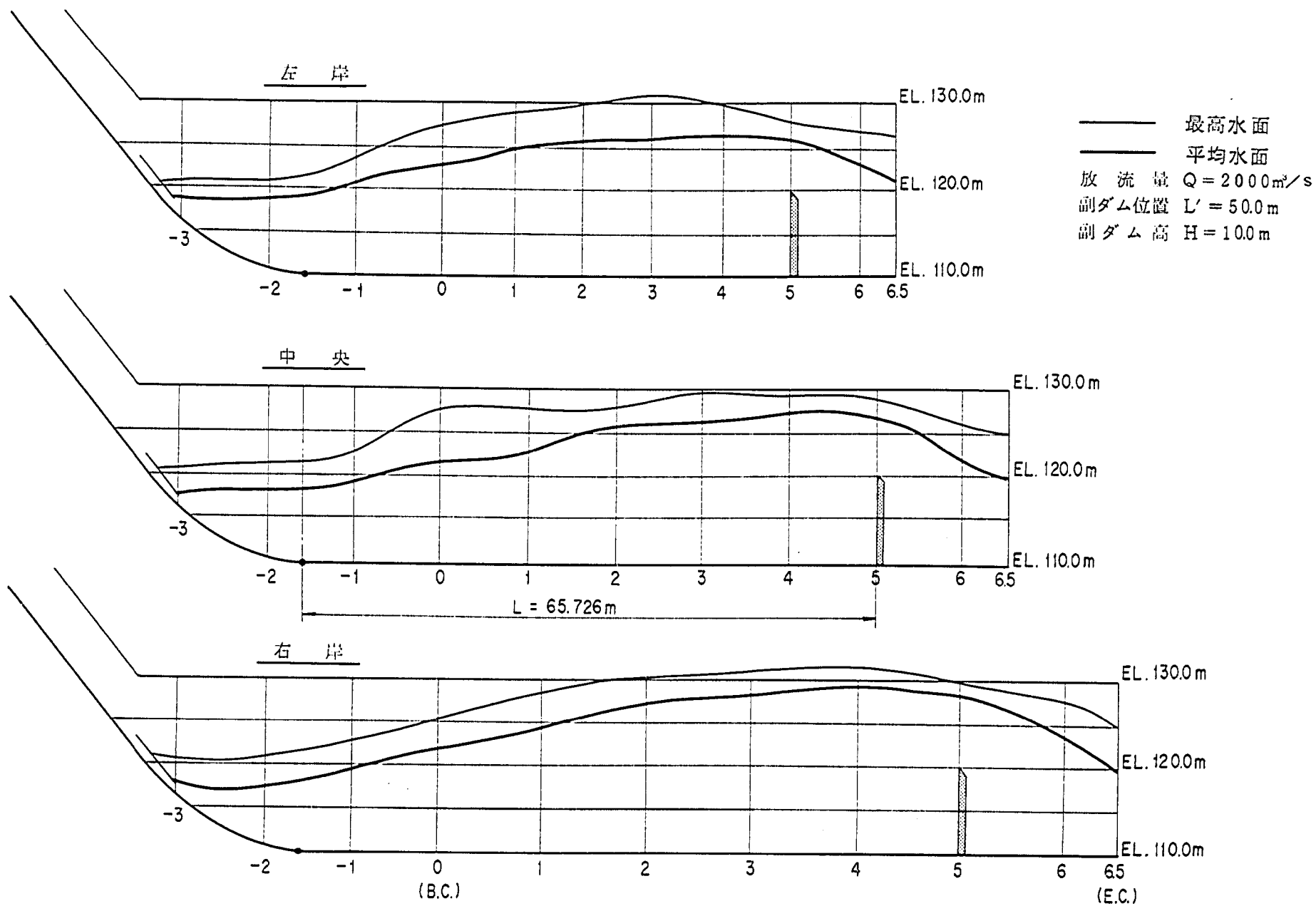
減勢工内水面形状，ケース 2



ケース 5 (最終案)

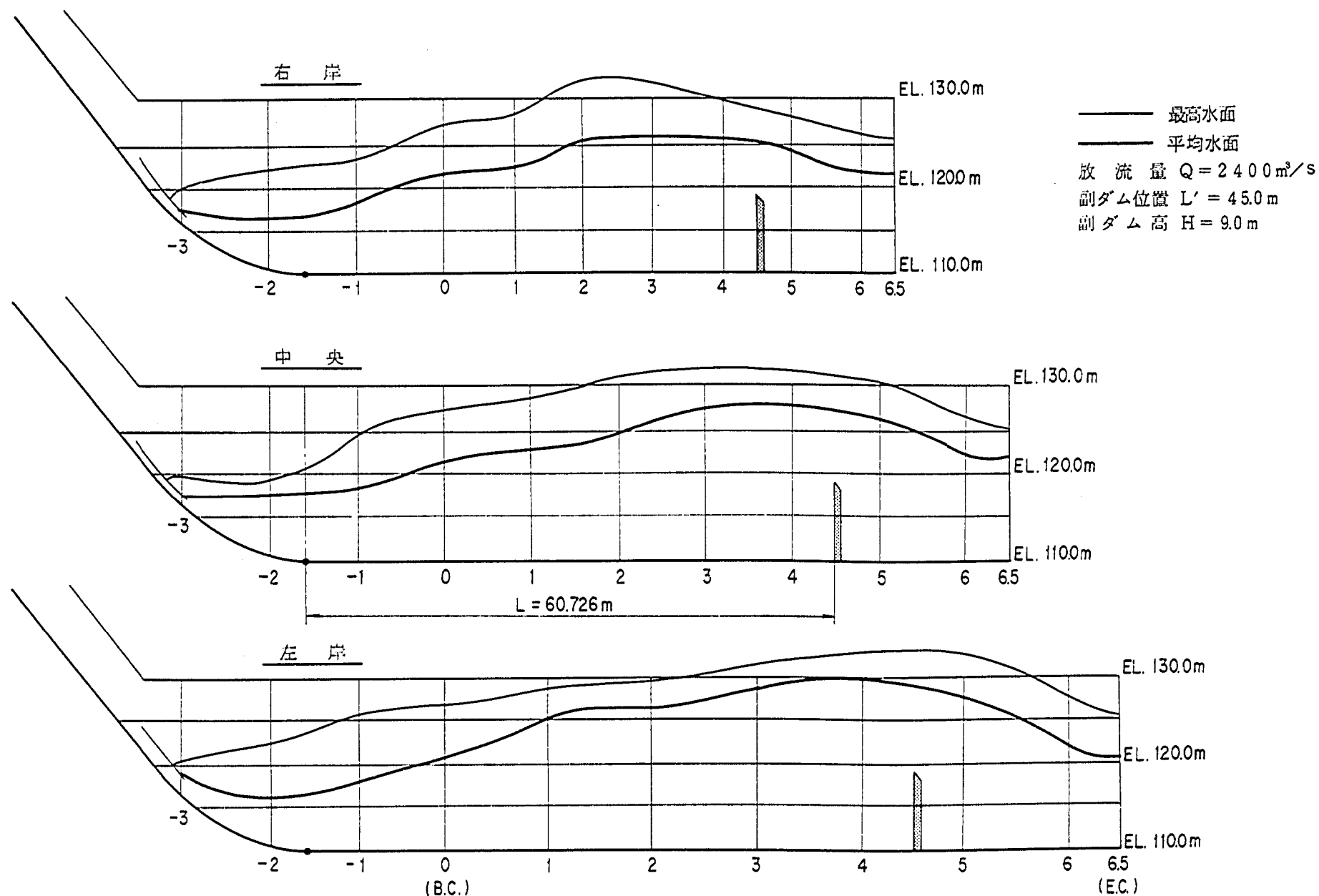


減勢工内水面形状，ケース 1



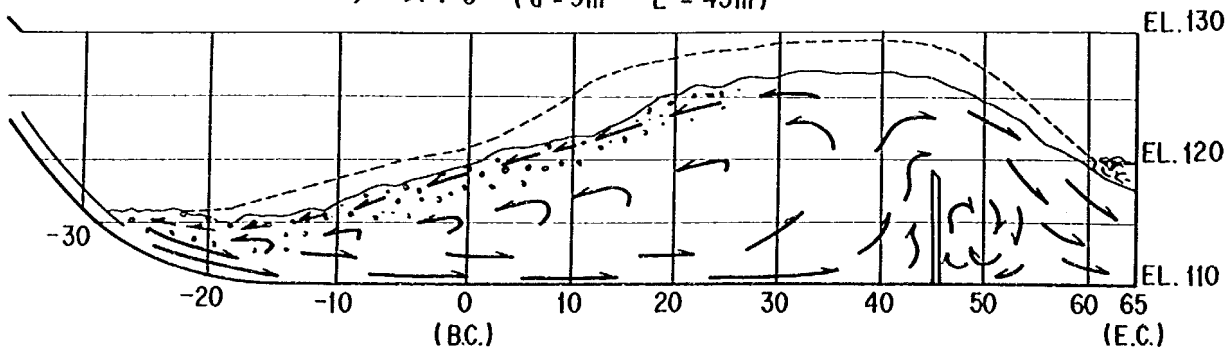
減勢工内水面形状，ケース 2

減勢工資料 2



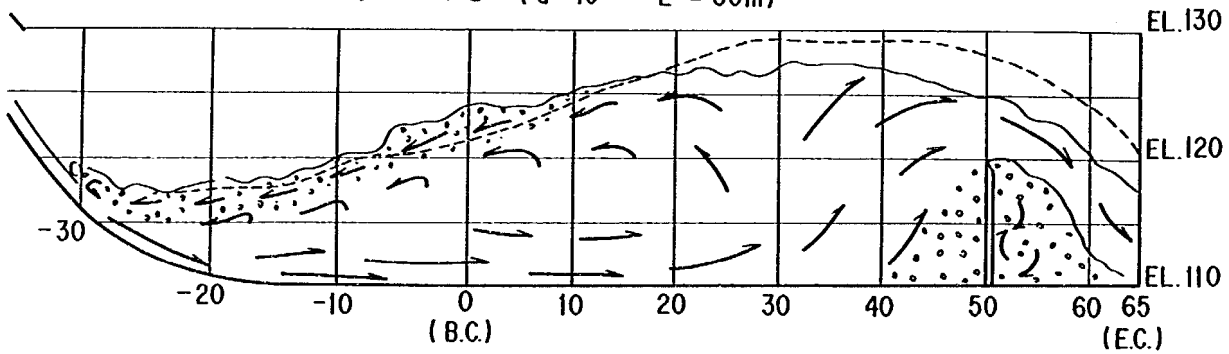
減勢工内水面形状，ケース5（最終案）

ケース：5 ($d=9\text{m}$ $L'=45\text{m}$)



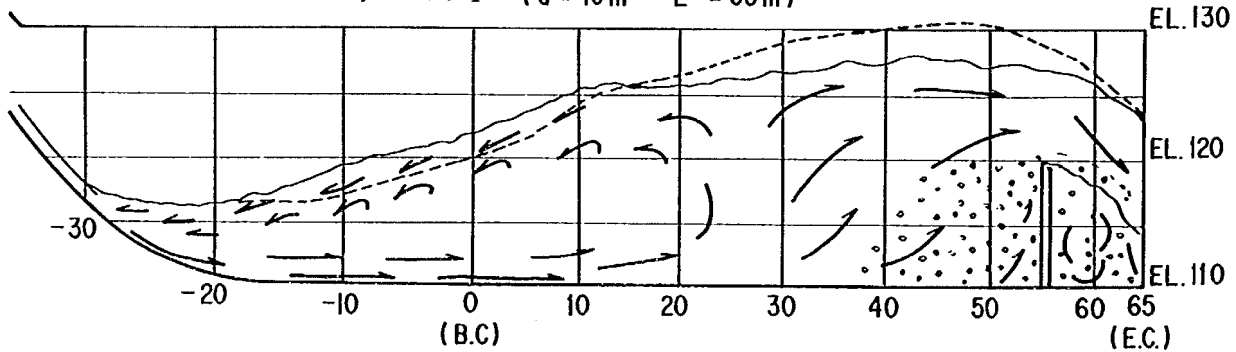
副ダム位置は45mと短いが、減勢池内で多少変動がある程度で全体的に見て良く減勢されている。

ケース：2 ($d=10$ $L'=50\text{m}$)



