四十四田ダム水理模型実験報告書

昭和40年3月

土木資料
//

建設省土木研究所

目　　次

まえがき

第1章　余水吐設計の概要 …… 1

第2章　実験概要および模型 …… 2

1. 実験概要 …… 2
2. 模型製作 …… 2
3. 諸量の測定方法 …… 3

第3章　孔口型余水吐設計計算 …… 4

1. 概　　説 …… 4
2. 設計条件 …… 6
3. 孔口部設計 …… 6
4. 堤頂越流部設計 …… 12

第4章　最終設計案 …… 20

1. 堤頂越流部 …… 20
2. 孔　口　部 …… 20
3. 減　勢　工 …… 21

第5章　余水吐流量の検討 …… 21

1. 堤頂越流部の貯水位と流量の関係測定 …… 21
2. 孔口部の貯水位と流量の関係測定 …… 23
3. 堤頂越流部および孔口部の貯水位と流量の関係 …… 25

第6章　越流面形状、孔口内部形状および越流部導流壁高
の調査 …… 26
1. 堤頂越流面圧力の測定 …… 26
2. 孔口内部および下流底面圧力の測定 …… 28
3. 越流水面形の測定 …… 28

第7章　減勢工に関する調査 …… 30
1. 原案減勢工に関する調査 …… 30
2. 最終案減勢工に関する調査 …… 35

第8章　結　　論 …… 45
1. 余水吐放流能力についての調査結果 …… 45
2. 余水吐越流面形状、孔口内部形状および越流部の
導流壁高についての調査結果 …… 45
3. 減勢工に関する調査結果 …… 46

あ　と　が　き …… 48

まえがき

本報告書は東北地方建設局四十四田ダム工事事務所からの依頼により、土木研究所で実施された四十四田ダム余水吐の水理模型実験に関するものである。

第1章　余水吐設計の概要

四十四田ダムは北上川総合開発五大ダムの一つとして計画された多目的ダムであり、盛岡市内北方、厨川と松屋敷をつなぐ地点に建設される。その水利用計画は表－1に示される。

表－1　　貯水池利用計画

ダム型式	コンクリート重力式	有効容量	36,900,000 m^3
ダム天端高	EL. 175.00 m	洪水調節容量	35,500,000 m^3
推定堆砂面積高	EL. 158.00 m	余水吐設計流量	2,000 m^3/sec
夏期制限水位	EL. 159.00 m	異常高水流量	2,500 m^3/sec
常時満水位	EL. 170.00 m	調節対象洪水流量	1,350 m^3/sec
サーチャージ水位	EL. 171.00 m	計画最大放流量	700 m^3/sec
総貯水量	48,500,000 m^3		

上表の洪水調節計画を満足させる余水吐型式として、当初越流型余水吐が計画されたが、利用水深の大きさ、ゲート誤操作の危険性および経済性から、余水吐型式を変更するのが有利であると判断された。そこで、後述の第3章の孔口型余水吐設計計算に示すような孔口型余水吐を土木研究所で検討し、これを実施案として水理模型実験を行なうこととなつた。

第2章　実験概要および模型

1. 実験概要

本実験は四十四田ダム余水吐の原設計案および実験の進行にともなつて検討修正された改良設計案に対して余水吐模型を製作し、それぞれについて水理機能を検証し、最も合理的な余水吐形状を決定することを目的とする。

実験の概要は次のとおりである。

(1) 堤頂越流部および孔口部流量調査

(2) 越流面形状および導流壁高の検討

(3) 減勢工の検討

また、主な実験項目は次のようなものである。

(1) 越流部貯水位 —— 流量関係の測定

(2) 孔口部貯水位 —— 流量関係の測定

(3) 堤頂越流面圧力の測定

(4) 孔口部下流底面圧力の測定

(5) 越流水面形の測定

(6) 減勢工に関する調査

2. 模型製作

本実験用模型は、ダム全体および下流河川の一部をとり入れた全体模型と、孔口部についての精度を上げるために孔口部1門だけをとり入れた大型の部分模型の2種について、建設省土木研究所篠崎分室ダム水理研究室の実験場に製作したもので、その概要は次のとおりである。

まず全体模型について述べると縮尺は、縦横ともに1/40でダム上流貯水池内の地形は省略した。下流部分は、ダム軸より約300mの区間で、標高EL. 150mまでの区域を取り入れ、模型水路下流端に水位調節装置を設けた。

堤体の部分は、整流槽締切用鉄骨を主体に木材で作り、橋脚、橋台、ゲートなどは、設計寸法にしたがつて、木材鉋仕上げとし、特に孔口部などは上質の檜材を使用した。

水叩きの部分は、改造の便を考えて木製とし、これに続く下流の河床

は、周囲を木材で囲み、モルタル破片、砂利、砂などを中詰にして、表面をモルタル刷毛引き仕上げで製作した。

部分模型の縮尺は縦横とも1/25で、孔口部1門のみとし、左右の橋脚およびそれに接続する左右のダム本体を約2mとり入れ、孔口部の下流底面は孔口の出口から始まる底面曲線の終端（DC3 0.612m）までとした。材料は上質の檜材を使用し、鉋仕上げの上、ビニール塗料を塗付した。

模型の実物に対する相似関係はフルードの法則にしたがうものとして扱い、以下本報告で取り扱う数値は、すべて次表によつて実物に換算したものである。

表－2　模型諸量の実物に対する縮率

諸　元	次　元	縮　率	全体模型縮率	部分模型縮率
長さ、水深	L	N	1：40	1：25
時　間	T	$N^{\frac{1}{2}}$	1：6.325	1：5
流　速	LT^{-1}	$N^{\frac{1}{2}}$	1：6.325	1：5
流　量	L^3T^{-1}	$N^{\frac{2}{5}}$	1：10.1193	1：31.25
越流係数		1	1：1	1：1

3. 諸量の測定方法

水位および水深の測定は、1/10㎜読みのポイントゲージを使用して行なわれ、圧力の測定は、1.5㎜の開孔部を有する外径7㎜の真鍮管をビニール管で目盛付ガラス管に連結し、その水頭高を測定する方法をとつた。

流量は、模型の下流にある鋭縁矩形堰の越流深を測定し沖公式（水理公式集）によつて算出した。

第３章　孔口型余水吐設計計算

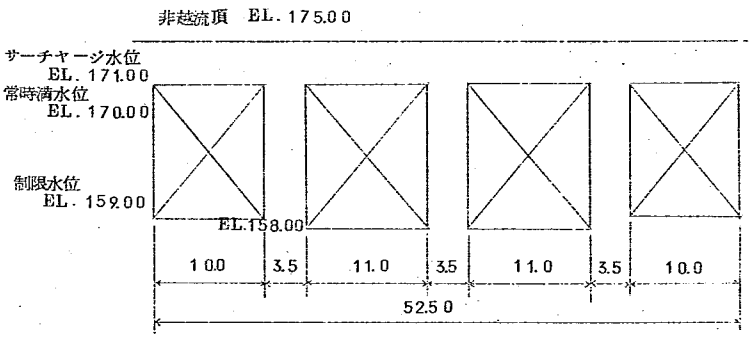
1.　概　　説

四十四田ダム余水吐の形状については、次の諸条件を満足しうるものとして、当初図－１に示す越流型余水吐が設計された。

(1)　余水吐の総巾は、地形的条件から現河川巾５０ｍを大きくこえないものとし、かつ計画放流を行なえるようにゲート数高を決定する。

(2)　制限水位維持のため、夏期制限水位ＥＬ．１５９.００　ｍに数高を合わせたゲートを設ける。

(3)　減勢処理を容易にするため、余水吐は左右対称に配置し、しかも、できるだけ水叩き内に不均等な流れを生じないよう各ゲート数高に大きな差をつけない。



図－１　越流型余水吐

このようにして選定された越流型余水吐の利害得失を列記すると次のとうりである。

(1)　無害流量（４００m^3/ｓｅｃ）まではゲートを開扉状態に維持できるから管理上有利である。

(2)　中央と両端の越流頂の標高差が小さい（１ｍ）から、水叩き内で横

断方向の水位差を生じるおそれが少なく、減勢処理上好ましい。

(3) 計画放流の初期には自然調節が行なわれ、余分な利用水深を必要とする。

(4) 計画高水位EL．171.00m で約3,800 m^3/s （余水吐設計流量2,000 m^3/s の2倍弱）の放流が可能であるが、ゲートの誤操作によつて過大な流量を流す危険性がある。

(5) ゲート寸法が大きく、不経済である。

(6) 無害流量以上の放流を行なう場合、ゲート数が多いから調節操作が複雑になる。

これらの欠点を是正し、しかも設計必要条件を満足する放流設備として孔口型放水工の設置を検討することとした。

孔口型余水吐の一般的な特色は次のとうりである。

長　所：

(1) 越流型余水吐にくらべ、比較的深い位置に設置されるから、調節利用水深を大きくとることができ、貯水池を有効に使用することができる。また、調節に多様性をもたせうるから、予備放流など、将来の貯水池使用計画の変更に対処することができる。

(2) 管路長が極端に短かいから流量損失は少なく、彎曲管部を必要とせず、比較的低水頭で操作されるから、空洞現象を発生するおそれも少ない。

(3) 低水頭操作の孔口では、放水管のように高圧ゲートとする必要はなく、工費が低廉である。

(4) 推定堆砂面以下に設けた大口径の孔口は、排砂門としての効果を合せもたせることができる。

短　所：

(1) 呑口上の水のかぶりが余り浅いと、孔口内流況が不安定になり、流量が変動しやすいから、呑口数を調節開始水位から、ある一定の深さの位置に選定しなければならない。

(2) 管路であるため、貯水頭の増加の割に放流量の増加率が小さく、一般に、洪水吐を別に設置する必要がある。

(3) 洪水吐と同じ断面内に設けることができないから、余水吐の配置に制約を受けることが多い。

(4) 放出流は集中して減勢池に流入するため、減勢処理が困難となる。

2. 設計条件

本ダムの孔口放水工の設計に当つては、地形、堤体構造、施工、貯水池機能、減勢処理の諸条件および洪水吐との相対的地置を考慮して、次の設計条件を満足させるものとする。すなわち、

(1) 洪水調節は孔口余水吐のみで行なうこととし、計画放流曲線から次の流量条件が設定される。

貯水位	必要放流量
EL．159.00m（夏期制限水位）	400m³/s
EL．165.00m（ピーク時水位）	700

（註．ピーク時水位は原設計案当時はEL．168.80m を採用していたが、改良に際しての検討の結果、上記の値を採用することとした。）

(2) 孔口数は、計画放流量の大きさ、ゲート寸法、減勢の難易および余水吐巾を考えて、2条とする。

(3) 孔口出口敷高は、堤内仮排水路標高および管路流となるための必要貯水頭を考慮して、EL．150.00mとする。

一方、非常用余水吐を堤頂部に設けるが、その径間数は必要放水量およびゲートの経済寸法を考えて3門とする。その容量は、計画満水位EL．171.00m で、孔口余水吐の放流量と合せて3,000m³/s を放流しうるように設計する。また、越流頂標高は制限水位EL．159.00 m として、制限水位の維持を容易にする。

3. 孔口部設計

孔口部の設計案は、当初設計された原案が実験の結果好ましくないことがわかつたため修正設計を行ない、改良案を採用することとした。

改良の要点は

1）原設計案においては、孔口部下流底面形状に三次曲線が採用されて

いたが、実験の結果、許容負圧（－3m 水頭）以上の大きな負圧を生ずる点があるので、これをとりやめ2次曲線を採用することとする。

ii） 孔口部から流出する水脈の厚さが厚いために減勢上不利な点が多いので、これを軽減するため孔口部の巾（原案4.5m）を1m拡げて高さを低くする。

以下に改良設計案の設計計算を示す。なお、必要に応じて各項目ごとに原設計案についても説明を加えることとした。

1） 断面の選定

孔口部の位置の選定に当つては、一般に操作水頭内で常に管路流況を示すように呑口の標高を定めることが望ましい。すなわち、孔口内の流況はごく低水頭時には開水路流況を示し、水位の上昇とともに遷移流況から管路状態に移る。遷移流領域では、流量が不安定に変動したり、管上面から水脈が剥離して管内圧力の低下を生じるなど、水理的に好ましくない現象を生じる。土木研究所で行なつた目屋ダムの孔口部に関する実験資料から、貯水頭と各流況の間には次の関係が得られた。

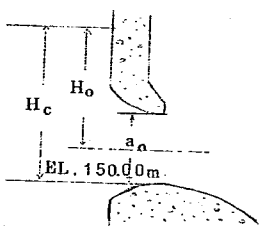
$H_c/a_0 < 1.28$ 開水路流

$1.28 < H_c/a_0 < 1.80$ 遷移流

$H_c/a_0 > 1.80$ 管路流

（記号は図－2参照）

図－2



原案では孔口部出口高さ a_0 を5mとし、（制限水位EL.159.0mでは $H_c = 9.0$m、したがつて $H_c/a_0 = 1.8$ となり管路流況を示すと考えられる）前述の流量条件から巾 $b = 4.5$mとしたが、改良案では水脈の厚さを減ずるため、巾 b を現地で採用し得る最大値5.5mに拡げて高さ a_0 を低くすることとした。

必要放流量の条件として、まずEL.165.0mで700m³/sを放流するという条件について考慮すること

$H_c = 165 - 150 = 15\ (m)$

いま、$a_0 = 5$ m と仮定すると

$A = a_0 \times b = 5 \times 5.5 = 27.5\ (m^2)$

$H_c / a_0 = 3.0$

目屋ダムの孔口部に関する実験結果から求められた貯水位――流量係数関係（図－３）によれば、$H_c/a_0 = 3.0$ に対する流量係数 C_0 の値は 0.96 である。

したがつて、２門による流量Ｑは

$$Q = 2 \times C_0 A \sqrt{2gH_0} = 2 \times 0.96 \times 27.5 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (15-2.5)}$$

$$= 826.4\ (m^3/s)$$

これは必要とする 700 m^3/s の放流能力を充分に満足するが、20% 近く余裕があり不経済である。

そこで、$a_0 = 4.5$m と仮定を改めて計算を行なうこととする。

$H_c / a_0 = 3.33$, $C_0 = 0.97$

$$\therefore Q = 2 \times C_0 A \sqrt{2gH_0} = 2 \times 0.97 \times 24.75 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (15-2.25)}$$

$$= 759.0\ (m^3/s)$$

これで条件を満足する。

この値は夏期制限水位時 EL．159.00m で、400 m^3/s 放流するという条件も満足することを計算によつて確認した。

各計画貯水位での孔口部の放流能力の計算結果を次表に示す。

表－３　孔口部放流量推定値

貯水位		貯水頭	C_0	放流量
EL. 159.00m	夏期制限水位	6.75 m	0.89	506.7 m^3/s
165.00	洪水ピーク時水位	12.75	0.97	759.0
171.00	計画高水位	18.75	0.97	920.5
173.60	異常高水位 ※	21.35	0.97	982.2

※この水位は非越流部標高 EL．175.00m から、風浪高 0.9m および余裕高 0.5 m を引いた水位であり、異常洪水時の許容最高貯水位を示す。

2) 孔口部下流底面形状

孔口の出口から下流の導水路底面曲線の基本的形状としては、孔口噴出流の自由流線の落下軌道である2次曲線をとるのが、最も合理的であるが、一般にこの曲線を採用すると堤体下流面に収まらなくなる。したがつて、堤体下流面に接するように、孔口の軸線を水平に対して傾斜させる方法がとられる。しかし、下流面との接点が非常に低くなり、施工上好ましくないから、実際の流れでは水路底面の摩擦抵抗が働らくことを考慮し、操作水頭が比較的低い場合には任意の高次曲線を越流面形状に採用する。

上記の考慮を払つた上で原案において採用された孔口部下流底面曲線は、孔口出口断面（ダム軸より3m下流）、およびEL150.0mを基準点とする下記の3次曲線であつた。

$$Y = 0.000\,383\,9X^3 + 0.011\,377X^2$$

しかしながら、実験の結果、上記の曲線形状を採用した孔口部下流底面には、許容値（−3m水頭）以上の負圧発生点が生じたので不適当であることがわかつた。

そこで、改良設計案としては上記の3次曲線を廃止して、2次曲線を採用することとし、前に述べた2次曲線を採用することによる不都合な点は他の方法で処理することとした。

2次曲線の式を次式で表わす。

$$Y = AX^2 \qquad (1)$$

この曲線が堤体下流面に接するという条件よりAを定める。

堤体下流面直線の式は、基準点を原案と同一にとれば、

$$Y = \frac{1}{0.8}X - 18.150 \qquad (2)$$

(2)式を(1)式に代入すると、

$$AX^2 - 1.25X + 18.150 = 0 \qquad (3)$$

(1)式が(2)式に接するためには、(3)式が等根を持てばよい。

したがつて

$$1.25^2 - 4 \times 18.150 \times A = 0$$

$\therefore A = 0.021522$

また、接点の座標は

$X_1 = 29.043$、$Y_1 = 18.154$

したがつて、求める二次曲線は

$$Y = 0.021522X^2 \qquad (4)$$

となる。

しかしながら、前に述べたように上式と堤体下流面直線との接点は、原案の堤体下流面内には収まらない。そこで、X＝20m まで上式の曲線を用い、そのあとは適当な直線部を挿入して、バケット・カーブに接続することにする。

X＝20m の点の勾配は、

$$\frac{dY}{dX}_{(X=29)} = 0.043042 \times 20 = 0.8608 = \frac{1}{1.1617}$$

したがつて、直線部の勾配は1：1.1617とし、この直線と水叩き底面（EL.130.0m）とを半径20m の円弧で接続するように設計する。

次に、この越流面上の各点の圧力計算を行なう。

底面圧力は次式で求められる。

$$\frac{P_b}{w} = h\cos\theta - \frac{h(2R-h)}{R^2} \cdot \frac{v^2}{2g} \qquad (5)$$

ここで、P_b/w ：底面圧力水頭（m）

h ：平均水深（$= Q/v_b$）（m）

R ：曲率半径（m）

$$R = \frac{\left\{1 + \left(\frac{dY}{dX}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2Y}{dX^2}}$$

v ：平均流速（$=0.9\sqrt{2gH}$）（m／s）

H：貯水面と計算断面との標高差（m）

計画高水位EL．171.00m で、孔口を全開操作した場合の底面圧力の計算結果を表－4に示す。

最底圧力は、曲線の始端において発生し、その値は－1.47m程度であり、許容負圧－3.0m 以内と考えられる。

3) 孔口管路部の形状

改良案については、孔口管路部の出口断面を堤体上流面より4.75m（原案は5.0m）下流に選ぶ。孔口はベルマウス楕円曲線で形成され、楕円の長軸は管軸に平行（水平）にとる。

楕円曲線の式は次式を採用する。

$$\frac{X^2}{a_0^2}+\frac{Y^2}{(a_0/4)^2}=1$$

上式については適当な隅取円弧を付けた場合、25mまでの操作水頭に対して、空洞現象に対する安全性が実験により確認されている。

ここで、a_0として、側面および下面に対しては、$a_0=4.75m$、上面に対しては$a_0=6.0m$とする。（原案では全て$a_0=5.0m$）上面については、堤体上流面に楕円が接するようにすると、堤体上流面と孔口出口との距離が4.75m であるから、出口における楕円曲線の接線は、水平とはならず傾斜をもつことになる。

これは孔口部下流底面形状に採用した2次曲線部の始端に生ずる負圧を軽減するためである。

なお、呑口部形状の計算値を表－5に示す。

隅取円弧は矩形管の隅角部に発生しやすい空洞現象を防止するために必要であるが、出口に円弧部を設けると下流の開水路矩形断面との間に不連続面が形成されるから、ゲート半開時に、拡がった噴出流によつて側壁ぞいに異常な水面隆起を生じることがあるから好ましくない。

したがつて、本設計では目屋ダムの孔口設計例を参考にして、呑口でその矩形断面積の4％に当る隅取り面積をもつ円弧半径を与え、ベルマウス下流端で半径を0とし、その間は直線的に半径を変化さ

せることにした。

この設計法の良否については、勿論、水理実験による検討を必要とする。ベルマウス各断面の隅取半径の大きさを表－５に併記する。

4. 堤頂越流部設計

本計画では、異常洪水流量は、アースダムとして２００年確率洪水流量の２５%増の2,５００m^3/s とされたが、既往水文資料の信頼度、集水面積の大きさおよび下流に大都市を控えていることなどから、さらに安全度を高めるために3,０００m^3/s 程度の放流能力は必要であろう。いま、孔口余水吐の放流能力は、計画高水位ＥＬ．１７１.００mで920m^3/s であるから、堤頂越流部余水吐の必要放流量は約2,０００m^3/s となる。

なお、堤頂越流部設計計算は原設計案について行なつたほか、堤頂越流部の上流部を改造した最終設計案についても検証のために計算を行なつた。それらを以下に示す。

1) 設計水頭の決定

堤頂越流部の径間数は３門とし、まず、基本三角形に収まるランドルフ越流曲線の設計水頭Hd を計算する。

越流頂の標高はＥＬ．１５９.００m とする。ランドルフ曲線は、

$$Y = \frac{0.53}{Hd^{0.8}} X^{1.8} \qquad (6)$$

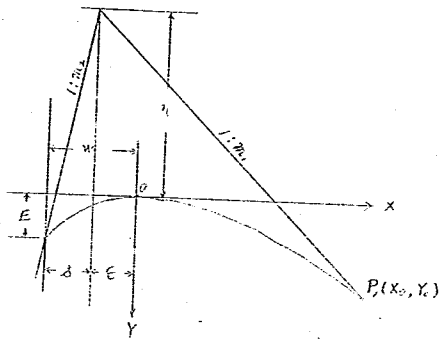
で与えられ、この曲線が堤体下流面に接し、かつ堤体上流面と越流面曲線の上流端が一致するようにHd を決定する。クレストを原点とするＸ－Ｙ座標で、堤体下流面との接点をP_1（X_0、Y_0） とすると、

$$\left(\frac{dY}{dX}\right)_{\substack{X=X_0 \\ Y=Y_0}} = \frac{1.8\times0.53}{Hd^{0.8}} X_0^{0.8} = \frac{1}{m_1}$$

$$X_0 = \left(\frac{1}{1.8\times0.53}\right)^{\frac{1}{0.8}} \left(\frac{1}{m_1}\right)^{\frac{1}{0.8}} Hd$$

$$= 1.0\,6\,6\,3\,\left(\frac{1}{m_1}\right)^{1.25} Hd$$

$$Y_0 = \frac{X_0}{1.8\,m_1} = 0.5\,8\,9\,2\,4\,\left(\frac{1}{m_1}\right)^{2.25} Hd$$



図－4

しかるに、堤体上流面上に越流面曲線が一致することから、次式が成立する。

$$s = (\eta + E)\,m_2 \qquad (7)$$

また、

$$\begin{cases} \varepsilon = (\eta + Y_0)\,m_1 - X_0 \\ s = W - \varepsilon \\ W = 0.2\,8\,7\,Hd \\ E = 0.1\,3\,1\,Hd \end{cases}$$

であるから、

$$W - \varepsilon = (\eta + E)\,m_2 \qquad (8)$$

ε を上で求めた X_0、Y_0 を代入して計算すると、

$$\varepsilon = (\eta + Y_0)\,m_1 - X_0 = \eta\,m_1 - 0.4\,7\,1\,3\,9\,\left(\frac{1}{m_1}\right)^{1.25} Hd$$

したがつて、(8)式は次のようになる。

$$0.287 H_d + 0.471\,39 m_1^{-1.25} H_d - \eta m_1 = (\eta + 0.131 H_d) m_2$$

よつて、

$$(0.287 + 0.471\,39 m_1^{-1.25} - 0.131 m_2) H_d = \eta (m_1 + m_2)$$

$$\therefore H_d = \frac{\eta (m_1 + m_2)}{0.287 + 0.471\,39 m_1^{-1.25} - 0.131 m_2} \qquad (9)$$

いま、 $\eta = 171.90 - 159.00 = 12.90$(m)

$m_1 = 0.8$、 $m_2 = 0.06$

であるから、これを代入して H_d を計算すると、

$H_d = 12.298\,m \fallingdotseq 12.30$(m)

となる。

2) 越流量の計算

土木研究所で行なつた標準型越流部に関する測定資料の解析結果にもとづいて、設計水頭 H_d に等しい越流深に対する越流係数 C_d は次式で求められる。

$$C_d = 2.225 \left(1 - K_d \frac{n' H_d}{B'}\right) \qquad (10)$$

$$K_d = -0.150 - 0.00275 \frac{B}{H_d} + 0.0887 \frac{b}{H_d} + 0.196 \frac{B}{B+b} \qquad (11)$$

設計越流量 Q_d は次式で表わされる。

$$Q_d = C_d B' H_d^{3/2} \qquad (12)$$

上式中、 B ：越流部1径間の巾（m）

b ：橋脚巾（m）

n ：径間数

B' ：純越流総長（$= nB$）（m）

n' ：端収縮の数（$= 2n + 3$）

K_d ：設計水頭時の端収縮係数

である。

いま、1径間の巾 B を 9.0 m 、橋脚巾 b を 3.0 m として K_d を計算すると、

$$K_d = -0.150 - 0.00275 \times \frac{9.0}{12.3} + 0.0887 \times \frac{3.0}{12.3} + 0.196 \times \frac{9.0}{9.0+3.0}$$

$$= 0.01662$$

堤頂越流部3径間はそれぞれ孔口部を中にはさんで単独に設けられているから、$n' = 2 \times 1 + 3 = 5$、$B' = B = 9.0$ として C_d を計算する。

$$C_d = 2.225\left(1 - 0.01662 \times \frac{5 \times 12.3}{9}\right)$$

$$= 1.972$$

計画高水位 EL．171.00m のときの越流水頭 H は 12.0m であり、この水位での越流量を求めるには、図－5に示された C/C_d と H/H_d の関係曲線から C を求め、その値を次式に代入して計算する。

$$Q = C B' H^{2/3} \qquad (13)$$

$\frac{H}{H_d} = \frac{12.0}{12.3} = 0.976$ であり、これに対応した C/C_d の値を図－5から求めると 0.997 となる。したがって、

$$C = 0.997 C_d = 0.997 \times 1.972 = 1.966$$

計画高水位での越流量は、

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

$$= 1.966 \times 27 \times 12^{3/2} = 1.840 \ (m^3/s)$$

となり、孔口部を合わせた全放流能力は，

$$Q = 1,840 + 920 = 2,760 \ (m^3/s)$$

となる。

これは200年確率洪水流量の25％増しの 2,500m^3/s の放流能力を充分に持つていることを示している。

さらに、異常高水位 EL.173.60m における改良案孔口部および原案堤頂越流部の放流能力を計算すると次のようになる。

越流水頭　$H = 173.60 - 159.00 = 14.60$ (m)

$$\frac{H}{Hd} = \frac{14.60}{12.30} = 1.187$$

図－5より

$$\frac{C}{Cd} = 1.020$$

$$C = 1.020 \times Cd = 1.020 \times 1.972 = 2.011$$

越流量Qは

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

$$= 2.011 \times 27 \times 14.6^{3/2}$$

$$= 3,029\ (m^3/s)$$

したがつて孔口部も合わせた余水吐の全放流能力は

$$Q = 3,029 + 982 \fallingdotseq 4,010\ (m^3/s)$$

となり設計条件を充分に満足する。

3) 堤頂越流部形状

1) の計算結果にもとづいて、設計水頭Hd を12.3m とする標準型ランドルフ曲線を採用する。すなわち、下流側曲線は、

$$Y = \frac{0.53}{(12.3)^{0.8}} X^{1.8} = \frac{0.53}{7.446\,02} X^{1.8}$$

$$= 0.071179 X^{1.8} \qquad (14)$$

堤体下流面との接点 P_1 (X_0 、Y_0)を決定する。

$$X_0 = 1.06063 \left(\frac{1}{m_1}\right)^{1.25} Hd$$

$$= 17.242\,(m)$$

$$Y_0 = \frac{X_0}{1.8\, m_1} = 11.973\,(m)$$

また、

$$\varepsilon = (\eta + Y_0)\, m_1 - X_0 = (12.9 + 11.973) \times 0.8 - 17.242$$

$$= 2.657\,(m)$$

$$W = 0.287\, Hd = 0.287 \times 12.3 \fallingdotseq 3.530\,(m)$$

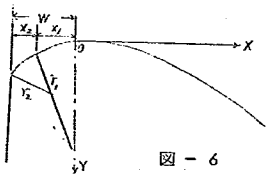
$$s = W - \varepsilon = 3.530 - 2.657 = 0.873\,(m)$$

$X_1 = 0.1\,8\,H_d = 2.2\,1\,4\,(m)$

$X_2 = 0.1\,0\,7\,H_d = 1.3\,1\,6\,(m)$

$r_1 = 0.5\,H_d = 6.1\,5\,0\,(m)$

$r_2 = 0.2\,H_d = 2.4\,6\,0\,(m)$



図－6

越流頂を原点とする越流面下流側曲線の座標を表－6に示す。

4) 最終設計案についての検証計算

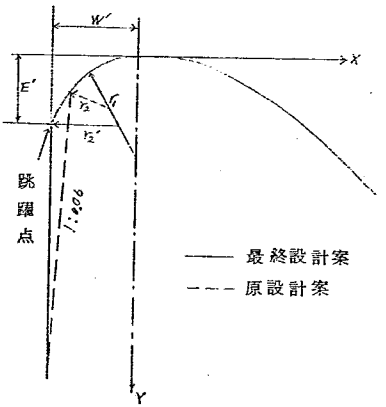
前記計算によつて堤頂越流部の原設計案を決定したが、その後、上流部に部分的な変更を行なつた。（変更理由および詳細については第4章参照）。この変更は図－6における r_2 のみを変えたため、原案では標準型越流部形状であつたが最終設計案は必然的に非標準型越流部形状になる。

非標準型越流部についての越流係数の推定については、土木研究所で行なつた結果によると、跳躍点から越流頂までの水平長および鉛直長から改めて設計水頭を求め、この設計水頭を用いて標準型越流部について行なつたと同様な方法で越流係数を求めてやれば、誤差の最大が5％程度におさまることがわかつている。

図－7に示される最終設計案について設計水頭 H_d' はWおよびE'を用いて次式で求められる。

$$H_d'_W = \frac{1}{0.2\,8\,7} W \quad (15)$$

$$H_d'_E = \frac{1}{0.1\,3\,1} E' \quad (16)$$



図－7

上式を用いて実際に H_d' を求めると(15)式によれば

$H_d'_W = 1\,5.3\,6\,(m)$

(16)式によれば

$H_d'_E = 2\,7.5\,6\,(m)$

$H_d'_W$ と $H_d'_E$ から最終設計案の設計水頭 H_d' は両者

の間の値で Hd'_w に近い適当な数値として $Hd' = 16.0$ m とする。

なお、求められた Hd' と W および E の値を下表に示す。参考のため原設計案についても併記した。

表－7

	WまたはW′	EまたはE′	H_{dw} または $H_{d'w}$	H_{dE} または $H_{d'w}$	H_d または H_d'	$(H_{dw}-H_{dE})/H_d$
最終設計案	4.407	3.610	15.36	27.56	16.0※	−0.763
原設計案	3.530	1.611	12.30	12.30	12.5	0

これを見ると越流面曲線の非標準性を示す指標としてとられた $(H_{dw}-H_{dE})/H_d$ の値が −0.763 という大きな値を示している。土木研究所で行なつた結果では非標準性を示す値は 0.5 が最大（絶対値で）であつた。したがつて、本ダムの場合に適用出来るかどうかはつきりした裏付けがないが、一応 2) において行なつたと同様な方法で越流量の推定を行なうこととする。

(11)式において B = 9.0 m、H_d = 16.0 m 、b = 2.5 m として K_d を求めると

$$K_d = -0.150 - 0.00275 \times \frac{9.0}{16.0} + 0.0887 \times \frac{2.5}{16.0} + 0.196 \times \frac{2.0}{9.0+2.5} = 0.00571$$

さらに、前と同様に n′ = 5、B′ = 9.0 として(10)式から C_d を求めると

$$C_d = 2.225\left(1 - 0.00571 \times \frac{5 \times 16.0}{9.0}\right)$$

$$= 2.112$$

計画高水位 EL.171.00 m の時の越流水頭 H は 12.0 m であり、この水位での越流係数 C を求める。

$H/H_d = 12.0/16.0 = 0.75$

図－5 より $H/H_d = 0.75$ の時 $C/C_d = 0.972$

したがつて

$C = 0.972 \times C_d = 0.972 \times 2.112 = 2.053$

計画高水位 EL.171.00 m の時の越流量は

$Q = CB'H^{3/2} = 2.053 \times 27 \times 12^{3/2}$

$= 1,920\ (m^3/s)$

となり孔口部を合せた全放流能力は

$Q = 1,920 + 920 = 2,840\ (m^3/s)$

となり、２００年確率洪水流量の２５％増しの $2,500 m^3/s$ を満足しうる。

さらに、異常高水位 EL.173.60m における改良案孔口部および最終案越流部の放流能力を計算すると次のようになる。

$$\frac{H}{H_d} = \frac{14.60}{16.0} = 0.913$$

図－５より

$$\frac{C}{C_d} = 0.990$$

$$C = 0.990 \times C_d = 0.990 \times 2.112 = 2.091$$

越流量は

$$Q = C B' H^{3/2} = 2.091 \times 27 \times 14.6^{3/2}$$

$$= 3,150\ (m^3/s)$$

したがつて、孔口部も合せた余水吐の全放流能力は

$$Q = 3,150 + 982 \fallingdotseq 4,130\ (m^3/s)$$

となり、設計条件を充分に満足する。

第4章　最終設計案

第3章に孔口部の原案と改良案および越流部の原案と最終案の概略についてのべ、それぞれの改良点についても説明を加えたが、これらの基本的な設計変更のほかに、こまかい部分についての変更を行なつた結果、最終設計案を決定したものである。

原案、改良案および最終案の3通りについての実験結果は非常に多量な資料になり、またこれら全てを記載することは不必要であると考えられるので、実験結果の資料としては、最終設計案のものだけを記載することとし、原案および改良案との比較が必要なものについてはその都度これを示すことにする。

以下に、堤頂越流部、孔口部および減勢工についてそれぞれの最終設計案の内容を述べる。なお、原案の堤頂越流部断面図、平面図および正面図を図－8～10に、最終案のそれらを図－11～13に示す。

1. 堤頂越流部

堤頂越流部については第3章で述べたように設計そのものに対する修正は施していないが、工事上の便宜をはかるため、堤体上流面勾配と孔口両側に設けられた橋脚の上流面との交点から上の堤頂越流部上流面を、両側の橋脚の上流面と一致させたいという現場工事事務所側からの要望によつて堤頂越流部の改造を行なつた。（図－11参照）

したがつて、この改造を施した堤頂越流部を最終設計案とする。

2. 孔　口　部

孔口部については第3章に述べたように、原案の孔口出口断面の変更、ベルマウス形状の変更、さらに、底面曲線形状の変更を行なつた。以上の改良を施した上での模型実験の結果、流量の調査および底面形状については満足できる資料が得られたが、改良案において孔口出口に設けられたゲートのピンの位置が放流水脈の水面に接近し過ぎているため、水面から1.5mの余裕を持つような位置に変更した。

したがつて、この孔口部を最終設計案とする。

孔口部の詳細を原設計案については図－14に、最終設計案については図－15および16に示す。

3. 減 勢 工

原設計案では堤体下流部のバケツトカーブ終端から水平水叩きを 45 m設け、その最終端に高さ5m、巾5mの4段の階段状シルを設けたが、模型実験の結果、水叩き長をさらに約10m延長し、4段の階段状シルを2段に変更することになつた。

さらに、水叩き内の横断方向について考えると、堤頂越流部からの流入水脈と孔口からの流入水脈の厚さが異なるため水位差がはなはだしく，水叩き内の流況が乱されるので減勢上不利である。そこで、堤頂越流部の堤趾部に導流ステツプを設けてこの水位差を少なくすることとした。導流ステツプの形状については図－11および図－12を参照されたい。

以上の改造を施したものを最終設計案とする。

なお、減勢工の設計対称流量としては洪水生起確率および経済性を考慮して、200年確率洪水流量である2,000m³／s とする。

第5章　余水吐流量の検討

1. 堤頂越流部の貯水位流量関係

堤頂越流部の貯水位と流量の関係を原案模型によつて、自由越流時およびゲート操作時について求めた。さらに、堤頂越流部の最終設計案についての模型を製作し、比較のために同様な方法で数点測定した結果原案模型による結果とほとんど差のないことがわかつたので、原案模型による結果をそのまま最終設計案模型の結果として使用することとする。

1）自由越流時

孔口部のゲートを閉じて、堤頂越流部を全開した状態で貯水位と越流量の関係を測定した。

原設計案について求められた結果を図－17の(A)曲線および表－8に示す。

さらに、次式による越流係数を算出して、H／HdとC／Cdの関係を図－18および表－8に示した。

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

ただし、Q …… 越流量

B …… 越流巾

H …… 越流深

C …… 越流係数

設計に用いられたH／H_d～C／C_dの関係曲線と実測値から求められた関係曲線とを比較すると、前者は全般的に後者より低い値を示すことが認められ、橋台の収縮効果の仮定などに問題があるように思われる。

設計越流係数C_dの値は、1.972であり、図－17の測定されたH～Q曲線から、H＝H_d＝12.3mの流量を求めれば、2,345m^3／sしたがつて、$C = \frac{Q}{B \cdot H^{3/2}} = 2.013$となり、その差は2.0％程度で、設計水頭時には推算公式によるC_dの計算結果とかなりよく一致している。

最終設計案については図－17の(A)曲線に示してある。なおこの値は実際の実験によつて測定された値ではなく、最終設計案について測定された、堤頂越流部と孔口部の自由越流時の測定結果（図－17の(C)曲線）と、孔口部（全体模型）のみの自由越流時の測定結果（図－17の(D)曲線）とから算出された値である。この算出値が正確であるかどうかを検証するため実験によつて数点の値を求めて比較した。その結果を表－9および図－17の(A)曲線上に⊗印として示した。

これを見ると前述の算出された曲線は実測値としてよく一致しており、この算出曲線を使用して差支えないことがわかる。

さらに、原設計案の場合と同様にしてH／H_dとC／C_dの関係を求めた結果を表－9および図－18の中に×印で示す。これを見ると同一のH／H_dに対してC／C_dの値が小さくなつており、特にH／H_dの小さい値の時、すなわち越流深が小さい時に著しい。この曲線を設計時に用いたH／H_dとC／C_dの関係曲線（図－5）と比較してみても同じ結果である。これは堤頂越流部の上流部を原案の標準型から非標準型に

変更したことが原因であることは明らかであり、非標準型越流部についての流量の推定法に問題点があるものと考えられるが、本ダムの場合には必要な放流能力は持つているので差支えない。

2) ゲート調節操作時

堤頂越流部のゲート開度を1.0mごとに固定した場合の貯水位と流量の関係を測定した。

原設計案について求めた結果を、図－19および表－10に示す。

開度が約6.0m以上になると、ゲート上流側に流出渦が発生して、たえず吸込まれており、これは、満水位付近の水深が大きい場合にも消えない。開度が5m以下の時には、開度に比較して水深が大となるので、気泡の吸込みは認められなかつた。

さらに最終設計案について測定した結果を表－11および図－16の中に。印で示す。これを見ると、自由越流時には原設計案と最終設計案との間にかなり差があつたが、ゲート調節操作時にはほとんど差のないことがわかる。これは自由越流時の越流係数に大きな相違を生じた堤頂越流部の上流面の変更による影響が、ゲートで一度しぼられると流量係数にはほとんど変化をおよぼさないものと考えられる。

したがつて、原設計案について求められた貯水位と流量の関係をそのまま最終設計案の資料として用いることとする。

2. 孔口部の貯水位と流量関係

孔口部については全体模型によつて原案と改良案、部分模型によつて改良案と最終案の実験を行なつた。

底面形状が不適当で許容以上の負圧の発生点を生じた原案についての資料は全て省略することとする。

なお、改良案についての全体模型による実験の際も、精度の点から、ゲートを全開した時の測定のみにとどめ、ゲート調節操作時には測定を行なわなかつた。

以下にそれらの測定結果を示す。

1) 全体模型によるゲート全開時（改良設計案）

堤頂越流部を全閉した状態で孔口部のゲートを全開して貯水位と流

量の関係を測定した結果を図－１７の(B')曲線および表－１１に示す。

2) 部分模型によるゲート全開時（改良設計案）

孔口部1門のみの部分模型について、ゲートを全開した状態で貯水位と流量の関係を測定した結果を図－１７の(B)曲線および表－１３に示す。

これを見ると、全体模型による結果と比較して、水位の低いところで約１０%、高いところで約５%程度流量が減少していることがわかる。この相違が生じた原因については、全体模型は1/40、部分模型が1/25という縮尺の違いによる精度の違いと考えるよりほかに考えられない。こまかい部分の精度の違いが流出係数に影響しているのであろう。

したがつて、孔口部の貯水位と流量の関係は、精度の高い部分模型の結果を用いることとする。

この部分模型による実測値から次式によつて流出係数を求め、それと H_c/a_0 との関係を図－２０および表－１３に示す。

$$C_0 = \frac{Q}{A\sqrt{2gH_0}}$$

上式中

A ：断面積（＝２４.７５m^2）

H_0：孔口出口中心標高（EL.１５２.２５m）を基準とする貯水頭（m）

H_c：孔口出口下面からの貯水頭（m）

a_0：孔口出口断面の高さ（＝4.5m）

Q ：流出量（m^3/s）

C_0：流出係数

3) 部分模型によるゲート全開時（最終設計案）

最終設計案について2) で行なつたと同様な測定を行なつた結果を表－１４に示す。この結果を図－１７にプロットすると(B)曲線と全く一致する。したがつて、改良設計案による資料をそのまま最終設計案についての資料として差支えない。

4) 部分模型によるゲート調節操作時（改良設計案）

ゲート調節操作時における貯水位と流量の関係を測定した結果を図－２１および表－１５に示す。

なお、ゲート開度は1.0、2.0、3.0および4.0mの4種とした。

5) 部分模型によるゲート調節操作時（最終設計案）

最終設計案について4）で行なつたと同様な測定を行なつた結果を表－16および図－21の中に●印で示す。

これを見ると改良設計案と最終設計案との間にほとんど差のないことがわかる。

3. 堤頂越流部および孔口部の貯水位と流量の関係

全体模型において堤頂越流部および孔口部を全開した状態で貯水位と流量の関係を求めることとする。

1) 原案堤頂越流部および改良案孔口部によつて測定された結果を表－17および図－17の(C')曲線に示す。

2) 最終案堤頂越流部および改良案孔口部によつて測定された結果を表－18および図－17の(C)曲線に示す。

(C)曲線と(C')曲線との相違は堤頂越流部の流出係数の相違によるものであり、すでに堤頂越流部の自由越流時のところでふれているのでここでは省略する。

以上で求められた結果は全体模型によるものであるが、孔口部についての最終的な貯水位と流量の関係は部分模型によるものを使用することとした（孔口部の項参照）わけであるから、これを考慮して改めて堤頂越流部および孔口部の最終設計案における貯水位と流量の関係を求めたものを図－22に示す。これは表－8および表－13を総合して求めたものである。

第6章　越流面形状、孔口内部形状および越流部導流壁高の調査

1.　提頂越流面圧力の測定

提頂越流部は図－９および図－１２に示すとうり、３径間とも同じ越流面形状を採用しているので、中央径間についてのみ水圧の測定を行なつた。すなわち中央径間の中心線上に図－２３および表－１９（最終案については図－２４および表－２０）に示される位置に圧力測定管を設置し、越流面の圧力分布を測定した。

1)　原設計案についての測定

a)　貯水位ＥＬ.１７３.６０ｍ で自由越流時に圧力測定を行なつた結果を図－２３および表－２２に示す。

最低圧力は測点１５（ダム軸より１０.６３７ｍ）に発生し、その値は－０.３８０ｍとなつている。

b)　貯水位ＥＬ.１７１.００ｍでゲート調節操作時に圧力測定を行なつた結果を図－２３および表－２２に示す。ゲート開度は1.0、2.0および3.0ｍの３種とした。

これによると最低圧力は測点９（ダム軸より5.８３７ｍ）に発生し、その値は－０.５６２ｍであつた。

この結果、原設計案においては自由越流時およびゲート調節操作時のいずれの場合にも許容負圧（－３ｍ水頭）を越える負圧の発生は認められない。

2)　最終設計案についての測定

提頂越流面については、原案と最終案とは提頂から下流の越流面形状は全く同じであつて、異なる点は提頂から上流側だけであり、この部分に生ずる圧力は全て正圧なので、問題とするような負圧が発生するとは考えられない。

したがつて、最終案については詳しい実験は行なわず原案で測定した結果と比較しながら検証を行なうこととする。

ただ、この場合、孔口部の断面を原案から改良案に変更する時に、

模型全体を製作しなおさなければならなかつたため、原案越流部に対する実験の時に使用した模型と最終案越流部に対する実験の時に使用した模型とは別のものである。したがつて、設計は同じであつても、模型の製作の時の製作誤差があることが考えられるが、この誤差は模型で最大0.5㎜以内におさえてあるので、模型が違うことによつて問題になるような圧力の差があらわれることは考えられないが、念のため、改造された模型についても原案越流面における圧力を測定し、さらに最終案越流面における圧力を測定した。

なお、提頂越流部の上流部の変更の際、模型の上に接着剤を塗付して改造したため、図－２４に示すように越流部の上流部の変更された部分についての圧力は測定出来なかつたが、この部分は正圧のみが発生する点であるから問題はない。

a) 原設計案についての測定

貯水位 EL. 171.00m で自由越流時に圧力測定を行なつた結果を図－２４および表－２０に示す。

これを見ると最大負圧は測点２０（ダム軸より１４.４０m）に発生しその値は－0.３４２mとなつている。

この測定結果を1）のa)で行なつた改造前の模型による実験値と比較すると、貯水位が等しくないため直接比較することは出来ないが、傾向はよく一致していることがわかる。

b) 最終設計案についての測定

貯水位 EL.１７１.００m で自由越流時およびゲート調節操作時に圧力測定を行なつた結果を図－２４および表－２０に示す。

ゲート開度は1.0および3.0mとした。

これによると、最低圧力はゲート開度3.0mのとき測点系１４（ダム軸より６.４０m）に発生し、その値は－1.２４０mとなつている。この結果、最終設計案においても、自由越流時およびゲート調節操作時のいずれの場合にも許容負圧（－３m水頭）を越える負圧の発生は認められず、設計越流面形状は設計条件を満足することが確認された。

2. 孔口内部および下流底面圧力の測定

原案孔口部についての説明は全て省略し、改良案孔口部のうち精度の点ですぐれている部分模型による実験結果について以下に述べることとする。

1) 孔口内部圧力測定

孔口内部の圧力を、上面ベルマウス中心線上、上部ベルマウス隅角部上、側面ベルマウス中心線上、下部ベルマウス隅角部上および下面ベルマウス中心線上の計5本の線上に表－21に示す位置に測点を設けて測定した。流量条件は貯水位 EL.171.00mでゲート全開時、ゲート開度1.0m、2.0m、3.0m、4.0mおよび4.10m（流量700 m^3/s に対応するゲート開度）の6種である。

測定結果を図－25および表－22に示す。

これによるとゲート全開時に上面ベルマウスの測点6（ダム軸から－0.8m）で－0.3mという負圧が発生しているのみで、許容負圧－3.0mよりはるかに小さく空洞現象に対する安全性は確認された。

2) 孔口部下流底面圧力測定

孔口部下流底面の圧力を底面中心線上で、バケットカーブに接続するために挿入した直線部の始端までの範囲で表－21に示す位置に測点を設けて1）の場合と同様の流量条件を与えて測定した。

その結果を図－25(c)および表－22に1)の結果に連続して示している。

これを見ると、ゲート全開時にはほぼ底面全体にわたつて負圧の発生が見られるが、その最大値は測点35（ダム軸から3.0m）において－1.5mであり、許容負圧－3.0m以内である。したがつて、孔口部の下流底面形状も空洞現象に対して安全であることが確認された。

3. 越流水面形の測定

1) 堤頂越流部

貯水位をEL.171.00mに保ち、原案堤頂越流部および改良案孔口部を全開した状態で放流し、右岸側径間について越流水脈の水面形を測定した。なお、この時の流量は約3,200 m^3/S である。

橋脚および橋台ぞいの水面形と導流壁ぞいの水面形を測定した結果をを図－２６および表－２３に示す。

流況を見ると、橋台によつて収縮された水脈が越流頂の下流で拡がつつて橋台ぞいに水面隆起を生じるが、ゲートピンとの距離は約３.５ｍあり水理構造物に支障を生じることはない。

この測定結果によると、水脈は完全に計画導流壁内におさまつており、その余裕は約２ｍあるので充分な設計であると考えられる。

なお、堤頂越流部の堤頂から下流側は原案と最終案は全く同じであり、かつ孔口部も改良案と最終案は同じであるので、ここで求められた測定結果はそのまま最終案の資料として利用できる。

2）孔口部

改良案部分模型について孔口部下流の水面形を測定した結果を図－２７および表－２４に示す。なお、この時の貯水位はEL.１７１.００m、ゲート開度は全開、１ｍ、３ｍおよび４ｍの４種とした。

これを見ると改良案のゲートピンの位置附近における水面の最高水位が約EL.１５４.７０ｍで、ゲートピンの位置EL.１５５.００ｍとの余裕がわずかに０.３ｍしかない。模型実験によつては調査することが出来ない空気連行現象（相似律が成立しない）によつて実物ではもつと水面が上昇することを考慮すれば、水理構造物の安全をはかるため、水面から１.５ｍ程度の余裕をとるという設計基準を満足していない。

このため、改良案孔口部に採用したゲートの半径７.０ｍを９.０ｍに変更し、図－２７に示すようにゲートの下端の位置が移動しないようにして最終案孔口部のゲートを設置した。これによつて水面からの余裕は約１.５ｍを保つことが出来て安全である。

第7章　減勢工に関する調査

減勢工の設計対称流量としては２００年確率洪水であるところの2,000 m^3/s を採用することとし、比較検討のため７００m^3/s および1,500m^3/s（原案については８５０m^3/s のみ）についての資料も示している。

1.　原案減勢工に関する調査

原案減勢工検討のため、実験条件を次の２種について調査を行なつた。

	原案孔口部		原案越流部		全流量	下流水位
	ゲート開度(m)	流量(m^3/s)	ゲート開度(m)	流量(m^3/s)	(m^3/s)	(m)
Case 1	全開	850	全閉	0	850	EL.139.6
〃 2	〃	850	4.650	1150	2000	EL.1428

註）貯水位はいずれもＥＬ．１７１.００ｍとする。

下流水位の値は各流量に対応する自然下流水位である。

ゲート開度と流量の関係は模型実験結果から求めたものである。

1）自然下流水位の時の流況観察

a）Case 1

孔口部からの放出流は、水束となつて水叩きに流入するから、下流水位中に潜流状態となつて突込み、高速底流が水叩き面をはつてその下流端に設けられた階段上シルにぶつつかり、水叩き内に平面的な逆流を生じている。このため、ダム軸より下流６2.5m 付近の水叩き中央部に逆流と流入流との干渉による水面隆起が起り、水面は激しく動揺し、水が時々空中に飛び上つた。

この飛び上る方向や高さは、一定でないが、導流壁に当る最高飛沫高は、ＥＬ．１４３.７０ ｍ位となつている。

また、水叩き中央部での水面隆起によつて発生する上流向きの渦流は、導流壁ぞいに水面の激しい動揺を生じ、瞬間的に壁にそつて這い上るが、その水面高は、上記の中央より斜めに当る水塊よりは低い。

水叩き内では、潜流状態となり、シルではね上げられた水流による水面の乱れは、シル上流面より約４０ｍ下流まで認められた。

以上の流況観察の結果、水叩き内での減勢効果をより大きくするために、原案孔口部下流の底面形状および堤趾部のバケツト形状を変更する必要があるものと判断された。

b) Case 2

貯水位EL.１７１００ｍで、原案孔口部を全開したときの流出量は、Q＝８５０m^3/s であるから、減勢工設計対象流量Q＝2,000 m^3/s を放流するためには、原案堤頂越流部からの流量が Q＝1,１５０m^3/s となるように、ゲート開度を調整しなければならない。

