



土木研究所資料

第 824 号

藤井川ダム改造に関する洪水吐水理模型実験報告書

昭和 48 年 3 月

建設省 土木研究所

序

本報告書は、建設省土木研究所が、茨城県の依頼によつて昭和47年6月から昭和48年3月まで実施した那珂川水系藤井川ダム改造の水理設計（水理模型実験を含む）の報告書である。

昭和48年3月

建設省土木研究所

ま え が き

藤井川ダム改造に関する水理設計（水理模型実験を含む）は、茨城県の依頼によつて、昭和47年6月から昭和48年3月まで建設省土木研究所篠崎試験所において実施された。

藤井川ダムは、昭和31年防災ダムとして完成されたものであるが、流量改定にともない、治水および利水を目的とした多目的ダムに改造されることとなつた。

したがつて、藤井川ダムは上記の目的のため常用の放水管を改造しその減勢工を新たに設けるものである。

本報告書は、水理設計より最終案形状の決定までの経過およびその実験結果をまとめたものである。

なお、本水理模型設計、ならびに本報告書の編集をするにあつては、田所忍茨城県県北ダム建設事務所長をはじめ、多くの工事関係者諸氏に種々御指導、御援助を賜つた。ここに深甚の謝意を表する次第である。

また、藤井川ダム改造に関する水理設計に関与した建設省土木研究所のスタッフはつぎのとおりである。

副 島 健 （現ダム部長）

藤 本 成 （現篠崎試験所主任研究員）

田 村 正 秀 （現篠崎試験所研究員）

なお、藤井川ダム水理模型実験全般については、田村正秀、川口信幸が担当し実験計画、および報告書の編集は斎藤宗夫が担当した。

昭和48年3月

建設省土木研究所 篠崎試験所

所長 松 山 宣 信

那珂川水系藤井川ダムの事業概要

那珂川水系藤井川ダムの事業概要

(1) 事業の概要

藤井川ダムは、那珂川水系藤井川の茨城県茨城郡常北町下古内地先に多目的ダムとして建設するもので藤井川総合開発の一環をなすものである。

ダムは重力式コンクリートダムとして高さ3.75m、有効貯水容量3,750千 m^3 で洪水調節、不特定かんがい及び特定かんがいの渇水補給、上水道用水の供給を目的とするものである。

○洪水調節

ダム地点の計画高水流量545 m^3/s のうち335 m^3/s の洪水調節を行い、ダム地点下流の水害を防除する。

○不特定かんがい用水

ダム地点下流の藤井川沿岸182haの耕地に対するかんがい用水の補給を行う。

○特定かんがい用水

支川、前沢川及び西田川沿岸の165haの耕地に対して最大0.306 m^3/s のかんがい用水の補給を行う。

○上水道用水

水戸市に上水道用水28,900 m^3 /日(0.334 m^3/s)、常北町に上水道用水1,700 m^3 /日(0.020 m^3/s)を供給する。

(2) 事業の必要性

藤井川は昭和22年のキヤスリーン台風により莫大な被害を蒙り、治水事業の必要性から昭和31年総事業費338百万円をもつて藤井川防災ダムの完成をみた。

その後、藤井川沿岸は水戸市域の拡大に伴い宅地開発により住民及び資産の増加がいちじるしく、また農業面では営農の近代化による農業生産性の向上等により、年平均の洪水被害は防災ダムの完成後も相当な額にのぼっている。かかる現状からダムの治水容量を再検討し治水の安全度を高めると同時に、中小洪水においても被害を最小限に止める為ダムにより調節を行う必要性が生じている。

一方藤井川をはじめ那珂川沿岸は近年の開発進展に伴い、農業用水、生活用水及び工業用水等の水需要が急激に増大しているが、那珂川からの新規取水は困難であり、早急に何らかの水源手当が必要となつている。これら水需要の一部を当ダムにより供給せんとするものである。

かかる治水利水両面の必要性から既設防災ダムを総事業費16億円をもつて多目的ダムに改造し、治水容量3,750,000 m^3 により洪水に対処すると共に利水容量956,100 m^3 により農業用水及び上水道用水を確保せんとするものである。

目 次

序

まえがき

那珂川水系藤井川ダム事業概要

第1編 洪水吐の水理設計の経緯	1
第1章 設計条件	3
第2章 洪水吐の配置	3
第3章 比較設計案形状	6
第4章 最終案形状	7
第2編 洪水吐の水理模型実験概要	11
第1章 実験の目的と内容	13
第2章 実験方法	13
第3章 模型と相似律	14
第3編 放水管の水理設計	17
第4編 減勢工の水理設計	55
参考文献	71
あとがき	72
藤井川ダム洪水吐出水理設計資料	73

第 1 編 洪水吐の水理設計の経緯

第 1 章 設計条件

ダム基本計画図は図-1に示すとおりであり、洪水吐の設計条件を下記に示す。

- ① 放水管は洪水調節計画を満足する断面とし、異常洪水は放水管および越流部で処理すること。
- ② 洪水調節は一定率一定量調節方式とする。
- ③ W/L 3 5.9 m で調節開始流量 $70 \text{ m}^3/\text{s}$ を放水管単独で放流できること。
- ④ W/L 4 8.7 m で計画最大放流量 $210 \text{ m}^3/\text{s}$ を放水管単独で放流できること。
- ⑤ 洪水時満水位 (W/L 5 4.5 m) で設計洪水量 $590 \text{ m}^3/\text{s}$ および異常洪水流量 $1,300 \text{ m}^3/\text{s}$ を余水吐とあわせて放流できること。

＊ 洪水調節を放水管のみで行うと貯水位 W/L 4 8.7 m のときに最大開口断面積が必要となる。

＊ 近年、頻発する集中豪雨による出水が多く、また、ダムの河川構造物としての重要度は極めて、高く、その安全性は想定される極限状態の洪水に対しても確保されるべきであるという考えがなされてきている。
したがって、ダム洪水吐最大放流量の異常洪水流量を決定するには重力ダムの場合、設計洪水流量に 20% 割り増しする方法とその流域の比流量包絡線をとる方法とのうち、いずれか大きい値をとるべきであるとの考えがなされている。

したがって、本ダムでは流域の比流量包絡線と同程度をとる方法により異常洪水流量を決定した。その値は $1,300 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

なお、本報告書は、旧堤体を改造して設ける放水管とその減勢工について水理設計をとりあつかう。

第 2 章 洪水吐の配置

藤井川ダムは、昭和 31 年に防災ダムとして完成されたものであるが、流量改定にともない治水および利水を目的として改造する多目的ダムである。

藤井川ダムの洪水調節計画は、藤井川ダムサイト地点での計画高水流量 $545 \text{ m}^3/\text{s}$ のうち $335 \text{ m}^3/\text{s}$ を調節し $210 \text{ m}^3/\text{s}$ を放流する。

このため旧堤体への工事上、経済上、技術上の問題および立地条件によりダム（放水管 1 条のみを有し、旧堤体を改造）とダムサイトより 1.5 Km 上流に余水吐（越流部 3 門のみを有し、堤頂 W/L 4 6.50 m）とにわけて設置した。

ダムおよび貯水池の諸元は、表-1 に示す。

表-1 ダムおよび貯水池の諸元

ダ ム 名	藤井川ダム
河 川 名	那珂川水系藤井川
位 置	茨城県東茨城郡常北町

ダ ム 型 式	重力式コンクリートダム
堤 高	3 7.5 m
堤 頂 長	9 0.0 m
堤 体 積	4 2,300 m ³ (1 5,000 m ³)

集 中 面 積	7 0.0 Km ²
湛 水 面 積	0.38 Km ²

総 貯 水 容 量	3,900,000 m ³
有 効 貯 水 容 量	3,750,000 m ³

洪水時満水位	W L 5 4.50 m
常時満水位	W L 4 4.10 m
夏期制限水位	W L 3 9.30 m
最低水位	W L 3 5.90 m
堆 砂 位	E L 2 8.00 m

異常洪水流量	1,300 m ³ /s
設計洪水流量	590 m ³ /s
計画高水流量	545 m ³ /s

貯水池容量配分図

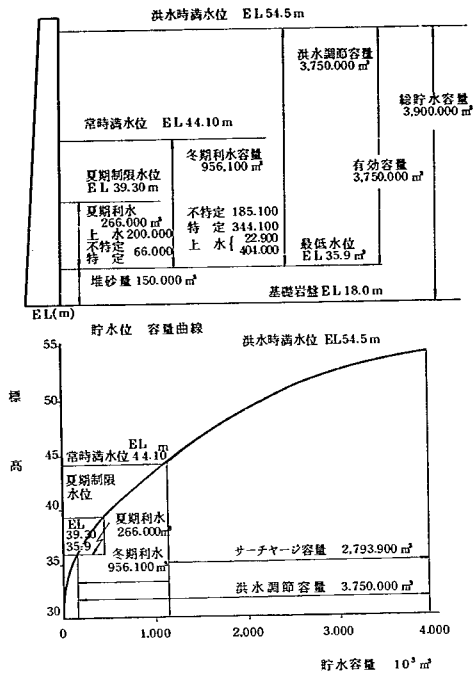


図 - 1 ダム基本計画図 (1)

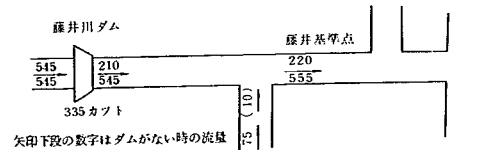
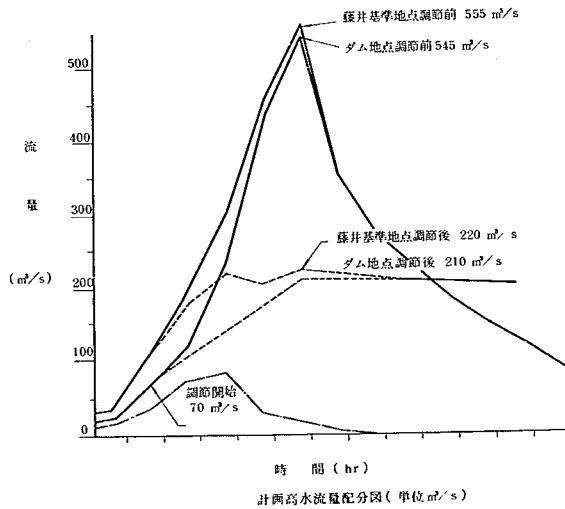


図 - 1 ダム基本計画図 (2)

第 3 章 比較設計案形状

1. 放水管の形状

一般に水平または、わずかな勾配を有する放水管においては、特に出口を絞らなくとも空洞現象のおそれは少ないと言われている。しかし、本ダムでは安全を期するためと既設ダムの実験結果とを考慮し、絞りを設ける。

しかし、絞り区間では断面が変化するために施工が困難となる。したがって、できるだけ短い区間で絞る方がのぞましい。しかし、放水管終端付近での絞り区間の長さについてはまだ確固たる理論がない。したがって、絞り区間の長さを変えた 3 種類を設計した。(上面と側面を絞った。)

型	絞り区間の長さ		備 考
	L_m	L/D	
A	5.0 0	1.3 5	原 案
B	3.7 0	1.0 0	
C	2.9 6	0.8 0	

2. 放水管開水路部の形状

放水管開水路部の底面形状は、いかなる条件に対しても許容負圧を越える負圧が生じてはならない。したがって、底面形状を水脈の自由落下曲線式で与える。

また、水叩き内の単位幅流量を少くすることが減勢上好ましいので、現況地形を考慮し開水路部において側壁を漸拡する。しかし高水頭下での放水管放流水脈は射流であり水路の拡大を急激に行うと流れの主要部分が境界面に沿わなくなる。また、 $S A F$ 減勢池の実験結果、極端な高さの交叉波をさけるべきものとするとして側壁の最大許容拡度は $1:3 F$ である。(F ; 放水管吐口地点のフルード数)

したがって現地形をも考慮し、つぎの 3 種類を設計した。

型	水叩き 始端での幅
I	8 m
II	9 m
III	10 m

減勢工の形状

洪水吐からの高速エネルギーを跳水を利用して減勢し、下流河道に流下させる方法を用いる。また、現地形を考慮し導流壁のこう配を $1:0.55$ としたために台形断面の跳水として取り扱う必要がある。

また、ダム(放水管を有する)と余水吐とを分離して設置している。

しかし余水吐は放水管の上流に設置される予定だが河道が曲っているため、放流水はダムより下流に放流される。

したがって、減勢工は余水吐からの背水の影響をうけるので、減勢工の水理設計(実験を含む)を行う場合にはこのことを十分考慮する必要がある。

また、余水吐クレストは $E L 4 6.5 0 m$ なのでダム上流水位が $E L 4 6.5 m$ 付近までは、ダムの単独放流となり、こ

の場合にも減勢池に跳水を生じさせる必要がある。したがって水位を維持する構造物として水たき末端に狭頂堰を設置した場合とエンドシルを設置した場合との比較実験をおこなった。

第4章 最終案形状

各種の比較実験した結果下記のとおり決定した。

1. 放水管最終案形状

実験結果：絞り区間の長さを $0.8D$ としても設計条件を満足しており問題はなかった。

ただし、最高水頭（最高水位と放水管支配断面中心との標高差）； 23.7 m

断面絞り率（絞り始端と終端との断面積比）； 0.93

放水管支配断面高（ D ）； 3.700 m

2. 放水管開水路部形状

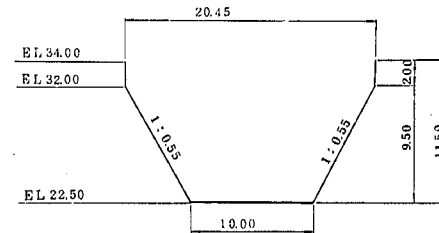
実験結果：水叩き始端で幅を 10.0 m にしても、流れが壁面から離れることがなく、問題はなかった。したがって、ゲート操作機構および施工を考慮し拡がりの始端をゲート操作室の下流端とし、水叩き始端で幅が 10.0 m となるように漸次拡げる。

3. 減勢工の形状

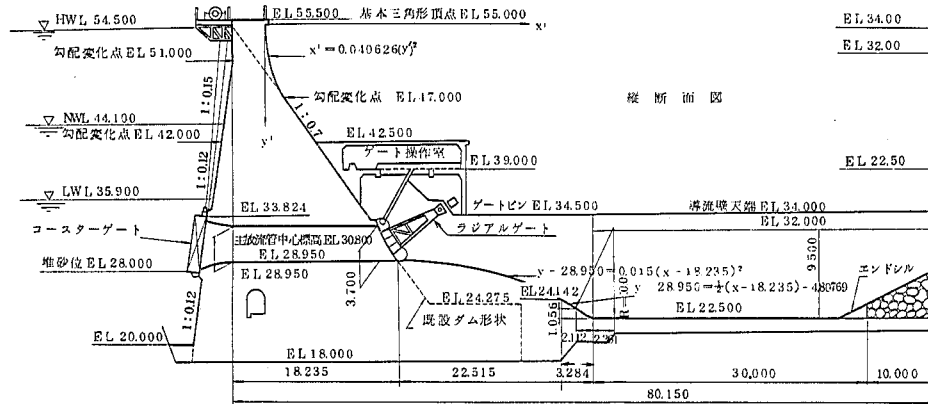
実験条件内では下流水位が確保されるため、狭頂またはエンドシルを設置した場合の水叩き内の流れはほとんど同じであった。しかし、エンドシルを用いた場合水叩き内の水面が低くできるために、この形状を最終形状とした。また、水叩き内導流壁は、壁面沿いの水位上昇を減少させるために、 $EL\ 32.0\text{ m}$ までは $1:0.55$ のこう配をもたせ、それから $EL\ 34\text{ m}$ までは鉛直とするものを最終形状とした。

エンドシルより下流は流れの抵抗が少くなるように適宜河床につける。

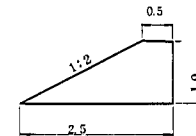
水たき横断面図



縦断面図



エンドレル



単位: m

平面図

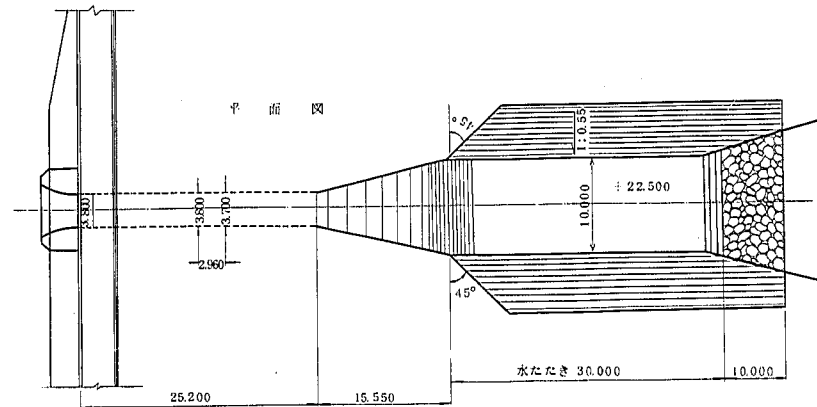


図-2の1 藤井川ダム主放流設備(最終案)

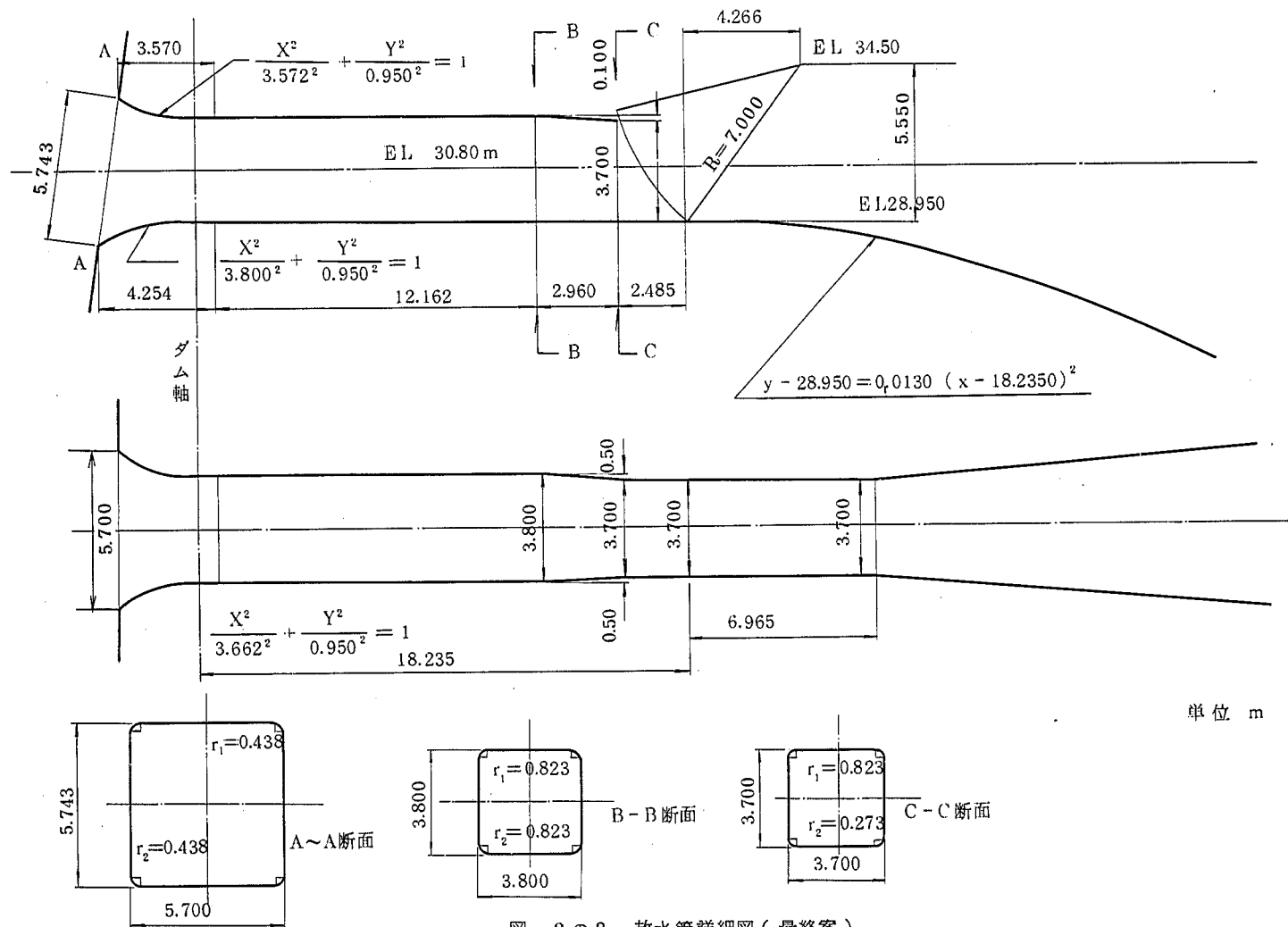


図 - 2 の 2 放水管詳細図 (最終案)

第 2 編 洪水吐水理模型実験の概要

第 1 章 洪水吐水理設計上の問題点

藤井川ダム改造に関する洪水吐の最適な設計を求めるために、水理設計上のつぎの項目について実験的に検討する必要があつた。

1. 放水管の絞り形状
2. 放水管開水路部の拡がり形状
3. 下流水位が確保できる場合台形断面の跳水型減勢工の規模

第 2 章 実験の目的と内容

本実験の目的は、藤井川ダム洪水吐の水理機能、つまり放水管の放流能力、形状の安全性および減勢機能を調査し、最適な洪水吐の設計を求めるためのものであつた。

実験の内容はつぎのとおりであつた。

1. 放水管
 - 1.1 放流能力調査
(ゲート半開時および全開時の貯水位～流量測定)
 - 1.2 放水管形状の検討
(放水管内面圧力測定)
 - 1.3 放水管ゲートピンの位置
(水面形測定)
2. 放水管開水路部
 - 2.1 開水路部の底面形状
(底面圧力測定)
 - 2.2 開水路部の拡がりに関して
(底面圧力測定、流況観察、水面形測定)
3. 減勢工
 - 3.1 水叩きの規模
(水面形測定、流況観察)
 - 3.2 水叩き内導流壁高の決定
(水面形測定、流況観察)

第3章 実験方法

1. 流量測定

ゲート開度および貯水位を設定し放流した。放流された水は導水路によつて導かれ、下流に設置している検定比で流量を算定した。

検定比は四角比であり流量は板谷、手島の式により求めた。

2. 水面形測定

ポイントゲージにより、ある時間内における最高と平均を測定した。

3. 圧力測定

圧力測定位置に埋め込まれたピエゾメーターをビニールホースで水柱マノメーターまで連結し、マノメーターの水頭の最高と最低を読みとつた。

4. 流況観察

写真撮影、スケッチおよびメモなどを行つた。

第4章 模型と相似律

1. 模 型

1.1 全体模型

ダムの全体模型は縮尺 $1/25$ とし、本体（放水管、開水路部）水叩き、下流河道を木製とした。なお、流況観察のため一部をアクリライトとした。

1.2 放水管抽出模型実験

放水管抽出模型は縮尺 $1/25$ のアクリライトとした。

2. 相似律

模型と原型との力学的相似は、フルードの相似則によるものとした。また、各諸元の縮率は下表に示す。

諸 元	次 元		縮 率	
			全体模型	放水管抽出模型
長さ、水深	L	$1:n$	$1:25$	
時 間	T	$1:n^{1/2}$	$1:5$	
流 速	LT^{-1}	$1:n^{1/2}$	$1:5$	
流 量	L^3T^{-1}	$1:n^{5/2}$	$1:3125$	
圧 力	$ML^{-1}T^{-2}$	$1:n$	$1:25$	

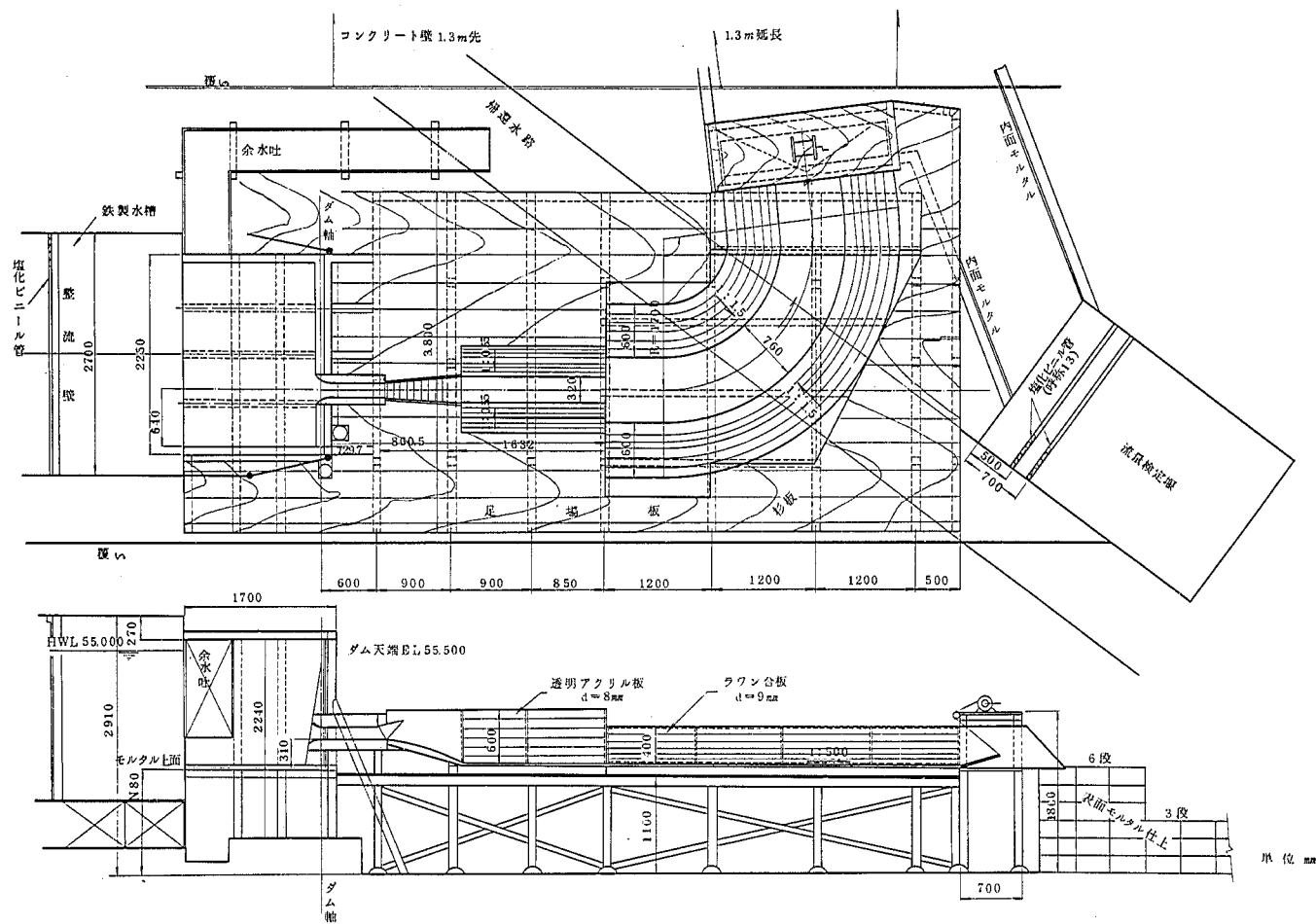


図-3 藤井川ダム改造水理模型実験模型製作図

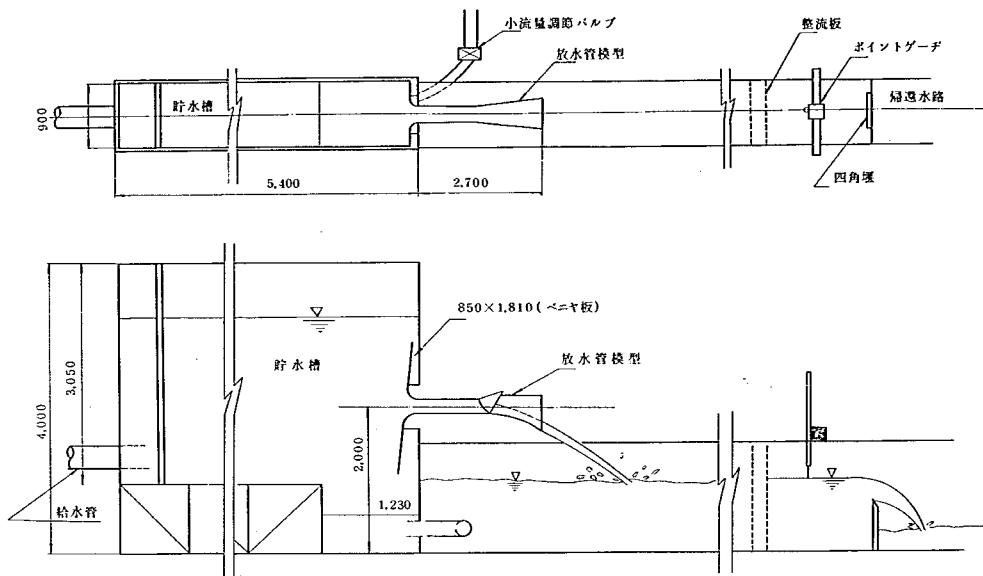


図-4 放水管二次元抽出実験模型設備一般図



写真-1 全体模型製作(下流より)

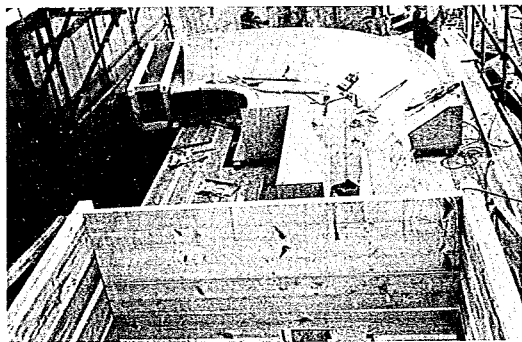


写真-2 全体模型製作(上流より)

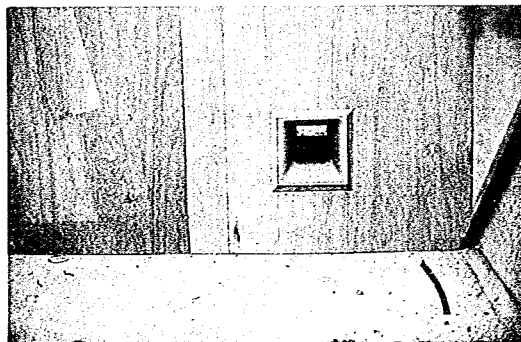


写真-3 全体模型放水管入口(上流より)

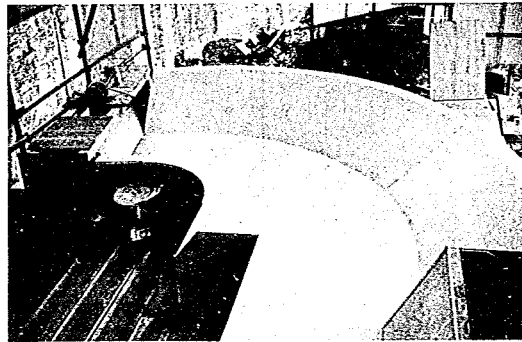


写真-4 全体模型下流河道(上流より)

第 3 編 放水管の水理設計

目 次

(第3編 放水管の水理設計)

第1章 放水管の設計の経緯	20
第2章 放水管の水理設計	20
1. 設計条件	20
2. 放水管呑口中心標高の決定	20
3. 断面の決定	21
第3章 放水管用水路部の形状	35
1. 設計条件	35
2. 底面形状	35
3. 開水路部の平面形状	36
第4章 放水管抽出模型比較実験	38
1. 実験条件	38
2. 放流能力	38
3. 放水管内面に作用する圧力	39
4. 放水管開水路部底面圧力におよぼす影響	39
5. 最良案放水管形状の選定	39
第5章 最良案放水管抽出模型実験	39
1. 実験条件	39
2. 放流能力	40
3. 放水管内面および放水管開水路部底面に作用する圧力	40
4. 放水管ラジアルゲートビンの位置	41
第6章 放水管開水路部全体模型比較実験	42
1. 実験条件	42
2. 放流能力	42
3. 放水管開水路部底面に作用する圧力	42
4. 放水管開水路部の水面形状	48
5. 放水管開水路部の流水	48
6. 最良案開水路部の決定	54

第1章 放水管の設計の経緯

一般に放水管内の空洞現象の発生を軽減するために絞りを設ける。しかし、絞り区間の長さについては、明確な基準はなく、個々に実験的に検討している。したがって、本ダムにおいても絞り率を同一にし、絞り区間を変えた3種類について圧力測定および放流量の実験を行った。その結果、絞り区間の長さを支配断面高の0.8倍でも問題はなかったため、その形状を最終案放水管形状とした。

また、各種の設計資料を得るために最終案放水管形状にもとづいてゲート半開操作時の放流能力および放流水面形測定、ゲート半開操作時の放水管内面に作用する圧力を測定した。

一方、水叩き内へ流入する流水の単位幅流量を少なくすることは減勢上有利となる。したがって、放水管開水路部を漸次拡げることにした。しかし、本ダムの開水路部の底面形状は放水管の放流水脈がはく離しないように自由落下曲線としてゐる。したがって、このような底面形状をもつ拡がりについての明確な基準はない。ゆえに、水叩きでの幅が異なる3種について、放流能力水面形測定および底面に作用する圧力を測定した。この結果、水叩きでの幅10mでも問題がなかった。

放水管開水路部の比較実験では、ゲートシル（放水管ゲートを全閉したとき放水管底面と接する位置）から漸次拡げた。しかし、このような形状にするとゲートの操作機構および施工の際に支障をきたす。したがって実験結果を考慮し、放水管開水路部の最終形状としてゲート操作室の下流端から漸次拡げて、水叩き始端で幅が10.0mとなる形状とした。

第2章 放水管の水理設計

1. 設計条件

- ① 放水管は、洪水調節計画を満足する断面とする。
- ② 全管路形放水管（I型）とし1条とする。
- ③ 放水管は水平とし、末端に設けるゲートは高圧ラジアルゲートとする。
- ④ 放水管呑口面の勾配は、コースターゲートの巻き上げを考慮し1:0.12とする。
- ⑤ 放水管呑口面に設けるリセスは水平距離にて0.6mとする。

2. 放水管呑口中心標高の決定

放水管呑口の中心標高を決定するためには、放水管内の流れが管路流になるように次の条件を満足しなければならない。

$$\frac{H_c}{a n} < 1.3 \quad \text{開水路流}$$

$$1.3 < \frac{H_c}{a n} < 1.8 \quad \text{遷移流}$$

$$\frac{H_c}{a n} > 1.8 \quad \text{管路流}$$

ここに H_c ; 貯水位と管呑口数高との標高差

$a n$; 管出口の高さ

$a n \div 3.7 \text{ m}$ と仮定すれば、管路流となるためには $H_c > 3.7 \times 1.8 = 6.66 \text{ m}$ となる。最低水位は W/L 3.59 m であるから、放水管呑口数高の標高は $3.59 \text{ m} - 6.66 \text{ m} = EL 29.24 \text{ m}$ 以下でなければならない。また放水管呑口中心標高は $EL 29.24 \text{ m} + \frac{3.8}{2} = \text{約 } EL 31.4 \text{ m}$ 以下であればよい。したがって多少の余裕を見込み放水管呑口中心標高を $EL 30.8 \text{ m}$ とした。

3. 断面の決定

3.1 吐口断面積

自由流出と仮定した場合の放水管の吐口所要断面積 A_e は次の式で表わされる。

$$A_e = \frac{Q}{C \sqrt{2gH}}$$

ここに、 Q ; 放流量 (m^3/s)

C ; 流量係数

H ; 貯水位と放水管水吐口中心標高との差 (m)

与えられた条件により放水管の吐口必要断面積を計算すると表のようになつた。

必要放流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	貯 水 位 ($W/L \text{ m}$)	H (m)	A_e (m^2)
7 0	3 5.9 0	5. 1	7. 7 8
2 1 0	4 8.7 0	1 7.9	1 2.4 6

また、放水管より下流底面への接続および流線の相互干渉によるベベリングの防止のため放水管吐口断面の上面へ隅取を設ける。その隅取の量は断面積の2%とする。

したがって、放水管必要断面積 $A_e > 1.246 \times 1.02 = 1.271 \text{ m}^2$ となつた。従来の縦横比 $2/3 \sim 3/2$ を考慮し放水管吐口断面を正方形とし、 $3.7 \times 3.7 = 1.369 \text{ m}^2 > 1.271 \text{ m}^2$ とした。

3.2 絞り始端断面

一般に、水平もしくはわずかなこう配を有する放水管においては、特に出口を絞らなくとも空洞現象のおそれは少ないと言われている。しかし、本ダムでは、安全を期するためと既設ダムの実験を考慮し、絞りを設ける。

前述のように吐口断面が決定しているので、絞り始端断面をひろげることになる。したがって、絞り始端断面を $3.8 \times 3.8 \text{ m}$ の正方形とし実験により検討した。

3.3 絞り区間の長さ

放水管を絞る方法としては

① ベルマウス終端から放水管吐口まで漸縮させる。

② 放水管吐口付近で漸縮させる。

がある。各方法一長一短ある本ダムでは、②の方法を試みることにする。

放水管吐口付近で漸縮させる方法の絞り区間の長さはいままでは確定していない。したがって、吐口断面高の

1.35 倍の区間を絞り実験によつて検討する。(真名川ダム参照) $1.35 \times 3.7 \div 5.00 \text{ m}$

直管始端断面

直管始端断面は絞り始端断面と同一とする。したがって直管部はすべて同一断面となる。

3.4 放水管放流水脈の流れ

一般に高水頭下における放水管からの流れは、射流であり下流水位との関係において次のことが予想される。

- ① 放水管からの流れに対して下流水位が共役水深以上であればもぐり流出となる。
- ② 放水管からの流れに対して下流水位が共役水深と等しければ、放水管終端付近を跳水始端とする跳水が生じる。
- ③ 放水管からの流れに対して下流水位が共役水深以下ならば放水管からの流れは下流水位を後退させ、ある一定区間露出射流となる。

本ダムにおける下流水位は図-5（借与された水理計算書）に示すとおりであり、放水管からの流れの諸元を下式にもとづいて計算する。

$$V = C \sqrt{2 g H} \quad Q = V A_o$$

$$F = \frac{V}{\sqrt{g h}}$$

$$h_j = \frac{h}{2} (\sqrt{1 + 8 F^2} - 1)$$

ここに V ; 放水管吐口流速

C ; 流量係数 (0.9 と仮定)

Q ; 放流量

A_o ; 純断面積 (1 3.4 1 6 m^2)

g ; 重力加速度

H ; 貯水位と放水管吐口中心標高との差

F ; 放水管吐口部の流れのフルード数

h ; 放水管吐口部での水深

($h = a_n = 3.7 m$ と仮定)

h_j ; 共役水深

ここで、前述断面決定の際自由流出と仮定して行つたので、この流れの状態を検討してみる。

貯水位 $WL \ m$	水深 $H \ m$	流速 $V \ m/s$	流量 $Q \ m^3/s$	F	$h_j \ m$	下流水位 $WL \ m$	下流水深 m	判定
3 5.9	5.1	9.0 0	12 0.74	1.4 9	6.1 6	3 1.3 5	2.4	③
4 8.7	1 7.9	1 6.8 6	2 2 6.1 9 (全開)	2.8 0	1 2.9 2	3 2.2 8	3.3	③

但し、下流水深とは、下流水位と放水管下流底面との標高差であり、放流管下流底面の標高は $3 0.8 - \frac{3.7}{2} = 2 8.9 5 m$ である。

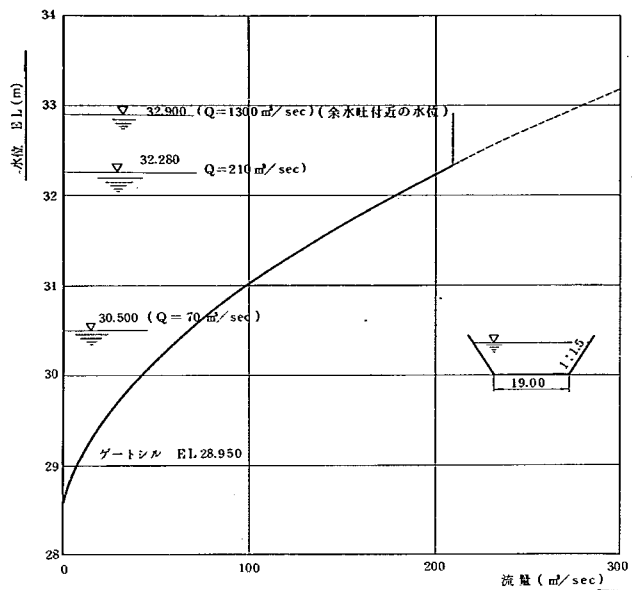


図-5 水位-流量曲線(ダムサイト付近)
(せき上背水)

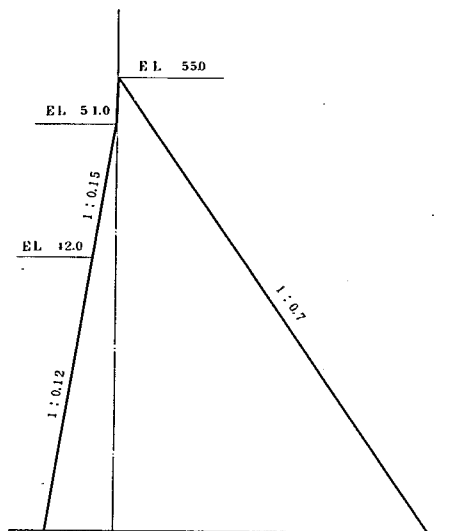


図-6 ダム基本三角形

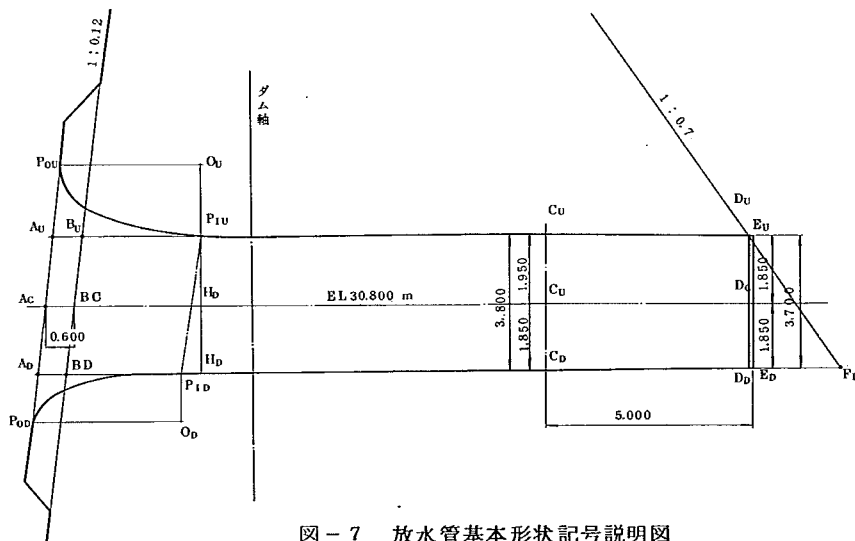


図-7 放水管基本形状記号説明図

余水吐の堤頂 $EL. 46.5\text{ m}$

放流量 $Q = 210\text{ m}^3/\text{s}$ 以上は流さない

以上の結果放水管の流れは、下流水位が共役水深以下であるので下流水位が後退して自由流出となることが予想される。しかし、ゲート半開操作した場合はこのかぎりではない。

3.5 放水管の基本形状の座標

ダムの基本三角形は図-6に示すとおりであり放水管基本形状の座標は次のとおりとなつた。(図-7参照)