副ダムの前面では落下水脈の勢いは弱まっているが、減勢池内の流況は水面の変動が目立つ。

ケース：1 ($d=10\text{m}$ $L'=55\text{m}$)

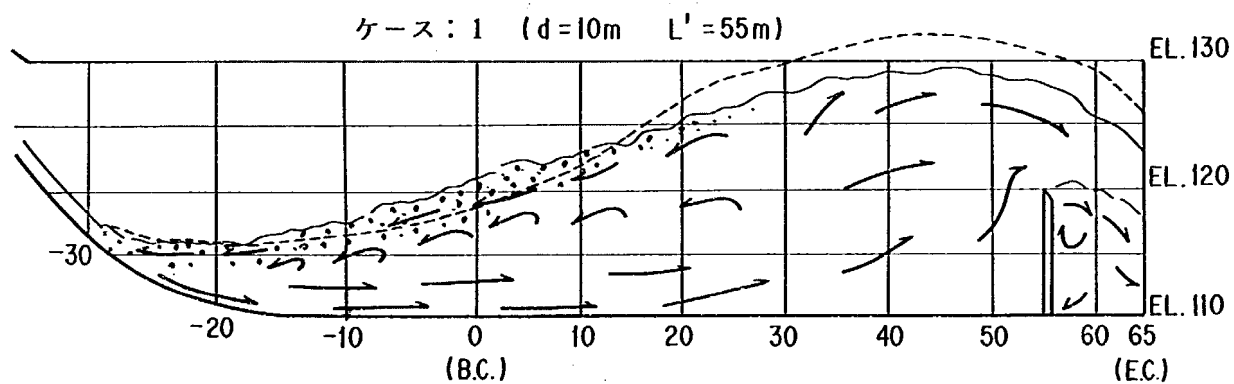
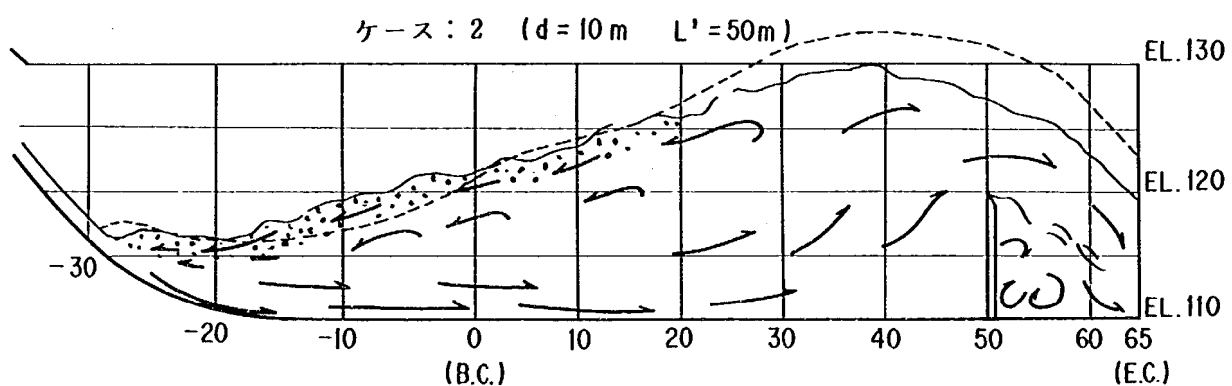
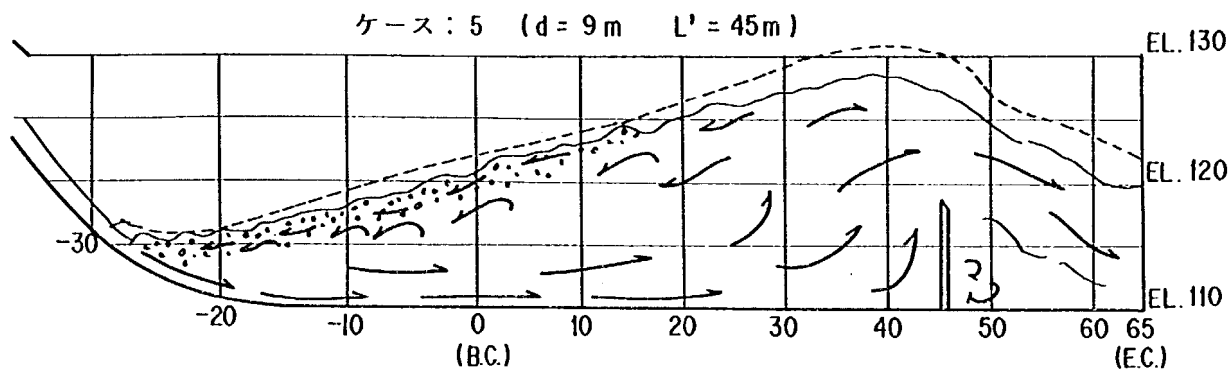


副ダム前面では落下水脈の勢いはかなり弱まっているが、右岸側に水面隆起が目立ち、時々EL 130.0mを越える。

----- 右岸
——— 左岸

減勢工内の流況 ($Q=2000\text{m}^3/\text{s}$)

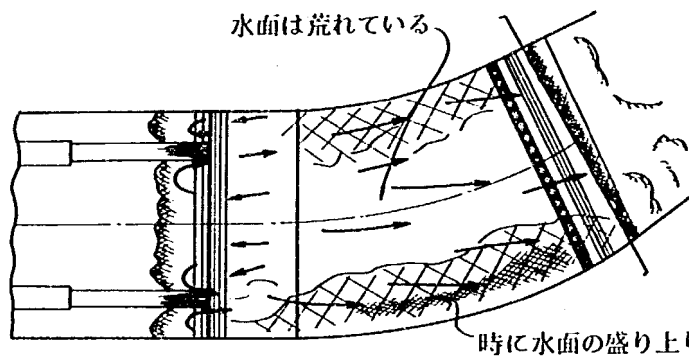
減勢工資料 3



----- 右岸
————— 左岸

減勢工内の流況 ($Q = 2400\text{ m}^3/\text{s}$)

減勢工資料 3

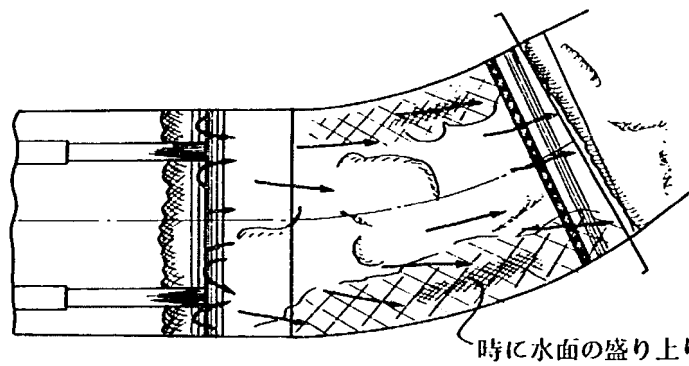


ケース：1

副ダム高 10 m

副ダム位置 55 m

流量 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$

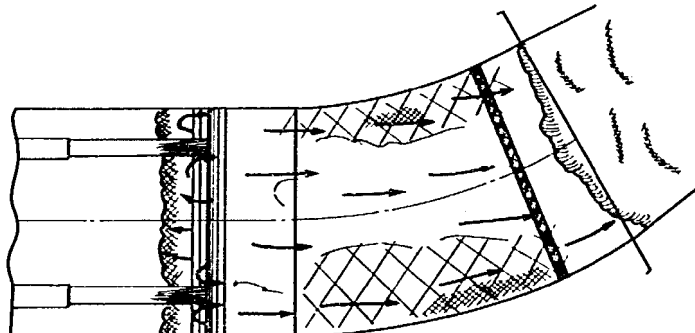


ケース：1

副ダム高 10 m

副ダム位置 55 m

流量 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

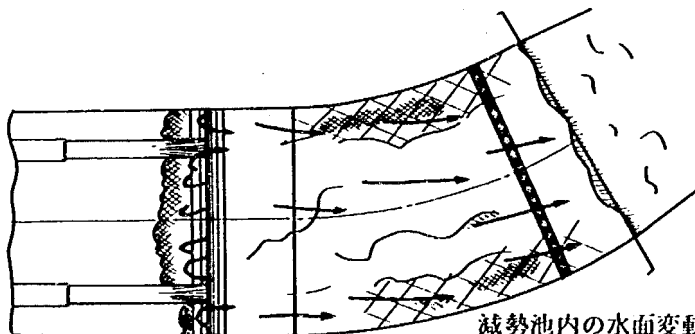


ケース：2

副ダム高 10 m

副ダム位置 50 m

流量 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$



ケース：2

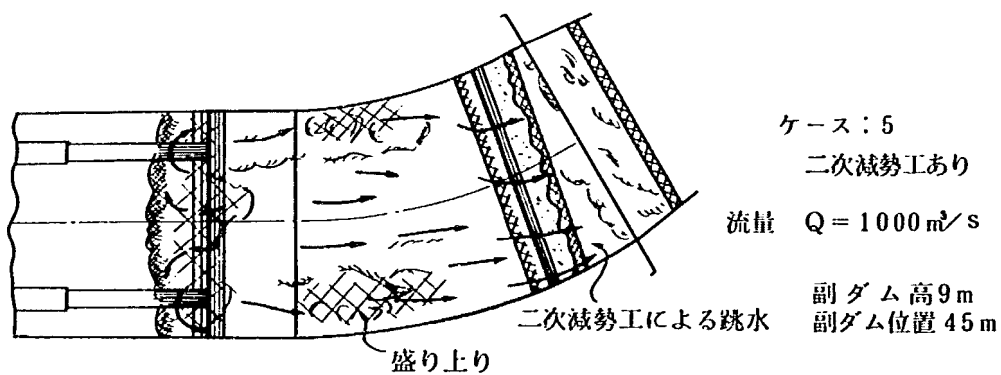
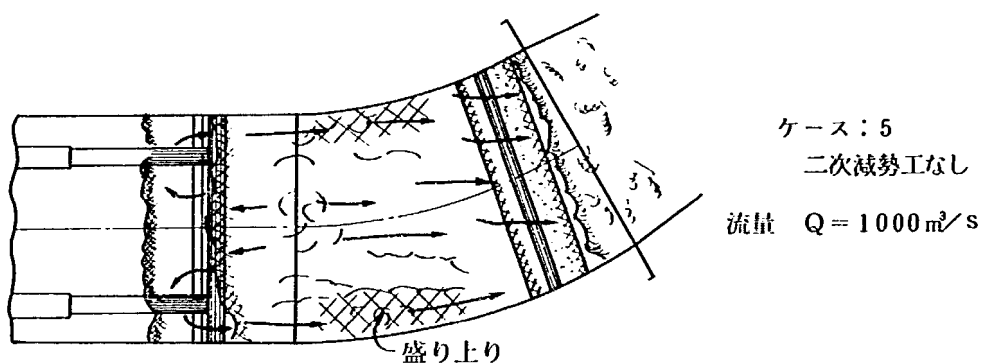
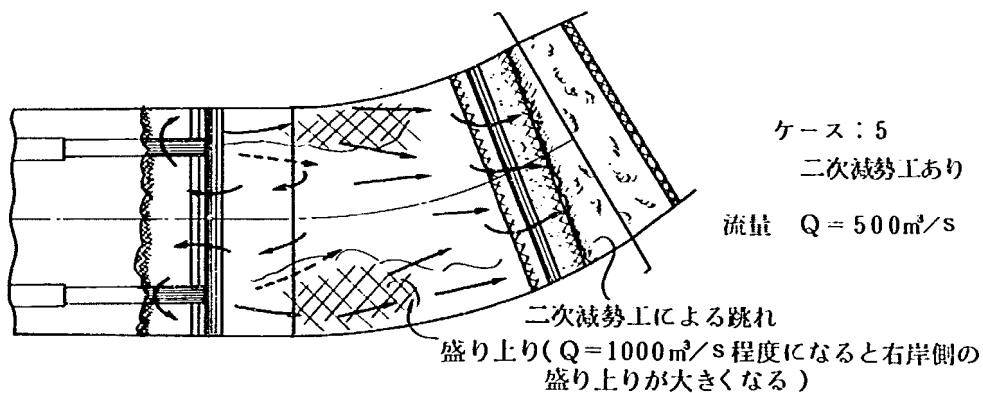
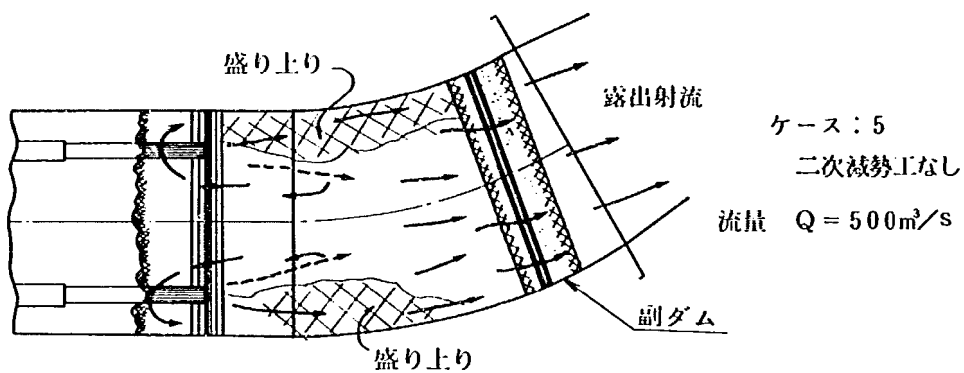
副ダム高 10 m