この場合の原案越流部のゲート開度は、図－１９から図－２８の関係曲線を作り、これから、ゲート開度を4.650mと決定した。

以上の条件で、水叩き内の流況を観察した。

水叩き内における跳水の先端の位置は、原案孔口部からの放出流に対しては、孔口中心延長線上の左岸側ではダム軸より約３８ｍ、右岸側で約５７ｍ下流となり、非対称となつているが、これはシル下流河道の形状の影響によるもので、左岸側は右岸側に比して拡がりが大きく、このポケツトで大きな逆流を生じ、シル直下での水位も右岸に比べ高くなつているためであろう。

跳水先端より下流では、孔口流が拡がつて直接導流壁に当たり、激しい水面動揺を生じている。

左岸導流壁ぞいには、このような流況は認められなかつた。

水叩き内の水位は周期的に激しい動揺を示したが、水叩き内での平面的逆流は認められなかつた。跳水による水叩き内の最高水位はダム軸より約７０ｍ下流の右岸よりに発生し、瞬間的にはEL.152ｍにまで達する。

水叩き中央部の跳水による水面上昇部からダム軸より１００ｍ附近までは漸次低下する水面形を示したが、水面の乱れが消えるのはダム軸より約１２０ｍ附近である。

なお、この操作状態で、下流水位をEL.144.10 mまで上げると、跳水の先端がバケットカーブ上にくる完全跳水流況が得られた。

2) 水叩き導流壁ぞいの水面形測定

水叩き内の導流壁にそつた水面形を1) のcase 1とcase 2について測定した。

測定結果を図－29および表－25に示す。

a) case 1

水叩き内の流況は、ダム軸より約65m下流の中央部で水面がもり上り、激しく動揺するとともに水沫が導流壁に向つて飛び散るが、水叩き内の全体的な流況はおだやかである。

この場合、最高水位はEL.143.74 mで、原案導流壁天端高では余裕がない状態である。

b) case 2

この場合は水叩き内の孔口部延長線上に露出射流があらわれたため、シル上流で非常に高い水面隆起を示した。

その最高水位はEL.153.42 mであり原案導流壁天端をはるかにこえることが確認された。

3) シルに関する調査

シルの取付位置および形状についての最良案をきめるために、まず、原案位置（シルの上流面がダム軸の83.133m下流の位置）に原案の高さ5mの4段シルを設けた場合と、同じ位置に鉛直の1段シルを設けた場合について比較した。

a) 原案の高さ5mの4段シルの場合

孔口部および堤頂越流部のゲートを全開した状態で流量を変化させ、水叩き内で跳水を起す時の限界流量、すなわち跳水始端が水叩きの先端から下流へ移動し始める時の跳水飛散限界流量、および跳水始端が上流へ移動して来て水叩き内に入る時の飛散跳水限界流量を測定した。その結果は下表のようになる。

	貯水位	流量
跳水飛散限界	EL.167.808m	2,170 m³/s
飛散跳水限界	EL.165.571m	1,580 m³/s

ただし、この場合の下流水位は模型において下流水位を最低にした状態におけるものである。

この結果、原案の高さ5mの4段シルでは跳水飛散限界流量は約2,200m^3/s（実験1による）となる。

b）鉛直の1段シルの場合

この実験に際してはa）で用いた4段シルを取りはずし、シルの上流面を一致させて鉛直シルを取り付けて実験を行なつた。

ゲート開度はa）の時と同じ状態とし、下流水位はその時の流量に対応した自然下流水位にほぼ等しくなるように調節した。

鉛直シルの高さを1.0、2.0、3.0、4.0および5.0mの5通りに変化させて測定した結果を図－30に示す。

なお、この時の貯水位と流量の関係は図－17の(Q')曲線を利用して求めたものである。

前にも述べたように、この実験の時には原案の4段シルは取りはずして行なつたが、水叩きから下流の河床が水叩き底面より5.0～5.5m程高いためにシルの直後が鉛直の壁状になつており、シルの高さが1mの場合にはこれを乗りこえた水流が直接この壁に当るためため限界流量は大きくなつている。

シルの高さが2m以上になると、上のように水流が河床部の壁に当ることはない。

シルの高さが5.0mになると異常高水位のEL.173.60m、流量にして約4,100m^3/sでも飛散は起さないが、導流壁ぞいでは逆流が大きくなり水の激しい干渉によつて多量の水塊が飛び散る。

図－30の結果から、1段シルでは減勢効果が大きく、高さ4mで跳水飛散限界流量は約2,400m^3/sとなり、同じ条件によつて原案の高さ5mの4段シルに対して得られた跳水飛散限界流量2,200m^3/sより大きい。したがつて、減勢効果を大きくするために1段またはこれにつぐものとして2段シルを用いる方がよいと判断される。

上記の実験では、孔口部、堤頂越流部とも全開状態で操作した場

合の値であつて、貯水位を計画高水位EL．171.00m に一致させた場合には、同一流量の放流水のもつエネルギーはかなり大きくなるから、限界流量は小さくなり、図－30に示される水面形状から推定すれば、ほぼ減勢池設計対象流量2,000㎥／s が跳水飛散限界流量に相当するものと考えてよい。しかしながら、減勢池長が跳水長に比してかなり短かいから、シル直下流での水面隆起が顕著であり、水面の乱れが下流まで伝播されるから、水叩き面標高をさらに約1m下げるか、水叩き長を延長することが望ましい。

4）水叩き内横断水面形測定

水叩き内の流況を見ると、堤頂越流部からの水脈と孔口部からの水脈との厚さの差が大きいため横断方向の水面の乱れが大きく、これが水叩き全体の乱れを助長している。特に流量が850㎥／s の時孔口部からだけしか流出しないためその差は大きい。したがつて、この横断方向の水面の乱れを少なくすることは減勢上重要であると考えられる。

以上の考え方のもとに、横断方向の水面形を測定した。測定断面については図－9に断面番号を示している。流量が850㎥／sの時の結果を図－31および表－26に、2,000㎥／s の時の結果を図－32および表－27に示す。なお、この時は乱れの様子がよくわかるようにするため下流水位を模型における最低の状態にして実験した。

これを見ると横断方向に相当乱れのあることがわかる。

この乱れを軽減するため、水脈の薄い堤頂越流部の堤趾部に導流ステップ（図－11および図－12参照）を設けて、孔口部からの厚い水脈と釣合いを取ることとした。この導流ステップの平面形状や高さについては何も基準がないので、最も適当と思われる形状を実験的に求めることとした。したがつて、その平面形状は図－9に示す形状とし下流部の高さを1.0、1.5および2.0mの3通りのステップを製作し、実際に堤趾部に取りつけて水面形の測定を行なつて比較することとした。

その結果を図－３３、３４、３５、３６、３７、３８および表－２８、２９、３０、３１、３２、３３に示す。

なお、この時の下流水位もステップをつけない時と同様、模型における最低とした。

これを見ると同一の高さで８５０m³/sと2,０００m³/sの両流量に対して、ともに良好な流況を示すものはない。ただ、８５０m³/sの場合は流量そのものが小さいため流況がやや乱れていても減勢上それほど支障はないので、主として2,０００m³/sの場合について調べることとする。３種の高さについて測定結果と流況とを合せて比較すると、１.０mの場合には８５０m³/sに対しては良好であるが2,０００m³/sに対してはやや乱れが残つている。１.５mの場合は８５０m³/sに対しては１.０mよりもやや中央部のもり上りが大きくなるが2,０００m³/sに対しては良い流況を示す。２.０mの場合は2,０００m³/sに対しては良好であるが、８５０m³/sに対しては１.５mの場合よりもさらに中央部のもり上りが著しい。これらを総合した結果、高さ１.５mのステップが最良であると判断した。しかし、この場合もステップの下流端、すなわち水叩きの始端に水面の小さな乱れが残つており、ステップの平面的な形状について改良の余地がある。

2. 最終案減勢工に関する調査

原案減勢工に関する調査によつて次のようなことがわかつた。

i) 貯水位EL．１７１.００mにおいて、減勢工設計対称流量2,０００m³/sを放流し、自然下流水位とした時の水叩き内の流況を見ると一応跳水は起しているとはいえ、非常に水叩き内が乱れている。これは跳水長に比較して水叩き長が充分でないためと考えられ、水叩き長を延長することが望ましい。

ii) 前記のように水叩き内の流況は相当乱れており、跳水の不均等性によつて中央部から導流壁に向う渦流が発達し、それによつて導流壁ぞいの水面はEL.１５４.０mまで上昇する。したがつて、原案導流壁をより高くすることが望ましい。

iii) シルの減勢効果を増加するために原案で採用された4段のシルの形状を1段あるいは2段にすることが望ましい。

iv) 水叩き内の横断方向の水面の乱れが水叩き全体の乱れを助長しているので、堤頂越流部の堤趾部に導流ステップを設けることによつてこの横断方向の水面の乱れを軽減することが出来ることを確認した。さらに、その高さは1.5mが適当であることがわかつたが、平面形状についてはきらに検討する必要がある。

以上を総合して原案減勢工を次のように改良して最終案減勢工とした。その要点を述べると、

i) 水叩き長を延長するため、現場で可能な長さについて検討した結果、約10m延長して54.468mとする。

ii) 原案において採用された水叩きの導流壁高EL.144.00m(水叩き面はEL.130.00m を1m高くし、さらに導流壁ぞいに上昇する水流を水叩き内にはね返すように導流壁の頂部に1mの放返し(図-42参照)をつけることにする。

iii) シルの減勢効果を増加するために、形状を原案の4段から2段に変更する。この時5mの高さはそのままとする。

iv) ステップの平面形状については模型における流況を観察し、孔口部からの水脈の拡がりを考慮した上で図-12に示されるような形状とする。

このようにして決定された最終案減勢工について、原案減勢工について行なつたのと全く同じ調査を行なつた。流量条件は次の表に示す3種とする。

なお、原案減勢工についての調査は堤頂越流部および孔口部は原案の形状であつたが、最終案減勢工については越流部は原案であるが、孔口部は改良案について行なつた。そのため、孔口部の流量や、越流部のゲート開度などが原案減勢工の場合と異なつている。

	改良案孔口部		原案越流部		全流量	下流水位
	ゲート開度 (m)	流量 (m³/s)	ゲート開度 (m)	流量 (m³/s)	(m³/s)	(m)
case 1	4.12	700	全開	0	700	EL.139.3m
〃 2	全開	930	2.08	570	1,500	EL.141.7
〃 3	〃	〃	4.28	1,070	2,000	EL.142.8

註） 貯水位はいずれもEL.171.00m、シルは最終案の2段シル、導流ステップは最終案の1.5m高さのものを取付けて行なつた。

下流水位の値は各流量に対応した自然下流水位である。

ゲート開度と流量の関係は模型実験結果から求めたものである。

1） 自然下流水位の時の流況観察

流況観察については実験条件のcase 1およびcase 3について行ない、case 2については省略した。

a） case 1

貯水位EL.171.00mで孔口部ゲートを全開した時の流量は930m³/sであるから、計画放流量の700m³/sを放流するにはゲート開度を調整しなくてはならないが、このゲート開度は全体模型について直接求めたものである。

流量をみると、孔口からの流出流は水束となつて水叩き内に流入し、シルによつて保たれている下流水位中に潜流となつて水叩き底面をはい、シルに当つて水面にはね上げられる。このはね上げられた水と流入する水流とが干渉する水叩き中央部にやや大きい水面隆起が認められるが、この水面隆起は導流壁近くにはあまり影響をおよぼしていない。流況観察によると水叩き内での減勢効果はほぼ満足できる状態であると思われる。

b） case 2

貯水位EL.171.00mで孔口部ゲート全開時の流量は230m³/sであるから、減勢工設計対象流量である2,000m³/sを放流する

には堤頂余水吐越流量が1.070m^3／sとなるようにゲート開度を調整せねばならない。これは原案減勢工の調査の時に行なつたのと同じ方法によつて図－28から求めることが出来、そのゲート開度は4.28mとなる。流況を観察すると、水叩き内の跳水始端は導流ステップの終端、すなわち水叩き始端にあり、跳水は水叩き内全面にわたつて安定している。水叩き内の水位は周期的に、また位置的に大きな変動を示すが、特に激しい水面隆起を示す場所はなく、完全な跳水形状を示している。シルを越えた流れも下流に向つてさしたる乱れもなく、水面の乱れが消えるのは水叩き終端から約10m下流である。

2) 水叩き導流壁ぞいの水面形測定

水叩き内の導流壁にそつた水面形をcase 1、2 および3について測定した結果を図－39、40、41および表－34、35、36に示す。

a) case 1　Q＝850m^3／s

流量が850m^3／sの時は左岸側導流壁ぞいの最高水位がEL.144.2m、右岸側のそれがEL.143.0mとなつており、左右とも最終案導流壁内におさまつている。両者の差が約1mあるが、これについての理由は見出せない。

b) case 2　Q＝1,500m^3／s

流量が1,500m^3／sの時は左岸側導流壁ぞいの最高水位がEL.145.8m、右岸側のそれがEL.146.5mとなつており、両者とも最終案導流壁高では不足することを示している。

c) case 3　Q＝2,000m^3／s

流量が2,000m^3／sになるとcase 2の現象がさらに著しくなり水位の最高は左岸側でEL.149.0m、右岸側でEL.149.6mを示し、最終案導流壁高では約5m不足することを示している。

そこで、導流壁ぞいの水面の上昇を防ぐとともに壁にそつて上つて来た水流が水叩きの外に出るのを防ぐために導流壁の頂部に図－42に示すような波返しを設けることとした。

波返しを取付けた状態でcase 3について測定した結果を図－42および表－37に示す。

これによると、波返しを取付けたことによつて最高水位は左岸側でEL.149.0mからEL.147.2mに、右岸側でEL.149.6mからEL.148.1mに下つており、約1.5～1.8mの水位の低下をもたらすことがわかつた。

さらに、この波返しは導流壁にそつて上昇して来る水流を水叩き内部にもどす効果があるので、これがない場合にくらべて水叩き外に落下する水量はずつと少なくなつている。

しかしながら、導流壁から少し中央によつた位置で、水叩きの底面から隆起して来る水塊に対しては波返しの効果は期待出来ず、これらの水塊が隆起する時はかなりの水量を導流壁の外に落下させているのでこれを防いで、水叩き外に水があふれないようにするためには波返しの高さをいくらにすればよいかということを実験によつて確かめてみた。その結果を図－43に示す。これによると、乱れた水流を完全に水叩きの内部に収容するためには左岸側の波返しの高さをEL.148.6m、右岸側をEL.147.6mにする必要があり、最終案の波返しの高さEL.145.0mと比較すると2.6～3.6m高くすることが必要であることがわかつた。

なお、最終案の波返しを取りつけた場合は、流量が1,500m^3/s以下の場合は完全に水流を水叩きの内部に収容し得ることを実験によつて確認した。

3) シルに関する調査

a) 最終案シルと原案シルの減勢効果の比較

最終案シルとして原案の4段シルを2段に変更したものを採用したわけであるが、この最終案シルと原案シルの減勢効果について検討することとする。この方法は、case3の2,000m^3/sを放流しながら下流水位を任意に変化させ、その時の跳水始端の位置を測定して比較した。

その結果を図－44に示す。

これを見ると、下流水位がEL.143.0m以上であるときは、原案シ

ルと最終案シルの跳水始端は同じ位置にあり、EL.143.0 m 以上で跳水始端は水叩き始端と一致している。しかし、下流水位がEL.143.0mより下がると、同じ下流水位に対する跳水始端は最終案シルの方が原案シルより上流側にあり、その差は下流水位が下がるにつれて大きくなる。下流水位が約EL.140.5m 以下になると跳水始端の位置は両者とも一定になり、その差も一定になっている。

同じ下流水位に対して、原案シルよりも最終案シルの跳水始端の方が上流側にあるということは、最終案シルの方が原案シルより減勢効果が大きいことを示している。

また、下流水位がある下流水位になると、それ以上下流水位を下げても跳水始端の位置は下流に移動しないということがわかつたが、これは下流水位が最低になつても水流が飛散する危険性がないことを示しており、原案水叩きについての調査によつて水叩きの底面を1m程度下げる必要があるのではないかという考えが不必要であることがわかつた。

b) 最終案シルを採用した水叩き内の流況観察

下流水位を自然下流水位として、原案シルの場合の流況と比較すると以下に述べるような特徴を示す。

i) 流量の大小にかかわらず最終案シルの方が安定した流況を示しており、跳水形状も安定し、かつ水叩きの下流の乱れも少なくなつている。

ii) 最終案シルの方が原案シルよりも減勢効果がすぐれていることは前にも述べたが、このことは逆に最終案シルの方が原案シルよりも水叩き内の水面形が上昇するという現象をもたらしており、原案シルの場合と比較して約0.5m程度高い水位を示している。

c) 最終案シル面上の圧力測定

シルは水流に対して強制的に跳水を起させるためのものであるから、当然、その上流面には大きな動水圧を受けることになる。また、同時に、シルの水平な面あるいはそのほかの点に負圧が発生する可能性もある。この負圧が許容値以上になると、空洞現象を生じて構

造物が危険な状態になる。これらの調査のため、最終案シルを左右対称と考えて、中央から左岸側に図－４５に示すような位置に圧力測定管を設置して測定を行なつた。

その結果を図－４６、４７、４８および表－３８、３９、４０に示す。

これを見ると、負圧の発生している点はなく、動水圧と静水圧を加えた最大圧力の値はCase １（７００m^3/s）の場合が１０.４m、Case ２（１,５００m^3/s）の場合が１２.８m、Case ３（２,０００m^3/s）の場合が１４.５m であり、いずれも導流壁から１ｍの位置のシルの最下部に発生していることがわかる。

予想された負圧が発生していないのはやや疑問であるが、これについてCase ３の場合のシル最上面について検討してみることにする。図－４１の平均水面曲線によれば、シルの最上面の水流の厚さは約８ｍあり、上流よりも下流の方がやや水位は下がり気味である。一方、図－４８に示されたシル最上面についての圧力測定値を見ると、上流が５.６～４.０m、下流が７.０～５.７ｍとなつており、図－４１による静水位の８ｍよりかなり低い値を示し、圧力の傾向については上流が低く下流へ行くと上つている。これは図－４１に示されている水面とは全く傾向が異なつており、シル最上面がそのまま原河床とほぼ連続していることを考慮して、シル最上面の最下流部で記録された値を便宜上静水圧と考えれば、上流の圧力が低下しているということは、この部分に負の動水圧が働いていることを示すものであろう。

しかしながら、この負圧は、その点を常時流れている水流の静水圧にくらべて比較的小さなものであり、図－４８にも示されるように、この静水圧によつておぎなわれる程度のものであるので、空洞現象が発生することはないと考えられる。

4）水叩き内横断水面形測定

改良された高さ１.５ｍの最終案導流ステップを堤頂越流部の堤趾部に設置して、水叩き内の横断水面形を測定した。

その結果を図－４９、５０および表－４１、４２に示す。

なお、測定断面については図－１２に断面番号を示す。

測定の条件はCase １（Q＝７００m³/s)とCase ３（Q＝2,000m³/s）とした。

この結果を見るとCase １およびCase ３の両方とも、ステップの上流部で生じていた水面の乱れ（断面１参照）がステップによつて平均化されている様子がよくわかる。これは原案と比較しても明らかによくなつている。さらに、原案ではステップの下流端にこまかい乱れがあらわれていたが、最終案の測定結果にはほとんどあらわれていない。これは最終案で行なつた平面的な形状の改良が効果を示しているものであろう。

なお、導流ステップの平面形状については、現場工事事務所側よりブロック・ジョイントの関係で、左右岸側ステップの中央よりの1.５mの部分（図－１２のハツチした部分）を省略して、工事をスムースに運びたいという希望があつたので、さらに、ステップを改造して実験を行なつた結果、省略する部分の範囲が小さく、かつ厚さも薄い部分なので流況にはほとんど変化がないことを確認した。

導流ステップを設けるに際しては、ステップの下流端が鉛直の壁であり放流水脈がその上から飛び出す形になるため、この鉛直の壁の部分に負圧の発生するおそれがあるので、これに対する測定を行なうこととした。水叩きを左右対称と考え、水叩き中心線より左岸側について図－５１に示す位置に圧力測定管を設置して測定した。その結果を図－５１および表－４３に示す。

この結果を見ると流量が大きくなるにつれて圧力は低下していることがわかり、Case ３の場合には左岸側ステップで圧力は０m、中央のステップでは－0.４mと負圧になつていることがわかる。

図－４１に示される水叩き内の平均水面曲線において、同じくCase ３の場合、ステップの下流端には水叩き底面から約７mの水深がある。これはステップの上面からは5.５mの水位となりステップの下流の壁面にもこの程度の静水圧が働いているはずである。それにもかかわら

ず、全圧力が0～－0.4mという値が測定されたということはこの差が負の動水圧によるものであることを示すものであろう。

ステップ下流の壁面に最も大きな負圧が発生すると予想されるのは壁面の最上部であるが、模型実験においては、圧力測定管を設置する時に測定管の直径の関係で模型の寸法にして約7mmほど下がつた位置が測定可能な限界であり、問題となる最上部の測定を行なうことは不可能であつた。したがつて、前記の測定結果から予想するよりほかに方法がない。

ステップの下流の壁面の圧力分布は最上部において最低の圧力を示し、少し位置が下ると急激に増加して静水圧の値に接近するであろうということが予想される。したがつて、測定不可能であつたステップ壁面の最上部の圧力は測定された値よりもずつと低い値を示すことが予想される。

さらに、もし、自然下流水位が何かの原因で低下することがあれば、跳水始端は下流に移動し、ステップ下流端の水位が低下するので静水圧が減少する。この場合、その減少した値はそのまま負圧としてあらわれることになる。

また、余水吐放流可能流量として考えた3,000m^3/sを放流する場合には、上記の状態はより悪化することになる。

以上の理由により左右および中央の各ステップの下流の壁面に、圧力の低下を防止するための給気設備を施すことが望ましい。

5) 水叩き内および水叩き下流の流速分布

a) 水叩き内の流速分布測定

水叩き内の流速分布を図－52に示す位置について測定を行なつた。

その結果を図－53、54、55および表－44、45、46に示す。この中で流向として記録されているものは下流の方向を0°とし右まわりに360°までの度数で示し、そのうち90°～270°までのものについては流速の値に－の符号をつけている。なお、流速の値は流向の方向についての値である。

Case 1、2および3とも、水叩きの上流部では約25m／s前後の高速流が記録されており、下流に行くにしたがつて減少していることがわかる。シル上の左岸側には上流方向に向う逆流になる部分もあり、この逆流の最大のものはCase 1の場合、約8m／sにもおよんでいる。

シルを越流する水流の最大流速はCase 3が最大で8.9m／s、Case 2およびCase 1ではそれぞれ7.9m／s、6.9m／sと流量の減少にともなつて最大流速も減少していることがわかる。

b) 水叩き下流部の流速分布測定

水叩き下流の流速分布を水叩き下流100m の範囲で、図－56に示す位置において測定した。

その結果を図－57、58、59および表－47、48、49に示す。

これを見るとCase 1、2および3とも、シルを越流する水流の最大流速は6.6m／s、7.9m／sおよび8.9m／sとかなりの流速を持つているが、原河道に入るとともに流速は減少し、シルの下流20mの位置の最大流速は4.9m／s、6.0m／sおよび6.8m／sとなつており、100m下流では3.8m／s、5.2m／sおよび5.6m／sまで流速が減少している。この程度の流速であれば、ほぼ原河道の時の流速にまで減勢されていると考えてよいであろう。

6) 発電所放水路内の水位測定

水叩きの左岸側に発電所の放水路が設置されることになり、その出口が水叩きのすぐ下流にあるため、放流時にこの放水路内に逆流する水流によつて水位が上昇することが予想されるのでこれについて測定を行なうこととする。

放水路について詳細図を図－60および図－61に、水位の測定位置について図－62に示す。

測定結果は図－63および表－50に示す。

これによると、Case 3、すなわちQ＝2,000m³／s の場合に左岸側で、最も高い擁壁の天端EL.145.0mをこえる水位が記録されており、この点について配慮する必要がある。

第8章　結　言

以上、各設計案に対して実験によつて調査を行なつた結果をまとめると次のようになる。なお、最終設計案の余水吐形状図は図－11、12、13および図－15、16に示している。

1. 余水吐放流能力についての調査結果

1）ゲート全開時について

最終設計案による堤頂越流部および孔口部のゲート全開時の放流能力は貯水位を計画高水位のEL.171.00mとした時、約2,800m³／s、異常高水位のEL.173.60mでは約4,160m³／sであり、異常洪水量の2,500m³／s、さらに余水吐の可能放流容量として設計時に考慮した3,000m³／sも充分に放流しうる。

また、計画高水位、EL.171.00mの時の孔口部のみの放流能力はゲート全開時に約880m³／s（部分模型の測定結果による）であり、計画放流量の700m³／sを充分放流しうる。

最終的に決定された堤頂越流部および孔口部のゲートを全開した時の貯水位と流量の関係は図－22および表－8、表－13に示す。なお、両者を同時に放流する時の関係は、表－8と表－13の測定値を加え合せたものである。

2）ゲート調節操作時について

最終設計案による堤頂越流部および孔口部のゲート調節操作時の貯水位と流量の関係は、堤頂越流部については図－19および表－10、11に、孔口部については図－21および表－15、16に示す。

2. 余水吐越流面形状、孔口内部形状および越流部の導流壁高についての調査結果

1）堤頂越流面形状について

最終設計案の堤頂越流面形状は自由越流時およびゲート調節操作時のどのような場合においても許容負圧（－3m水頭）をこえる負圧が発生する個所はなく、空洞現象に対する安全性が確認された。

2）孔口内部形状および孔口部下流底面形状について

最終設計案の孔口内部形状および孔口部下流底面形状は、ゲート全開時およびゲート調節操作時のどのような場合においても許容負圧（－3m水頭）をこえる負圧が発生する個所はなく、空洞現象に対する安全性が確認された。

3）越流部の導流壁高について

最終設計案の越流部の導流壁高は、貯水位を計画高水位のEL.171.00mとし、堤頂越流部および孔口部を全開にした状態で放流した場合、導流壁天端までの余裕は約2m、水面と越流部ゲートのピンとの距離は約3.5mあり、いずれに対しても充分な設計である。なお、この時の流量は約3,200m³/s である。(図－26参照)

4）孔口部の水脈について

最終設計案の孔口部の下流の水脈の水面と孔口部ゲートのピンとの距離は約1.5mあり充分である。(図－27参照)

3. 減勢工に関する調査結果

減勢工の設計対称流量を200年確率洪水の2,000m³/s とし、計画放流量700m³/s および1,500m³/s の3通りについて減勢工の機能調査を行なつた。

1）水叩き内の流況について

最終案減勢工における700m³/sおよび2,000m³/s の放流時の流況は最終案減勢工についての調査のところで詳しく説明しているのでここでは省略する。要するに流況観察による水叩きの減勢効果はほぼ満足出来る状態にあるといえる。

2）水叩きの導流壁高について

最終設計案水叩きの導流壁高は流量が700m³/s および1,500m³/s の場合は完全に水脈を水叩き内に収容する能力を持つているが、2,000m³/s の場合には、時々最高水位が導流壁の天端をこえて導流壁外に落下する様子が観察された。（図－41参照） しかし、平均水面は導流壁の天端から1.5～1.0m低い位置であり、2,000m³/s という放流量が200年確率洪水であることを考慮すれば、この程度の流況は容認されるもの

と考える。ただ、導流壁の天端を越えた水が発電所の放水路内に落下する左岸側はよいとしても、右岸側は落下する水が直接山肌を洗うことになるので、ダムおよび附属構造物の安全をはかるため、この部分の山肌を何らかの方法で保護することが望ましい。

3) シルについて

最終設計案シルは減勢工設計対称流量の 2,000m^3/s においては、下流水位がいくら低下しても水脈が飛散の状態を生じることはない。

シル面上の圧力は、一部で動水圧が負圧になつている個所もあるが、静水圧を考慮すれば負圧となる点はなく、空洞現象に対しても安全であると考えられる。

4) 導流ステップについて

堤頂越流部および孔口部から流出する水脈の厚さが異なるため、水叩き内の横断方向の水面形の乱れが大きく、これを軽減することが出来れば減勢上大いに有利である。このために堤頂越流部の堤趾部に導流ステップを設けることとした。

最終設計案導流ステップによつて水叩き内に流入する水脈の横断方向の水面形は図－４９および５０に示されるように乱れの少ないものとなり、導流ステップを設置した目的は満足された。

導流ステップの下流の壁面には大きな発生が予想され、空洞現象を生じる危険性があるので、この部分に給気設備を施すことが望ましい。

現場工事事務所からの要望により、ブロックジョイントの関係で導流ステップの一部を省略した（図－１２参照）が、この影響はほとんどないことを実験によつて確認した。

5) 水叩き内および水叩き下流の流速、さらに発電所の放水路内の水位について

最終設計案水叩きについて水叩き内の流速および水叩き下流の流速を測定したが、これについては特に問題はなく、ほぼ原河道時の流速に近い値まで減勢されている。

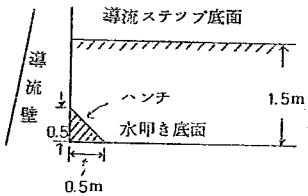
発電所の放水路内の水位については、2,000m^3/s の放流時に放水路出口からの逆流によつて、左岸側の擁壁（EL.145.0m）をこえる水位が

時々観測されたので、これに対する配慮が必要である。

6）水叩き導流壁の立ち上りの部分にハンチを設けることについて

現場工事事務所から水叩き導流壁の設置のため、その立ち上りの部分に0.5mの45°のハンチを設けたいという要望があり、これが水理的にどんな影響があるかを調査した。

模型に右図に示すようなハンチを取付け流況を観察した結果、水叩き始端の直上流部まで導流壁にそつて設置されている導流ステップの下流側の壁面の高さが1.5mあるため、0.5mのハンチはこのかげにかくれてしまい、ほとんど流況には影響を与えないことがわかつた。



あ と が き

以上で四十四田ダム水理模型実験の結果報告を終る。

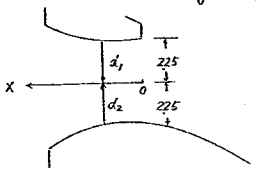
本実験は昭和38年1月から昭和40年2月までの2年余りの期間を要した。この間の実験結果の資料は膨大なものになり、本報告には必要なものだけを記載したわけであるが、これらの割愛された資料は当分の間土木研究所に保管することとする。

表－4　孔口部下流底面圧力推定値

断面番号	水平距離 X (m)	曲率半径 R (m)	平均流速 V(m/sec)	平均水深 h (m)	底面圧力 P_b/w(m水頭)	鉛直距離 Y (m)	標高 EL. (m)
0	0	23.23	18.26	4.583	−1.47	0	150.000
1	1.0	24.75	18.27	4.581	−1.23	0.022	149.978
2	2.0	26.29	18.30	4.573	−1.04	0.086	149.914
3	3.0	27.88	18.34	4.563	−0.87	0.194	149.806
4	4.0	29.48	18.41	4.546	−0.72	0.344	149.656
5	5.0	31.13	18.49	4.526	−0.60	0.538	149.452
6	6.0	32.79	18.59	4.502	−0.50	0.775	149.225
7	7.0	34.49	18.71	4.473	−0.41	1.054	148.946
8	8.0	36.21	18.85	4.440	−0.34	1.377	148.623
9	9.0	37.97	19.00	4.405	−0.29	1.743	148.257
10	10.0	39.75	19.17	4.366	−0.24	2.152	147.848
11	11.0	41.56	19.36	4.323	−0.21	2.604	147.396
12	12.0	43.39	19.56	4.279	−0.19	3.099	146.901
13	13.0	45.25	19.78	4.231	−0.17	3.637	146.363
14	14.0	47.13	20.01	4.182	−0.16	4.218	145.782
15	15.0	49.05	20.25	4.133	−0.16	4.842	145.158
16	16.0	50.99	20.52	4.079	−0.16	5.509	144.491
17	17.0	52.93	20.79	4.025	−0.17	6.219	143.781
18	18.0	54.93	21.07	3.972	−0.18	6.972	143.028
19	19.0	56.94	21.37	3.916	−0.19	7.769	142.231
20	20.0	58.97	21.68	3.860	−0.21	8.608	141.392

表－5　　改良案ベルマウス楕円曲線形状

$$\frac{X^2}{a_0^2} + \frac{Y^2}{(a_0/4)^2} = 1$$



$a_0 = 4.75m$（孔口側面および下面）

$= 6.00m$（上面）

単位：m

$a_0 = 4.75$		$a_0 = 6.00$		高　さ		巾	隅取半径
X	Y	X	Y	d_1	d_2	b	r
0	1.188	1.25	1.467	2.250	2.250	5.500	0.000
0.4	1.183	1.65	1.442	2.275	2.255	5.510	0.136
0.8	1.171	2.05	1.410	2.307	2.267	5.534	0.273
1.2	1.149	2.45	1.369	2.348	2.289	5.578	0.409
1.6	1.118	2.85	1.320	2.397	2.320	5.640	0.546
2.0	1.077	3.25	1.261	2.456	2.361	5.722	0.682
2.4	1.025	3.65	1.191	2.526	2.413	5.826	0.819
2.8	0.959	4.05	1.107	2.610	2.479	5.958	0.955
3.0	0.921	4.25	1.059	2.658	2.517	6.034	1.023
3.2	0.878	4.45	1.006	2.711	2.560	6.120	1.092
3.4	0.829	4.65	0.948	2.769	2.609	6.218	1.160
3.6	0.775	4.85	0.883	2.834	2.663	6.326	1.228
3.8	0.713	5.05	0.810	2.907	2.725	6.450	1.296
4.0	0.640	5.25	0.726	2.991	2.798	6.596	1.365
4.2	0.555	5.45	0.627	3.090	2.883	6.766	1.433
4.3	0.505	5.55	0.570	3.147	2.933	6.866	1.467
4.4	0.447	5.65	0.505	3.212	2.991	6.982	1.501
4.5	0.380	5.75	0.428	3.289	3.058	7.116	1.535
4.6	0.296	5.85	0.333	3.384	3.142	7.284	1.569
4.7	0.172	5.95	0.193	3.524	3.266	7.532	1.603
4.75	0.000	6.00	0.000	3.717	3.438	7.876	1.620

表－6　堤頂越流面座標表

単位：m

X	Y	X	Y
1.0	0.07119	10.0	4.4911
2.0	0.2477	11.0	5.3316
3.0	0.5142	12.0	6.2356
4.0	0.8631	13.0	7.2020
5.0	1.2897	14.0	8.2296
6.0	1.7907	15.0	9.3178
7.0	2.3633	16.0	10.466
8.0	3.0055	17.0	11.672
9.0	3.7153	17.242	11.973

表－8　堤頂越流部自由越流時の貯水位、流量および越流係数表（原設計案）

貯水位 EL.（m）	越流水深 H（m）	流量 Q（m^3／sec）	越流係数 C	H／Hd	C／Cd
159.596	0.569	15	1.208	0.049	0.612
160.104	1.104	38	1.213	0.090	0.615
160.632	1.632	93	1.652	0.133	0.838
161.192	2.192	149	1.701	0.178	0.862
161.624	2.624	209	1.821	0.213	0.924
162.108	3.108	269	1.818	0.253	0.922
162.508	3.508	333	1.877	0.285	0.952
163.020	4.020	410	1.884	0.327	0.955
163.496	4.496	491	1.908	0.366	0.967
164.000	5.000	588	1.948	0.407	0.988
164.404	5.404	673	1.984	0.439	1.006
164.968	5.968	765	1.943	0.485	0.986
165.644	6.644	897	1.940	0.540	0.984
166.400	7.400	1060	1.950	0.602	0.989
167.032	8.032	1218	1.982	0.653	1.005
167.504	8.504	1329	1.985	0.691	1.007
168.632	9.632	1610	1.995	0.783	1.012
169.708	10.708	1900	2.008	0.871	1.018
170.724	11.724	2175	2.007	0.953	1.018
171.576	12.576	2412	2.003	1.022	1.016
172.332	13.332	2685	2.043	1.084	1.036
172.992	13.992	2895	2.049	1.138	1.039
173.356	14.356	3045	2.073	1.167	1.051
173.716	14.716	3186	2.090	1.196	1.060

註）　Hd＝12.3m、Cd＝1.972　として計算した。
越流頂標高は　EL. 159.0m
堤頂越流巾　B＝9×3＝27（m）

表－9　堤頂越流部自由越流時貯水位流量および越流係数表（最終設計案）

貯水位 EL.（m）	越流水深 H(m)	流量 Q(m^3/sec)	越流係数 C	H/Hd	C/Cd
161.340	2.340	136	1.807	0.146	0.666
163.768	4.768	474	1.686	0.298	0.798
167.060	8.060	1125	1.821	0.504	0.862
170.024	11.024	1890	1.912	0.689	0.905
171.976	12.976	2500	1.981	0.811	0.938

註）Hd＝16.0m、Cd＝2.112として計算した

越流頂標高は　EL. 159.0m

堤頂越流巾　B＝9×3＝27（m）

表－１０　堤頂越流部ゲート調節操作時の水位－流量測定表（原設計案）

H (m)	Q(m³/sec)
開度 1.000m	
2.856	123
3.712	146
5.092	180
7.368	217
8.744	242
9.056	248
10.220	262
11.712	283
12.248	292
14.312	316
開度 2.000m	
3.320	238
3.876	265
4.848	312
6.048	362
7.352	413
8.548	448
10.092	494
12.024	552
13.888	591
開度 3.000m	
4.443	380
5.132	425
6.052	482
7.548	558
9.364	646
11.088	722
12940	797
14.864	861

H (m)	Q(m³/sec)
開度 4.000m	
5.436	561
6.588	645
7.796	730
9.420	844
11.096	946
13.232	1081
15344	1190
開度 5.000m	
7.072	830
7.492	872
8.424	945
9.688	1064
10.888	1135
12.016	1231
13.504	1350
開度 6.000m	
7.880	1035
8.684	1122
9.148	1162
9.824	1235
10.944	1342
12.056	1436
13.412	1553
14.760	1668

H (m)	Q(m³/sec)
開度 7.000m	
9.150	1.298
10.140	1415
11.048	1518
12.064	1625
13.108	1721
14.260	1837
15.236	1942
開度 8.000m	
10.532	1606
12.580	1855
13.560	1975
14.832	2135
開度 9.000m	
11.796	1965
12.964	2135
14.096	2300
15.160	2940

表－１１　堤頂越流部ゲート調節操作時の水位 － 流量測定表（最終設計案）

H (m)	Q(m^3/sec)
開度 1.000m	
4.340	160
6.300	202
10.980	276
13.840	304
開度 3.000m	
4.780	404
6.760	522
9.700	667
12.180	770
14.070	838
開度 8.000m	
10.800	1650
11.780	1758
13.070	1916
15.550	2206

表－１２　孔口部ゲート全開時の水位、流量表（全体模型）（改良設計案）

貯水位 EL. (m)	孔口中心からの水深 H_0 (m)	流量 Q(m^3/sec)
150.280		12
151.650		55
152.940		100
154.240		185
155.750	3.500	300
157.110	4.860	400
158.850	6.600	495
159.490	7.240	530
161.930	9.680	650
163.800	11.550	720
165.230	12.980	765
166.550	14.300	805
168.010	15.760	845
170.420	18.170	920
172.870	20.620	980

表－１３　孔口部ゲート全開時の水位、流量、流出係数表（部分模型）（改良設計案）

貯水位 EL.（m）	孔口中心からの水深 H_0（m）	流量 Q（m^3/sec）	流出係数 C_0	Hc/a_0
151.288	－ 0.962	24		0.286
152.500	0.250	70		0.556
153.780	1.530	135		0.840
155.105	2.855	225		1.134
156.275	4.025	321	0.730	1.394
156.950	4.700	365	0.768	1.544
157.560	5.310	404	0.800	1.680
158.963	6.713	476	0.838	1.992
160.500	8.250	550	0.874	2.333
161.893	9.643	608	0.893	2.643
162.775	10.525	644	0.906	2.839
163.313	11.063	666	0.914	2.958
164.025	11.775	690	0.918	3.117
165.280	13.030	734	0.928	3.396
166.563	14.313	776	0.936	3.681
167.888	15.638	815	0.940	3.975
168.925	16.675	848	0.948	4.206
170.138	17.888	890	0.960	4.475
171.000	18.750	914	0.963	4.667
171.813	19.563	935	0.965	4.847
172.550	20.300	955	0.967	5.011
173.663	21.413	984	0.970	5.258

表－１４　孔口部ゲート全開時の水位、流量表（部分模型）（最終設計案）

貯水位 EL.（m）	孔口中心からの水深 H_0（m）	流量 Q（m^3/sec）
151.788	－ 0.462	42
153.125	0.875	104
154.913	2.663	214
155.888	3.638	292
159.123	6.873	490
161.150	8.900	586
164.813	12.563	720
166.275	14.025	768
168.775	16.525	848
171.425	19.175	928

表－15　孔口部ゲート調節操作時の水位、流量表（部分模型）（改良設計案）

ゲート開度 (m)	貯水位 EL.(m)	水頭 (m)	流量 (m^3/sec)	摘要
1	152.013	1.583	36	出口中心標高＝EL. 150.430 m
	153.075	2.645	48	孔口下面の頂点＝EL. 150.000 m
	154.700	4.270	64	
	156.400	5.970	76	
	157.338	6.908	84	
	159.150	8.720	94	
	160.463	10.033	102	
	161.825	11.395	112	
	163.525	13.095	120	
	164.675	14.245	122	
	166.113	15.683	130	
	167.800	17.370	142	
	169.350	18.920	144	
	171.000	20.570	152	
	172.188	21.750	156	
	173.150	22.720	162	
	174.000	23.570	166	
2	153.100	2.157	86	出口中心標高＝EL. 150.943 m
	154.900	3.957	120	
	156.625	5.682	150	
	157.938	6.995	170	
	160.363	9.420	200	
	161.875	10.932	214	
	163.525	12.582	230	
	165.550	14.607	246	
	166.700	15.757	254	
	169.425	18.482	274	
	171.000	20.057	288	
	172.063	21.120	292	
	172.750	21.807	296	
	174.120	23.177	304	

表－１５のつづき

ゲート開度 (m)	貯水位 EL.(m)	水頭 (m)	流量 (m^3/sec)	摘要
3	154.405	2.960	150	出口中心標高＝ EL. 151.445 m
	155.723	4.278	186	
	156.950	5.505	220	
	158.625	7.180	252	
	159.813	8.368	272	
	161.870	10.425	316	
	163.575	12.130	340	
	165.350	13.905	368	
	165.963	14.518	378	
	168.238	16.793	400	
	169.700	18.255	416	
	170.963	19.518	440	
	172.550	21.105	456	
	174.120	22.675	476	
4	155.545	3.597	234	出口中心標高＝ EL. 151.948 m
	156.813	4.865	300	
	159.088	7.140	380	
	160.958	9.010	434	
	162.875	10.927	488	
	164.813	12.865	536	
	166.550	14.602	578	
	169.145	17.197	628	
	171.038	19.090	664	
	172.125	20.177	680	
	174.300	22.352	712	

表－１６　孔口部ゲート調節操作時の水位、流量表
（部分模型）（最終設計案）

ゲート開度 (m)	貯水位 EL.(m)	水頭 (m)	流量 (m^3/sec)	摘要
1	154.020	3.590	56	孔口下面の頂点＝EL. 150.000 m
	158.500	8.070	92	出口中心標高＝EL. 150.430 m
	165.210	14.780	126	
	171.520	21.090	156	
2	154.150	3.207	106	出口中心標高＝EL. 150.943 m
	156.025	5.082	140	
	158.713	7.770	182	
	162.975	12.032	226	
	165.850	14.907	250	
	169.900	18.957	284	
	172.538	21.595	298	
3	155.538	4.093	182	出口中心標高＝EL. 151.445 m
	160.438	8.993	292	
	169.950	18.505	424	
4	156.225	4.277	268	出口中心標高＝EL. 151.948 m
	157.450	5.502	316	
	163.825	11.877	516	
	169.725	17.777	636	
	171.588	19.640	668	
	172.875	20.927	688	

表－１７　原案提頂越流部全開＋改良案孔口部全開時の水位流量表（全体模型）

貯水位 EL.(m)	堤頂からの水位 (m)	流量 (m^3/s)
159.864	0.864	587
160.632	1.632	673
161.412	2.412	797
163.240	4.240	1150
164.968	5.968	1527
166.344	7.344	1858
167.728	8.728	2210
169.272	10.272	2670
170.516	11.516	3058
172.248	13.248	3615
173.820	14.820	4223

表－１８　最終案提頂越流部全開＋改良案孔口部全開時の水位流量表（全体模型）

貯水位 EL.(m)	堤頂からの水位 (m)	流量 (m^3/s)
159.732	0.732	528
160.692	1.692	660
161.468	2.468	758
162.088	3.088	867
163.168	4.168	1055
163.404	4.404	1120
165.328	6.328	1500
165.672	6.672	1605
167.576	8.576	2100
167.680	8.680	2115
168.708	9.708	2408
169.124	10.124	2540
170.140	11.140	2879
170.656	11.656	3033
172.248	13.248	3632
172.460	13.460	3635
173.344	14.344	3950
173.532	14.532	4075

表－１９　堤頂越流面圧力分布表（径間中央部）

測点番号	ダム軸からの追加距離	測点位置の標高	圧力水頭（ゲート開度 全開）	圧力水頭（ゲート開度 1.0 m）	圧力水頭（ゲート開度 2.0 m）	圧力水頭（ゲート開度 3.0 m）
	(m)	EL. (m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	－0.563	157.889	8.191	13.111	12.631	12.051
2	0.237	158.507	4.657	12.393	11.620	9.933
3	1.037	158.788	2.972	11.952	10.332	8.312
4	1.837	158.948	2.072	11.112	8.712	6.752
5	2.637	159.000	0.880	9.140	5.460	4.060
6	3.437	158.952	0.428	4.348	2.588	2.088
7	4.237	158.834	0.166	0.426	－0.014	0.386
8	5.037	158.656	0.124	－0.076	－0.216	－0.256
9	5.837	158.422	－0.082	－0.182	－0.422	－0.562
10	6.637	158.137	－0.157	－0.097	－0.277	－0.437
11	7.437	157.802	－0.140	0.138	0.078	－0.142
12	8.237	157.418	－0.258	0.082	0.002	－0.138
13	9.037	156.989	－0.329	0.151	0.071	－0.059
14	9.837	156.514	－0.374	0.106	0.106	－0.054
15	10.637	155.994	－0.380	0.240	0.266	0.136
16	12.237	154.827	－0.324	0.233	0.253	0.333
17	13.837	153.493	－0.173	0.447	0.307	0.237
18	15.437	151.996	0.064	0.424	0.384	0.344
19	17.037	150.342	0.578	0.498	0.558	0.598
20	18.637	148.534	0.114	－0.034	0.052	－0.046
貯水位 (m)			EL. 173.600	EL. 171.000	EL. 171.000	EL. 171.000

表－２０　堤頂越流面圧力分布表（径間中央部）（最終設計案）

測点番号	ダム軸からの追加距離	測点位置の標高	圧力水頭			
			原設計案	最終設計案		
			全開	全開	ゲート開度1.0m	ゲート開度3.0m
	(m)	EL.(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	－ 3.530	157.389	8.411			
2	－ 3.200	157.889	7.711			
3	－ 2.400	158.507	4.853			
4	－ 1.600	158.788	3.652	4.732	11.572	9.052
5	－ 0.800	158.948	2.492	3.732	10.772	7.032
6	0	159.000	1.800	2.320	9.060	4.600
7	0.800	158.952	1.288	1.968	4.368	2.688
8	1.600	158.834	1.366	1.906	1.166	1.386
9	2.400	158.656	0.904	1.744	0.264	0.384
10	3.200	158.422	0.418	0.578	－ 0.450	－ 0.782
11	4.000	158.137	0.223	0.643	－ 0.197	－ 0.537
12	4.800	157.802	0.278	0.278	－ 0.522	－ 0.902
13	5.600	157.418	0.222	0.402	－ 0.058	－ 0.458
14	6.400	156.989	－ 0.149	－ 0.700	－ 1.090	－ 1.240
15	7.200	156.514	－ 0.046	－ 0.480	－ 0.890	－ 1.003
16	8.000	155.994	－ 0.314	0.086	－ 0.154	－ 0.394
17	9.600	154.827	0.173	－ 0.187	－ 0.387	－ 0.090
18	11.200	153.493	0.387	－ 0.253	－ 0.613	－ 0.573
19	12.800	151.996	0.324	0.650	1.190	0.900
20	14.400	150.342	－ 0.342	－ 0.102	0.262	－ 0.322

註）貯水位は全て　EL.171.00m

表－21　孔口内部および下流底面圧力測定点位置座標表（部分模型）（改良設計案）

原点はダム軸より下流3mの孔口出口の下面中心とした。

測点番号	X (m)	Y (m)	Z (m)	標高 EL.(m)	摘要
1	－4.750	－5.967	0	155.967	上面ベルマウス部（始端）
2	－4.000	－5.241	0	155.241	〃
3	－3.200	－4.961	0	154.961	〃
4	－2.400	－4.776	0	154.776	〃
5	－1.600	－4.647	0	154.647	〃
6	－0.800	－4.557	0	154.557	〃
7	－4.750	－5.492	3.463	155.492	上部ベルマウス隅角部（始端）
8	－4.000	－4.841	2.898	154.841	〃
9	－3.200	－4.641	2.740	154.641	〃
10	－2.400	－4.536	2.673	154.536	〃
11	－1.600	－4.487	2.660	154.487	〃
12	－0.800	－4.364	2.687	154.364	〃
13	－4.750	－2.250	3.938	152.250	側面ベルマウス部（始端）
14	－4.000	－2.250	3.298	152.250	〃
15	－3.200	－2.250	3.060	152.250	〃
16	－2.400	－2.250	2.913	152.250	〃
17	－1.600	－2.250	2.820	152.250	〃
18	－0.800	－2.250	2.767	152.250	〃
19	0	－2.250	2.750	152.250	〃（終端）
20	－4.750	0.713	3.463	149.287	下部ベルマウス隅角部（始端）
21	－4.000	0.148	2.898	149.852	〃
22	－3.200	－0.010	2.740	150.010	〃
23	－2.400	－0.077	2.673	150.077	〃
24	－1.600	－0.090	2.660	150.090	〃
25	－0.800	－0.063	2.687	150.063	〃
26	0	0	0	150.000	〃（終端）
27	－4.750	1.188	0	148.812	下部ベルマウス部（始端）
28	－4.000	0.548	0	149.452	〃
29	－3.200	0.310	0	149.690	〃
30	－2.400	0.163	0	149.837	〃
31	－1.600	0.070	0	149.930	〃
32	－0.800	0.017	0	149.983	〃
33	0	0	0	150.000	〃（終端）
34	1.500	0.048	0	149.952	下流底面
35	3.000	0.194	0	149.806	〃
36	5.000	0.538	0	149.462	〃
37	8.000	1.377	0	148.623	〃
38	11.000	2.604	0	147.396	〃
39	14.000	4.218	0	145.782	〃
40	17.000	6.219	0	143.781	〃
41	20.000	8.608	0	141.392	〃（曲線部終端）