$AU (-3.060, 3.2750)$

$AC (-3.294, 3.0800)$

$AD (-3.516, 2.8950)$

$BU (-2.460, 3.7750)$

$BC (-2.694, 3.0800)$

$BD (-2.916, 2.8950)$

$DU (1.5645, 3.2650)$

$DC (1.5645, 3.0800)$

$DD (1.5645, 2.8950)$

$FD (1.8235, 2.8950)$

1) 下面ベルマウス

ベルマウスの上面、下面および側面の形状はベルマウス長がすべて等しくなるように、かつ呑口部が堤体上流面に接するようにした。

角形放水管での下面ベルマウス曲線として管断面の縦横比が $2/3 \sim 3/2$ の範囲においては一般に次式で与えられる楕円曲線が用いられる。

$$\frac{x^2}{D^2} + \frac{y^2}{(D/4)^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

D ; ベルマウス下流端における長方形断面の幅 $D = 3.8\text{ m}$ であるから

$D = 3.8\text{ m}$ であるから下式であらわされる。

$$\frac{x^2}{3.8^2} + \frac{y^2}{0.95^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

2) 下面ベルマウス部の座標

呑口面勾配は $1:0.12$ であるから

$$\tan \beta = 0.12 \quad \therefore \beta = 6^\circ 50' 34''$$

となる。

下面ベルマウス始端 P_0D の座標を O_D を原点として (X_0D, Y_0D) と表わすと

$$\frac{X_0D^2}{D^2} + \frac{Y_0D^2}{(D/4)^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{dY_0 D}{dX_0 D} = -\frac{(D/4)^2 X_0 D}{D^2 Y_0 D} \dots\dots\dots (4)$$

となる。また(4)式は $P_0 D$ 点を通る仮想堤体上流面方程式の接線と勾配に等しいから

$$-\frac{(D/4)^2 X_0 D}{D^2 Y_0 D} = \cot \beta$$

$$X_0 D = 1.6 \cot \beta Y_0 D$$

となる。(3)と(5)式より

$$X_0 D = 3.798291$$

$$Y_0 D = 0.028487$$

また $P_0 D$ 点を y 軸を x 軸とし、 x 軸を $EL 0 m$ とする座標軸に変換すると

$$\begin{aligned} x_{P_0 D} &= -x_{AD} - (D/4 - Y_0 D) \tan \beta \\ &= -3.516 - \left(\frac{3.8}{4} - 0.028487 \right) \times 0.12 \\ &= -3.626582 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{P_0 D} &= y_{AD} - (D/4 - Y_0 D) \\ &= 2.8590 - \left(\frac{3.8}{4} - 0.028487 \right) \\ &= 2.8028487 \end{aligned}$$

$P_1 D$ 点の座標は

$$\begin{aligned} x_{P_1 D} &= -x_{AD} + \{ (D/4 - Y_0 D) \tan \theta + x_0 D \} \\ &= -3.516 - \left\{ \left(\frac{3.8}{4} - 0.028487 \right) 0.12 + 3.798291 \right\} \\ &= +0.171709 \end{aligned}$$

$$y_{P_1 D} = y_{AD} = 2.8950$$

下面ベルマウス原点 $O D$

$$\begin{aligned} x_{OD} &= x_{P_1 D} = 0.171709 \\ y_{OD} &= y_{P_1 D} - D/4 \\ &= 2.8950 - \frac{3.8}{4} = 2.800 \end{aligned}$$

3) 上面ベルマウス部の座標

上面ベルマウス終端 $P_1 U$ は、管上面と $P_1 D$ を通り呑口面に平行な直線との交点である。

$$\begin{aligned} x_{P_1 U} &= x_{P_1 D} + \tan \beta \\ &= 0.171709 + 3.8 \times 0.12 = 0.627709 \\ y_{P_1 U} &= y_{P_1 D} + D \\ &= 2.895 + 3.8 \\ &= 3.275 m \end{aligned}$$

上面ベルマウス原点 $O U$ は

$$\begin{aligned} x_{OU} &= x_{P_1 U} = 0.627709 \\ y_{OU} &= y_{P_1 U} + D/4 \\ &= 3.275 + \frac{3.8}{4} = 3.3700 m \end{aligned}$$

$O U$ を原点とし上面ベルマウス曲線式および唇口面方程式を

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$y = m x + q$$

とする。

上面ベルマウス始点 $P_0 U$ の座標を $(x_0 U, y_0 U)$ と表わすと

$$\frac{X_0 U^2}{a^2} + \frac{Y_0 U^2}{b^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$Y_0 U = m X_0 U + q \quad \dots\dots\dots (8)$$

(7)式を微分すると

$$\frac{d Y_0 U}{d X_0 U} = - \frac{b^2}{a^2} \frac{X_0 U}{Y_0 U}$$

となる。これは(8)式の接線勾配と等しいから

$$- \frac{b^2}{a^2} \frac{X_0 U}{Y_0 U} = m \quad \dots\dots\dots (9)$$

(9)式より

$$a^2 = - \frac{b^2 X_0 U}{m Y_0 U} \quad \dots\dots\dots (10)$$

となり、(7)式へ代入すると

$$Y_0 U^2 - b^2 = m X_0 U \quad Y_0 U \quad \dots\dots\dots (11)$$

となり、(8)式を代入し整理すると

$$\therefore X_0 U = \frac{b^2 - q^2}{m q} \quad \dots\dots\dots (12)$$

となる。(12)式を(8)式に代入し $Y_0 U$ を求め(10)式に代入して a を求める。

座標原点を $O U$ としたとき唇口 $A U$ の座標は

$$x_{AU} = 3.687709$$

$$y_{AU} = 0.95$$

である。また勾配 m は

$$m = \frac{1}{\tan \beta} = \frac{1}{0.12}$$

であるから、

$$q = y - mx = 0.95 - 3.687709 / 0.12$$

$$= -2.9780908$$

$$b = D/4 = 0.95$$

$$XO_U = \frac{0.95^2 - (-2.9780908)^2}{-2.9780908 / 0.12} = 3.570072$$

$$YO_U = 3.570072 / 0.12 - 2.9780908 = -0.030305$$

$$a^2 = + \frac{0.95^2 + 3.570072}{+0.030305 / 0.12}$$

$$\therefore a = 3.571870$$

したがって上面ベルマウス曲線式は

$$\frac{x^2}{3.572^2} + \frac{y^2}{0.952^2} = 1$$

となる。また上面ベルマウス始端 P_0U の座標は

$$\begin{aligned} x_{P_0U} &= x_{OU} - X_{0U} \\ &= 0.627709 - 3.570072 \\ &= -2.942363 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{P_0U} &= y_{OU} + Y_{0U} \\ &= 3.3700 + 0.030305 \\ &= 3.3730305 \end{aligned}$$

となつた。

4) 側面ベルマウス

側面ベルマウスは呑口面に始端をもち $P_1U \sim P_1D$ 断面下流端を有する楕円曲線とし、楕円の長軸の長さは堤体上流面に直角にとる。

いま、側面ベルマウス曲線を

$$\frac{x^2}{c^2} + \frac{y^2}{d^2} = 1$$

と表わすと

$$\begin{aligned} c &= (x_{P_1D} - x_{AD}) \cos \beta \\ &= \frac{(x_{P_1D} - x_{AD})}{\sqrt{1 + \tan^2 \beta}} \\ &= \frac{0.171709 + 3.516}{\sqrt{1 + 0.12^2}} = 3.661441 \end{aligned}$$

$$d = D/4 = 0.95$$

したがって

$$\frac{x^2}{3.661^2} + \frac{y^2}{0.95^2} = 1$$

3.7 放水管隅角部の隅取り円弧の設定²⁾

角形鋭線孔から噴出した水脈は、隅角部で流線相互の干渉によつてベベリングと称する変形を示し空洞現象ならびに応力集中が発生する。

これを防ぐために隅角部に隅取りを設ける。その値は一般にベルマウス呑口 ($P_0 U \sim P_0 D$) で方形断面積の 0.5% 終端 ($P_1 U \sim P_1 D$) で 4.0% にあたるような隅取円弧を考えその間は直線的に変化させる。

直管部はベルマウス終端と同値とし絞り部 (テーバー部) では上面が直管部と同値にし、下面ではテーバー始端で直管部と同値とし高圧ラジアルゲートとの接点 (F_D) で 0 となるように直線的に変化させる。

1) ベルマウス呑口

$$\begin{aligned} \text{高さ } h_0 &= (y P_0 U - y P_0 D) / \cos \beta \\ &= (y P_0 U - y P_0 D) \sqrt{1 + \tan^2 \beta} \\ &= (3.3730305 - 2.8028487) \sqrt{1 + 0.12^2} \\ &= 5.742724 \\ \text{幅 } B_U &= D + 2 \times \frac{D}{4} \\ &= 3.8 + \frac{3.8}{2} \\ &= 5.7 \end{aligned}$$

隅取を $1/4$ 円の半円とすると半径 r_0 は

$$r_0 = \frac{P \times A_0}{\sqrt{4 - \pi}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

ここに P ; 隅取パーセント

A_0 ; 方形断面積

$$r_0 = \frac{0.005 \times 5.742724 \times 5.7}{\sqrt{4 - 3.14159}} = 0.436650$$

2) ベルマウス終端

$$\begin{aligned} \text{高さ } h_1 &= (y P_1 U - y P_1 D) / \cos \beta \\ &= (y P_1 U - y P_1 D) \sqrt{1 + \tan^2 \beta} \\ &= (3.25 - 2.895) \sqrt{1 + 0.12^2} \\ &= 3.827262 \end{aligned}$$

$$\text{幅 } B_1 = D = 3.8m$$

$$r_1 = \frac{0.04 \times 3.827262 \times 3.8}{\sqrt{4 - 3.14159}} = 0.8232246$$

3.8 高圧ラジアルゲートの設計

放水管末端に設置する高圧ラジアルゲートを半開操作した場合流線相互のかくらんにより放流水脈は左右への拡がりおよび水面の急上昇が発生する。したがって高圧ラジアルゲートビンの位置を決定するにはこれらの水脈が当つて異常な振動などが起こらないように注意する必要がある。また本ダムのように下流水位が高い場合は、下流水位が高い場合は、下流水位も考慮する必要がある。

本ダムにおいては高圧ラジアルゲートの半径 R を 7.00 m とし、ゲートシルを $F_D(18.235, 28.950)$ に一致させる。また既設ダムの実態を表-2、図-9に示す。

これらを考慮すると $h/a_0 > 1.4$ は必要である。

$$\therefore h > 1.4 \times 3.7 = 5.18$$

つまり $EL\ 34.13\text{ m}$ 以上、または下流水位は最高で $EL\ 33.16\text{ m}$ であるから余裕を見込みゲートビンの標高を $EL\ 34.50\text{ m}$ とした。

$$\therefore h = 34.50 - 28.95 = 5.55\text{ m}$$

$$\begin{aligned} L &= \sqrt{R^2 - h^2} \\ &= \sqrt{7^2 - 5.55^2} \\ &= 4.2658528\text{ m} \end{aligned}$$

したがってゲートビンの座標 G は

$$x\ G = 22.5008528$$

$$y\ G = 34.500$$

$$\begin{aligned} \beta &= \sin^{-1} \frac{5.55}{7.0} \\ &= \sin^{-1} 0.7928571 \end{aligned}$$

$$\alpha = 90^\circ - 52^\circ 33' = 37^\circ 27'$$

次に放水管終端上面とゲートとの交点 EU は標高 $EL\ 32.65\text{ m}$ であるから

$$\begin{aligned} h_1 &= 34.5 - 32.65 = 1.85\text{ m} \\ L_1 &= \sqrt{R^2 - h_1^2} = \sqrt{7^2 - 1.85^2} = 6.751111 \end{aligned}$$

したがって EU の座標は

$$\begin{aligned} x\ EU &= x\ G - L_1 = 22.5008528 - 6.751111 \\ &= 15.749742 \end{aligned}$$

$$y\ EU = 32.65$$

となった。

以上により設計した放水管形状を図-10に示す。

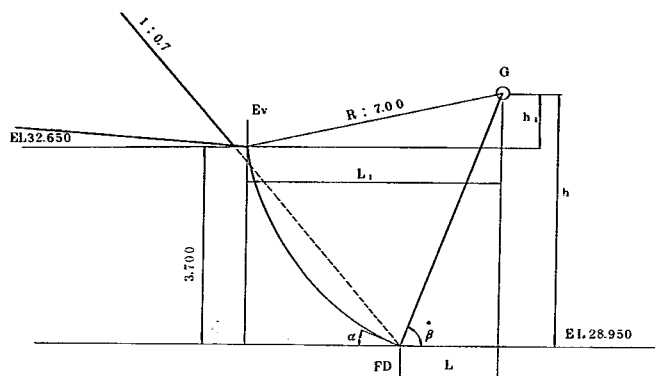


図-8 高圧ラジアルゲート記号説明図

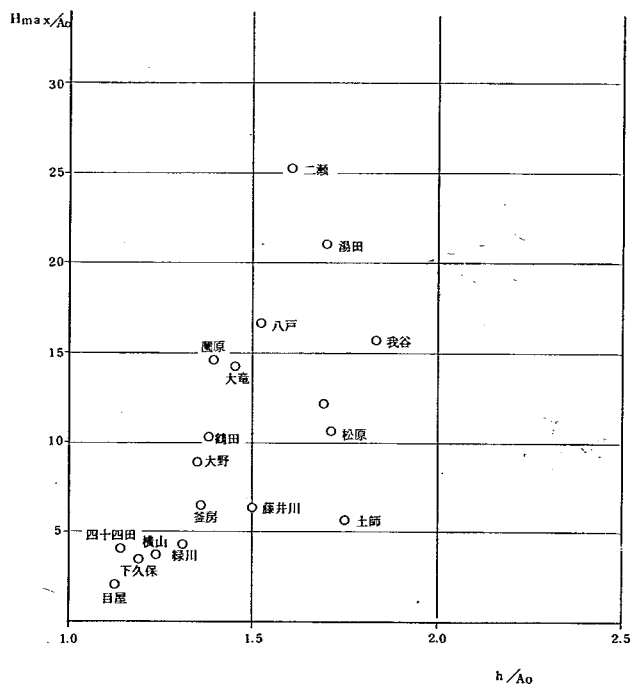
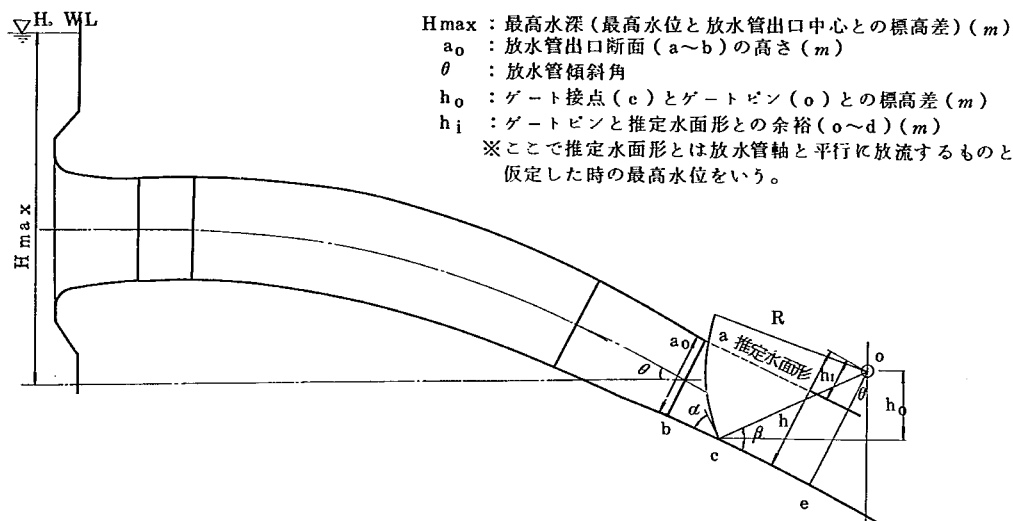
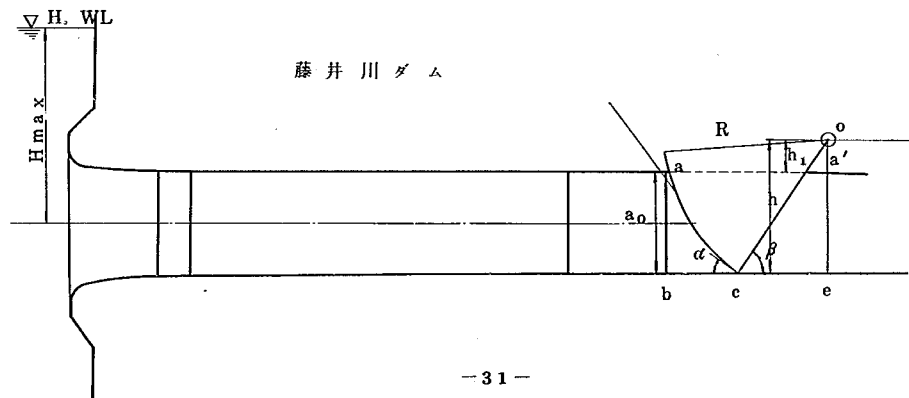


図-9 高圧ラジアルゲートピンの位置(既設ダム資料)

表-2 放水管ラジアルゲートピンの位置に関する資料(既設ダム)



ダム名	H_{max} (m)	a_0 (m)	R (m)	θ	h_o (m)	h (m)	h_i (m)	h/a_0	β	α	備考
目屋	1250	60	90	$10^\circ 10'$	5.64	6.79	0.79	1.13	$48^\circ 57'$	$41^\circ 03'$	オリフィス
四十四田	1875	45	70	0°	5.11	5.11	0.61	1.14	$46^\circ 50'$	$43^\circ 10'$	"
横山	2467	64	100	$28^\circ 49'$	400	7.92	1.52	1.24	$67^\circ 30'$	$22^\circ 30'$	"
下久保	2155	6286	95	$16^\circ 30'$	5.52	7.49	1.20	1.19	$52^\circ 00'$	$38^\circ 00'$	"
緑川	2660	63	110	$13^\circ 29'$	636	8.27	1.97	1.31	$48^\circ 46'$	$41^\circ 14'$	"
土師	2240	40	80	16°	5.66	7.00	3.00	1.75	$61^\circ 02'$	$28^\circ 58'$	"
湯田	5200	246	50	$44^\circ 49'$	0.98	4.15	1.69	1.69	$56^\circ 09'$	$33^\circ 51'$	I型放流管
我谷	3900	247	55	$43^\circ 21'$	1.15	4.53	2.06	1.83	$55^\circ 25'$	$34^\circ 35'$	"
蘭原	5200	356	70	$39^\circ 48'$	0.62	4.94	1.38	1.39	$44^\circ 54'$	$45^\circ 06'$	"
二瀬	6700	2658	50	47°	1.00	4.26	1.61	1.60	$58^\circ 31'$	$31^\circ 29'$	"
鶴田	4242	415	60	$15^\circ 52'$	5.00	5.72	1.57	1.38	$72^\circ 18'$	$17^\circ 42'$	II型放流管
大野	3220	360	58	$11^\circ 19'$	4.16	4.87	1.27	1.35	$57^\circ 04'$	$32^\circ 56'$	"
松原	4696	440	80	$4^\circ 15'$	7.29	7.52	3.12	1.71	$70^\circ 01'$	$19^\circ 59'$	"
釜房	2630	40	70	12°	4.42	5.46	1.46	1.36	$51^\circ 12'$	$38^\circ 48'$	"
大滝	5441	380	60	10°	5.00	5.50	1.70	1.45	$66^\circ 26'$	$23^\circ 34'$	"
石手川	4650	380	70	12°	5.71	6.43	2.63	1.69	$66^\circ 40'$	$23^\circ 20'$	"
八戸	4690	282	55	$26^\circ 34'$	229	428	1.46	15.2	$51^\circ 09'$	$38^\circ 51'$	I型放流管
藤井川	2370	370	70	0°	5.55	1.85	1.50	52.33	$52^\circ 33'$	$37^\circ 27'$	"



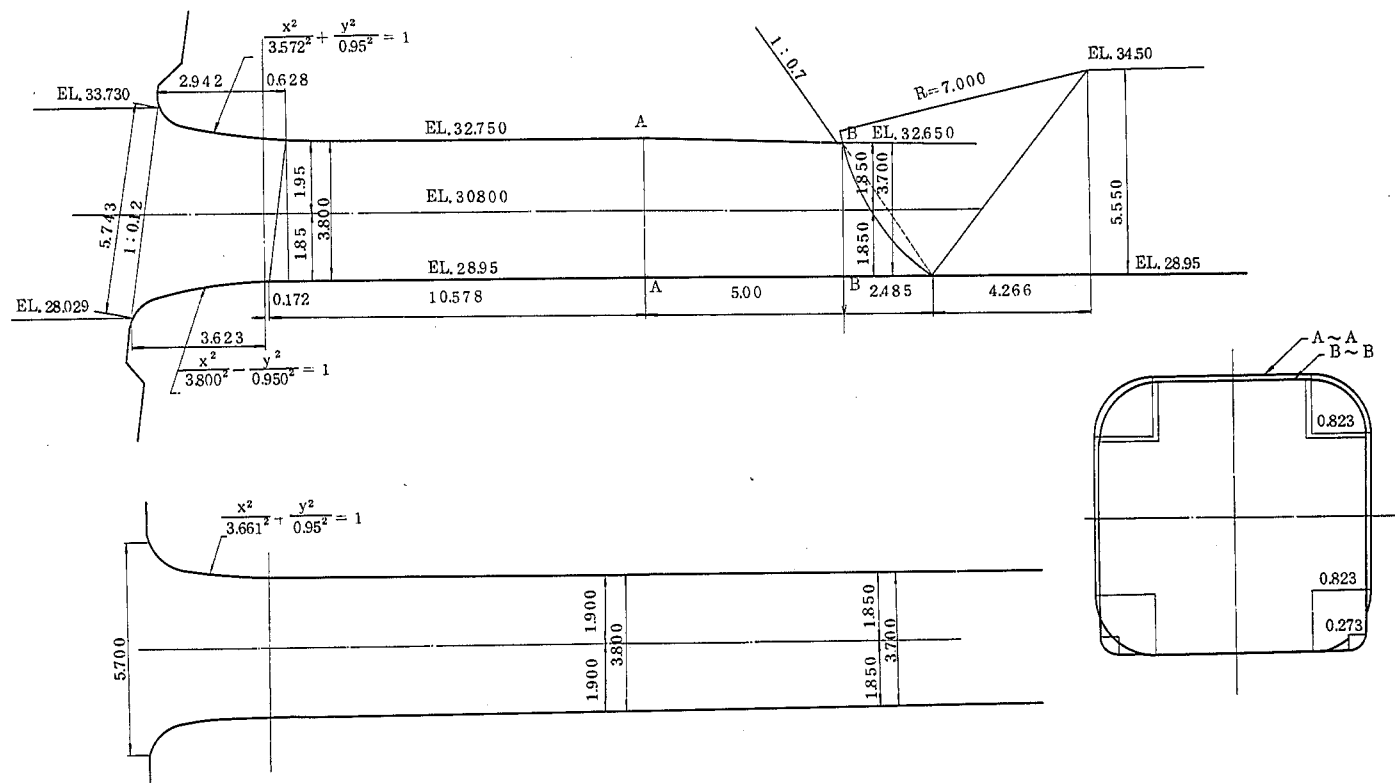


図 - 10 放水管詳細図 (原案)

放水管座標値

位 置		x m	y EL m	高さ× 幅 m	隅取半径 m	備 考
P_c	$P_0 U$	-2.9424	3.37303	5.7427×5.7000	0.4367	ベルマウス始端
	$P_0 D$	-3.6266	2.80285			
P_t	$P_1 U$	0.6277	3.27500	3.8273×3.8000	0.8232	ベルマウス終端
	$P_1 D$	0.1717	2.89500			
H	$H U$	0.6277	3.27500	3.8000×3.8000	0.8232	
	$H D$	0.6277	2.89500			
C	$C U$	1.01997	3.27500	3.8000×3.8000	0.8232	テーパー始端
	$C D$	1.01997	2.89500			
E	$E U$	1.57497	3.26500	3.7000×3.7000	上面 0.8232	支配断面
	$E D$	1.57497	2.89500		下面 0.2733	
F	$F D$	1.82350	2.89500		0	ゲートシル

下面ベルマウス曲線 $\frac{x^2}{3.800^2} + \frac{y^2}{0.950^2} = 1$

上面ベルマウス曲線 $\frac{x^2}{3.572^2} + \frac{y^2}{0.950} = 1$

側面ベルマウス曲線 $\frac{x^2}{3.661^2} + \frac{y^2}{0.950^2} = 1$

3.9 放流能力の推定

放水管の形状が決定したので放流能力を推定する。

〔基本式〕

$$H = \frac{V^2}{2g} + f_1 \frac{V_n^2}{2g} + \frac{f}{D} \int_0^{L_0} \frac{V_n^2}{2g} dx$$

変形して整理すると

$$Q = C A_n \sqrt{2gH}$$

$$C = \sqrt{\frac{1}{1 + f_1 \left(\frac{A_n}{A_0}\right)^2 + \frac{f A_n^2}{4} \int_0^{L_0} \frac{Sx}{A x^3} dx}}$$

となる。ここに、 C ；流量係数

A_n ；支配断面積（13.3713 m^2 ）

H ；貯水位と放水管支配断面中心との標高差

f_1 ; 入口損失係数 ($f_1 = 0.16 : USBR$)

A_0 ; ベルマウス終端純断面積 ($14.3972 m^2$)

f ; 摩擦損失係数

$$f = \frac{8 g n^2}{R^{4/3}} = \frac{8 \times 9.8 \times 0.01^2}{0.95^{4/3}} = 0.008$$

n ; マンニングの粗度係数 ($n = 0.01$ と仮定)

$$R ; \text{径深 (約 } R = \frac{A}{D} = \frac{3.8 \times 3.8}{4 \times 3.8} = 0.95)$$

L_0 ; ベルマウス終端から支配断面までの距離 (約 $15.35 m$)

S_x ; 任意点 x における潤辺 (約 $3.8 \times 4 = 15.2$)

A_x ; 任意点 x における断面積 (約 $3.8 \times 3.8 = 14.44$)

$$C = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.16 \left(\frac{13.3713}{14.3972} \right)^2 + \frac{0.008 \times 13.3713^2 \times 15.2 \times 15.35}{4 \times 14.44^3}}}$$

$$= 0.926$$

貯 水 位	H	Q	QP	備 考
	m	m^3/s	m^3/s	
$WL 3.59 m$	5.1	123.8	70	最低水位
$WL 4.87 m$	17.9	231.9	210	
$WL 5.45 m$	23.7	266.9		洪水時満水位

以上によつて必要放流量は確保される。

また、ダムの計画によれば最大放流量は $Q = 210 m^3/s$ でそれ以上は放流しないことになっている。したがつて $WL 4.87 m$ と $WL 5.45 m$ との間ではゲートの半開操作になる。

したがつて、 $WL 4.87 m$ および $WL 5.45 m$ の時 $Q = 210 m^3/s$ 放流する場合のゲート開度を次式によつて概算してみる。

$$C_p = C_g Q$$

$$C_g = 0.775 G \quad G \leq 0.5 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$C_g = 0.835 G^2 - 0.049 G + 0.203 \quad G > 0.5$$

貯 水 位 $WL \quad m$	Q m^3/s	QP m^3/s	C_g	G	
				$\%$	m
4.87	231.9	210	0.906	0.947	3.504
5.45	266.9	210	0.787	0.866	3.204

しかし、(5)式はパーティカルゲートによるもので本ダムのような高圧ラジアルゲートでは多少異なるかもしれないが、本ダムの場合は、後述するように実験によつて確認するので問題はない。

第3章 放水管開水路部の形状

1. 設計条件

- ① 放水管開水路部の形状は、自由落下曲線と直線にて水叩き底面に接続させる。
- ② 水叩き底面標高は、最高推定岩盤標高に約 1.5 m のコンクリート厚を見込み $EL\ 2\ 2.5\ m$ と仮定した。
- ③ 開水路部では水叩きの単位巾流量を減じるために平面的に拡がりをつける。

2. 底面形状

底面形状を水脈の自由落下曲線式で与えると次のようになる。

$$y = \frac{g}{2} \left(\frac{x}{V} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (16)$$

ここに、 g ; 重力の加速度

V ; 開水路流速始端

開水路の底面形状を設計する場合、いかなる条件に対しても許容負圧を越える圧力が生じては好ましくない。さらに放水管ゲート操作および最大可能放流量を考慮すれば、貯水位 $EL\ 5\ 4.5\ m$ ゲート全開時で設計した方が安全である。

したがって、(16)式に $V = V_1 = 1\ 9.5\ 0\ m/s$ を代入すると

$$\therefore y = 0.0\ 1\ 3\ x^2$$

となった。

また、水叩き底面 ($EL\ 2\ 2.5\ m$) で接続するように中間に直線を挿入する。直線の勾配を $\frac{1}{2}$ とすれば自由落下曲線との交点 P_0 は

$$y_0 = 0.0\ 1\ 3\ x_0^2 \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$y'_0 = 2 \times 0.0\ 1\ 3\ x_0 = \frac{1}{2}$$

$$\therefore x_0 = \frac{1}{2 \times 2 \times 0.0\ 1\ 3} = 1\ 9.2\ 3\ 0\ 7\ 7$$

$$\therefore y_0 = 0.0\ 1\ 3 \times (1\ 9.2\ 3\ 0\ 7\ 7)^2 = 4.8\ 0\ 7\ 6\ 9$$

また直線の方程式を

$$y = ax + b \quad \dots\dots\dots (18)$$

とすれば

$$\begin{aligned} b &= y_0 - ax_0 \\ &= 4.8\ 0\ 7\ 6\ 9 - \frac{1}{2} \times 1\ 9.2\ 3\ 0\ 7\ 7 \\ &= 4.8\ 0\ 7\ 6\ 9 \end{aligned}$$

$$\therefore y = \frac{1}{2}x - 4.8\ 0\ 7\ 6\ 9$$

となる。水叩き始端では

$$y = EL\ 2\ 8.9\ 5 - 2\ 2.5\ 0 = 6.4\ 5\ m$$

であり上式へ代入すると

$$x = 2\ 2.5\ 1\ 5\ 3\ 8 \quad \text{となる。}$$

自由落下曲線式および直線式をダム軸の $EL 0 m$ に座標変換すると下式のようになった。

自由落下曲線式

$$y - 28.9500 = 0.0130(x - 18.2350)^2$$

$$0 \leq x \leq 19.23077$$

$$28.9500 \geq y \geq 24.14231$$

直線式

$$y - 28.9500 = \frac{1}{2}(x - 18.2350) - 4.80769$$

$$19.23077 \leq x \leq 22.51538$$

$$24.14231 \leq y \leq 22.5000$$

$$P_0(37.46577 \quad 24.14231)$$

$$P_3(40.75038 \quad 22.5000)$$

3. 開水路部の平面形状³⁾

水叩き内の単位幅流量を少なくするのは減勢上好ましい。したがって、開水路部において側壁を漸拡する。しかしこのような射流において水路の拡大を急激に行うと流れの主要部分が境界面に沿わなくなる。

したがって、拡大部に関する満足すべき設計は實際上重要である。 SAF 減勢池との連結点にある拡大部を通る射流についての実験結果(まづすぐに拡がった側壁と1%の水路勾配をもった遷移部について行つた。)極端な高さの交叉波をさけるべきものとするとして側壁の最大許容拡度は $1:3F$ である。

しかるに本ダムのように開水路部底面形状が2次曲線である場合にはまだ実験にたよらざるをえないが側壁の拡度を $1:3F$ 以内の条件を考える。

放水管吐口における水深と流速は

$$h = 3.70 m \quad V = 19.50 m/s$$

であるからフルード数 F は

$$F = \frac{V}{\sqrt{gh}} = \frac{19.50}{\sqrt{9.8 \times 3.70}} = 3.24$$

となる。

したがって側壁の最大拡幅は次の条件を満足しなければならない。

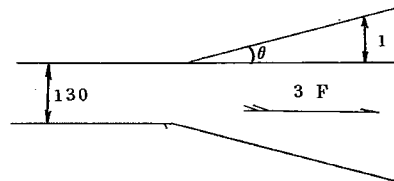
$$\tan \theta \leq \frac{1}{3F} = \frac{1}{3 \times 3.24} = 0.10288$$

本ダムでは、開水路部の水平長さ $L = 22.515$ の区間で水路幅を $3.7 m$ から $8 m$ に拡幅する予定であり上記の条件を検討してみると

$$\tan \theta = \frac{(B_0 - B)/2}{L} = \frac{2.15}{22.515} = 0.09549 < \frac{1}{3F}$$

$$\therefore \theta = 5^\circ 27'$$

となり条件を満足している。



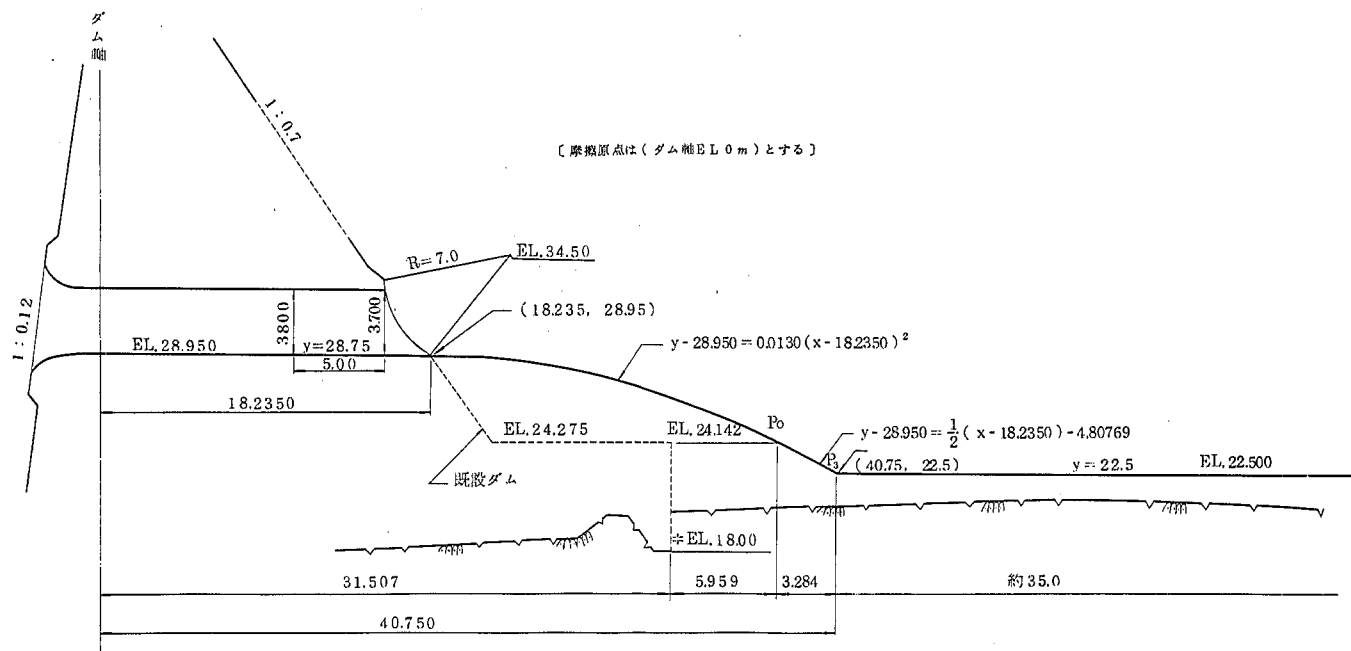


図 - 1 1 放水管開水路部底面形状

第4章 放水管抽出模型比較実験

1. 実験条件

放水管内の空洞現象を防止するために、放水管終端付近を絞り設けた。しかし絞り区間の長さには明確な基準はない。したがって下記の比較形状について実験を行った。その結果は巻末の放水管水理設計資料に示す。

実 験 名	放 水 管 形 状		条 件	
	型	L / D	貯 水 位	ゲ ー ト 開 度
流 量 測 定	その 1	1.3 5	$W L 3 5.9 m$	全 開
圧 力 測 定	その 2	1.0 0	$W L 5 4.5 m$	
	その 3	0.8 0		

L ; 放水管絞り区間の長さ

D ; 放水管支配断面高

2. 放流能力

各形状におけるゲート全開時の放水管の放流能力は、下記のとおりとなり設計条件を満足した。

貯水位	必要放流量	設計値	実験値		
			その1	その2	その3
$WL 35.9m$	$70m^3/s$	$123.8m^3/s$	$108.2m^3/s$	$108.8m^3/s$	$107.8m^3/s$
$WL 54.5m$		266.9 "	271.8 "	271.3 "	270.6

また実験結果より流量係数を下式によつて求めると、つぎのようになった。

$$C = \frac{Q}{A\sqrt{2gH}}$$

Q ; 放流量

A ; 支配純断面積

H ; 貯水位と放水管支配断面中心との標高差

貯水位	貯水頭	流量係数 C		
	H	その1	その2	その3
$WL 35.9m$	$51.00m$	0.81	0.82	0.81
$WL 54.5m$	$237.00m$	0.94	0.94	0.94

この結果、絞り区間の長さ $L/D = 1.35 \sim 0.8$ の間では放流能力に差はほとんどみられなかった。

3. 放水管内面に作用する圧力

各形状における放水管絞り区間における内面圧力測定をゲート全開時について行うとつぎのようになった。

- ① 放水管絞り始端と終端の圧力は、3種類ともほぼ同じ圧力を示した。したがって、絞り区間の短いほど圧力勾配が大きくなった。
- ② また、絞り区間の圧力勾配は貯水頭が大きくなるほど大きくなった。
- ③ 各形状の最低圧力は、つぎの表のようになったが許容負圧（ -3 m 水柱）以内なので問題はない。

形 状	貯 水 位	最低圧力 (m 水柱)	備 考
その 1	$W/L\ 5\ 4.5\ \text{m}$	$-0.7\ 1$	$\%19$ の上面
その 2		$-0.9\ 0$	$\%18$ の上面隅角部
その 3		$-0.3\ 8$	$\%21$ の下面隅角部

4. 放水管開水路部底面圧力におよぼす影響

放水管形状の放水管開水路部底面への影響を調査するとつぎのようになった。

- ① 貯水位が低い場合、放水管の絞り区間の長さの変化による開水路部底面への影響は、明確でなくほぼ同じであった。
- ② 貯水位が高い場合、放水管の絞り区間が短いほど開水路部底面へ作用する圧力は低下する傾向を示した。
- ③ 各形状における最低負圧は、つぎのようになったが、許容負圧（ -3 m 水柱）以内なので問題ない。

形 状	貯 水 位	最低圧力 (m 水柱)	備 考
その 1	$W/L\ 5\ 4.5\ \text{m}$	$-0.5\ 8$	$\%f$
その 2		$-0.2\ 5$	$\%b$
その 3		$-0.7\ 3$	$\%f$

5. 最良案放水管形状の選定

放水管絞り区間の長さを変えて比較検討した結果、ほぼ同じ傾向を示した。一方施工を考慮すると同一断面が長い方が有利である。しかし、放水管の絞り区間を極度に短かくすれば、放水管終端付近の圧力勾配が大きくなるとともに放水管終端付近の上方の水脈の急激な流線方向の変化によるみだれ、管路流から開水路流への変化による流積の増大などが考えられるので、十分に検討する必要がある。

したがって、最良案放水管形状としてその 3（ $L/D = 0.8$ ）を選定した。

第 5 章 最良案放水管抽出模型実験

1. 実験条件

放水管抽出模型比較実験した結果、放水管形状（その 3）が良いことがわかった。したがって、その形状にもとづいて各種の実験をおこなった。その結果を巻末の放水管水理設計資料に示す。

実験名	条件		備考
	貯水位	ゲート開度	
流量測定	$W L 28.0 m$ $\}$ $W L 54.5 m$ の間 $2 m$ 間隔	0.5 1.0 $\vdots$ 3.5 全開	$0.5 m$ 開度
圧力測定	$W L 35.9 m$ $W L 54.5 m$		○ 上面隅角部 ○ 上面中央 ○ 側面 ○ 下面隅角部 ○ 下面中央
水面形測定	$W L 54.5 m$	$2.5 m$ 3.0 3.3	○ 開水路導流壁沿い ○ 中央
流況測定		3.5 3.7 (全開)	

○ゲート開度とは、支配断面における下面とゲート下端との差である。

2. 放流能力

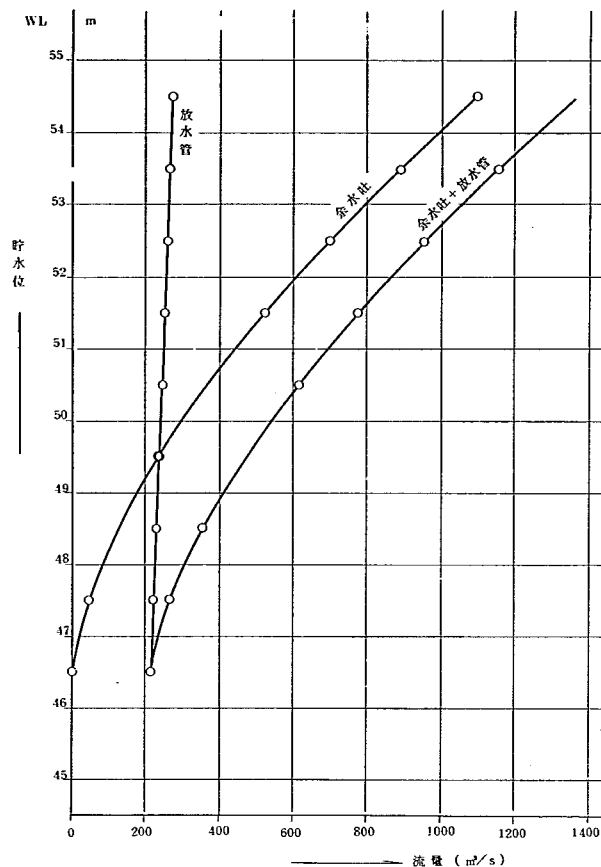
放水管形状(その3)について、ゲート半開操作時の貯水位と流量との実験を行った。その結果、設計条件を満足しており問題はない。

貯水位	必要放流量 $Q_P \text{ m}^3/\text{s}$	設計値 $Q_D \text{ m}^3/\text{s}$	実験値 $Q_M \text{ m}^3/\text{s}$	$\frac{Q_D}{Q_P}$	$\frac{Q_M}{Q_P}$	$\frac{Q_M}{Q_D}$
$W L 35.9 m$	70	123.8	107.5	1.77	1.54	0.87
$W L 48.7 m$	210	231.9	231.0	1.10	1.10	1.00
$W L 54.5 m$		266.9	272.5			1.02

また、借与された水理計算書から余水吐の放流量とあわせると図-12のようになった。

3. 放水管内面および放水管開水路部底面に作用する圧力

放水管形状(その3)において、ゲート全開時における放水管内面、および放水管開水路部底面に作用する圧力を測定した。その結果、ベルマウス部で圧力が急激に低下するが直管部では圧力が一定となり、絞り区間で漸次圧力が低下した。また、放水管内面および放水管開水路部底面に作用する最低圧力は、つぎの表のようになるが、許容負圧(一



図－１２ 藤井川ダム洪水吐貯水位流量関係図

3 m 水柱) 以内なので問題はない。

貯 水 位	放 水 管 内 面		開 水 路 部	
	位 置	圧力水頭 m 水柱	位 置	圧力水頭 m 水柱
WL 3 5.9 m	7～7' (上面)	－ 0.1 5	g	1.4 5
WL 5 4.5 m	7～7' (上面)	－ 0.1 1	b	－ 0.6 6