副ダム位置 50 m

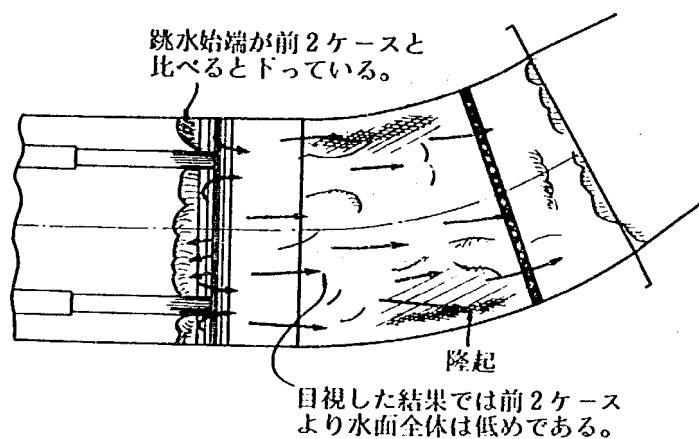
流量 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工内流況図

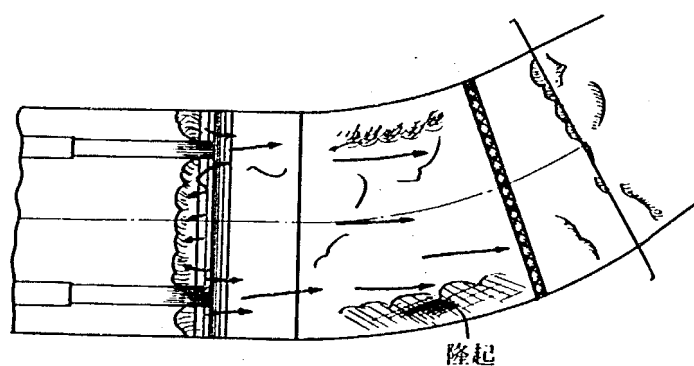
減勢工資料 3



減勢工内流況図

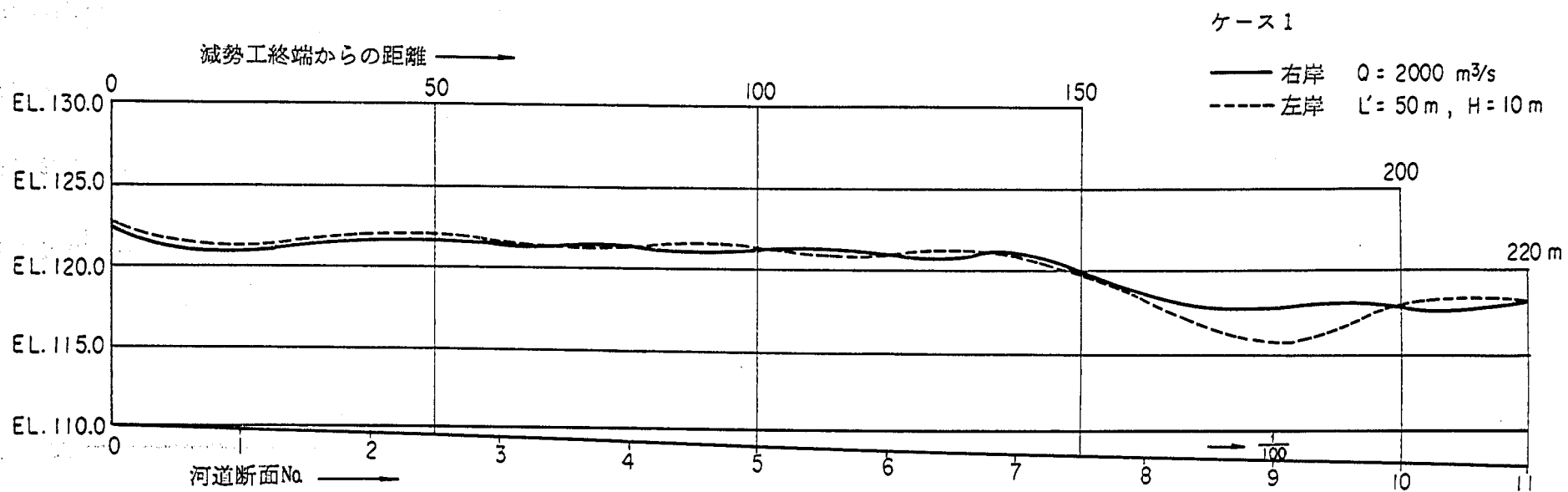


ケース：5
副ダム高 9m
副ダム位置 45m
流量 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$

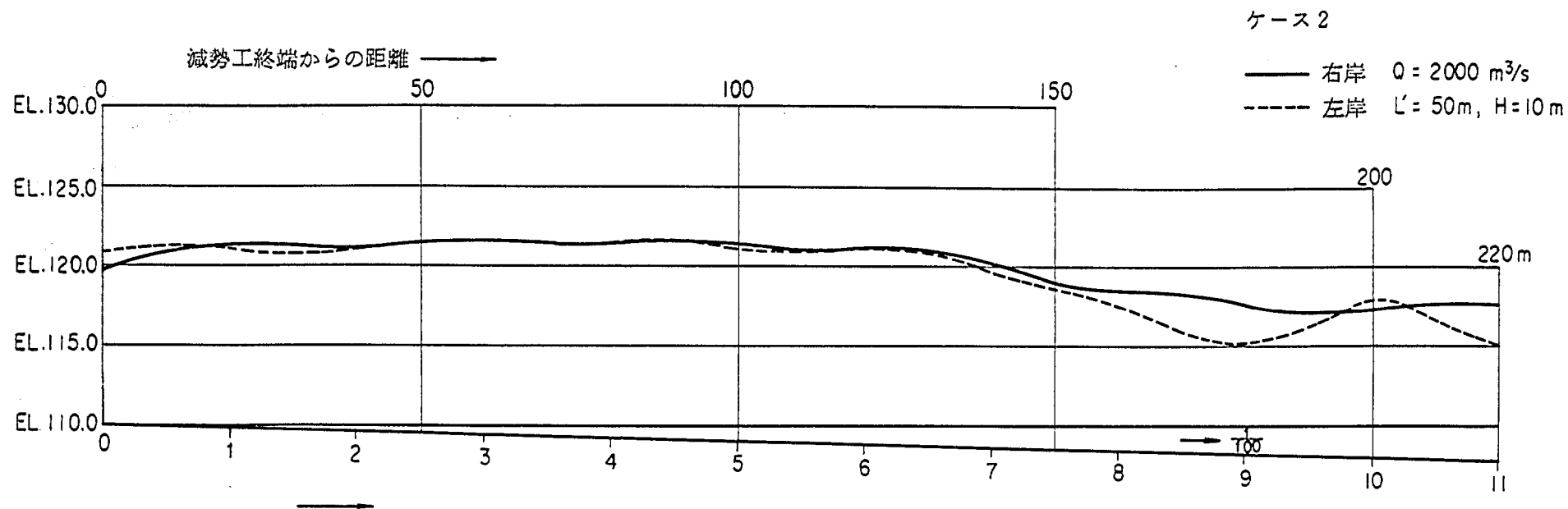
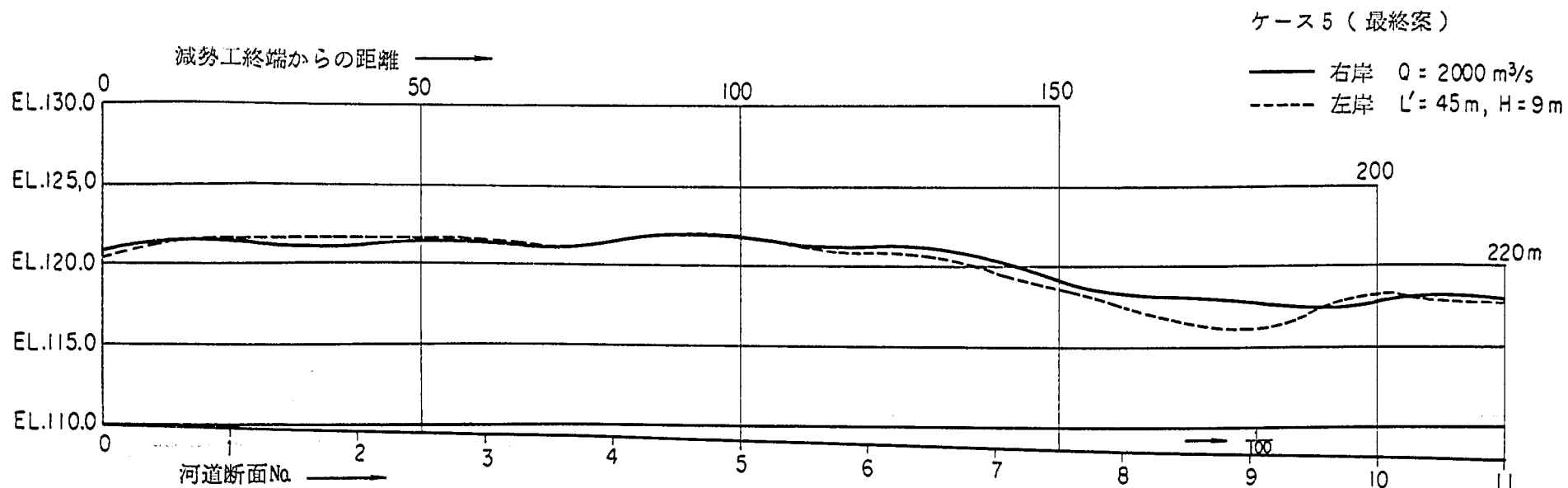


ケース：5
副ダム高 9m
副ダム位置 45m
流量 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工内流況図