表－22　孔口内部および下流底面圧力分布測定値（部分模型）（改良設計案）

測点番号	ダム軸より下流3.0mの孔口部出口からの追加距離(m)	測点位置 標高 EL.(m)	圧力水頭 (m) (ゲート開度) 全開＝4.6m	4.1m	4.0m	3.0m	2.0m	1.0m
1	－4.750	155.967	10.858	12.558	12.958	14.096	14.508	14.883
2	－4.000	155.241	5.459	9.734	10.809	13.659	14.800	15.484
3	－3.200	154.961	3.914	9.064	10.314	13.727	14.914	15.764
4	－2.400	154.776	2.700	8.549	9.824	13.874	15.124	15.949
5	－1.600	154.647	1.053	8.553	10.103	14.378	15.353	16.128
6	－0.800	154.557	－0.307	10.093	11.968	15.193	15.668	16.243
7	－4.750	155.492	13.383	14.083	14.383	14.750	14.971	15.421
8	－4.000	154.841	4.159	8.984	10.034	13.634	14.834	15.834
9	－3.200	154.641	2.059	8.034	9.259	13.534	14.959	16.034
10	－2.400	154.536	1.500	8.089	9.489	13.752	15.114	16.177
11	－1.600	154.487	0.838	8.363	10.688	14.313	15.413	16.251
12	－0.800	154.364	0.761	9.886	13.486	15.549	15.849	16.461
13	－4.750	152.250	11.625	14.450	15.275	17.163	17.725	18.563
14	－4.000	152.250	6.750	11.425	12.700	15.975	17.288	18.425
15	－3.200	152.250	5.375	10.575	12.050	15.613	17.075	18.375
16	－2.400	152.250	3.400	9.375	11.025	15.038	16.838	18.305
17	－1.600	152.250	1.850	8.050	9.950	14.288	16.550	18.200
18	－0.800	152.250	0.125	6.200	7.975	12.725	15.950	18.050
19	0.	152.250	0.220	5.075	6.325	9.738	14.525	17.850
20	－4.750	149.287	17.038	18.838	19.788	20.601	20.888	21.563
21	－4.000	149.852	5.648	11.473	12.748	17.186	19.073	20.623
22	－3.200	150.010	3.100	9.515	11.315	16.065	18.465	20.275
23	－2.400	150.077	3.320	9.848	11.423	15.773	18.173	20.186
24	－1.600	150.090	2.300	8.735	10.210	14.535	17.385	19.910
25	－0.800	150.063	1.437	7.087	8.337	12.537	15.987	19.387
26	0.	150.000	1.450	6.575	7.775	10.975	13.813	18.300
27	－4.750	148.812	12.938	16.863	17.813	20.101	20.938	21.913
28	－4.000	149.452	8.373	13.298	14.623	18.261	19.723	21.098
29	－3.200	149.690	7.135	12.710	13.935	17.535	19.260	20.773
30	－2.400	149.837	5.863	11.463	12.713	16.613	18.701	20.488
31	－1.600	149.930	4.270	9.870	11.195	15.298	17.845	20.158
32	－0.800	149.983	2.967	8.092	9.592	13.417	16.480	19.680
33	0.	150.000	－0.500	5.475	6.500	10.100	13.275	18.138
34	1.500	149.952	－0.750	3.398	3.848	5.062	5.723	7.361
35	3.000	149.806	－1.406	0.819	0.969	1.007	0.469	－0.081
36	5.000	149.462	－1.187	0.488	0.463	0.265	－0.162	－0.050
37	8.000	148.623	－1.373	－0.648	－0.873	－0.598	－0.373	－0.236
38	11.000	147.396	－1.021	－0.271	－0.496	－0.359	－0.196	－0.046
39	14.000	145.782	－0.907	－0.207	－0.418	－0.307	－0.207	－0.107
40	17.000	143.781	－0.156	0.319	0.044	0.206	0.194	0.244
41	20.000	141.392	2.308	3.483	3.208	3.195	2.858	2.370

註）貯水位はいずれもEL.171.00mとする。

表－２３　越流水面形測定表

貯水位＝EL. 171.000 m
堤頂越流部および孔口部ゲート全開

測点番号	ダム軸からの追加距離	測点位置越流面標高	橋台および導流壁そい	橋脚そい	径間中央
	(m)	EL. (m)	EL. (m)	EL. (m)	EL. (m)
－5	－ 11.000	———	———	———	170.907
－4	－ 8.000	———	———	———	170.823
－3	－ 5.000	———	———	———	170.580
－2	－ 1.750		170.123	171.091	170.079
－1	－ 1.000		169.519	170.811	169.955
0	0	158.376	168.659	170.091	169.480
1	1.000	158.778	167.750	169.650	169.062
2	2.000	158.967	167.459	169.583	168.891
3	5.000	158.665	166.535	167.927	167.183
4	8.000	157.537	165.639	166.371	165.403
5	11.000	155.745	164.763	164.383	163.231
6	14.000	153.348	163.215	161.879	160.759
7	17.000	150.382	161.451	159.063	157.751
8	20.000	146.875	158.511	———	154.963
9	23.000	143.150	155.495	———	150.399
10	26.000	139.400	151.475	———	147.139
11	29.000	136.227	147.855	———	143.183
12	32.000	133.748	143.359	———	———
13	35.000	131.970	137.851	———	———
14	38.000	130.816	135.447	———	———
15	41.000	130.177	134.211	———	———

表－２４　孔口部下流水面形測定表（部分模型）（改良設計案）

測点番号	ダム軸からの追加距離	測点位置の標高	水面形			
ゲート開度			全開＝4.604m	4.100m	3.000m	1.000m
	(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)
34	4.500	149.952	154.695			
35	6.000	149.806	154.689	153.486	152.159	150.586
36	8.000	149.462	154.800	153.007	151.902	150.255
37	11.000	148.623	154.618	152.906	151.593	149.503
38	14.000	147.396	154.316	152.250	150.806	148.514
39	17.000	145.782	153.467	151.195	149.765	147.525
40	21.000	143.781	152.354	150.011	148.611	145.986
41	23.000	141.392	151.110	148.687	147.320	144.722

註）　貯水位は全てEL.171.00mとする。

表－２５　原案水叩き導流壁そい水面形測定表

測点番号	ダム軸からの追加距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面高 Case 1 850m³/s EL.(m)		Case 2 2,000m³/s EL.(m)	
			左岸側	右岸側	左岸側	右岸側
15	41.000	130.114	139.854	139.654	141.080	140.950
16	43.133	130.000	140.840	140.760	142.180	141.600
17	48.133	130.000	142.140	142.000	144.420	144.420
18	53.133	130.000	142.500	142.800	146.500	145.850
19	58.133	130.000	142.860	143.220	147.950	147.280
20	63.133	130.000	142.640	143.100	149.060	149.600
21	68.133	130.000	142.400	142.800	150.620	150.860
22	73.133	130.000	143.280	143.460	151.700	152.400
23	78.133	130.000	143.220	143.740	152.840	153.420
24	83.133	132.000	143.420	143.740	152.400	153.000
25	88.133	135.000	142.850	143.140	150.740	151.420

註）　貯水位はいずれもEL.171.00m

表－２６　原案水叩き内横断方向水面形測定表

Case 1　流量＝８５０m^3/sec　下流水位＝模型における最低の場合

断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形 最高 EL.(m)	水面形 平均 EL.(m)
1′	38.000	0	130.816	136.696	135.556
		8.000	〃	137.688	135.188
		16.000	〃	138.888	134.800
		24.000	〃	138.528	134.824
		32.000	〃	138.488	134.696
		40.000	〃	137.960	135.144
		48.000	〃	137.616	136.096
2′	43.656	0	130.000	138.680	136.580
		8.000	〃	138.884	135.132
		16.000	〃	140.812	135.032
		24.000	〃	139.444	134.804
		32.000	〃	139.952	134.568
		40.000	〃	138.608	135.426
		48.000	〃	138.980	137.100
3′	48.133	0	130.000	140.640	137.900
		8.000	〃	139.800	135.294
		16.000	〃	139.892	134.932
		24.000	〃	139.804	136.152
		32.000	〃	141.192	134.472
		40.000	〃	140.640	135.232
		48.000	〃	139.900	137.600
4′	63.133	0	130.000	142.820	140.060
		8.000	〃	141.088	138.872
		16.000	〃	142.560	138.533
		24.000	〃	143.144	139.248
		32.000	〃	141.750	138.892
		40.000	〃	140.692	138.352
		48.000	〃	142.060	139.980
5′	73.133	0	130.000	142.180	140.040
		8.000	〃	140.928	139.240
		16.000	〃	141.524	138.912
		24.000	〃	142.288	139.408
		32.000	〃	141.096	138.692
		40.000	〃	140.792	138.772
		48.000	〃	141.980	139.640
6′	98.133	0	135.000	142.760	139.700
		8.000	〃	140.812	139.180
		16.000	〃	140.560	139.208
		24.000	〃	140.368	139.004
		32.000	〃	140.292	138.920
		40.000	〃	140.120	138.884
		48.000	〃	142.580	139.560

表－２７　原案水叩き内横断方向水面形測定表

Case 2　流量＝2,000 m^3/sec　下流水位＝模型における最低の場合

断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形 最高 EL.(m)	水面形 平均 EL.(m)
1′	38.000	0	130.816	133.816	132.996
		8.000	〃	134.040	131.938
		16.000	〃	134.620	133.184
		24.000	〃	133.300	131.816
		32.000	〃	134.704	132.900
		40.000	〃	134.320	131.920
		48.000	〃	134.140	132.856
2′	43.656	0	130.000	133.740	132.480
		8.000	〃	134.072	132.732
		16.000	〃	135.216	131.732
		24.000	〃	133.652	130.960
		32.000	〃	134.500	131.136
		40.000	〃	134.032	132.660
		48.000	〃	132.420	131.980
3′	48.133	0	130.000	135.120	132.180
		8.000	〃	135.624	133.024
		16.000	〃	134.824	131.008
		24.000	〃	135.700	133.900
		32.000	〃	134.404	131.084
		40.000	〃	136.752	133.732
		48.000	〃	136.720	131.740
4′	63.133	0	130.000	144.720	136.480
		8.000	〃	139.744	135.780
		16.000	〃	140.288	134.504
		24.000	〃	140.324	136.244
		32.000	〃	140.824	135.504
		40.000	〃	140.060	135.384
		48.000	〃	142.820	135.720
5′	73.133	0	130.000	148.260	139.660
		8.000	〃	143.412	137.896
		16.000	〃	144.084	138.208
		24.000	〃	144.240	139.084
		32.000	〃	143.980	138.404
		40.000	〃	144.516	137.860
		48.000	〃	149.120	139.340
6′	98.133	0	135.000	147.260	141.360
		8.000	〃	146.652	140.124
		16.000	〃	145.744	140.136
		24.000	〃	147.592	141.160
		32.000	〃	145.144	140.364
		40.000	〃	145.992	140.084
		48.000	〃	147.120	141.200

表－２８　原案水叩き内横断方向水面形測定表　ステップ高＝１.０m

Case 1　流量＝８５０m³/sec　下流水位＝模型における最低の場合

断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置 堤体面標高 EL.(m)	水面形 平均 EL.(m)
1′	38.000	0	131.278	137.252
		5.000	〃	135.984
		10.300	〃	135.812
		14.500	130.816	135.696
		18.200	131.278	132.943
		24.000	〃	133.324
		29.800	〃	133.186
		34.000	130.816	134.998
		37.700	131.278	135.512
		43.000	〃	135.812
		48.000	〃	136.418
2′	43.656	0	131.000	136.992
		5.000	〃	135.256
		10.000	130.000	134.584
		14.400	〃	134.120
		18.000	〃	133.832
		24.000	131.000	137.826
		30.000	130.000	133.988
		34.000	〃	134.296
		37.700	〃	134.932
		42.500	131.000	135.956
		48.000	〃	136.512
3′	48.133	0	130.000	136.392
		5.230	〃	136.836
		9.380	〃	135.986
		13.900	〃	136.344
		20.370	〃	135.736
		24.000	〃	140.130
		29.400	〃	134.602
		32.600	〃	135.104
		37.680	〃	135.856
		42.400	〃	136.028
		48.000	〃	136.216
4′	63.133	0	130.000	136.736
		8.000	〃	137.196
		16.000	〃	136.364
		24.000	〃	140.660
		32.000	〃	137.076
		40.000	〃	137.232
		48.000	〃	136.566
5′	73.133	0	130.000	138.208
		8.000	〃	138.224
		16.000	〃	138.396
		24.000	〃	139.586
		32.000	〃	133.796
		40.000	〃	137.704
		48.000	〃	138.832
6′	98.133	0	135.000	140.596
		8.000	〃	139.608
		16.000	〃	140.296
		24.000	〃	140.504
		32.000	〃	140.960
		40.000	〃	139.512
		48.000	〃	138.836

表－２９　原案水叩き内横断方向水面形測定表　ステップ高＝1.0 m

Case　　流量＝２０００m³/sec　下流水位＝模型における最低の場合

断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL. (m)	水面形平均 EL. (m)
1′	38.000	0	131.278	133.356
		5.500	〃	132.200
		10.220	〃	136.272
		14.400	130.816	134.612
		18.000	131.278	135.160
		24.000	〃	132.176
		30.000	〃	134.232
		34.000	130.816	136.932
		38.000	130.278	135.076
		43.000	〃	132.376
		48.000	〃	133.376
2′	43.656	0	131.000	133.764
		5.600	〃	133.092
		10.320	130.000	134.368
		14.400	〃	132.152
		17.800	〃	135.408
		24.000	131.000	132.096
		30.060	130.000	134.272
		34.000	〃	132.760
		38.000	〃	135.276
		43.000	131.000	132.168
		48.000	〃	132.988
3′	48.133	0	130.000	134.620
		4.220	〃	134.504
		9.900	〃	135.432
		13.400	〃	133.240
		18.000	〃	135.336
3′	48.133	24.000	130.000	134.256
		29.000	〃	135.436
		34.100	〃	133.772
		39.050	〃	135.572
		43.100	〃	133.676
		48.000	〃	134.028
4′	63.133	0	130.000	138.136
		8.000	〃	138.432
		16.000	〃	137.876
		24.000	〃	137.916
		32.000	〃	137.976
		40.000	〃	137.380
		48.000	〃	137.708
5′	73.133	0	130.000	140.752
		8.000	〃	139.912
		16.000	〃	140.416
		24.000	〃	140.824
		32.000	〃	139.692
		40.000	〃	140.200
		48.000	〃	140.512
6′	98.133	0	135.000	143.056
		8.000	〃	141.840
		16.000	〃	142.376
		24.000	〃	143.168
		32.000	〃	142.612
		40.000	〃	142.416
		48.000	〃	142.680

表－３０　原案水叩き内横断方向水面形測定表　　ステップ高＝1.5m

Case 1　流量＝８５０m³/sec　下流水位＝模型における最低

断面番号	ダム軸からの追加距離	水叩き左岸側導流壁面からの距離	測定位置堤体面標高	水面形平均	断面番号	ダム軸からの追加距離	水叩き左岸側導流壁面からの距離	測定位置堤体面標高	水面形平均
	(m)	(m)	EL.(m)	EL.(m)		(m)	(m)	EL.(m)	EL.(m)
		0	131.595	135.112	3′	48.133	24.000	130.000	140.208
		6.250	〃	135.032			27.900	〃	133.036
		9.550	〃	134.844			33.700	〃	134.192
		14.500	130.816	134.184			37.400	〃	136.576
		18.200	131.595	132.403			42.450	〃	137.732
1′	38.000	24.000	〃	131.912			48.000	〃	136.216
		29.900	〃	132.272			0	130.000	135.828
		33.600	130.816	134.628			8.000	〃	135.984
		36.200	131.595	134.832			16.000	〃	135.900
		41.000	〃	134.788	4′	63.133	24.000	〃	144.060
		48.000	〃	135.328			32.000	〃	136.176
		0	131.500	136.224			40.000	〃	137.264
		6.000	〃	136.388			48.000	〃	136.940
		10.000	130.000	134.192			0	130.000	136.828
		14.000	〃	133.952			8.000	〃	136.348
		19.500	131.500	132.768			16.000	〃	137.388
2′	43.556	24.000	〃	136.812	5′	73.133	24.000	〃	142.332
		28.300	〃	132.632			32.000	〃	137.524
		33.750	130.000	132.916			41.000	〃	136.292
		37.000	〃	134.336			48.000	〃	136.924
		40.750	131.500	135.876			0	135.000	139.904
		48.000	〃	135.456			8.000	〃	139.360
		0	130.000	137.060			16.000	〃	139.920
		5.650	〃	137.692	6′	98.133	24.000	〃	140.200
3′	48.133	10.800	〃	135.784			32.000	〃	139.260
		15.450	〃	133.436			40.000	〃	138.300
		20.650	〃	134.420			48.000	〃	139.560

表－31　原案水叩き内横断方向水面形測定表　　ステップ高＝1.5m

Case 2　流量＝2000m³/sec　下流水位＝模型における最低の場合

断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形平均 EL.(m)	断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形平均 EL.(m)
		0	131.595	133.364	3′	48.133	24.000	130.000	134.888
		5.600	〃	132.720			27.900	〃	135.284
		10.350	〃	133.896			33.950	〃	134.268
		14.100	130.816	133.372			38.950	〃	135.408
		19.100	131.595	134.464			43.950	〃	135.748
1′	38.000	24.000	〃	132.784			48.000	〃	135.804
		29.100	〃	134.088			0	130.000	138.728
		34.150	130.816	134.028			8.000	〃	138.516
		37.800	131.595	134.484			16.000	〃	138.548
		43.600	〃	132.912	4′	63.133	24.000	〃	139.504
		48.000	〃	133.784			32.000	〃	138.740
		0	131.500	133.748			40.000	〃	138.332
		5.500	〃	133.008			48.000	〃	138.700
		8.500	〃	134.920			0	130.000	140.348
		10.400	130.000	131.648			8.000	〃	140.420
		20.000	131.500	134.492			16.000	〃	140.696
2′	43.656	24.000	〃	132.284	5′	73.133	24.000	〃	141.740
		29.000	130.000	134.300			32.000	〃	140.664
		34.000	〃	130.976			40.000	〃	140.052
		39.200	131.500	134.423			48.000	〃	140.244
		43.250	〃	132.644			0	135.000	142.016
		48.000	〃	133.932			8.000	〃	141.776
		0	130.000	135.084			16.000	〃	142.572
		5.450	〃	135.716	6′	98.133	24.000	〃	143.164
3′	48.133	9.400	〃	135.396			32.000	〃	142.504
		13.900	〃	133.484			40.000	〃	141.756
		19.900	〃	135.576			48.000	〃	142.096

表－３２　原案水叩き内横断方向水面形測定表　　ステップ高＝2.0m

Case 1　　流量＝８５０m³/sec　　下流水位＝模型における最低の場合

断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形平均 EL.(m)	断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形平均 EL.(m)
		0	132.003	134.748	3′	48.133	24.000	130.000	139.612
		5.450	〃	134.825			28.500	〃	132.712
		10.400	〃	135.100			34.000	〃	134.048
		14.400	130.816	133.548			42.000	〃	136.388
		17.900	132.003	132.296			48.000	〃	136.328
1′	38.000	24.000	〃	133.044			0	130.000	136.482
		29.900	〃	132.352			8.000	〃	136.472
		34.000	130.816	133.776			16.000	〃	134.856
		38.000	132.003	135.380	4′	63.133	24.000	〃	145.268
		42.950	〃	135.268			32.000	〃	135.060
		48.000	〃	135.248			40.000	〃	135.952
		0	132.000	135.968			48.000	〃	135.668
		5.550	〃	134.968			0	130.000	136.920
		10.500	130.000	134.408			8.000	〃	137.236
		14.400	〃	133.488			16.000	〃	136.960
		17.950	〃	132.344	5′	73.133	24.000	〃	143.768
2′	43.656	24.000	132.000	136.612			32.000	〃	135.720
		30.000	130.000	132.488			40.000	〃	135.700
		34.000	〃	132.788			48.000	〃	137.460
		38.000	〃	134.168			0	135.000	139.420
		43.000	132.000	136.680			8.000	〃	139.260
		48.000	〃	136.912			16.000	〃	140.460
		0	130.000	136.392	6′	98.133	24.000	〃	141.068
		5.450	〃	137.076			32.000	〃	140.208
3′	48.133	11.500	〃	136.616			40.000	〃	138.788
		15.150	〃	133.244			48.000	〃	138.988
		21.000	〃	133.500					

表－３３　原案水叩き内横断方向水面形測定表　　ステップ高＝2.0m

Case 2　流量＝２０００m³/s　下流水位＝模型における最低の場合

断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形平均 EL.(m)	断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形平均 EL.(m)
1′	38000	0	132003	133956	3′	48133	34300	130.000	130820
		10000	〃	134116			38100	〃	135108
		14000	130816	135416			48000	〃	134400
		17900	132003	134496	4′	63133	0	130.000	137268
		24000	〃	133268			8000	〃	136900
		30050	〃	134420			16000	〃	137224
		34050	130816	134284			24000	〃	137212
		38000	132003	135332			32000	〃	137580
		48000	〃	134168			40000	〃	137120
2′	43656	0	132000	133816			48000	〃	137168
		10050	130000	133640	5′	73133	0	130.000	139200
		14050	〃	131952			8000	〃	137856
		18050	〃	134720			16000	〃	137976
		24000	132000	133068			24000	〃	136948
		30050	130000	134552			32000	〃	138240
		34000	〃	131696			40000	〃	138280
		38000	〃	134536			48000	〃	138572
		48000	132000	134040	6′	98133	0	135.000	142016
3′	48133	0	130.000	134056			8000	〃	141432
		8450	〃	134896			16000	〃	141752
		12000	〃	131280			24000	〃	142468
		19000	〃	134128			32000	〃	141610
		24000	〃	134720			40000	〃	141756
		29450	〃	135032			48000	〃	141300

表－３４　最終案水叩き導流壁ぞい水面形測定表

Case 1　Q＝７００m³/sec

測点番号	ダム軸からの追加距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形 左岸側 最高 EL.(m)	左岸側 平均 EL.(m)	中央 最高 EL.(m)	中央 平均 EL.(m)	右岸側 最高 EL.(m)	右岸側 平均 EL.(m)
11	29000	136227	139747	136947		0	139467	136717
12	32000	133790	139170	136510		134210	138750	136360
13	35000	132294	138994	136010		134574	139034	136194
14	38000	131595	139515	135645		135335	139325	136175
15	43656	131500	139730	136110		135260	139720	136320
16	48656	130000	140170	136330		136240	140560	136450
17	53656	〃	141350	138020		137290	140940	137760
18	58656	〃	141930	139040		138720	141730	138920
19	63656	〃	142900	139510		139170	142040	139680
20	68656	〃	143200	139450		140800	142310	139700
21	73656	〃	143750	139740		140200	142790	139740
22	78656	〃	143750	139460		139970	142980	139820
23	83656	〃	144240	139690		139640	142770	139890
24	88656	〃	144160	139870		139820	142460	139370
25	93656	132500	144210	139890		140190	142820	139700
26	98133	135000	143980	139800		139610	142730	139510

表－３５　最終案水叩き導流壁ぞい水面形測定表

Case 2　Q＝１５００m³/sec

測点番号	ダム軸からの追加距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形 左岸側 最高 EL.(m)	左岸側 平均 EL.(m)	中央 最高 EL.(m)	中央 平均 EL.(m)	右岸側 最高 EL.(m)	右岸側 平均 EL.(m)
11	29000	136227	143691	137863		137719	143783	138371
12	32000	133790	139074	135086		135342	140594	135478
13	35000	132294	140670	135398		135358	140800	136030
14	38000	131595	141627	135515		135415	141375	136183
15	43656	131500	143040	138460		138196	144244	138560
16	48656	130000	143076	138308		138008	143996	138136
17	53656	〃	144088	139236		138928	144688	139136
18	58656	〃	144628	139820		140280	144828	139920
19	63656	〃	145076	140752		141232	145428	140848
20	68656	〃	145332	140948		141660	145904	141376
21	73656	〃	145700	141360		142268	145960	141900
22	78656	〃	145784	141760		142356	146496	142108
23	83656	〃	145192	142188		142269	145940	141880
24	88656	〃	145240	142008		142296	146060	142148
25	93656	132500	145212	142104		142064	145524	142408
26	98133	135000	144380	141424		141668	144928	142004

表－３６　最終案水叩き導流壁ぞい水面形測定表

Case 3　　Q＝２０００m³／sec

測点番号	ダム軸からの追加距離	測定位置堤体面標高	水面形 左岸側 最高	左岸側 平均	中央 最高	中央 平均	右岸側 最高	右岸側 平均
	(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)
11	29.000	136.227	140.992	139.424		139.088	142.944	139.420
12	32.000	133.790	138.608	135.336		135.900	138.616	136.088
13	35.000	132.294	138.488	135.096		134.544	139.100	134.800
14	38.000	131.595	139.104	135.736		134.660	140.092	135.720
15	43.656	131.500	142.128	137.120		136.992	141.716	137.308
16	48.656	130.000	145.156	138.288		137.744	144.616	138.164
17	53.656	〃	146.616	139.124		139.056	146.252	139.236
18	58.656	〃	147.388	140.220		140.476	148.072	140.136
19	63.656	〃	148.332	141.428		141.512	148.152	141.100
20	68.656	〃	148.400	142.096		142.412	149.048	142.000
21	73.656	〃	149.048	142.632		142.748	149.420	142.452
22	78.656	〃	148.532	142.992		143.076	143.138	143.138
23	83.656	〃	148.952	143.144		143.436	148.968	143.292
24	88.656	〃	149.020	143.408		143.560	149.584	143.676
25	93.656	132.500	148.600	143.492		143.288	148.592	143.756
26	98.133	135.000	147.504	143.056		143.168	148.232	143.196

表－３７　最終案水叩き導流壁ぞい水面形測定表（波返しを取付けた場合）

Case 3　　Q＝２０００m³／sec

測点番号	ダム軸からの追加距離	測定位置堤体面標高	水面形 左岸側	水面形 右岸側	測定番号	ダム軸からの追加距離	測定位置堤体面標高	水面形 左岸側	水面形 右岸側
	(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)		(m)	EL.(m)	EL.(m)	EL.(m)
18	58.656	130.000		145.844	23	83.656	130.000	147.236	147.608
19	63.656	〃	145.552	146.292	24	88.656	〃	146.884	147.400
20	68.656	〃	146.528	147.020	25	93.656	132.500	147.084	147.232
21	73.656	〃	146.984	147.300	26	98.133	135.000	146.060	146.656
22	78.656	〃	146.940	148.108					

表－３８　最終案シル面上圧力測定値表

Case 1　　Q＝７００m³/s

測点番号	ダム軸からの追加距離 (m)	測点位置の標高 EL.(m)	圧力水頭 (m)	摘要
101	93133	130500	10380	左岸より１m
102	〃	131500	9380	〃
103	〃	132200	8480	〃
104	93433	132500	7340	〃
105	94133	〃	7500	〃
106	95133	〃	7500	〃
107	95633	133000	5480	〃
108	〃	134000	6560	〃
109	〃	134700	5620	〃
110	95933	135000	4480	〃
111	96633	〃	4800	〃
112	97633	〃	4800	〃
113	93133	130500	9300	左岸より１２m
114	〃	131500	9980	〃
115	〃	132200	8240	〃
116	93433	132500	6900	〃
117	94133	〃	6960	〃
118	95133	〃	7160	〃
119	95633	133000	7240	〃
120	〃	134000	7000	〃
121	〃	134700	6100	〃
122	95933	135000	2760	〃
123	96633	〃	3060	〃
124	97633	〃	3800	〃
125	93133	130500	9820	中央
126	〃	131500	8800	〃
127	〃	132200	8360	〃
128	93433	132500	7340	〃
129	94133	〃	7180	〃
130	95133	〃	7300	〃
131	95633	133000	6920	〃
132	〃	134000	6080	〃
133	〃	134700	5300	〃
134	95933	135000	2400	〃
135	96633	〃	2720	〃
136	97633	〃	3280	〃

表－３９ 最終案シル面上圧力測定値表

Case 2　Q＝1,５００m³／s

測点番号	ダム軸からの追加距離 (m)	測点位置の標高 EL.(m)	圧力水頭 (m)	摘要
101	93133	130500	12820	左岸より１m
102	〃	131500	11900	〃
103	〃	132200	11080	〃
104	93433	132500	8860	〃
105	94133	〃	9100	〃
106	95133	〃	9420	〃
107	95633	133000	9840	〃
108	〃	134000	9560	〃
109	〃	134700	8820	〃
110	95933	135000	3800	〃
111	96633	〃	3800	〃
112	97633	〃	4400	〃
113	93133	130500	11300	左岸より１２m
114	〃	131500	10980	〃
115	〃	132200	9600	〃
116	93433	132500	9100	〃
117	94133	〃	9100	〃
118	95133	〃	9340	〃
119	95633	133000	8880	〃
120	〃	134000	7800	〃
121	〃	134700	6900	〃
122	95933	135000	5800	〃
123	96633	〃	5920	〃
124	97633	〃	6000	〃
125	93133	130500	11420	中央
126	〃	131500	10580	〃
127	〃	132200	9620	〃
128	93433	132500	9180	〃
129	94133	〃	9140	〃
130	95133	〃	9260	〃
131	95633	133000	8860	〃
132	〃	134000	7880	〃
133	〃	134700	7100	〃
134	95933	135000	5600	〃
135	96633	〃	5640	〃
136	97633	〃	6000	〃

表－４０　最終案シル面上圧力測定値表

Case 3　　Q＝２０００m³／s

測点番号	ダム軸からの追加距離 (m)	測点位置の標高 EL.(m)	圧力水頭 (m)	摘要
101	93.133	130.500	14.500	左岸より１m
102	〃	131.500	14.100	〃
103	〃	132.200	13.480	〃
104	93.433	132.500	10.820	〃
105	94.133	〃	10.700	〃
106	95.133	〃	10.900	〃
107	95.633	133.000	10.600	〃
108	〃	134.000	11.000	〃
109	〃	134.700	10.100	〃
110	95.933	135.000	5.160	〃
111	96.633	〃	5.440	〃
112	97.633	〃	6.080	〃
113	93.133	130.500	13.940	左岸より１２m
114	〃	131.500	13.220	〃
115	〃	132.200	12.920	〃
116	93.433	132.500	11.100	〃
117	94.133	〃	10.460	〃
118	95.133	〃	10.980	〃
119	95.633	133.000	10.200	〃
120	〃	134.000	10.200	〃
121	〃	134.700	8.700	〃
122	95.933	135.000	5.600	〃
123	96.633	〃	6.380	〃
124	97.633	〃	7.060	〃
125	93.133	130.500	14.300	中央
126	〃	131.500	13.740	〃
127	〃	132.200	13.200	〃
128	93.433	132.500	11.140	〃
129	94.133	〃	10.660	〃
130	95.133	〃	11.260	〃
131	95.633	133.000	11.080	〃
132	〃	134.000	10.360	〃
133	〃	134.700	9.700	〃
134	95.933	135.000	4.040	〃
135	96.633	〃	4.600	〃
136	97.633	〃	5.680	〃

表－41　最終案水叩き内横断方向水面形測定表

Case 1　　流量＝700m³/sec

断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形 平均 EL.(m)	断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの標高 (m)	測定位置堤体面標高 EL.(m)	水面形 平均 EL.(m)
1	29.000	0	136.227	137.076	4	48.656	24.000	130.000	135.760
		11.000	〃	137.168			27.200	〃	136.284
		14.000	〃	140.628			32.000	〃	135.452
		24.000	〃	136.620			37.200	〃	135.760
		34.000	〃	140.920			42.000	〃	135.596
		37.200	〃	135.944			48.000	〃	135.660
		48.000	〃	136.236	5	63.656	0	130.000	138.144
2	38.000	0	131.595	136.992			8.800	〃	138.124
		8.000	130.816	136.428			14.000	〃	138.344
		14.000	〃	135.832			20.000	〃	138.104
		18.400	〃	134.360			24.000	〃	138.672
		24.000	131.595	134.384			32.000	〃	138.248
		30.000	130.816	134.160			38.000	〃	138.480
		34.800	〃	135.732			48.000	〃	138.132
		44.000	131.595	136.152	6	78.656	0	130.000	139.204
		48.000	〃	136.344			10.000	〃	138.864
3	43.656	0	131.500	135.588			16.000	〃	139.120
		6.800	130.000	135.444			24.000	〃	139.396
		12.000	〃	135.160			30.000	〃	138.956
		20.000	〃	134.752			36.000	〃	138.492
		24.000	131.500	135.436			42.000	〃	138.448
		30.000	130.000	134.308			48.000	〃	139.036
		36.000	〃	135.192	7	98.133	0	135.000	139.520
		42.000	131.500	135.620			8.000	〃	139.344
		48.000	〃	136.000			16.000	〃	139.380
4	48.656	0	130.000	136.268			24.000	〃	139.156
		6.000	〃	135.348			29.200	〃	139.052
		12.000	〃	135.192			38.000	〃	139.236
		19.200	〃	135.028			48.000	〃	139.712

表－４２　水叩き内横断方向水面形測定表

Case 3　　流量＝２０００m³/sec

断面番号	ダム軸からの追加距離 (m)	水叩き左岸側導流壁面からの距離 (m)	測定位置 堤体面標高 EL.(m)	水面形 平均 EL.(m)
1	29.000	0	136.227	139.528
		4.000	〃	139.568
		10.000	〃	136.104
		14.000	〃	141.520
		18.400	〃	136.344
		24.000	〃	138.580
		30.000	〃	135.960
		34.000	〃	141.804
		38.000	〃	136.156
		44.000	〃	138.580
		48.000	〃	139.556
2	38.000	0	131.595	133.704
		6.000	〃	132.816
		9.200	130.816	134.392
		14.800	〃	133.660
		20.000	〃	133.808
		24.000	131.595	132.756
		28.400	130.816	133.512
		34.000	〃	133.444
		38.400	〃	133.332
		44.000	131.595	133.440
		48.000	〃	133.384
3	43.656	0	131.500	133.996
		3.200	〃	132.976
		7.200	130.000	133.976
		14.000	〃	133.360
		20.000	〃	134.524
		24.000	131.500	134.136
		26.000	130.000	134.680
		34.000	〃	134.504
		41.200	〃	134.164
		44.000	131.500	133.928
		48.000	〃	134.204
4	48.656	0	130.000	135.240
		4.000	〃	135.676
		8.000	〃	135.624
		15.200	〃	133.820
		20.000	〃	134.560
		24.000	〃	134.720
		28.800	〃	135.008
4	48.656	34.000	130.000	134.316
		40.000	〃	134.960
		44.000	〃	135.344
		48.000	〃	135.132
5	63.656	0	130.000	138.636
		4.000	〃	138.668
		10.000	〃	138.040
		14.000	〃	138.612
		18.000	〃	137.908
		22.000	〃	139.416
		24.000	〃	138.952
		30.000	〃	138.180
		36.000	〃	138.588
		40.000	〃	138.800
		44.000	〃	139.052
		48.000	〃	138.448
6	78.656	0	130.000	141.772
		4.000	〃	142.084
		7.200	〃	141.644
		10.000	〃	141.888
		15.200	〃	142.400
		20.000	〃	141.752
		24.000	〃	142.452
		28.800	〃	141.410
		36.000	〃	141.988
		40.000	〃	142.092
		44.000	〃	142.200
		48.000	〃	142.176
7	98.133	0	135.000	142.884
		4.000	〃	142.892
		9.200	〃	142.328
		15.200	〃	142.680
		20.000	〃	142.568
		24.000	〃	142.932
		27.200	〃	143.044
		34.000	〃	142.672
		40.000	〃	142.748
		44.000	〃	143.004
		48.000	〃	143.044

表－４３　導流ステップ下流壁面圧力測定表

測点番号	ダム軸からの追加距離 (m)	測定位置の標高 EL.(m)	圧力水頭 (m) Case 1 (700m³/s)	Case 2 (1500m³/s)	Case 3 (2000m³/s)	摘要
1	43.656	131.200	4.720	2.800	0.080	左岸ステップ
2	〃	130.750	5.290	3.490	0.490	〃
3	〃	131.200	4.400	3.240	0.040	〃
4	〃	130.750	5.290	3.650	0.050	〃
5	〃	131.200	5.280	1.620	−0.400	中央ステップ
6	〃	130.750	5.650	1.850	−0.030	〃
7	〃	131.200	5.220	3.920	2.820	〃
8	43.656	130.750	5.970	4.370	3.270	〃

表－44(a)　水叩き内流速分布測定値表

Case 1　　Q＝700 m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	底面からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
1	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	0	
			1.000	0	1.534	
			2.000	0	0	
			4.000	180	－2.343	
			5.000	180	－2.656	
		135.529	5.529			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	2.3108	
			1.000	0	2.4084	
			2.000	0	0.223	
			3.000	180	－4.643	
			4.000	180	－5.125	
		135.444	5.444			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	4.727	
			1.000	0	5.048	
			2.000	0	2.869	
			3.000	0	4.471	
			4.000	0	4.246	
		135.800	5.800			水面
2	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	5.386	
			1.000	0	5.238	
			2.000	0	3.859	
			4.000	0	0	
			6.000	180	－3.067	
			7.200	180	－2.729	
		138.788	8.788			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	13.076	
			1.000	0	12.599	
			2.000	0	9.443	
			4.000	0	2.169	
			6.000	180	－4.246	
			7.200	180	－3.960	
		138.164	8.164			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	1.771	

測定断面	測点	標高 EL.(m)	底面からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
2	3		1.000	0	3.486	
			2.000	0	7.285	
			4.000	0	9.749	
			6.000	0	6.537	
			6.800	0	5.163	
		138.224	8.224			水面
3	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	0.626	
			1.000	180	－7.993	
			2.000	180	－2.169	
			4.000	180	0	
			6.000	0	0	
			8.000	180	－1.400	
		139.488	9.488			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	4.850	
			1.000	0	6.198	
			2.000	0	6.005	
			4.000	0	3.960	
			6.000	0	3.130	
		139.520	8.000		0	水面
	3	130.000	9.520			底面
			0	0	0	
			0.400	0	6.323	
			1.000	0	9.286	
			2.000	0	7.193	
			4.000	0	6.261	
			6.000	0	4.427	
			8.000	0	0.626	
			8.800	0	3.313	
		139.872	9.872			水面
4	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	0	
			1.000	180	－1.656	
			2.000	180	－1.534	
			4.000	180	－1.252	
			6.000	180	－1.252	
			8.000	180	－1.252	
			8.800	180	－1.771	
		139.584	9.584			水面

表－44(b)　水叩き内流速分布測定値表

Case 1　　Q＝700m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	底面からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
4	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	2.343	
			1.000	330	2.937	
			2.000	330	3.596	
			4.000	330	3.067	
			6.000	330	3.372	
			8.000	330	2.869	
			9.200	330	3.003	
		139.412	9.412			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	4.850	
			1.000	0	4.685	
			2.000	0	4.930	
			4.000	0	5.163	
			6.000	0	4.727	
			8.000	0	3.910	
			9.200	0	4.009	
		139.820	9.820			水面
	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	180	− 1.534	
			1.000	180	− 1.252	
			2.000	180	0	
			4.000	315	0	
			6.000	315	3.429	
			8.000	315	1.252	
			9.200	0	0	
		139.988	9.988			水面
5	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	2.343	
			1.000	180	− 0.885	
			2.000	330	2.343	
			4.000	330	2.937	
			6.000	330	4.246	
			8.000	330	3.651	
			9.200	330	1.980	
		139.700	9.700			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	0	
			1.000	0	0.885	
			2.000	0	3.429	
			4.000	0	4.153	
6	5	135.000	0	0	0	底面
			0.400	0	4.601	
			1.000	330	5.458	
			2.000	330	5.086	
			3.000	330	6.943	
			3.800	330	6.386	
		139.392	4.392			水面
	3	135.000	0	0	0	底面
			0.400	0	3.130	
			1.000	0	5.423	
			2.000	0	6.626	
			3.000	0	5.940	
			3.800	0	6.385	
		139.500	4.500			水面
	1	135.000	0	0	0	底面
			0.400	0	2.800	
			1.000	0	2.504	
			2.000	0	4.601	
			3.000	0	4.759	
			3.800	0	5.458	
		139.392	4.392			水面

表－45(a)　水叩き内流速分布測定値表

Case 2　　Q = 1,500 m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	底面からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
1	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	180	− 5.670	
			1.000	180	− 3.637	
			2.000	0	16.325	
			4.000	0	9.444	
			6.000	180	− 2.656	
		137.265	7.265			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	22.222	
			1.000	0	21.596	
			2.000	0	12.870	
			4.000	180	− 6.142	
			6.000	180	− 5.670	
		137.208	7.208			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	345	15.760	
			1.000	330	15.430	
			2.000	0	14.173	
			4.000	0	11.199	
			6.000	0	6.626	
		137.308	7.308			水面
2	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	12.324	
			1.000	0	12.850	
			2.000	0	10.661	
			4.000	0	8.721	
			6.000	0	3.542	
			8.000	180	− 1.878	
		139.324	9.324			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	13.608	
			1.000	0	12.696	
			2.000	0	8.742	
			4.000	0	3.051	
			6.000	180	− 4.021	
			7.800	180	− 4.558	
		138.936	8.936			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	10.429	
			1.000	0	15.791	
			2.000	0	16.325	
			4.000	0	14.682	
			6.000	0	12.638	
			8.000	0	8.457	
			8.800	0	6.021	
		140.052	10.052			水面
3	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	9.073	
			1.000	0	9.997	
			2.000	0	10.911	
			4.000	0	10.800	
			6.000	0	8.854	
			8.000	0	5.238	
			9.000	0	2.504	
			10.000	0	0	
		141.120	11.120			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	3.429	
			1.000	0	6.507	
			2.000	0	7.193	
			4.000	0	7.408	
			6.000	0	4.153	
			8.000	0	1.771	
			9.000	180	− 2.937	
			10.000	180	− 2.800	
		141.156	11.156			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	6.743	
			1.000	0	7.617	
			2.000	0	9.740	
			4.000	0	10.980	
			6.000	0	11.067	
			8.000	0	9.287	
			9.000	0	7.302	
			10.000	0	11.712	
		141.556	11.556			水面

表－45(b)　水叩き内流速分布測定値表

Case 2　　Q = 1,500 m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	底面からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
4	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	8.353	
			1.000	0	8.909	
			2.000	0	7.000	
			4.000	0	6.685	
			6.000	0	4.427	
			8.000	0	4.153	
		141.916	11.916			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	3.192	
			1.000	0	3.067	
			2.000	0	1.252	
			4.000	0	2.169	
			6.000	0	2.800	
			8.000	0	1.252	
			8.800	330	2.076	
		141.948	11.948			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	5.565	
			1.000	0	7.193	
			2.000	0	6.038	
			4.000	0	7.355	
			6.000	0	7.820	
			8.000	0	7.617	
			10.000	0	6.626	
			11.400	0	5.806	
		142.488	12.488			水面
5	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	2.937	
			1.000	0	3.544	
			2.000	0	5.086	
			4.000	0	6.323	
			6.000	0	6.446	
			8.000	0	4.768	
			10.000	0	4.970	
			11.800	0	4.685	
		142.572	12.572			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	180	－1.252	
			1.000	180	－2.800	
			2.000	180	－2.800	
5	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	2.800	
			1.000	0	1.980	
			2.000	0	2.656	
			4.000	0	3.542	
			6.000	0	4.338	
		142.520	12.520			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	0	
			1.000	0	1.252	
			2.000	0	2.343	
			4.000	0	4.153	
			6.000	0	5.670	
			8.000	0	6.507	
			10.000	0	6.507	
			11.400	0	6.166	
		142.804	12.804			水面
6	1	135.000	0	0	0	底面
			0.400	0	4.050	
			1.000	0	4.601	
			2.000	0	5.760	
			4.000	0	6.832	
			5.000	0	6.854	
			5.800	345	7.632	
		141.536	6.536			水面
	2	135.000	0	0	0	底面
			0.400	0	3.192	
			1.000	0	4.601	
			2.000	0	7.028	
			4.000	0	7.461	
			5.000	0	7.944	
			5.800	0	7.408	
		141.408	6.408			水面
	3	135.000	0	0	0	底面
			0.400	0	3.067	
			1.000	0	4.338	
			2.000	0	5.940	
			4.000	0	6.005	
			5.000	0	6.585	
			5.800	0	6.446	
		141.712	6.712			水面

表－46(a)　水叩き内流速分布測定値表

Case 3　　Q＝2000 m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	底面からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
1	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	180	－4.558	
			1.000	0	10.551	
			2.000	0	23.487	
			3.000	0	8.493	
		135.828	5.828			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	24.617	
			1.000	0	21.402	
			2.000	0	11.177	
			3.000	0	3.313	
		135.008	5.008			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	16.053	
			1.000	0	17.273	
			2.000	0	20.055	
			3.000	0	6.972	
		135.716	5.716			水面
2	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	16.472	
			1.000	0	16.245	
			2.000	335	14.348	
			4.000	335	5.163	
			6.000	335	2.425	
		138.524	8.524			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	15.681	
			1.000	0	15.012	
			2.000	0	8.585	
			4.000	0	4.471	
			5.200	0	1.084	
		138.396	8.396			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	17.872	
			1.000	0	17.273	
			2.000	0	17.016	
			4.000	0	16.022	
			6.000	0	10.439	
		139.464	9.464			水面
3	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	8.353	
			1.000	0	9.997	
			2.000	0	8.832	
			4.000	345	8.516	
			6.000	345	3.704	
			8.000	0	0	
			8.600	180	－1.771	
		141.116	11.116			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	8.698	
			1.000	0	8.876	
			2.000	0	10.790	
			4.000	0	9.948	
			6.000	0	6.384	
			8.000	0	2.009	
			9.000	0	2.169	
		141.716	11.716			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	3.349	
			1.000	0	14.648	
			2.000	0	14.548	
			4.000	0	13.019	
			6.000	0	12.143	
			8.000	0	12.849	
		140.600	10.600			水面
4	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	2.937	
			1.000	0	8.986	
			2.000	0	8.742	
			4.000	0	8.675	
			6.000	0	7.980	
			8.000	0	4.850	
			10.000	0	0	
			10.600	180	－2.343	
		142.628	12.628			水面

表－46(b)　水叩き内流速分布測定値表

Case 3　　Q＝2009m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	底面からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
4	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	7.642	
			1.000	0	7.825	
			2.000	0	9.978	
			4.000	0	9.699	
			6.000	0	6.626	
			8.000	0	5.940	
			10.000	0	2.169	
			10.600	0	2.729	
		142.884	12.884			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	7.969	
			1.000	0	8.854	
			2.000	0	10.458	
			4.000	0	10.717	
			6.000	0	8.788	
			8.000	0	8.630	
			10.000	0	4.643	
			10.600	180	－ 5.704	
		142.484	12.484			水面
5	1	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	3.253	
			1.000	0	3.910	
			2.000	0	6.323	
			4.000	0	6.005	
			6.000	0	7.565	
			8.000	0	4.292	
			10.000	0	4.153	
			10.600	0	3.651	
		143.940	13.940			水面
	2	130.000	0	0	0	底面
			0.400	0	1.878	
			1.000	0	2.729	
			2.000	0	2.800	
			4.000	0	3.192	
			6.000	0	2.869	
			8.000	0	4.105	
			10.000	0	2.656	
			11.000	0	3.067	
		143.760	13.760			水面
	3	130.000	0	0	0	底面
			0.400	180	－ 1.084	
			1.000	0	2.800	
			2.000	0	5.635	
			4.000	0	5.635	
			6.000	0	7.642	
			8.000	0	7.539	
			10.000	0	6.887	
			11.000	0	6.596	
		143.932	13.932			水面
6	1	135.000	0	0	0	底面
			0.400	180	－ 2.800	
			1.000	0	4.515	
			2.000	0	8.516	
			4.000	0	7.845	
			6.000	0	6.507	
		143.064	8.064			水面
	2	135.000	0	0	0	底面
			0.400	0	3.130	
			1.000	0	5.772	
			2.000	0	6.230	
			4.000	0	5.349	
			6.000	0	5.238	
		147.976	7.976			水面
	3	135.000	0	0	0	底面
			0.400	0	1.400	
			1.000	0	4.246	
			2.000	0	8.470	
			4.000	6	8.607	
			6.000	0	7.355	
		143.264	8.264			水面
	4	135.000	0	0	0	底面
			0.400	0	1.980	
			1.000	0	5.238	
			2.000	0	8.910	
			4.000	0	8.400	
			6.000	0	6.102	
		143.244	8.244			水面
	5	135.000	0	0	0	底面
			0.400	180	－ 1.084	
			1.000	0	4.427	
			2.000	0	7.539	
			4.000	0	7.435	
			6.000	0	5.806	
		142.872	7.872			水面

表－47(3)　水叩き下流部流速分布測定値表

Case 1　　Q＝700m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	底面からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/s)	摘要
1′	1′	135.000	0	0	0	河床
			0.400	165	－3.067	
			1.000	165	－5.086	
			2.000	165	－5.458	
			3.000	165	－6.743	
			3.800	165	－6.386	
		139.392	4.392			水面
	2′	135.000	0	0	0	河床
			0.400	0	3.130	
			1.000	0	5.423	
			2.000	0	6.626	
			3.000	0	5.940	
			3.800	0	6.385	
		139.500	4.500			水面
	3′	135.000	0	0	0	河床
			0.400	0	2.800	
			1.000	0	2.504	
			2.000	0	4.601	
			3.000	0	4.759	
			3.800	0	5.458	
		139.192	4.192			水面
2′	1′	134.472	0	0	0	河床
			0.400	0	2.425	
			1.000	0	3.756	
			2.000	0	3.960	
			4.000	0	4.153	
			4.800	0	4.853	
		139.864	5.392			水面
	2′	134.468	0	0	0	河床
			0.400	0	2.067	
			1.000	0	2.169	
			2.000	0	2.504	
			4.000	0	3.859	
			5.000	0	3.372	
		140.188	5.720			水面
	3′	134.348	0	0	0	河床
			0.400	0	2.425	
			1.000	0	1.656	
			2.000	0	1.771	
2′	3′		4.000	0	3.067	
			4.800	0	2.169	
		137.584	5.236			水面
	1′	134.636	0	0	0	河床
			0.400	0	2.076	
			1.000	0	2.343	
			2.000	0	2.656	
			4.000	0	3.003	
			4.800	0	3.130	
		140.048	5.412			水面
	2′	134.284	0	0	0	河床
			0.400	0	3.253	
			1.000	0	2.937	
			2.000	0	3.808	
			4.000	0	3.859	
			4.800	0	4.558	
		139.696	5.412			水面
3′	3′	134.440	0	0	0	河床
			0.400	0	2.257	
			1.000	0	3.704	
			2.000	0	4.057	
			4.000	0	4.292	
			5.000	0	4.153	
		139.952	5.512			水面
	1′	134.964	0	0	0	河床
			0.400	0	2.937	
			1.000	0	2.504	
			2.000	0	3.067	
			4.000	0	3.596	
			4.400	0	3.192	
		139.696	4.732			水面
4′	2′	134.760	0	0	0	河床
			0.400	0	3.372	
			1.000	0	3.429	
			2.000	0	3.808	
			4.000	0	3.960	
			4.800	0	3.960	
		139.884	5.124			水面

表－47(b)　水叩き下流部流速分布測定値表

Case 1　　Q＝700m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	河床からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
4′	3′	135.124	0	0	0	河床
			0.400	0	3.429	
			1.000	0	3.859	
			2.000	0	3.859	
			4.000	0	4.246	
			4.890	0	4.292	
		140.004	4.880			水面
	1′	135.092	0	0	0	河床
			0.400	0	3.250	
			1.000	0	3.429	
			2.000	0	4.292	
			3.000	0	3.651	
			4.200	0	4.153	
		139.648	4.556			水面
5′	2′	135.124	0	0	0	河床
			0.400	0	4.421	
			1.000	0	4.105	
			2.000	0	3.756	
			3.000	0	3.704	
			4.200	0	4.768	
		139.816	4.692			水面
	3′	135.844	0	0	0	河床
			0.400	0	2.656	
			1.000	0	4.383	
			2.000	0	3.960	
			3.000	0	3.967	
			3.400	0	4.338	
		139.912	4.068			水面
	1′	134.204	0	0	0	河床
			0.400	0	3.651	
			1.000	0	2.656	
			2.000	0	3.192	
			4.000	0	2.800	
			5.200	0	3.372	
		139.856	5.652			水面
6′	2′	133.972	0	0	0	河床
			0.400	0	2.937	
			1.000	0	2.937	
	2′		2.000	0	3.372	
			4.000	0	3.429	
			5.600	0	3.596	
		139.980	6.008			水面
6′	3′	134.764	0	0	0	河床
			0.400	0	2.169	
			1.000	0	3.429	
			2.000	0	3.192	
			4.000	0	3.756	
			4.600	0	3.756	
		139.888	5.124			水面