4. 放水管ラジアルゲートピンの位置

放水管ラジアルゲートピンの位置を決定するために貯水位 WL 5 4.5 m、ゲート半開操作における水面形測定および流況観察をした。その結果、ゲートピン付近で水面がもつとも高くなるときはゲート開度 3.5 m のときの導流壁沿いであり、ゲートピンとの余裕は最高水面と約 1.2 m、平均水面と約 1.7 m となるが大きな問題はないだろう。

一般に、放水管からの流れは管路流から開水路流となるために空気混入による流積の増大と、ゲート半開操作における流線の急激な変向によるものと推定できる。さらに、本ダムのゲート開度 3.5 m の場合は、上面隅取りにゲート下端がかかっているために導流壁沿いの水脈が急激に変向されるためである。

第6章 放水管開水路部全体模型比較実験

1. 実験条件

水叩き内の幅を現地形を考慮しできるだけ広くすると、単位幅流量を少くできて減勢上好ましい。したがって、放水管開水路部において側壁を拡げた。しかし、このような射流区間で水路の拡大を急激に行うと流れが側壁に沿わなくなる。したがって、下記の実験条件のもとで比較実験を行った。

その結果は、巻末の洪水吐水理設計資料に示す。

実 験 名	形 状	条 件		備 考
		貯 水 位	ゲート開度	
流量測定	A B C	W/L 35.9 m	2 0 %	中央測 線
圧力測定			4 0	
水面形測定		W/L 54.5 m	6 0	5 測 線
流況観 察			8 0	
			1 0 0	

注) 1. 形状は、水叩きでの幅がそれぞれ 8 m (A), 9 m (B) および 10 m (C) とした。

2. 放水管は最良案放水管とした。

2. 放流能力

実験結果、ゲート開度と流量との関係図を図-13に示す。

放流量が支配されるのは、ゲートシルの上流側であるために、ゲートシルより下流の側壁を変えても何ら影響はなく、A型、B型およびC型の放流量はほぼ同じである。

3. 放水管開水路部底面に作用する圧力

放水管開水路に底面中央圧力測定の結果の最低圧力を図-14～図-21に示す。

その結果、最低圧力は下記のとおりとなるが許容負圧 (-3 m 水柱) 以内なので問題はない。

ゲート開度	A 型				B 型				C 型			
	WL 35.9 m		WL 54.5 m		WL 35.9 m		WL 54.5 m		WL 35.9 m		WL 54.5 m	
	測点	圧力値	測点	圧力値	測点	圧力値	測点	圧力値	測点	圧力値	測点	圧力値
20	11	-0.43	2	-1.06	9	-0.05	8	-0.13	10	-0.04	9	0.13
40	10	-0.22	8	-0.75	9	-0.06	8	-0.21	10	0.11	9	0.21
60	10	-0.04	8	-0.73	10	-0.13	8	-0.13	10	0.06	10	0.08
80	10	-0.13	8	-0.56	10	0.28	8	-0.13	10	0.18	10	0.15
100	10	-0.35	8	-0.76	10	0.43	8	0.02	10	0.38	10	0.26

単位 m 水柱

(放水管開水路部比較実験)

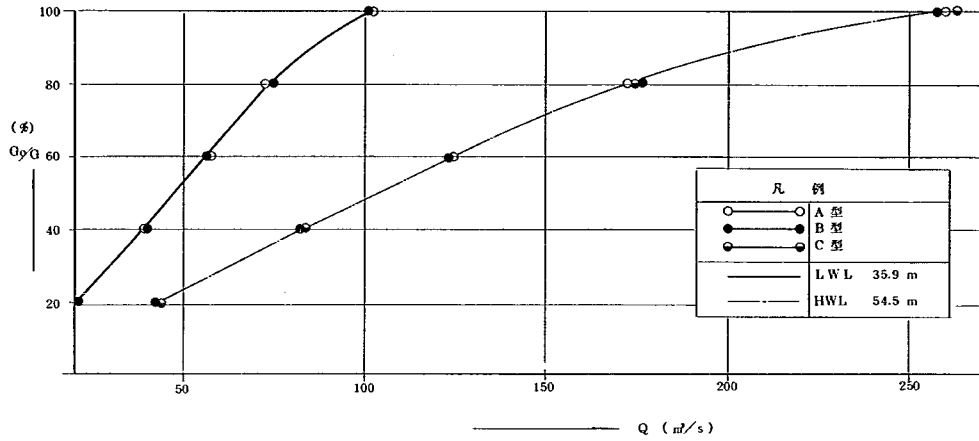


図-13 ゲート開度と流量との関係図

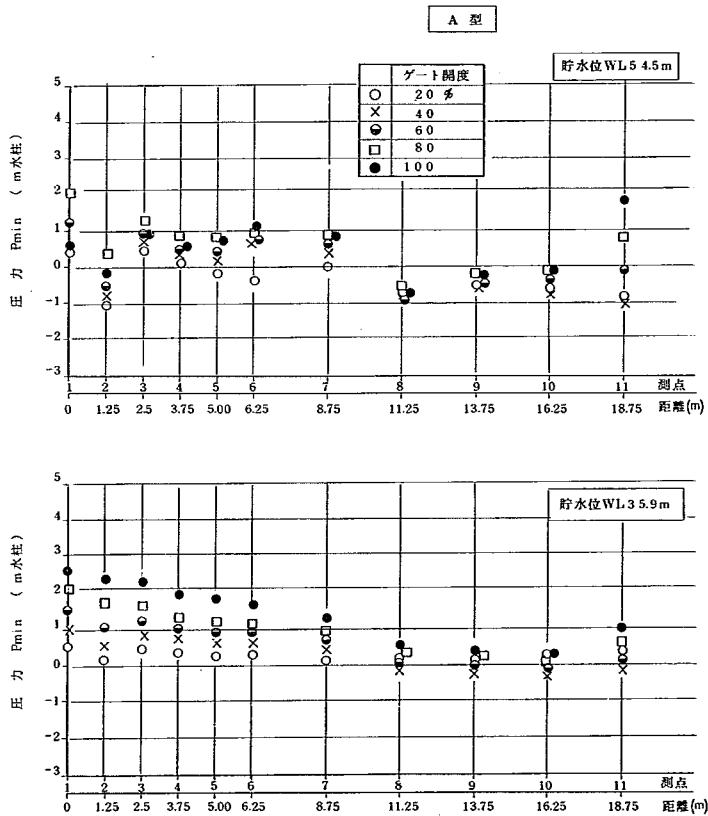


図-14 開水路部底面圧力分布図 (1)

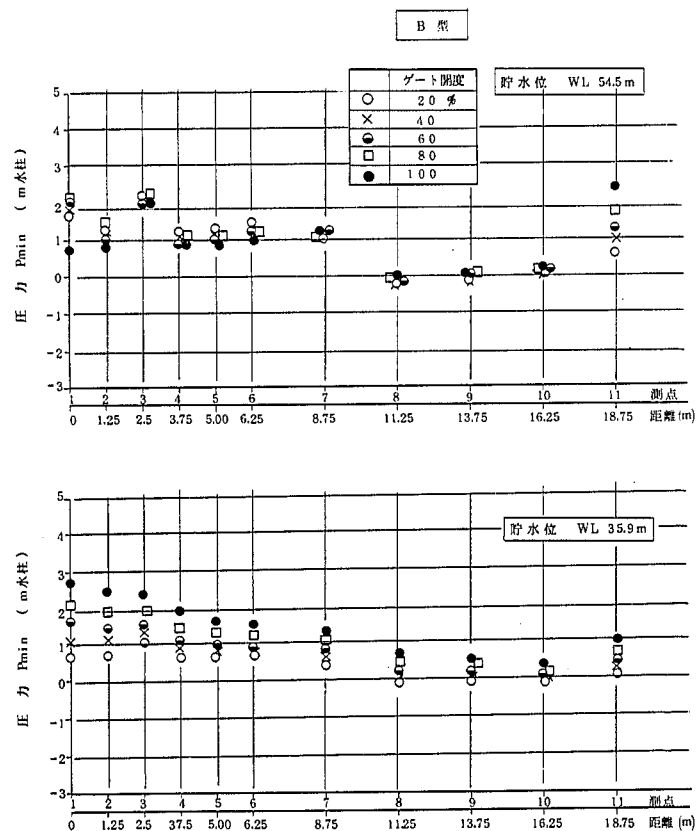


図 - 15 開水路部底面圧力分布図 (2)

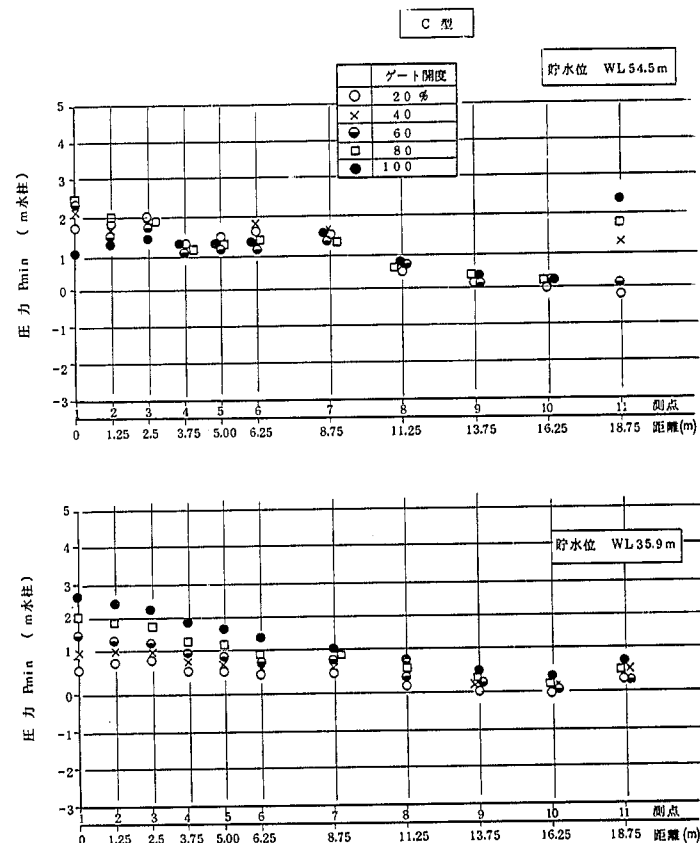


図 - 16 開水路部底面圧力分布図 (3)

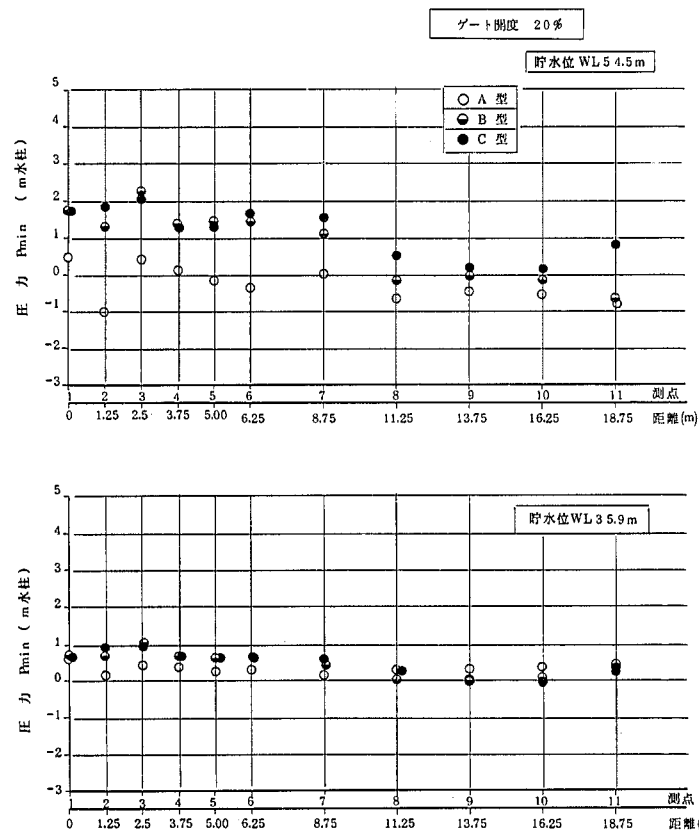


図 - 1 7 開水路底部面圧力比較分布図 (1)

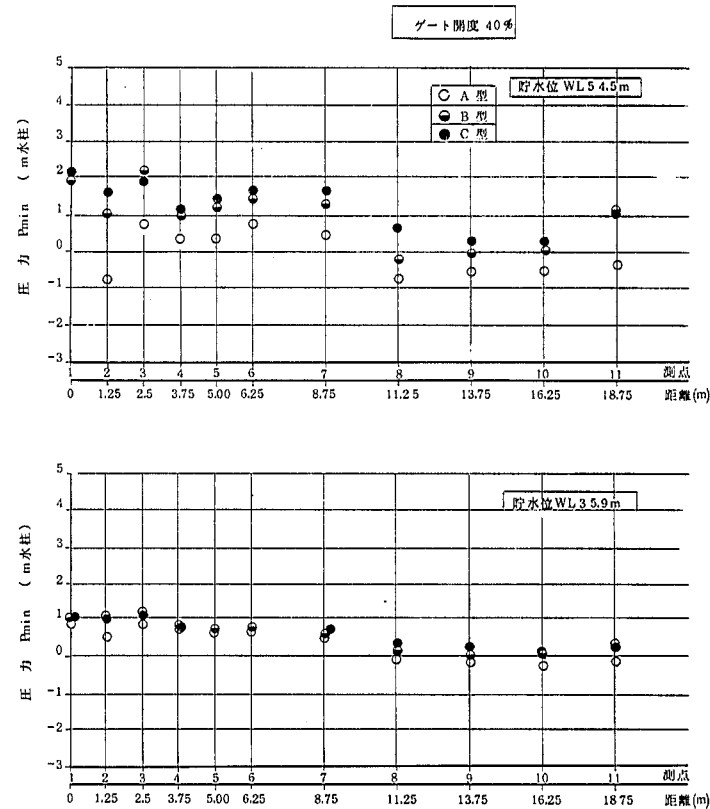


図 - 1 8 開水路底部面圧力比較分布図 (2)

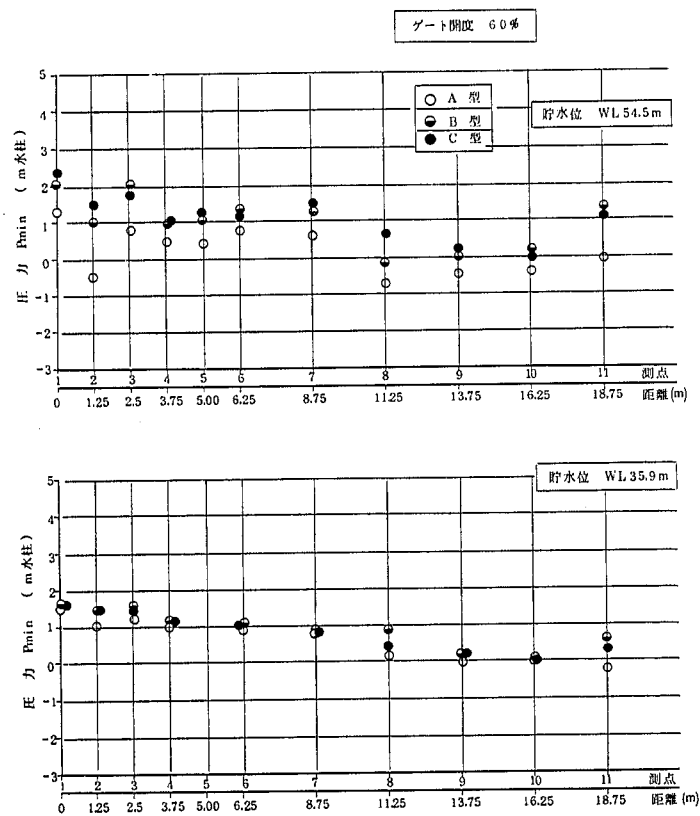


図 - 19 開水路部底面圧力比較分布図 (3)

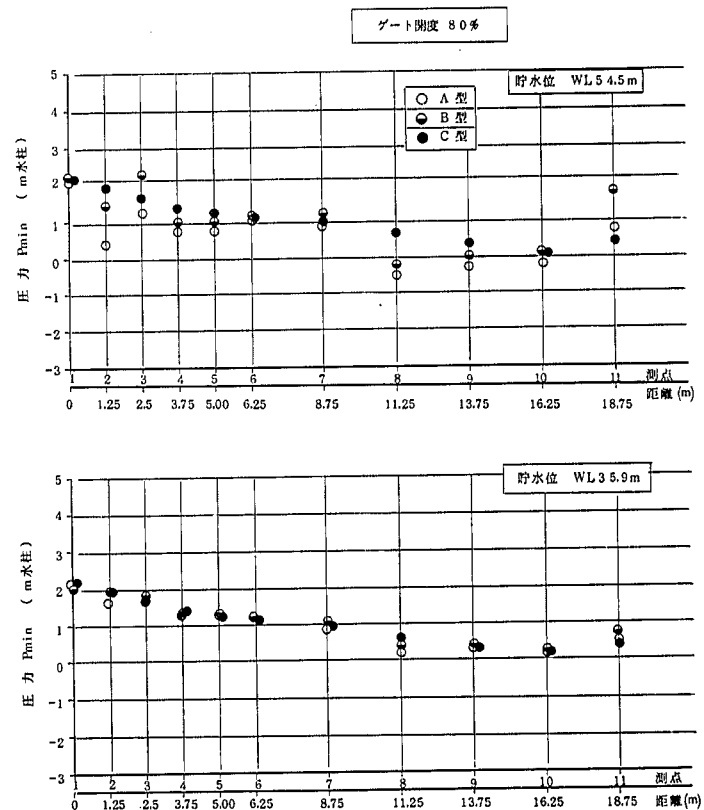


図 - 20 開水路部底面圧力比較分布図 (4)

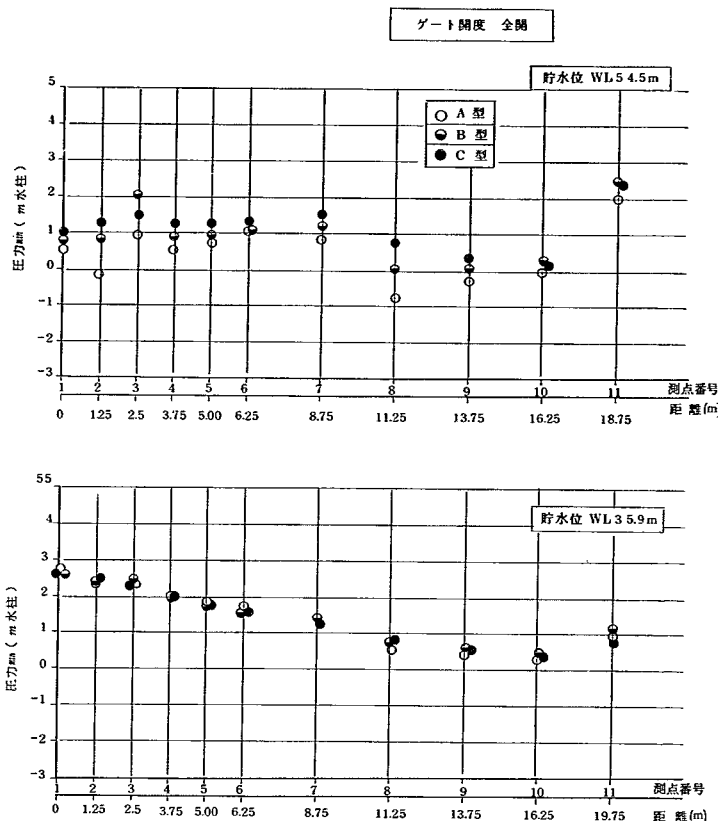


図 - 2 1 開水路部底面圧力比較分布図 (5)

圧力結果を比較検討すると A, B, C 型の一般的傾向はつぎのとおりとなつた。

- ① A 型以外は、下流へ行くにしたがつて圧力が低下し、ゲートシルから下流 1 1.25 m ~ 1 6.25 m に負圧が発生していた。このことは流速が増大しているため遠心力が大きくなつたためと考えられる。

また、ゲートシル下流 1 8.75 m で圧力が上昇しているのは、ゲートシル下流 1 9.231 m までの開水路底面が自由落下曲線であるが、それより下流では自由落下曲線より位置が高い直線となつているため、直線部での圧力が上昇しゲートシルから下流 1 8.75 m 地点まで影響するためであろう。

- ② ゲート開度が小さいほど圧力が低下した。特に貯水位が低い場合に明確にあらわれた。
- ③ 圧力変動（最高圧力と最低圧力との差を圧力変動と定義する）は、貯水位が高いほど、けたゲート開度が大きいほど大きい。

また、形状による比較検討するとつぎのとおりとなつた。

- ① 貯水位が低くゲート開度が大きいほど開水路に拡がりを変えた 3 者ともに、底面に作用する圧力がほぼ同じである。
- ② しかし、貯水位が高くゲート開度が小さいほど開水路部の拡がりを変えた影響が生じ、拡がり大きいほど圧力が高くなつた。このことは、拡がり大きいほど側壁に比べて中央の水深が大きく、流速が減速したためと考えられる。
- ③ 圧力変動は、開水路の拡がり大きいほど大きく不安定な流れであつた。

4. 放水管開水路部の水面形状

開水路部横断面水面形結果から台形公式によつて数値積分し、流積を求め、与えられた流量から、平均水深、平均流速および平均フルード数などを各位置ごとに求めて図にあらわすと、図-22～図-26のとおりとなる。

また、実験結果よりつぎのことが推測された。

- ① ゲート付近での水面は、側壁沿いの水面が中央より上昇する傾向を示すが、下流へ行くにしたがつて、中央より側壁沿いの水面が低くなつた。

その傾向は貯水位が高いとき、またゲート開度が大きいほどその差は顕著にあらわれた。このことはゲート半開操作のとき流線が相互に影響し開水路部での流積が増大するためである。しかし、ゲート開度100%（全開）のゲート付近での水面は、側壁の摩擦抵抗により中央の方が壁面より高くなつた。

- ② 水面変動（最高水面と平均水面との差を水面変動と定義した）は、貯水位が高く、ゲート開度が大きくさらに下流へ行くほど大きい。

- ③ 貯水位が低い場合、ゲート開度が大きくなるにつれ、また下流へ行くほど平均フルード数（ F ）が大きくなつたが、貯水位が高いとゲート開度が大きくなるにつれまた下流に行くにつれ平均フルード数が小さくなつた。

このように平均フルード数は貯水位が異なると傾向が逆になつた。

また、形状が変わることによつて水面にどのような影響をおよぼすかを検討するとつぎのとおりとなつた。

- ① 拡がりが大きいと水深が小さくなり、ゲート付近での壁面沿いの水面上昇が小さくなつた。また下流では壁面での水深が小さくなり、極度に上げると壁面に沿わなくなることが予想される。このことは貯水位が高くゲート開度が小さい場合ほど危険である。

- ② 拡がりを大きくすると貯水位が高く、ゲート開度を大きくするほど中央と壁面との水位差および水面変動も大きくなつた。

一方、まづすぐ拡がつた側壁と1%の水路こう配をもつた遷移部について、 $S A F$ 減勢池との連結点にある拡大部に通じる射流についての実験結果、極端な高さの交叉波をさけるとすると、側壁の最大許容拡度を $1:3F$ 以内の条件を考えている。

したがつて、本ダムの開水路部比較形状実験結果の平均フルード数を用いて、 $\frac{1}{3F}$ を換算すると図-27～図-32のとおりとなつた。

また、比較設計案の形状は下記に示すとおりである。

型	水叩きでの幅	$\tan \theta$	θ
A	8 m	0.095491	5° 27'
B	9	0.117699	6° 43'
C	10	0.139906	7° 58'

したがつて、 $\frac{1}{3F} > \tan \theta$ の条件になつているのは少なかつた。さらに貯水位が高く、ゲート開度が小さくおよび下流へ行くほど $\frac{1}{3F}$ の値は少くなつており、形状の $\tan \theta$ との差が大きくなつた。

5. 放水管開水路部の流れ

放水管開水路部の流況観察を行つた結果つぎのとおりとなつた。

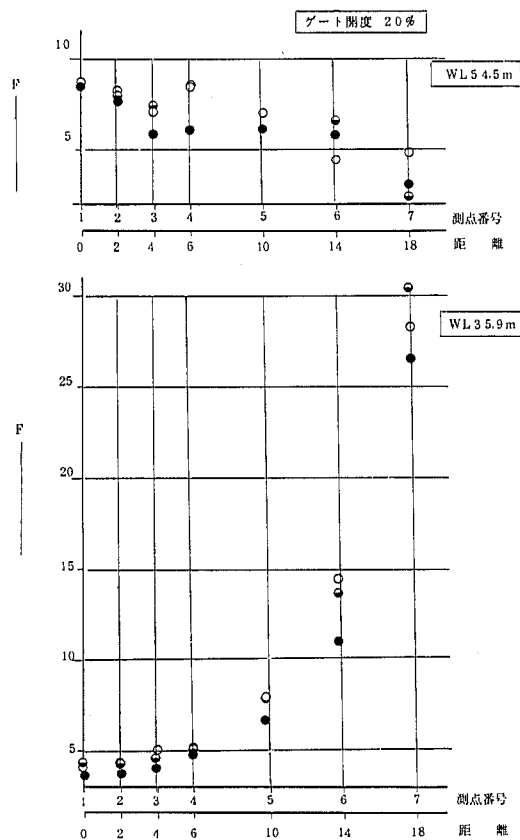


図-22 開水路の位置とフルード数 (F) との関係図

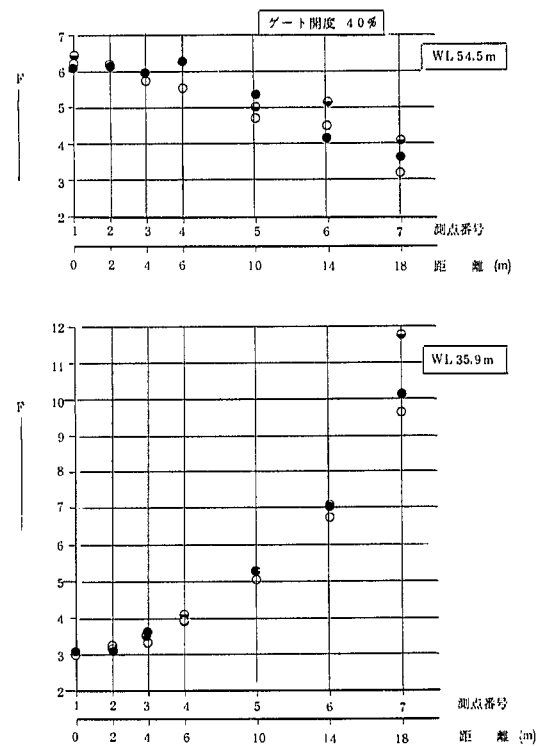


図-23 開水路の位置とフルード数 (F) との関係図

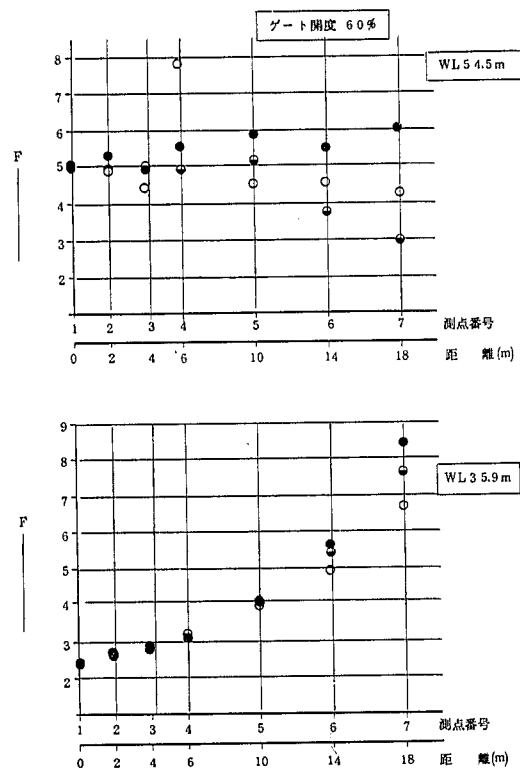


図-24 開水路の位置とフルード数(F)との関係図

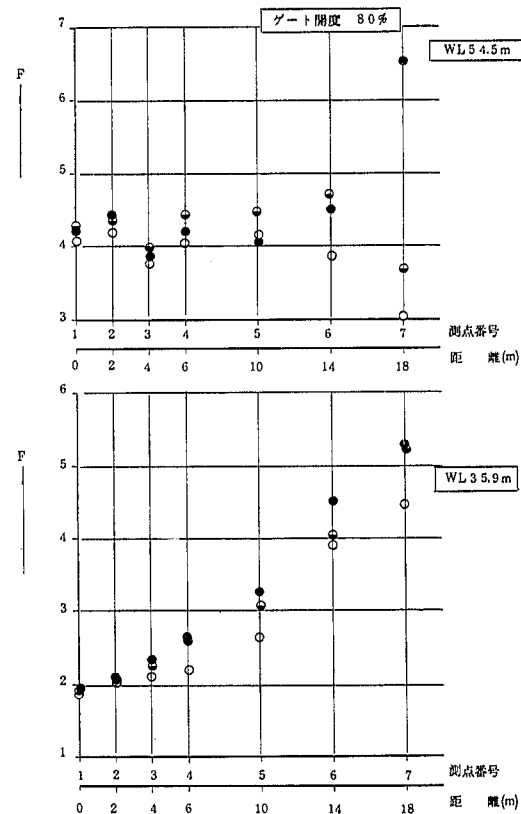


図-25 開水路の位置とフルード数(F)との関係図

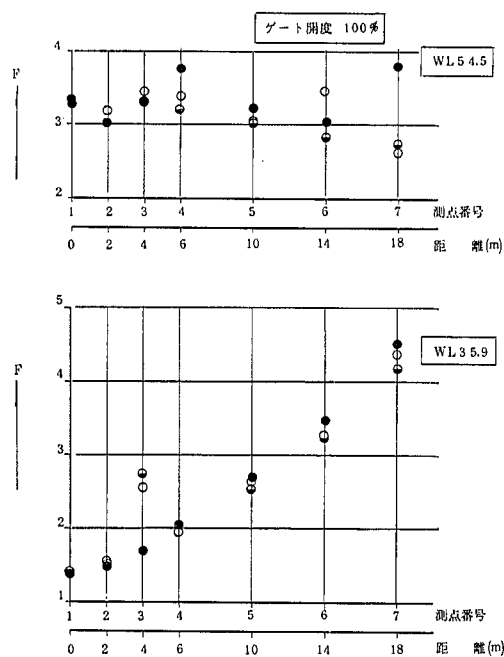


図 - 2 6 開水路の位置とフルード数 (F) との関係図

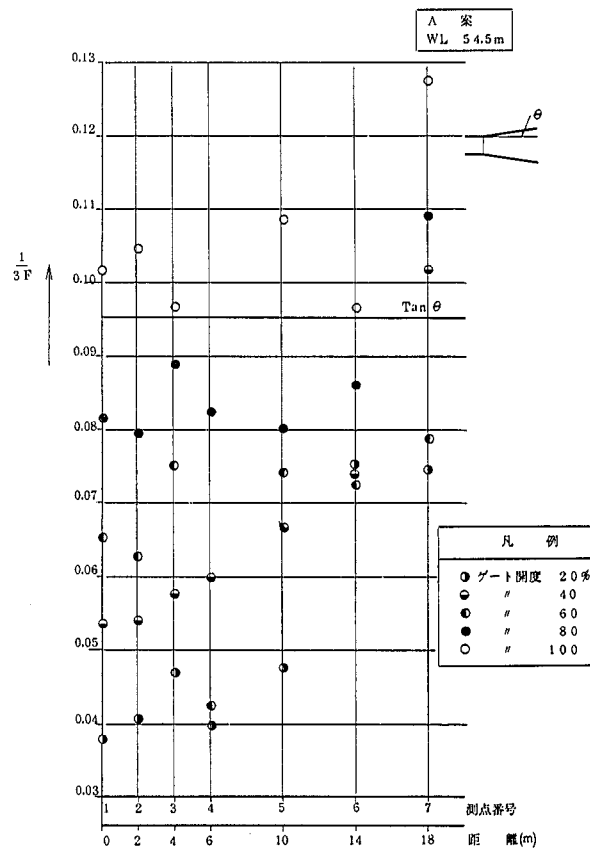


図 - 2 7 開水路の位置と $\frac{1}{3F}$ との関係図

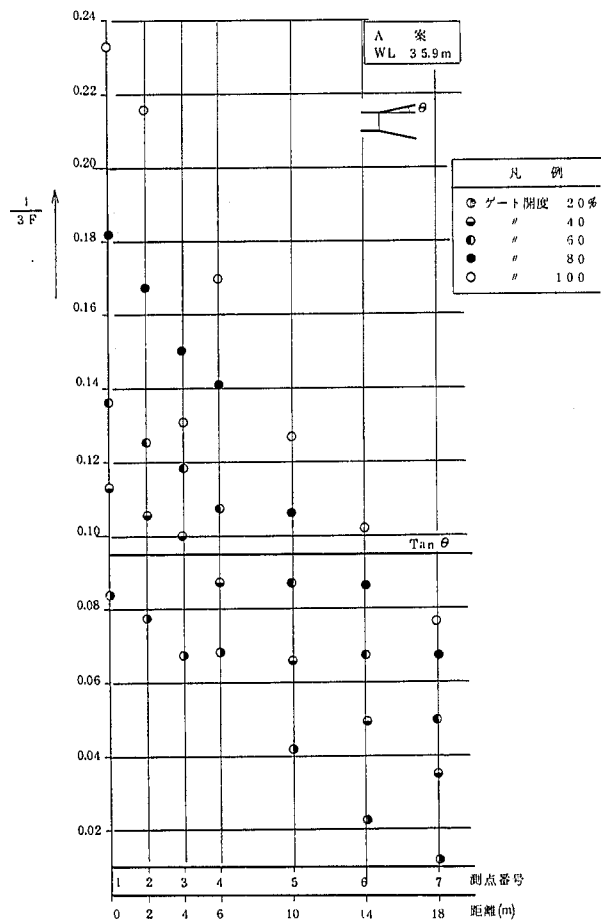


図-28 開水路の位置と $\frac{1}{3F}$ との関係図

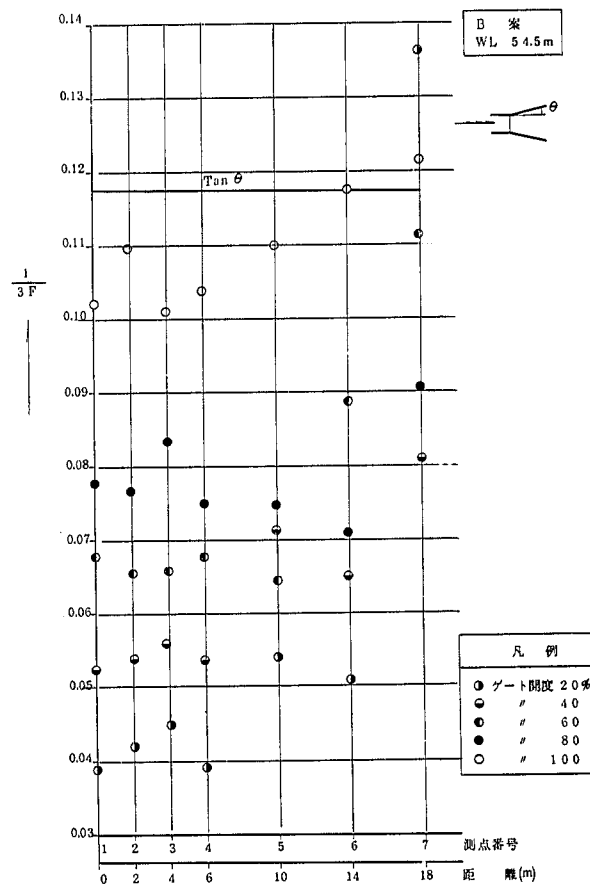


図-29 開水路の位置と $\frac{1}{3F}$ との関係図

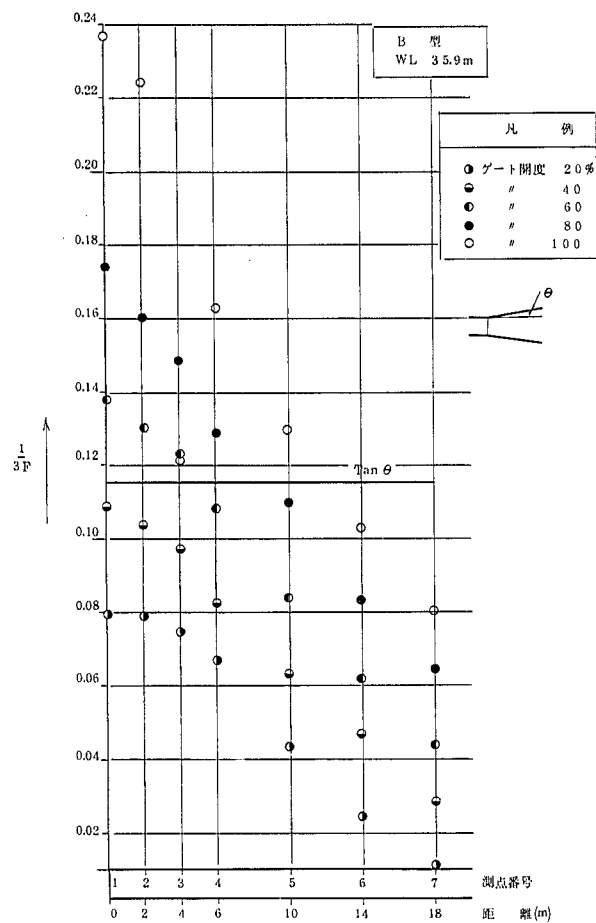


図-30 開水路の位置と $\frac{1}{3F}$ との関係図

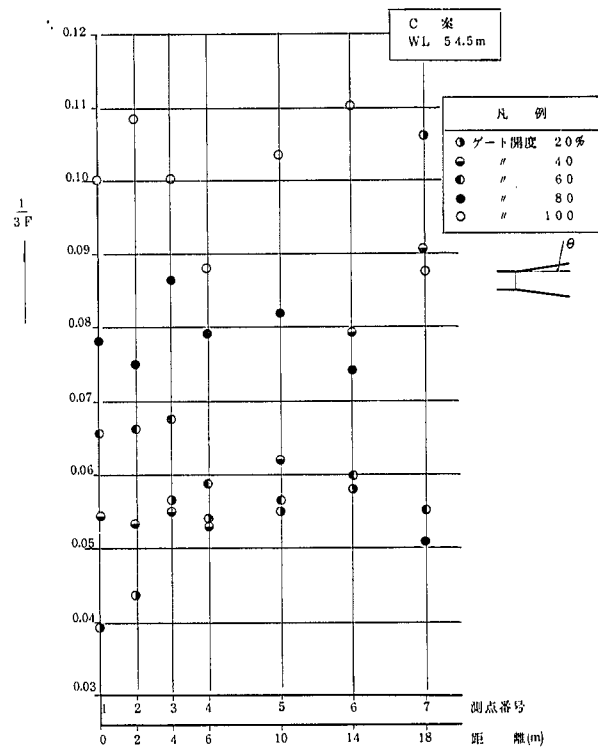


図-31 開水路の位置と $\frac{1}{3F}$ との関係図

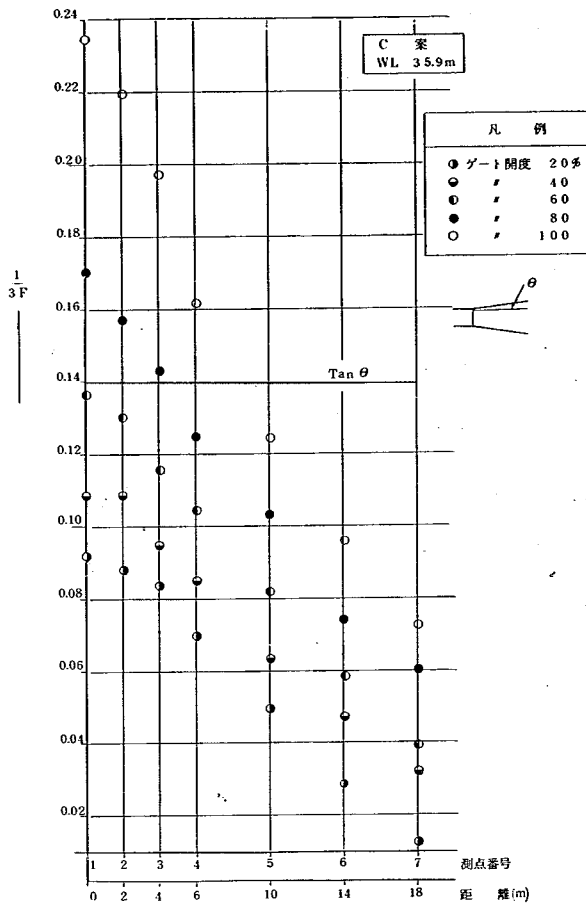


図-32 開水路の位置と $\frac{1}{3F}$ との関係図

- ① 貯水位がWL 35.9mの時放流水脈は拡散し壁面に沿っており安定した流況を示した。
- ② しかし、貯水位WL 54.5mでは拡がりが多いほど放流水脈は不安定となり、下流にいくにつれて中央と壁面沿いとの水位差が大きい。

6. 最良案開水路部の決定

比較実験の結果、拡がりが多いほど不安定な流況を示した。しかし、開水路底面中央に作用する圧力は、拡がりが多いほど高い圧力が作用し、貯水位が高くゲート開度が小さい場合、静水圧よりも大きな圧力を示した。また開水路底面のように自由落下曲線上の流れは鉛直方向の速度成分も作用し、放流水脈は拡散する。またゲート半開操作における流れは、管路流から開水路流となるとき流積を増大し、空気を多量に含み拡散する。したがって、この3種類は互いに同じような実験結果で、この実験条件のみで明確に判断するのは難しい。

しかし、単位幅流量を小さくすることは、減勢上好ましく、また下流水位を変えて水叩き内の跳水現象などの流況を観察したところ、放流水脈の不安定による渦の発生がなく、流況が安定していたのでC型（水叩き始端で幅が10m）を推奨した。

また、ゲートシルから開水路部を拡げることは、ゲートの巻上げ機構ならびにゲート操作室の施工の際に支障をきたす。したがって、ゲートシルからゲート操作室の下流端（ダム軸下流25.2m）まで幅を放水管出口幅3.700mと同一にし、その地点から水叩き始端で幅10mとなるように改造する。その場合、側壁の拡がりには $\tan \theta$ となるが、水理的には大きな問題はないだろう。

第 4 編 減勢工の水理設計

目 次
(第4編 減勢工の水理設計)

第1章	減勢工の水理設計の経緯	58
第2章	原案減勢工の水理設計	58
1.	設計条件	58
2.	水叩き始端水深	58
3.	共役水深および跳水の長さ	59
4.	広頂堰の高さ	60
第3章	台形断面の跳水	62
1.	実験条件	62
2.	台形断面の跳水	62
第4章	広頂堰による跳水式減勢工の効果	63
1.	実験条件	63
2.	狭頂堰の高さの比較実験	63
3.	最適な狭頂堰の高さによる実験	64
第5章	エンドシルによる跳水式減勢工の効果	65
1.	水叩き始端の形状	65
2.	実験条件	65
3.	水叩き内の流れ	67
第6章	最終案減勢工の実験	68
1.	最終案減勢工の決定	68
2.	最終案開水路部の流れ	68
3.	水叩き内の導流壁高の決定	68

第1章 減勢工の水利設計の経緯

原案減勢工では、放水管開水路部の拡がり、および現地形を考慮し水叩き幅を8mとした。また減勢方法は、狭頂北による跳水型減勢工を考えた。しかし水叩きへ突入する流れの単位幅流量を少なくすることは減勢上有利である。したがって、水叩きの幅を放水管開水路部の拡がりを実験的に検討し、さらに現地形を考慮して10.0mとした。