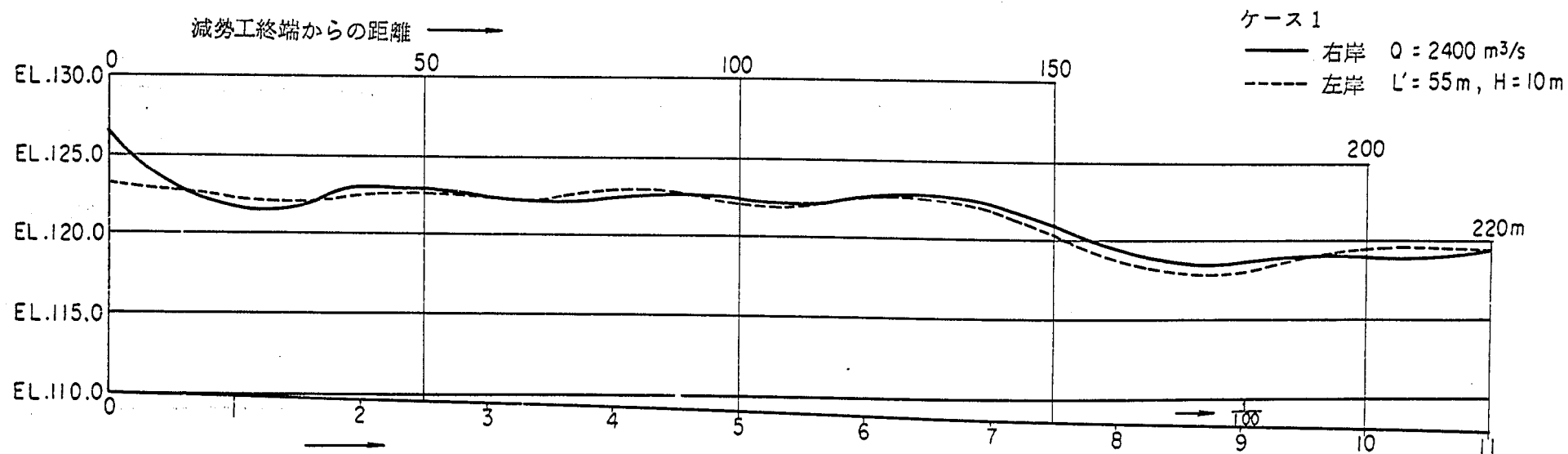


下流河道部水面形



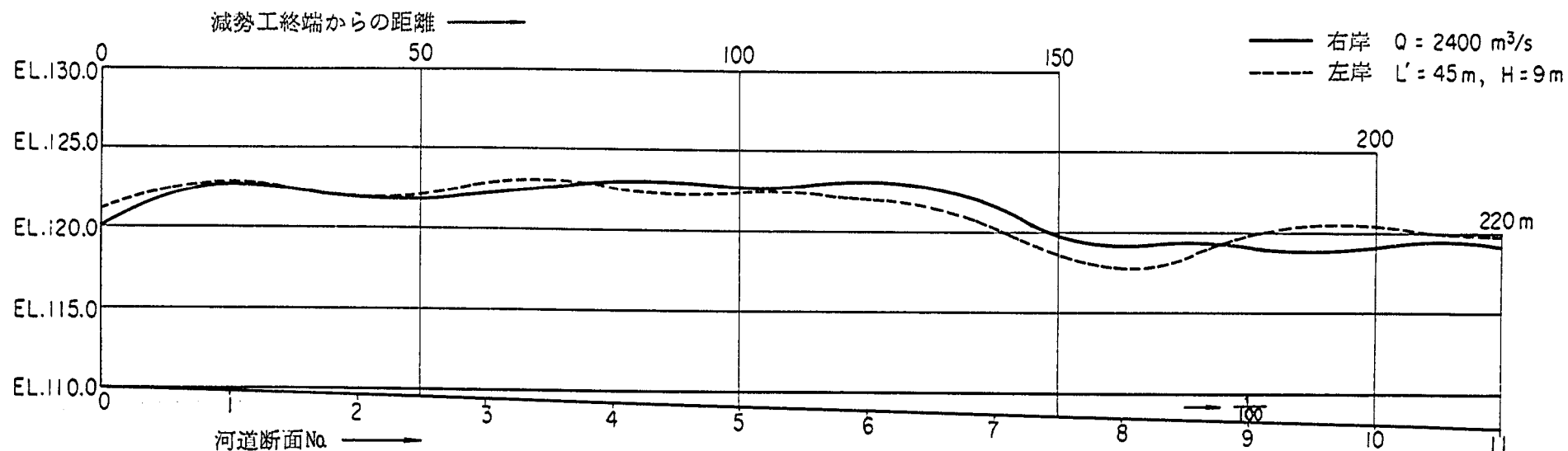
下流河道部水面形

河道資料 1

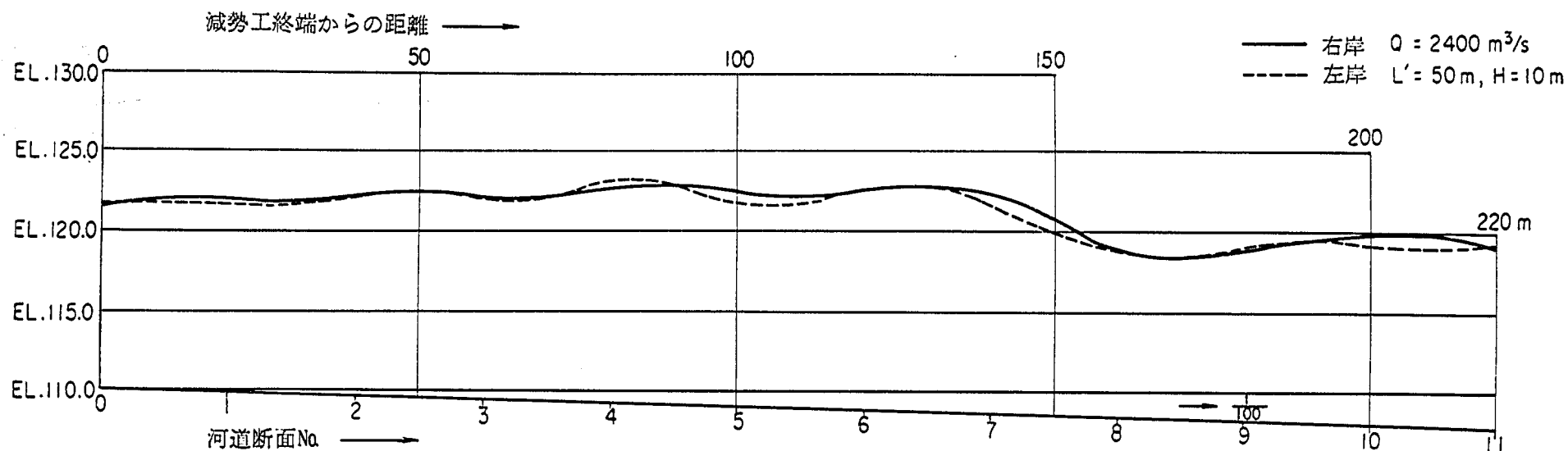


下流河道部水面形

ケース 5 (最終案)

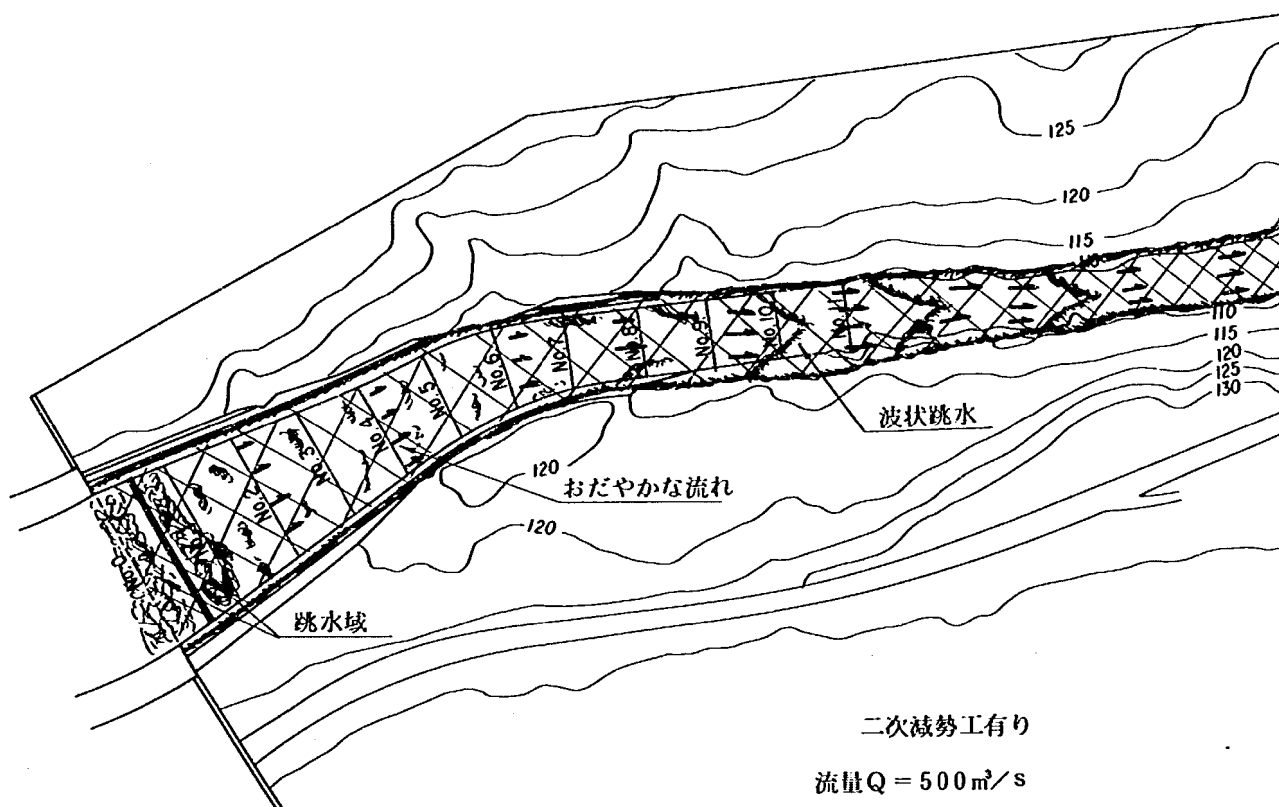
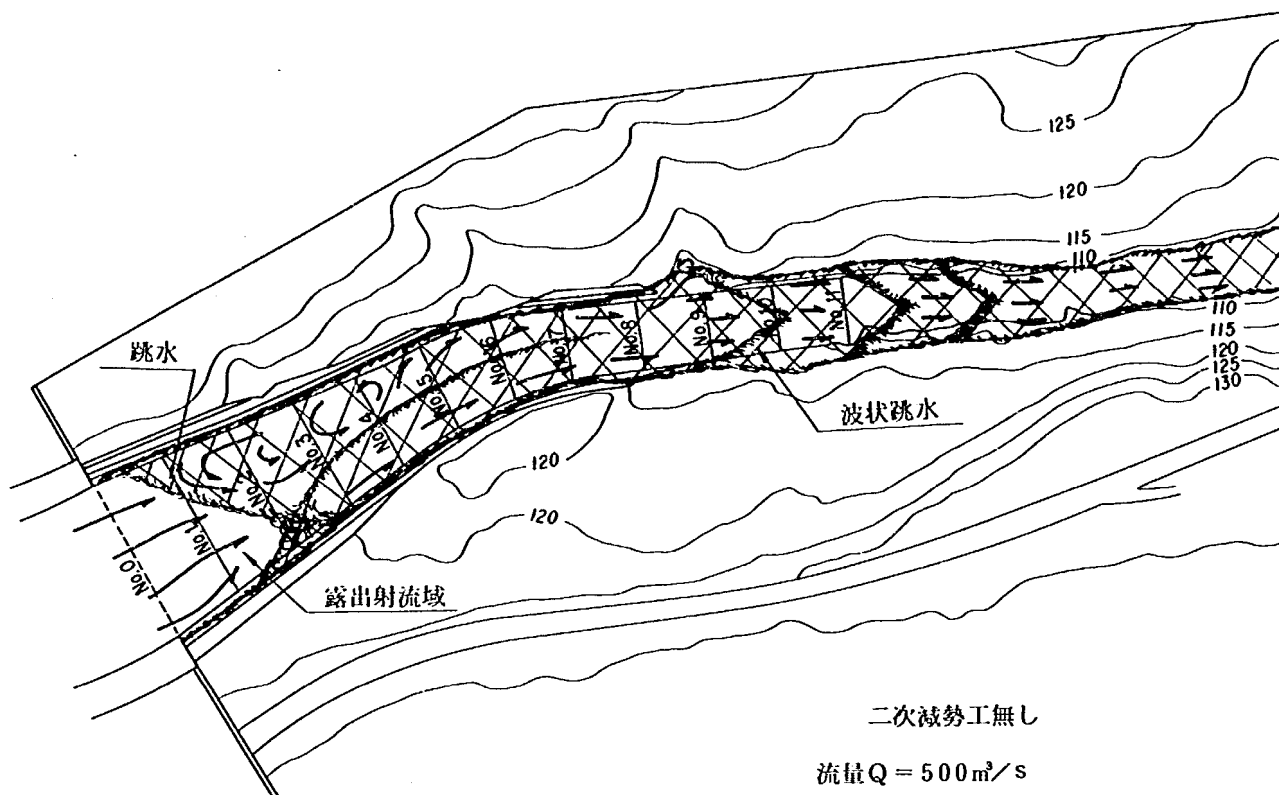