表－48(a)　水叩き下流部流速分布測定値表

Case 2　　Q = 1500 m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	河床からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
1′	1′	135000	0	0	0	河床
			0.400	0	3960	
			1.000	0	4.105	
			2.000	0	4.153	
			4.000	0	5.238	
			6.000	0	5.386	
			6.800	0	4.930	
		141531	6.536			水面
	2′	135.000	0	0	0	河床
			0.400	0	3.192	
			1.000	0	4.601	
			2.000	0	7.028	
			4.000	0	7.461	
			6.000	0	7.944	
			6.800	0	7.408	
		141.408	6.408			水面
	3′	135.000	0	0	0	河床
			0.400	0	3.067	
			1.000	0	4.338	
			2.000	0	5.940	
			4.000	0	6.005	
			6.000	0	6.685	
			6.800	0	6.446	
		141.712	6.712			水面
2′	1′	134472	0	0	0	河床
			0.400	0	5.670	
			1.000	0	5.670	
			2.000	0	4375	
			4.000	0	4.685	
			6.000	0	5.238	
			6.800	0	5.009	
		142.032	7.560			水面
	2′	134468	0	0	0	河床
			0.400	0	2.800	
			1.000	0	3.313	
			2.000	0	3.757	
			4.000	0	4.515	
			6.000	0	5.704	
2′	2′		7.000	0	6.005	
		142672	8.208			水面
	1′	134348	0	0	0	河床
			0.400	0	4.057	
			1.000	0	3.859	
			2.000	0	4.515	
			4.000	0	5.009	
			6.000	0	5.313	
			7.000	0	5.440	
		142476	8.128			水面
	2′	134536	0	0	0	河床
			0.400	0	3.253	
			1.000	0	3.429	
			2.000	0	3.808	
			4.000	0	4.292	
			6.000	0	5.009	
			6.200	0	5.238	
		141720	7.084			水面
	3′	134284	0	0	0	河床
			0.400	0	3.253	
			1.000	0	3.429	
			2.000	0	3.808	
			4.000	0	4.292	
			6.000	0	5.009	
			6.600	0	5.239	
		141828	7.544			水面
3′	1′	134440	0	0	0	河床
			0.400	0	3.706	
			1.000	0	3.960	
			2.000	0	3.960	
			4.000	0	4.727	
			6.000	0	5.313	
			6.600	0	5.458	
		142120	7.680			水面

表－48(b)　水叩き下流部流速分布測定値表

Case 2　　Q = 1500 m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	河床からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
4′	1′	134964	0	0	0	河床
			0.400	0	3.756	
			1.000	0	3.959	
			2.000	0	4.292	
			4.000	0	4.850	
			5.000	0	5.125	
			6.000	0	5.440	
		141.684	6.720			水面
	2′	134.760	0	0	0	河床
			0.400	0	3.651	
			1.000	0	3.859	
			2.000	0	4.057	
			4.000	0	4.643	
			5.000	0	5.086	
			6.000	0	5.423	
		141.548	6.788			水面
	3′	135.124	0	0	0	河床
			0.400	0	3.808	
			1.000	0	3.651	
			2.000	0	4.383	
			4.000	0	4.558	
			5.000	0	5.238	
			5.800	0	5.427	
		141.696	6.572			水面
5′	1′	135.092	0	0	0	河床
			0.400	0	4.809	
			1.000	0	4.685	
			2.000	0	5.086	
			4.000	0	5.423	
			5.000	0	5.738	
			6.000	0	5.386	
		141.504	6.412			水面
	2′	135.124	0	0	0	河床
			0.400	0	4.246	
			1.000	0	4.338	
			2.000	0	4.685	
			4.000	0	5.125	
			5.000	0	5.349	
			6.000	0	5.458	
		141.776	6.652			水面
5′	3′	135.844	0	0	0	河床
			0.400	0	4.246	
			1.000	0	4.246	
			2.000	0	4.515	
			4.000	0	4.601	
			5.000	0	5.086	
			5.400	0	5.423	
		141.444	5.600			水面
6′	1′	134.204	0	0	0	河床
			0.400	0	3.542	
			1.000	0	4.057	
			2.000	0	4.200	
			4.000	0	4.768	
			6.000	0	5.009	
			7.000	0	5.163	
		142.000	7.796			水面
	2′	133.972	0	0	0	河床
			0.400	0	3.253	
			1.000	0	3.343	
			2.000	0	3.910	
			4.000	0	4.427	
			6.000	0	4.850	
			7.000	0	4.850	
		142.088	8.116			水面
	3′	134.764	0	0	0	河床
			0.400	0	3.514	
			1.000	0	3.960	
			2.000	0	4.405	
			4.000	0	4.405	
			6.000	0	4.727	
			6.400	0	4.768	
		141.900	7.136			水面

表－49(a)　水叩き下流部流速分布測定値表

Case 3　　Q＝2000m³/s

測定断面	測点	標高 EL.(m)	河床からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
1′	1′	135.000	0	0	0	河床
			0.400	0	3.130	
			1.000	0	5.772	
			2.000	0	6.230	
			4.000	0	5.349	
			6.000	0	5.238	
		142.976	7.976			水面
	2′	135.000	0	0	0	河床
			0.400	0	1.400	
			1.000	0	4.246	
			2.000	0	8.470	
			4.000	0	8.607	
			6.000	0	7.355	
		143.264	8.264			水面
	3′	135.000	0	0	0	河床
			0.400	0	1.980	
			1.000	0	5.238	
			2.000	0	8.910	
			4.000	0	8.400	
			6.000	0	6.102	
		143.240	8.240			水面
2′	1′	134.472	0	0	0	河床
			0.400	0	4.200	
			1.000	0	4.246	
			2.000	0	4.643	
			4.000	0	5.313	
			6.000	0	5.565	
			7.000	0	5.686	
		142.840	8.368			水面
	2′	134.468	0	0	0	河床
			0.400	0	4.292	
			1.000	0	4.727	
			2.000	0	5.238	
			4.000	0	5.565	
			6.000	0	6.772	
			7.000	0	6.596	
		142.660	8.192			水面
2′	3′	134.348	0	0	0	河床
			0.400	15	4.558	
			1.000	15	4.809	
			2.000	15	4.930	
			4.000	15	5.238	
			6.000	15	6.476	
			6.600	15	6.198	
		141.550	7.202			水面
3′	1′	134.636	0	0	0	河床
			0.400	0	3.859	
			1.000	0	4.009	
			2.000	0	4.105	
			4.000	0	4.685	
			6.000	0	5.125	
			7.600	0	5.738	
		143.392	8.756			水面
	2′	134.284	0	0	0	河床
			0.400	0	3.860	
			1.000	0	4.153	
			2.000	0	4.292	
			4.000	0	5.086	
			6.000	0	5.530	
			7.600	0	5.530	
		143.328	9.044			水面
	3′	134.440	0	0	0	河床
			0.400	0	3.704	
			1.000	0	3.910	
			2.000	0	4.153	
			4.000	0	4.685	
			6.000	0	5.086	
			8.000	0	6.507	
		143.272	8.832			水面

表－49(b) 水叩き下流部流速分布測定値表

Case 3　　Q＝2000 m^3/sec

測定断面	測点	標高 EL.(m)	河床からの高さ (m)	流向 角度	流速 (m/sec)	摘要
4′	1′	134964	0	0	0	河床
			0400	0	4383	
			1000	0	4292	
			2000	0	4558	
			4000	0	5048	
			6000	0	5738	
			7200	0	5840	
			8356			水面
	2′	134760	0	0	0	河床
			0400	0	4153	
			1000	0	4057	
			2000	0	4515	
			4000	0	4850	
			6000	0	5670	
			7200	0	5940	
		143372	8612			水面
	3′	135124	0	0	0	河床
			0400	0	3192	
			1000	0	4105	
			2000	0	4601	
			4000	0	5009	
			6000	0	5276	
			7200	0	6005	
		143140	8016			水面
5′	1′	135092	0	0	0	河床
			0400	0	4601	
			1000	0	4685	
			2000	0	4910	
			4000	0	5386	
			6000	0	5738	
			6800	0	6070	
		143104	8912			水面
	2′	135124	0	0	0	河床
			0400	0	4558	
			1000	0	4850	
			2000	0	5086	
			4000	0	5423	
			6000	0	5896	
			6800	0	6261	
		143028	7904			水面
5′	3′	135844	0	0	0	河床
			0400	0	3429	
			1000	0	4057	
			2000	0	4515	
			4000	0	5163	
			6000	0	5840	
			6400	0	5806	
		143024	7180			水面
6′	1′	134204	0	0	0	河床
			0400	0	3859	
			1000	0	4292	
			2000	0	4809	
			4000	0	5125	
			6000	0	5276	
			7600	0	5458	
		142216	8012			水面
	2′	133972	0	0	0	河床
			0400	0	3130	
			1000	0	4009	
			2000	0	4338	
			4000	0	4809	
			6000	0	5125	
			7600	0	5565	
		143232	9260			水面
	3′	134764	0	0	0	河床
			0400	0	3313	
			1000	0	3910	
			2000	0	4246	
			4000	0	4643	
			6000	0	5201	
			7600	0	5458	
		143808	9044			水面

表－５０(b)　放水路内水面形測定表

Case 2　　Q＝７００m^3／sec

測点番号	ダム軸からの追加距離	測定位置放水路底面標高	水面形					
			右岸側		中央		左岸側	
			EL.(m)		EL.(m)		EL.(m)	
	(m)	EL.(m)	最高	平均	最高	平均	最高	平均
1	54133	124250	140052	139685	139739	139431	140569	139523
2	58000	124895	139863	139411	139975	139595	140319	139779
3	63000	125791	140019	139731	140291	139899	140187	139739
4	68000	126855	140151	139859	140195	139903	140347	139899
5	73000	127919	140154	139807	140235	139907	140319	139839
6	78000	128982	140362	139938	140346	139966	140414	140082
7	83000	130046	140586	140026	140362	140114	140406	140030
8	88000	131110	140386	139978	140370	139882	140434	140058
9	93000	132174	140386	140074	140506	140134	140650	140222
10	98000	133238	140435	140074	140394	140086	140434	140066
11	103000	133945	140181	139869	140257	139877	140373	139977
12	113000	134000	140349	139665	140253	139829	140509	139885
13	123000	134000	140505	140069	140405	140021	140497	140013

表－５０(b)　放水路内水面形測定表

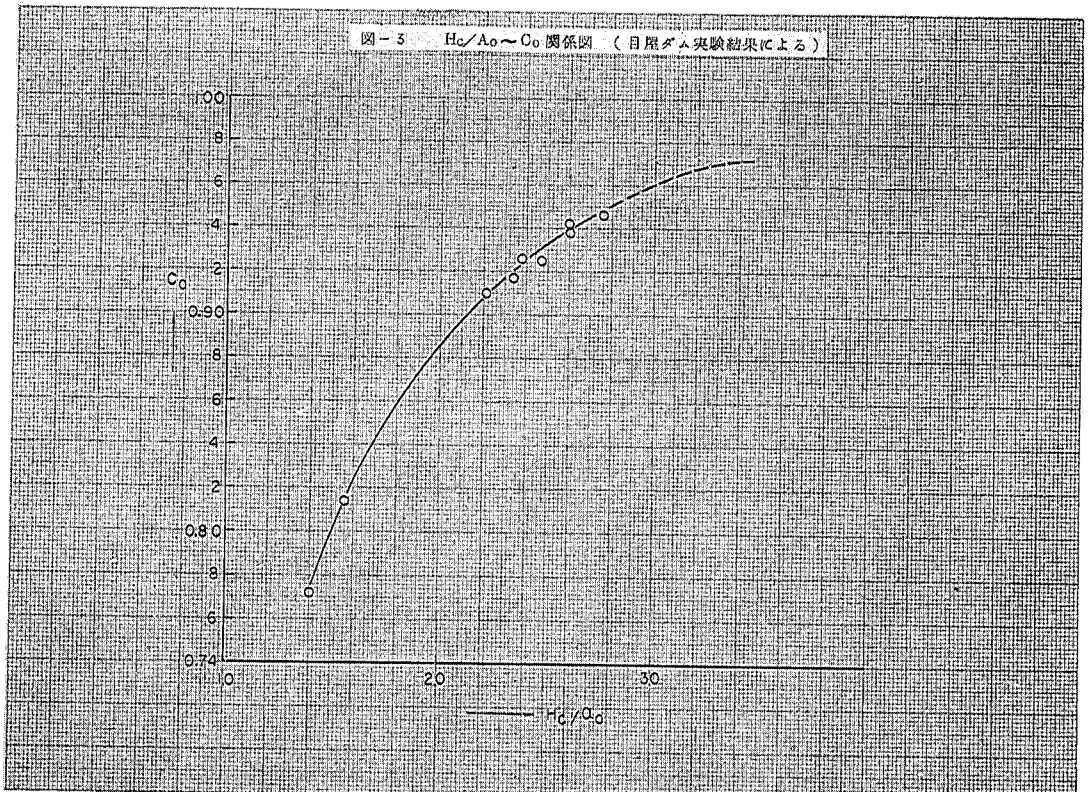
Case 2　　Q＝１５００m^3／sec

測点番号	ダム軸からの追加距離	測定位置放水路底面標高	水面形					
			右岸側		中央		左岸側	
			EL.(m)		EL.(m)		EL.(m)	
	(m)	EL.(m)	最高	平均	最高	平均	最高	平均
1	54133	124250	142775	142323	142947	142451	142879	142391
2	58000	124895	142115	141655	142071	141731	142447	141607
3	63000	125791	142135	141675	142063	141651	142403	141739
4	68000	126855	142203	141651	142231	141859	142555	141807
5	73000	127919	142672	141919	142583	142011	142755	142123
6	78000	128982	142482	141926	142522	142022	142714	142066
7	83000	130046	142642	141980	142570	142130	142954	142126
8	88000	131110	142146	142838	142770	142206	143042	142258
9	93000	132174	142862	142174	142878	142138	143126	142270
10	98000	133238	142734	142086	142526	142170	143018	142182
11	103000	133945	142785	141937	142377	141921	142853	142021
12	113000	134000	142749	141973	142613	141877	142925	142013
13	123000	134000	142805	141913	142921	142041	143733	142061

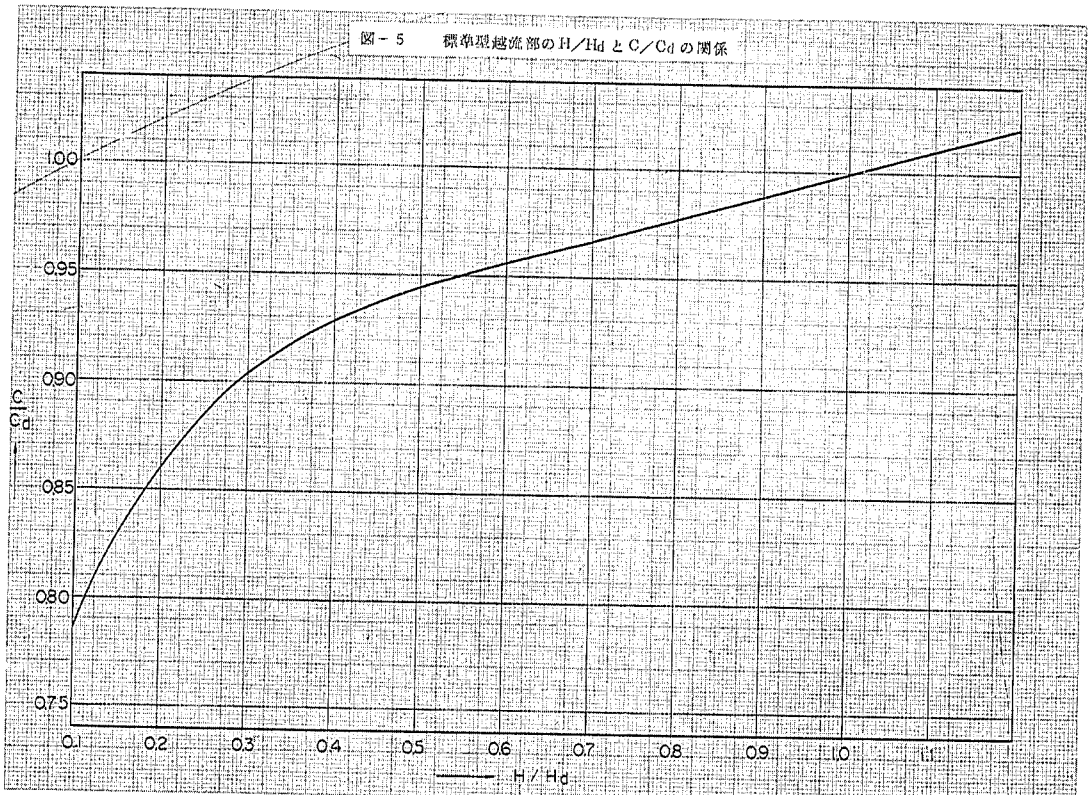
表－50(c)　放水路内水面形測定表

Case 3　　Q＝2000m^3/sec

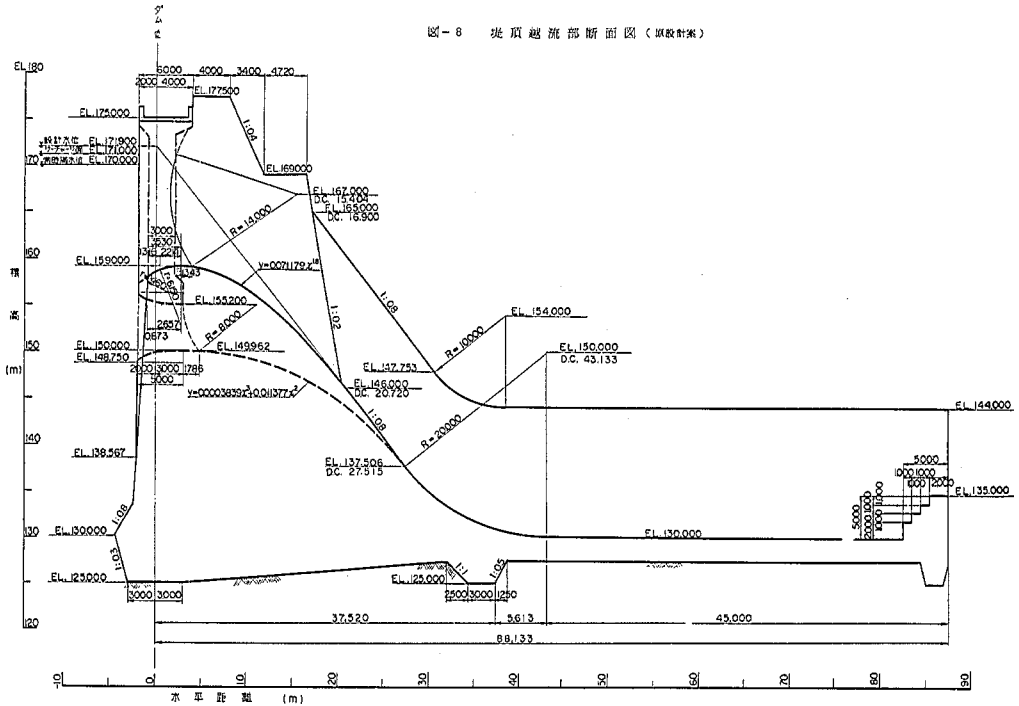
測点番号	ダム軸からの追加距離	測定位置放水路底面標高	水面形					
			右岸側		中央		左岸側	
			EL.(m)		EL.(m)		EL.(m)	
	(m)	EL.(m)	最高	平均	最高	平均	最高	平均
1	54133	124250	144470	142810	143638	142754	145153	142850
2	58000	124895	143895	142863	143487	142807	144043	142907
3	63000	125791	143775	142871	143503	142787	143759	142887
4	68000	126855	144631	143011	143527	143011	144091	143123
5	73000	127919	144007	143195	143579	143027	144023	143175
6	78000	128982	144670	143146	143550	143154	144174	143142
7	83000	130046	144246	143250	143786	143186	144326	143230
8	88000	131110	144334	143370	143778	143338	144594	143290
9	93600	132174	144226	143298	144030	143326	144546	143326
10	98000	133238	144506	143258	144034	143266	144590	143206
11	103000	133945	144250	143121	143689	143097	144885	143117
12	113000	134000	144001	142989	143729	142993	145069	143005
13	123000	134000	143945	143009	143817	143021	144585	142897


図－3　$H_c/A_o \sim C_o$ 関係図　（日置ダム実験結果による）
1.00
8
6
4
2
C_o
0.90
8
6
4
2
0.80
8
6
0.74
10
20
30
H_c/Q_d

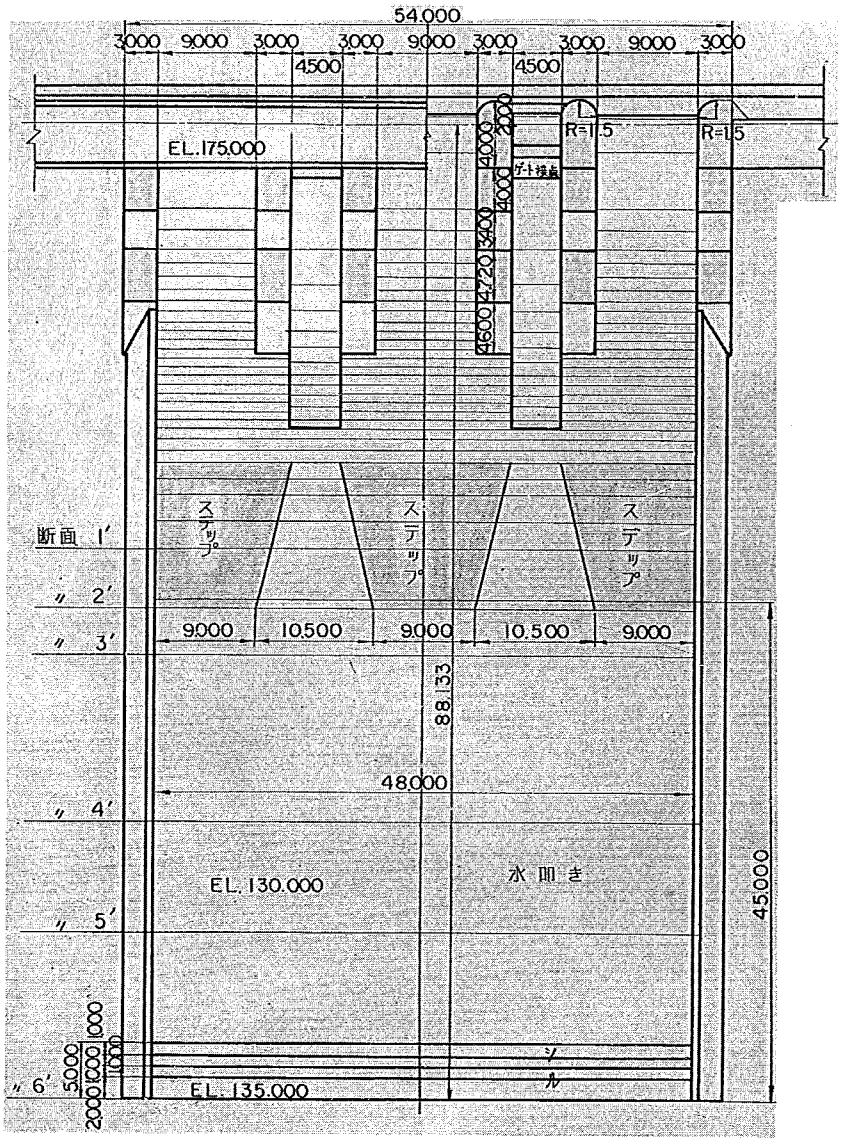
図－5　標準環越流部のH／Hd とC／Cd の関係



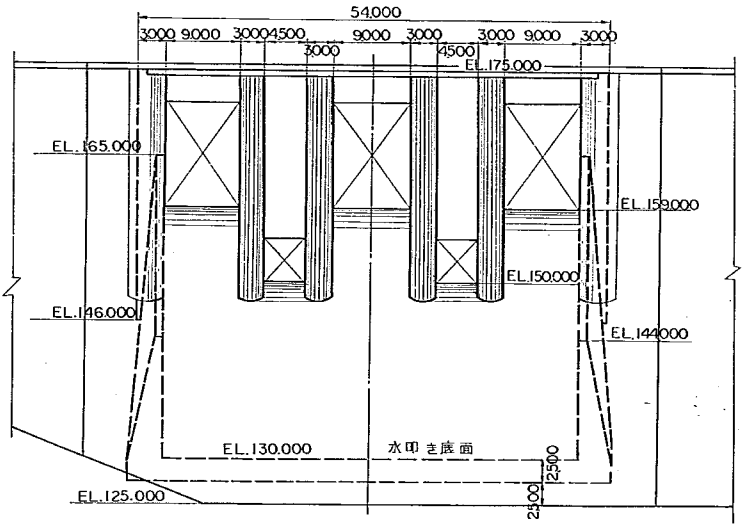
図－8　堤頂越流部断面図（原設計案）



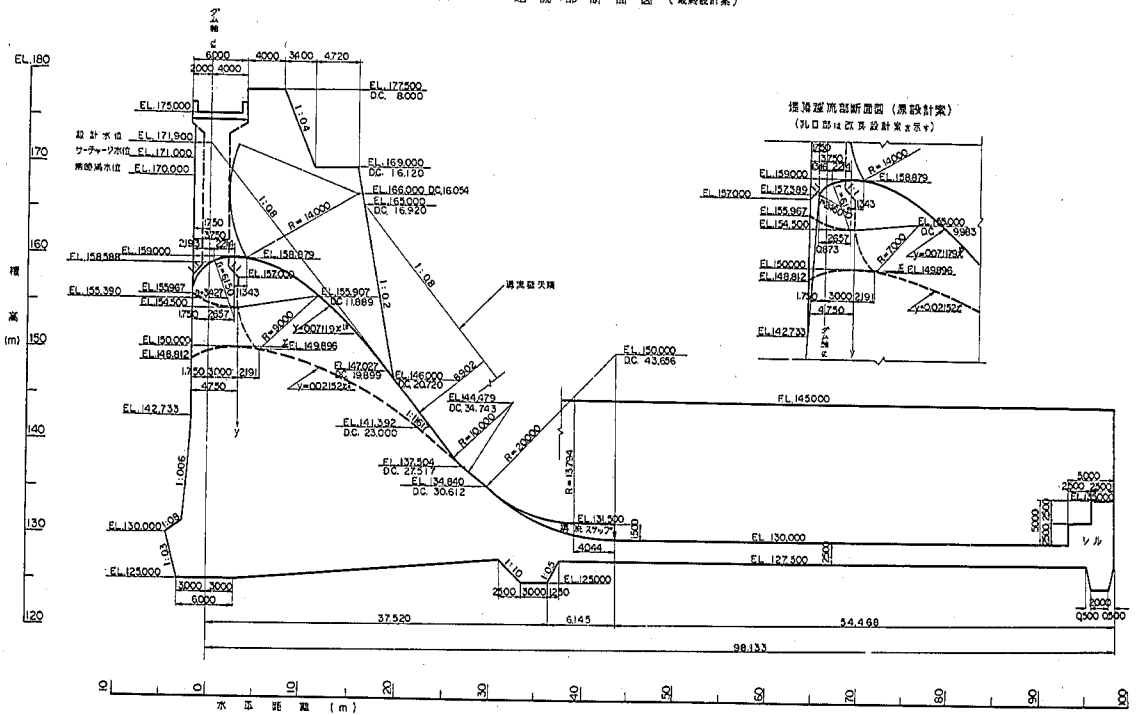
図－9　平　面　図　（原設計案）


54.000
3000
9000
3000
3000
9000
3000
3000
9000
3000
4500
4500
EL.175.000
R=1.5
R=1.5
ゲート設置
4000
4000
4000
3400
4220
4600
ステップ
ステップ
ステップ
断面 1′
〃 2′
〃 3′
〃 4′
〃 5′
〃 6′
9.000
10.500
9.000
10.500
9.000
88.133
48.000
EL. 130.000
水叩き
45.000
5.000
2.000
1.000
1.000
2.000
EL. 135.000
ソル

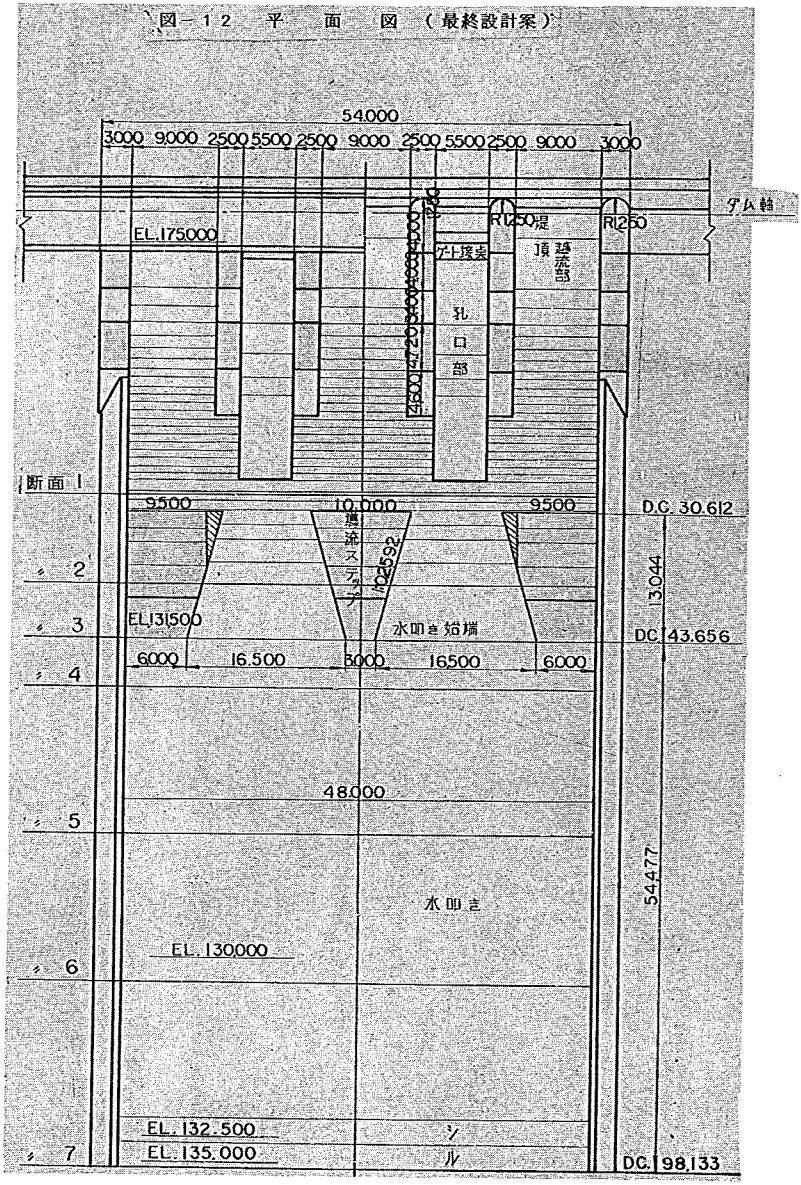
図－１０　正　面　図　（原設計案）


54,000
3000 9000 3000 4500 9000 3000 3000 9000 3000
3000
4500
EL. 175.000
EL. 165.000
EL. 159.000
EL. 150.000
EL. 146.000
EL. 144.000
EL. 130.000
水叩き底面
2500
EL. 125.000
2500

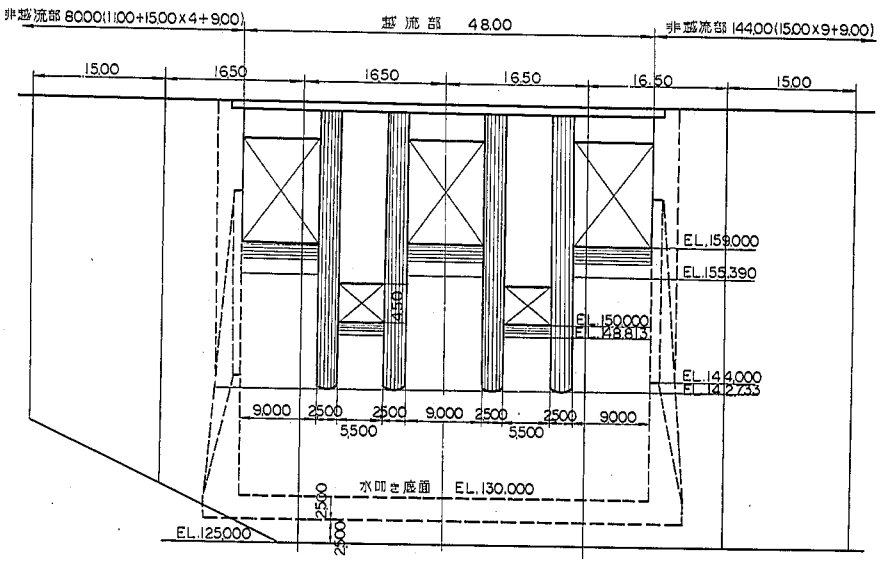
図－１１　越流部断面図（最終設計案）



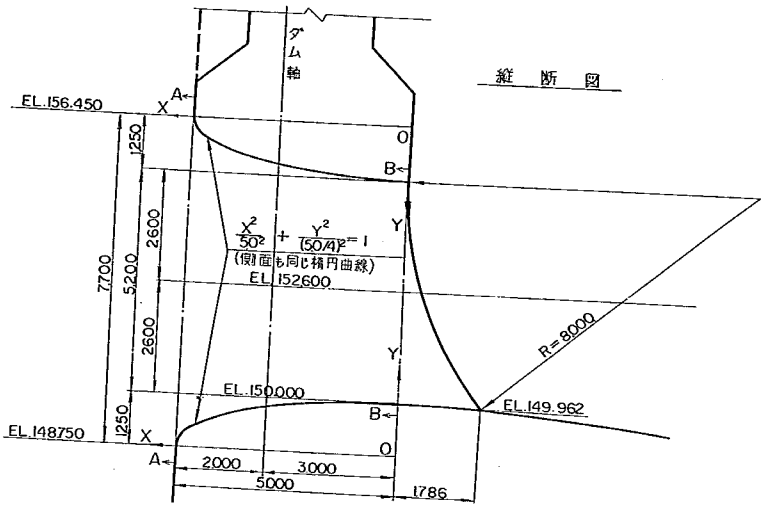
図－12　平　面　図（最終設計案）

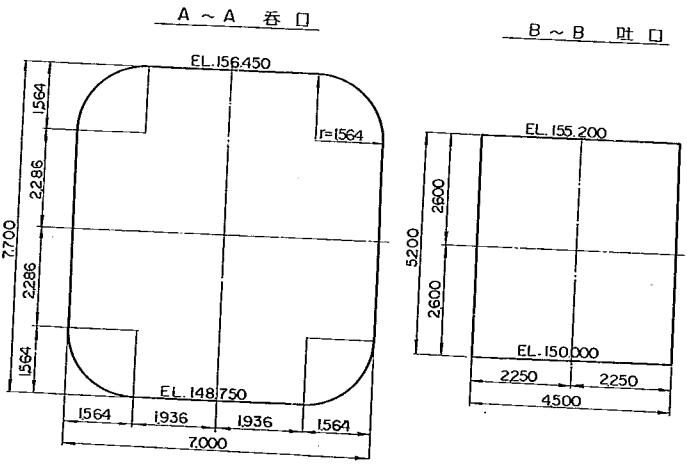


図－１３　正　面　図　（最終設計案）

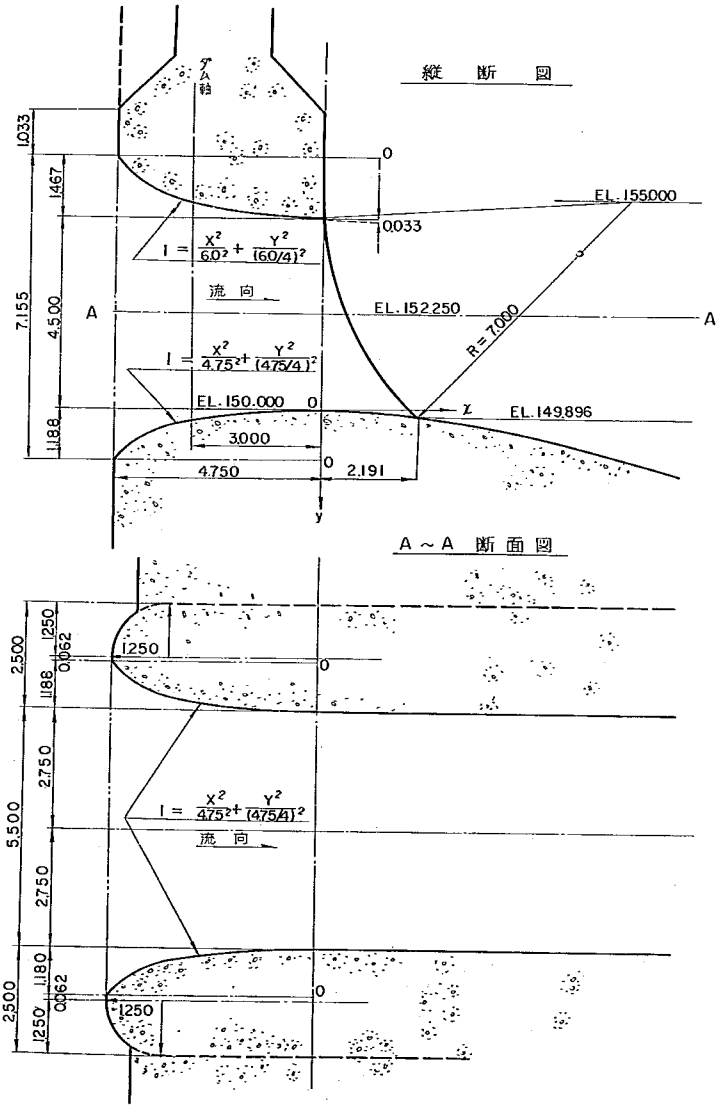


図－１４　孔口部詳細図　（原設計案）



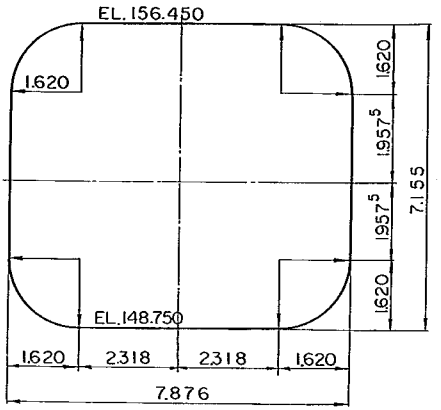


図－１５　孔口部詳細図　（最終設計案）

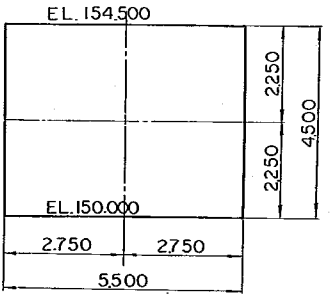


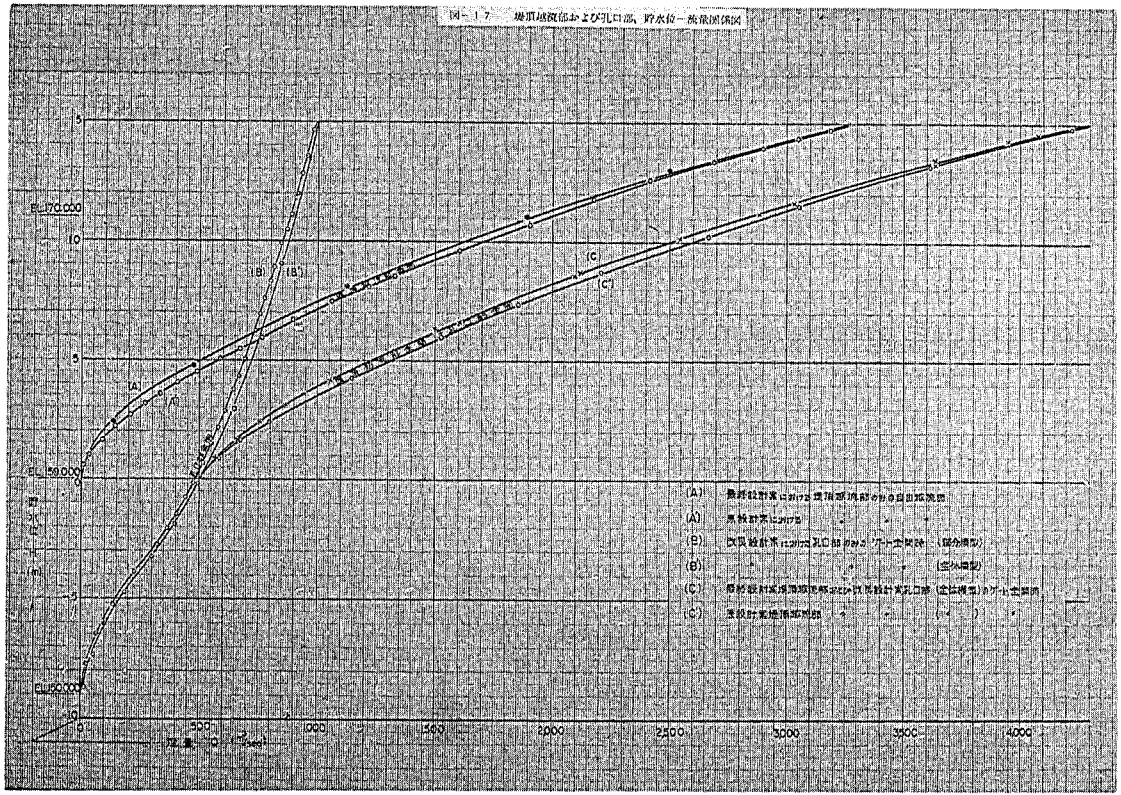
図－１６　孔口部詳細図　（最終設計案）

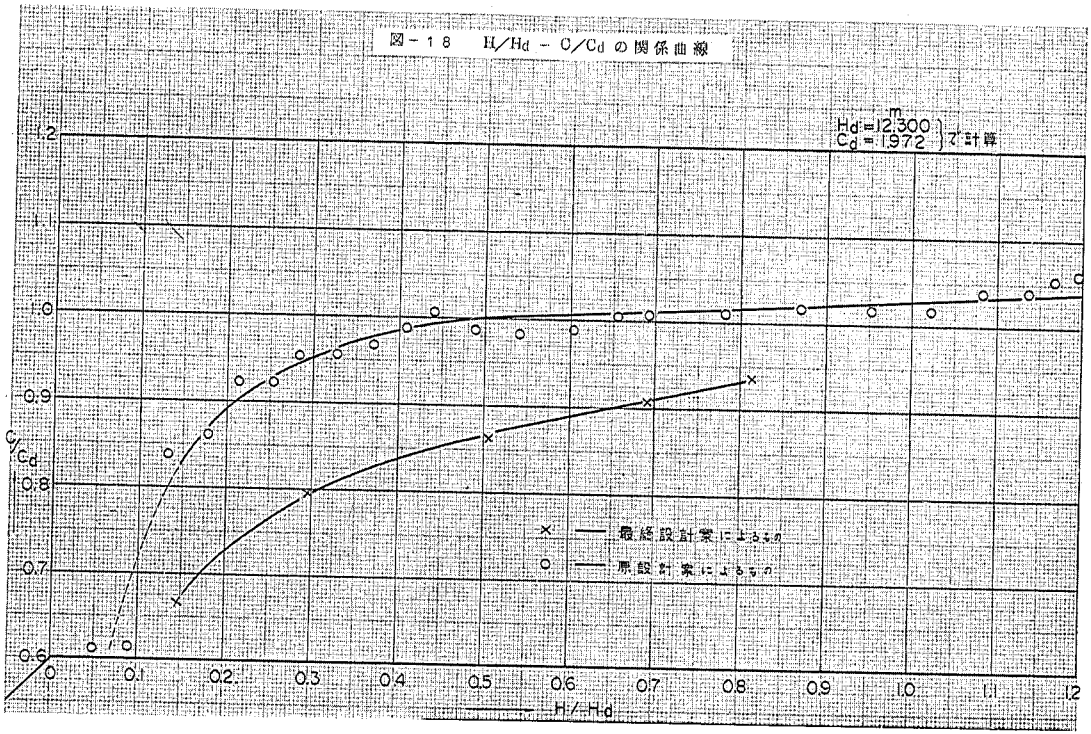
呑口断面図

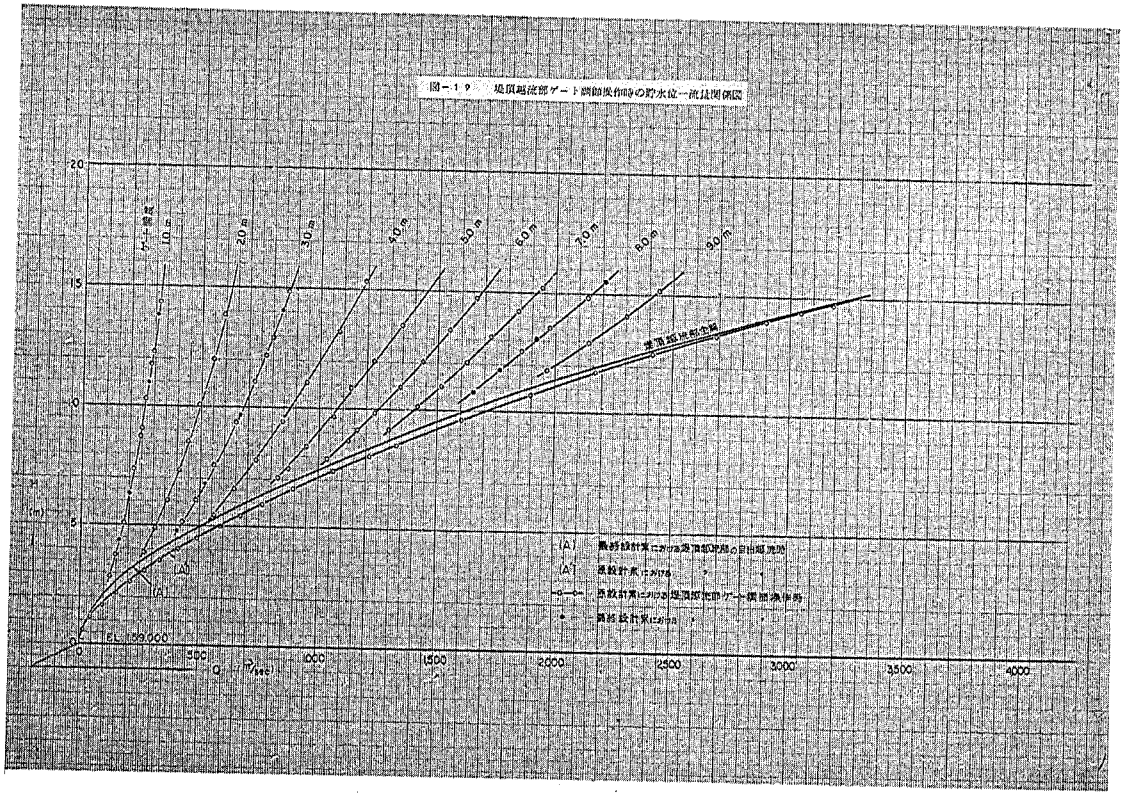


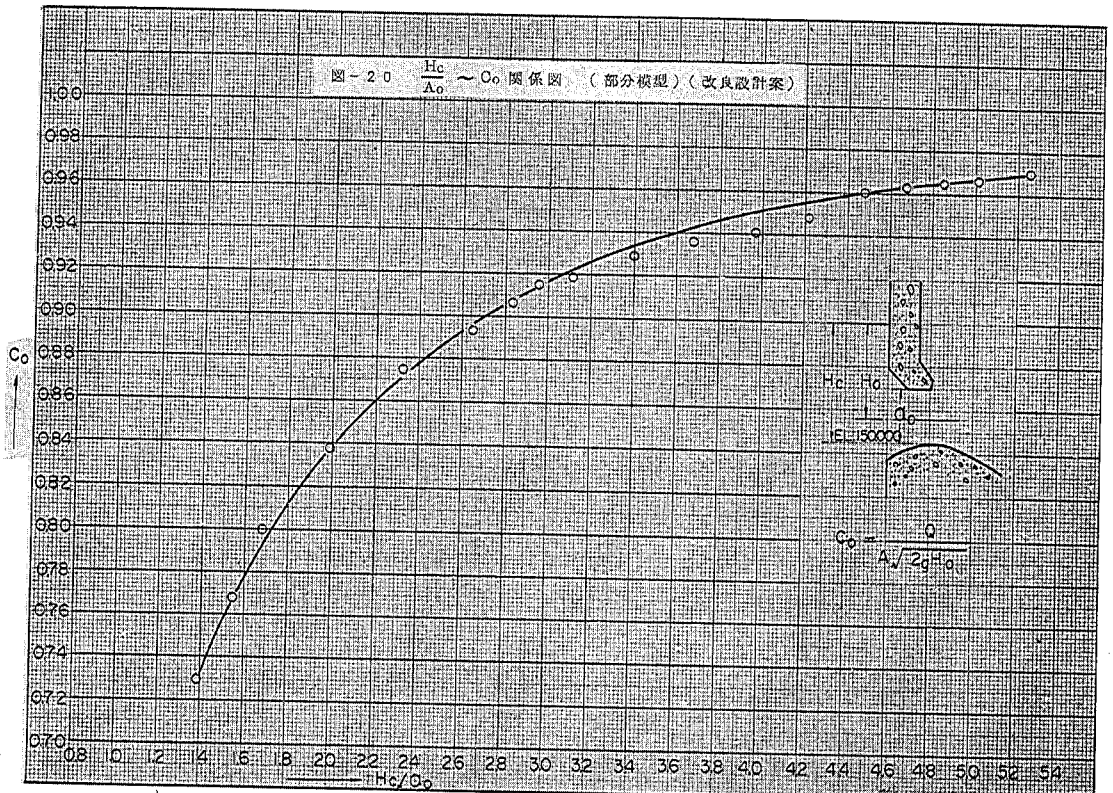
吐口断面図

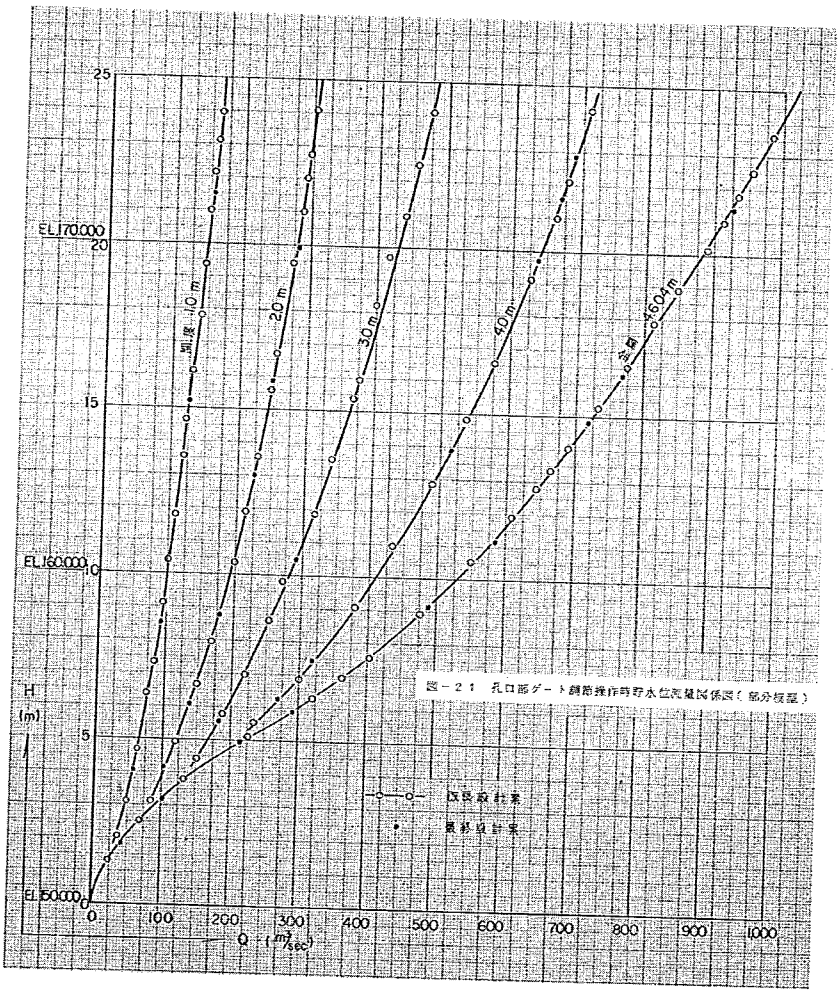



図－17　堤頂越流部および孔口部、貯水位－放流量関係
EL.70.000
EL.50.000
EL.30.000
(A)
(Ā)
(B)
(B̄)
(C)
(C̄)
(A) 無孔放流管 および 堤頂越流部からの自由放流
(Ā) 無孔放流管 〃
(B) 仮設放流管 および 孔口部からのゲート全開時 （圧力開水型）
(B̄) 〃 〃 〃 （全断面型）
(C) 仮設放流管閉塞時および無孔放流管 （圧力開水型）からのゲート全開時
(C̄) 〃 〃 閉塞解除時 〃 （ 〃 ） 〃
貯水位 (m)
放流量 Q (m³/sec)
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000