一方、本ダムのように下流水位が十分確保される場合にはエンドシルによる跳水式減勢方法も考えられる。したがって、広頂堰およびエンドシルによる跳水式減勢方法の比較実験を行った。その結果、実験条件内では水叩き内の流況はほぼ同じであり減勢されていた。エンドシルの高さは狭頂堰の高さより低いためにエンドシルによる水叩き内の水面は低くなっていた。したがって、導流壁を低くできるためにエンドシルによる跳水式減勢工を推奨した。また、導流壁は1:0.55の勾配を有するために導流壁沿いの水面は、壁面に沿って上昇した。これを軽減するために、導流壁をEL32.0mまでは1:0.55の勾配を有し、EL32.0m~EL34.0mまでは鉛直とすることを推奨する。さらに、エンドシルから下流は適宜現河床にすりつけるようにする。

第2章 原案減勢工の水利設計

1. 設計条件

- ① 減勢処理方式は跳水型減勢工とする。
- ② 洪水吐減勢工は河道線形に合わせた直線水叩きとする。
- ③ 水叩き底面の幅は原河道を考慮し8mとする。
- ④ 水叩き内導流壁は地形を考慮し1:0.55の勾配を有する。
- ⑤ 跳水に必要な共役水深は下流水位より高くならない。
- ⑥ 減勢工設計対象流量は $Q = 210 \text{ m}^3/\text{s}$ とする。

2. 水叩き始端水深

水叩き始端においては水深が少いので長方形断面とみなし水叩きに突入する。射流水深 h_1 を次式によつて近似的に求める。但し、いかなる貯水位においても放流量は $Q = 210 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

$$h_1 = \frac{Q}{0.95B\sqrt{2gH}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここに Q ; 放流量 $210 \text{ m}^3/\text{s}$

B ; 水叩き幅 8 m

H ; 貯水位と水叩きとの標高差

与えられた条件および仮定により、計算すると下表のようになる。

貯水位	放流量	H	h_1
WL 48.7 m	210 m^3/s	26.2 m	1.219 m
WL 54.5 m		32.0 m	1.103 m

但し、水叩き底面標高をEL22.5mと仮定した。

3. 共役水深および跳水の長さ 4)

本ダムのように水叩き内導流壁が1:0.55の勾配を有した場合の跳水は台形断面として計算しなければならない。

台形断面の跳水も運動量方程式を適用し、無次元化すると次式ようになる。

$$\frac{2}{3} \delta_1^2 X_1^3 + \left(\frac{5}{3} \delta_1 + \frac{2}{3} \delta_1^2 \right) X_1^2 + \left(1 + \frac{5}{3} \delta_1 + \frac{2}{3} \delta_1^2 \right) X_1 + \left\{ \left(1 + \frac{2}{3} \delta_1 \right) - 2 F_1^2 \frac{(1 + \delta_1)^2 \delta_1}{1 + 2 \delta_1} \right\} X_1 - 2 F_1^2 \frac{(1 + \delta_1)^3}{1 + 2 \delta_1} = 0$$

但し

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g h_1}} = \frac{Q^2 (1 + 2 \delta_1)}{\sqrt{g B^2 h_1^3 (1 + \delta_1)^3}}$$

$$\delta_1 = \frac{m h_1}{B}$$

$$X_1 = \frac{h_2}{h_1}$$

(20)

ここに F_1 ; 水叩き始端フルード数

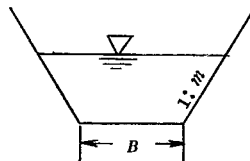
Q ; 流量

B ; 水叩き底面の幅

h_1 ; 水叩き始端水深

m ; 水叩き内導流壁の勾配

h_2 ; 共役水深



与えられた条件により、 $m = 0.55$ 、 $B = 8 \text{ m}$ を代入し計算すると共役水深は下表のとおりとなつた。

貯水位	放流量	h_1	δ_1	F_1	$X_1 = h_2/h_1$	h_2
W L 4 8.7 m	210 m ³ /s	1.208	0.083	6.051	6.977	7.17
W L 5 4.5 m	210 m ³ /s	1.095	0.075	7.041	7.779	8.52

しかるに下流水位は、貯水位W L 4 8.7 mの放流量 $Q = 210 \text{ m}^3/\text{s}$ ではW L 3 2.28 mである。したがつて、水叩き底面の標高は3 2.28 - 7.17 = E L 2 5.1 m以下であればよい。また貯水位W L 5 4.5 mでダムサイト付近での下流水位はW L 3 3.16 mである。したがつて水叩き底面の標高は3 3.16 - 8.52 = E L 2 4.64 m以下であればよいことがわかる。ゆえに水叩き底面の標高をE L 2 2.5 mと仮定した前条件では余裕があり安全である。

次に跳水の長さは長方形断面の場合、実験結果

$$L_j = 4 \sim 5 h_2$$

としてあらわされる。本ダムでは台形断面であるが、上式を用いて設計し、詳細は実験より検討する。

$$L_j = 4 \times 8.52 = 34.08 \div 3.5 m$$

4. 狭頂堰の高さ

狭頂堰の越流水深 H_s は水叩き内の接近流速を無視して、越流係数を 1.9 にとり、近似的に下式より求める。

$$H_s = \left(\frac{q_s}{1.9} \right)^{2/3} \div 3.8$$

ここに q_s ; 単位幅流量

$B \div 1.5 m$ と仮定

狭頂堰の高さ (W) は

$W \div$ 共役水深 (h_2) - 狭頂堰の越流水深 (H_s)

$$\div 7.17 - 3.8$$

$$\div 3.37$$

$$\div 4.0 m$$

となつた。

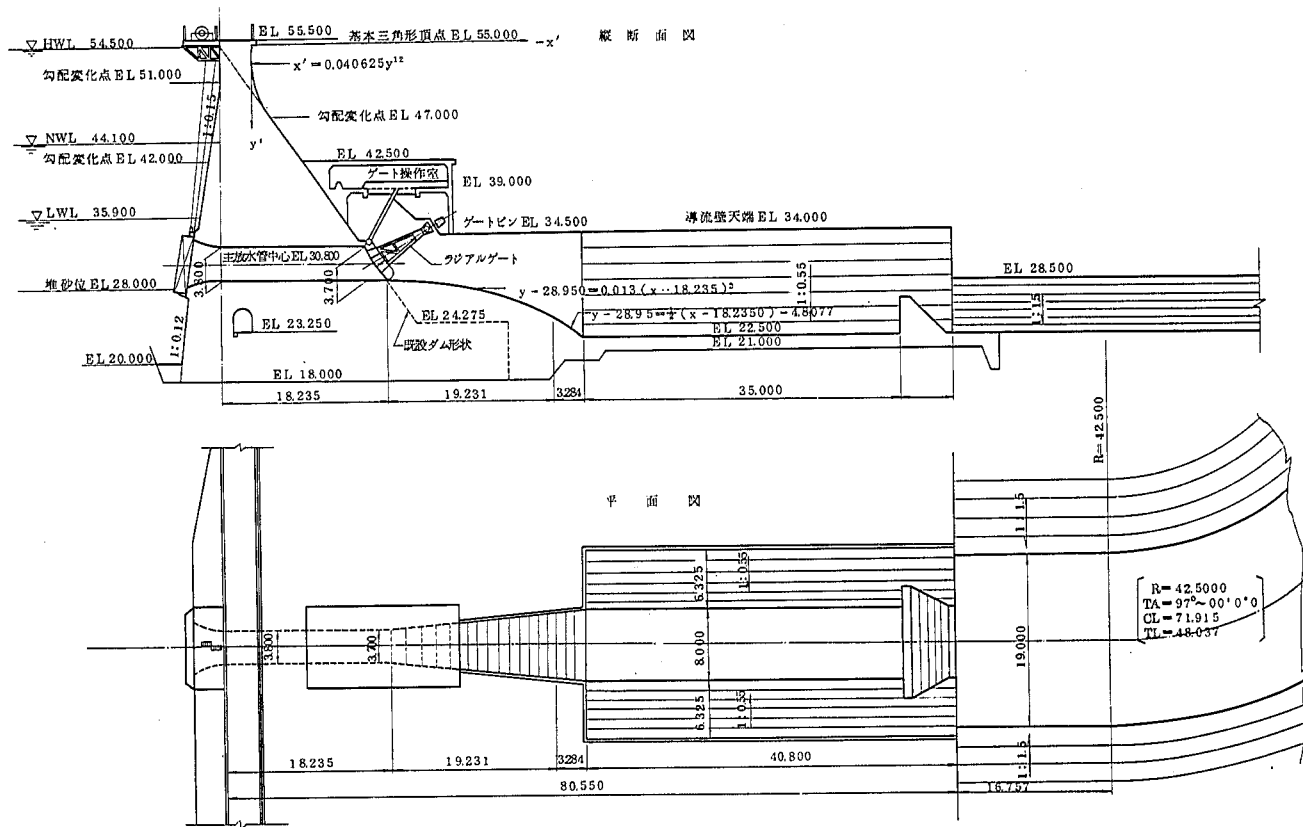


図-33 藤井川ダム主放流設備

第3章 台形断面の跳水

1. 実験条件

将来の放流を考えて減勢工の設計対象流量を貯水位 $W L 5.4.5 m$ の放水管ゲート全開時と考えると流量は約 $26.3 m^3/s$ となつた。これは計画最大放水流量の約25%増である。

この場合、水叩き始端に跳水始端がくるように下流の水位調節操置で操作し台形断面の跳水長を求めようとするもので下記の実験条件のもとで実験を行つた。その結果を巻末の減勢工の水理設計資料に示す。

実験名	条件		備考
	貯水位	放水管ゲート	
水面形測定	$W L 5.4.5 m$	全開	放水管形状はその3
流況観察			開水路部形状C

ただし、原案水叩きの幅は $8 m$ であつたが、放水管開水路部の拡がりに関する実験の結果水叩きの幅が $10 m$ になるように改良した。したがつて水叩き幅を $10 m$ とし実験的に検討した。

2. 台形断面の跳水

台形断面の跳水の場合、導流壁沿いの流れは壁面に沿つて上昇し、跳水区間の導流壁沿いの流れは逆流した。この導流壁に沿う流れは、導流壁のこう配が大きくなるほど大きくなり、放流水脈のわずかな変化に対しても微妙に影響されて渦の発生も予想される。

本ダムにおける実験条件のもとの跳水諸元は、つぎのとおりとなつた。

放流条件	貯水位	$W L 5.4.5 m$
	放水管ゲート	全開
水叩き	水叩き底面幅	$10.0 m$
	導流壁こう配	$1:0.55$
跳水 (水叩き中央)	始端水深(h_i)	$4.3 m$
	共役水深(h_j)	$8.8 m$
	跳水長(L)	$30 m$
	下流水位*	$W L 3.1.8.7.5 m$

* 下流水位とは、下流河道の水叩き終端から下流河道最初のわん曲部($R=37.50 m$, $I A=97^\circ$, $C L=63.467 m$)の始端から $16.350 m$ 上流の $\#1$ 地点の水位である。以下すべて下流水位とはこの地点での水位をいう。

この結果、跳水長 $L=34.1 h_j$ となつた。

第 4 章 狭頂堰による跳水式減勢工の効果

1. 実験条件

実 験 名	条 件				
	貯 水 位	放水管ゲート	狭頂堰の高さ	狭頂堰の位置	下 流 水 位
水面形測定	WL 5 4.5 m	全 開	4.0 m	4 0.8 m	FREE
			5.0		
			6.0		
流 況 観 察		半 開 $Q = 210$ m^3/s 放流	5.5 m	3 5 m	WL 3 2.20 m
					WL 3 3.059 m

注) 1. 狭頂堰の形状は鉛直板とした。

2. 狭頂堰の位置とは水叩き始端からの水平距離

3. 下流水位とは $\frac{1}{2}$ 地点における水位をいう。(県北ダム事務所から借与された水理計算書を参照)

2. 狭頂堰の高さの比較実験

下流水位を考慮しない状態で狭頂堰の高さを3種類変えて比較実験を行った。

この場合、狭頂堰の位置は水叩き始端下流 4 0.8 m と固定し、狭頂堰の形状は鉛直板とした。

実験結果を比較検討するとつぎのとおりとなつた。

- ① 狭頂堰の高さ 4 m の場合、水叩き始端から下流約 1.2 m の区間に露出射流が生じ跳水した流れは狭頂堰を飛散していた。
- ② 狭頂堰の高さが 5 0 m の場合、水叩き始端から下流約 6 m の区間に露出射流が生じ、狭頂堰をやや飛散ぎみに流れていた。
- ③ 狭頂堰の高さが 6.0 m の場合、もぐり跳水となり水叩き内の流れが水叩き始端より約 6 m 上流まで影響し、放流水脈による高速落流が生じ水叩き内で噴流拡散していた。

また、表-3に示す跳水式減勢工の比較検討表により、比較検討すると下表のようになる。

狭頂堰の高 (m)	水 面 形	流 況
4.0	D	D
5.0	C	C
6.0	B	C

表-3 実験比較検討表

実験名	ランク	内 容
水面形	A	水位の最高付近が、狭頂堰高程度以上上流側からフラットになる。
	B	水位の最高付近が、狭頂堰高程度以下上流側からフラットになる。
	C	水位の最高付近が、狭頂堰の上流面となつて、フラットな部分がない。
	D	水位の最高付近が、狭頂堰より下流となる。
狭頂堰の上流面に働く水圧	A	静水圧分布となる。
	B	最も下の測点で最高となる点はAと同様であるが、圧力の鉛直方向のこう配が静水圧分布のときの半分くらいになる。
	C	狭頂堰の中央付近に圧力の極大となる所がある。この極大値は、最も下の測点より小さい。
	D	狭頂堰の中央付近に圧力の最大値が出る。
流況	A	乱れが狭頂堰におよばず、流れの透明な部分が狭頂堰高の2倍くらい上流からあつて、水位の時間的変動はほとんどない。狭頂堰を越流するときの横断方向の流量分布は、ほぼ均一である。
	B	乱れは狭頂堰に達しているが、狭頂堰程度上流から流れは透明になり、越流水の時間的変動が少しある。
	C	狭頂堰を越える流れに乱れが達し、流れの透明な領域は、狭頂堰の直上流底面に限られ、もし模型のガイトウォールが透明なら、横から見て狭頂堰の高さを二辺とする直角二等辺三角形の領域が透明に見える。越流水の横断方向の流れの不均等がある。
	D	狭頂堰を越える流れは断続的となつて、狭頂堰下流の河床へ落下する。流れは飛散に近い。

- 注) 1. 水面形はポイントゲージによつて、水位の平均および最高値を測定する。
 2. シルの上流面に働く水圧は、狭頂堰の上流面に働く水圧を水柱マノメータによつて測定する。
 3. 流況は、定性的なものであつて、観察、写真、映画等で判断するから、担当者の主観が影響する。

3. 最適な狭頂堰の高さによる実験

実験結果より跳水始端が水叩き始端に生じさせようとするれば狭頂堰の高さは5.5m程度となる。また、台形断面の跳水の実験結果、跳水長は3.0mであつた。したがつて余裕を見込み水叩き始端から下流3.5mの地点に高さ5.5mの狭頂堰を設置した形状が最もよく、この条件にて実験を行つた。

ここで、① 下流水位 W/L 3.2.2.0mとは、放水管単独で $Q=210\text{ m}^3/\text{s}$ 放流した時の α_1 地点での下流水位

② 下流水位 W/L 3.3.0.5.9mとは、放水管で $Q=210\text{ m}^3/\text{s}$ 余水吐で $109.0\text{ m}^3/\text{s}$ 合計 $130.0\text{ m}^3/\text{s}$ 放流したときの α_1 地点での下流水位

放流量 $Q = 210 \text{ m}^3/\text{s}$ は放水管ゲートの半開操作のため、放流エネルギーが減少し下流の影響を受け滞りとなった。したがって近似跳水位置は下流の水位とともに変化する実験条件のもとでは下記のとおりとなった。

貯 水 位	放 流 量	ゲート開度	下 流 水 位	跳 水 始 端
$WL\ 54.5\ m$	$Q = 210 \text{ m}^3/\text{s}$	90%	<i>FREE</i>	ゲートシルから下流約17m
			$WL\ 32.20\ m$	" 下流約10m
			$WL\ 33.059\ m$	" 下流約8m

下流水位が高くなると安定した流況を示すが、下流水位が $WL\ 33.059\ m$ 以上になると放水管ゲート付近で跳水が発生しその部分の流れが不安定となる。さらに下流水位を上げていくと滞り流出となり放流量が減少する。しかし本ダムの下流水位の最高が異常時で $WL\ 33.059\ m$ なので問題はない。

第5章 エンドシルによる跳水式減勢工の効果

1. 水叩き始端の形状

鉛直側壁を有する開水路部から、こう配を有する水叩き導流壁への流れを安定させるために、つぎのように改良した。

1) 開水路部導流壁と水叩き内導流壁との接続

開水路部から水叩きへの流れを安定にさせるために、導流壁を平面的に 45° に接続した。

2) 開水路から水叩きへの底面の接続

洪水叩斜面の先端においては、高速落水流による基礎の破壊が予想される。それを防ぐため、洪水吐斜面の先端に曲線上のバケットを設けている。従来このようなバケットの半径 (R) は近似的に経験式 (石原訳「開水路の水理学」) で推定したり、他のダムと比較して決定している。本ダムにおいては、既設ダムの実態を調査した表-4、図-34を参考とし、 $R = 10\ m$ のバケットを用いた。

2. 実験条件

狭頂堰の高さを $5.5\ m$ とした場合、狭頂堰の天端は $EL\ 28.0\ m$ となり、現地形 (41地点で $EL\ 28.42\ m$) より低くなる。また、下流水位が十分確保できるためエンドシルによつて跳水を起こさせ、洪水吐の放流水脈のエネルギーを減勢させる。したがって、水叩き始端から下流 $30\ m$ のところへエンドシルを設置し、エンドシルによる跳水型減勢工を下記の実験のもとで行った。

表-4 既設ダム堤体バケットカーブ実態表

No.	ダム名	H 最高水深	h 最大越流 水深	R バケット 半径	No.	ダム名	H 最高水深	h 最大越流 水深	R バケット 半径
		m	m	m			m	m	m
1	旭川第一	41.0	9.0	15.0	21	湯原	65.0	8.0	10.0
2	四十四田	41.0	12.0	20.0	22	笠掘	67.5	10.5	7.0
3	川上	43.0	8.6	12.0	23	犀川	69.7	9.7	8.0
4	土師	44.4	10.4	20.0	24	園原	71.0	7.0	15.0
5	五郷	48.4	11.0	4.0	25	緑川	71.0	12.5	20.0
6	旭川	48.5	5.0	15.0	26	石手川	71.5	6.8	20.0
7	芹川	48.7	8.7	10.0	27	市房	71.5	16.3	20.0
8	神浦	49.0	7.5	10.0	28	松原	73.0	11.1	25.0
9	内場	50.2	9.2	25.0	29	笹生川	74.5	6.5	10.0
10	目屋	51.0	9.0	22.2	30	三面	75.5	8.5	40.0
11	鹿野川	51.0	13.0	10.0	31	松川	80.3	6.0	15.0
12	柳瀬	52.0	9.0	25.0	32	永瀬	81.0	13.0	30.0
13	玉川	52.6	8.3	10.0	33	大渡	89.0	9.0	30.0
14	我谷	53.0	9.5	15.0	34	大滝	90.0	10.5	30.0
15	布部	53.6	7.2	15.0	35	藤原	92.7	15.2	20.0
16	金山	56.65	8.0	10.0	36	丸山	97.3	22.0	10.0
17	河本	57.0	12.0	12.0	37	早明浦	99.0	17.2	10.0
18	浜田	58.5	7.0	10.0	38	品木	105.0	5.5	12.5
19	上市川	60.8	5.6	10.0	39	鶴田	108.0	13.824	30.0
20	美和	61.0	7.0	15.0	40	下久保	116.8	13.0	20.0

3. 水叩き内の流れ

エンドシルによる跳水型減勢工の実験結果を示すとつぎのとおりとなつた。

- 1) 貯水位 $W L 3 5.9 m$ の場合、放水管放流水脈は近似跳水となるが、水叩き始端付近では減勢しており安定した流況を示し下流河床の洗掘はない。もぐり跳水の生じる位置は、下記に示すとおりとなつた。

貯水位	放水管ゲート	下流水位	近似跳水始端
$W L 3 5.9 m$	全開	FREE	ゲートシルから10m下流
		$W L 3 10.2 m$	" 7m下流

- 2) 貯水位 $W L 5 4.5 m$ の場合、放水管ゲートを全開にすると、エンドシル直後の斜面は多少洗掘されるが、ある程度の時間をおくと安定する傾向をもち大きな問題とはならない。下流の影響によるもぐり跳水の位置は下記のとおりとなつた。

貯水位	放流量	放水管ゲート開度	下流水位	近似跳水始端
WL 5 4.5 m		全 開	FREE	ゲートシルから17 m下流
			WL 3 3.6 1 5 m	" 1.0 m下流
	210 m ³ /s	90%	FREE	" 17 m下流
			WL 3 2.2 0 m	" 10 m下流
			WL 3 3.0 5 9 m	" 8 m下流

第6章 最終案減勢工の実験

1. 最終案減勢工の決定

下流河床が高く、下流水位を確保できる本ダムの水叩きにおいて洪水吐の放流水脈を狭頂堰またはエンドシルによって跳水減勢させた。この両者はほぼ同じような実験結果であつてこの実験条件のみでは決定が困難である。しかし水叩きの規模が小さくできるためにはエンドシルによる跳水式減勢工が有利である。したがつてこれを最終案減勢工と推奨した。ただし、下流河床の平均粒径は約0.5 m程度必要である。

2. 最終案開水路部の流れ（貯水位WL 5 4.5 m）

- 1) 異常時の下流水位WL 3 3.0 5 9 mに設置し放水管のゲート開度20%以下になると、放水管放流水脈は完全な滞り流出となる。
- 2) 放水管ゲート開度10%および20%において放水管放流水脈が滞り流出となるためには、つぎに示す下流水位以上のときである。

ゲート開度	下流水位（%1）
20%	WL 2 9.3 8 m
10%	WL 2 8.5 8 m

3. 水叩き内の導流壁高の決定

放水管単独放流量 $Q=210\text{ m}^3/\text{s}$ の下流水位はWL 3 2.2 0 m。また、異常時の下流水位はWL 3 3.0 5 9 mである。また、水叩き内の導流壁はこう配があるために導流壁沿いの水面が導流壁に沿つて上昇する。したがつて、水叩き内の水位を考慮し水叩き内の導流壁をつぎのように決定した。

EL 3 2.0 mまでは1:0.55のこう配を有し、

EL 3 2.0~EL 3 4.0 mまでは鉛直を有する導流壁とし、導流壁面を上昇する水脈をおさえる。

さらに、水叩き内導流壁から下流河道へは、流水の抵抗力が少ないようにまた下流水位を考慮し、エンドシルの設置位置から適当に接続させる。

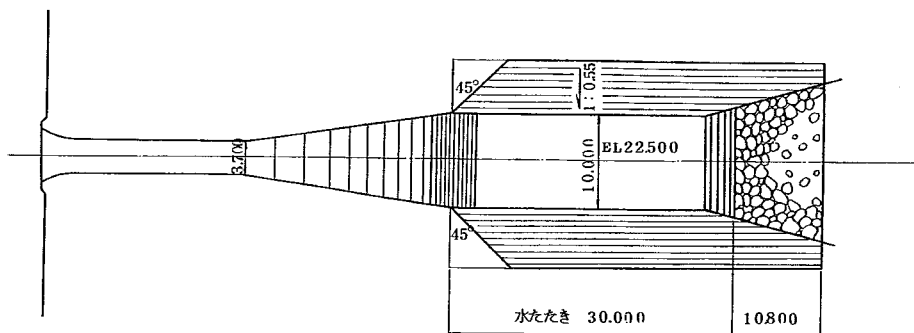
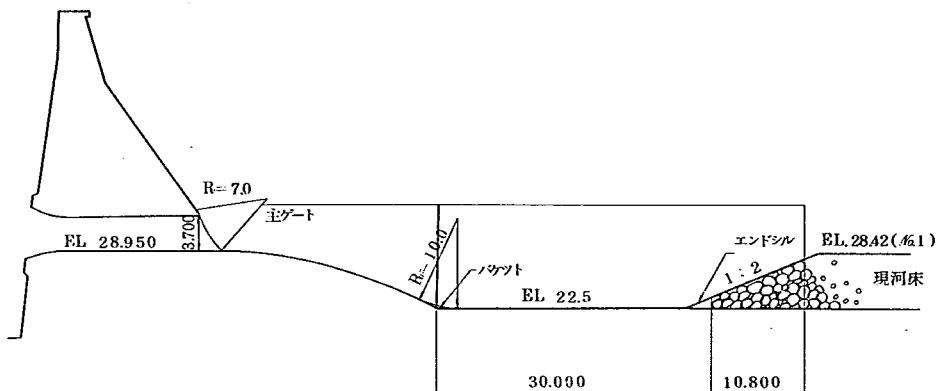
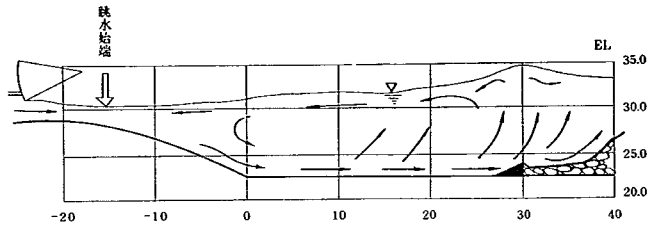
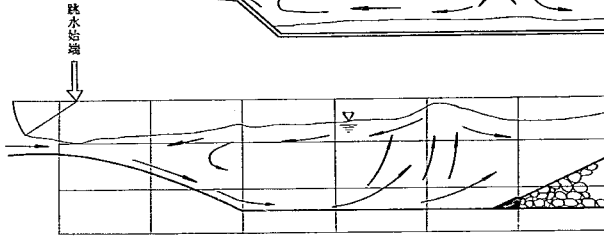
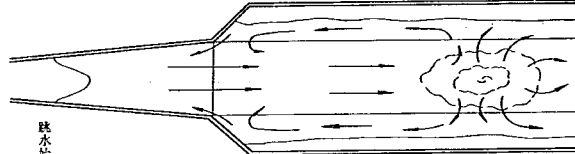


図-35 最終案減勢工図

下流水位 WL 33.059m



ゲート開度 80%



ゲート開度 60%

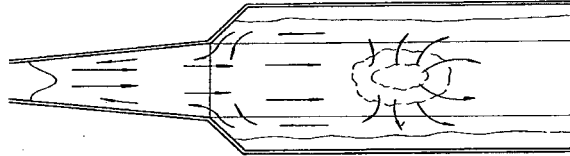
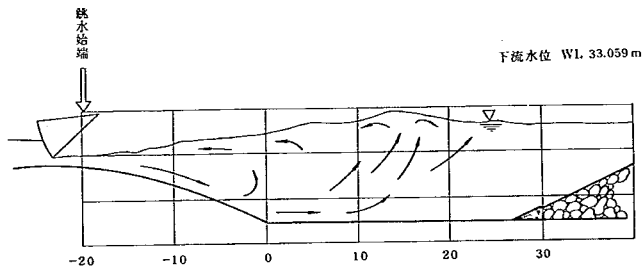


図-36の1 最終案減勢工流況スケッチ



ゲート開度 40%

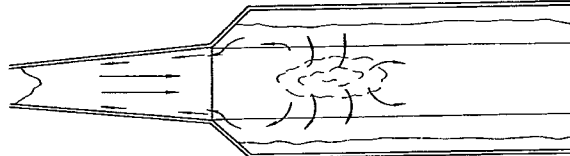


図-36の2 最終案減勢工流況スケッチ

参 考 文 献

- 1) 花 籠 秀 輔 : 「ダム洪水吐設計流量について地域別比流量」
多目的ダムの建設 昭和44年11月
- 2) 村 幸 雄, 中 川 博 次, 酒 井 孝 一 : 「堰堤放水管に関する研究(6)」
土木研究所 113号 昭和36年3月
- 3) *Ven Te Chow* (周文徳) : 「開水路の水理学」
石原藤次郎(訳) 昭和37年12月
- 4) 栗 津 清 蔵, 大 津 岩 夫 : 「台形断面水路の跳水について」
土木学会 第23回年次学術講演会 昭和43年

あ と が き

本報告書（藤井ダム改造に関する水理設計）は、昭和47年6月から昭和48年3月まで実施したものを一冊にまとめたものである。なお、この期間藤井川ダムに関する水理計算書、図面、表、事業計画書を貸与された関係諸氏、また、模型製作、実験を行ってくれた諸氏に厚く御礼を申し上げます。

模型製作

放水管抽出模型 東プラ工芸社（金子好男）

全体模型 日本工営株式会社（清水豊，森正宏，太田賢郎）

模型実験 日本工営株式会社（清水豊，森正宏，太田賢郎）

藤井川ダム改造に関する洪水吐水理設計資料

- I 放水管の水理設計資料
- II 減勢工の水理設計資料

I 放水管の水理設計資料

I - 1 放水管抽出模型比較実験
I - 2 最良案放水管抽出模型水理実験
I - 3 最良案放水管開水路部全体模型水理実験

I - 1 放水管抽出模型比較実験

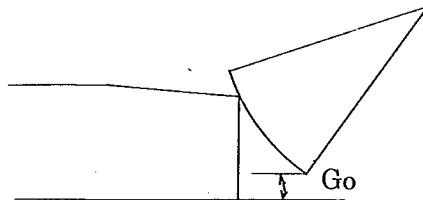
実験条件

実 験 名	形 状	条 件	
		貯 水 位	ゲート開度
流 量 測 定	その 1	W L 3 5. 9 0 m	全 開
圧 力 測 定	その 2	W L 5 4. 5 0 m	
	その 3		

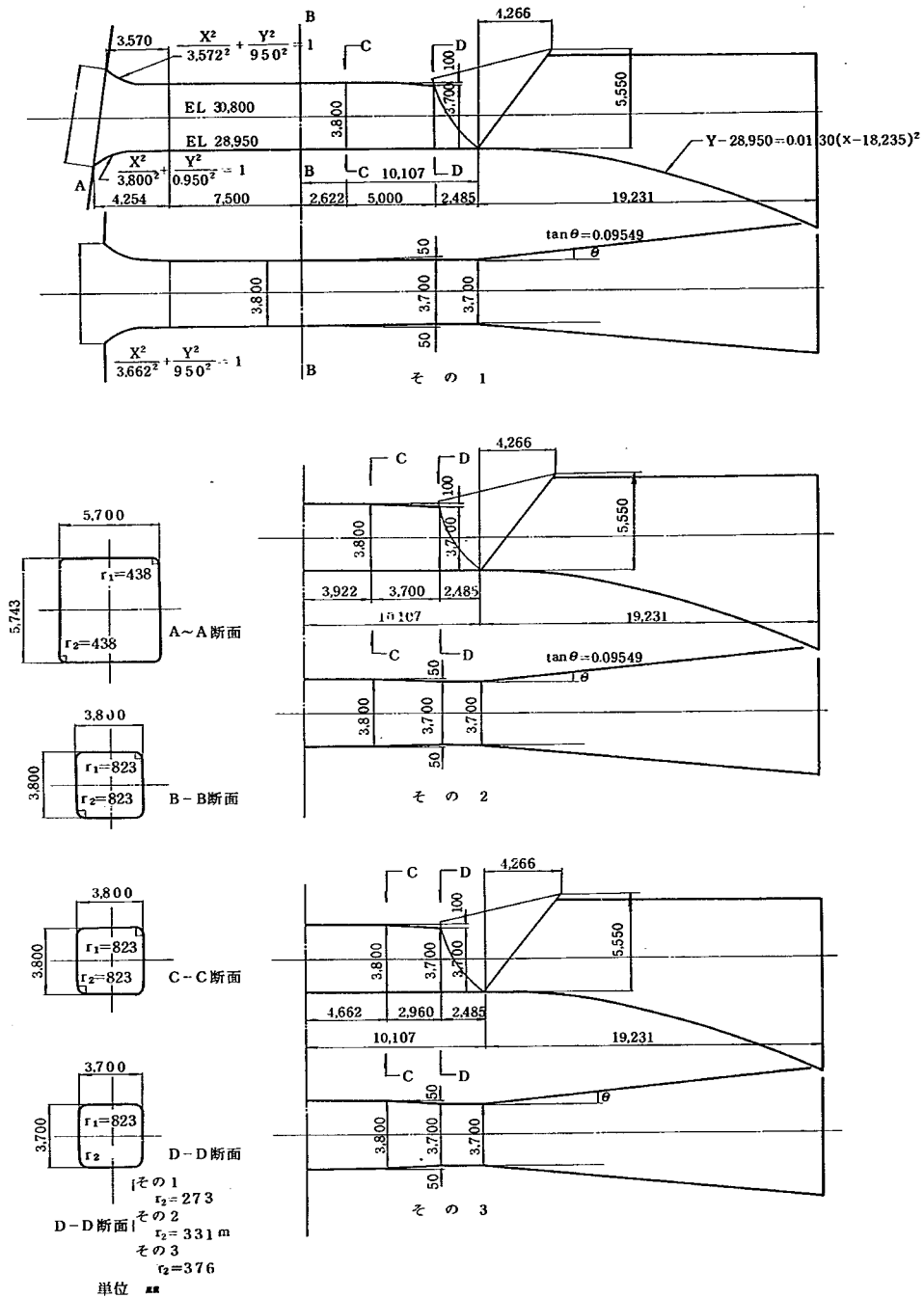
実験結果

放水管比較詳細図		資 図 1	
1	放水管内面圧力関係	資図 2 ～ 4	資表 1 ～ 3
2	放水管開水路底面圧力関係	資図 5	資表 4

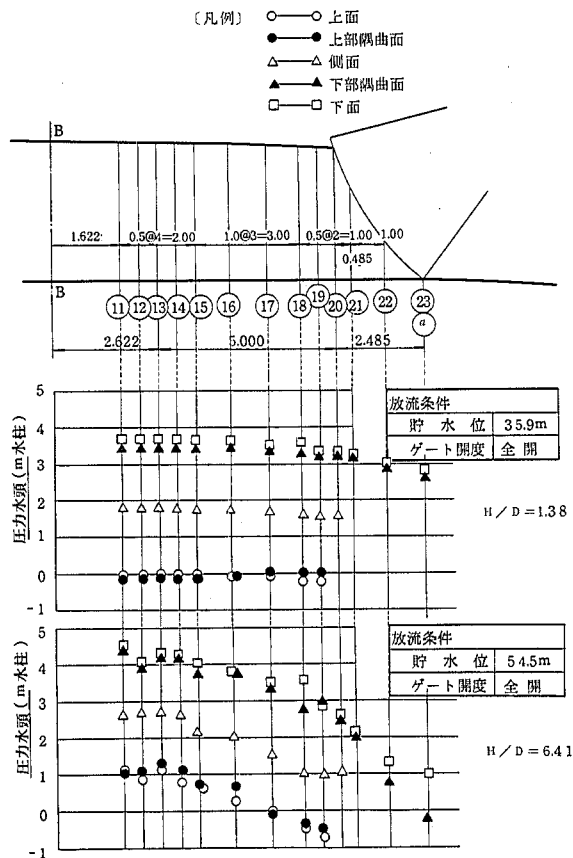
ゲート開度とは、放水管支配断面における底面とゲート下端との差をいう。(Go)



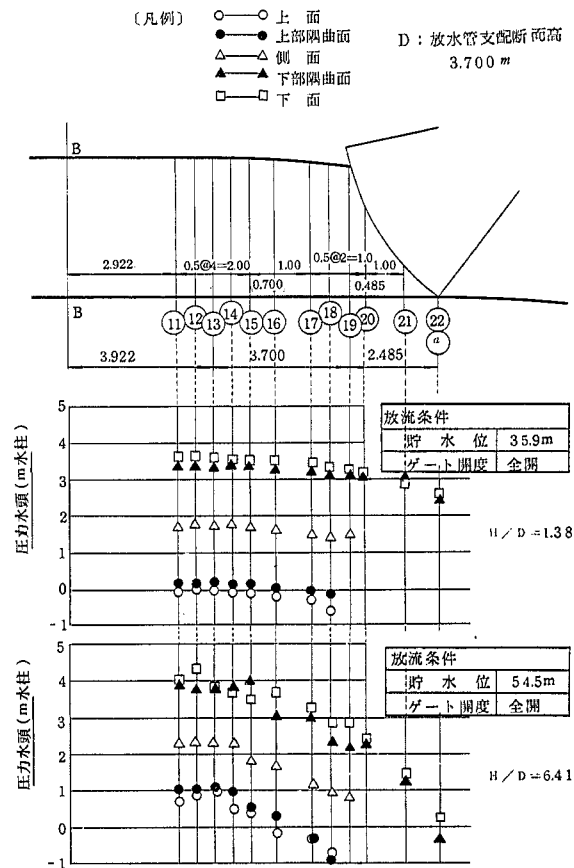
移 転 機 関 等 配 置 図



資図 - 1 放水管比較詳細図

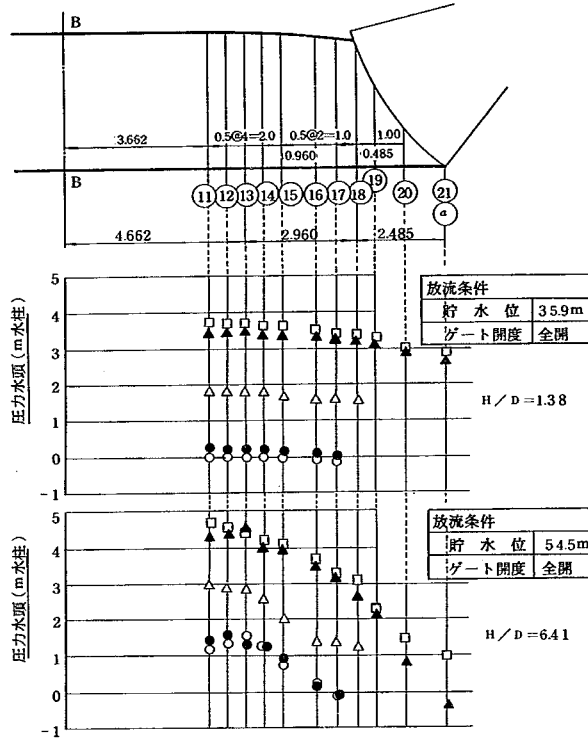


資図-2 放水管内面圧力分布図(その1)



資図-3 放水管内面圧力分布図(その2)

〔凡例〕 ○—○ 上 面
●—● 上部隅曲面
△—△ 側 面
▲—▲ 下部隅曲面
□—□ 下 面



資図-4 放水管内面圧力分布図(その3)

資表-1 放水管内面圧力測定数値表

(放水管形状 その1)

単位: m 水柱

No.	上 面			上部隅角部			側 面			下部隅角部			下 面		
	圧力水頭		EL	圧力水頭		EL	圧力水頭		EL	圧力水頭		EL	圧力水頭		EL
	W/L 3.59m	W/L 5.45m		W/L 3.59m	W/L 5.45m		W/L 3.59m	W/L 5.45m		W/L 3.59m	W/L 5.45m		W/L 3.59m	W/L 5.45m	
11	32.750	0	3.2750	32.509	-0.191	3.2509	3.6850	1.800	2.625	2.9191	3.459	2.8950	3.700	4.500	
12	32.750	-0.025	0.875	3.2509	-0.166	1.091	3.0850	1.800	2.725	2.9191	3.409	3.684	3.625	4.000	
13	32.750	-0.025	1.200	3.2509	-0.191	1.241	3.0850	1.800	2.725	2.9191	3.434	4.209	3.625	4.250	
14	32.740	-0.065	0.810	3.2499	-0.176	1.101	3.0845	1.780	2.600	2.9191	3.434	4.184	3.625	4.250	
15	32.730	-0.105	0.670	3.2489	-0.136	0.711	3.0840	1.735	2.155	2.9191	3.359	3.684	3.600	4.000	
16	32.710	-0.135	0.240	3.2469	-0.131	0.656	3.0830	1.695	1.985	2.9127	3.423	3.723	3.550	3.725	
17	32.690	-0.165	0.010	3.2449	-0.001	-0.049	3.0820	1.630	1.505	2.9095	3.355	3.380	3.475	3.475	
18	32.670	-0.220	-0.445	3.2429	-0.054	-0.379	3.0810	1.540	0.940	2.9062	3.288	2.738	3.500	3.525	
19	32.660	-0.210	-0.710	3.2419	-0.094	-0.519	3.0805	1.495	0.945	2.9046	3.279	2.904	3.275	2.875	
20							3.0800	1.500	1.000	2.9030	3.220	2.570	3.250	2.550	
21										2.9015	3.135	2.060	3.175	2.100	
22	注) 圧力変動なし(最高最低同値)										2.8982	2.843	0.718	2.950	1.250
23										2.8950	2.575	-0.275	2.750	0.950	

注) ピエゾとは、圧力測定管をいれその測点の標高を記述した。

資表-2 放水管内面圧力測定数値表

(放水管形状 その2)

単位:m水柱

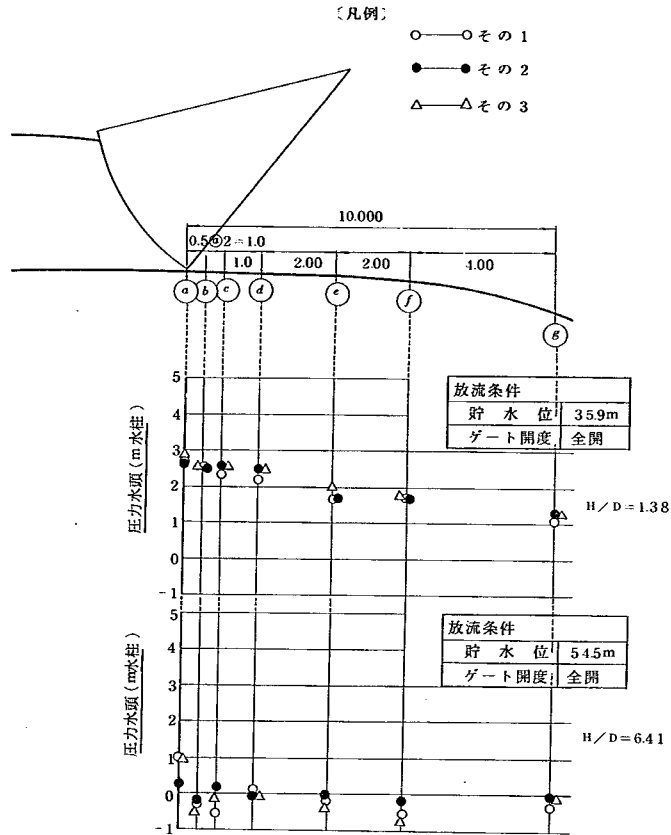
sec No	上 面			上部隅角部			側 面			下部隅角部			下 面		
	ビエソ		圧力水頭	ビエソ		圧力水頭	ビエソ		圧力水頭	ビエソ		圧力水頭	ビエソ		圧力水頭
	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
11	32.750	-0.050	0.750	32.509	0.166	1.016	30.850	1.725	2.275	29.191	3.384	3.834	28.950	3.625	4.025
12	32.750	0	0.925	32.509	0.166	1.041	30.850	1.775	2.300	29.191	3.359	3.709	“	3.675	4.300
13	32.750	-0.025	1.000	32.509	0.191	1.041	30.850	1.750	2.325	29.191	3.359	3.759	“	3.575	3.750
14	32.737	-0.085	0.513	32.496	0.179	1.004	30.843	1.732	2.232	29.172	3.378	3.753	“	3.550	3.725
15	32.723	-0.123	0.402	32.482	0.143	0.518	30.837	1.663	1.813	29.152	3.348	3.998	“	3.500	3.450
16	32.704	-0.179	-0.129	32.463	0.087	0.337	30.827	1.623	1.673	29.125	3.275	3.050	“	3.500	3.650
17	32.677	-0.227	-0.302	32.436	-0.036	-0.311	30.839	1.486	1.161	29.086	3.214	2.989	“	3.375	3.250
18	32.664	-0.588	-0.763	32.423	-0.122	-0.897	30.805	1.395	0.930	29.066	3.134	2.309	“	3.300	2.825
19							30.800	1.450	0.800	29.047	3.153	2.153	“	3.275	2.875
20										29.028	3.097	2.272	“	3.175	2.400
21	注) 圧力変動なし(最高、最低同値)									28.989	2.961	1.286	“	2.950	1.400
22										28.950	2.425	-0.375	“	2.650	0.225