ケース 2



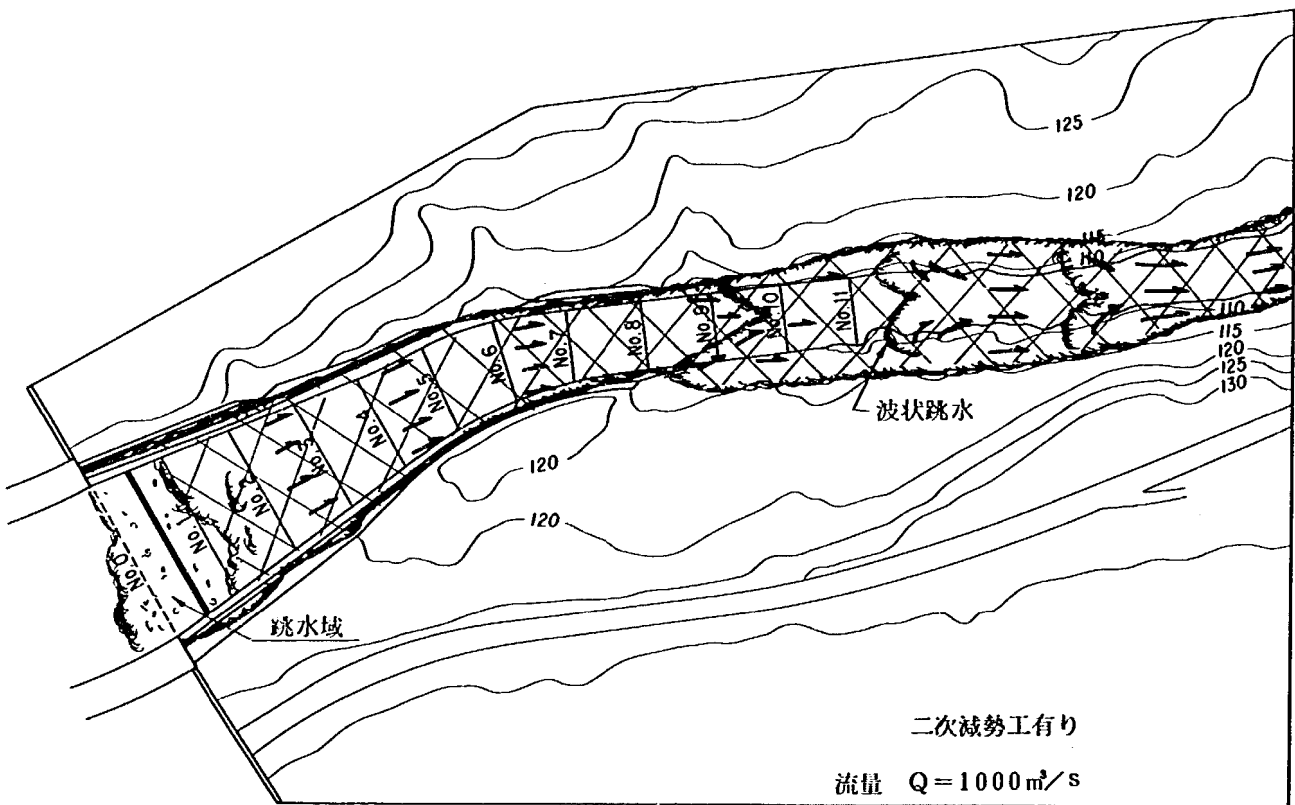
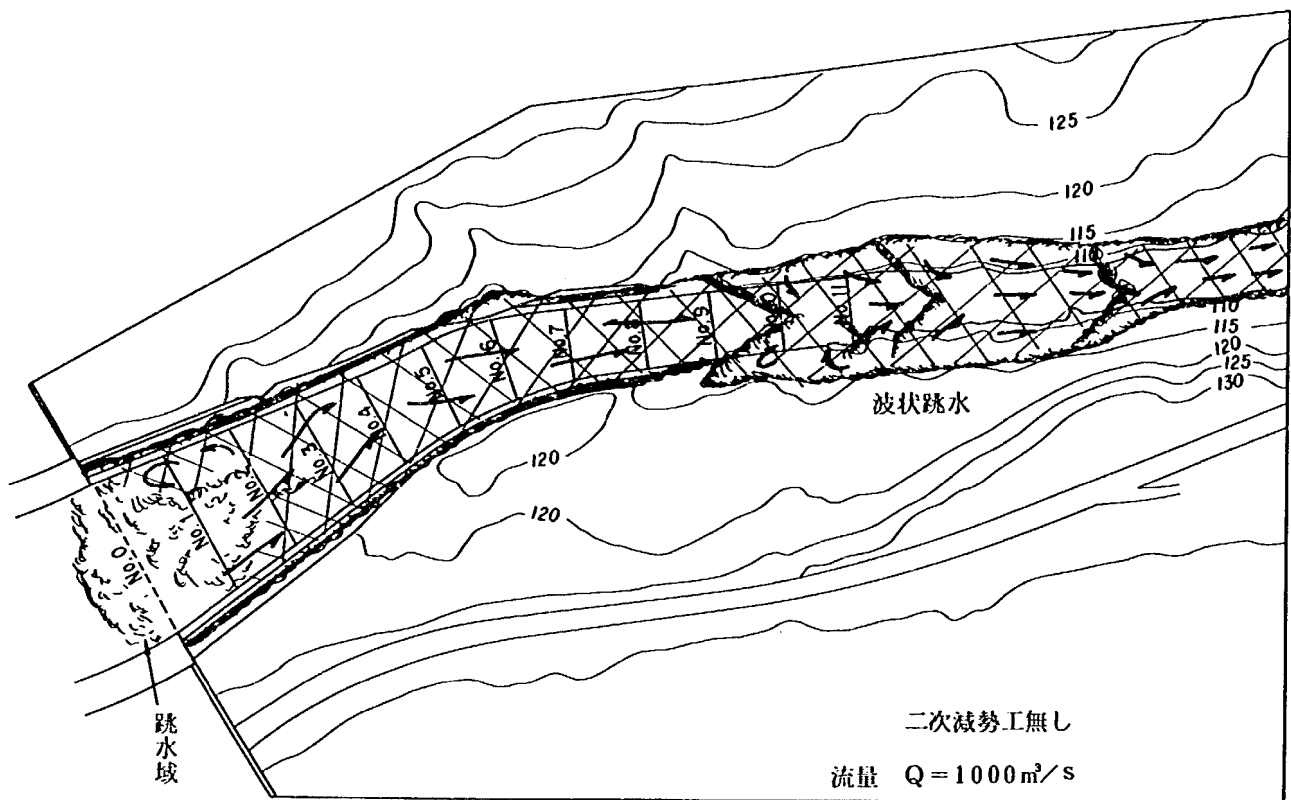
下流河道部水面形

河道資料 1



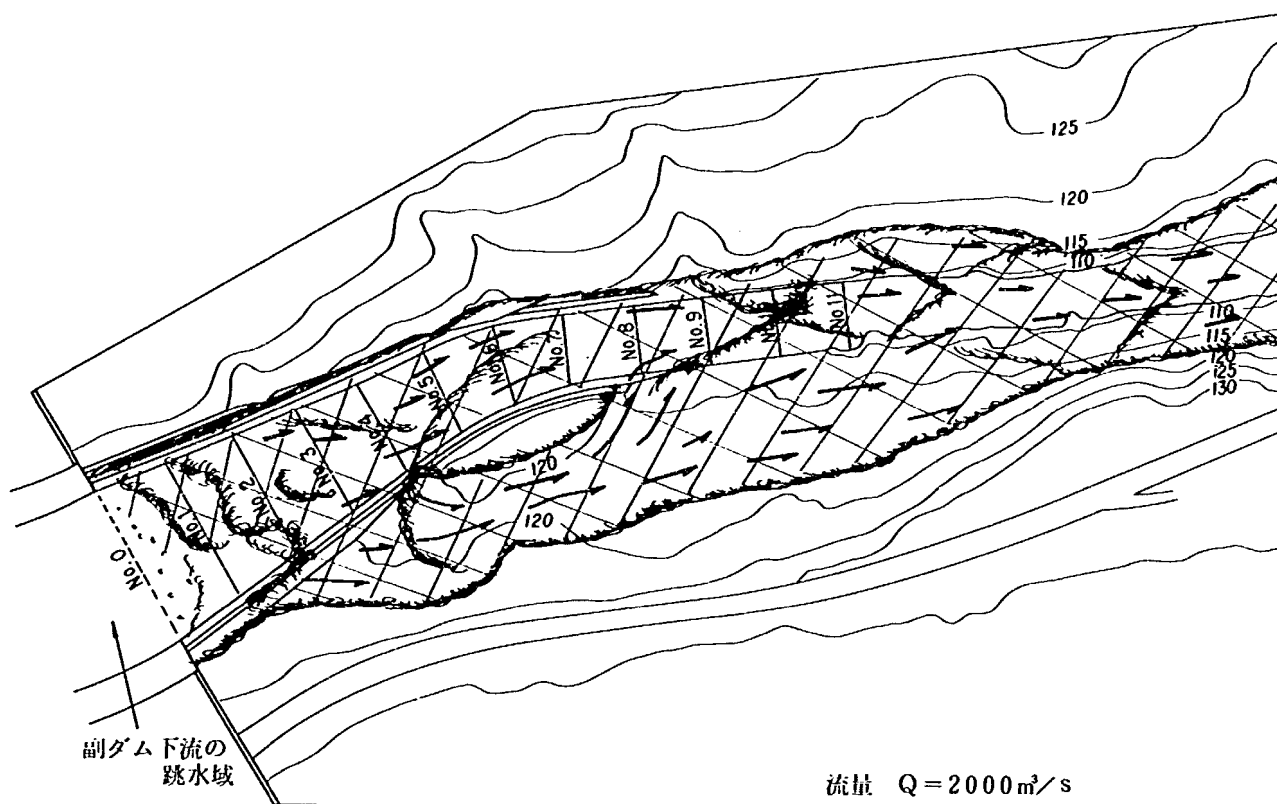
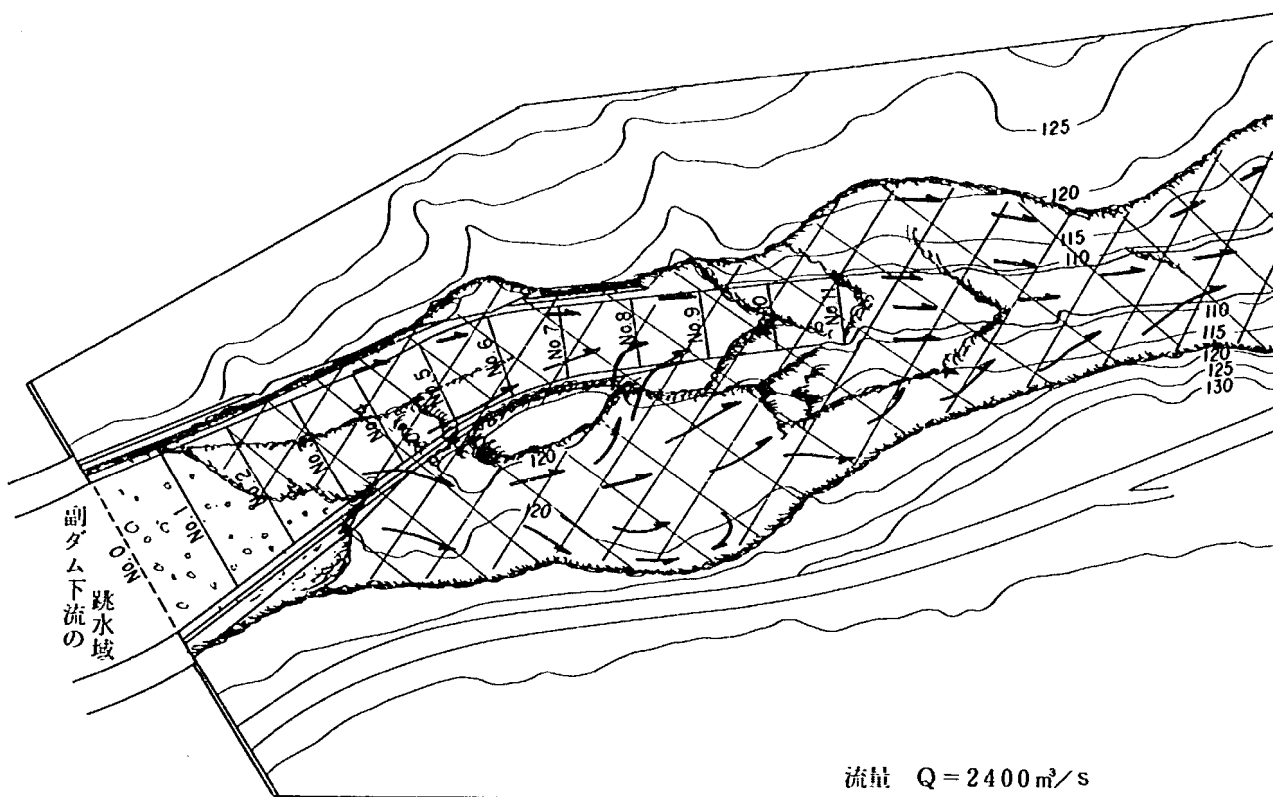
副ダム高9m (最終案)
副ダム位置45m