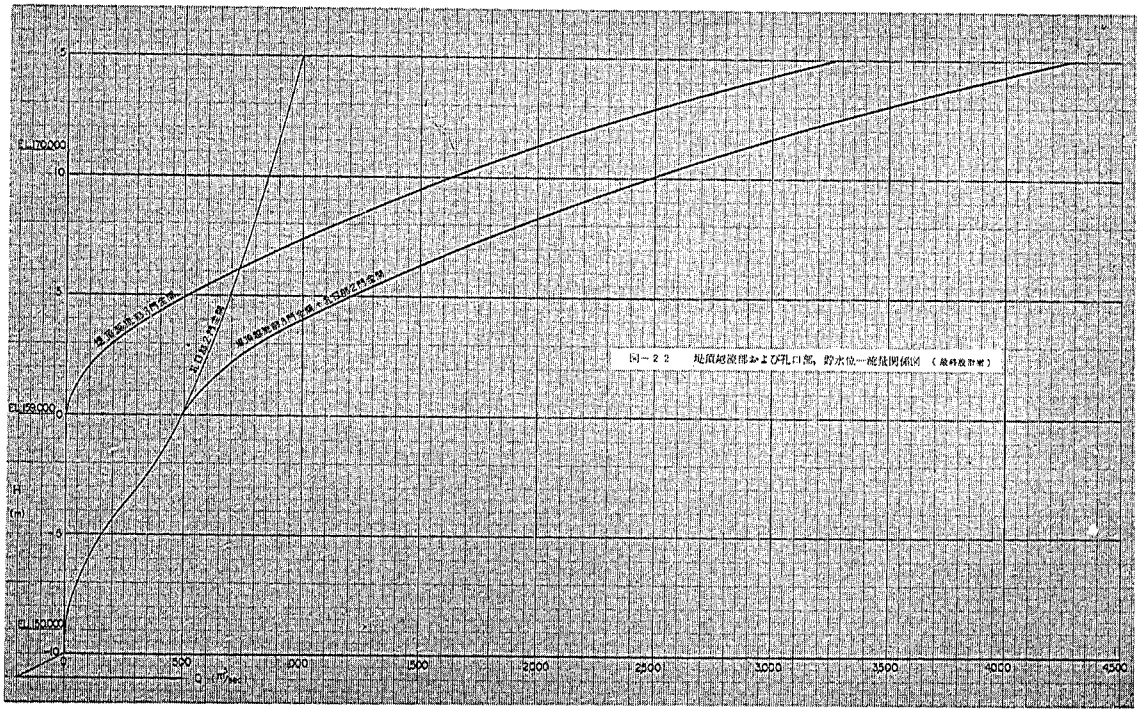

図－18　H/Hd － C/Cd の関係曲線
Hd=12.300 m
Cd=1.972 〃 計算
C/Cd
1.2
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
1.1
1.2
H/Hd
× —— 最終設計案によるもの
○ —— 原設計案によるもの


図－１９　堤頂越流部ゲート調節操作時の貯水位－流量関係図
H (m)
Q m³/sec
ゲート開度
10 m
20 m
30 m
40 m
50 m
60 m
70 m
80 m
90 m
堤頂越流部全開
(A) 最終設計案における堤頂越流部の自由越流頂
(A') 原設計案 〃
堤頂越流部ゲート操作準則
最終設計案 〃
EL. 59.000
0
5
10
15
20
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000


図－20 $\frac{Hc}{A_0}$ ～ C_0 関係図 （部分模型）（改良設計案）
C_0
1.00
0.98
0.96
0.94
0.92
0.90
0.88
0.86
0.84
0.82
0.80
0.78
0.76
0.74
0.72
0.70
08 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54
$\frac{Hc}{A_0}$
$\frac{H_c}{d_0}$
$\frac{H_0}{d_0}$
15
150000
$C_0 = \frac{Q}{A\sqrt{2gH_0}}$

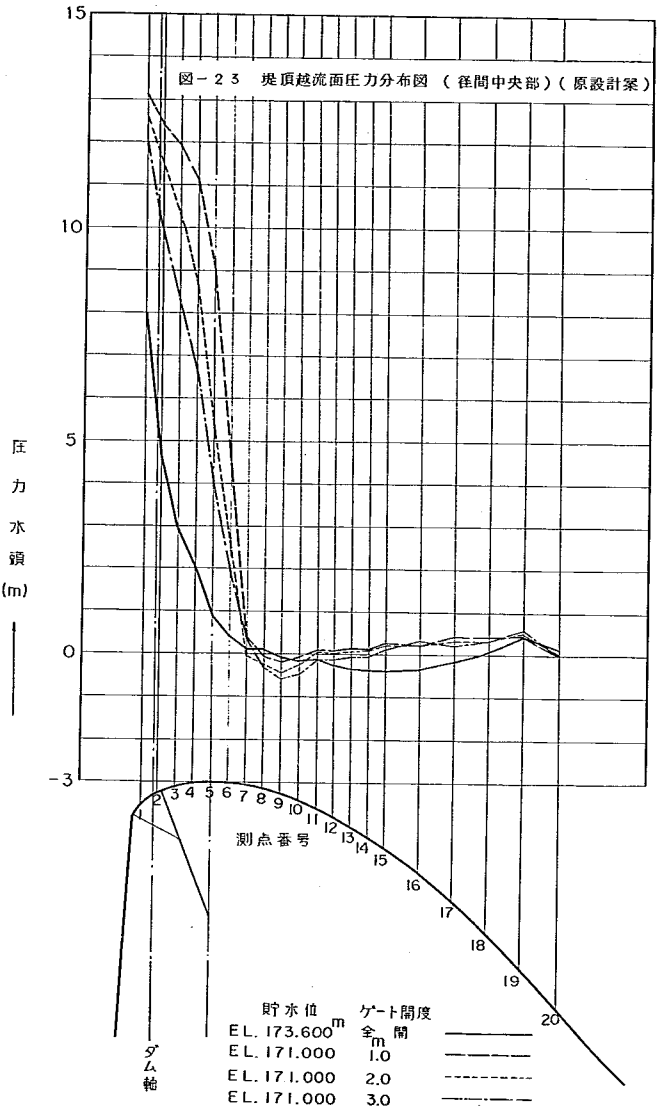


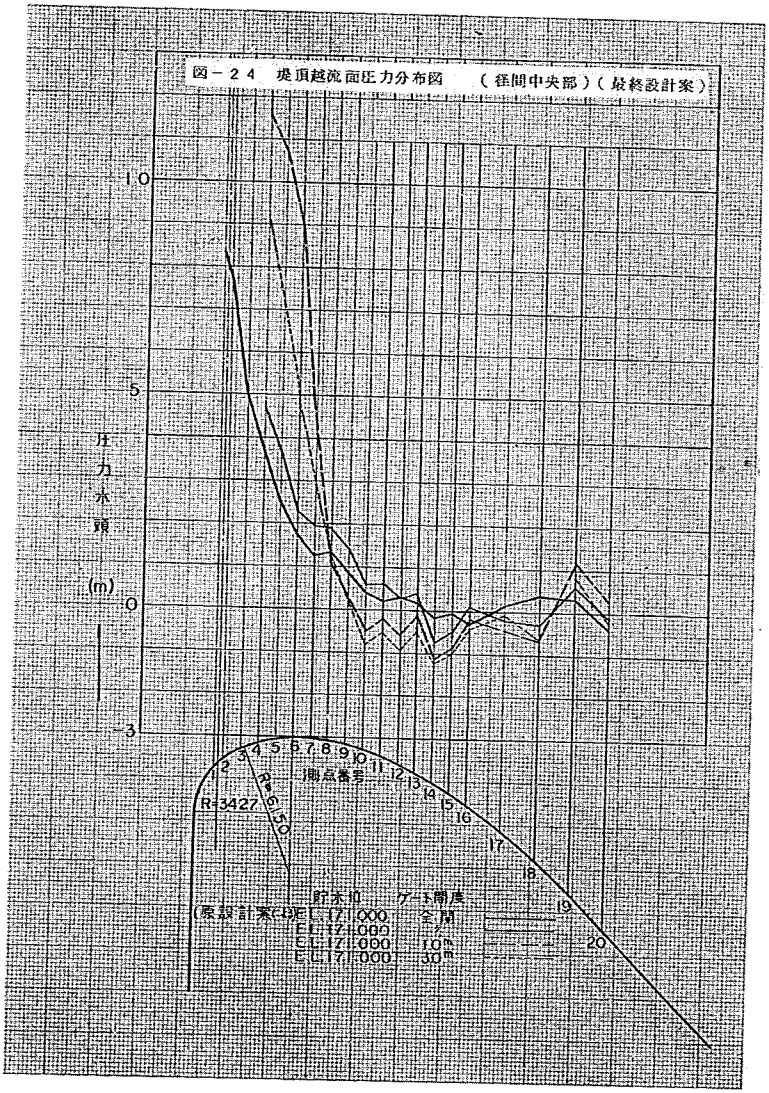
図－２１　孔口部ゲート調節操作時貯水位流量関係図（部分模型）



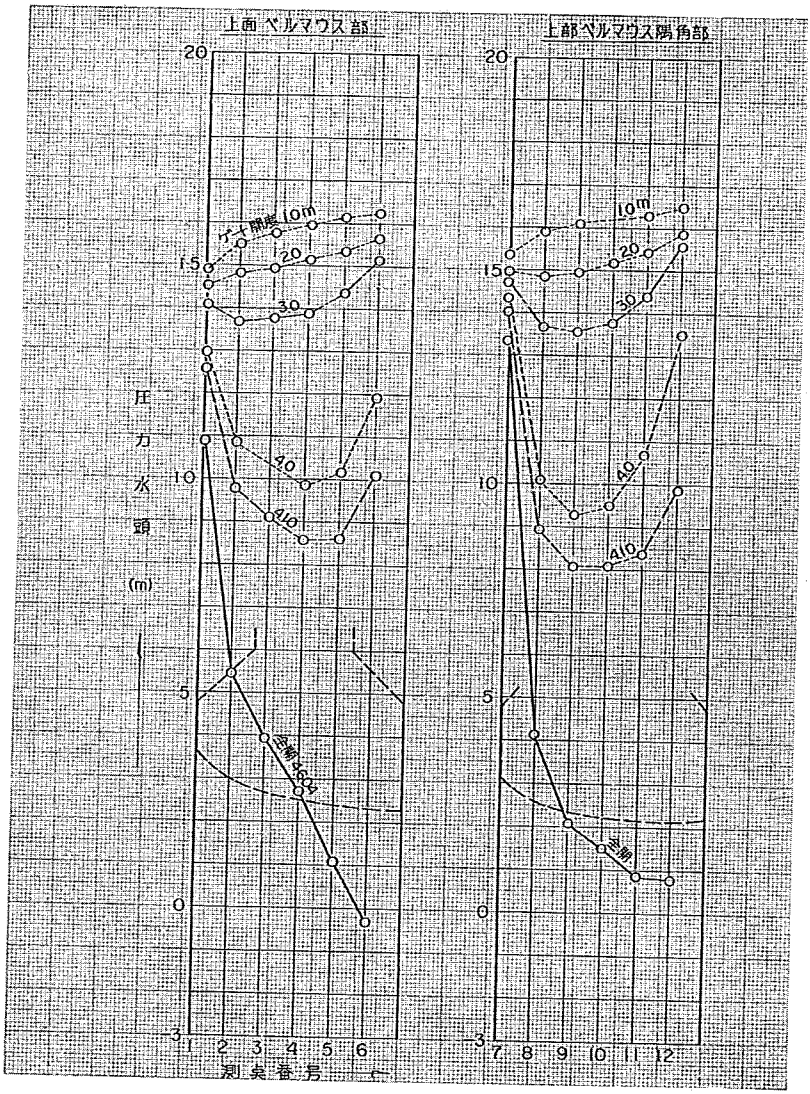
図－２２　地質超波帯および孔口荷，貯水位－流量関係図　（最終設計案）

図－２３　堤頂越流面圧力分布図（径間中央部）（原設計案）

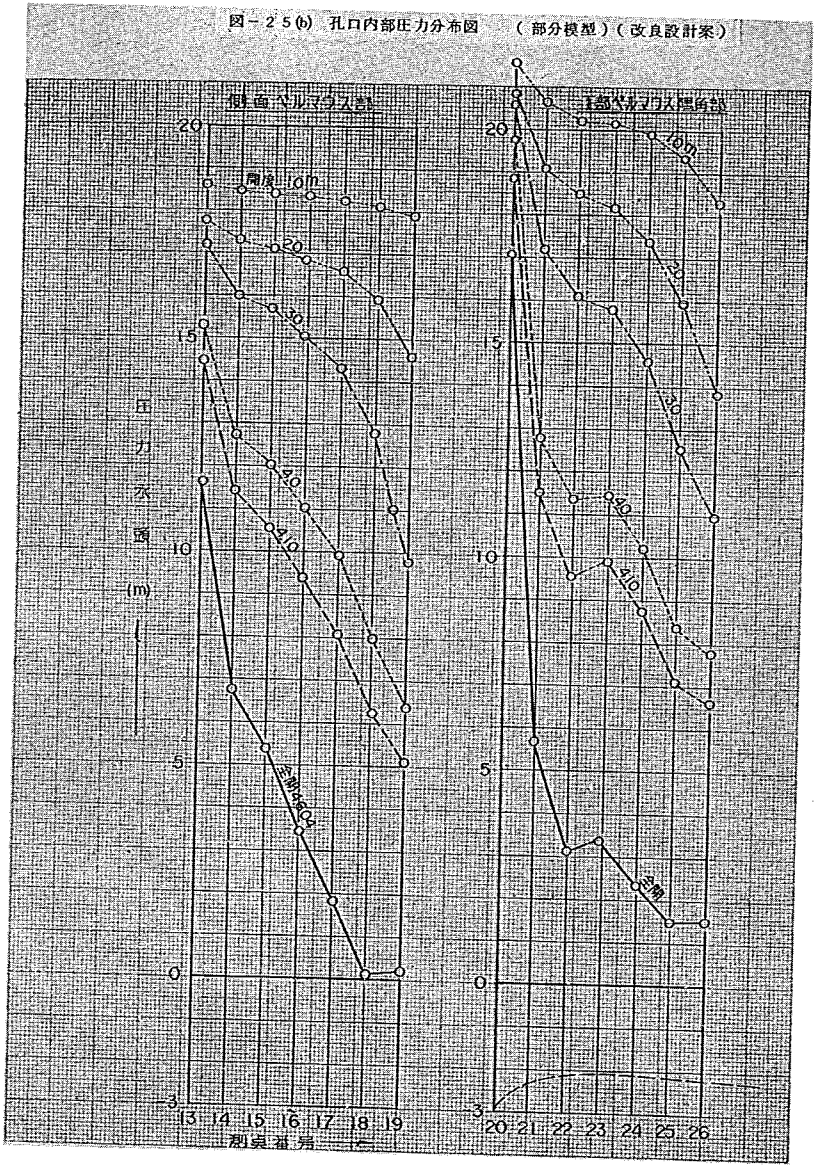


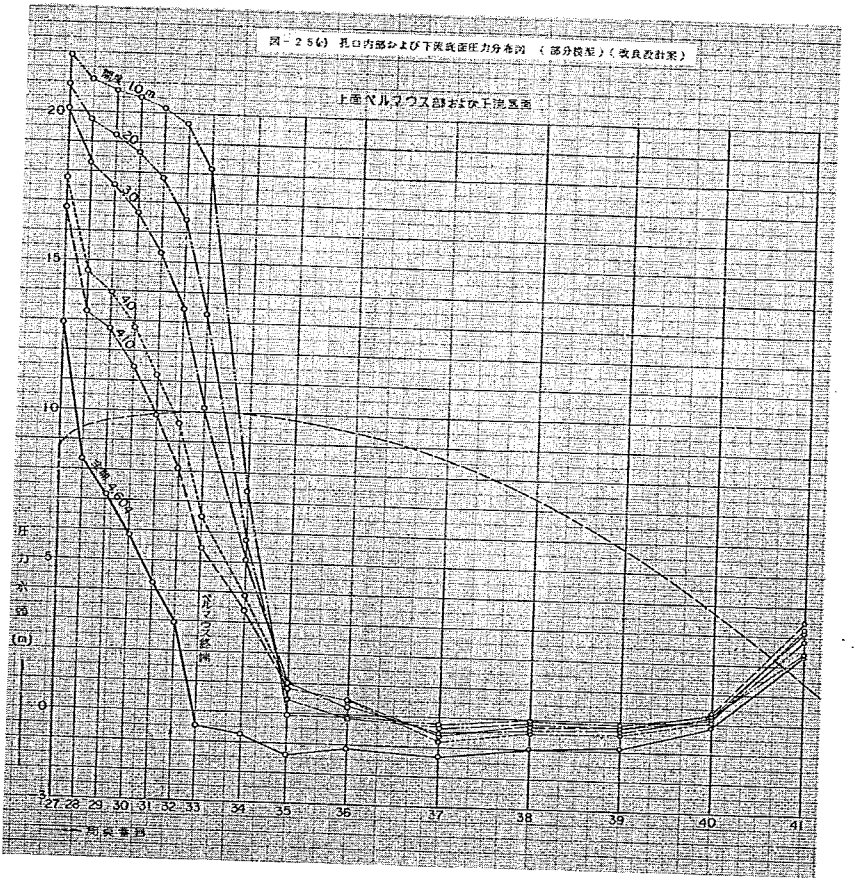

図－２４　堤頂越流面圧力分布図　（径間中央部）（最終設計案）
10
5
0
-3
圧力水頭 (m)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
測点番号
R=3427
貯水位　ゲート開度
(原設計案EL)EL 17.000　全開
EL 17.000　7.5m
EL 17.000　10m
EL 17.000　30m

図－２５(a)　孔口内部圧力分布図　（部分模型）（改良設計案）

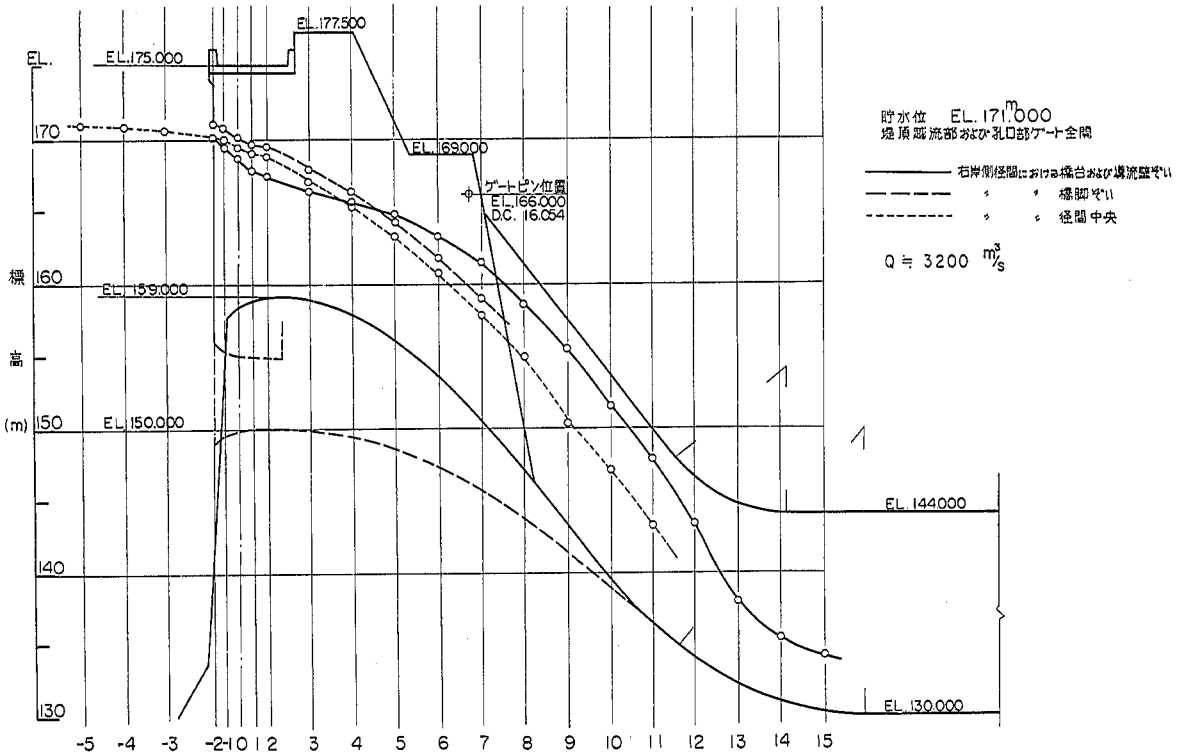


図－２５(b)　孔口内部圧力分布図　（部分模型）（改良設計案）

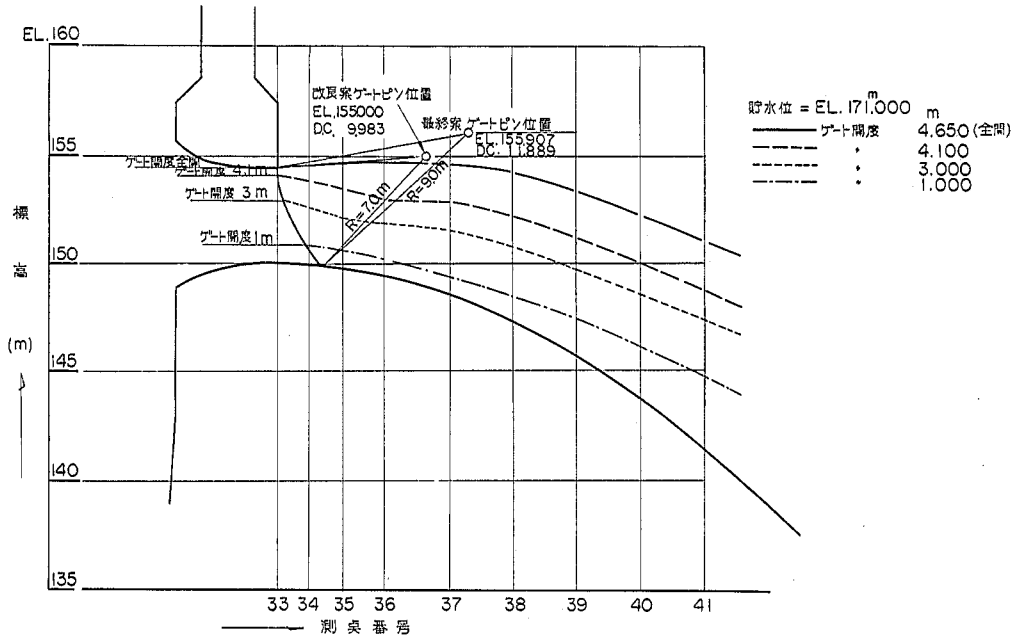


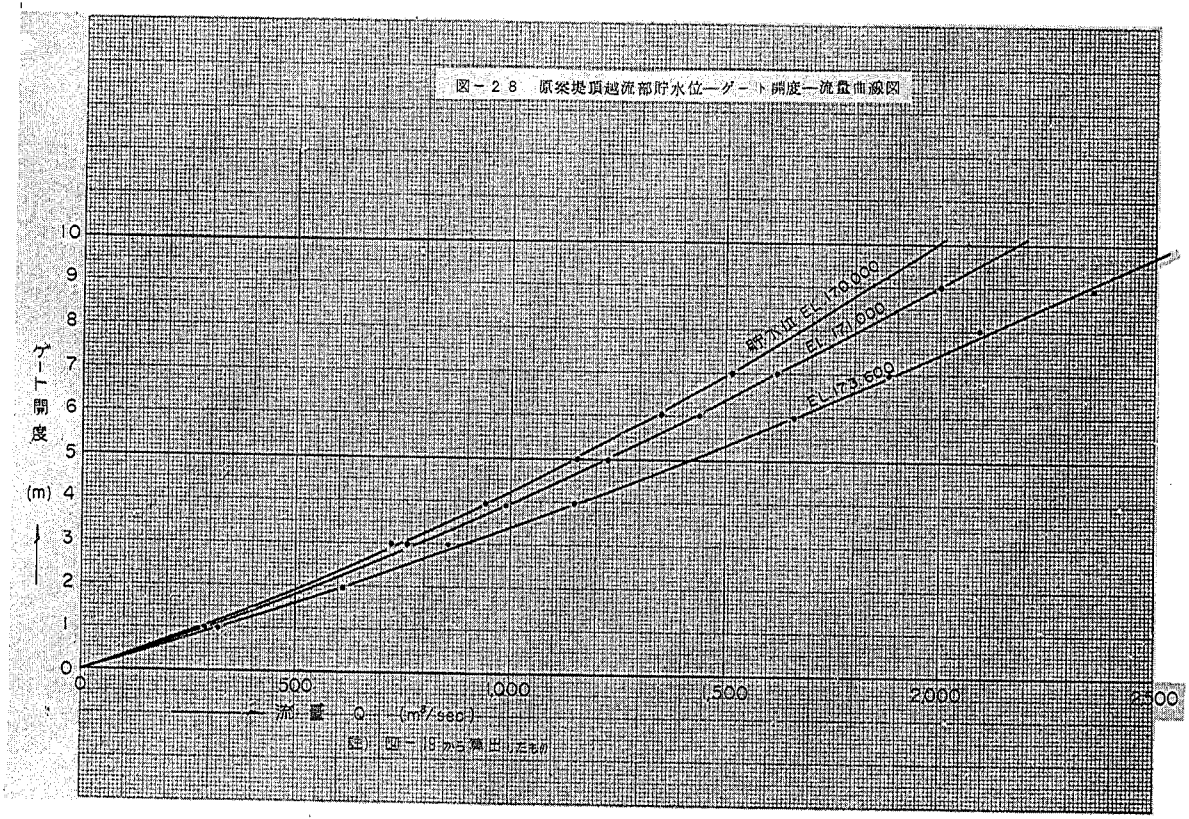

図－25(4) 孔口内部および下流底面圧力分布図 （部分模型）（改良設計案）
上面ベルマウス部および下流底面
設計水頭 10m
20
15
10
5
0
圧力水頭(m)
ベルマウス終端
27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41
孔口軸方向

図－２６　越流水面形図

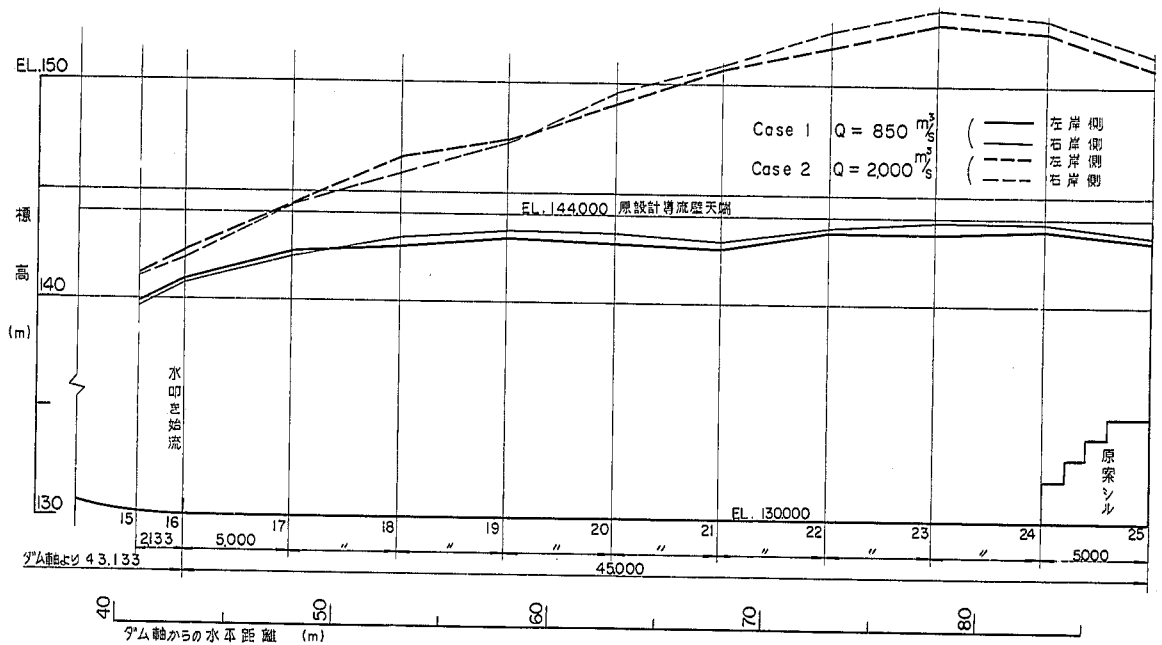

EL.177.500
EL.175.000
EL.169.000
ゲートピン位置
EL.166.000
D.C. 16.054
EL.159.000
EL.150.000
EL.144000
EL.130.000
EL.
170
160
150
140
130
標高
(m)
-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
貯水位　EL. 171.000
堤頂越流部および孔口部ゲート全開
右岸側径間における橋台および導流壁ぜい
〃　〃　橋脚ぜい
〃　〃　径間中央
Q ≒ 3200 m³/s

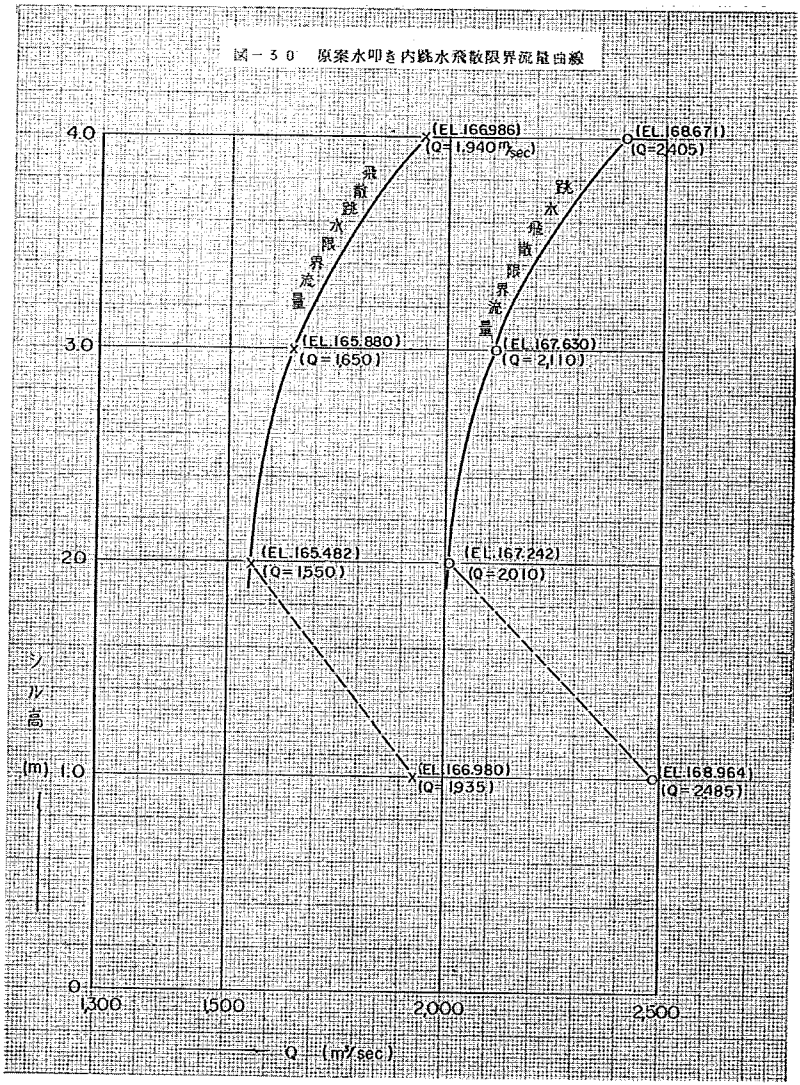
図－２７　孔口部下流水面形図（部分模型）




図－２８　原案堤頂越流部貯水位―ゲート開度―流量曲線図
ゲート開度 (m)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
0
500
1,000
1,500
2,000
2,500
流量 Q (m³/sec)
EL. 179,000
EL. 177,000
EL. 173,500

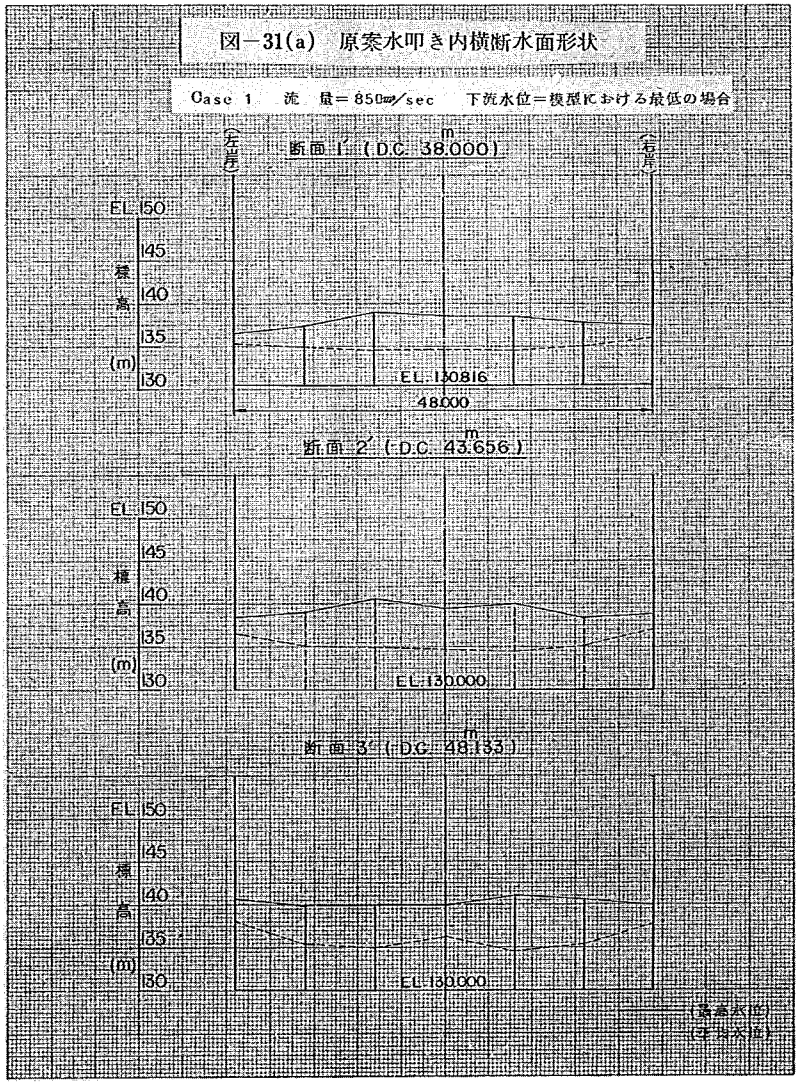
図－２９　原案水叩き導流壁ぞい水面形図




図－３０　原案水叩き内跳水飛散限界流量曲線
4.0
3.0
2.0
1.0
0
(EL.166986)
(Q=1,940m³/sec)
(EL.168671)
(Q=2405)
飛散跳水限界流量
跳水飛散限界流量
(EL.165.880)
(Q=1650)
(EL.167.630)
(Q=2,110)
(EL.165.482)
(Q=1550)
(EL.167.242)
(Q=2010)
(EL.166.980)
(Q=1935)
(EL.168.964)
(Q=2485)
ソル高 (m)
1,300
1,500
2,000
2,500
Q (m³/sec)

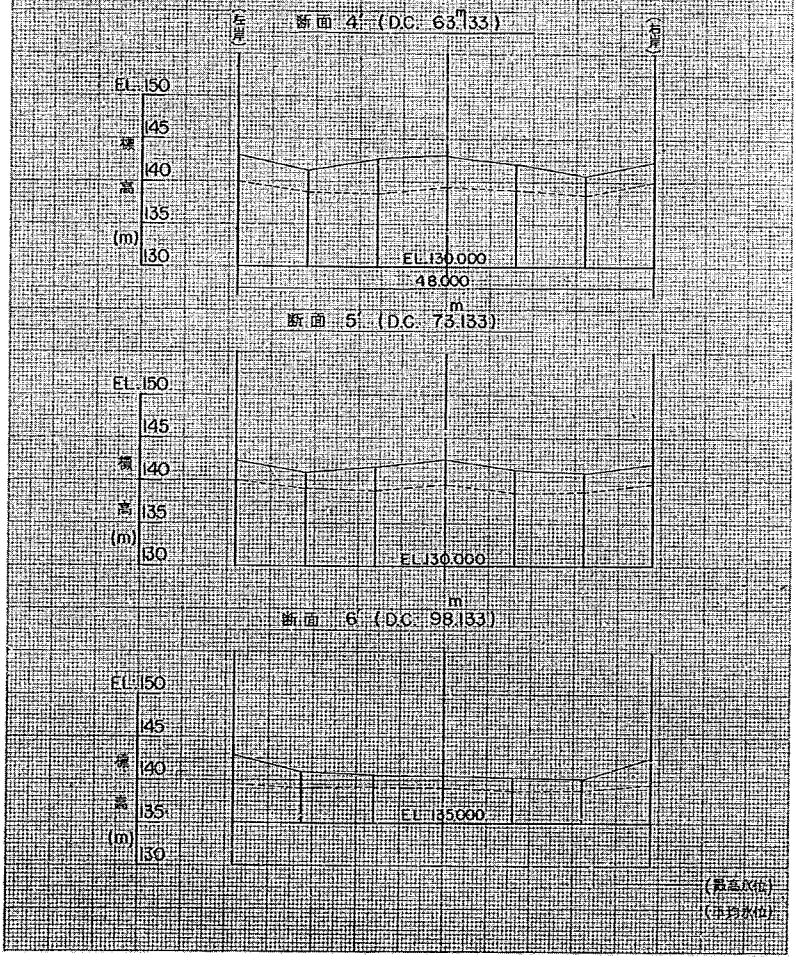
図－31(a)　原案水叩き内横断水面形状

Case 1　流　量＝850㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



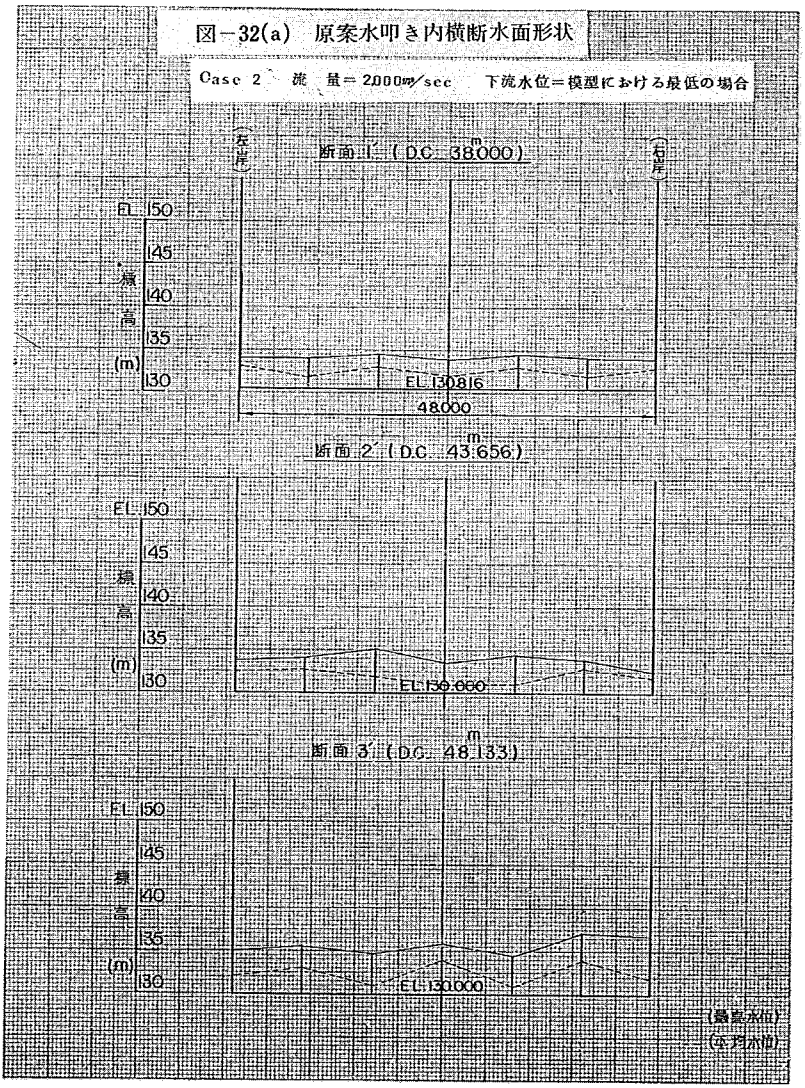
図－31(b)　原案水叩き内横断水面形状

Case 1　流　量＝850㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



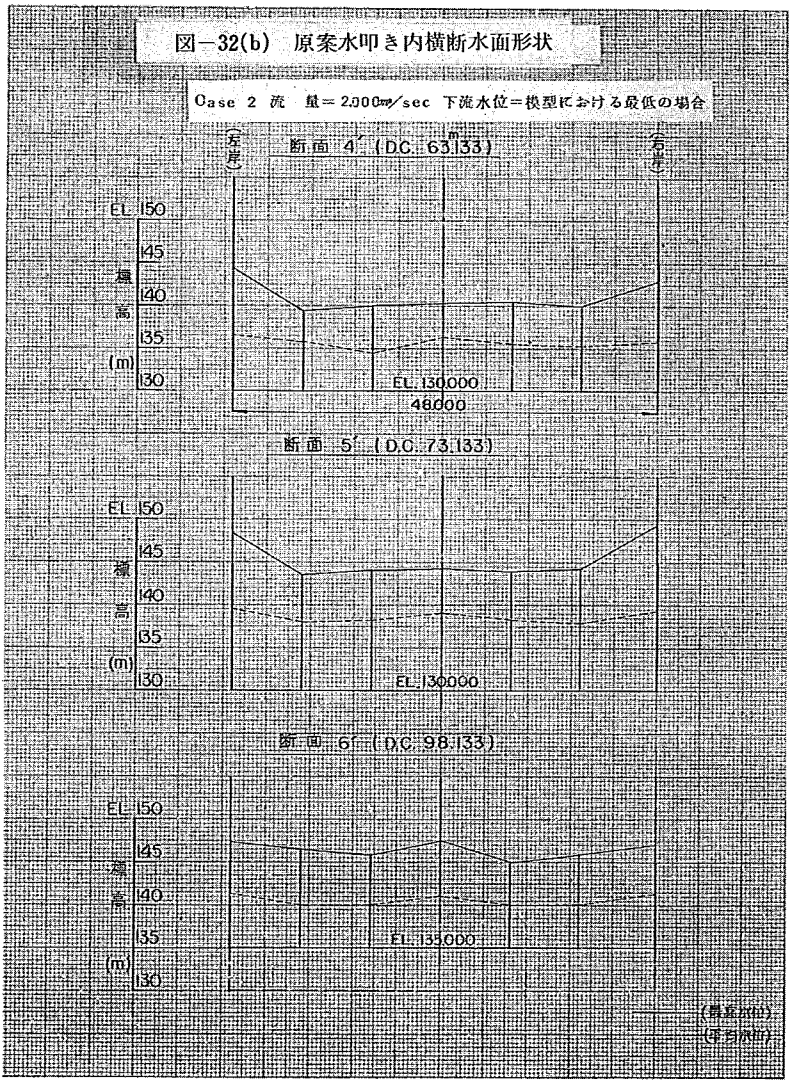
図－32(a)　原案水叩き内横断水面形状

Case 2　流　量＝2000㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



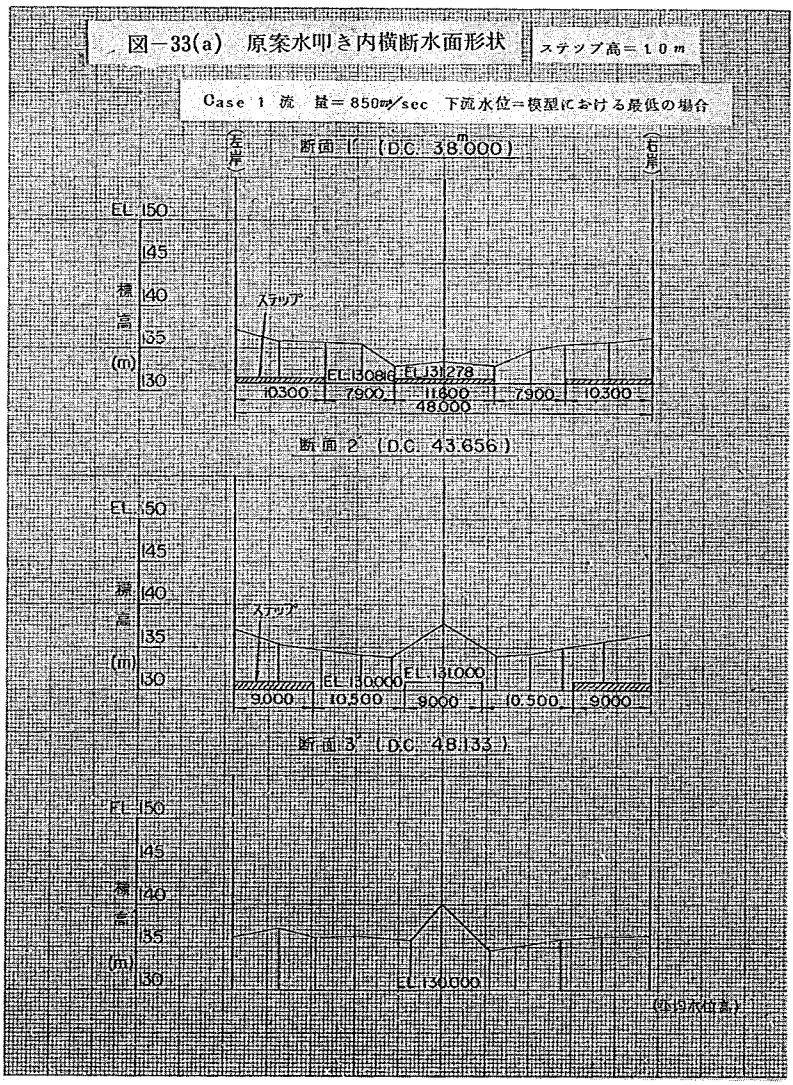
図－32(b)　原案水叩き内横断水面形状

Case 2　流　量＝2,000㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



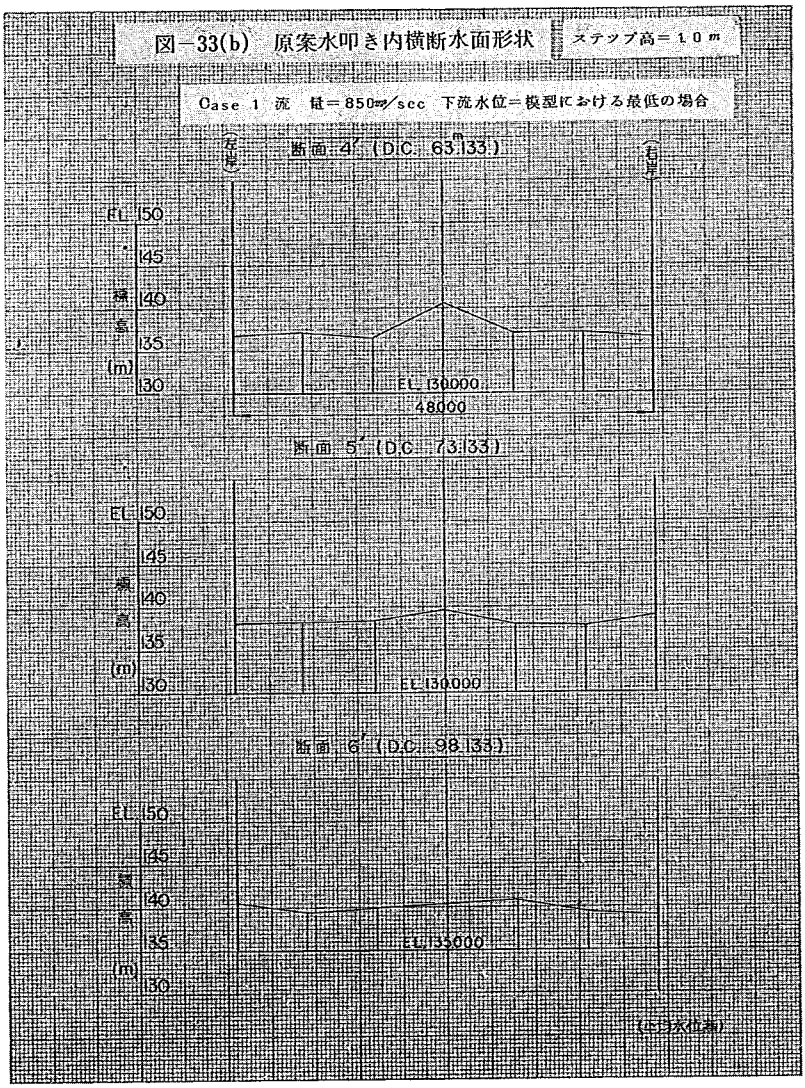
図－33(a)　原案水叩き内横断水面形状　ステップ高＝10m

Case 1 流　量＝850㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



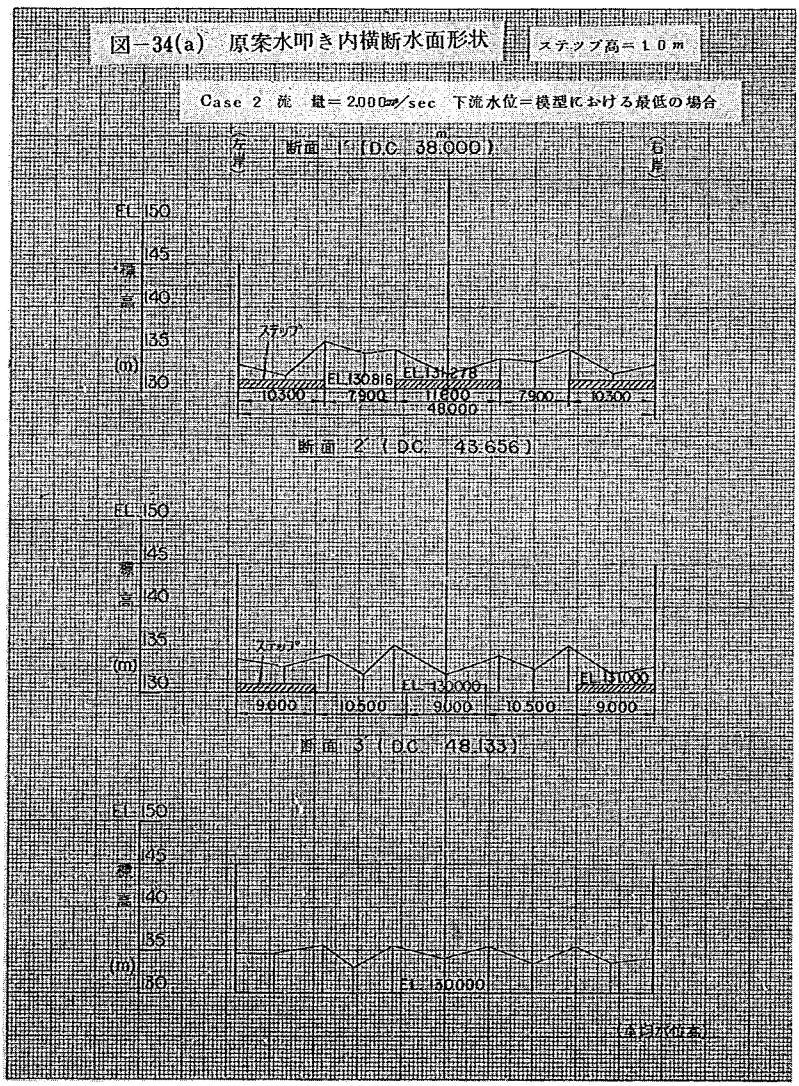
図－33(b)　原案水叩き内横断水面形状　ステップ高＝１０ｍ

Case 1　流　量＝850㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



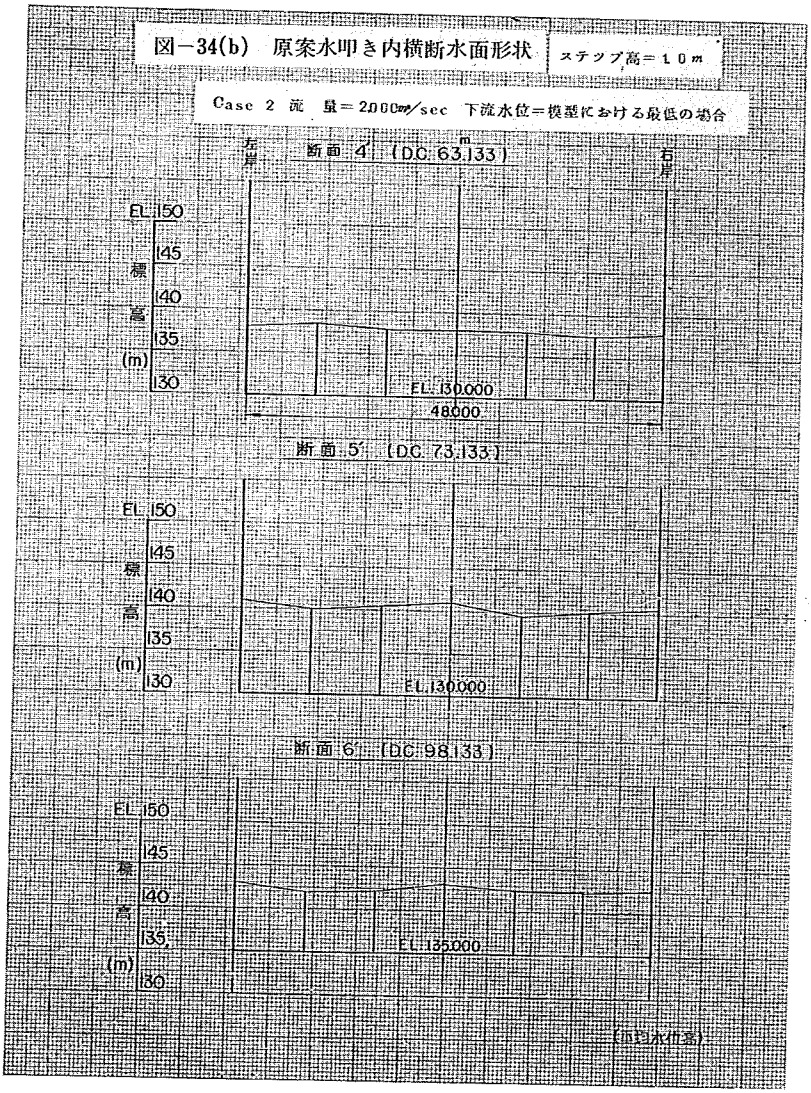
図－34(a)　原案水叩き内横断水面形状　　ステップ高＝１０ｍ

Case 2　流　量＝2,000㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



図－34(b)　原案水叩き内横断水面形状　ステップ高＝１０ｍ

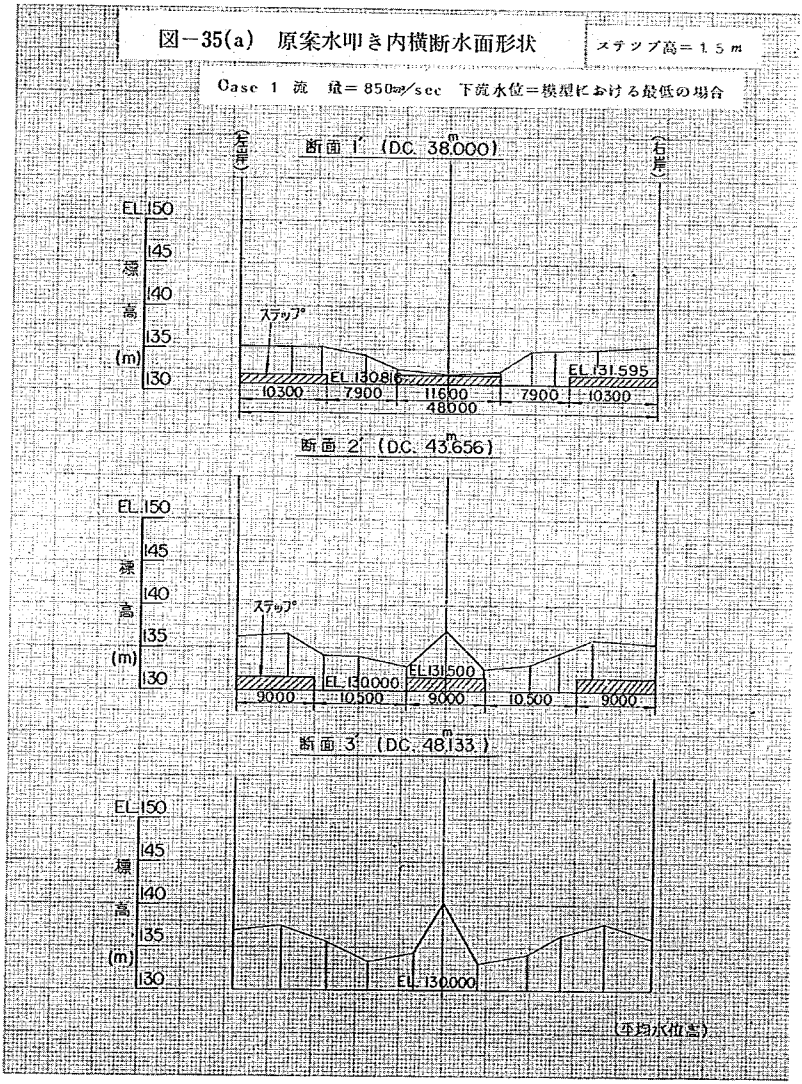
Case 2　流　量＝2000㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