資表-3 放水管内面圧力測定数値表

(放水管形状 その3)

単位:m水柱

sec No	上 面			上部隅角部			側 面			下部隅角部			下 面		
	ビエソ		圧力水頭	ビエソ		圧力水頭	ビエソ		圧力水頭	ビエソ		圧力水頭	ビエソ		圧力水頭
	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m	EL	W/L 3.59m	W/L 5.45m
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
11	32.750	0.000	1.200	32.509	0.241	1.416	30.850	1.850	2.925	29.191	3.459	4.309	28.950	3.750	4.700
12	32.750	0.050	1.325	32.509	0.241	1.616	30.850	1.825	2.825	29.191	3.509	4.409	“	3.700	4.425
13	32.750	0.075	1.575	32.509	0.241	1.316	30.850	1.825	2.850	29.191	3.484	4.434	“	3.700	4.425
14	32.733	0.042	1.267	32.492	0.233	1.258	30.842	1.833	2.559	29.169	3.406	3.981	“	3.650	4.150
15	32.716	-0.016	0.784	32.475	0.200	0.925	30.833	1.692	2.042	29.147	3.403	3.928	“	3.625	4.075
16	32.684	-0.059	0.266	32.443	0.082	0.182	30.817	1.608	1.358	29.104	3.346	3.446	“	3.550	3.675
17	32.667	-0.142	-0.117	32.426	0.049	-0.101	30.809	1.592	1.392	29.082	3.293	3.168	“	3.425	3.250
18							30.800	1.550	1.200	29.060	3.240	2.640	“	3.400	3.100
19										29.039	3.136	2.136	“	3.250	2.225
20	注) 圧力変動なし(最高、最低同値)									28.994	2.906	0.806	“	3.025	1.500
21										28.950	2.625	-0.380	“	2.850	0.950
22															
23															



資図 - 5 放水管開水路部底面圧力分布図

資表 - 4 放水管開水路部底面圧力測定数値表

放水管形状		単位 m 水柱					
		その 1		その 2		その 3	
Sect. No.	ピエゾメータ EL (m)	貯水位 WL 35.9m	貯水位 WL 54.5m	貯水位 WL 35.9m	貯水位 WL 54.5m	貯水位 WL 35.9m	貯水位 WL 54.5m
a	(m) 28.950	(m) 2.756	(m) 0.950	(m) 2.650	(m) 0.225	(m) 2.850	(m) 0.950
b	28.947	2.503	-0.372	2.503	-0.247	2.528	-0.647
c	28.937	2.363	-0.537	2.563	0.188	2.537	-0.162
d	28.898	2.248	0.073	2.427	-0.052	2.452	-0.052
e	28.742	1.667	-0.142	1.667	-0.092	2.058	-0.217
f	28.482	1.718	-0.582	1.768	-0.132	1.718	-0.732
g	27.650	1.175	-0.300	1.300	-0.025	1.300	-0.050

注) 圧力変動なし (最高最低同値)

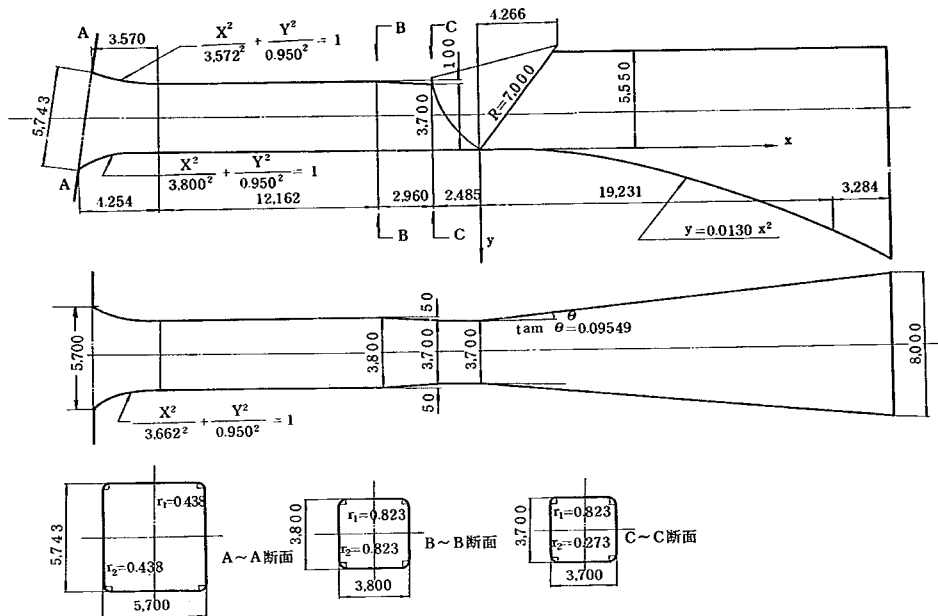
I - 2 最良案放水管抽出模型水理実験

実験条件

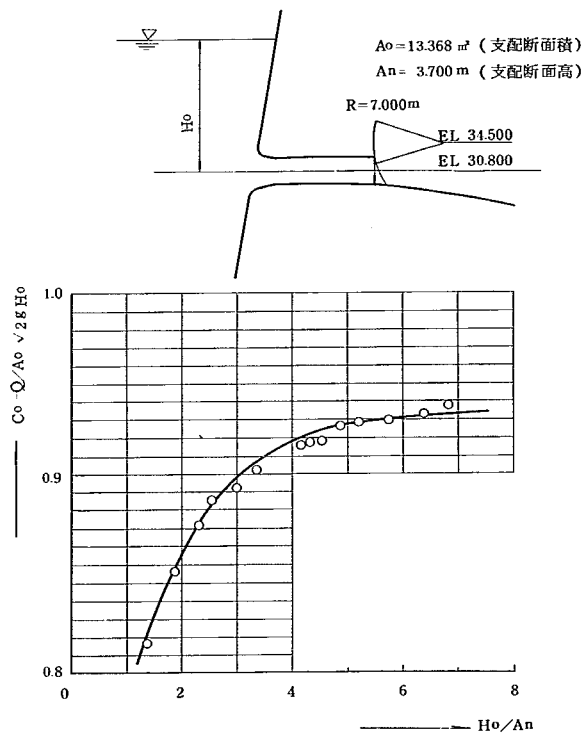
実験名	形 状	条 件		備 考
		貯 水 位	ゲート開度	
流量測定	その 3	W L 2 8. 9 5 m) W L 5 4. 5 0 m 約 2 m 間隔	0. 5 1. 0 ⋮ 3. 5 3. 7 } 0. 5 m 間隔 (全開)	
圧力測定		W L 3 5. 9 m W L 5 4. 5 m	全 開	上面中央 上面隅角 側 面 下面隅角 下面中央
水面形測定		W L 5 4. 5 m	2. 5 m 3. 0 3. 3	側壁沿 中 央
流況観察			3. 5 3. 7 (全開)	

実験結果

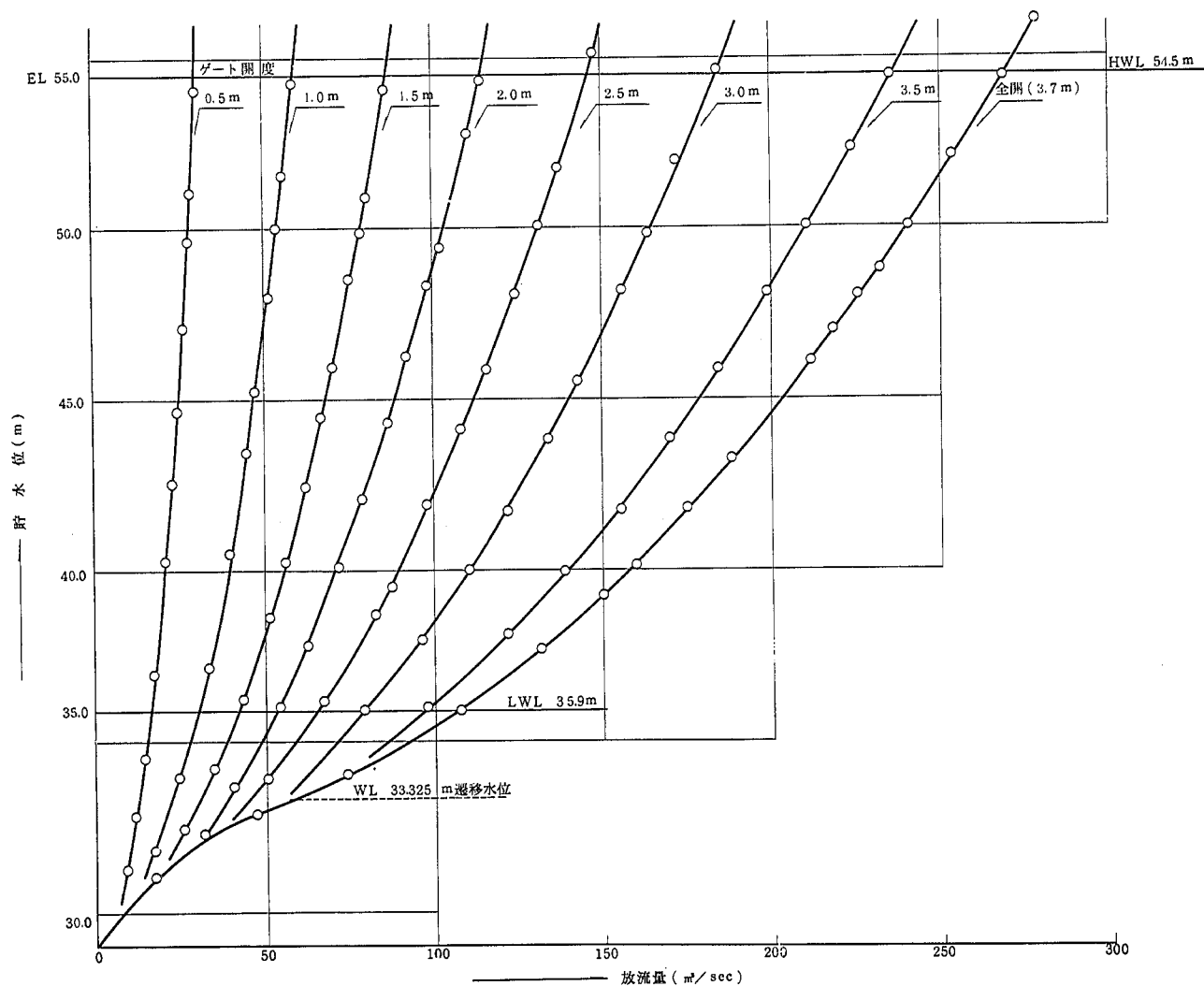
最良案放水管形状		資図 6	
3	最良案放水管貯水位～流量関係	資図 7 ～ 9	資表 5 ～ 7
4	最良案放水管内面および開水路部 底面圧力関係	資図 10～12	資表 8～13
5	最良案放水管開水路部水面形関係	資図 13～14	資表 14～16
6	最良案放水管開水路部の流況	資写真 1 ～ 2 0	



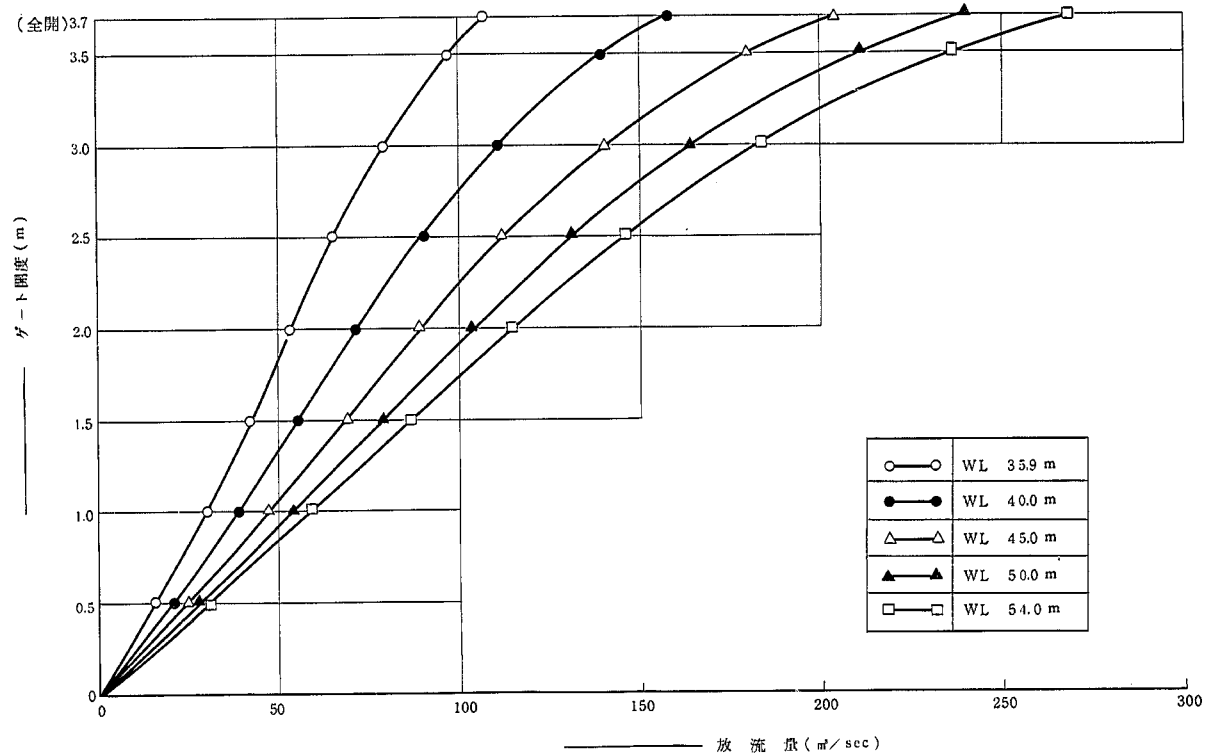
資図-6 最良案放水管(その3)形状



資図-7 流量係数(C_o)と H_o/An の関係



資図-8 貯水池水位と放流量の関係 放水管形状 (その3)



資図-9 各ゲート開度に対する一定水深と流量の関係

表-5 貯水池水位～流量～流量係数関係数値表

ゲート全開

貯水位 (EL) H	H_0	流 Q (cc/sec)	流量係数 C	H_0 / A_n
30.96	0.18	17.3	-	-
32.88	2.08	47.8	-	-
34.12	3.33	74.6	-	-
35.90	5.10	107.7	0.806	1.378
37.73	6.93	131.7	0.846	1.872
39.30	8.50	150.5	0.872	2.297
40.18	9.38	160.3	0.885	2.534
41.80	11.00	175.1	0.892	2.973
43.25	12.45	188.3	0.902	3.365
46.10	15.30	211.9	0.915	4.135
47.08	16.28	218.9	0.917	4.399
48.05	17.25	225.7	0.918	4.662
48.80	18.00	232.7	0.927	4.865
50.05	19.25	241.3	0.929	5.203
52.13	21.33	253.9	0.929	5.764
54.45	23.65	269.2	0.935	6.392
56.10	25.30	279.1	0.938	6.838

$A_n = 3.7 \text{ m}$
 $H_0 = (\text{貯水池水位}) - (\text{放水管出口部中心標高})$
 $= H - 30.800$

資表-6 貯水池水位～流量関係数値表

ゲート開度 0.5 m

貯水位 (EL)	流 量
31.28 m	8.9 cc/s
32.83	11.9
34.53	14.5
36.98	17.4
40.25	20.8
42.58	23.1
44.68	24.8
47.12	25.6
49.65	28.3
51.03	29.3
54.05	30.0

ゲート開度 1.0 m

貯水位 (EL)	流 量
31.80 m	17.1 cc/s
33.95	24.6
37.18	33.5
40.53	39.6
43.50	44.3
45.23	47.3
47.98	51.9
49.96	54.0
51.58	55.9
54.28	59.3

ゲート開度 1.5 m

貯水位 (EL)	流 量
32.40 m	26.1 cc/s
34.20	35.4
36.28	43.5
38.70	51.5
40.23	55.9
42.45	61.7
44.50	66.8
45.98	70.3
48.50	75.4
49.85	78.8
50.90	80.6
54.05	85.9

ゲート開度 2.0 m

貯水位 (EL)	流 量
32.20 m	30.1 cc/s
33.68	40.7
36.05	54.7
37.83	62.9
40.13	72.3
42.08	78.8
44.33	87.2
46.25	92.4
48.33	98.1
48.48	101.9
52.78	110.5
54.35	114.6

資表-7 貯水池水位～流量関係測定数値表

ゲート開度 2.5 m

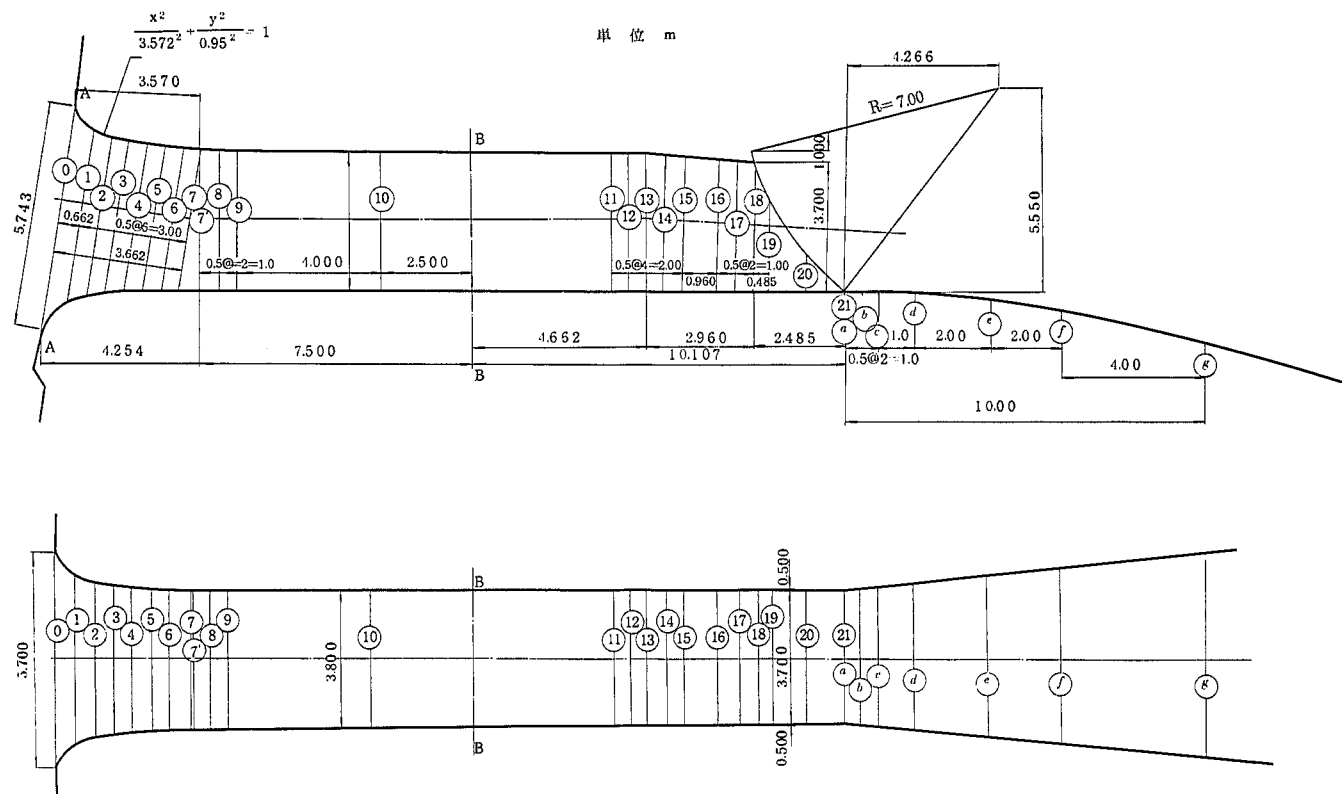
貯水位 (EL)	流 量
33.95 m	50.9 cc/s
36.18	67.7
38.73	83.0
39.58	87.8
41.90	98.0
44.13	108.1
45.85	115.6
48.10	124.2
50.23	132.2
51.78	137.3
55.13	148.0

ゲート開度 3.0 m

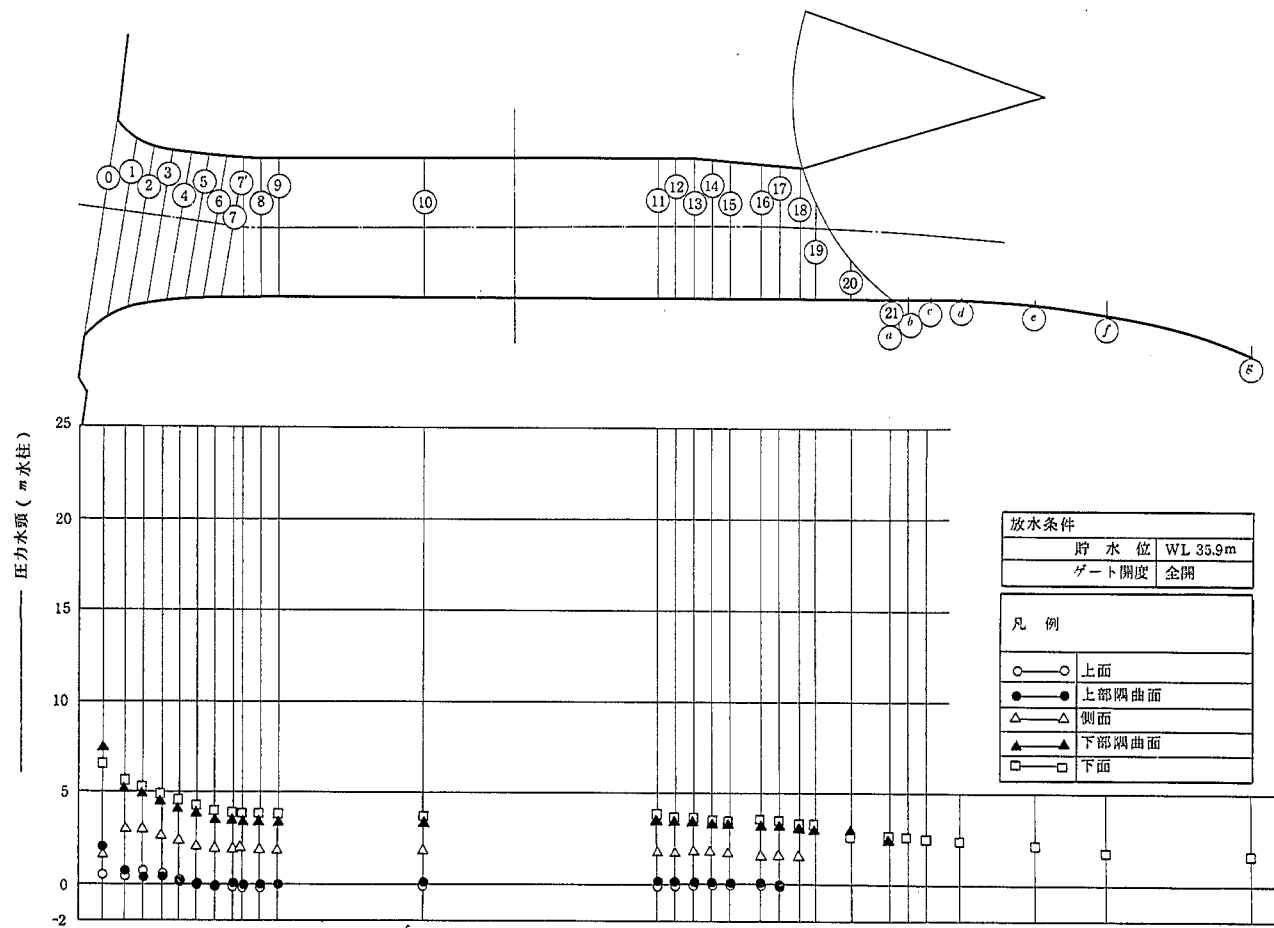
貯水位 (EL)	流 量
35.90 m	79.3 cc/s
37.98	96.8
39.98	110.5
41.75	121.9
43.90	134.1
45.55	142.8
48.18	156.3
49.85	164.5
51.98	172.0
54.65	184.8

ゲート開度 3.5 m

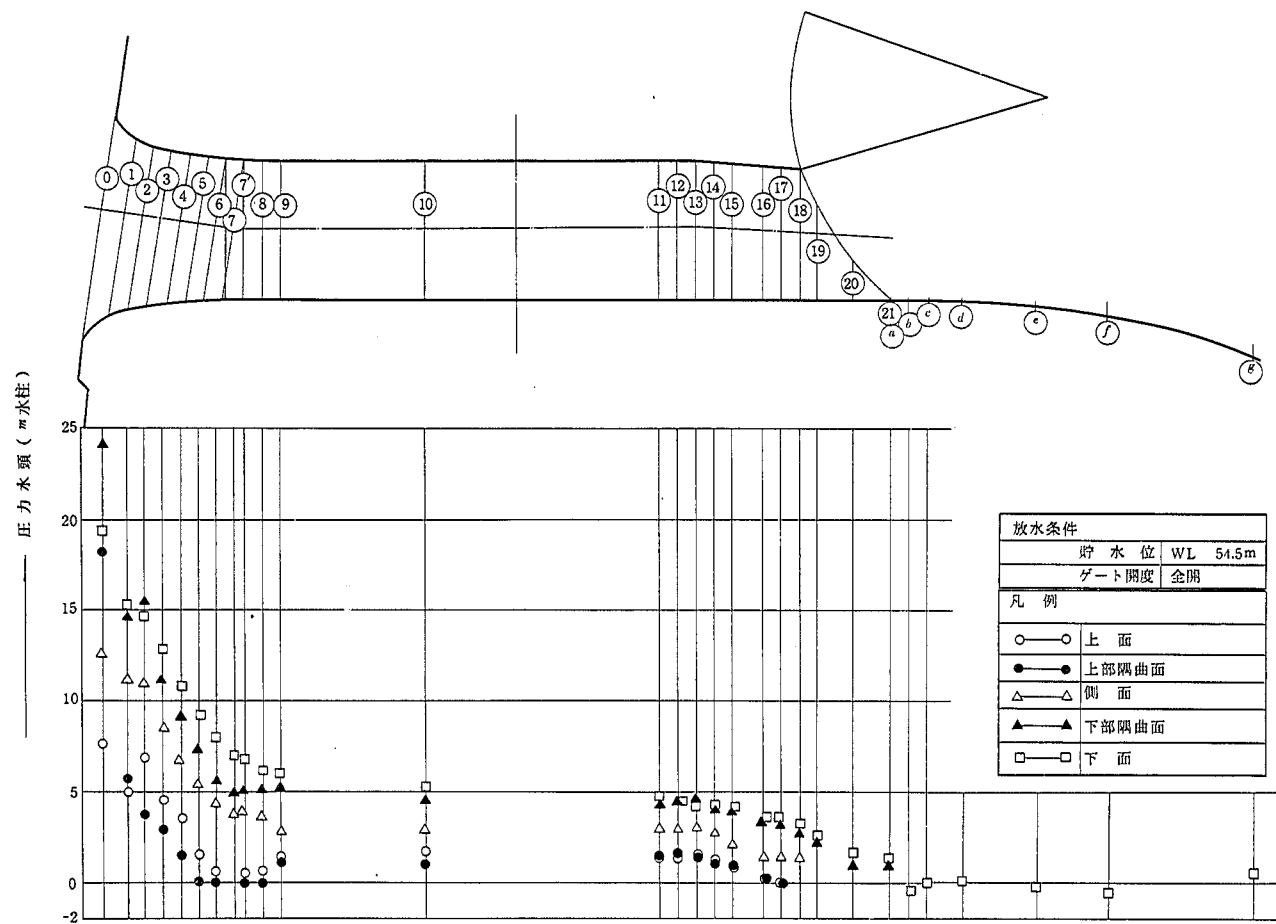
貯水位 (EL)	流 量
36.03 m	98.5 cc/s
38.13	122.2
39.96	138.3
41.78	155.2
43.85	170.6
45.88	184.1
48.10	199.6
50.03	211.2
52.35	224.5
54.50	235.9



資図-10 放水管(その3) 圧力測定位置



資図 - 1 1 放水管内圧力



資図- 1 2 放水管内圧力

資表-8 放水管内压力測定数値表

上面 ゲート全開		単位 m 水柱			
測点 位置	測点位置 標高 (m)	貯水位 3.5.9 m		貯水位 5.4.5 m	
		最高圧力(m)	最低圧力(m)	最高圧力(m)	最低圧力(m)
0	337.30	0.520	0.520	7.620	7.445
1	33.173	0.428	0.428	5.053	4.953
2	33.018	0.707	0.707	6.857	6.732
3	32.912	0.438	0.438	4.613	4.488
4	32.838	0.287	0.287	3.412	3.412
5	32.788	0.062	0.062	1.562	1.562
6	32.760	-0.113	-0.113	0.591	0.516
7.7'	32.750	-0.150	-0.150	0.550	0.475
8	32.750	-0.125	-0.125	0.650	0.550
9	32.750	-0.025	-0.025	1.300	1.200
10	32.750	0.000	0.000	1.675	1.675
11	32.750	0.000	0.000	1.250	1.225
12	32.750	0.050	0.050	1.450	1.450
13	32.750	0.025	0.025	1.600	1.600
14	32.733	-0.008	-0.008	1.267	1.267
15	32.716	-0.041	-0.041	0.784	0.784
16	32.684	-0.059	-0.059	0.291	0.291
17	32.667	-0.117	-0.117	-0.092	-0.092

資表-9 放水管内压力測定数値表

上段側上部 ゲート全開		単位 m 水柱			
測点 位置	測点位置 標高 (m)	貯水位 3.5.9 m		貯水位 5.4.5 m	
		最高圧力(m)	最低圧力(m)	最高圧力(m)	最低圧力(m)
0	33.605	2.046	1.921	18.171	18.171
1	33.025	0.700	0.651	5.701	5.701
2	32.855	0.395	0.370	3.695	3.695
3	32.697	0.354	0.354	2.954	2.954
4	32.644	0.106	0.106	1.531	1.531
5	32.580	-0.055	-0.055	0.096	0.046
6	32.536	-0.061	-0.061	0.015	0.015
7.7'	32.511	-0.061	-0.061	-0.061	-0.111
8	32.509	-0.034	-0.034	-0.009	-0.009
9	32.509	0.041	0.041	1.066	1.066
10	32.509	0.141	0.141	1.016	0.991
11	32.509	0.266	0.266	1.491	1.491
12	32.509	0.266	0.262	1.616	1.616
13	32.509	0.241	0.241	1.391	1.391
14	32.492	0.208	0.208	1.258	1.258
15	32.475	0.175	0.175	0.925	0.925
16	32.443	0.132	0.132	0.207	0.207
17	32.426	0.024	0.024	-0.076	-0.076

資表-10 放水管内压力測定数値表

側面 ゲート全開		単位 m 水柱			
測点 位置	測点位置 標高 (m)	貯水位 3.5.9 m		貯水位 5.4.5 m	
		最高圧力(m)	最低圧力(m)	最高圧力(m)	最低圧力(m)
0	30.880	1.671	1.621	12.546	12.321
1	30.867	3.083	2.983	11.133	11.058
2	30.862	3.039	2.964	10.814	10.764
3	30.858	2.693	2.643	8.418	8.418
4	30.854	2.396	2.346	6.771	6.771
5	30.852	2.148	2.148	5.323	5.323
6	30.842	2.009	2.009	4.309	4.309
7	30.859	1.891	1.891	3.766	3.766
7'	30.850	1.900	1.900	3.825	3.825
8	30.850	1.875	1.875	3.600	3.600
9	30.850	1.850	1.850	2.875	2.875
10	30.850	1.825	1.825	2.875	2.875
11	30.850	1.900	1.900	2.950	2.950
12	30.850	1.825	1.825	2.850	2.850
13	30.850	1.850	1.850	2.900	2.900
14	30.842	1.833	1.833	2.658	2.658
15	30.833	1.742	1.742	2.092	2.092
16	30.817	1.608	1.608	1.408	1.408
17	30.809	1.616	1.616	1.416	1.416
18	30.800	1.550	1.550	1.225	1.225

資表-11 放水管内压力測定数値表

下部側上部 ゲート全開		単位 m 水柱			
測点 位置	測点位置 標高 (m)	貯水位 3.5.9 m		貯水位 5.4.5 m	
		最高圧力(m)	最低圧力(m)	最高圧力(m)	最低圧力(m)
0	28.154	7.521	7.396	24.046	24.046
1	28.709	5.317	5.267	14.592	14.467
2	28.866	4.982	4.882	15.482	12.857
3	29.018	4.532	4.507	11.132	11.132
4	29.064	4.211	4.211	9.111	9.111
5	29.125	3.851	3.851	7.351	7.351
6	29.166	3.585	3.585	5.585	5.535
7	29.189	3.461	3.461	4.836	4.712
7'	29.189	3.461	3.461	4.986	4.861
8	29.191	3.484	3.484	5.184	5.109
9	29.191	3.509	3.509	5.159	5.134
10	29.191	3.459	3.459	4.459	4.434
11	29.191	3.509	3.509	4.334	4.334
12	29.191	3.509	3.509	4.359	4.359
13	29.191	3.509	3.509	4.434	4.434
14	29.169	3.456	3.456	3.981	3.981
15	29.147	3.453	3.453	3.978	3.978
16	29.104	3.346	3.346	3.446	3.446
17	29.082	3.318	3.318	3.143	3.143
18	29.060	3.290	3.290	2.715	2.690
19	29.039	3.161	3.161	2.111	2.111
20	28.994	2.906	2.906	0.856	0.806
21	28.950	2.600	2.600	0.825	0.825

資表 1 2 放水管内圧力測定数値表

単位 m 水柱

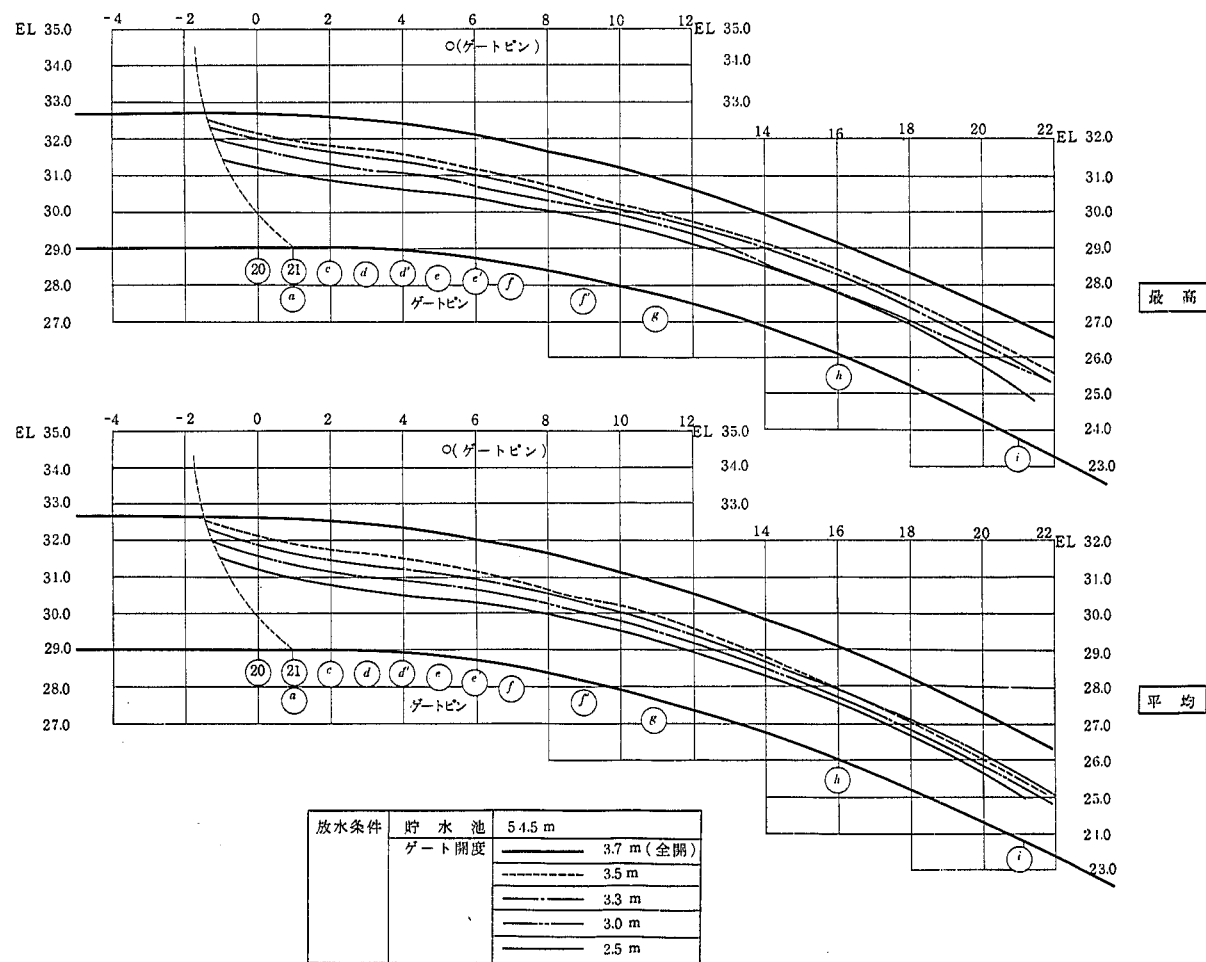
下面 ゲート全開

測 点 位 置	測 点 位 置 標 高 (m)	貯水位 3 5.9 m		貯水位 5 4.5 m	
		最高圧力(m)	最低圧力(m)	最高圧力(m)	最低圧力(m)
0	28.029	6.547	6.447	19.297	19.297
1	28.561	5.515	5.440	15.139	15.090
2	28.705	5.295	5.220	14.595	14.595
3	28.803	4.947	4.897	12.722	12.722
4	28.871	4.579	4.579	10.729	10.729
5	28.916	4.284	4.234	9.109	9.109
6	28.942	4.059	4.059	7.933	7.933
7	28.950	3.900	3.900	6.925	6.925
7'	28.950	3.825	3.825	6.700	6.575
8	28.950	3.750	3.750	6.125	6.125
9	28.950	3.750	3.750	5.950	5.950
10	28.950	3.675	3.675	5.250	5.250
11	28.950	3.750	3.750	4.700	4.700
12	28.950	3.700	3.700	4.425	4.425
13	28.950	3.675	3.675	4.325	4.325
14	28.950	3.650	3.650	4.125	4.125
15	28.950	3.625	3.625	4.075	4.075
16	28.950	3.550	3.550	3.575	3.575
17	28.950	3.450	3.450	3.300	3.300
18	28.950	3.375	3.375	3.075	3.075
19	28.950	3.250	3.250	2.350	2.350
20	28.950	2.775	2.775	1.500	1.500
21	28.950	2.850	2.850	1.025	0.950

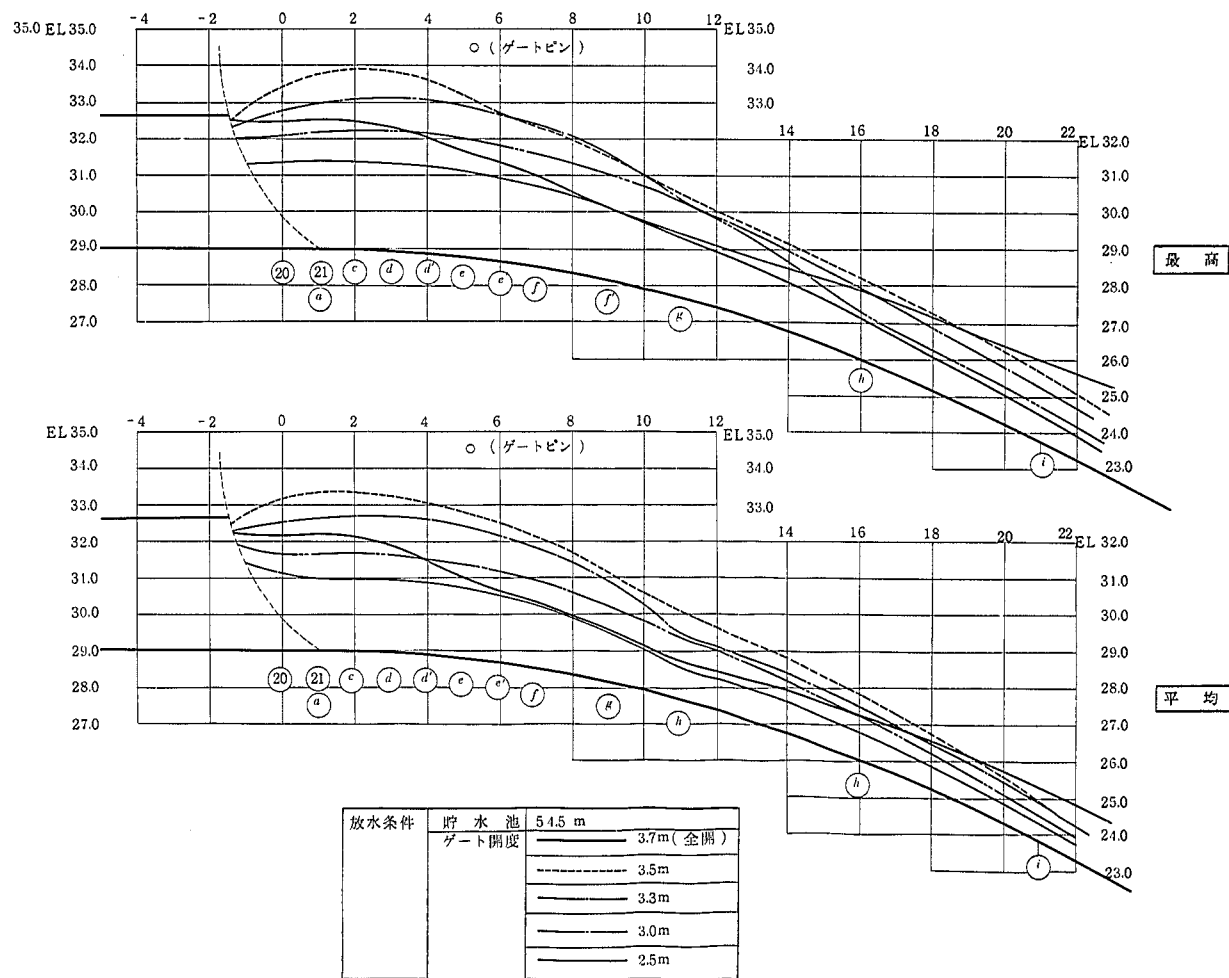
資表 - 1 3 放水管開水路部底面圧力測定数値表

単位 m 水柱

測 定 位 置	測 定 位 置 標 高 (m)	貯水位 3 5.9 m		貯水位 5 4.5 m	
		最高圧力	最低圧力	最高圧力	最低圧力
a	28.950	2.850	2.850	1.025	0.950
b	28.947	2.503	2.503	-0.622	-0.622
c	28.937	2.513	2.513	-0.162	-0.162
d	28.898	2.452	2.452	0.002	0.002
e	28.742	2.083	2.083	-0.192	-0.192
f	28.482	1.718	1.718	-0.657	-0.657
g	27.650	1.450	1.450	0.400	0.400