下流河道流況図



副ダム高 9 m (最終案)
副ダム位置 45 m (最終案)

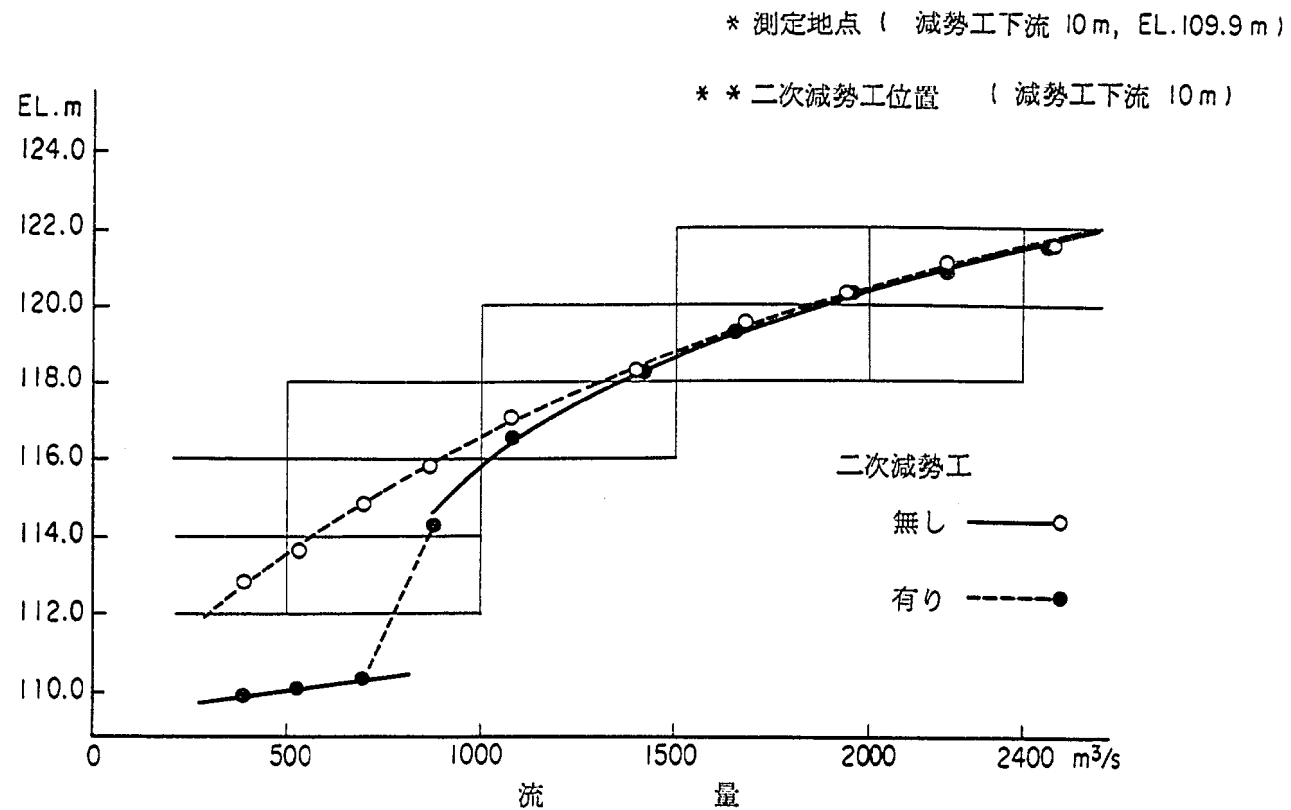
下流河道流況図



(ケース 5) 副ダム高 9m (最終案)
副ダム位置 45m

下流河道流況図

河道資料 2



下流河道水位～流量曲線

減勢工内水面形状

流 量 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 水 叩 長 $L = 55 \text{ m}$ 副ダム高 $H = 10 \text{ m}$

測 定 点 番 号	水 叩 始 端 からの距離	左 岸		中 央		右 岸	
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-3	-14.274	120.50	117.70	121.75	118.20	120.50	118.00
-2	- 4.274	121.85	117.00	121.75	117.00	122.00	117.60
-1	5.726	125.00	119.35	124.50	119.30	123.40	119.60
0	15.726	128.10	122.00	125.95	122.10	126.75	121.35
1	25.726	128.85	123.75	129.75	123.45	128.45	124.10
2	35.726	129.50	125.30	129.20	125.50	131.00	126.65
3	45.726	130.75	126.40	129.75	127.00	131.25	128.50
4	55.726	131.00	127.10	129.20	126.95	131.75	129.85
5	65.726	129.65	126.65	128.70	127.30	131.00	130.10
6	75.726	127.15	124.50	126.90	124.25	128.50	126.30
6.5	80.726	125.50	122.65	124.50	120.85	125.00	122.25

流 量 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$ 水 叩 長 $L = 55 \text{ m}$ 副ダム高 $H = 10 \text{ m}$

測 定 点 番 号	水 叩 始 端 からの距離	左 岸		中 央		右 岸	
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-3	-14.274	120.75	118.40	120.40	118.60	120.50	118.35
-2	- 4.274	120.10	117.25	119.00	116.35	118.15	116.70
-1	5.726	127.40	120.10	121.30	118.70	120.95	118.80
0	15.726	129.75	122.60	124.95	121.45	123.00	119.45
1	25.726	128.85	123.60	126.90	123.45	125.30	122.45
2	35.726	129.30	124.60	128.65	125.55	129.60	126.55
3	45.726	130.20	127.05	129.85	127.00	131.05	128.60
4	55.726	131.15	128.40	131.00	127.85	131.90	129.40
5	65.726	129.75	127.85	131.15	128.05	133.45	130.05
6	75.726	127.10	125.50	129.30	126.35	131.07	127.80
6.5	80.726	124.80	122.95	128.40	123.90	130.30	126.50

単位 EL・m

ケース 1

減勢工資料

減勢工内水面形状

流 量 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 水 叩 長 $L = 50 \text{ m}$ 副ダム高 $H = 10 \text{ m}$

測 定 点 番 号	水 叩 始 端 からの距離	左 岸		中 央		右 岸	
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-3	-14.274	120.50	118.65	120.55	117.65	120.50	117.80
-2	- 4.274	120.80	118.50	121.10	117.75	120.85	117.50
-1	5.726	123.65	120.70	122.70	119.00	122.75	119.60
0	15.726	127.50	122.80	127.75	121.25	125.40	121.50
1	25.726	128.90	124.90	127.50	123.05	128.85	124.25
2	35.726	129.70	125.70	128.05	125.70	130.40	126.80
3	45.726	130.75	126.05	129.55	126.60	130.85	128.15
4	55.726	129.85	126.60	129.30	127.30	131.40	128.85
5	65.726	127.90	126.20	128.75	127.00	130.05	128.35
6	75.726	126.70	123.00	125.75	121.75	127.55	123.40
6.5	80.726	126.10	120.90	125.30	119.65	124.50	119.70

流 量 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$ 水 叩 長 $L = 50 \text{ m}$ 副ダム高 $H = 10 \text{ m}$

測 定 点 番 号	水 叩 始 端 からの距離	左 岸		中 央		右 岸	
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-3	-14.274	120.75	118.25	119.00	118.25	120.85	118.80
-2	- 4.274	119.45	116.90	121.80	117.35	123.15	117.20
-1	5.726	122.65	119.30	122.40	118.85	122.75	118.40
0	15.726	126.00	121.70	124.90	121.40	126.55	121.05
1	25.726	127.55	123.40	130.00	124.00	127.60	124.10
2	35.726	129.70	125.60	130.15	126.25	130.05	127.00
3	45.726	130.65	126.65	131.15	127.50	133.05	129.15
4	55.726	130.80	127.40	131.35	128.80	133.40	130.35
5	65.726	129.85	126.50	130.40	128.15	132.10	130.45
6	75.726	126.85	124.50	128.40	124.55	130.00	126.25
6.5	80.726	124.00	121.40	124.25	120.90	125.60	121.70

単位 EL・m

ケース 2

減勢工資料

減勢工内水面形状

流 量 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

水 叩 長 $L = 45 \text{ m}$

副ダム高 $H = 9 \text{ m}$

測 定 点 番 号	水 叩 始 端 からの距離	左 岸		中 央		右 岸	
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-3	-1 4274	119.00	118.00	119.25	117.50	118.90	117.90
-2	- 4274	120.40	116.05	119.55	114.80	120.15	115.75
-1	5.726	123.80	118.00	122.25	117.60	124.50	118.95
0	15.726	127.00	120.85	125.30	120.70	126.90	121.85
1	25.726	128.50	122.75	128.75	123.30	131.15	124.05
2	35.726	130.25	124.85	129.65	125.35	132.90	126.80
3	45.726	131.70	126.10	130.10	126.65	132.50	128.25
4	55.726	129.80	125.70	129.30	127.10	131.10	128.80
5	65.726	128.20	124.50	128.75	125.50	129.00	126.00
6	75.726	125.65	120.25	125.60	120.35	123.90	120.25
7	80.726	125.35	120.30	125.10	121.00	125.15	120.65

流 量 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$

水 叩 長 $L = 45 \text{ m}$

副ダム高 $H = 9 \text{ m}$

測 定 点 番 号	水 叩 始 端 からの距離	左 岸		中 央		右 岸	
		最 高	平 均	最 高	平 均	最 高	平 均
-3	14274	120.00	117.60	119.75	117.45	120.25	118.80
-2	4274	121.90	116.55	118.80	117.55	122.50	116.10
-1	5.726	122.95	118.15	124.55	118.20	125.25	117.85
0	15.726	127.05	121.45	127.40	121.40	126.85	120.40
1	25.726	128.15	122.45	128.80	122.70	128.60	125.00
2	35.726	132.25	125.45	120.95	124.95	129.75	126.05
3	45.726	131.95	125.95	121.70	127.50	131.50	128.65
4	55.726	129.95	125.70	121.35	127.65	132.90	129.80
5	65.726	128.00	124.50	120.35	126.75	132.55	127.70
6	75.726	125.85	121.75	126.50	122.10	127.40	122.65
6.5	80.726	125.25	121.25	125.50	121.25	125.25	120.25