図－35(a)　原案水叩き内横断水面形状

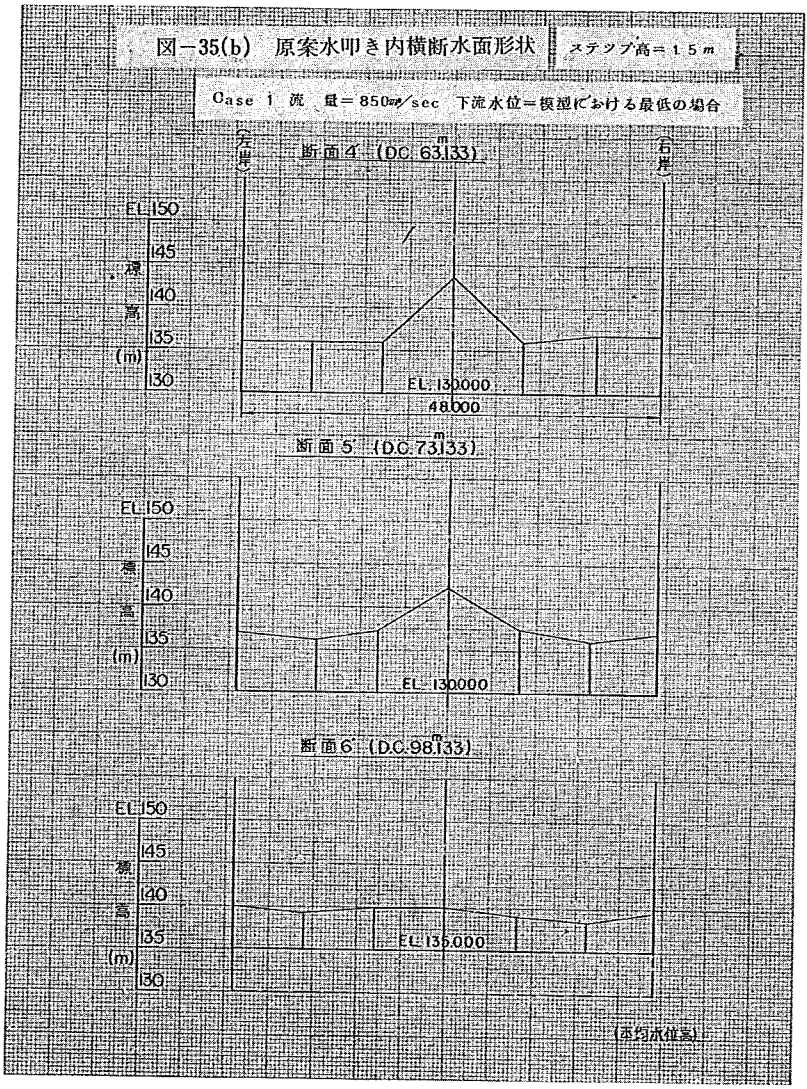
ステップ高＝1.5 m

Case 1　流　量＝850㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



図－35(b)　原案水叩き内横断水面形状　ステップ高＝1.5m

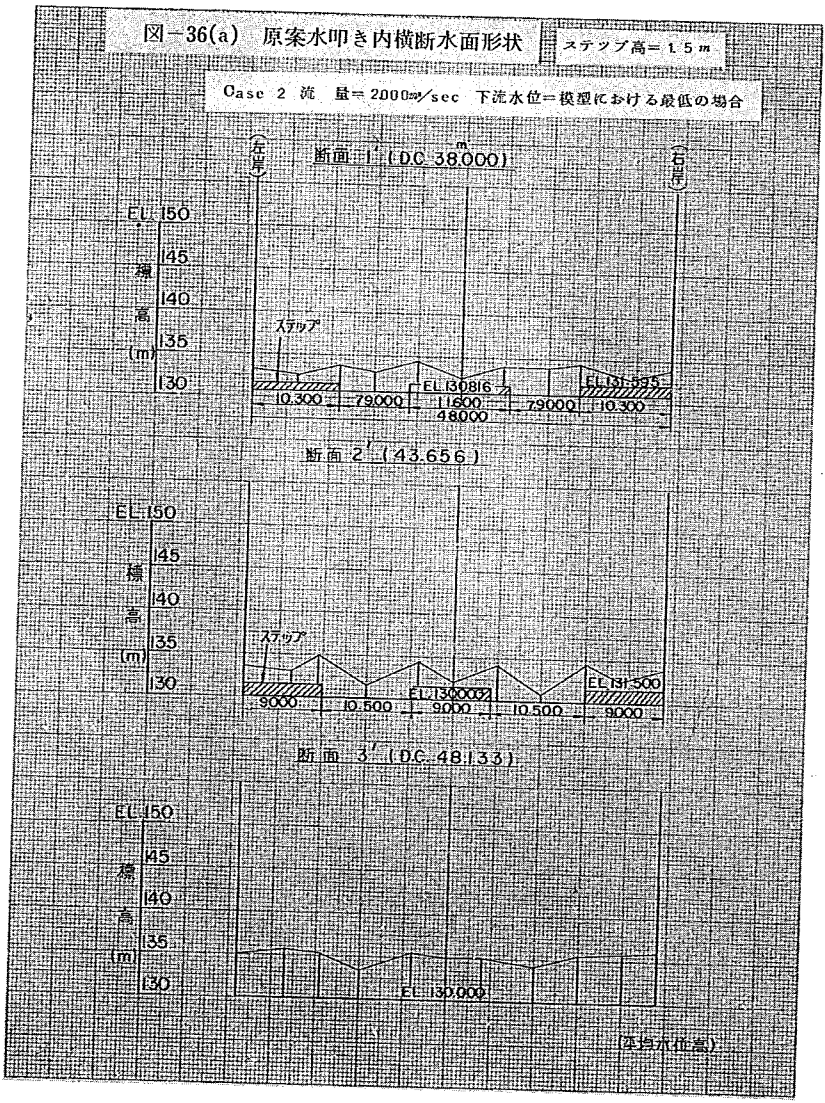
Case 1　流　量＝850㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



図－36(a)　原案水叩き内横断水面形状

ステップ高＝1.5m

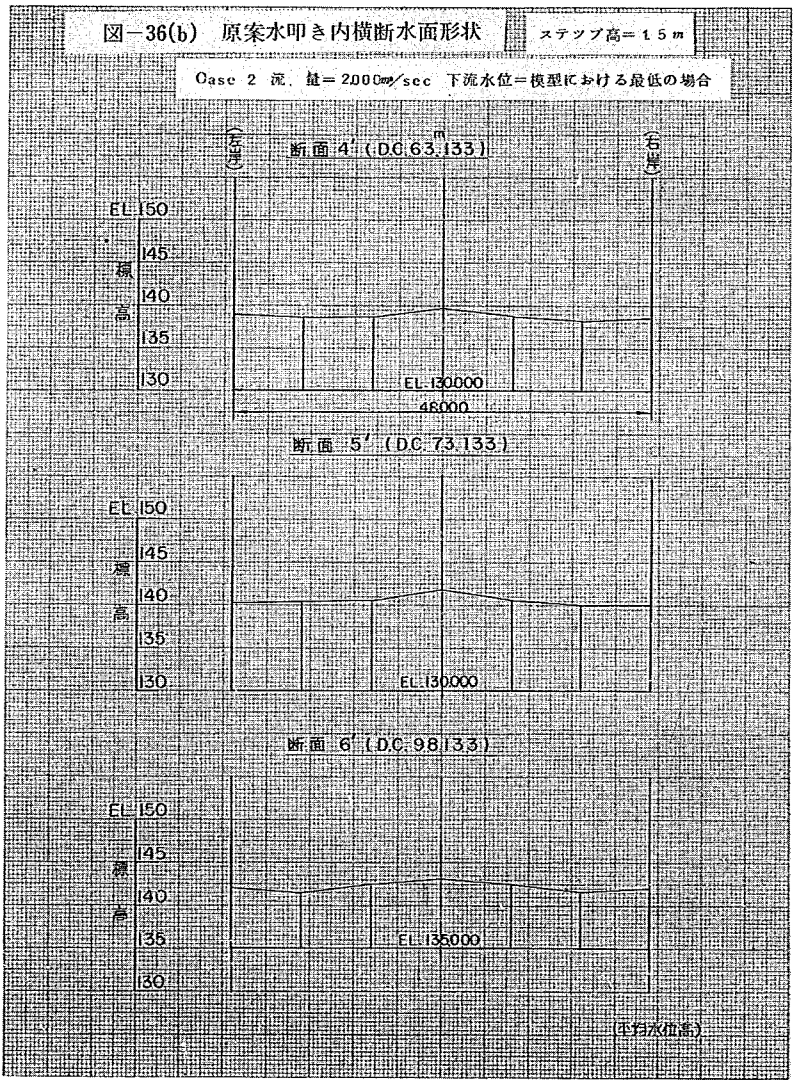
Case 2　流　量＝2000m³/sec　下流水位＝模型における最低の場合



図－36(b)　原案水叩き内横断水面形状

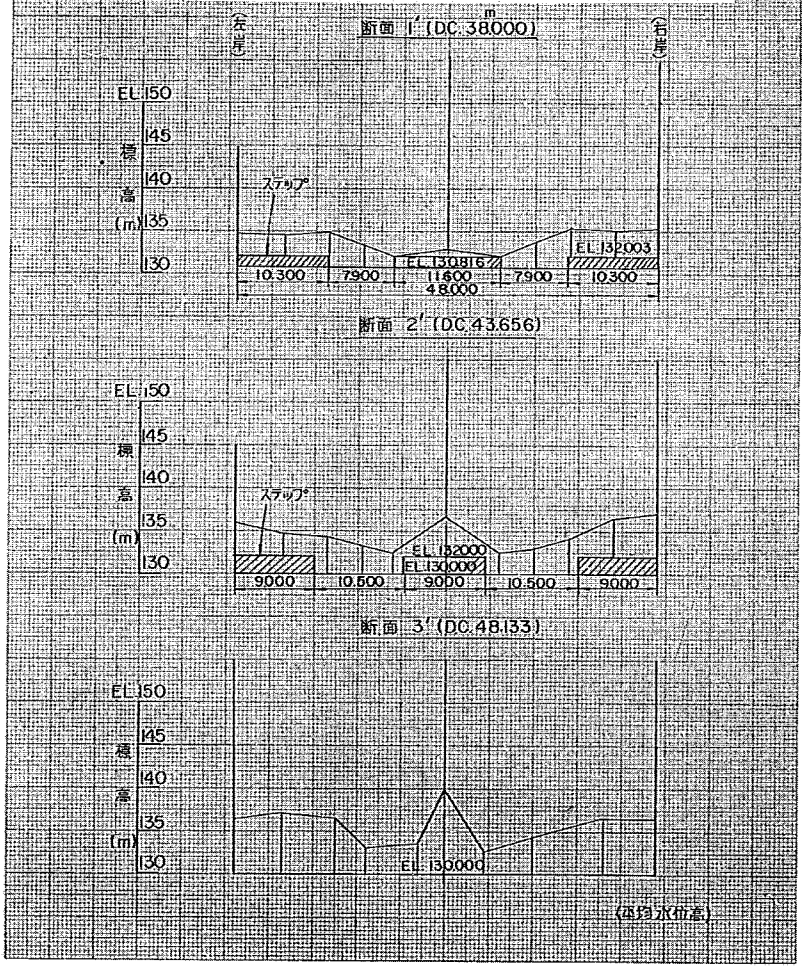
ステップ高＝１５m

Case 2　流．量＝2000㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



図－37(a)　原案水叩き内横断水面形状

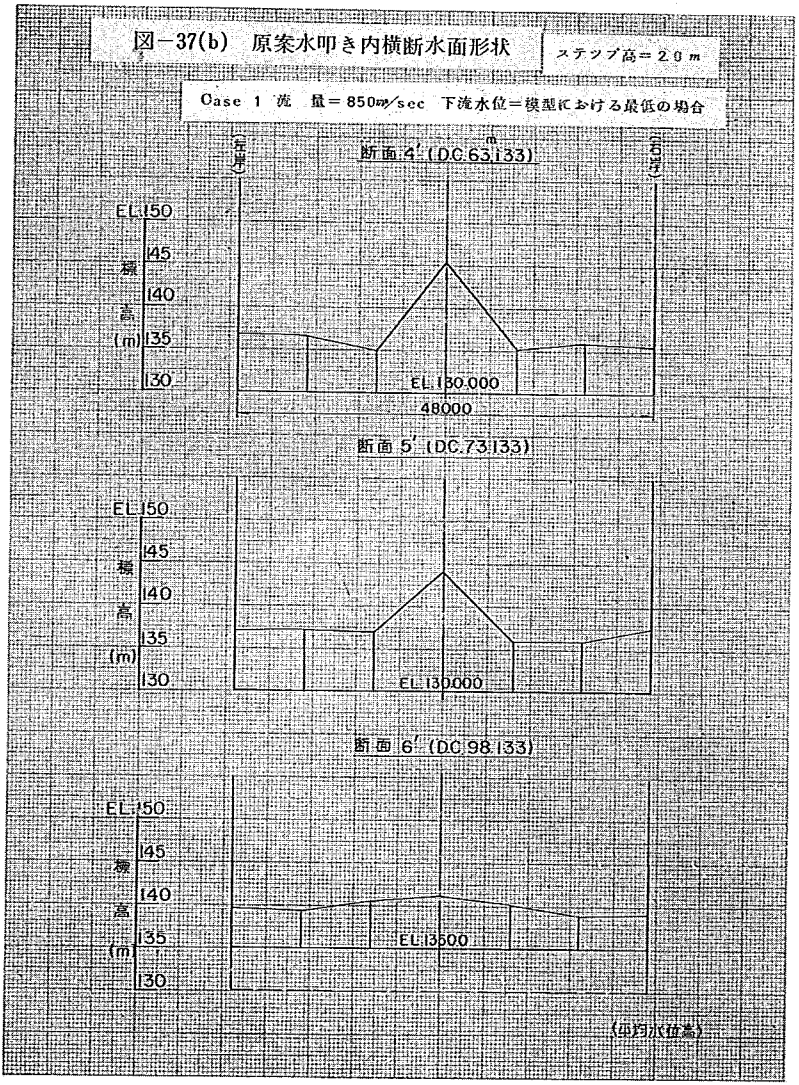
Case 1　流　量＝850m³/sec　下流水位＝模型における最低の場合



図－37(b)　原案水叩き内横断水面形状

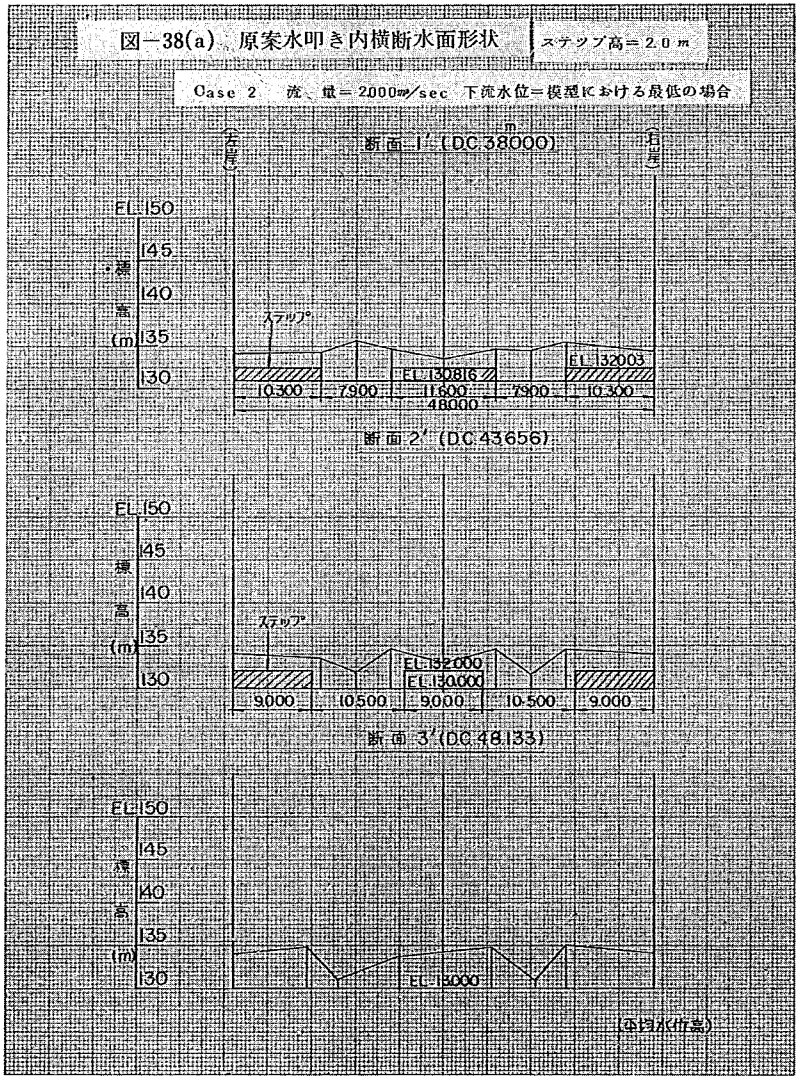
ステップ高＝２０ｍ

Case 1　流　量＝850㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



図－38(a)　原案水叩き内横断水面形状　ステップ高＝2.0 m

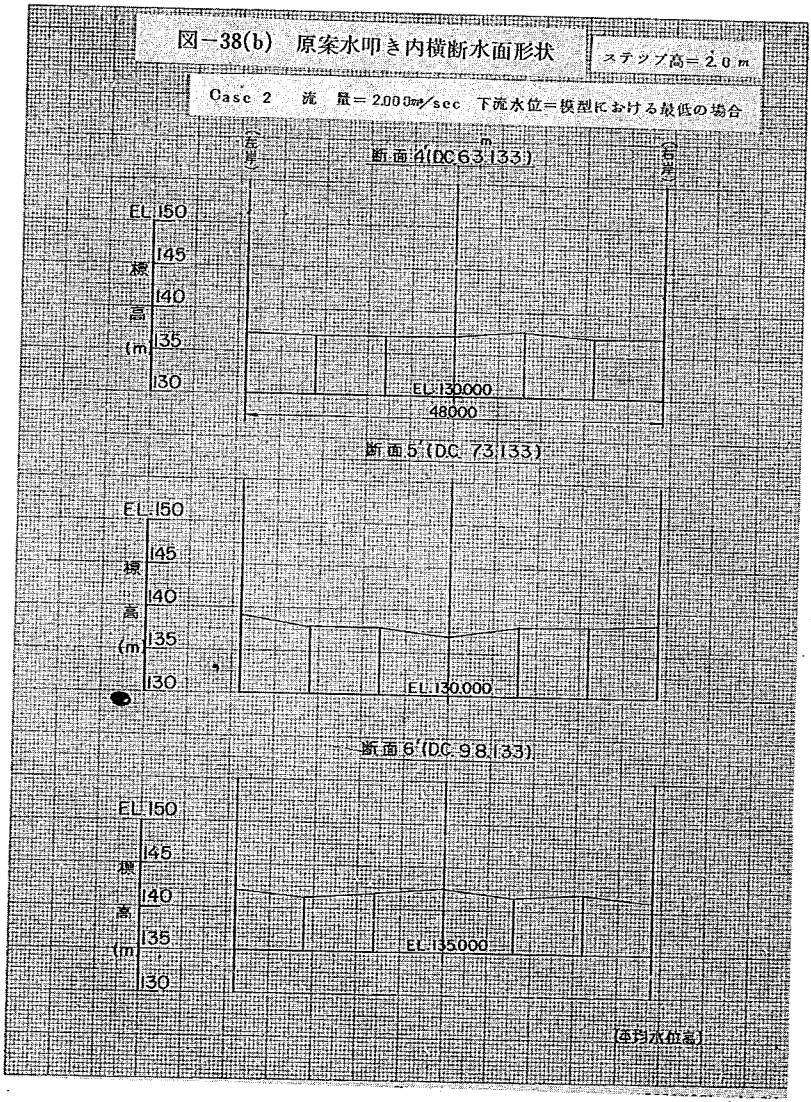
Case 2　流　量＝2000㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合

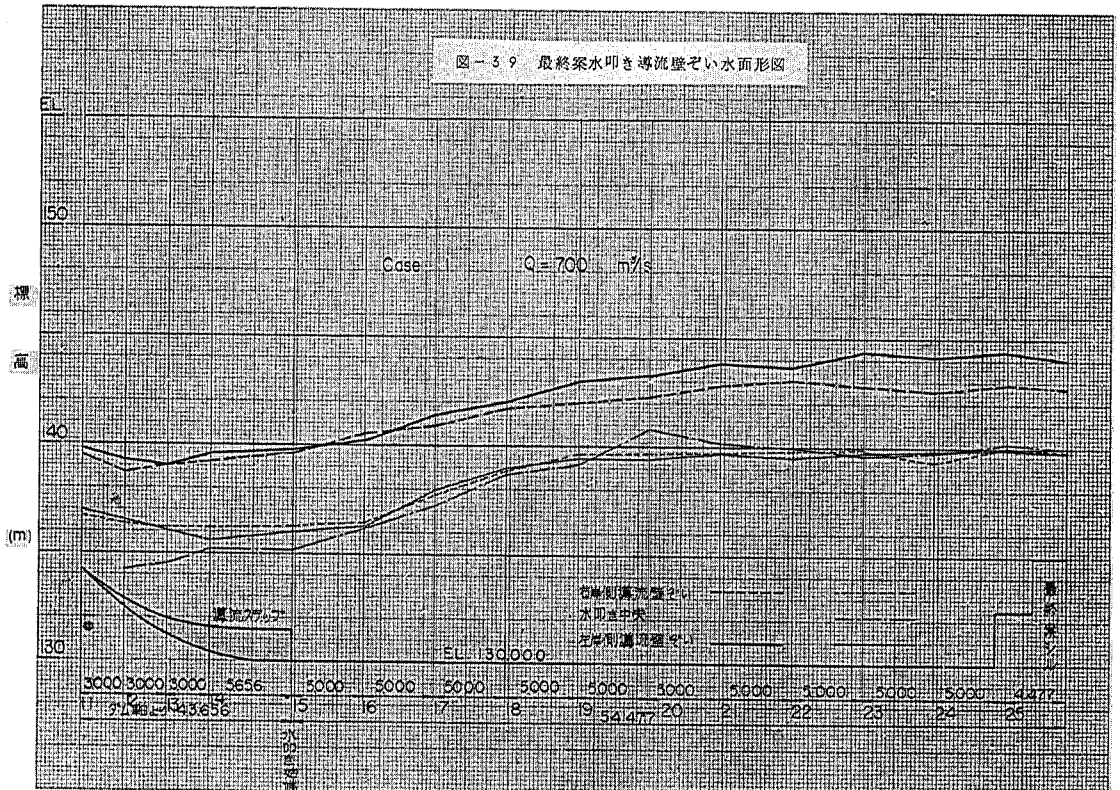


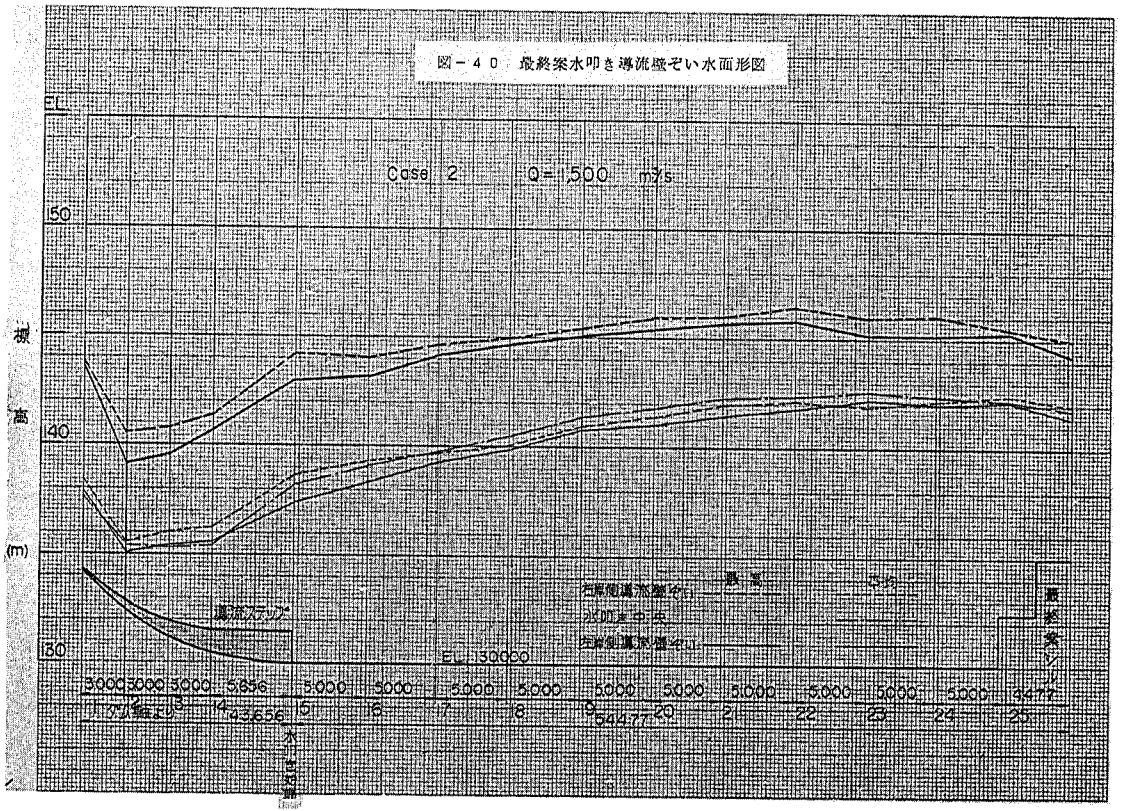
図－38(b)　原案水叩き内横断水面形状

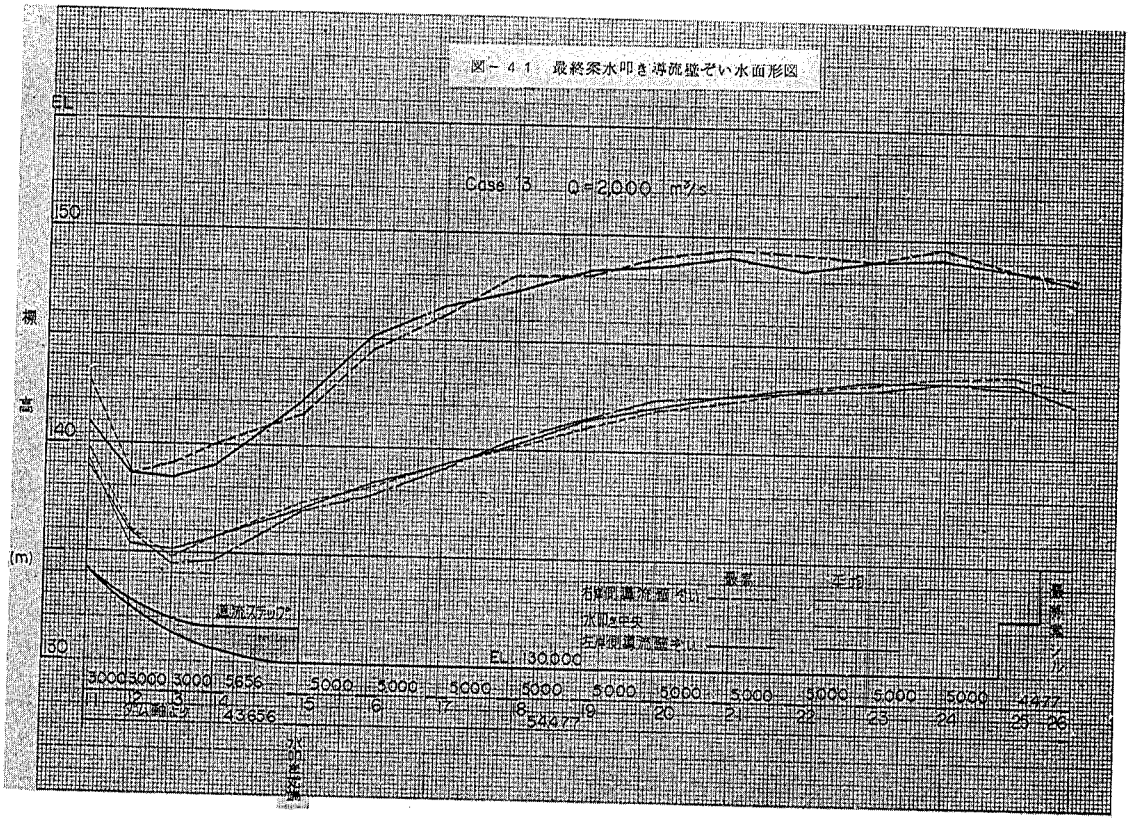
ステップ高＝2.0m

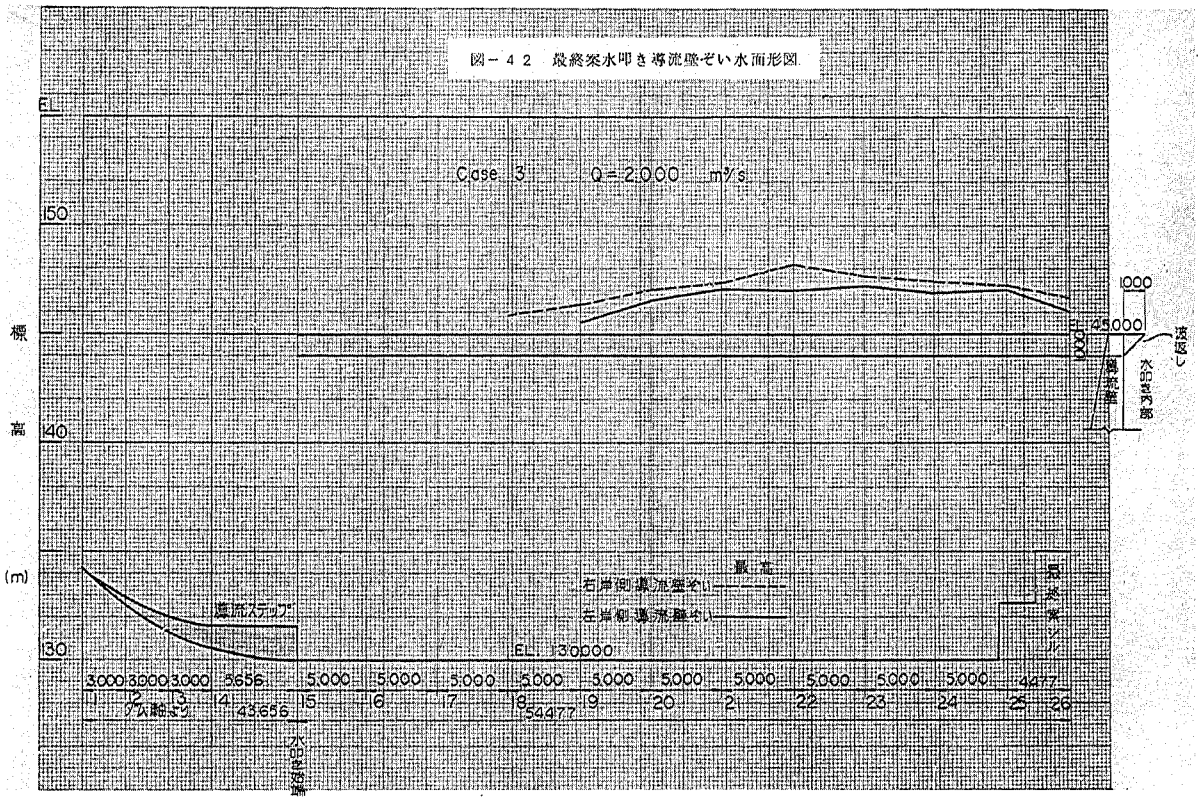
Case 2　流　量＝2,000㎥/sec　下流水位＝模型における最低の場合



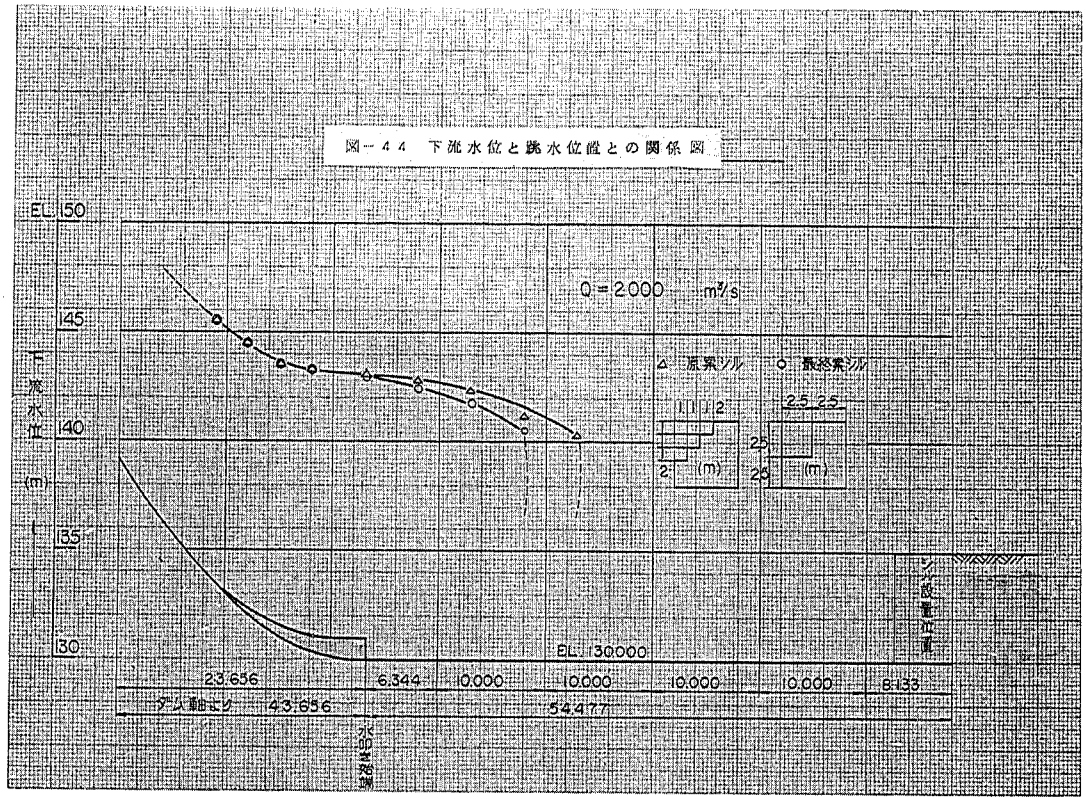

図－３９　最終案水叩き導流壁ぞい水面形図
EL
50
Case　1　Q＝700　m³/s
標
高
40
(m)
30
導流ウォール
EL 30,000
右岸側導流壁ぞい
水叩き中央
左岸側導流壁ぞい
最終案ケース
3000 3000 3000 3656 5000 5000 5000 5000 5000 3000 5000 5000 5000 5000 4477
1 2 3 4 3656 5 16 17 8 9 5447.7 20 21 22 23 24 25


図－４０　最終案水叩き導流壁ぞい水面形図
Case 2　Q＝1,500 m³/s
EL
50
40
30
(m)
水位高
導流ステップ
EL 13.000
左岸側導流壁ぞい
水叩き中央
右岸側導流壁ぞい
5.5%
3.000 3.000 3.000 5.856 5.000 5.000 5.000 5.000 5.000 5.000 5.000 5.000 5.000 5.000 5.000 3.477
No.0 1 2 3 4 43.656 5 6 7 8 9 54.477 20 21 22 23 24 25
水叩き延長(m)

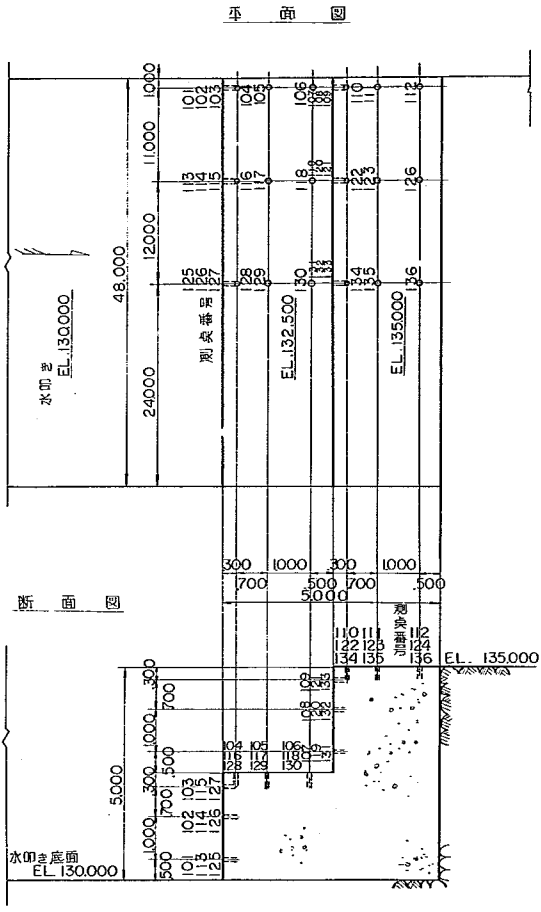

図－４１　最終案水叩き導流壁ぜい水面形図
Case 3　Q=2000 m³/s
EL.
150
140
130
(m)
導流ブロック
Eu. 130.000
右岸側導流壁ぜい
水叩き中央
左岸側導流壁ぜい
5000 5000 5000 5656 5000 5000 5000 5000 5000 5000 5000 5000 5000 5000 4477
1 2 3 4 5 6 7 8 9 20 21 22 23 24 25 26
43656
54477

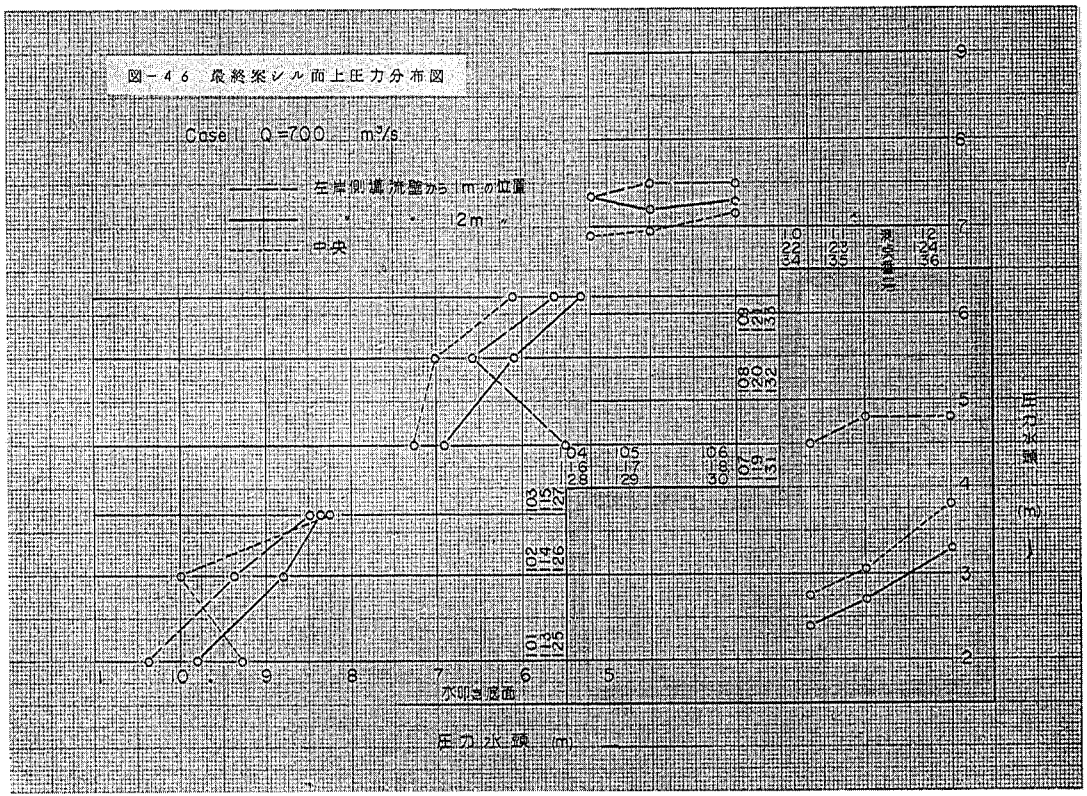

図－４２　最終案水叩き導流壁ぜい水面形図
Case 3　Q＝2,000 m³/s
標高 (m)
EL
150
140
130
EL 130.000
1000
45,000
波返し
水叩き内部
護岸壁
最終案
右岸側 導流壁ぜい
左岸側 導流壁ぜい
既設ステップ
3000 3000 3000 5656 5000 5000 5000 5000 5000 5000 5000 5000 5000 5000 4477
1 2 3 4 5 6 7 8 9 20 21 22 23 24 25 26
ゲート敷高
43.656
54.477

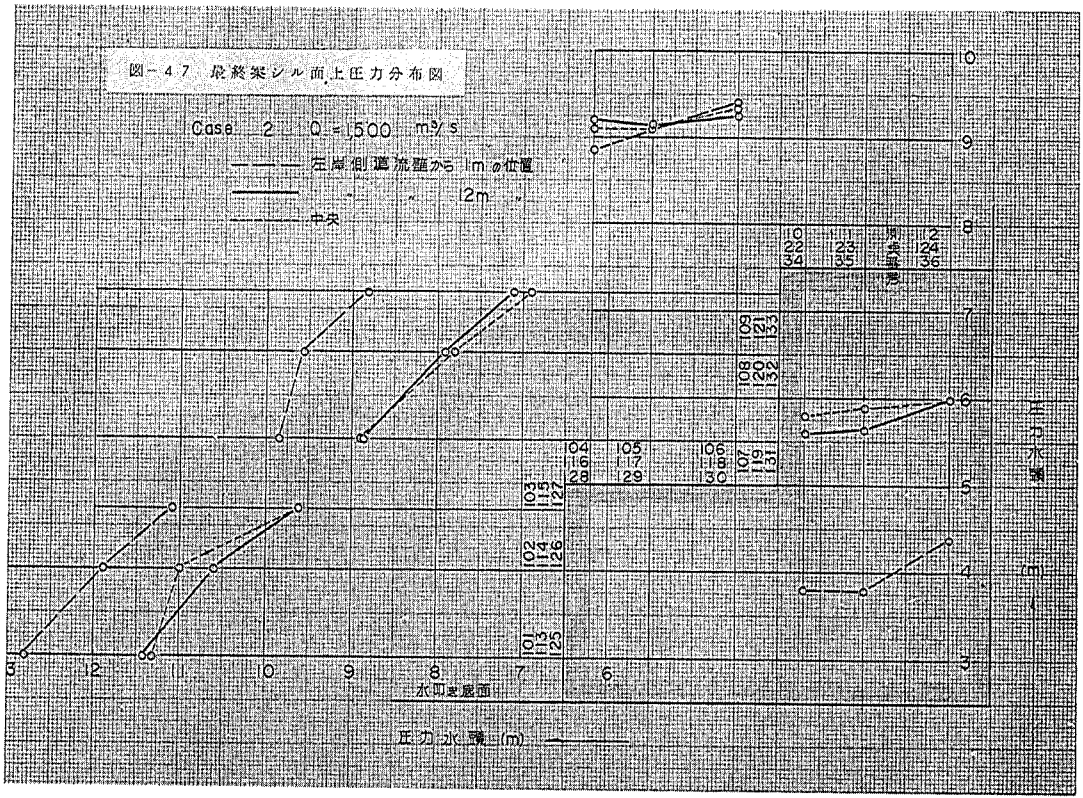
図－４３　放流量2,000㎥/s時の水叩き導流壁波返し必要高

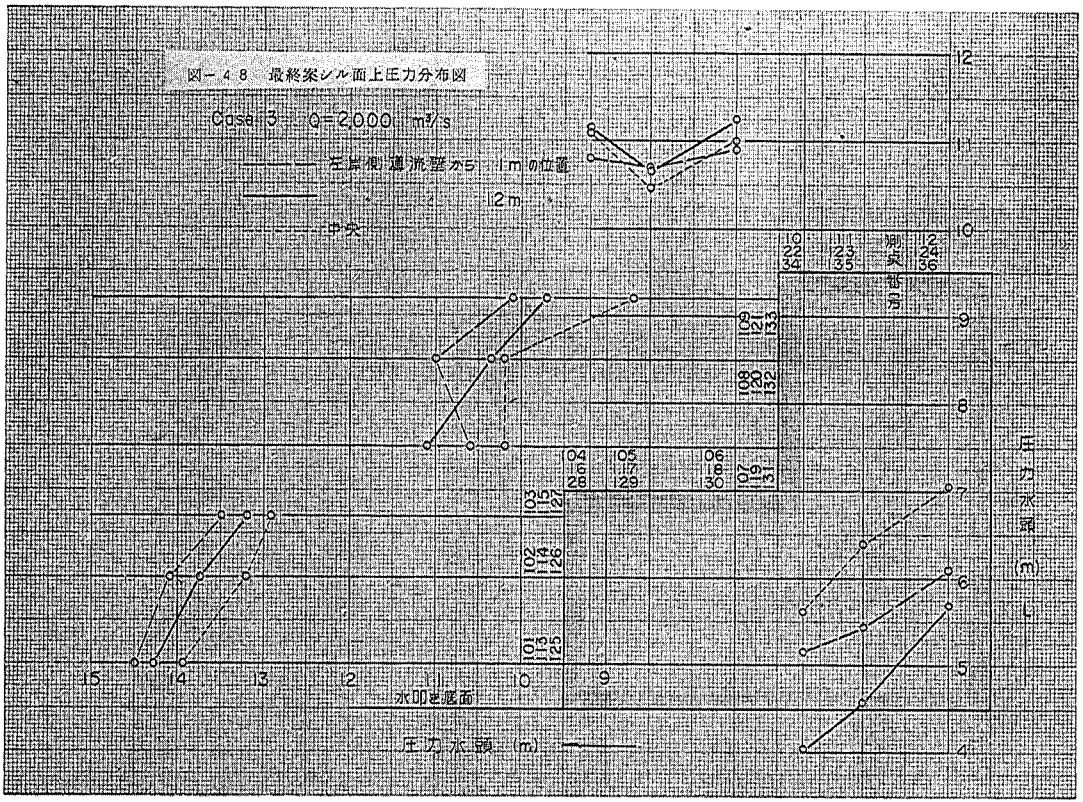

図－44　下流水位と跳水位置との関係図
EL 150
145
140
135
130
下流水位 (m)
Q＝2000 m³/s
△ 原案ソル
○ 最終案ソル
2
2.5 2.5
2
25
25
(m)
(m)
EL. 130.000
23.656
6.344
10.000
10.000
10.000
10.000
8.133
ブン動ョク
43.656
54.477
ソンバ堰堤位置