資図 - 1 3 放水管出口部水面形状 (中央部)



資図-14 放水管出口水面形状 (右側壁沿)

資表-14 放水管開水路部水面形測定数値表

測定位置		ゲート全開				単位 m	
測 位 置		中 央		右 岸		側 側	
		最 高 (E L)	平 均	最 高 (E L)	平 均	最 高 (E L)	平 均
20				32.465		32.148	
a				32.570		32.228	
c				32.500		32.118	
d		32.445	32.375	32.295		31.768	
d'		32.360	32.280	32.058		31.483	
e		32.230	32.148	31.650		30.945	
ゲートピン				31.615		30.785	
e'				31.348		30.670	
f		31.845	31.750	31.085		30.333	
f'		31.495	31.365	30.160		29.515	
g		31.023	30.823	29.323		28.675	
h		29.298	29.100	27.883		27.273	
i		26.158	26.805	25.933		25.295	

資表-15 放水管開水路部水面形測定数値表

貯水池水位		ゲート開度 2.5 m			
測 定 位 置	中 央		右 岸		例
	最 高 (E L)	平 均	最 高 (E L)	平 均	
20			31.358		31.090
a			31.420		31.128
c			31.358		30.990
d	30.728	30.645	31.303		30.895
d'	30.618	30.565	31.283		30.823
e	30.550	30.423	31.080		30.735
ゲートピン			31.058		30.668
e'			31.018		30.520
f	30.220	30.133	30.650		30.255
f'	29.850	29.745	30.093		29.453
g	29.348	29.230	29.405		28.553
h	27.733	27.588	27.063		26.725
i	25.195	25.045	24.470		24.295

貯水水位		ゲート開度		単位	
5 4.5 m		3.5 m			
測 定 位 置	中 央		右 岸		均
	最 高 (E L)	平 均	最 高 (E L)	平 均	
20			33.408		33.280
a			33.713		33.375
c			33.928		33.345
d	31.753	31.680	33.818		33.205
d'	31.605	31.553	33.545		33.015
e	31.425	31.395	33.183		32.720
ゲートピン			33.043		32.650
e'			32.710		32.475
f	31.083	30.898	32.395		32.140
f'	30.508	30.325	31.525		31.108
g	30.080	29.905	30.485		30.085
h	28.395	28.078	28.260		27.805
i	26.158	25.420	25.645		24.870

資表-16 放水管開水路部水面形測定数値表

貯水水位		ゲート開度		3.30 m		単位		m	
測 定 番 号	中 央		右 岸		側				
	最 高 (EL)	平 均	最 高 (EL)	平 均	最 高 (EL)	平 均	最 高 (EL)	平 均	
20					32.795		32.550		
a					32.943		32.638		
c					33.095		32.693		
d	31.505	31.388			33.165		32.703		
d'	31.315	31.260			33.088		32.620		
e	31.245	31.165			32.950		32.483		
ゲートピン					32.845		32.338		
e'					32.768		32.108		
f	30.783	30.703			32.420		31.813		
f'	30.315	30.248			31.585		30.928		
g	29.820	29.745			30.340		29.403		
h	28.243	27.975			27.898		27.485		
i	25.870	25.725			25.295		24.870		

貯水池水位		ゲート開度 3.0 m		単位 m	
測 定 位 置	中 央		右 岸		側 溝
	最 高 (EL)	平 均	最 高 (EL)	平 均	
20			32.135		31.605
a			32.225		31.728
c			32.250		31.645
d	31.163	31.075	32.248		31.653
d'	31.030	30.990	32.200		31.555
e	30.935	30.813	32.085		31.330
ゲートピン			31.995		31.305
e'			31.808		31.103
f	30.500	30.468	31.673		30.915
f'	30.145	30.063	31.095		30.220
g	29.665	29.564	30.368		29.308
h	27.860	27.745	27.273		27.215
i	25.770	25.370	24.720		24.470



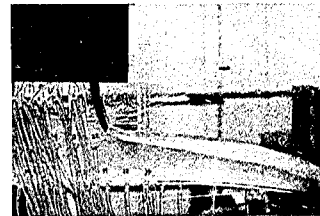
写真真一 1 放流状況(正面より)



写真真一 2 放流状況(平面)



写真真一 3 放流状況(右岸側面より)



写真真一 4 ゲートピン付近の流況(右岸側面より)

放水管	その3
貯水位	WL 54.5 m
ゲート開度	2.5 m



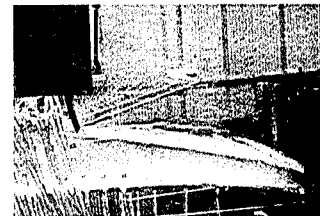
写真真一 5 放流状況(正面より)



写真真一 6 放流状況(平面)



写真真一 7 放流状況(右岸側面より)

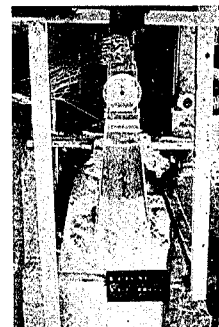


写真真一 8 ゲートピン付近の流況(右岸側面より)

放水管	その3
貯水位	WL 54.5 m
ゲート開度	3.0 m



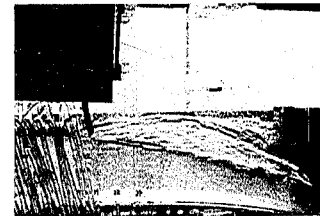
写真真一 9 放流状況(正面より)



写真真一 10 放流状況(平面)



写真真一 11 放流状況(右岸側面より)

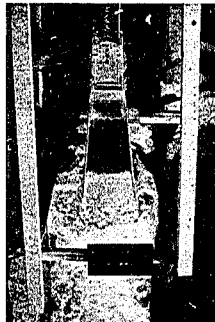


写真真一 12 ゲートピン付近の流況(右岸側面より)

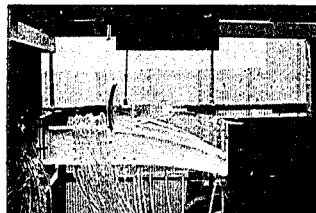
放水管	その3
貯水位	WL 54.5 m
ゲート開度	3.3 m



写真真一 13 放流状況(正面より)



写真真一 14 放流状況(平面)



写真真一 15 放流状況(右岸側面より)

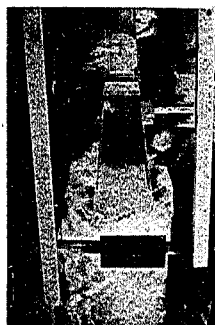


写真真一 16 ゲートピン付近の流況(右岸側面より)

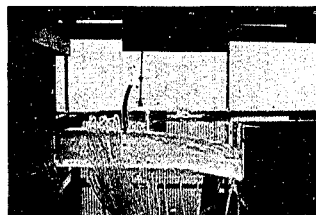
放水管	その3
貯水位	WL 54.5 m
ゲート開度	3.5 m



写真真一 17 放流状況(正面より)



写真真一 18 放流状況(平面)



写真真一 19 放流状況(右岸側面より)



写真真一 20 ゲートピン付近の流況(右岸側面より)

放水管	その3
貯水位	WL 54.5 m
ゲート開度	3.7 m (全開)

I - 3 放水管開水路部全体模型比較実験

実験条件

実験名	形 状	条 件		備 考
		貯水位	ゲ ー ト 開 度	
流 量 測 定	A	W L 3 5. 9 m	2 0 ϕ	
圧 力 測 定			4 0	
水面形測定	B	W L 5 4. 5 m	6 0	
	C		8 0	
流 況 観 察				

- 注) 1. 形状は、水叩きでの幅がそれぞれ 8 m (A)、9 m (B)
 および 1 0 m (C)とした。
2. 放水管は最良案放水管とした。

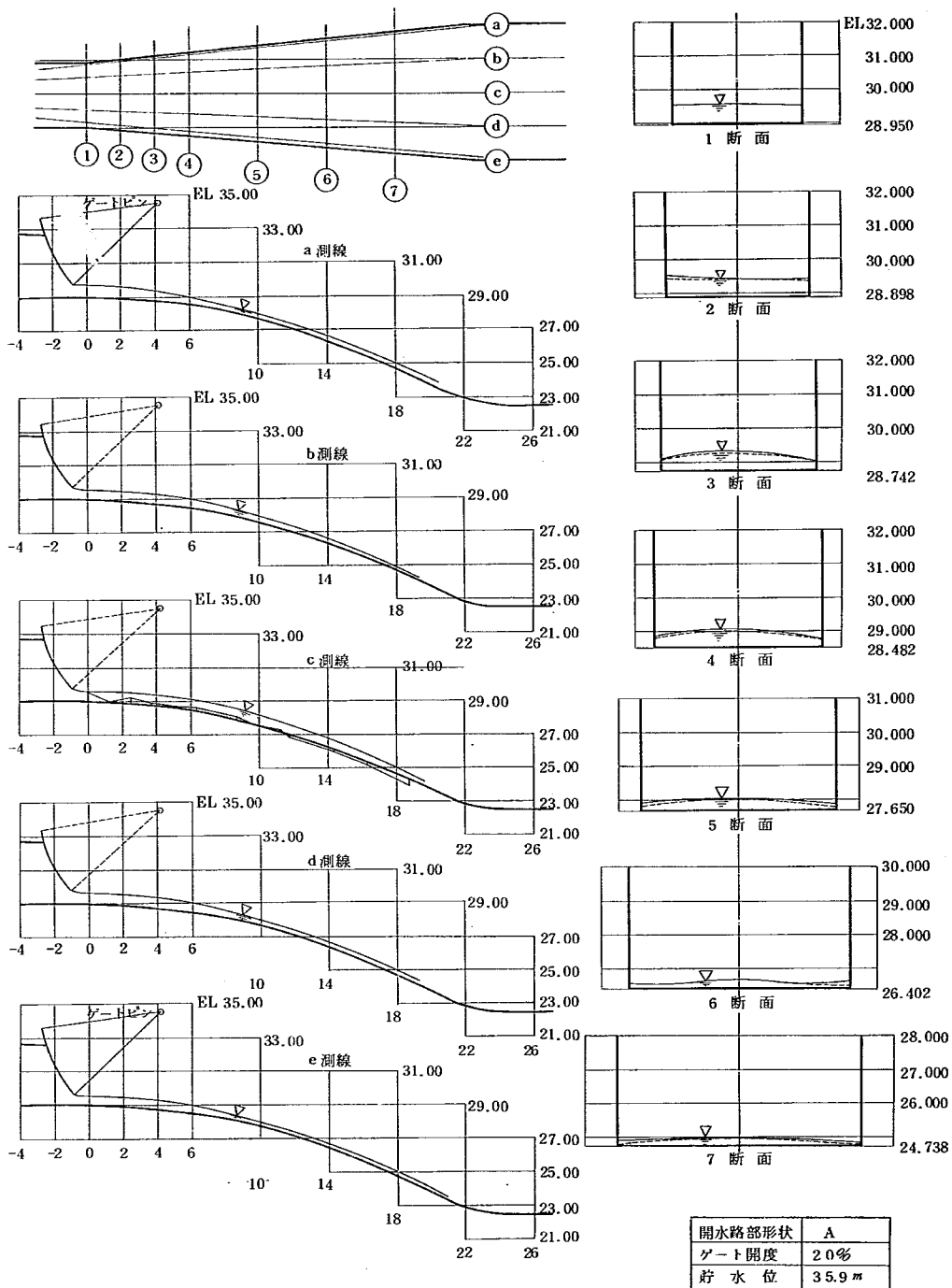
実験結果

7	放流量関係	資表 1 7	
8	開水路部水面形と底面圧力関係	資図 1 5 ~ 4 4	資表 1 8 ~ 4 7
9	開水路部の流れ	資写真 2 1 ~ 1 1 0	

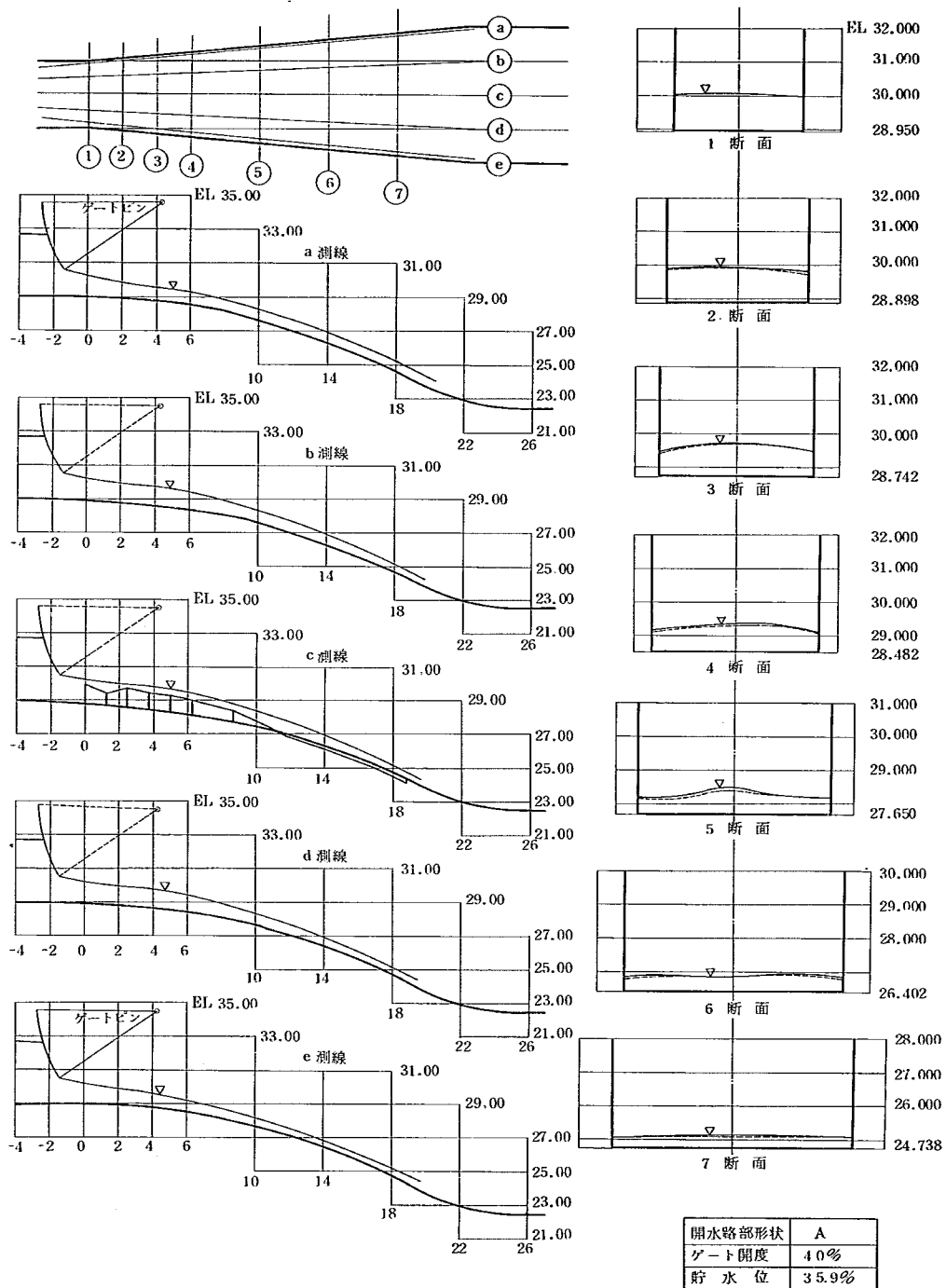
資表-17 形状による放流量の比較

ゲート開度	$A (B=8m)$		$B (B=9m)$		$C (B=10m)$	
	L, W, L 3 5.9 m	H, W, L 5 4.5 m	L, W, L 3 5.9 m	H, W, L 5 4.5 m	L, W, L 3 5.9 m	H, W, L 5 4.5 m
20 %		4 3.4 2 8	2 1.0 1 3	4 2.5 5 9	2 1.3 8 4	4 3.7 6 9
40	3 8.4 7 5	8 2.9 3 1	3 9.8 2 5	8 2.4 9 7	4 0.1 9 7	8 2.7 5 9
60	5 6.9 0 5	1 2.4 4 3 1	5 6.6 4 0	1 2.2 9 9 1	5 6.2 4 4	1 2.2 9 9 0
80	7 2.1 4 1	1 7.2 0 6 9	7 4.9 1 9	1 7.6 2 6 9	7 5.0 1 6	1 7.4 4 6 6
100	1 0.1 7 7 2	2 5.9 7 3 4	1 0.0 7 0 6	2 5.7 4 7 8	1 0.1 0 6 6	2 6.3.1 6 3

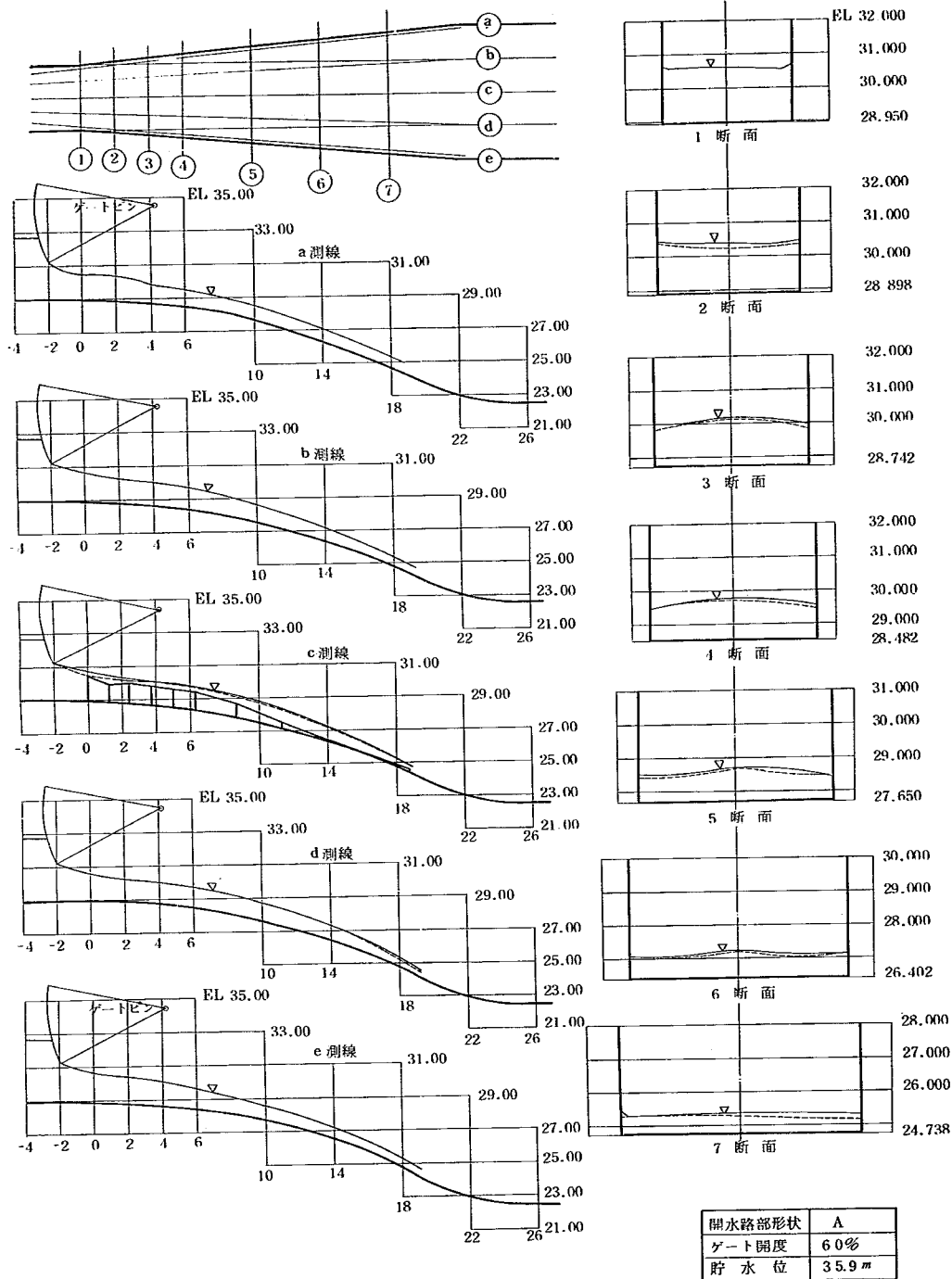
B : 水たたきでの幅



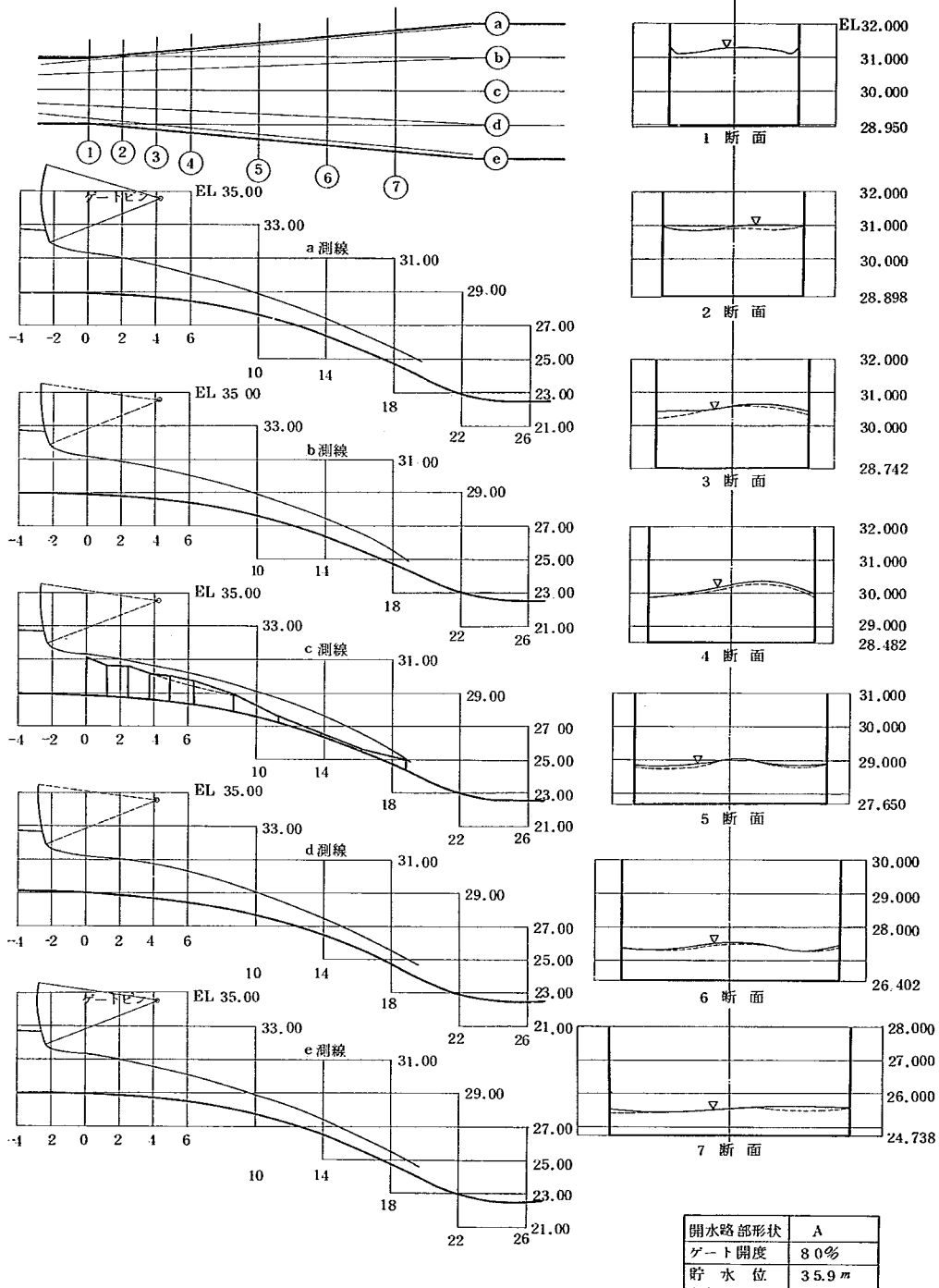
資図-15 開水路部水面形状と底面圧力



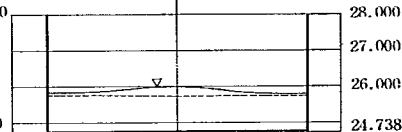
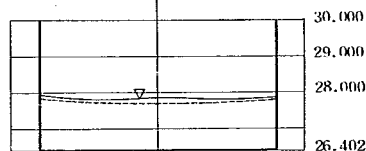
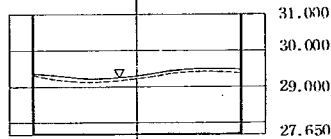
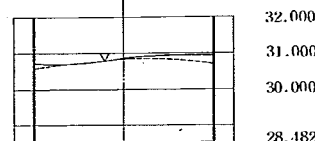
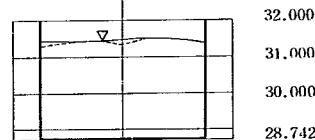
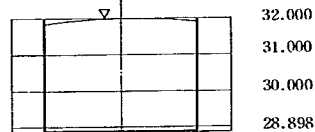
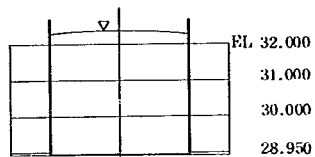
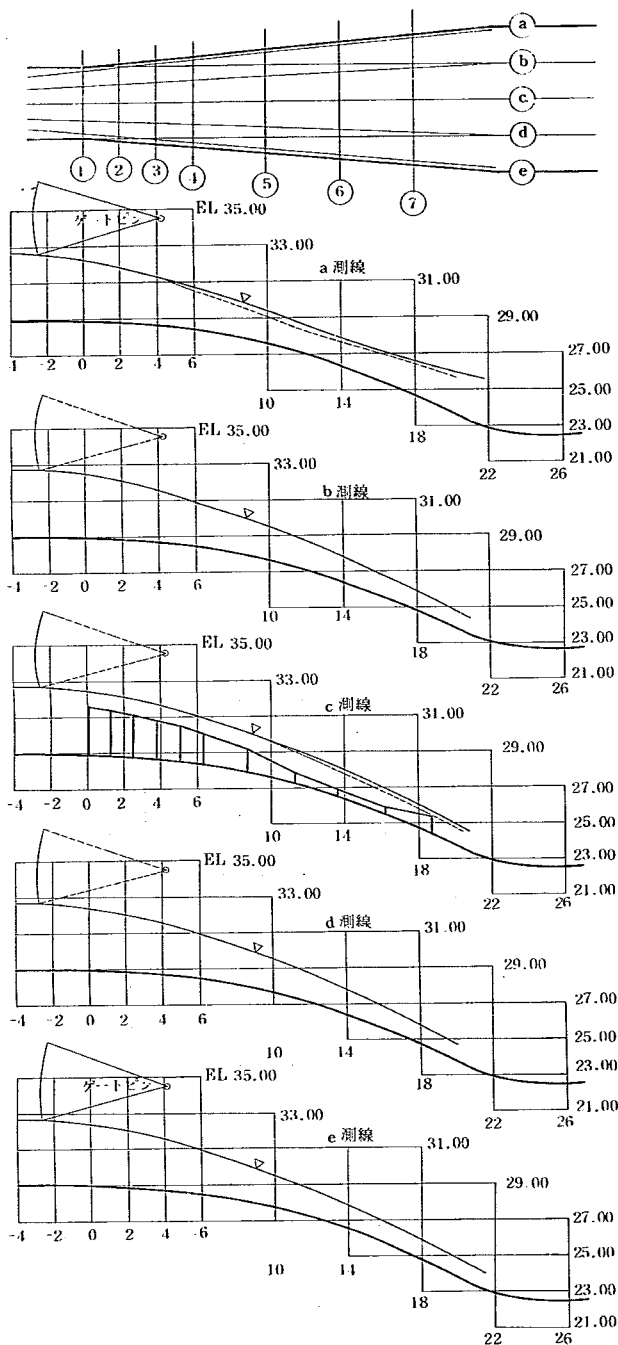
資図 - 1 6 開水路部水面形状と底面圧力