単位 EL・m

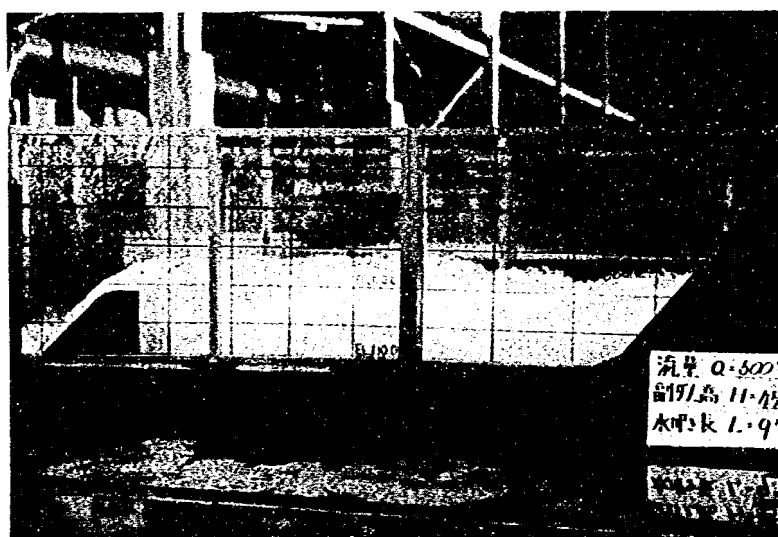
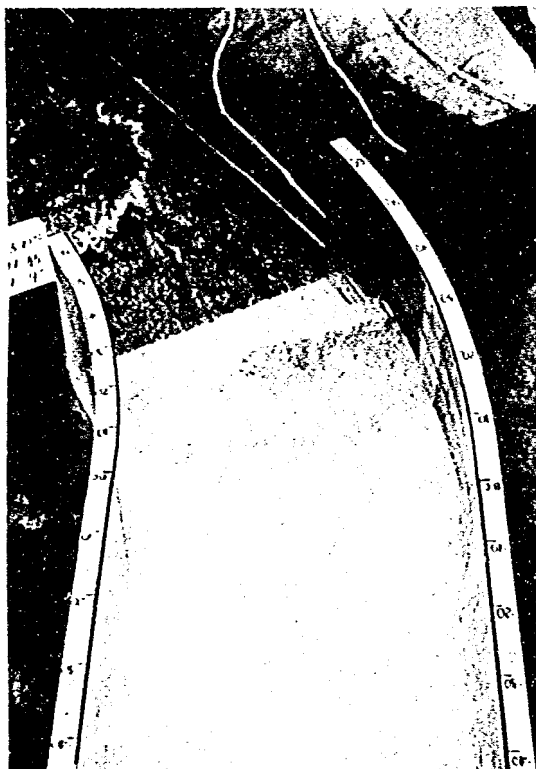
ケース 5

減勢工資料

下流河道水面形状（平均水位）

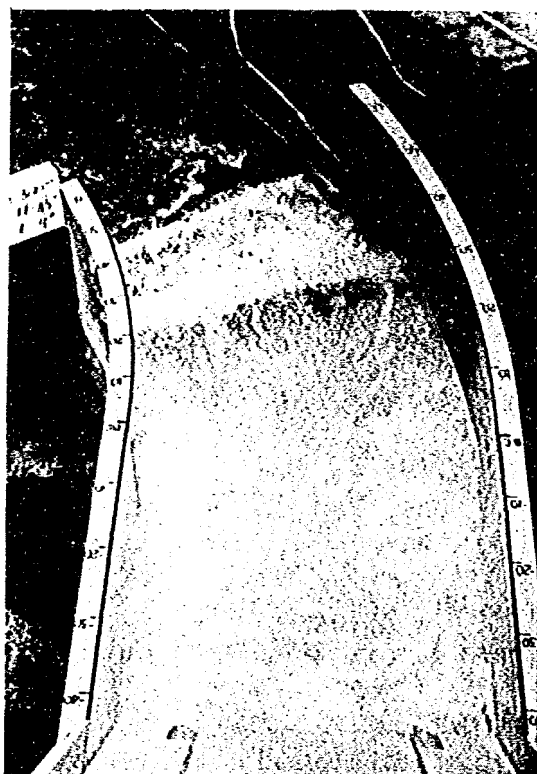
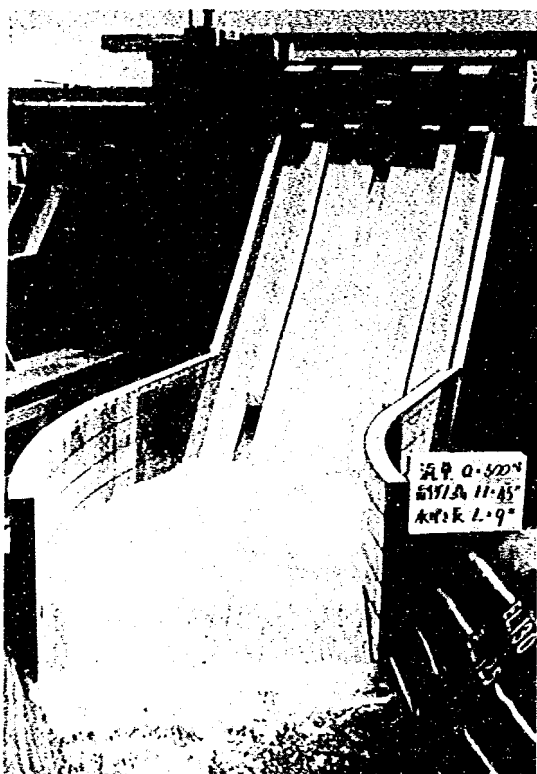
河道断面 No	減勢工終端からの距離	Q = 2400 m ³ /s					
		L=45 m H=9 m		L=50 m H=10 m		L=55 m H=10 m	
		右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸
0	0 m	E.L. 120.3 m	121.3	121.4	121.7	126.5	123.0
1	20	122.6	122.7	121.9	121.6	121.6	122.2
2	40	122.0	121.9	122.2	122.1	122.9	122.4
3	60	122.3	122.9	122.1	121.9	122.3	122.3
4	80	123.0	122.7	122.7	123.1	122.3	122.9
5	100	122.7	122.5	122.4	121.8	122.3	122.0
6	120	123.0	121.9	122.5	122.5	122.5	122.5
7	140	121.8	120.2	122.4	121.5	122.3	121.9
8	160	119.1	117.7	118.8	118.8	119.3	118.5
9	180	119.0	119.0	118.9	119.1	118.6	118.1
10	200	119.0	120.3	119.7	119.2	118.9	119.4
11	220	119.2	119.7	119.1	119.2	119.1	119.2

河道断面 No	減勢工終端からの距離	Q = 2000 m ³ /s					
		L=45 m H=9 m		L=50 m H=10 m		L=55 m H=10 m	
		右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸
0	0 m	E.L. 120.7 m	120.3	119.7	120.9	122.3	122.7
1	20	121.4	121.7	121.4	121.0	120.9	121.2
2	40	121.1	121.6	121.1	121.1	121.6	122.1
3	60	121.3	121.4	121.5	121.6	121.4	121.7
4	80	121.5	121.4	121.5	121.5	121.4	121.4
5	100	121.6	121.7	121.4	121.1	121.2	121.1
6	120	121.3	120.9	121.1	121.1	120.9	121.1
7	140	120.3	119.8	120.1	119.6	121.0	120.8
8	160	118.4	117.4	118.4	117.5	118.4	118.0
9	180	117.8	116.0	117.7	115.2	117.6	115.5
10	200	117.8	118.3	117.2	118.0	117.7	118.0
11	220	118.0	117.9	117.6	117.7	117.9	117.9



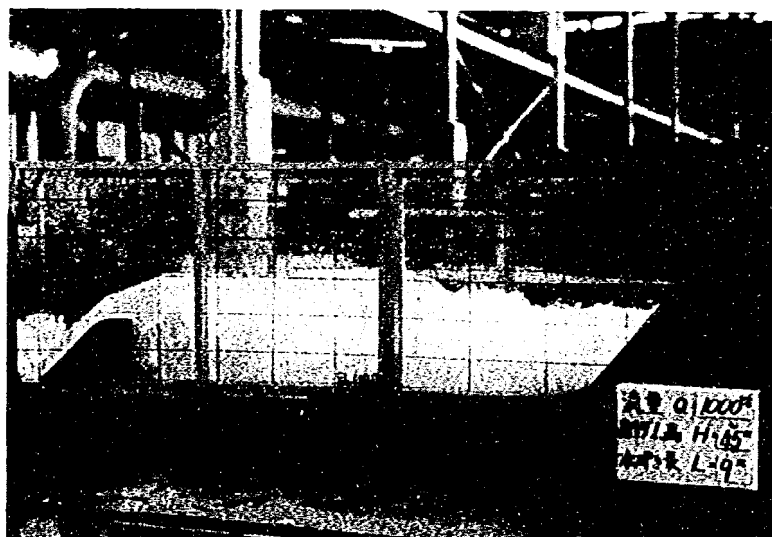
最終案による流況（二次減勢工なし） $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工資料



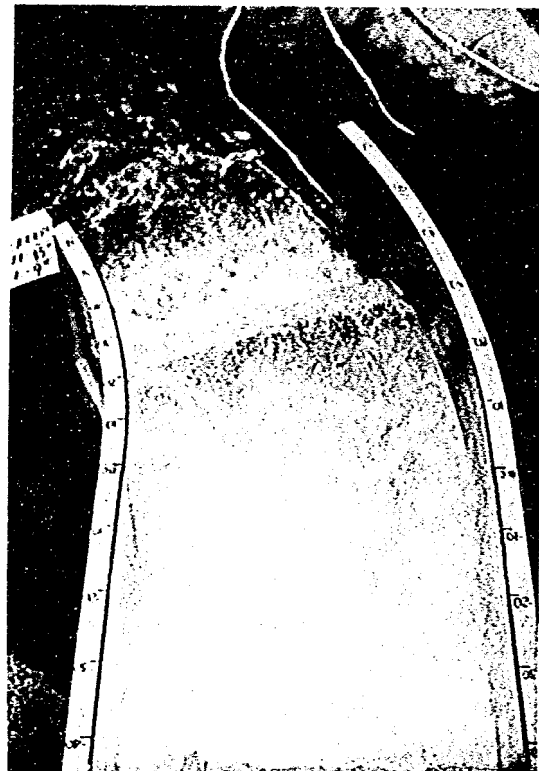
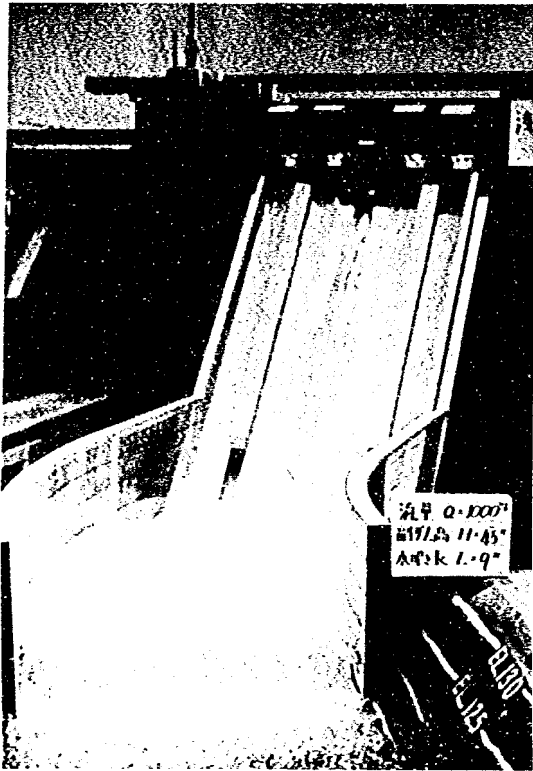
最終案による流況（二次減勢工設置） $Q = 500\text{m}^3/\text{s}$

減勢工資料



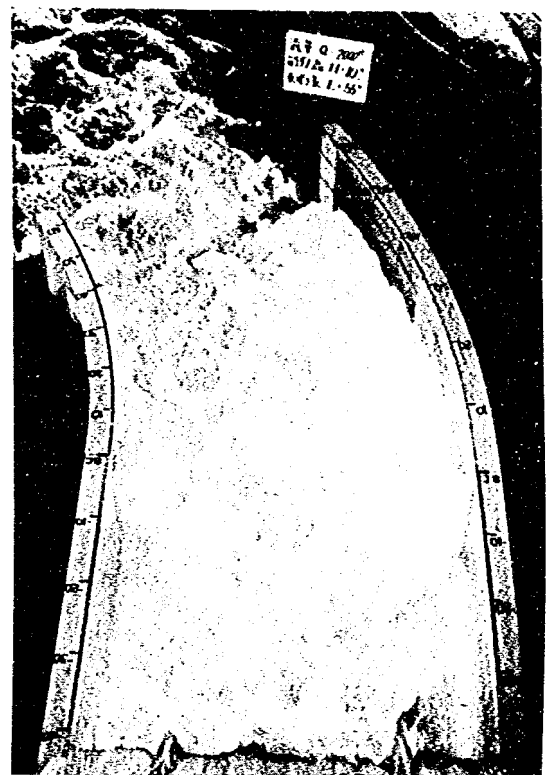
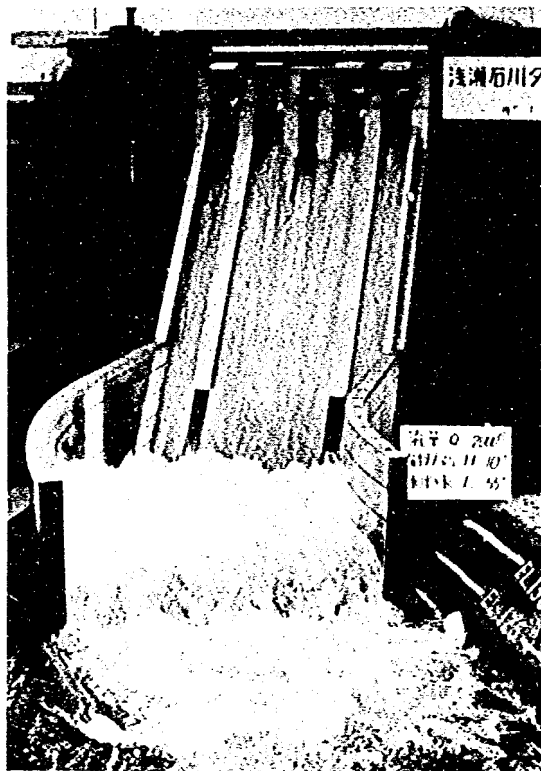
最終案による流況（二次減勢工なし） $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工資料