図－４５　最終案シル面上圧力測定位置図




図－４６　最終案シル面上圧力分布図
Case I　Q=700　m³/s
左岸側導流堤堤壁から　m　の位置
〃　〃　12m　〃
中央
水叩き底面
圧力水頭　(m)
水位(EL.m)
左岸導流堤
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110

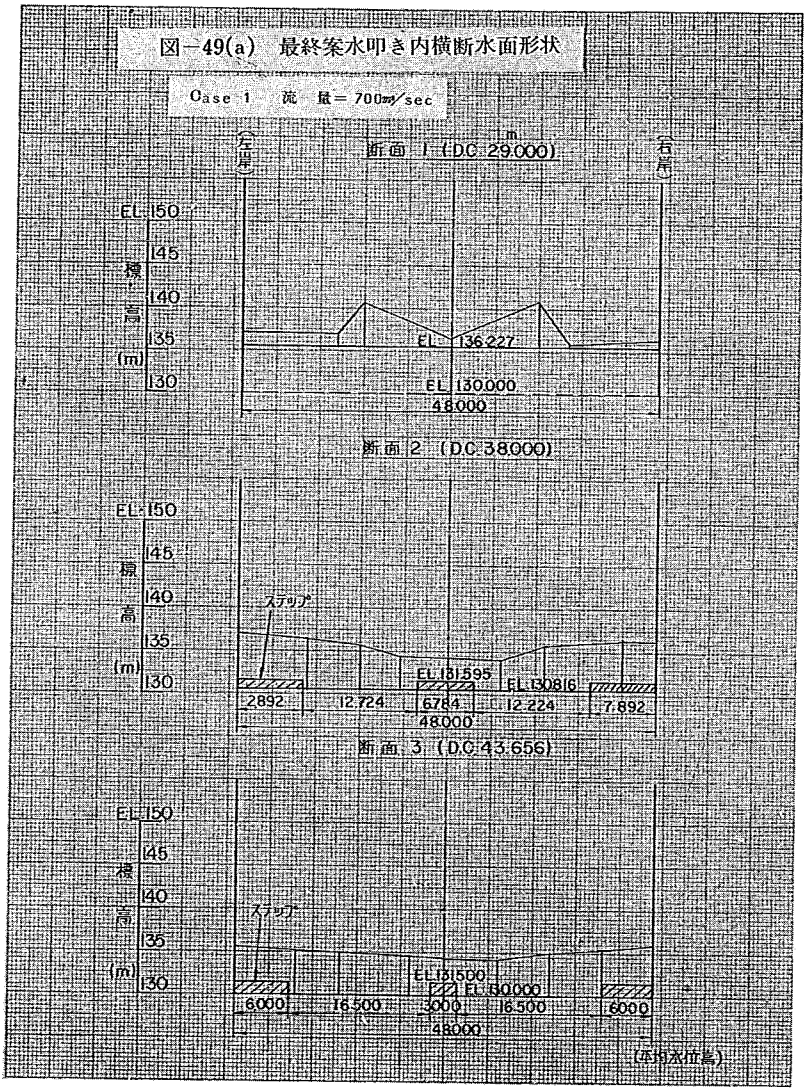

図－47 最終案シル面上圧力分布図
Case 2 Q＝1500 m³/s
右岸側導流壁から 1m の位置
〃 12m 〃
中央
水叩き底面
圧力水頭 (m)
HHF水頭
左岸
右岸



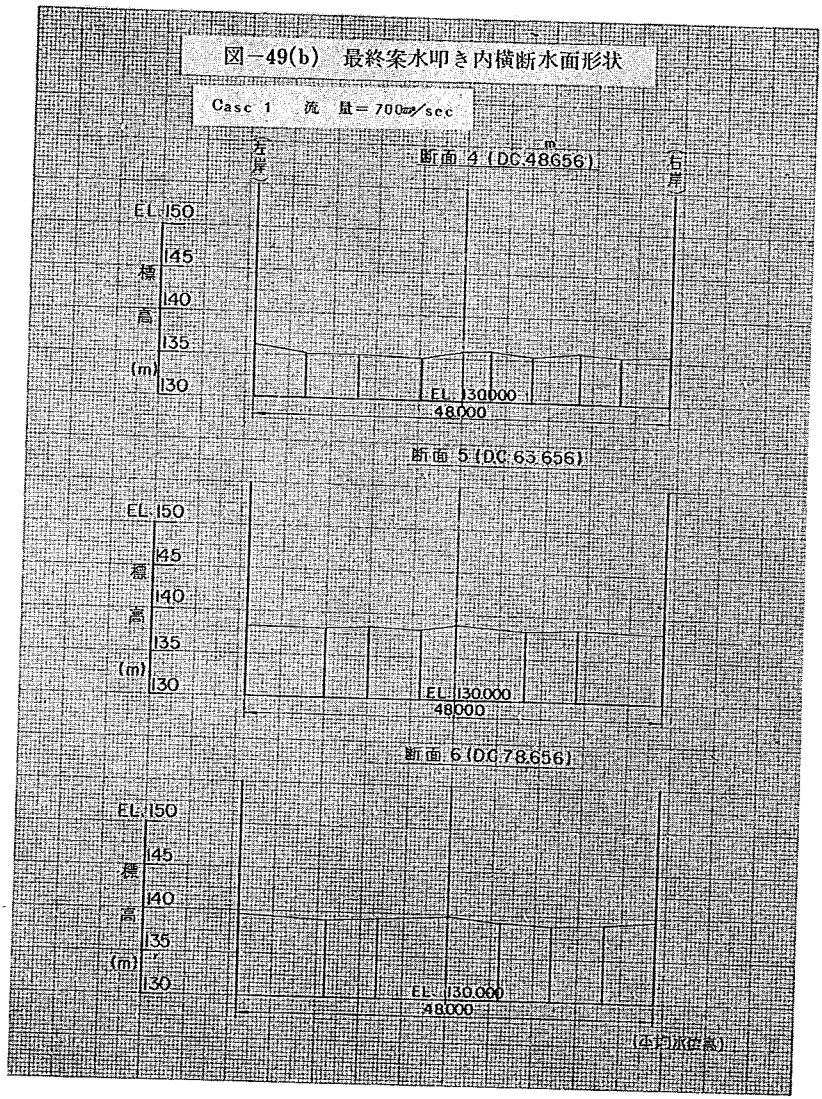
図－４８　最終案シル面上圧力分布図

図－49(a)　最終案水叩き内横断水面形状

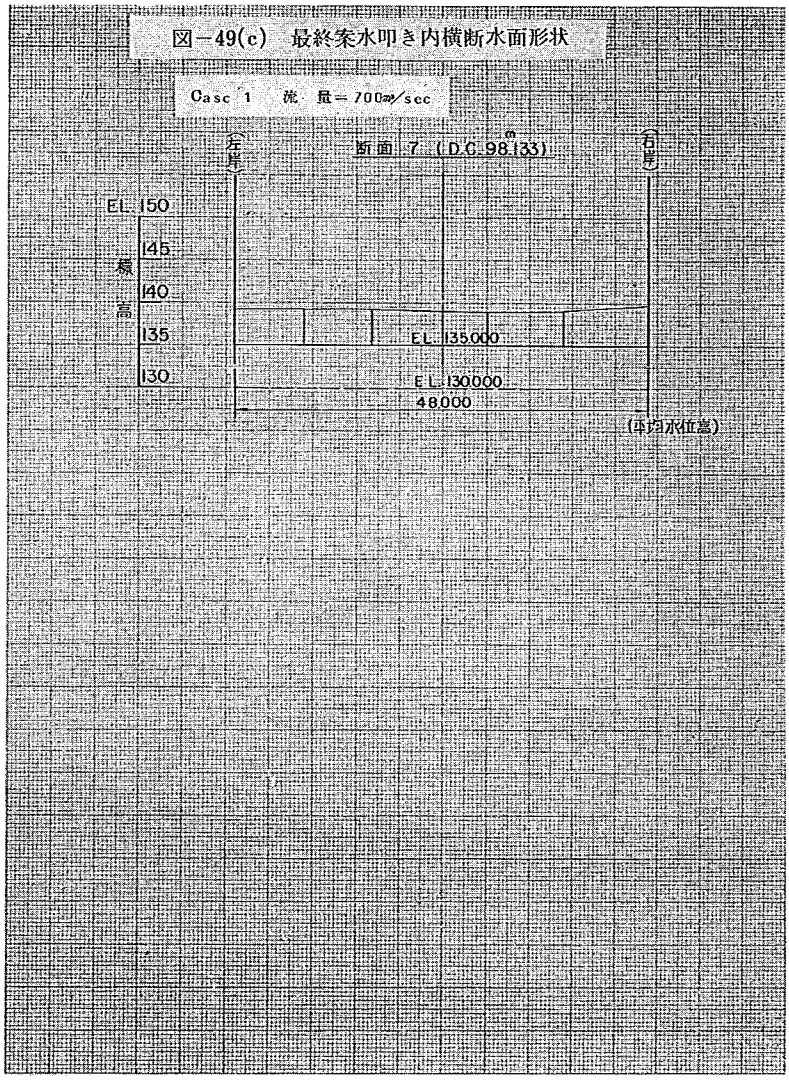
Case 1　流　量＝700㎥/sec



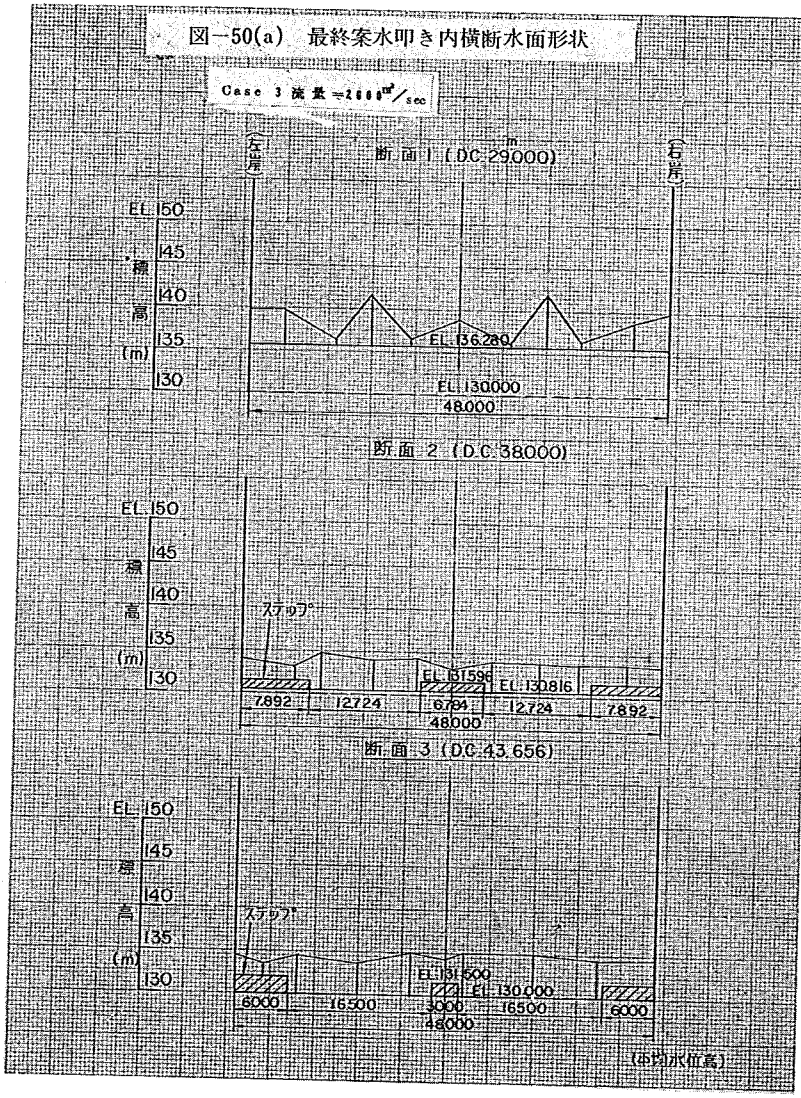
図－49(b)　最終案水叩き内横断水面形状



図－49(c)　最終案水叩き内横断水面形状

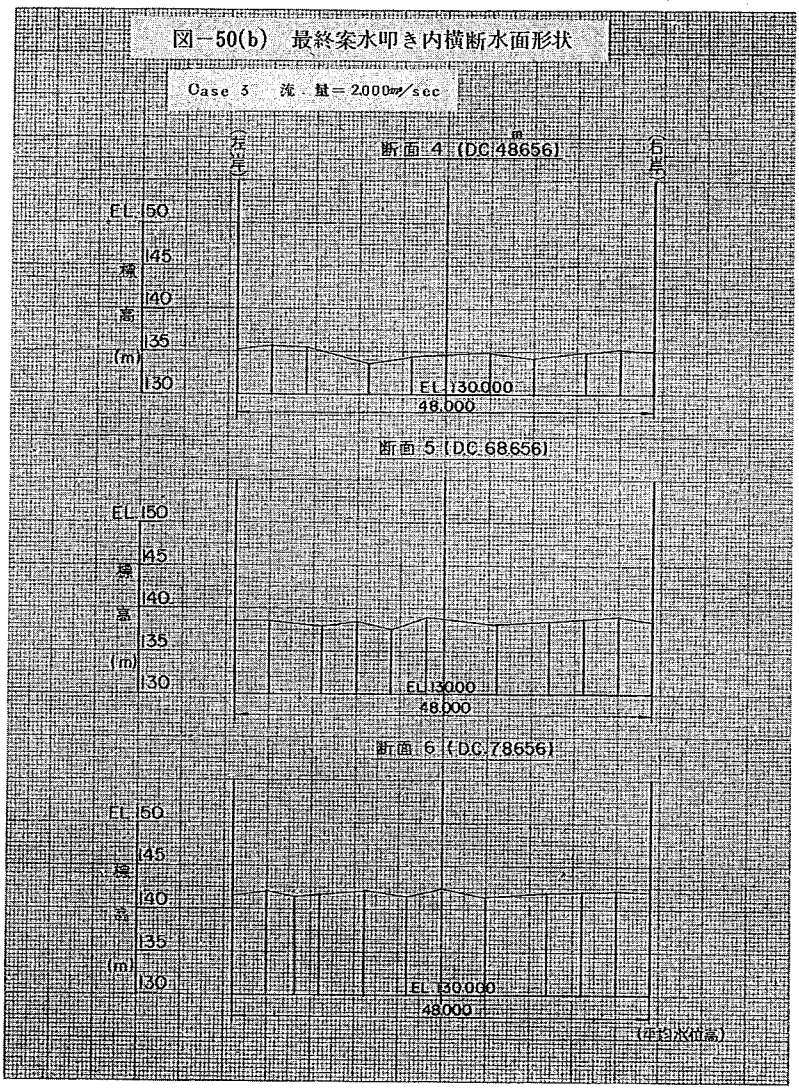


図－50(a)　最終案水叩き内横断水面形状

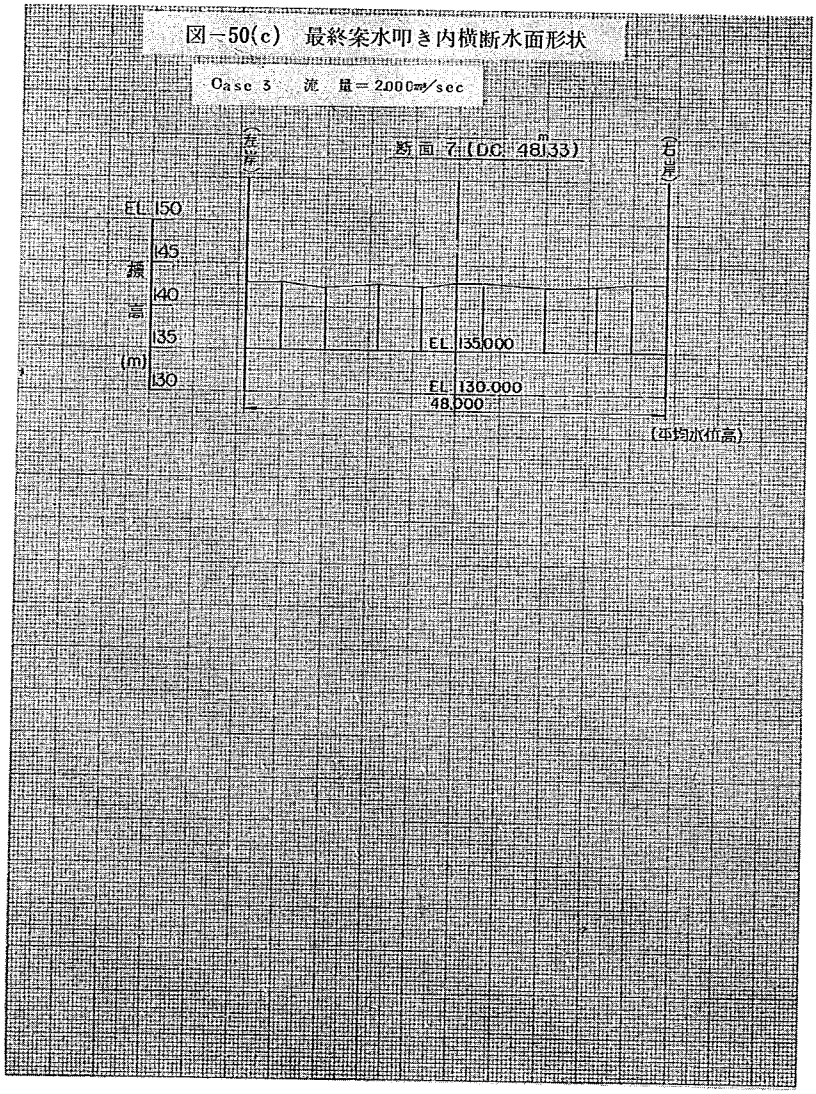


図－50(b)　最終案水叩き内横断水面形状

Case 5　流　量＝2,000㎥/sec

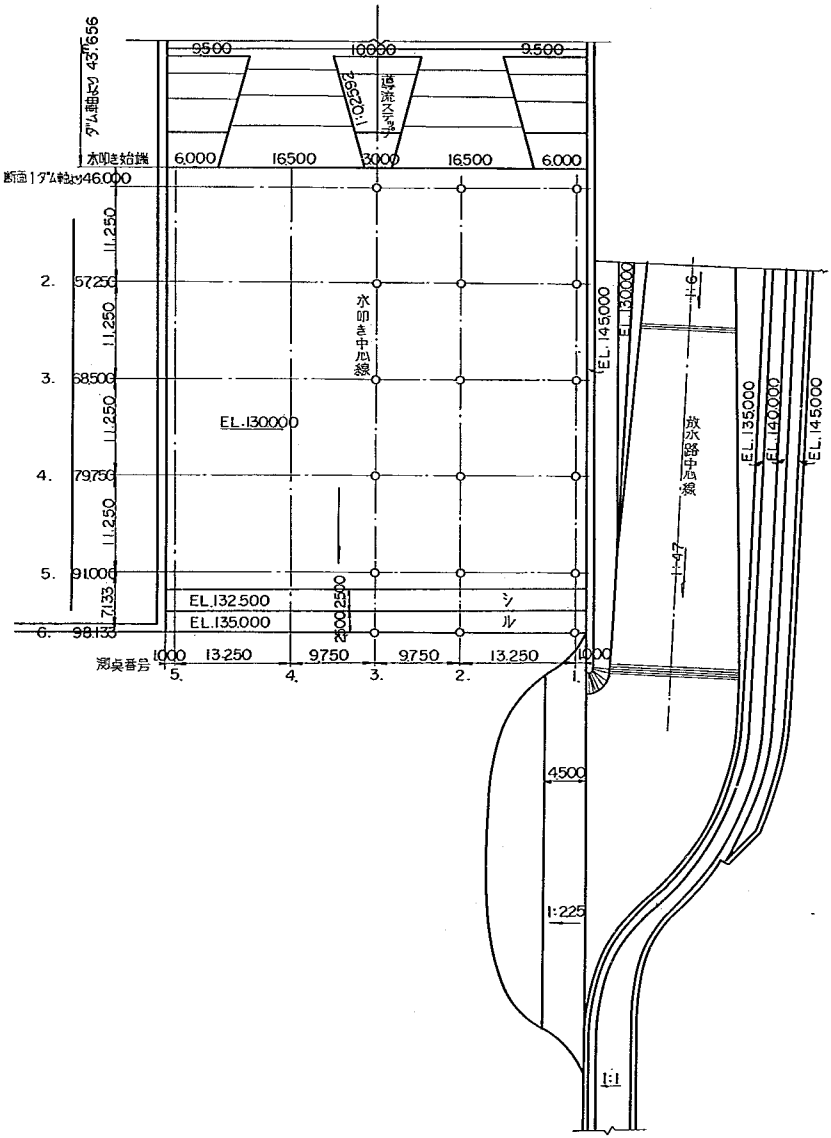


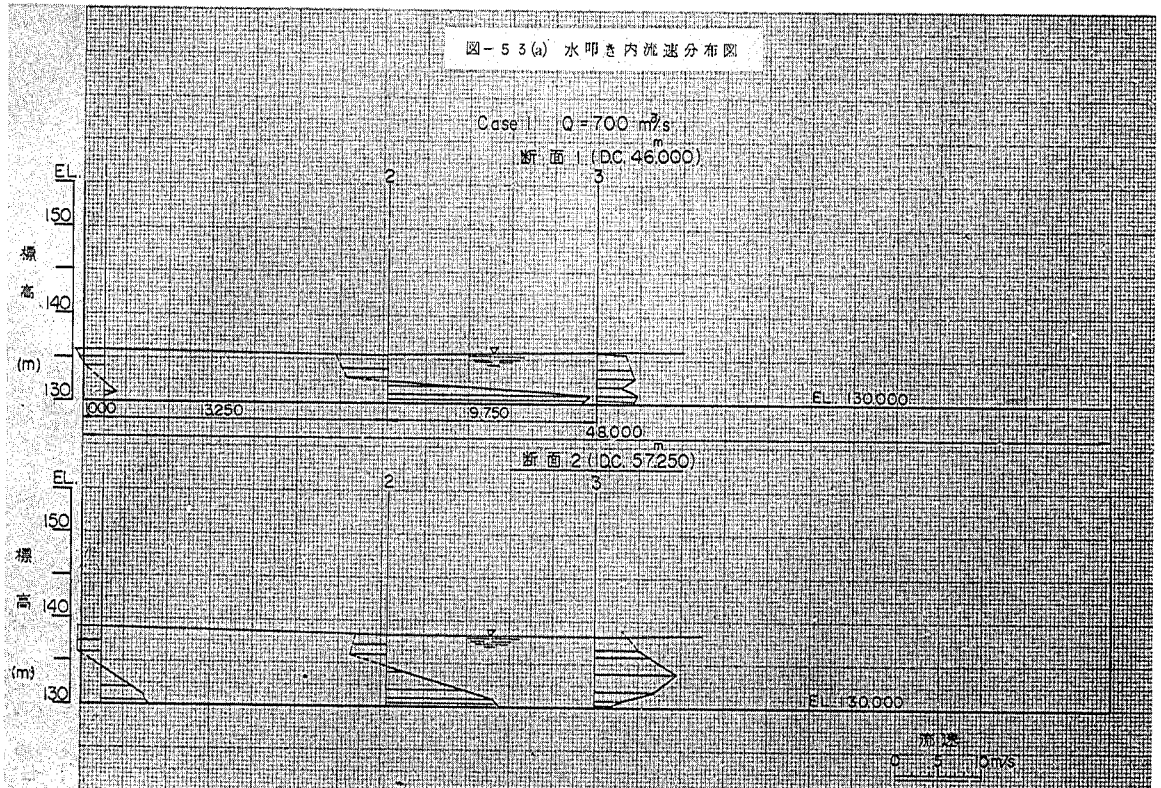
図－50(c)　最終案水叩き内横断水面形状

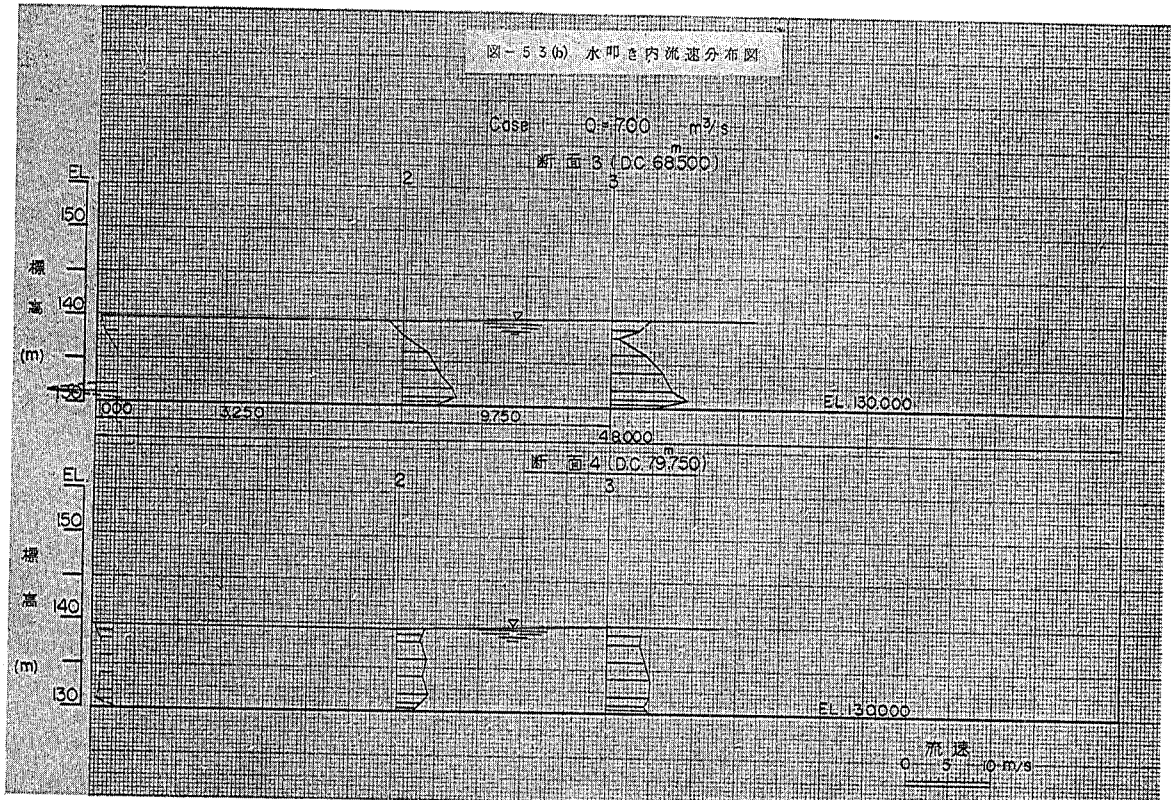


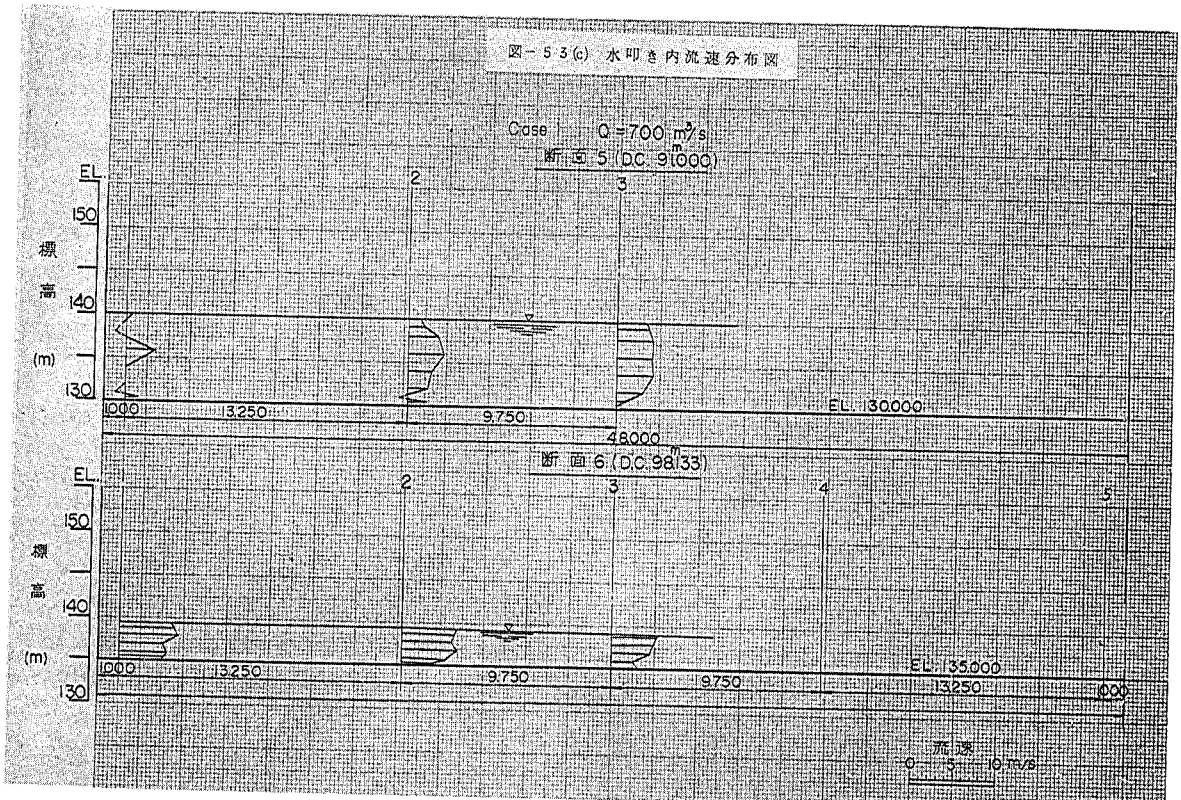
図－５１　導流ステップ下流壁面圧力測定図

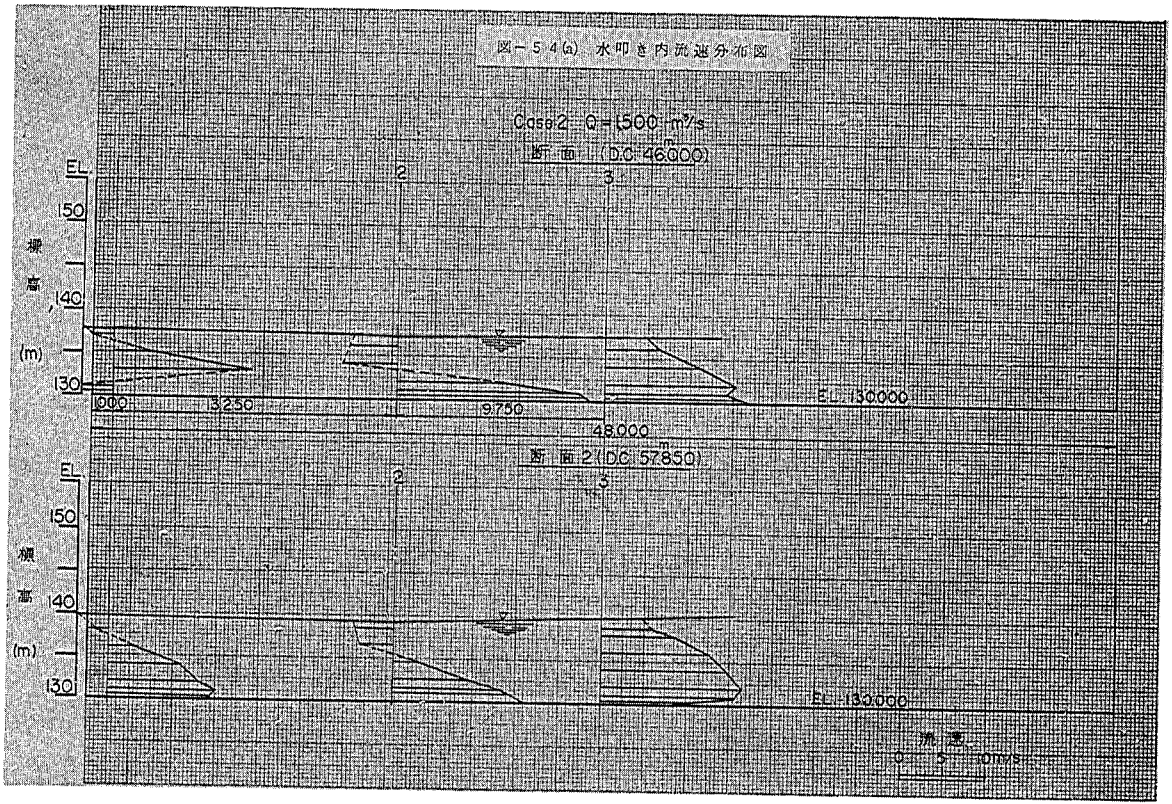
図－５２　水叩き内流速測定位置図

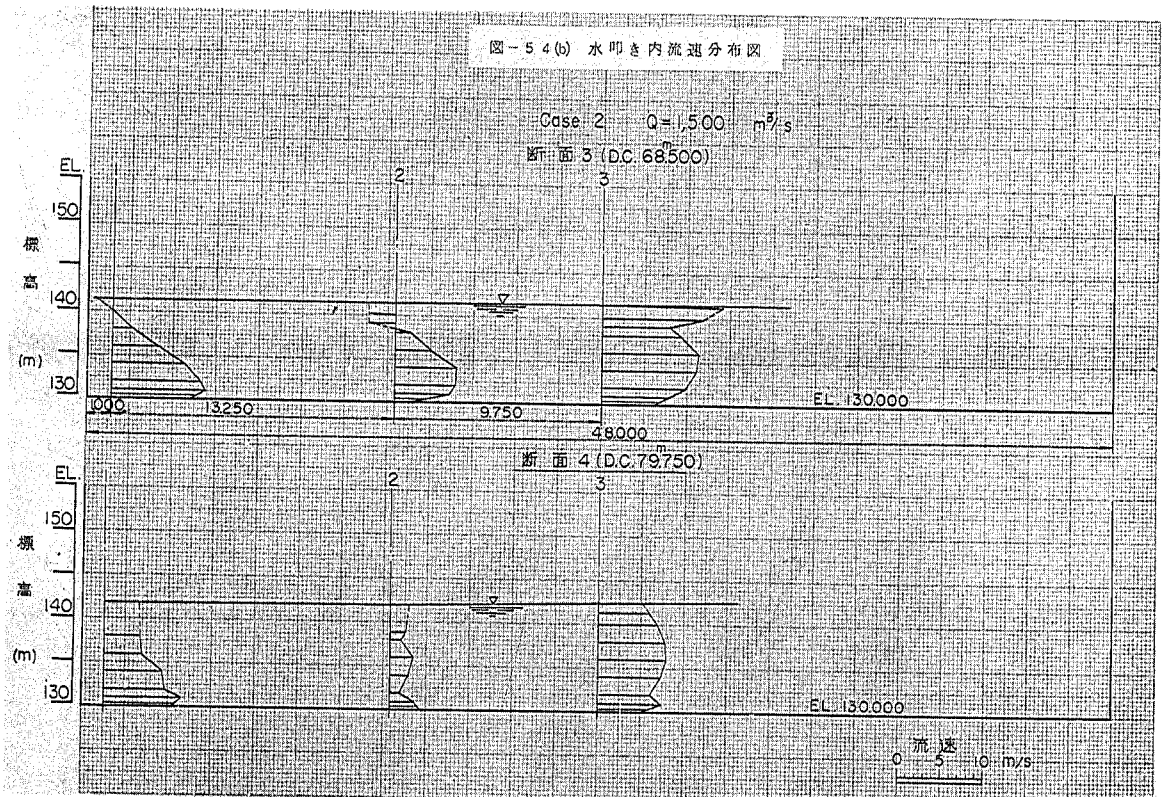


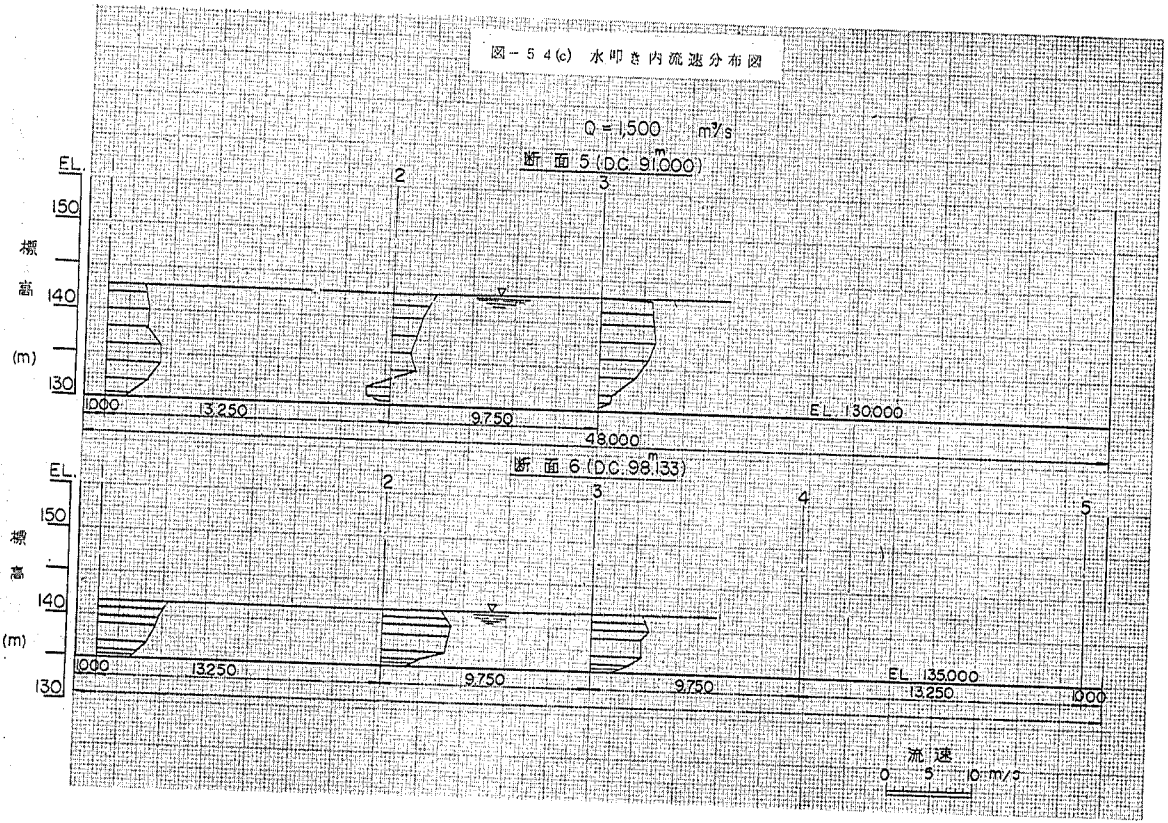

図－５３(a) 水叩き内流速分布図
Case 1 Q＝700 m³/s
断面 1 (DC. 46.000)
EL
150
140
130
標高 (m)
2
3
EL. 130.000
000
3250
9.750
48.000
m
断面 2 (DC. 57.250)
EL
150
140
130
標高 (m)
2
3
EL. 130.000
流速
0 5 10m/s


図－５３(b) 水叩き内流速分布図
Case 1 Q=700 m³/s
断 面 3 (D.C. 68.500)
m
2
3
EL
150
140
130
標高 (m)
1.000
3.250
9.750
48.000
EL. 130.000
断 面 4 (D.C. 79.750)
m
2
3
EL. 130.000
流速
0 5 10 m/s


図－5.3(c) 水叩き内流速分布図
Case Q=700 m³/s
断面 5 (D.C. 9.000)
EL
150
140
130
標高
(m)
2
3
1.000
13.250
9.750
48.000 m
EL. 130.000
断面 6 (D.C. 9.133)
EL
150
140
130
標高
(m)
2
3
4
5
1.000
13.250
9.750
9.750
13.250
EL. 135.000
流速
0 5 10 m/s

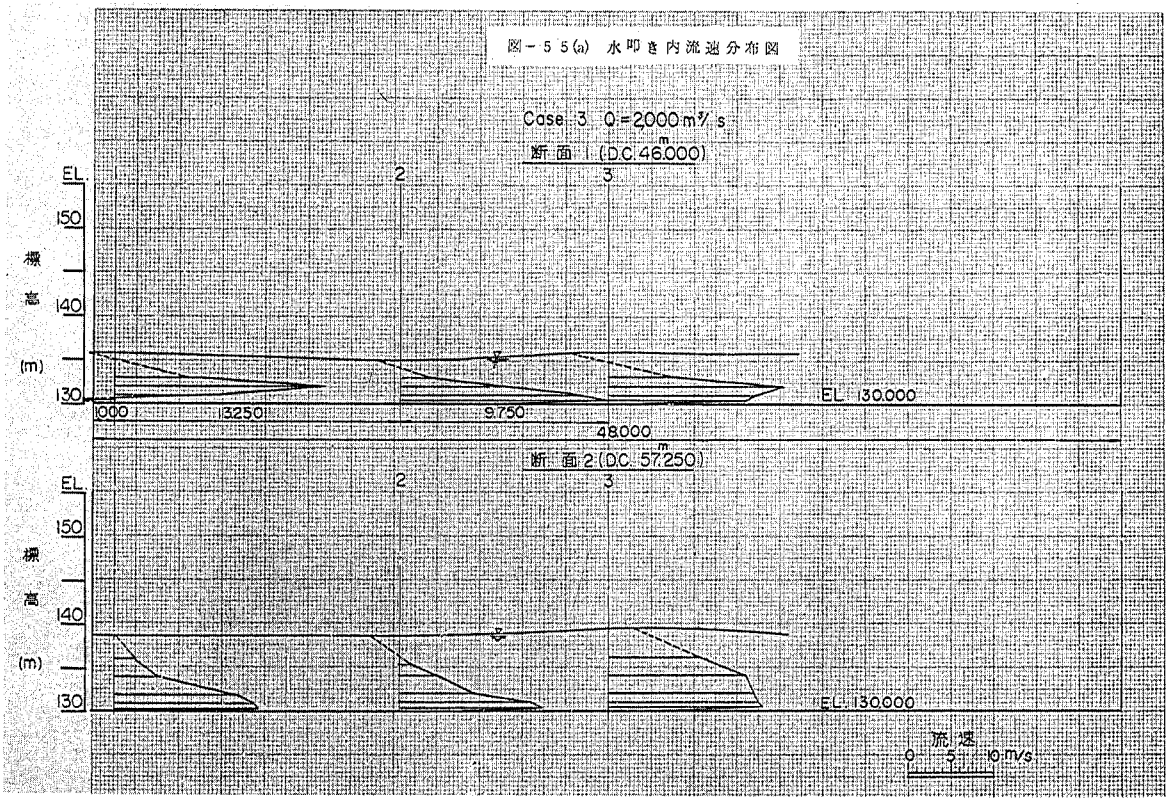

図－５４(a)　水叩き内流速分布図
Case 2　Q＝1,500 m³/s
断 面 1 (D.C 46.000)
EL
150
140
130
堰高 (m)
2
3
1,000
13.250
9.750
48.000 m
EL 130.000
断 面 2 (D.C 57.850)
EL
150
140
130
堰高 (m)
2
3
EL 130.000
流 速
0　5　10m/s


図－５４(b) 水叩き内流速分布図
Case 2 Q＝1,500 m³/s
断面３ (D.C. 68.500)
EL
150
140
130
標高
(m)
2
3
1.000
13.250
9.750
48.000
EL 130.000
断面４ (D.C. 79.750)
流速
0 5 10 m/s