資図 - 1 7 開水路部水面形状と底面圧力

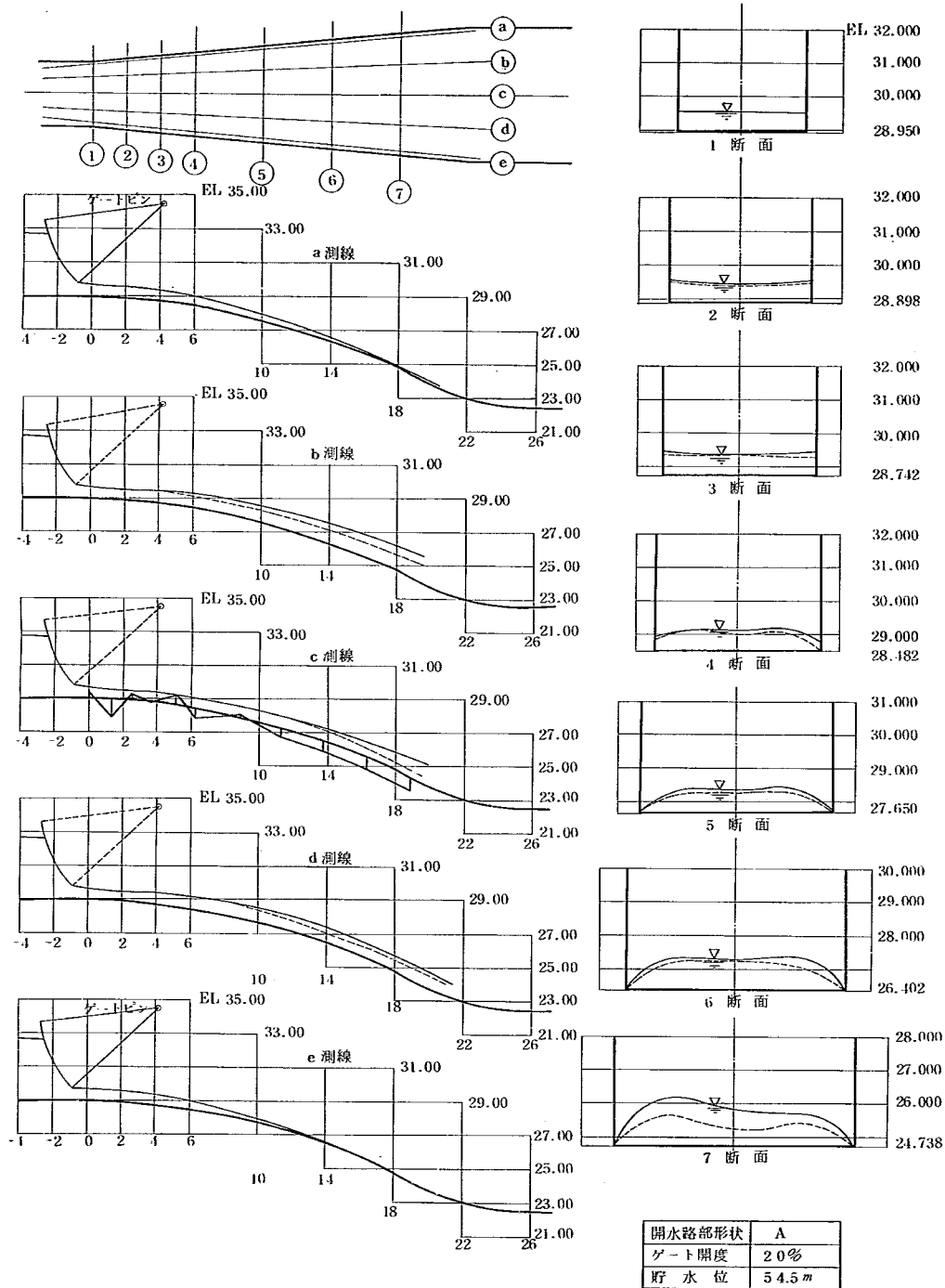


資図 - 1 8 開水路部水面形状と底面圧力

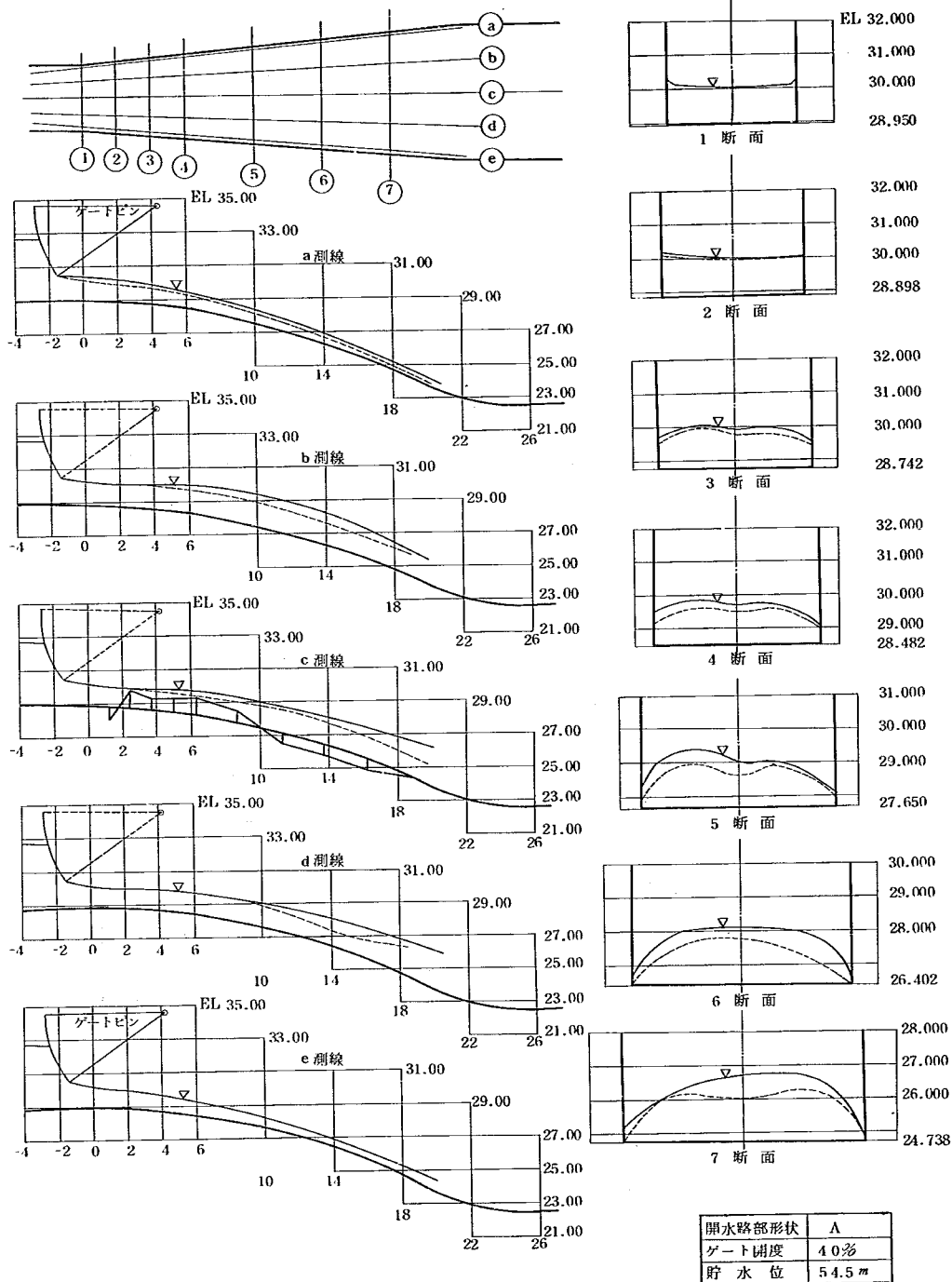


開水路部形状	A
ゲート開度	100%
貯水位	35.9m

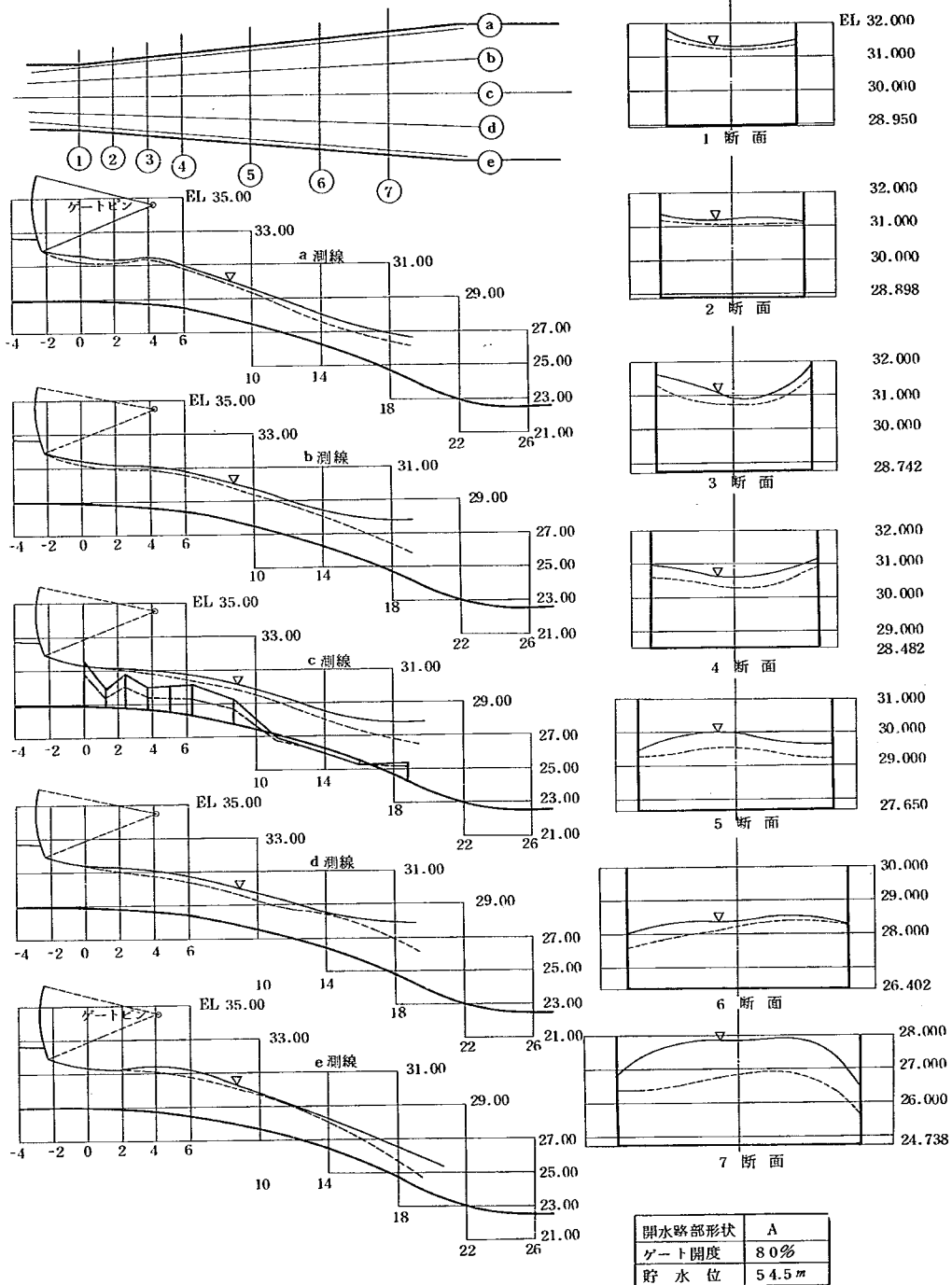
資図-19 開水路部水面形状と底面圧力



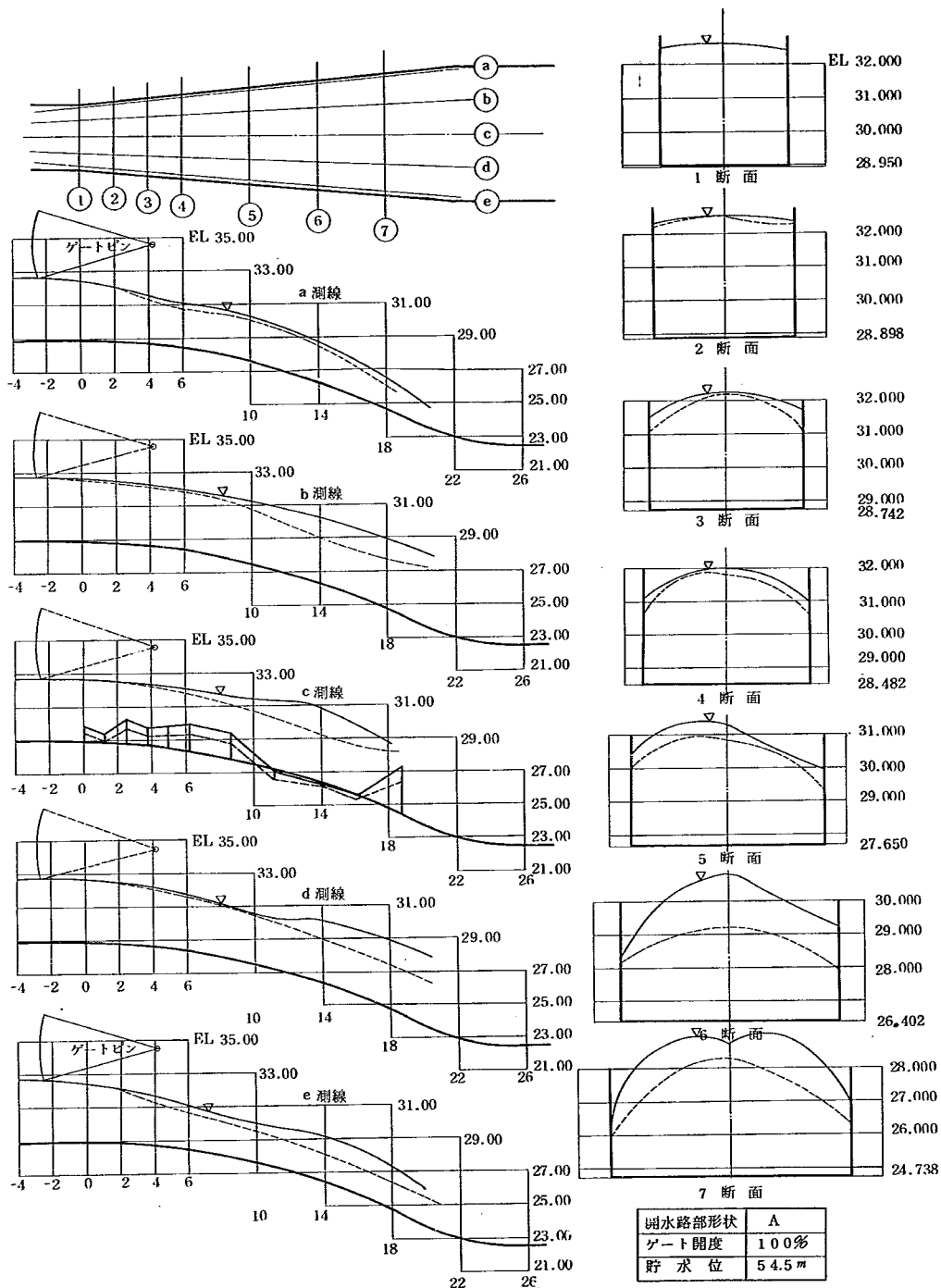
資図-20 開水路部水面形状と底面圧力



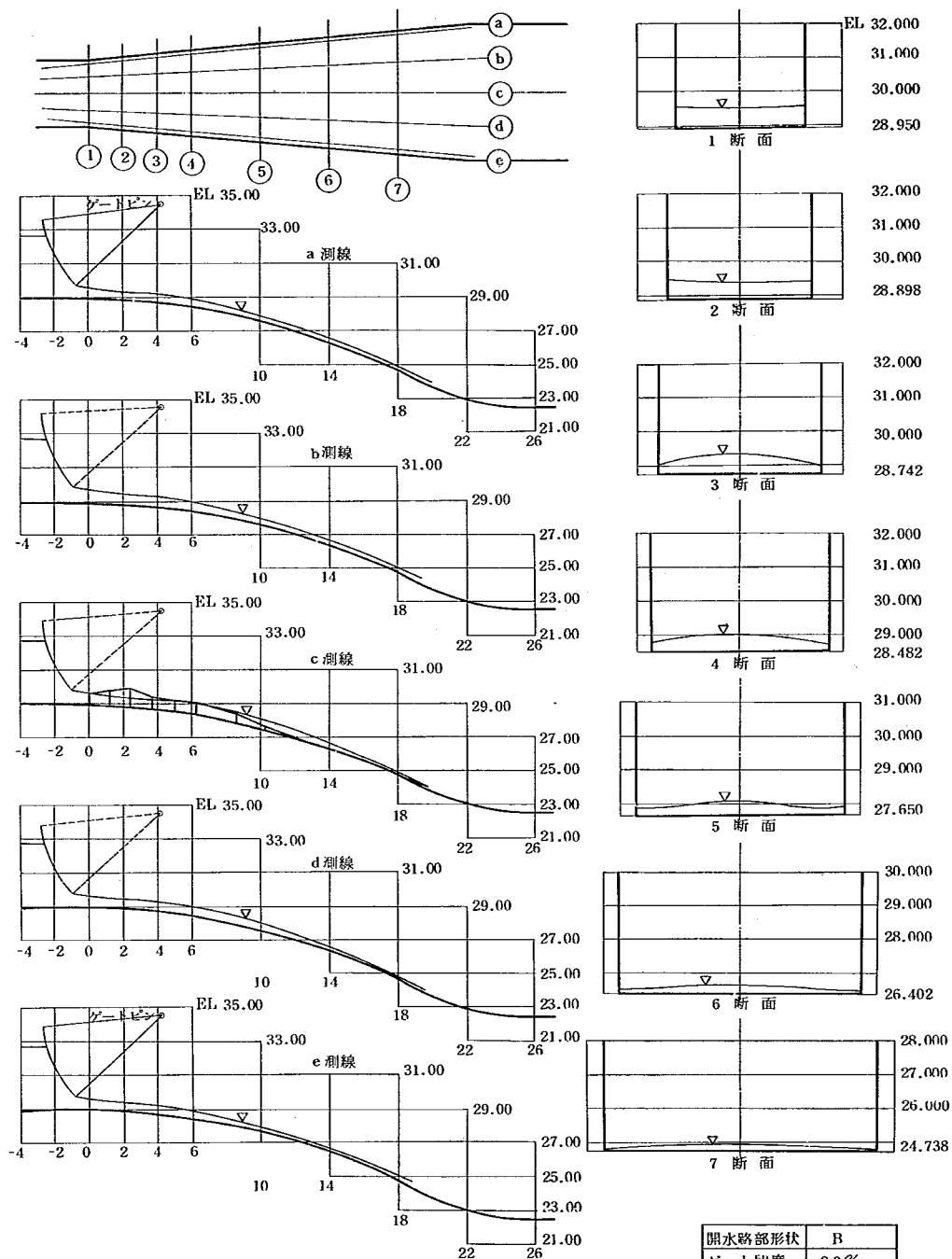
資図 - 2 1 開水路部水面形状と底面圧力



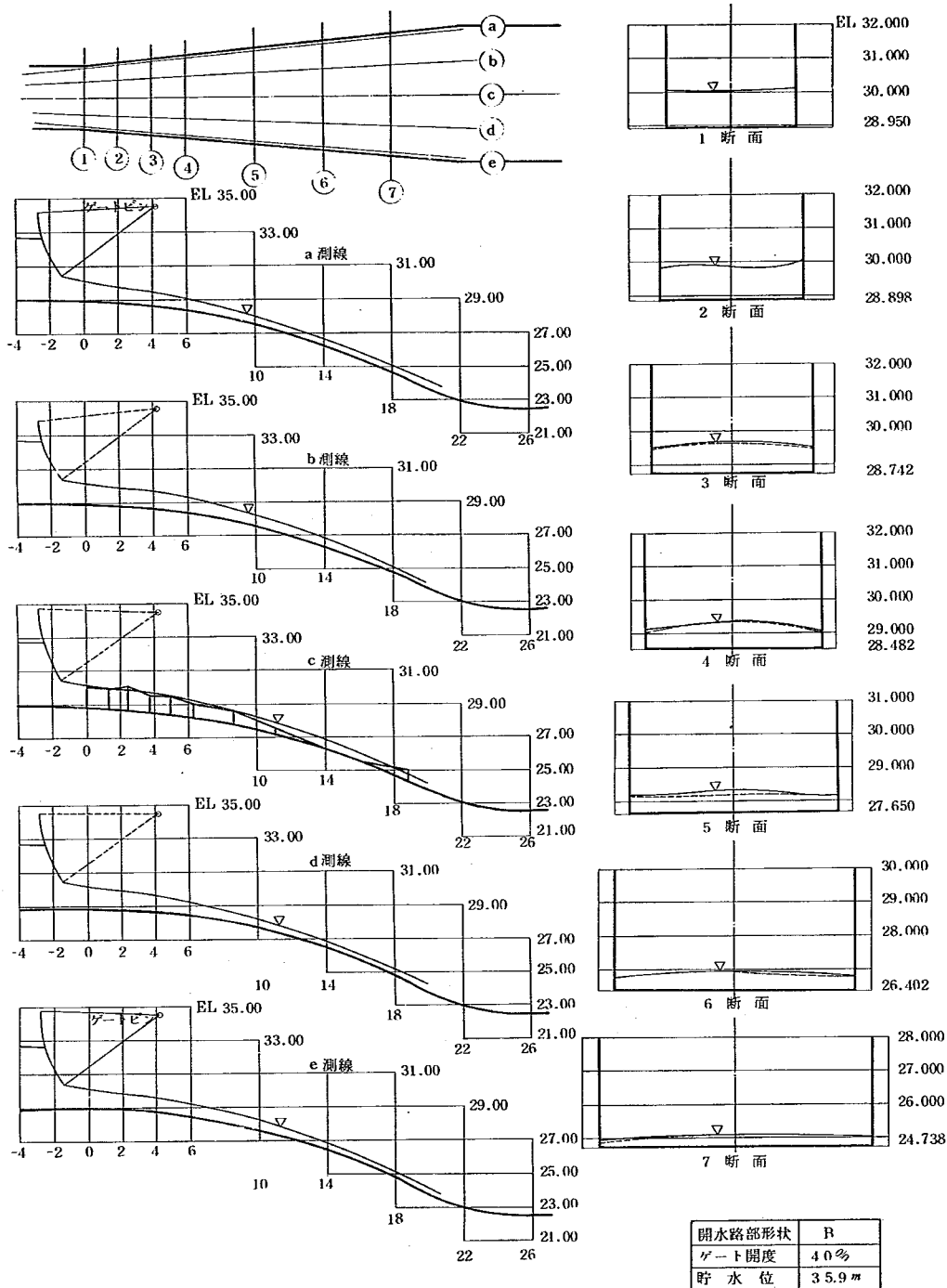
資図 - 2 3 開水路部水面形状と底面圧力



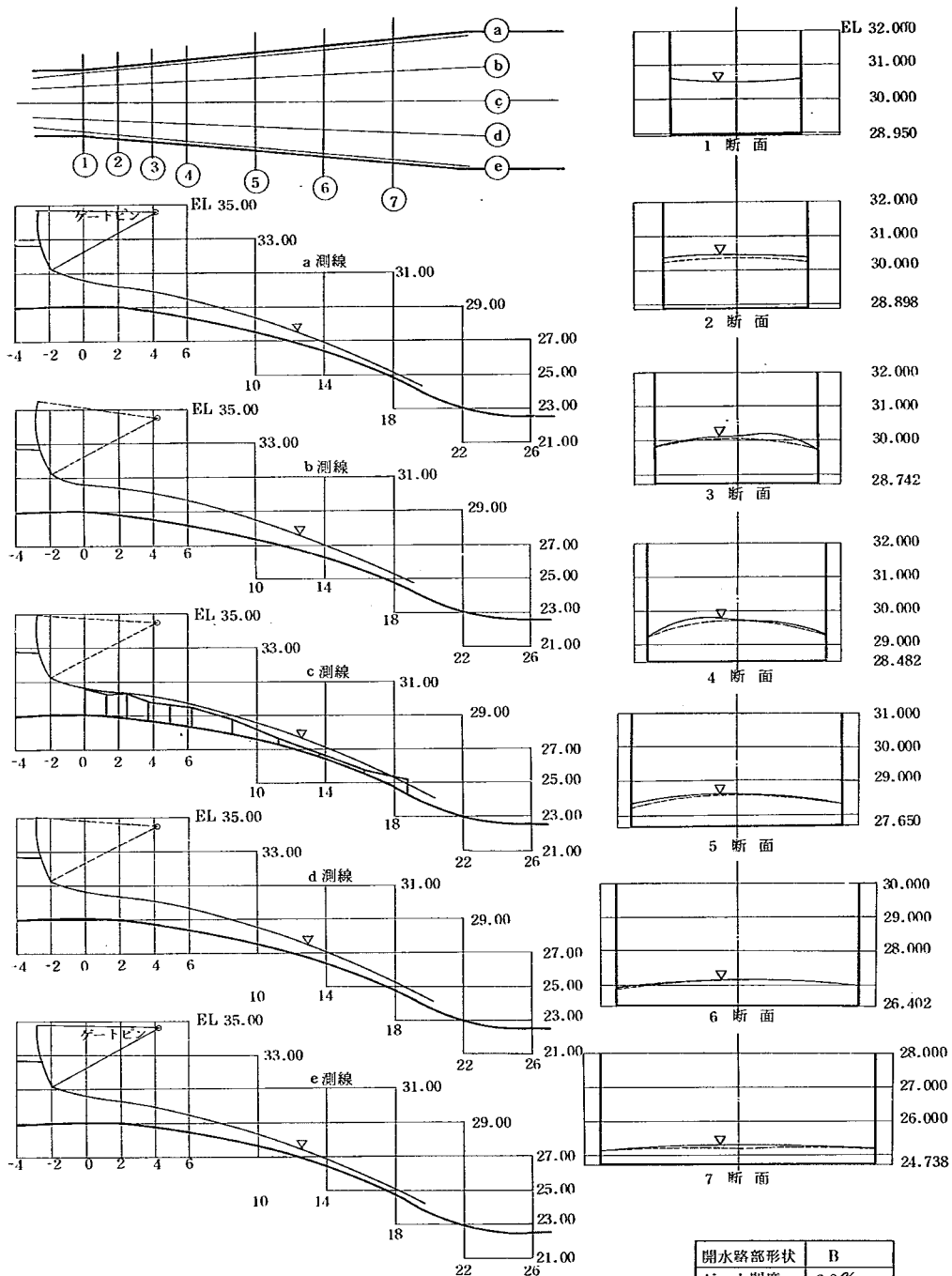
資図-24 開水路部水面形状と底面圧力



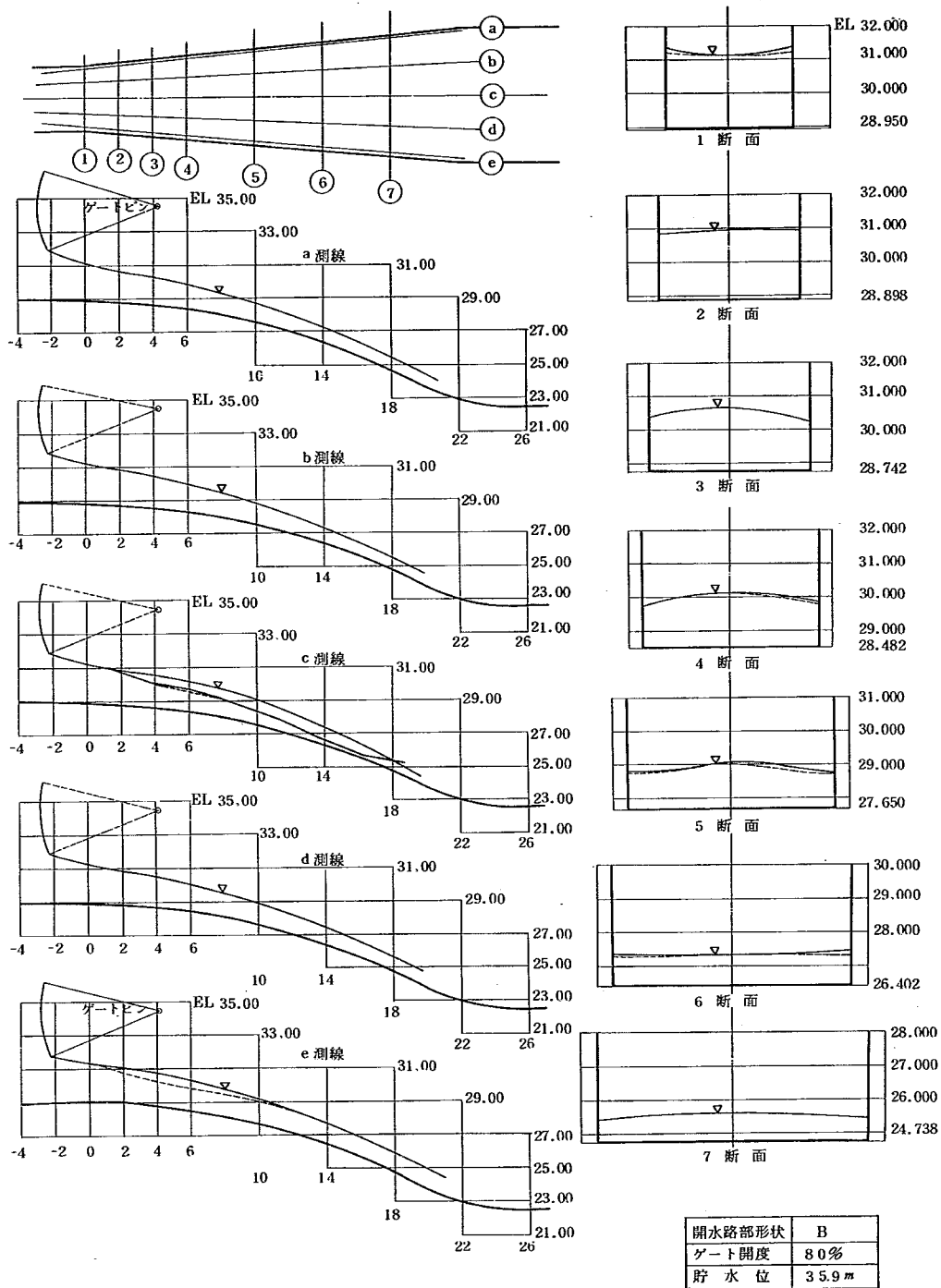
資図 - 2 5 開水路部水面形状と底面圧力



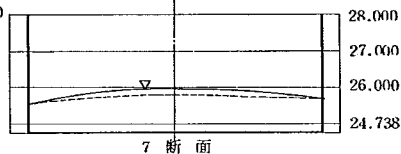
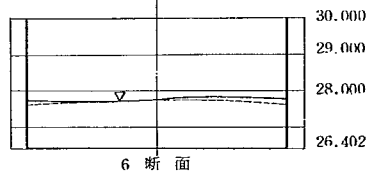
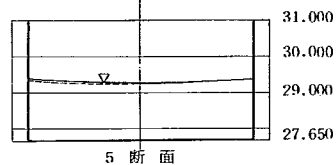
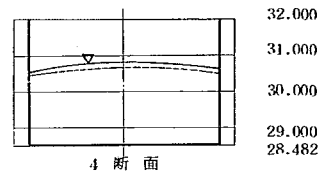
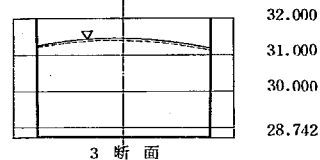
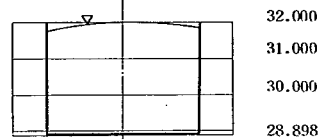
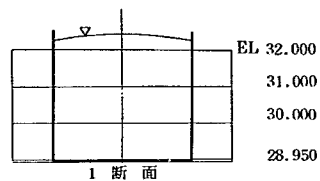
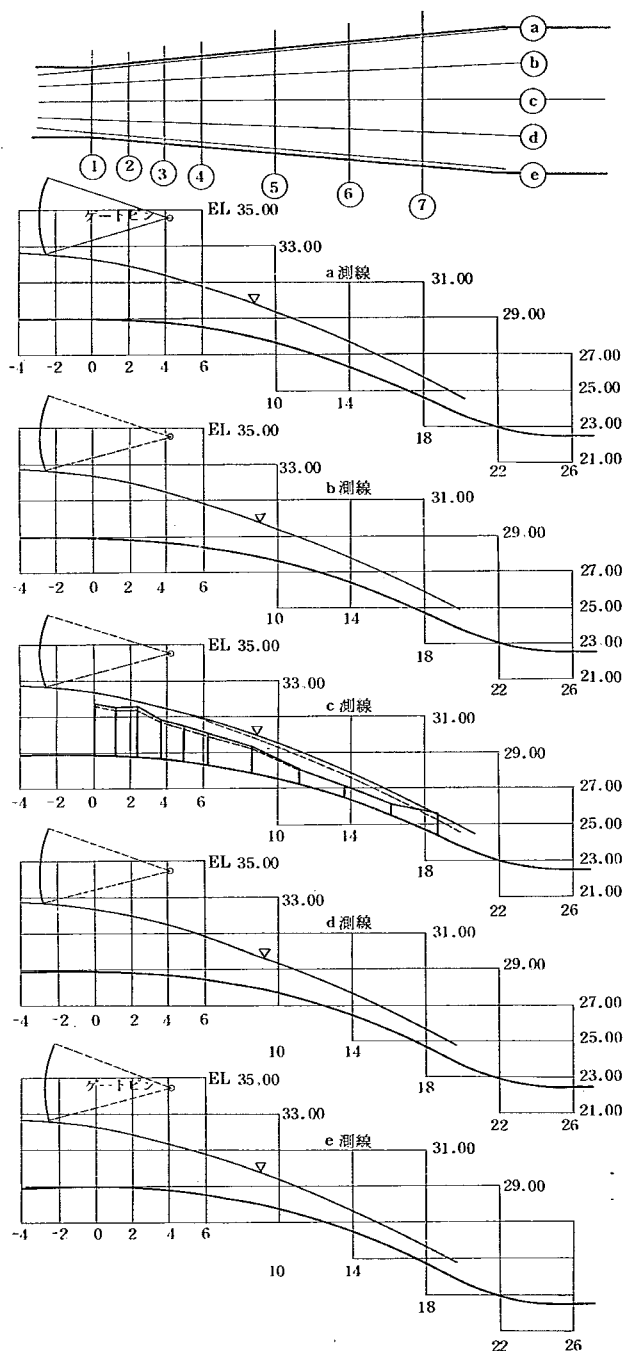
資図 - 2 6 開水路部水面形状と底面圧力