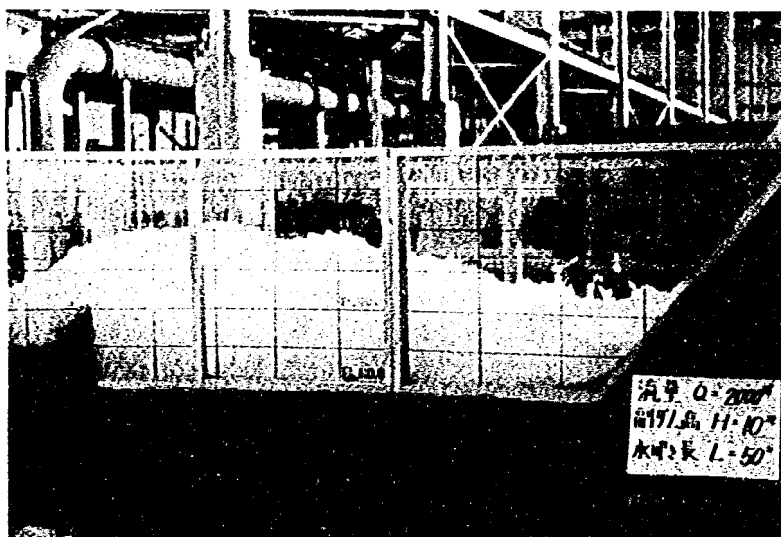
最終案による流況（二次減勢工設置） $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工資料



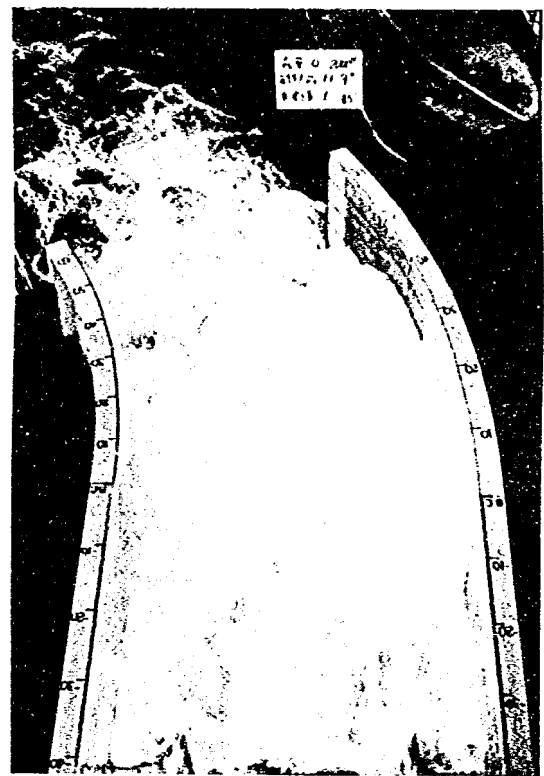
比較案による流況(ケース1) $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工資料



比較案による流況(ケース2) $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工資料



比較案による流況(ケース5) $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工資料



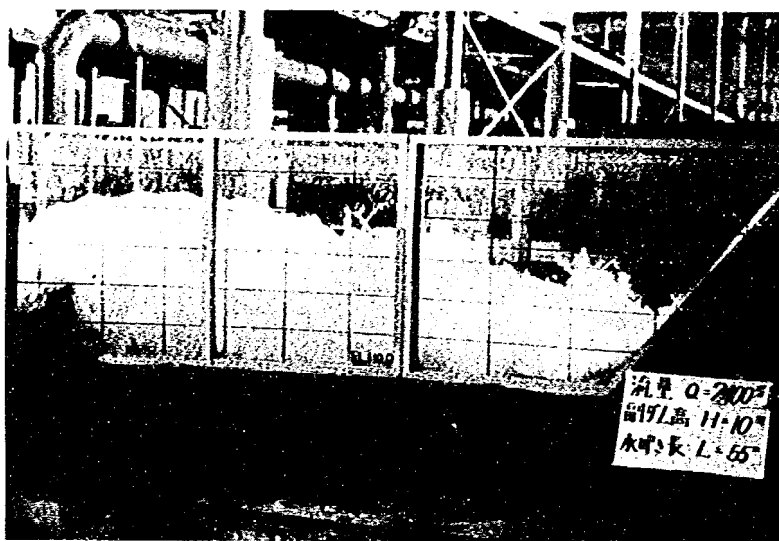
減勢工最終案による河道の流況 $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$
(二次減勢工なし)

河道資料



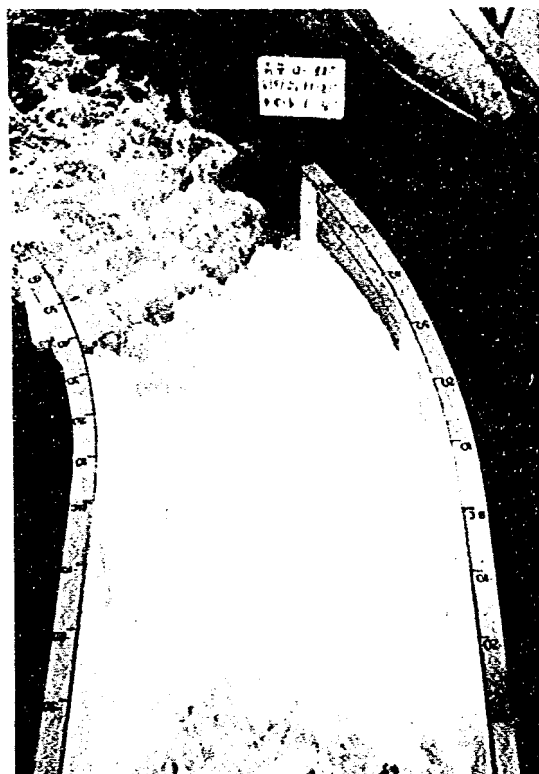
減勢工最終案による河道の流況 $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$
 (二次減勢工あり)

河道資料



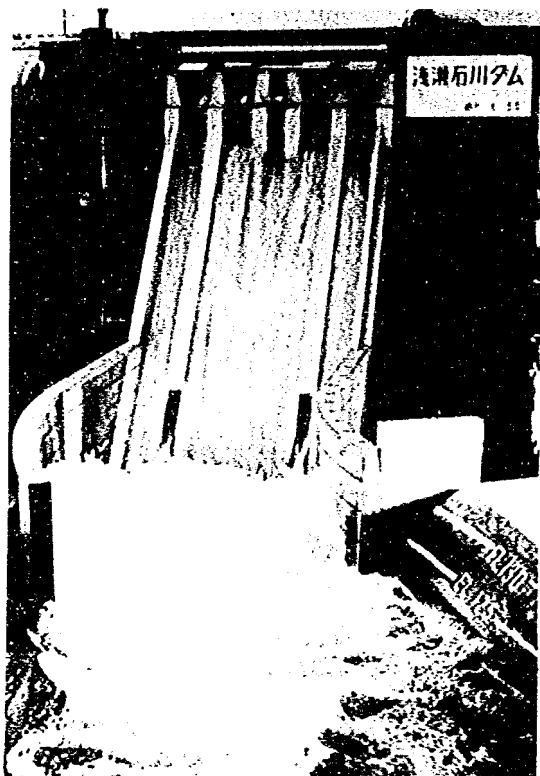
比較案による流況（ケース1） $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工資料



比較案による流況（ケース2） $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工資料



比較案による流況(ケース5) $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$

減勢工資料



減勢工最終案による河道の流況 $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$
(二次減勢工なし)

河道資料



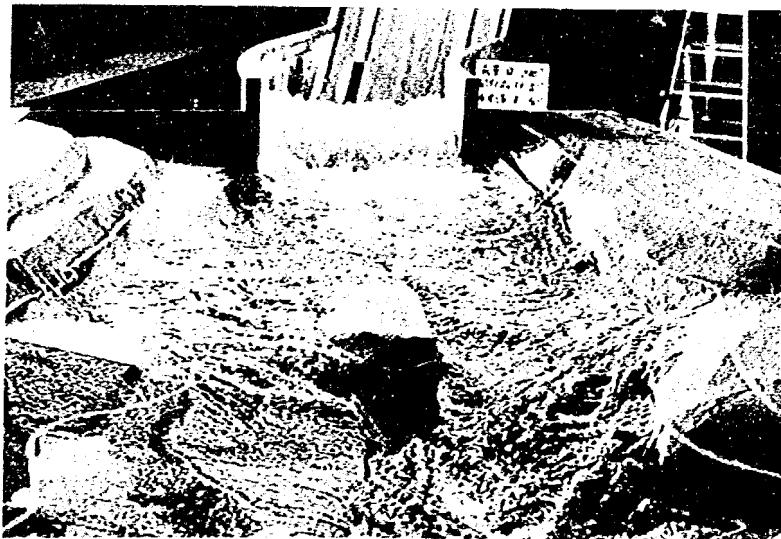
減勢工最終案による河道の流況 $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$
(二次減勢工あり)

河道資料



減勢工比較案による河道の流況 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$
(ケース 1)

河道資料



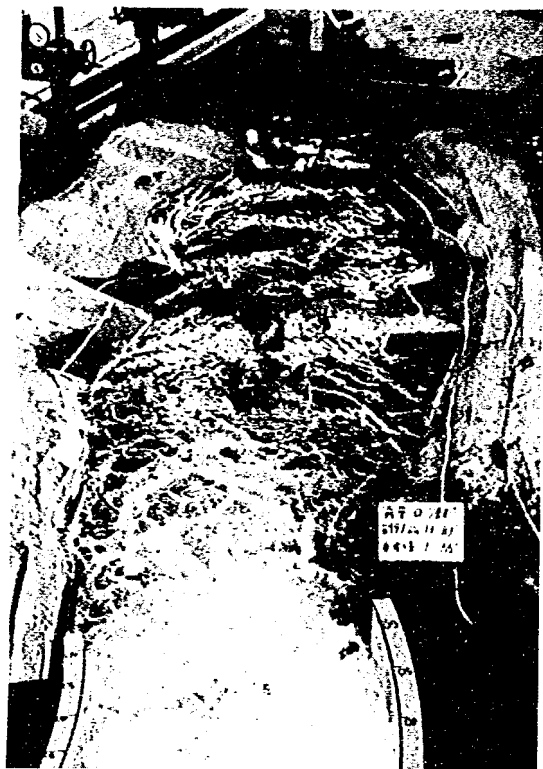
減勢工比較案による河道の流況 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$
(ケース 2)

河道資料



減勢工最終案による河道の流況 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$
(ケース 5)

河道資料



減勢工比較案による河道の流況 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$
(ケース 1)

河道資料



減勢工比較案による河道の流況 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$
(ケース 2)

河道資料



減勢工最終案による河道の流況 $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$
(ケース 5)

河道資料

浅瀬石川ダム洪水吐
水理模型実験報告書

ISSN 0386-5878
土研資料第 1585 号
昭和 55 年 3 月(1980 年)

建設省土木研究所ダム水工研究室

キーワード

要 旨

浅瀬石川ダム洪水吐の水理機能



郵便はがき

20円切手
をはいて
下さい

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所
ダム水工研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 1585 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