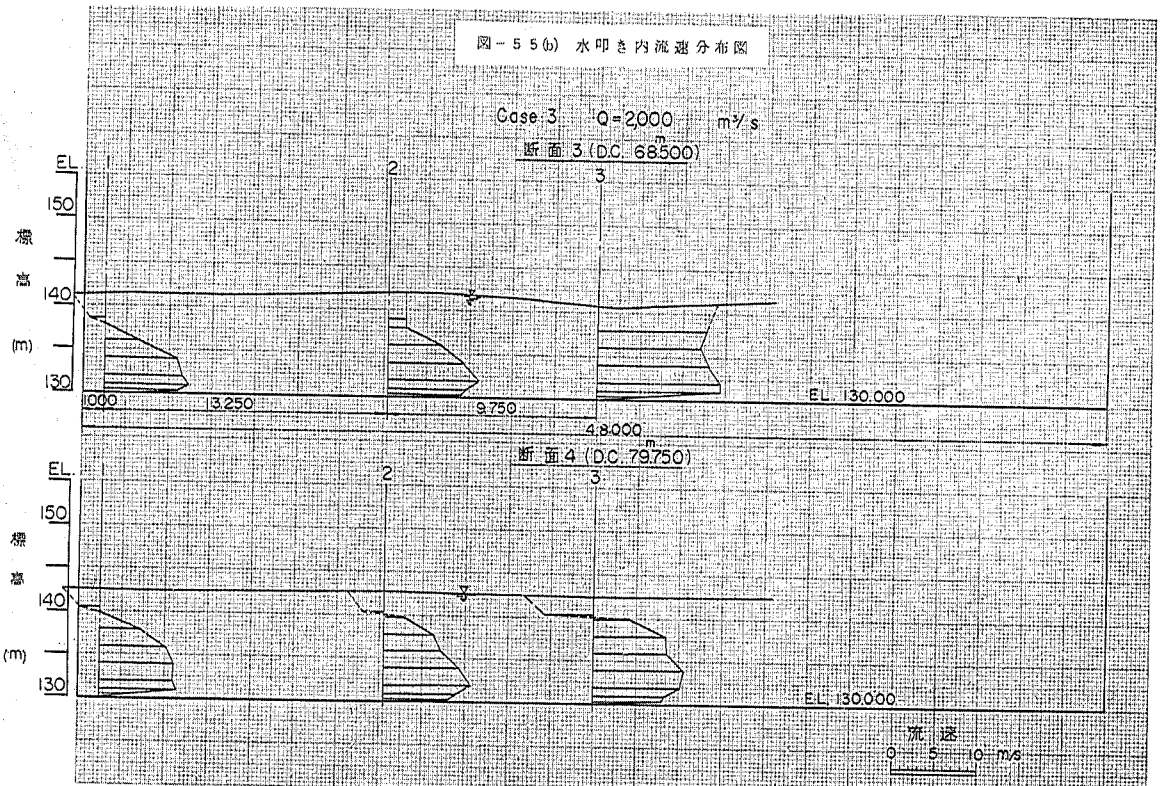


図－５４(c)　水叩き内流速分布図

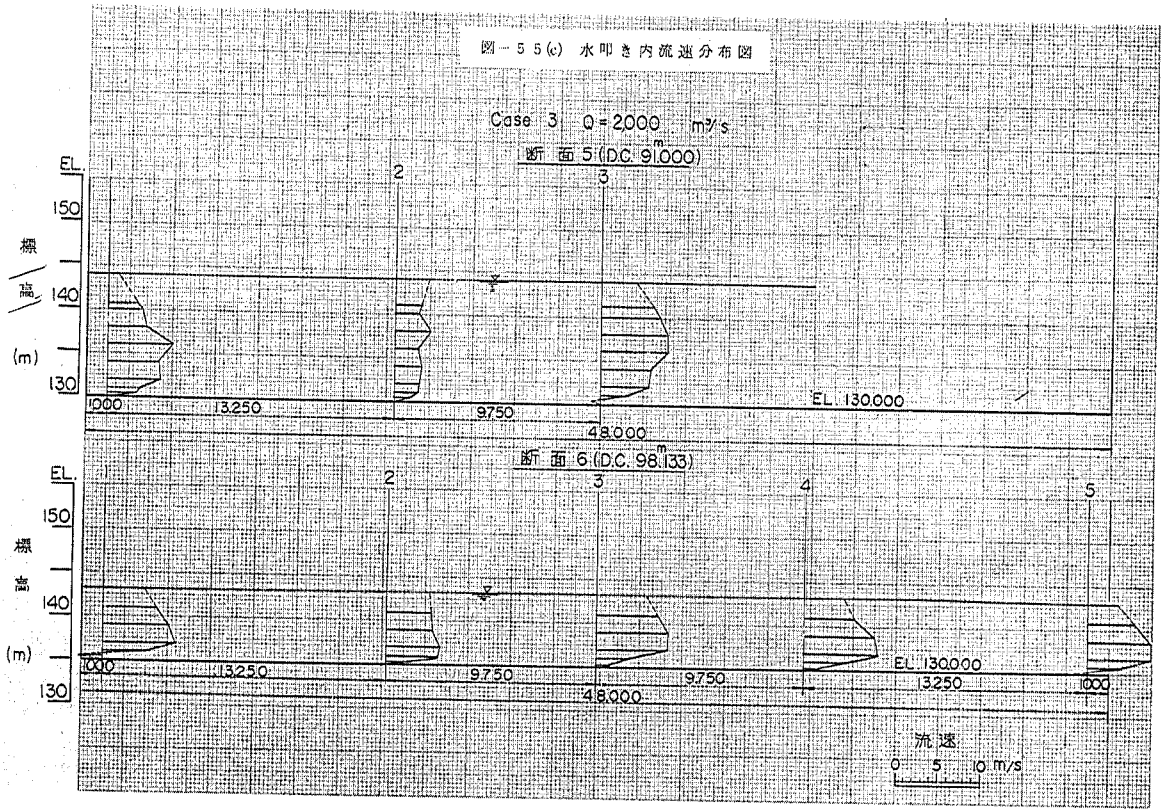
図－５５(a)　水叩き内流速分布図



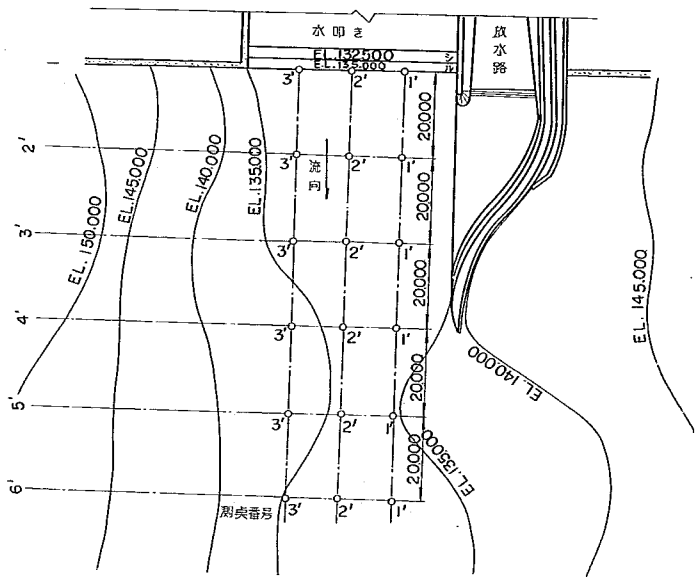
図－55(b) 水叩き内流速分布図

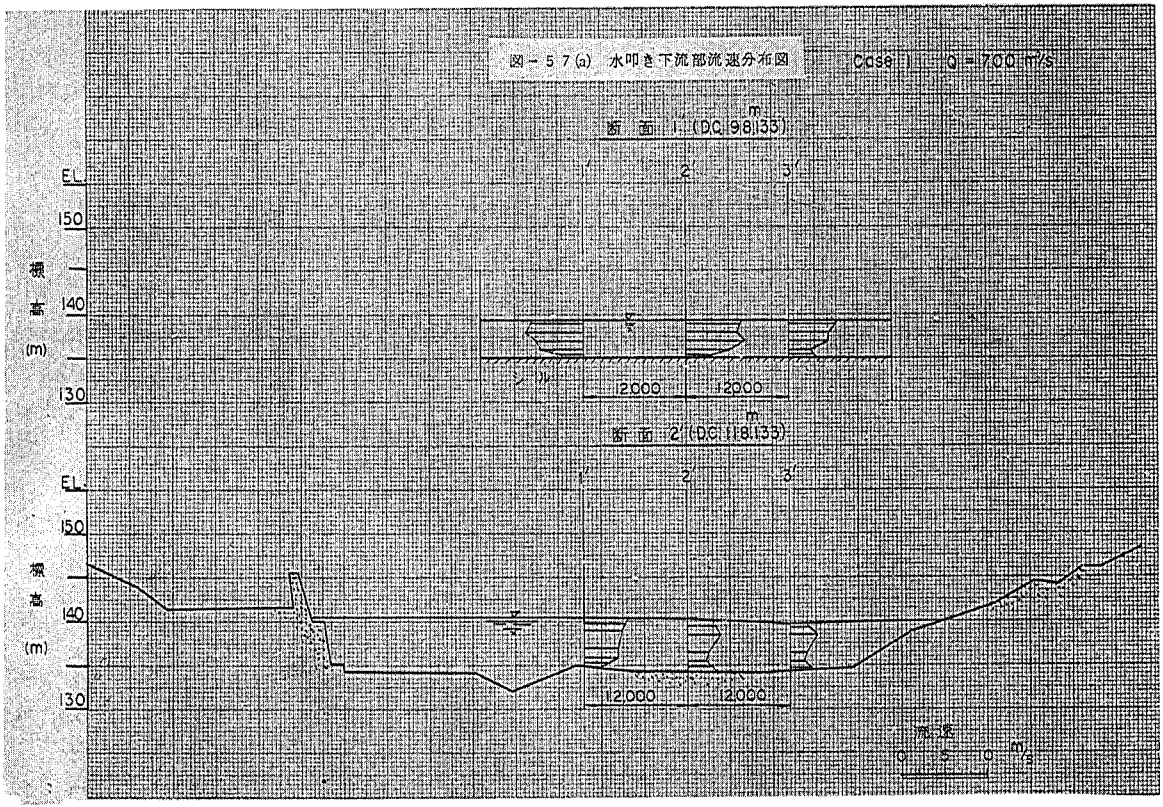


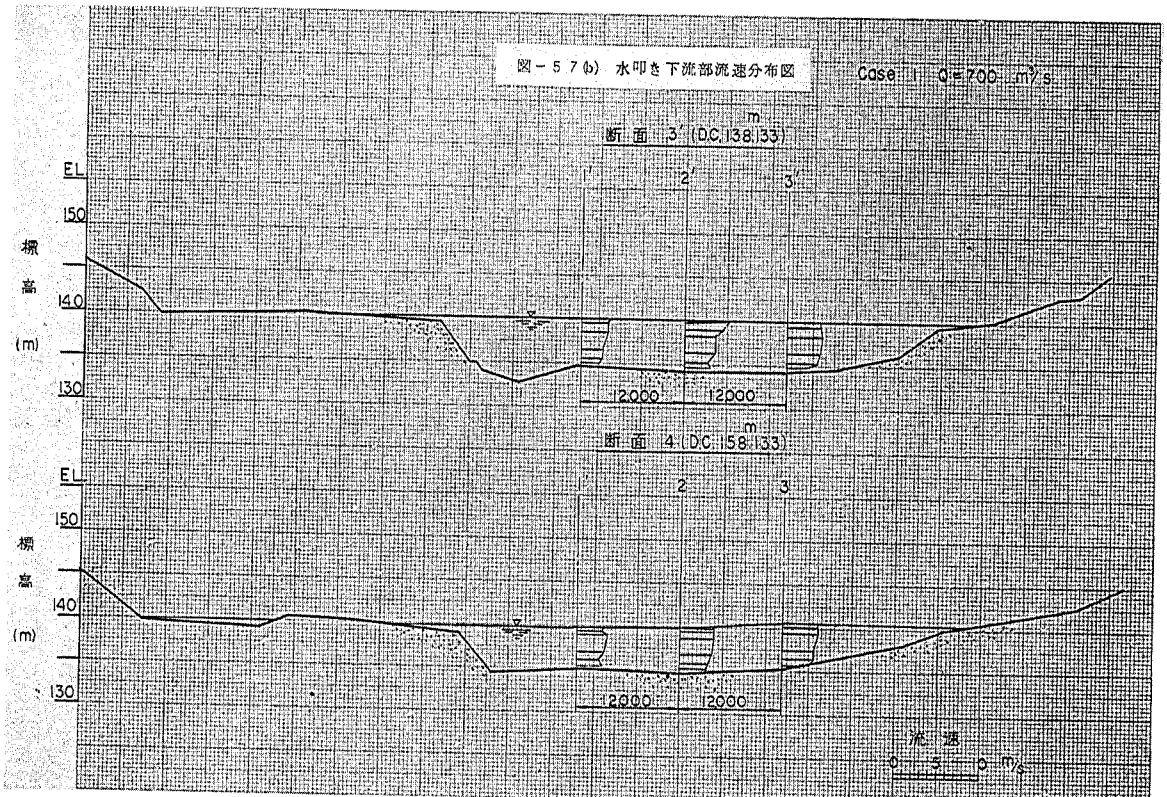
図－55(c) 水叩き内流速分布図

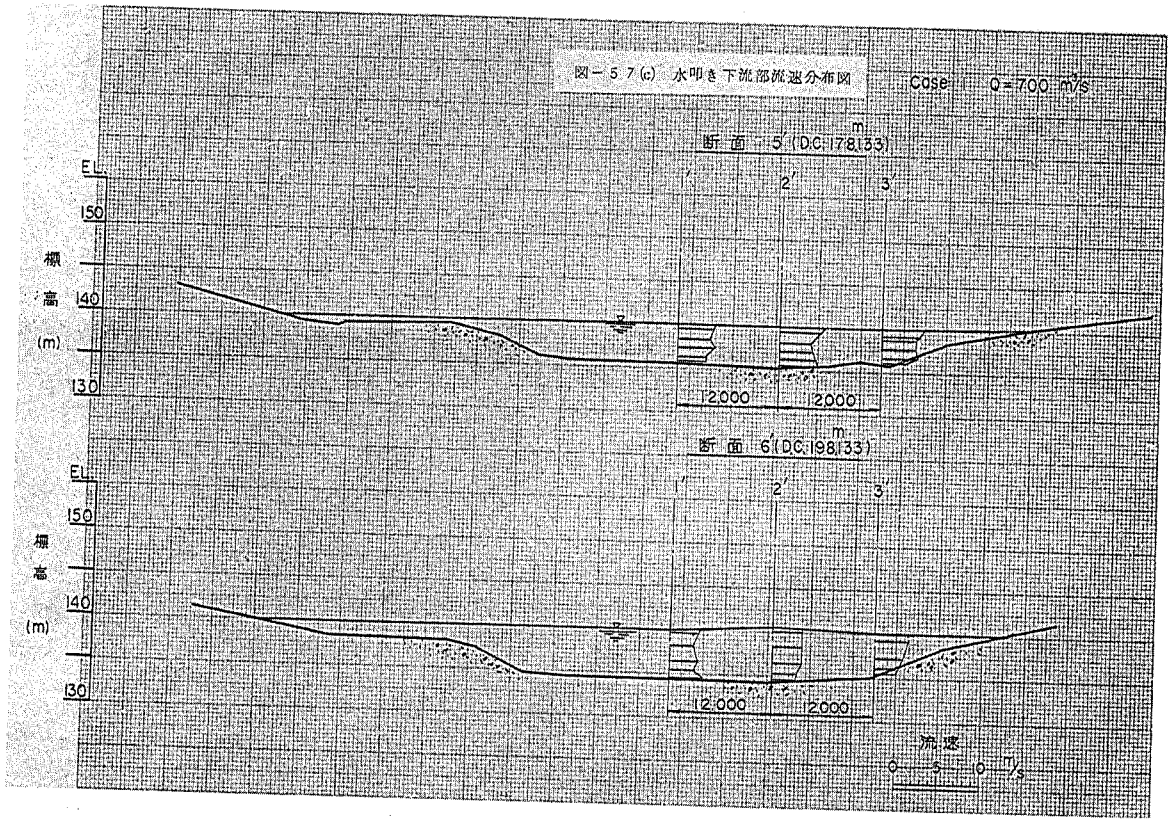


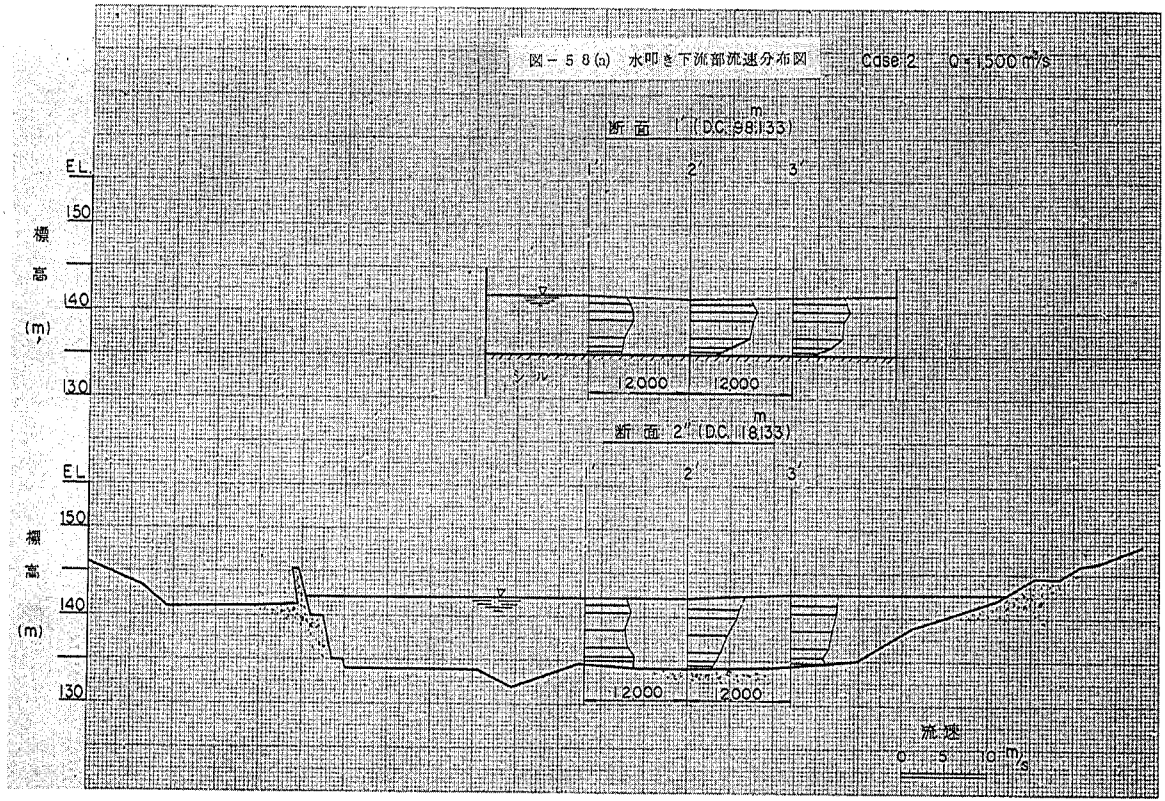
図－５６　水叩き下流部流速測定位置図

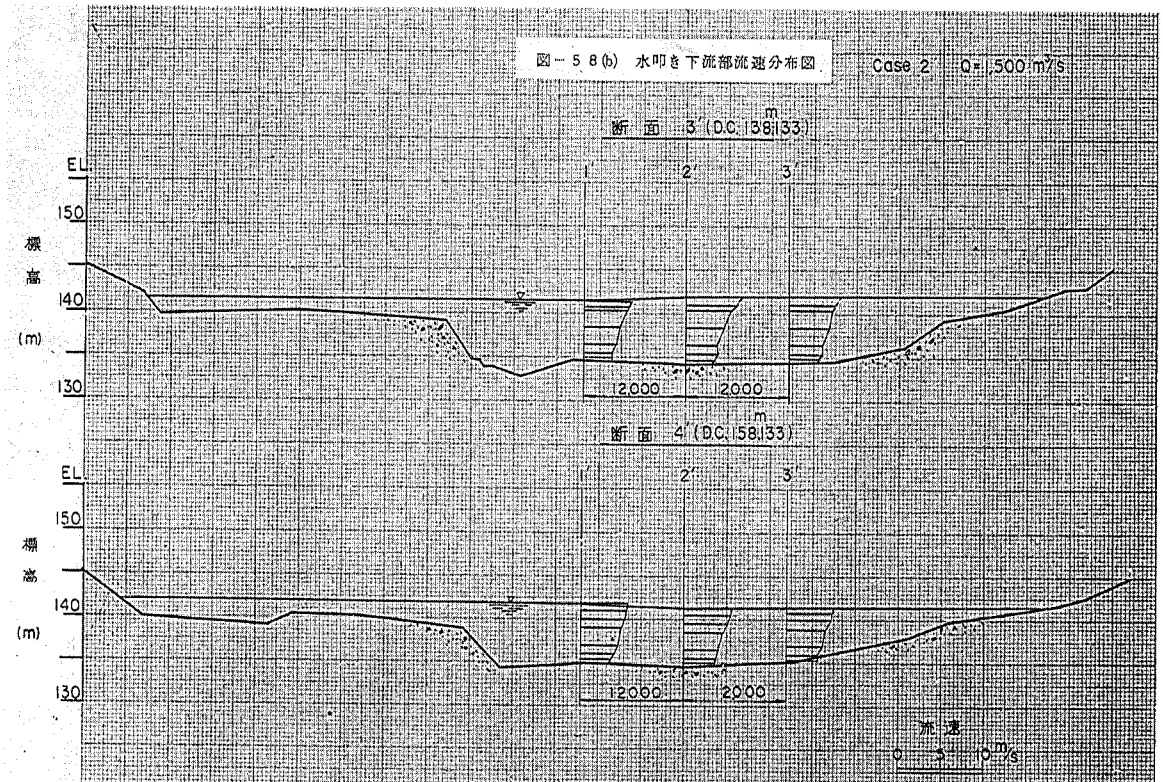


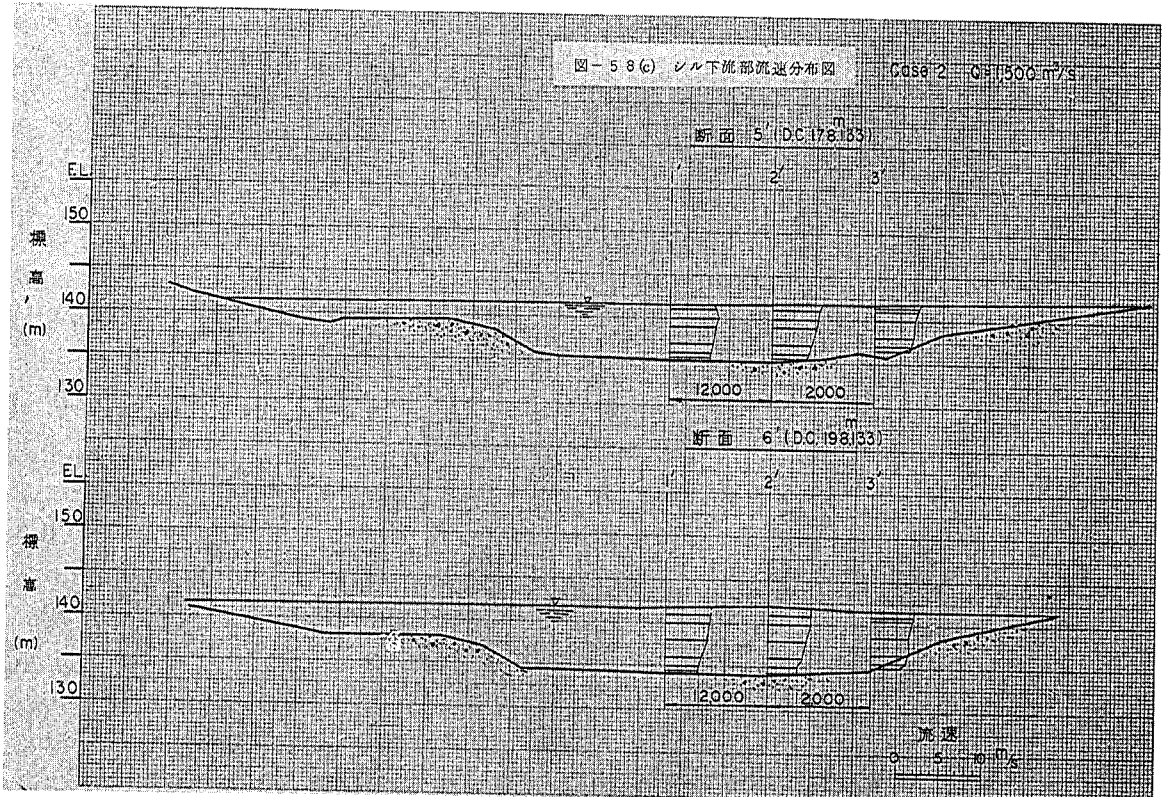

図－57(a) 水叩き下流部流速分布図
Case 1 Q = 700 m³/s
断面 1' (DC 198135)
断面 2' (DC 118135)
EL
150
140
130
(m)
2000
12000
12000
12000
流速
0
5
10
m/s

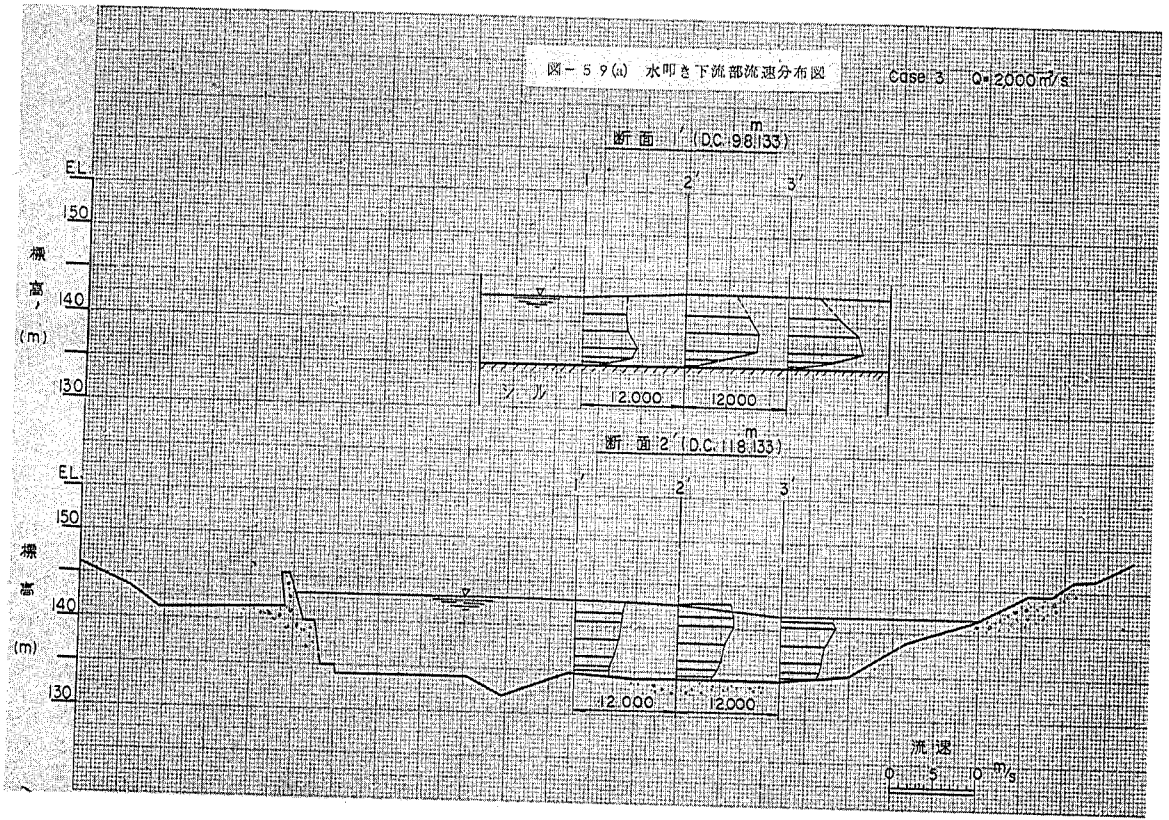

図－57(b) 水叩き下流部流速分布図
Case 1 Q=700 m³/s
断面 3' (DC 138.133)
m
2'
3'
EL
150
140
130
標高 (m)
2000
12000
断面 4 (DC 158.133)
m
2
3
EL
150
140
130
標高 (m)
2000
2000
流速
0 ～ 10 m/s

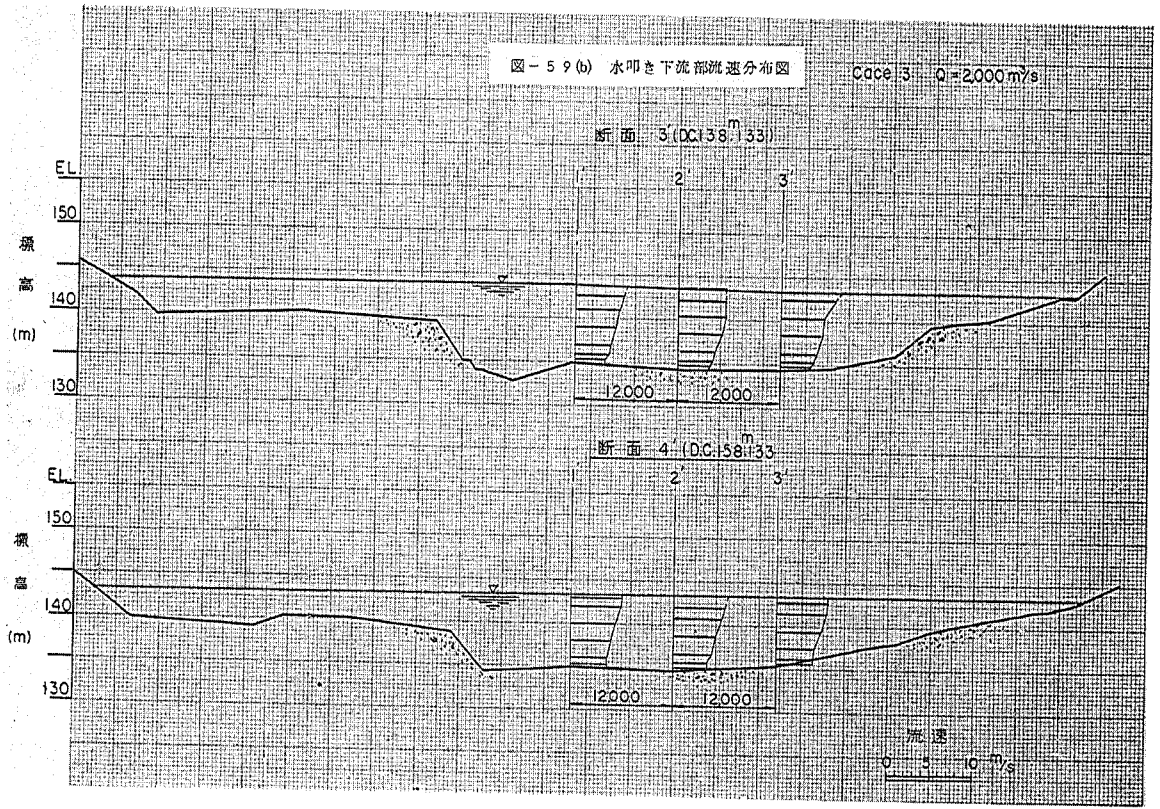

図－57(c) 水叩き下流部流速分布図
Case Q=700 m³/s
断面 5' (D.C. 178.133)
1'
2'
3'
EL
150
140
130
標高 (m)
12,000
2,000
断面 6' (D.C. 198.133)
1'
2'
3'
EL
150
140
130
堰高 (m)
12,000
2,000
流速
0 5 10 m/s

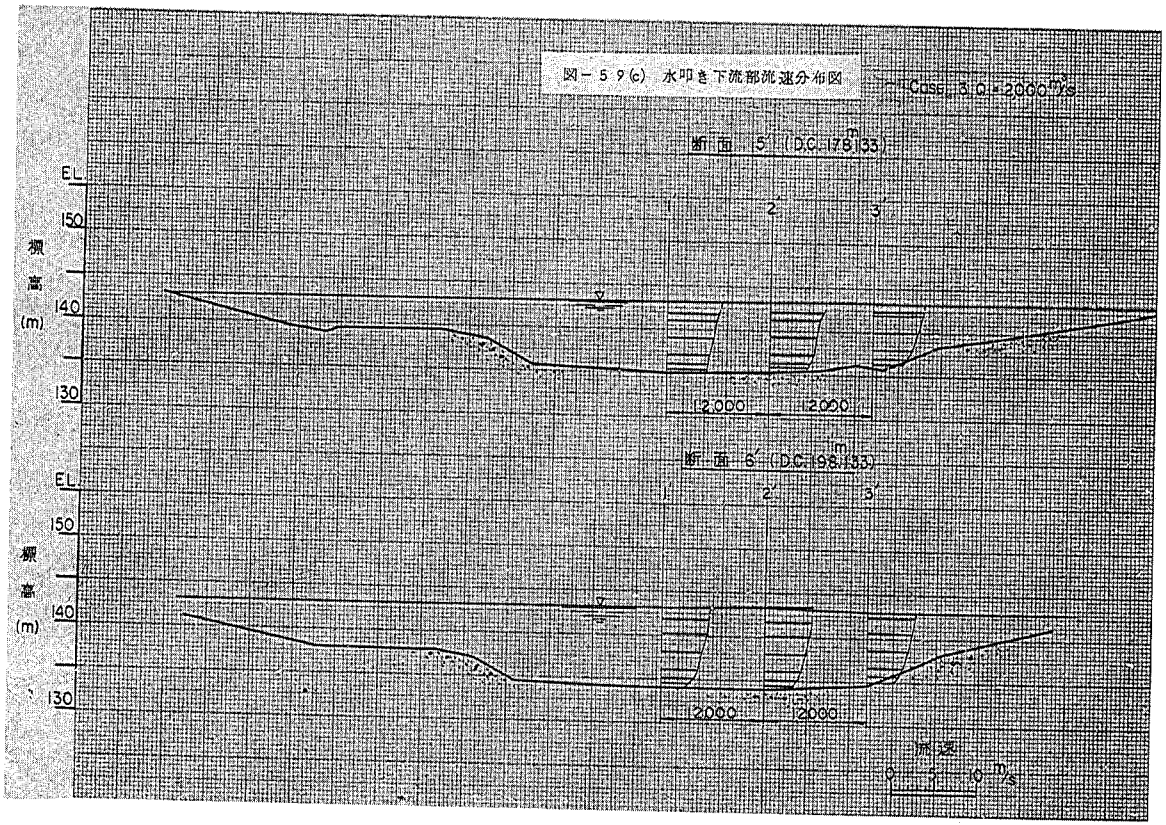

図－58(a) 水叩き下流部流速分布図
Case 2 Q=1500 m³/s
断面 1'(DC 98.133)
EL
150
140
130
標高 (m)
1'
2'
3'
シール
12000
12000
m
断面 2'(DC 118.133)
EL
150
140
130
標高 (m)
1'
2'
3'
12000
2000
流速
0 5 10 m/s


図－58(b) 水叩き下流部流速分布図
Case 2 Q=1,500 m³/s
断面 3' (D.C. 138.33)
EL.
標高 (m)
150
140
130
1'
2'
3'
12,000
2,000
m
断面 4' (D.C. 158.33)
EL.
標高 (m)
150
140
130
1'
2'
3'
12,000
2,000
m
流速
0 → 10 m/s

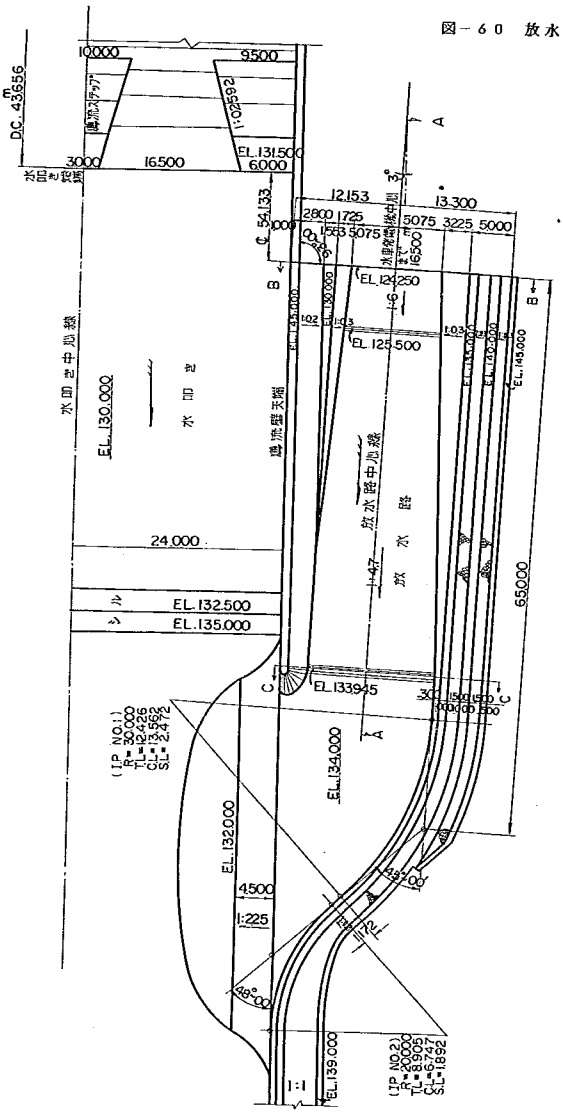

図－58(c) シル下流部流速分布図
Case 2 Q=1500 m³/s
断面 5 (D.C 178.33)
m
1'
2'
3'
EL
150
140
130
標高 (m)
12000
2000
断面 6 (D.C 198.33)
m
1'
2'
3'
EL
150
140
130
標高 (m)
12000
2000
流速
3
5
m/s


図－59(a) 水叩き下流部流速分布図
case 3 Q=2000m³/s
断面 1′ (D.C. 98.133)
m
1′
2′
3′
EL.
150
140
130
標高 (m)
ゾル
12.000
12.000
断面 2′ (D.C. 118.133)
m
1′
2
3′
EL.
150
140
130
標高 (m)
12.000
12.000
流速
0 5 0 m/s

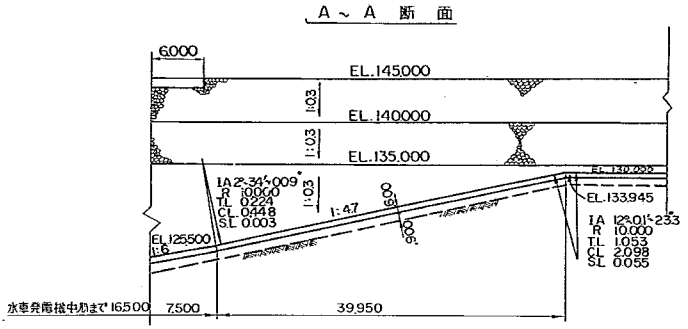

図－５９(b)　水叩き下流部流速分布図
Case 3　Q=2000m³/s
断面 3 (DC 138.33)
EL
150
140
130
標高
(m)
1
2
3
12000
2000
m
断面 4 (DC 158.33)
EL
150
140
130
標高
(m)
1
2
3
12000
12000
m
流速
0
5
10
m/s

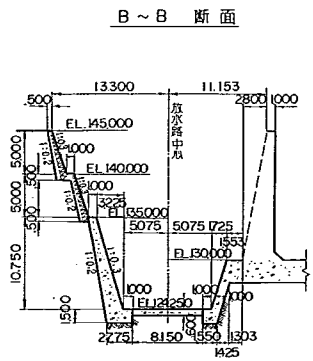

図－５９(c)　水叩き下流部流速分布図
Case 3 Q=2000 m³/s
断面 5' (D.C.178.33)
断面 6' (D.C.198.33)
EL
150
140
130
標高 (m)
1
2'
3'
12000
2000
流速
0
1
0 m/s

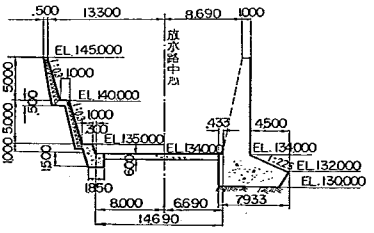
図－６０　放水路取付詳細図



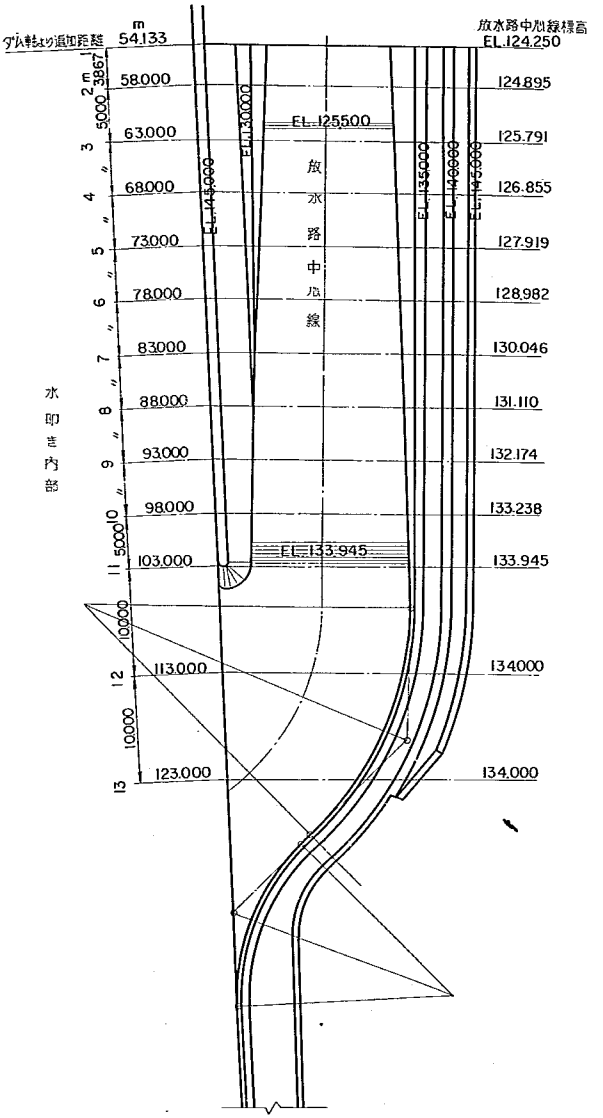
図－６１　放水路縦断面図および横断図

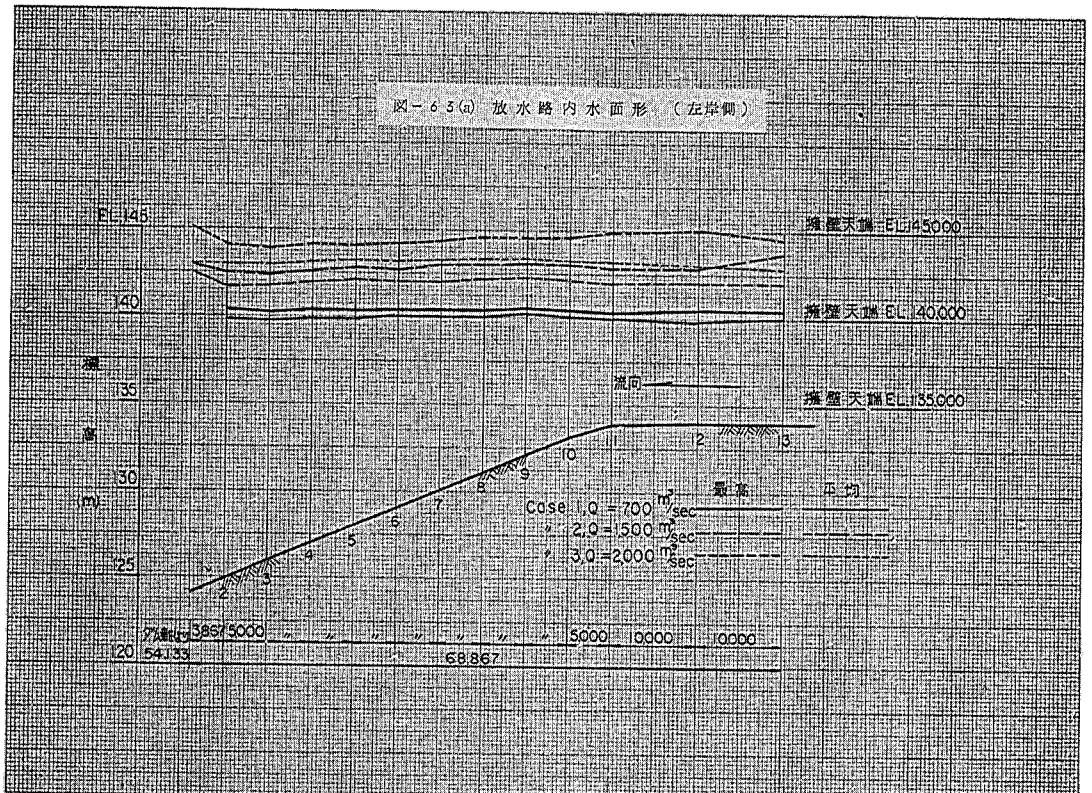




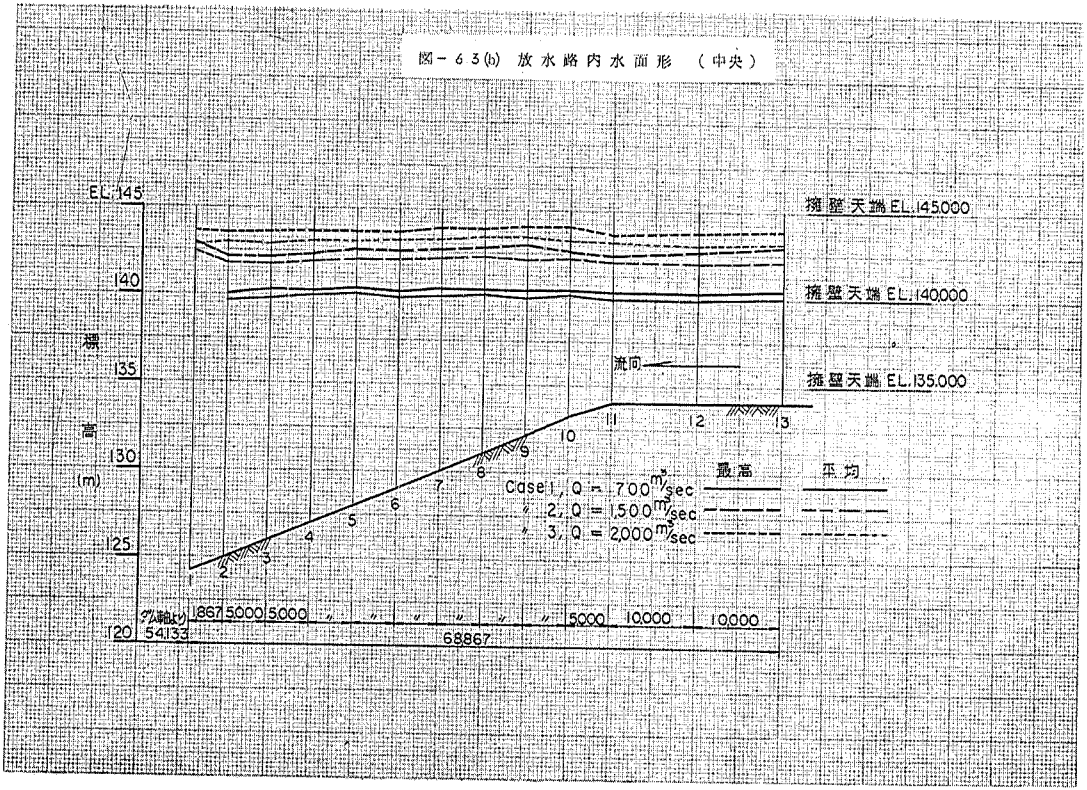


図－６２　放水路内水面形測定断面位置図

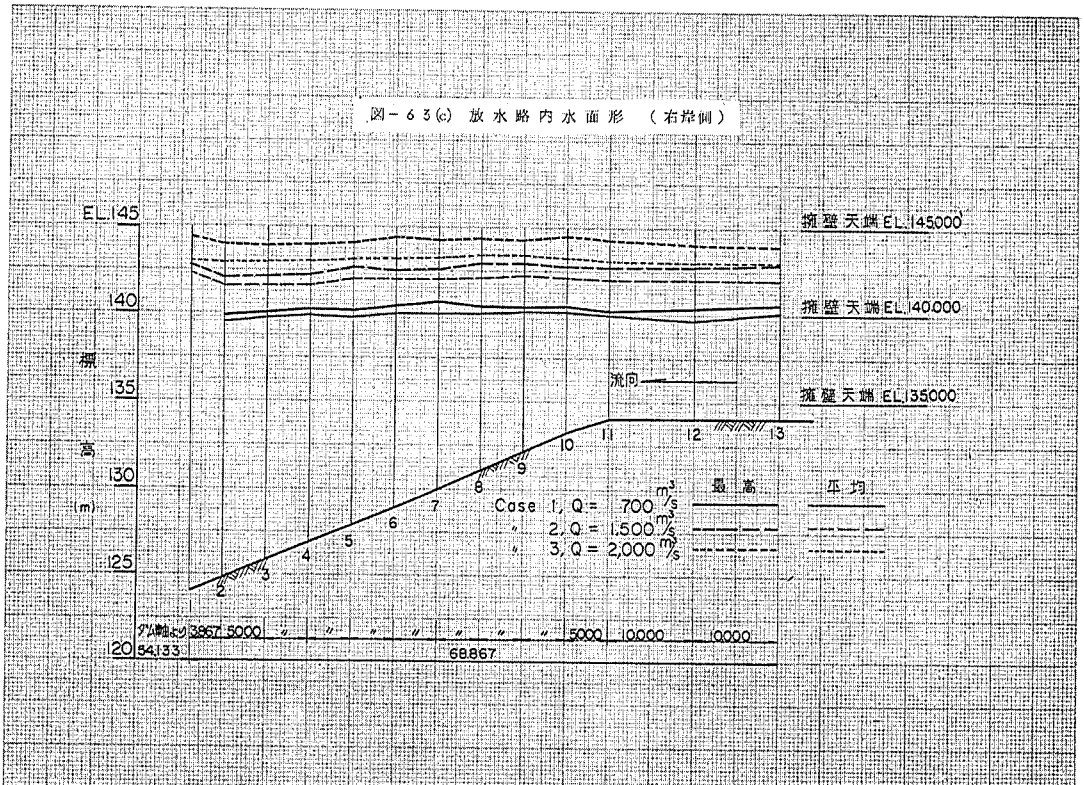


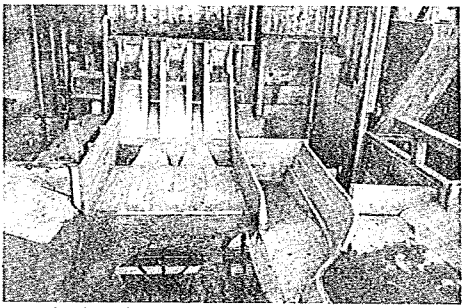

図－６３(a) 放水路内水面形 （左岸側）
EL.145
140
135
30
25
20
(m)
擁壁天端 EL.145.000
擁壁天端 EL.140.000
擁壁天端 EL.135.000
流向
最高
平均
Case 1.0 = 700 m³/sec
〃 2.0 = 1500 m³/sec
〃 3.0 = 2000 m³/sec
1
2
3
5
6
7
8
9
10
11
12
13
5000
10000
10000
68.867

図－63(b) 放水路内水面形 （中央）

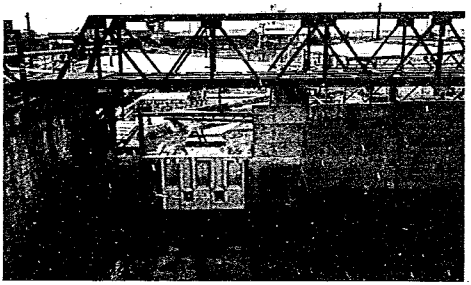


図－６３(c) 放水路内水面形 （右岸側）

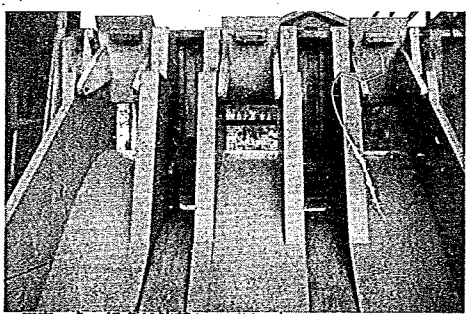




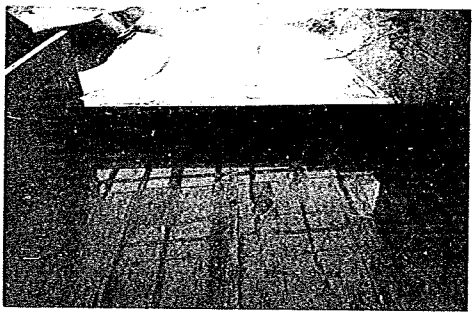
写真－1　ダム背面形状および下流部全景



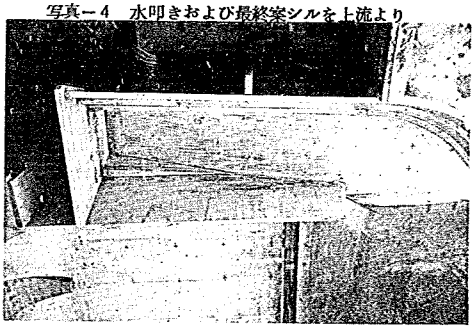
写真－2　ダム正面の堤頂部および孔口呑口部を上流より



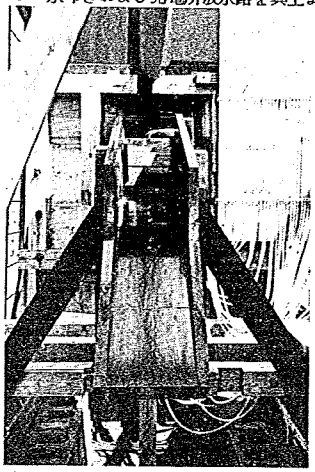
写真－3　堤頂越流部および孔口部下流底面を下流より



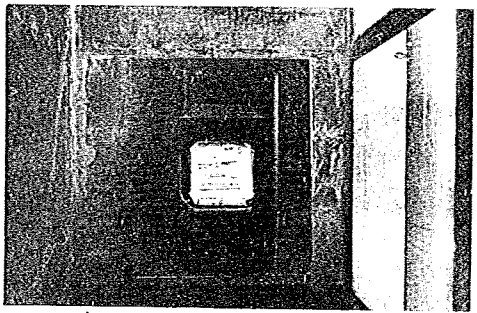
写真－4　水叩きおよび最終案シルを上流より



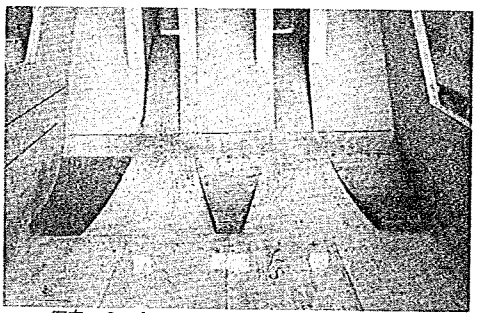
写真－5　水叩きおよび発電所放水路を真上より



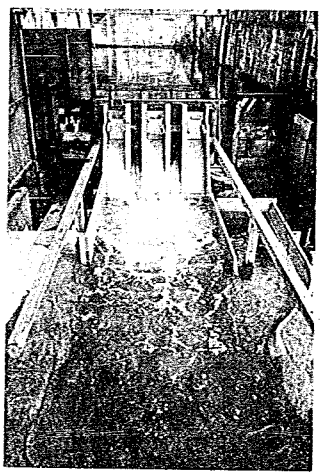
写真－6　孔口部下流底面を下流より（部分模型）



写真－７　孔口呑口部を上流より（部分模型）

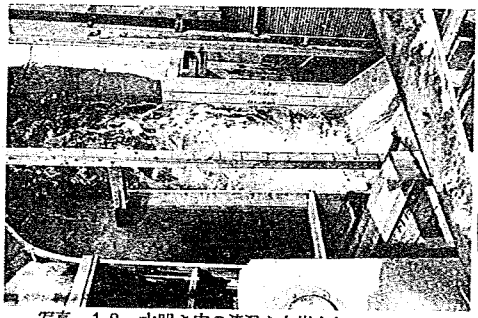


写真－８　水叩き始端および導流ステップを下流より



写真－９
水叩き内および下流の流況を下流より

（Q＝７００㎥／ｓ、貯水位 EL．１７１,０００m、孔口部ゲート開度4.１２m、豪流ステップ高1.５m、最終案シル、自然下流水位（EL１３９.３ｍ）



Q＝７００㎥/s
貯水位.
EL171,000m、
孔口部ゲート開
度4.12m、越
流ステップ高1.5
m、最終案シル、
自然下流水位
(EL 139.3m)

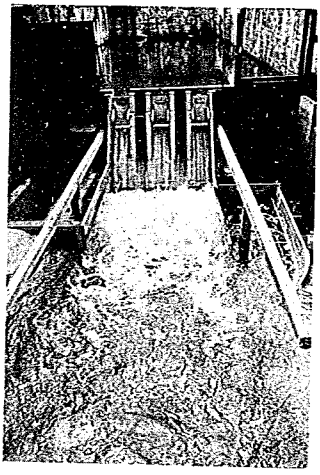
写真－１０　水叩き内の流況を左岸より



写真－１１　水叩き内の流況を上流方より（同上）

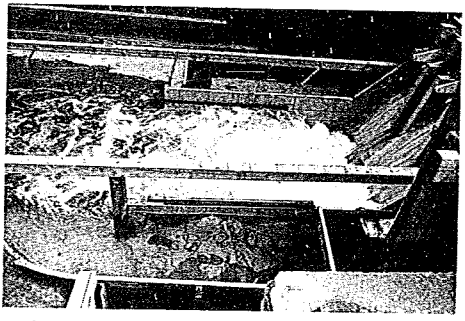


写真－１２　水叩き内および下流の流況を下流右岸より（同上）



写真－１３　水叩き内および下流の流況を下流より

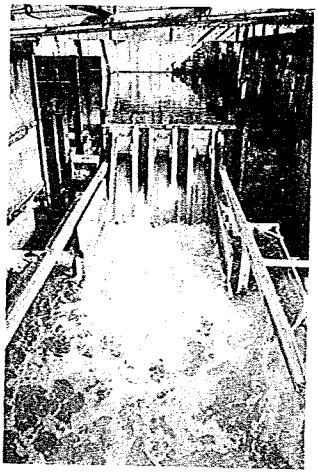
（Q＝1,５００m³／s、貯水位　EL　171,000m
堤頂越流部ゲート開度2.０８m、孔口部ゲート
全開、導流ステップ高1.5m、最終案シル、自
然下流水位（ＥＬ　１４１.７m）



写真－１４　水叩き内の流況を左岸より（同上）

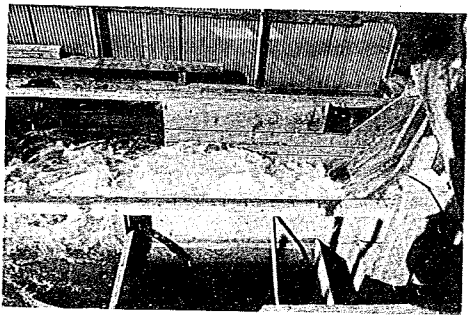


写真－１５　水叩き内の流況を上流上方より（同上）



写真－１６　水叩き内および下流の流況を下流より

（Q＝2,０００㎥／ｓ、貯水位　EL171,000m、堤頂越流部ゲート開度 4.２８m、孔口部ゲート全開、導流ステップ高1.5m、最終案シル、自然下流水位（ＥＬ.１４２.８ｍ））



写真－１７　水叩き内の流況を左岸より（同上）



写真－１８　水叩き内の流況を上流上方より（同上）