資図-27 開水路部水面形状と底面圧力

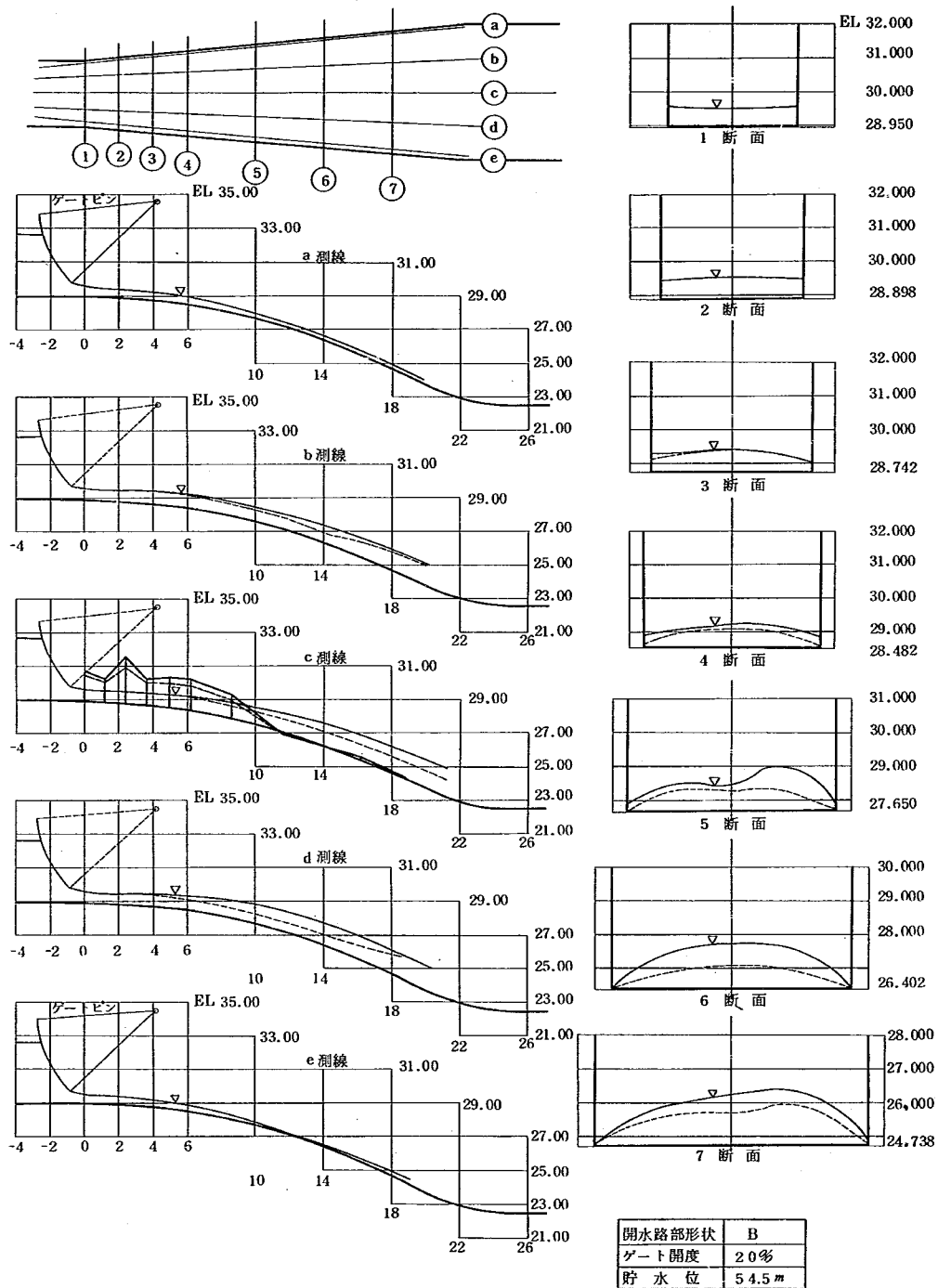


資図-28 開水路部水面形状と底面圧力

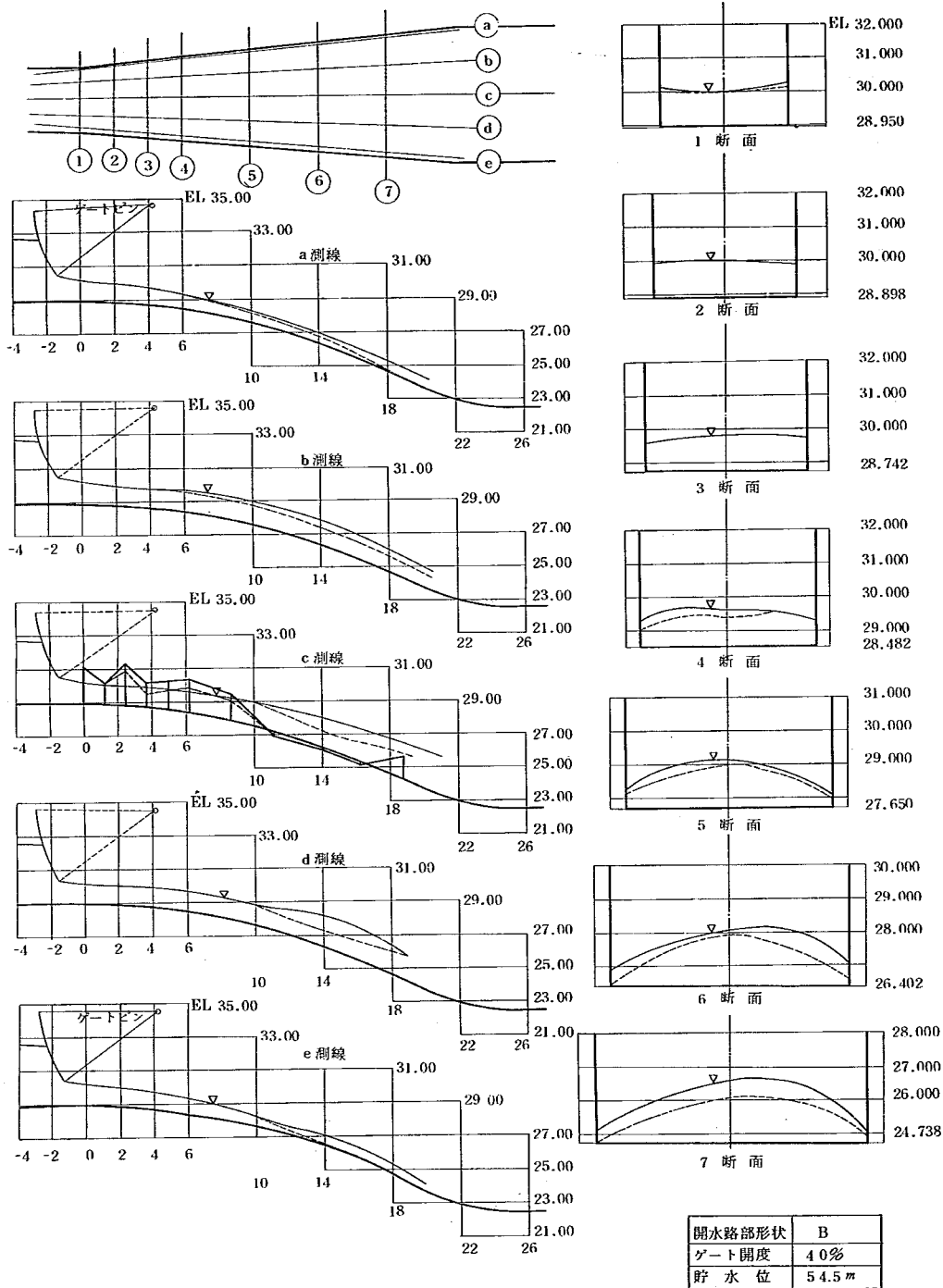


開水路部形状	R
ゲート開度	100%
貯水位	35.9m

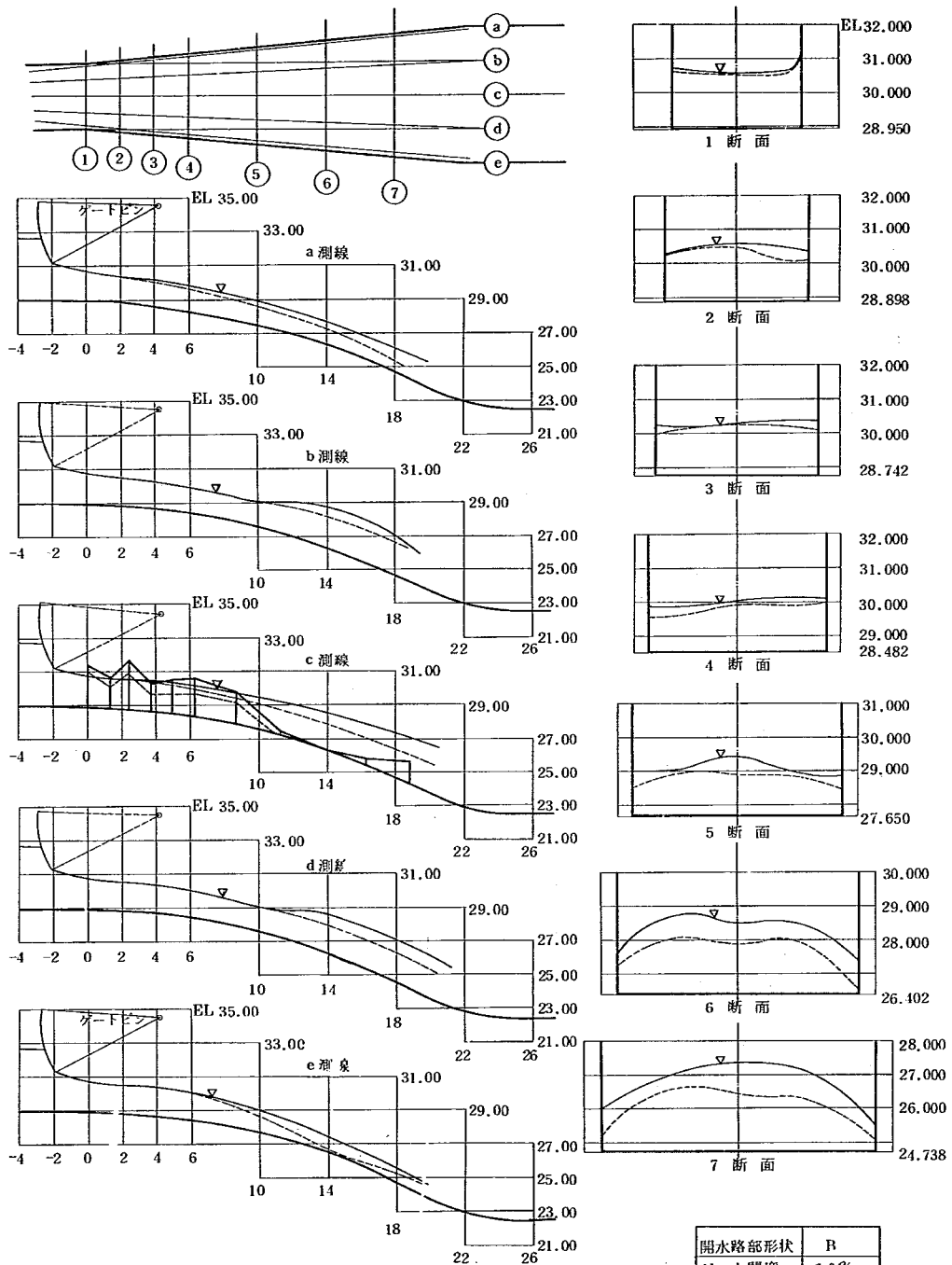
資図-29 開水路部水面形状と底面圧力



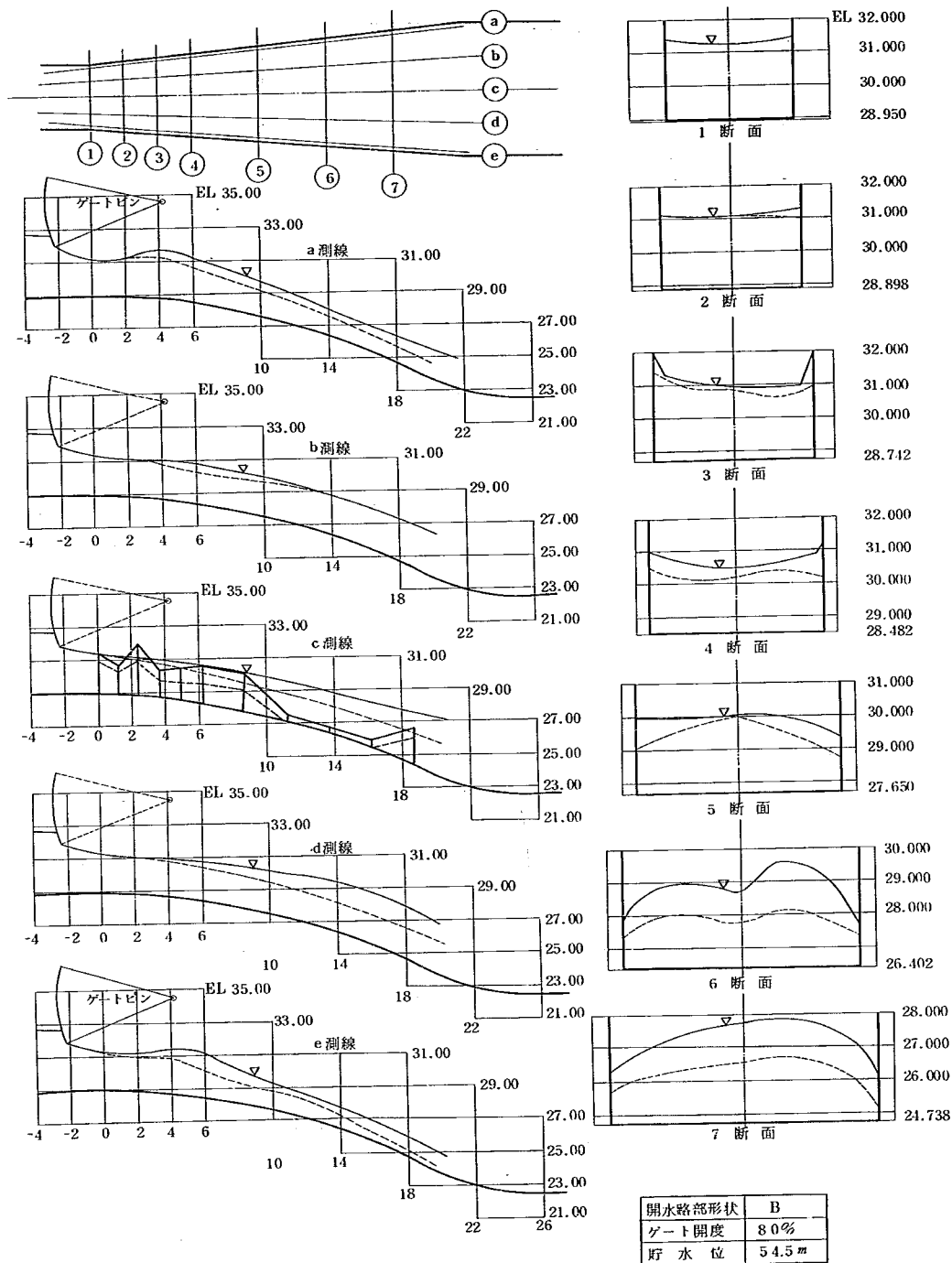
資図-30 開水路部水面形状と底面圧力



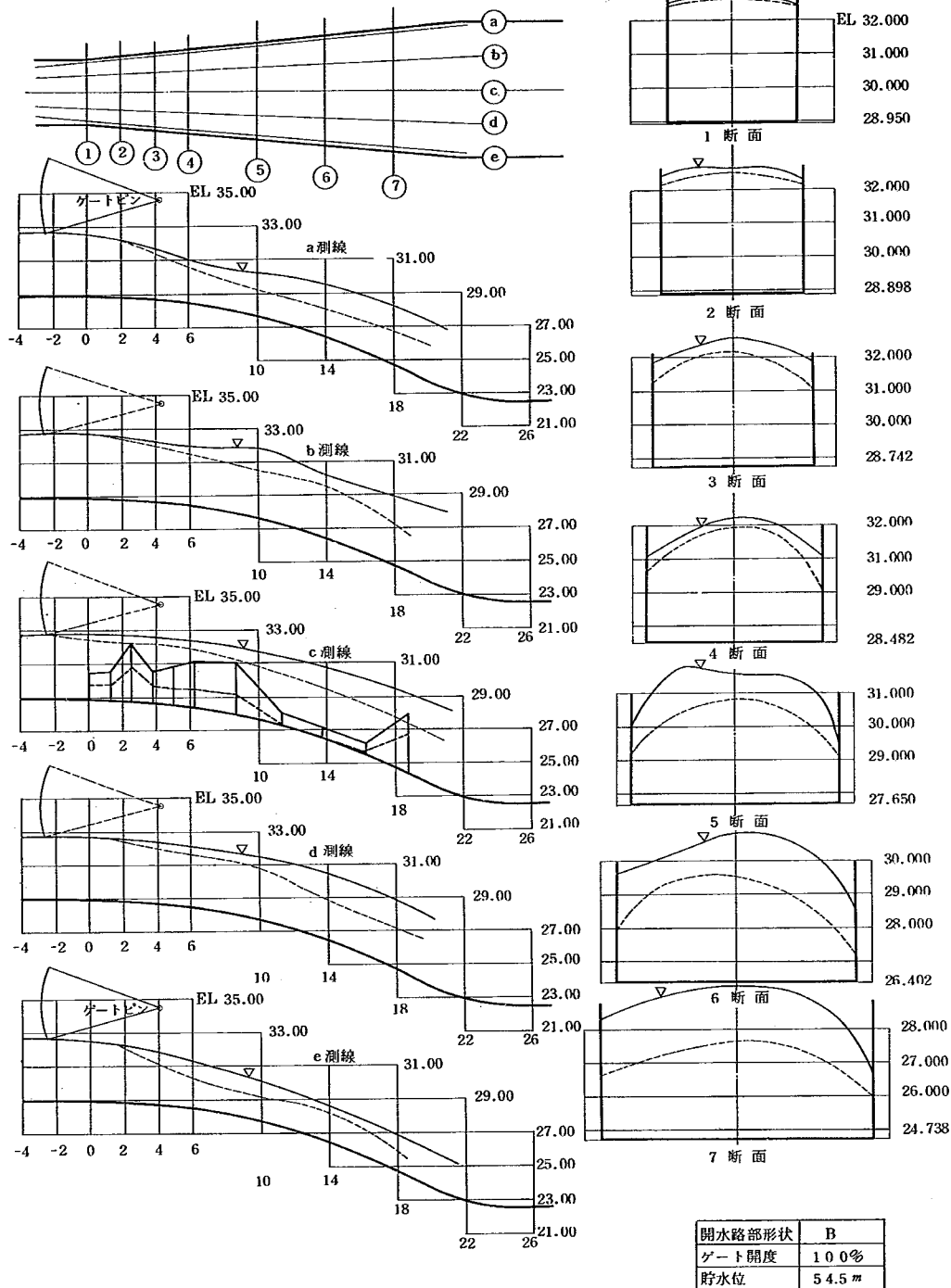
資図-31 開水路部水面形状と底面圧力



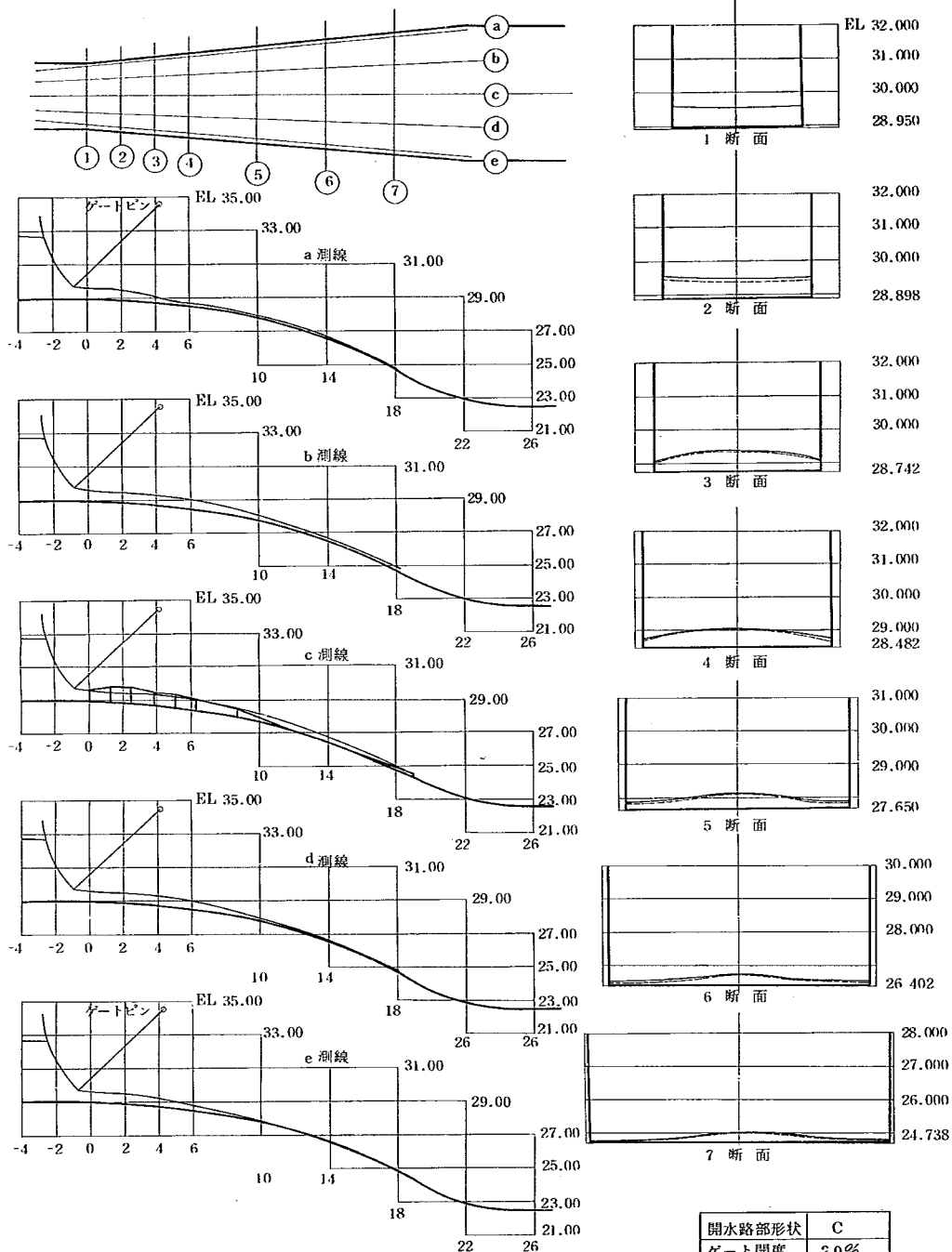
資図-3 2 開水路部水面形状と底面圧力



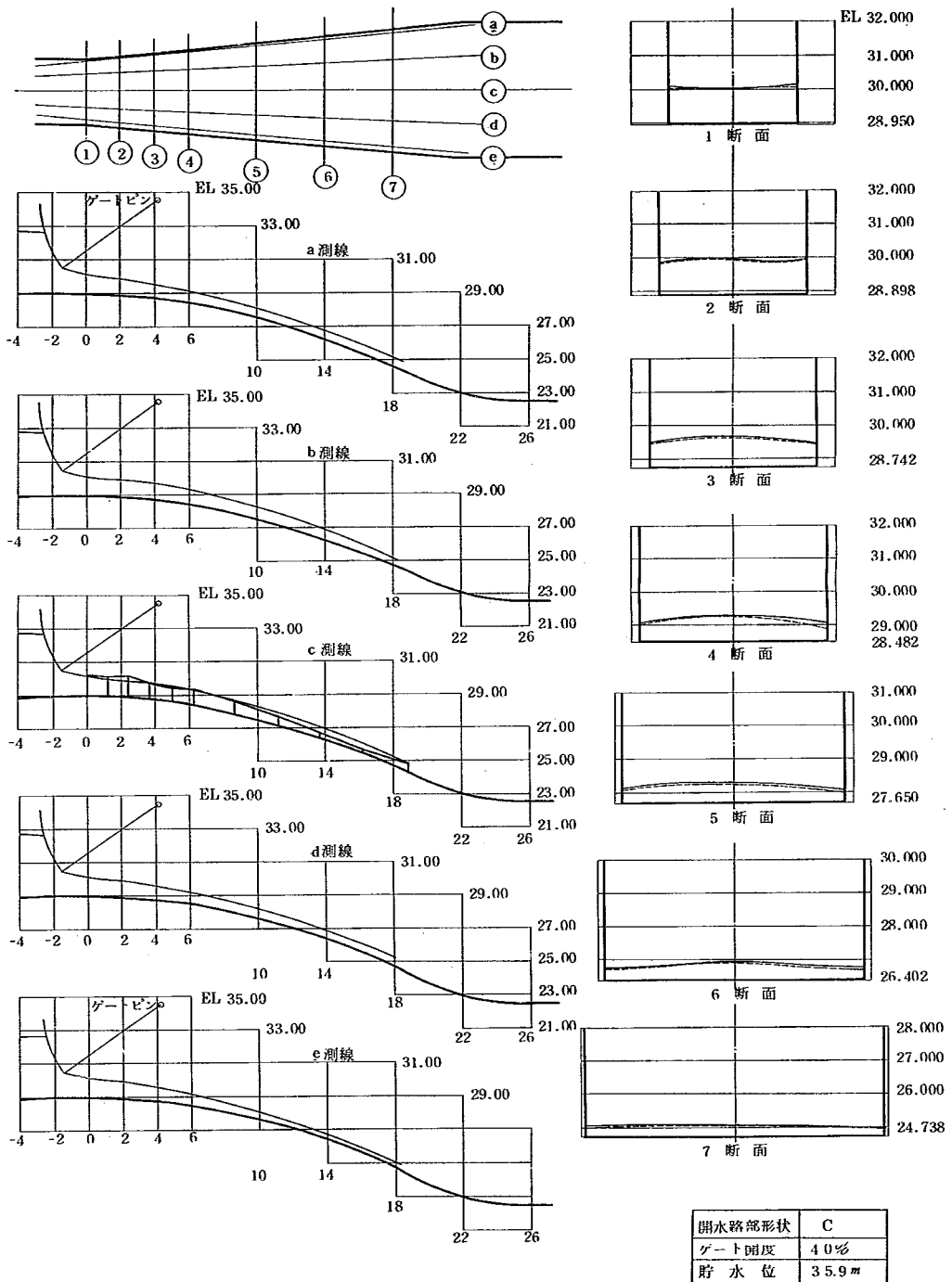
資図-33 開水路部水面形状と底面圧力



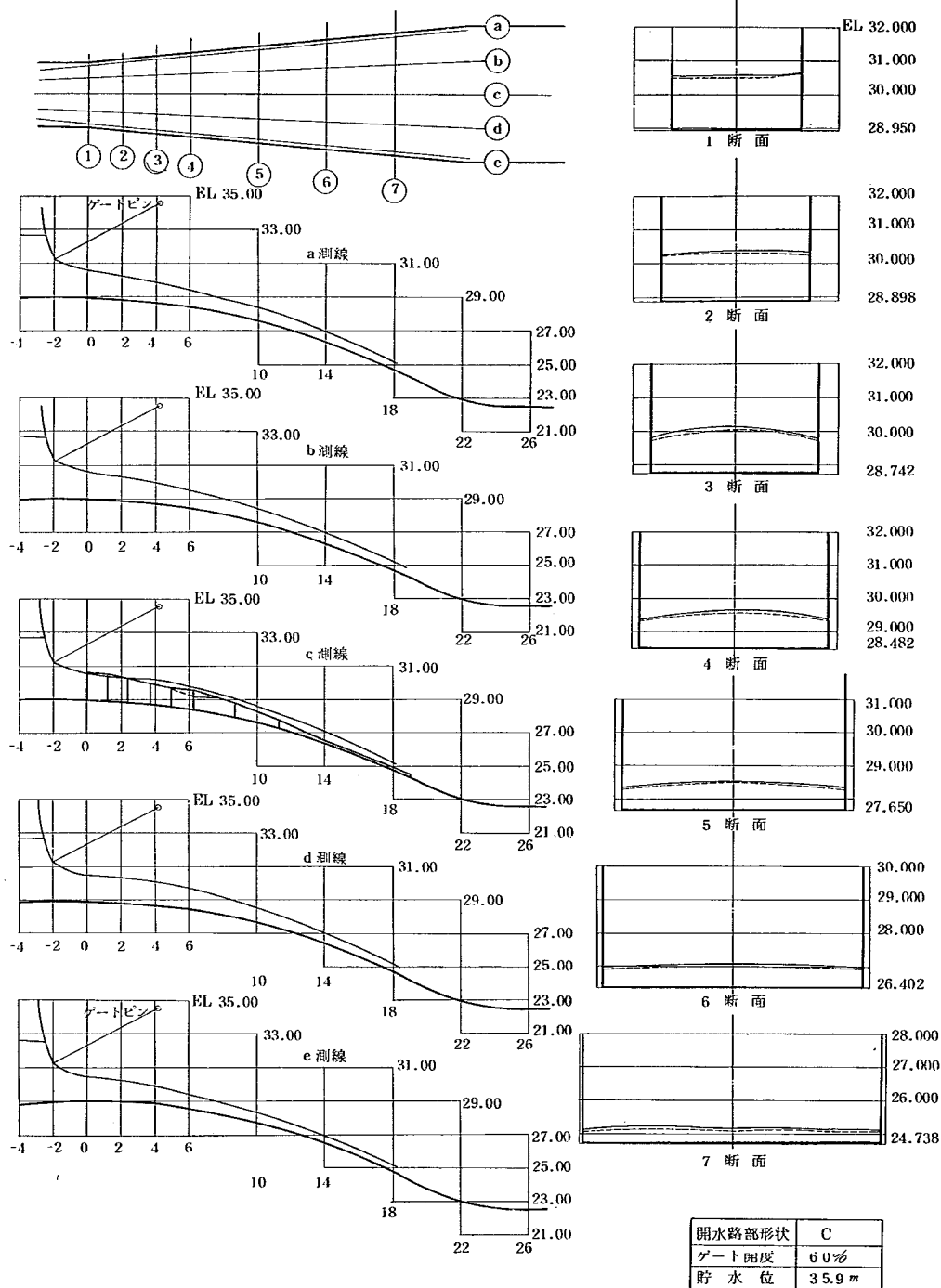
資図 - 3 4 開水路部水面形状と底面圧力



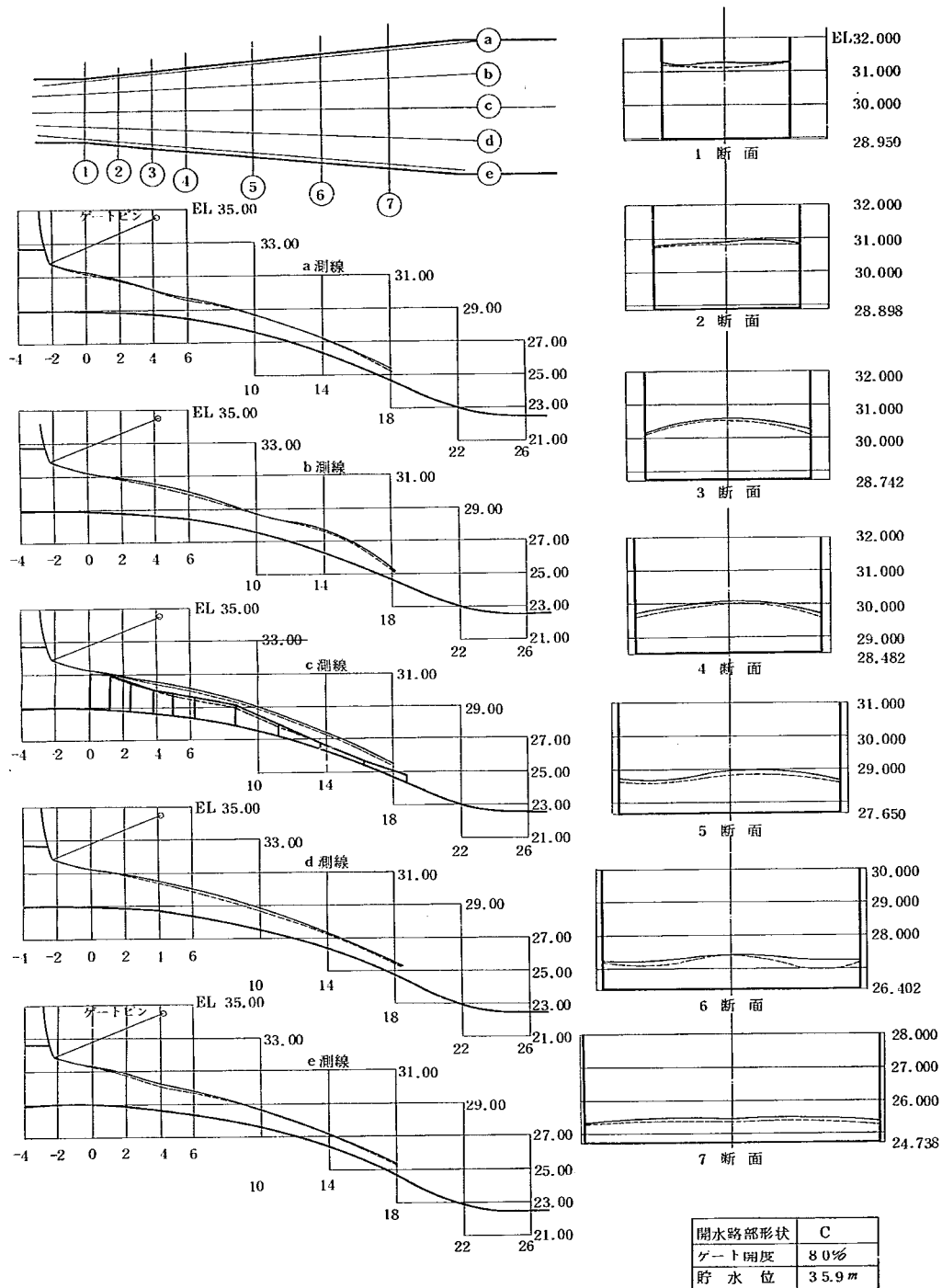
資図-35 開水路部水面形状と底面圧力



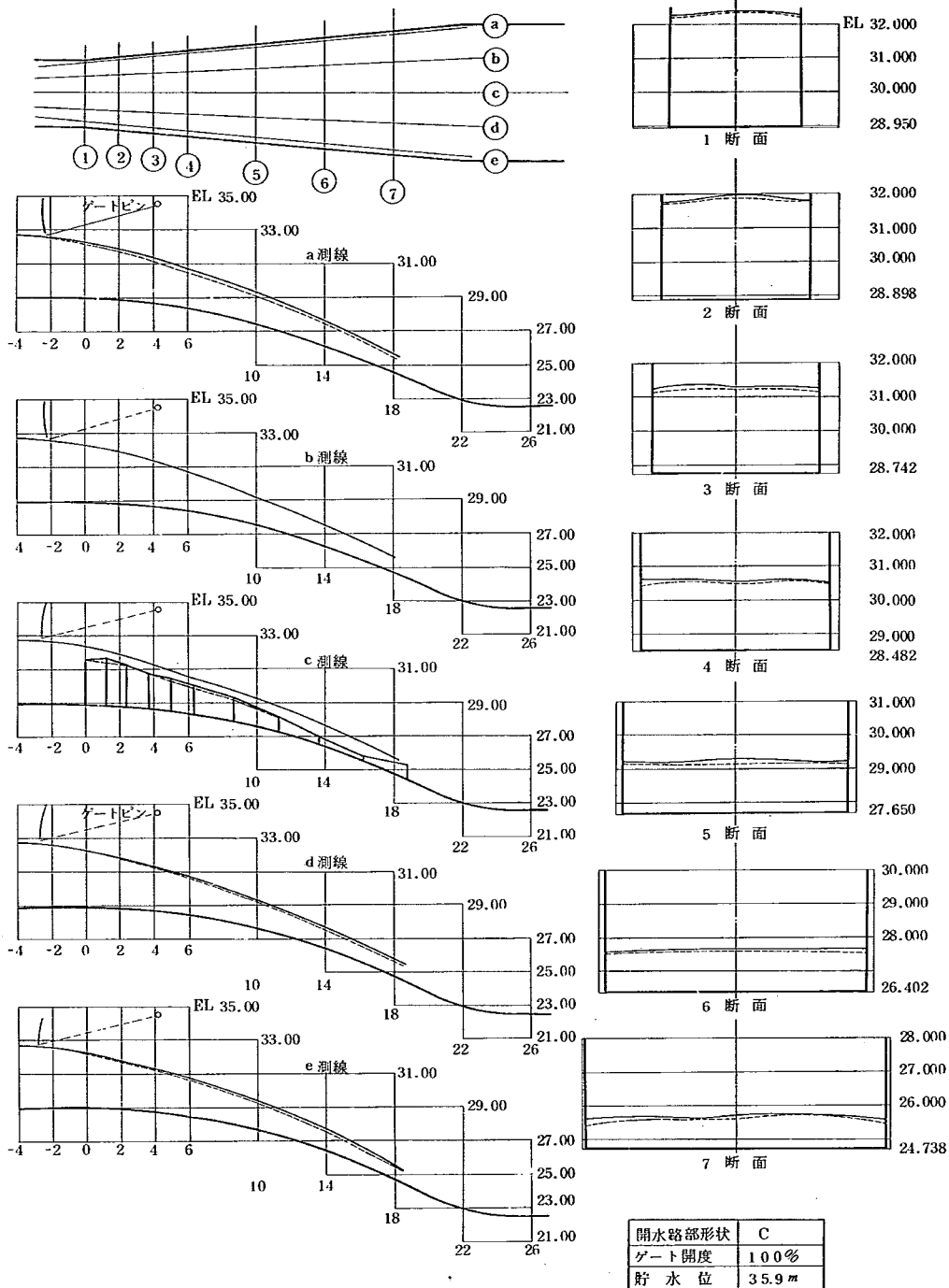
資図 - 3 6 開水路部水面形状と底面圧力



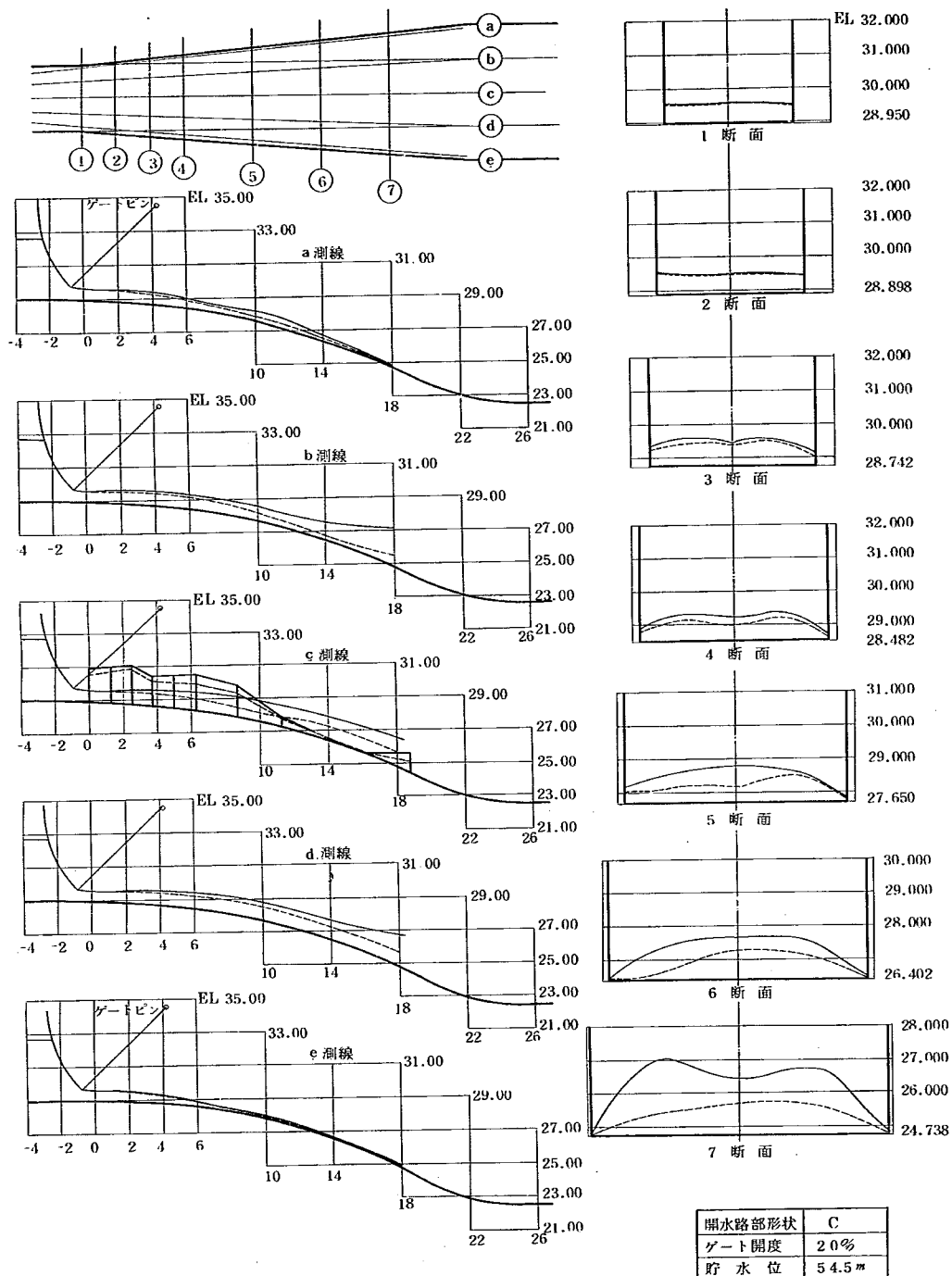
資図 - 37 開水路部水面形状と底面圧力



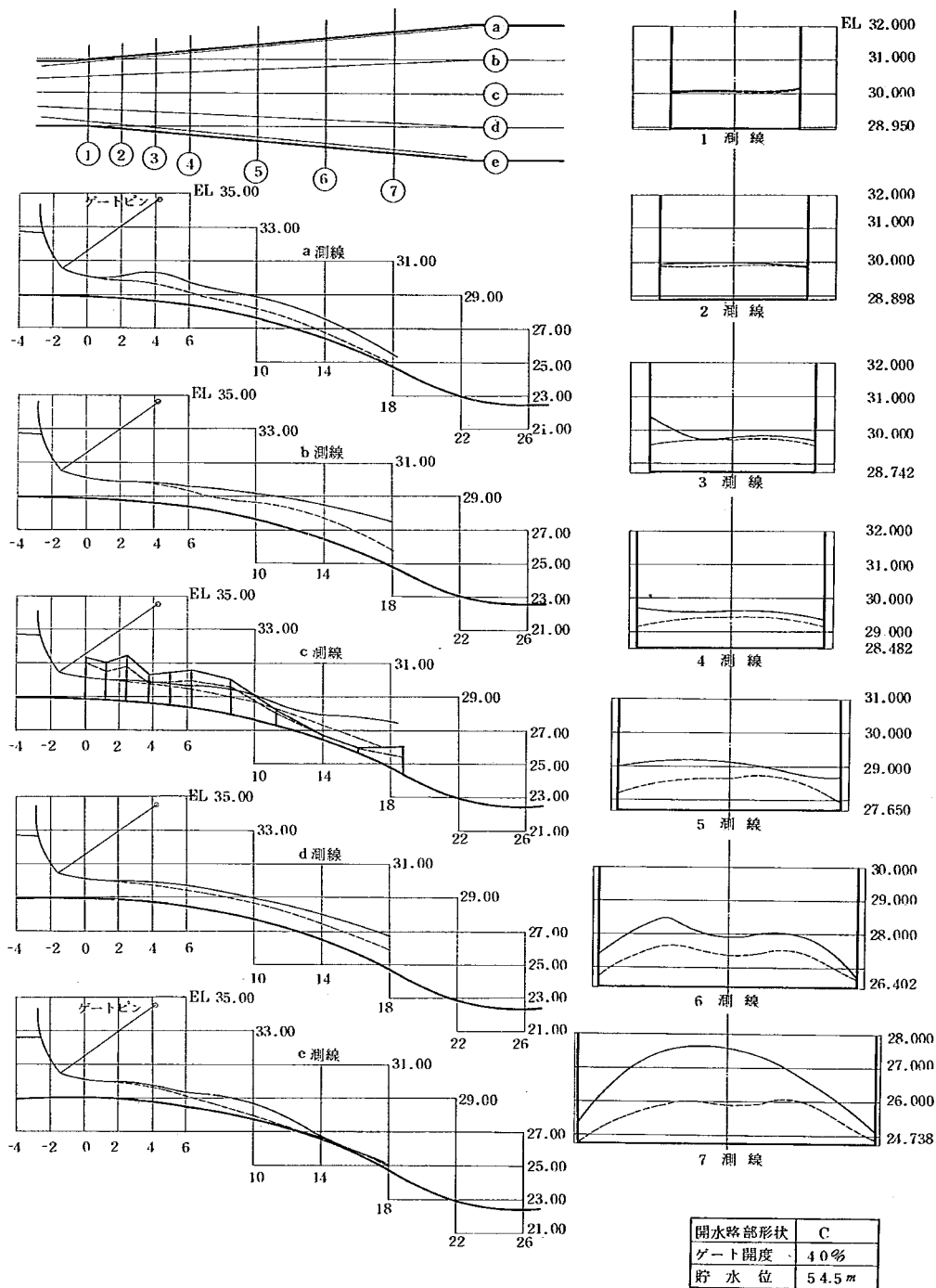
資図 - 3 8 開水路部水面形状と底面圧力



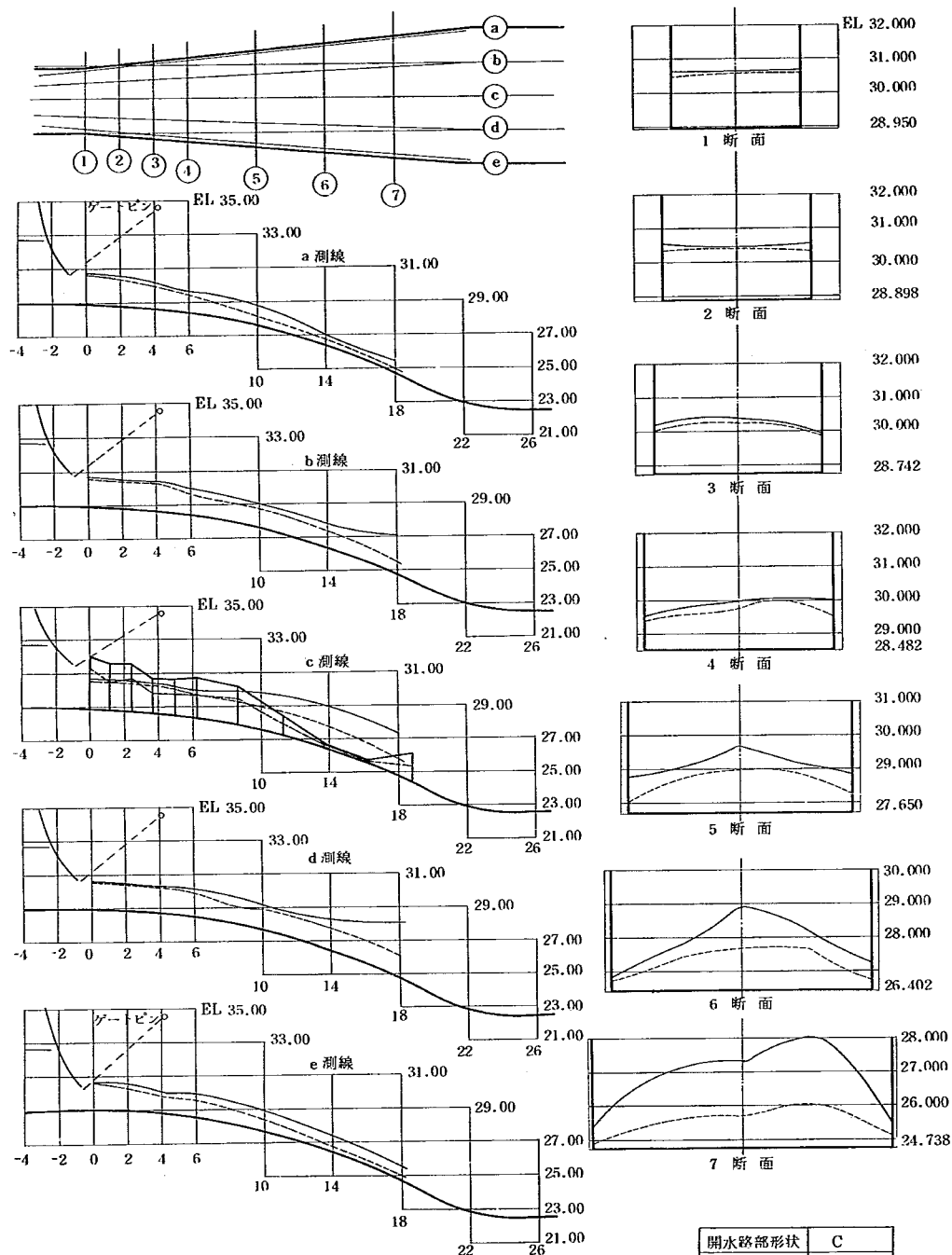
資図-39 開水路部水面形状と底面圧力



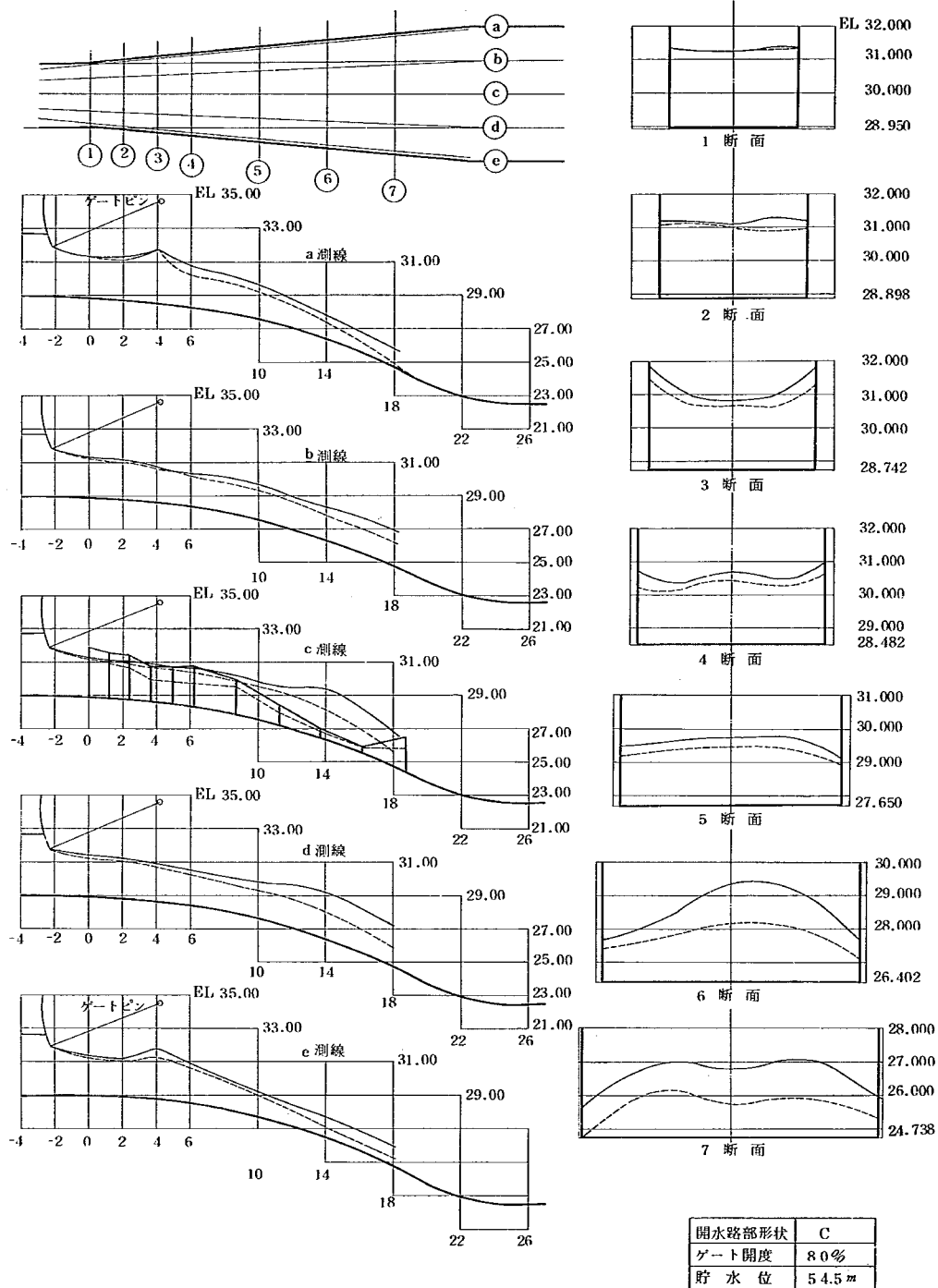
資図-40 開水路部水面形状と底面圧力



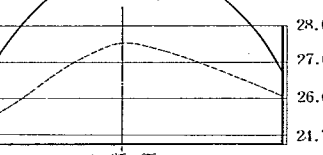
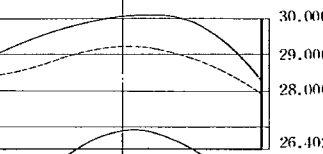
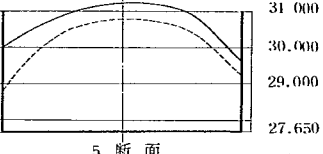
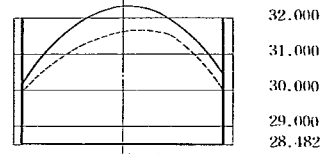
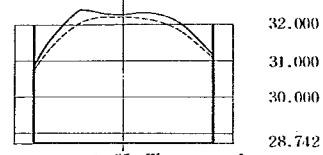
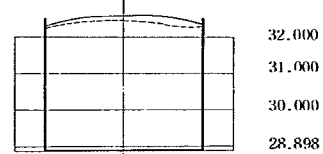
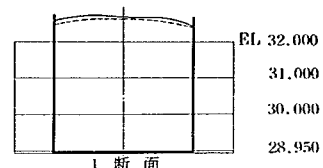
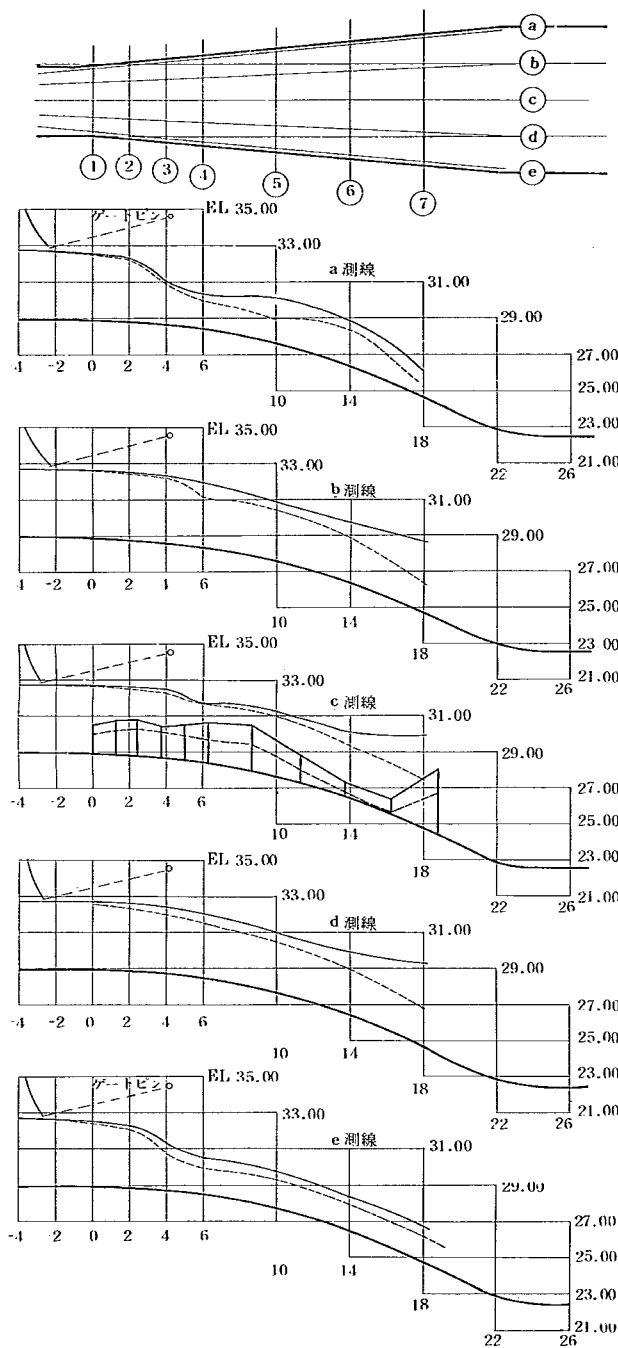
資図-41 開水路部水面形状と底面圧力



資図-42 開水路部水面形状と底面圧力



資図-43 開水路部水面形状と底面圧力



開水路形状	C
ゲート開度	100%
貯水位	54.5 m

資図 - 4 4 開水路部水面形状と底面圧力

資表-18 放水管開水路部水面形状

形 状 A
ゲート開度 20%

単位 標高m

貯水池水位 L.W.L 35.9m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	29580	29550	0030	29530	29520	0010	29528	29528	0	29525	29525	0	29538	29535	0003	0043
2	29530	29435	0095	29445	29428	0017	29418	29403	0015	29428	29413	0015	29430	29378	0052	0194
3	29105	29063	0042	29318	29268	0050	29275	29208	0067	29280	29210	0070	29070	29033	0037	0266
4	28833	28803	0030	28995	28973	0022	28980	28980	0	28935	28883	0052	28778	28745	0033	0137
5	27908	27830	0078	27953	27920	0033	28053	28038	0015	27930	27908	0022	27880	27843	0037	0185
6	26545	26543	0002	26595	26560	0035	26670	26660	0010	26595	26545	0050	26600	26505	0095	0192
7	24863	24778	0085	24883	24845	0038	24938	24895	0043	24858	24830	0028	24863	24795	0068	0262
計			0362			0205			0150			0237			0325	1279

貯水池水位 H.W.L 54.5m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	29548	29540	0008	29535	29518	0017	29520	29515	0005	29515	29505	0010	29545	29525	0020	0060
2	29603	29530	0073	29455	29428	0027	29460	29458	0002	29470	29423	0047	29530	29490	0040	0189
3	29483	29355	0128	29365	29333	0032	29328	29288	0040	29423	29313	0110	29405	29308	0097	0407
4	28968	28830	0138	29135	29108	0027	29055	28958	0097	29168	29090	0078	28890	28813	0077	0617
5	27763	27683	0080	28383	28295	0088	28363	28288	0075	28443	28338	0105	27735	27663	0072	0420
6	26480	26420	0060	27398	27283	0115	27290	27243	0047	27435	27140	0295	26493	26440	0053	0570
7	24888	24813	0075	26218	25708	0510	25820	25230	0590	25763	25400	0363	24838	24793	0045	1583
計			0562			0816			0856			1008			0604	3846

資表-19 放水管開水路部水面形状

形 状 A
ゲート開度 40%

単位 標高m

貯水池水位 L.W.L 35.9m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	30098	30078	0020	30045	30033	0012	30038	30025	0013	30013	30013	0	30033	30033	0	0045
2	29908	29873	0035	29965	29898	0067	29928	29873	0055	29918	29873	0045	29813	29790	0023	0225
3	29505	29465	0040	29695	29673	0022	29735	29700	0035	29690	29670	0020	29515	29428	0087	0204
4	29140	29075	0065	29293	29240	0053	29375	29353	0022	29350	29320	0030	29130	29060	0070	0240
5	28195	28135	0060	28255	28200	0055	28428	28320	0108	28258	28225	0033	28193	28140	0053	0309
6	26833	26773	0060	26883	26840	0043	26858	26855	0003	26903	26858	0045	26858	26805	0053	0204
7	25073	25023	0050	25073	25040	0033	25105	25058	0047	25098	25075	0023	25125	25065	0060	0213
計			0330			0285			0283			0196			0346	1440

貯水池水位 H.W.L 54.5m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	30243	30178	0065	30088	30038	0050	30055	30030	0025	30070	30030	0040	30090	30025	0065	0245
2	30178	30050	0128	30015	29945	0070	29928	29898	0030	29990	29915	0075	30000	29885	0115	0418
3	29738	29530	0208	30043	29980	0063	29855	29775	0080	29935	29760	0175	29645	29515	0130	0656
4	29490	29205	0285	29820	29635	0185	29663	29530	0133	29705	29580	0125	29175	29048	0127	0855
5	28205	27993	0212	29433	28958	0475	28905	28630	0275	28915	28853	0062	28258	28033	0225	1249
6	26780	26598	0182	28038	27685	0353	28040	27775	0265	28035	27380	0655	26830	26515	0315	1770
7	25230	24705	0525	26323	26130	0193	26685	26063	0622	26773	26305	0468	25205	24900	0305	2113
計			1605			1389			1430			1600			1282	7306

資表 - 2 0 放水管開水路部水面形状

形 状 A
ゲート開度 60 ㎝

貯水池水位 L.W.L 35.9 m

単位 標高 m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	30658	30645	0013	30598	30553	0045	30550	30495	0050	30558	30525	0033	30568	30553	0015	0061
2	30460	30368	0092	30335	30313	0022	30428	30293	0135	30335	30278	0057	30383	30370	0013	0319
3	29918	29848	0070	30065	30028	0037	30140	30080	0060	30125	30123	0002	29933	29848	0085	0254
4	29450	29440	0010	29685	29643	0042	29743	29690	0053	29733	29690	0043	29530	29440	0090	0238
5	28493	28463	0030	28543	28490	0053	28698	28663	0035	28640	28563	0077	28470	28465	0005	0200
6	27073	27045	0028	27108	27073	0035	27215	29163	0052	27148	27088	0060	27160	27090	0070	0245
7	25340	25253	0087	25318	25293	0025	25335	25298	0037	25318	25193	0125	25298	25280	0018	0292
計			0330			0259			0427			0397			0296	1709

貯水池水位 H.W.L 54.5 m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	31110	30745	0365	30635	30573	0062	30565	30550	0015	30595	30543	0052	30673	30643	0030	0524
2	30845	30238	0607	30410	30340	0070	30515	30478	0037	30485	30388	0097	30705	30485	0220	1031
3	30935	30683	0252	30845	30453	0392	30278	30145	0133	30395	30185	0210	30675	30398	0277	1264
4	30270	29823	0447	30183	29868	0315	29970	29880	0090	29845	29728	0117	30098	29798	0300	1269
5	29278	29060	0218	29430	29183	0247	29220	28980	0240	29233	29008	0225	28833	28618	0215	1145
6	27515	27503	0012	28138	27743	0395	27860	27545	0315	28623	27983	0640	27055	26978	0077	1439
7	25935	25648	0287	26565	26313	0252	26358	25925	0433	26768	26143	0625	25538	25090	0448	2045
計			2118			1733			1263			1966			1567	8717

資表 - 2 1 放水管開水路部水面形状

形 状 A
ゲート開度 80 ㎝

貯水池水位 L.W.L 35.9 m

単位 標高 m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	31313	31253	0060	31193	31175	0018	31248	31228	0020	31213	31170	0043	31318	31265	0053	0194
2	30950	30925	0025	30865	30860	0005	30993	30913	0080	30993	30888	0105	30990	30960	0030	0245
3	30440	30275	0165	30493	30470	0023	30613	30575	0038	30673	30625	0048	30438	30355	0083	0357
4	29893	29888	0005	30038	30008	0030	30260	30175	0085	30303	30213	0090	29950	29913	0037	0247
5	28840	28775	0065	28840	28763	0077	28988	28985	0003	28860	28820	0040	28868	28863	0005	0190
6	27398	27363	0035	27325	27283	0042	27533	27463	0070	27335	27293	0042	27423	27396	0027	0216
7	25508	25450	0058	25485	25455	0030	25543	25533	0010	25545	25485	0060	25585	25520	0065	0223
計			0413			0225			0306			0428			0300	672

貯水池水位 H.W.L 54.5 m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	31875	31580	0205	31400	31283	0117	31283	31233	0050	31343	31275	0068	31480	31315	0165	0605
2	31303	31180	0123	31190	31043	0147	31180	31063	0117	31270	31050	0220	31193	31073	0120	0727
3	31615	31335	0280	31315	30870	0445	30948	30765	0183	30993	30760	0233	31768	31418	0350	1491
4	30980	30633	0347	30768	30460	0308	30543	30275	0268	30705	30418	0287	31148	30803	0345	1555
5	29518	29255	0263	29850	29450	0400	30070	29618	0452	29740	29335	0405	29643	29285	0358	1878
6	28068	27645	0423	28323	27900	0423	28378	28153	0225	28568	28443	0125	28373	28243	0130	1326
7	26963	26380	0583	27855	26573	1282	27810	26843	0967	27943	26875	1068	26553	25743	0810	4710
計			2224			3122			2262			2406			2278	12292

資表-22 放水管開水路部水面形状

形状 A															ゲート開度 全開		単位 標高 m	
貯水池水位 L.W.L 3.5.9 m																		差の
a			b			c			d			e						合計
最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	32288	32253	0.035	32398	32325	0.073	32393	32365	0.028	32330	32290	0.040	32263	32223	0.040	0.216		
2	31870	31803	0.067	31895	31840	0.055	31975	31950	0.025	31925	31900	0.025	31893	31888	0.005	0.177		
3	31405	31315	0.090	31475	31420	0.055	31460	31380	0.080	31538	31500	0.038	31395	31390	0.005	0.268		
4	30700	30605	0.095	30710	30705	0.005	30845	30810	0.035	30925	30818	0.107	30930	30775	0.155	0.397		
5	29320	29278	0.042	29348	29275	0.073	29395	29393	0.002	29405	29368	0.037	29443	29400	0.043	0.197		
6	27875	27720	0.155	27790	27743	0.047	27815	27775	0.040	27760	27748	0.012	27825	27740	0.085	0.339		
7	25795	25710	0.085	25848	25775	0.073	26048	25785	0.263	25845	25798	0.047	25788	25715	0.073	0.541		
計			0.569			0.381			0.473			0.206			0.406			2.135

形状 B															ゲート開度 全開		単位 標高 m	
貯水池水位 H.W.L 5.4.5 m																		差の
a			b			c			d			e						合計
最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	32520	32460	0.060	32630	32560	0.070	32613	32608	0.005	32668	32613	0.055	32398	32390	0.008	0.198		
2	32293	32200	0.093	32473	32428	0.045	32525	32460	0.065	32450	32245	0.205	32365	32220	0.145	0.553		
3	31543	31178	0.365	32110	31923	0.187	32358	32200	0.158	32120	31950	0.170	31795	31170	1.195	2.075		
4	31123	30635	0.488	31820	31735	0.085	31928	31740	0.188	31755	31563	0.192	31078	30688	0.390	1.343		
5	30385	30060	0.325	31343	30950	0.393	31323	30800	0.523	30515	30495	0.020	29918	29450	0.468	1.729		
6	28525	28255	0.270	30248	28973	1.275	30875	29220	1.655	30118	28980	1.138	29245	28005	1.240	5.578		
7	26525	26110	0.415	28845	27743	1.102	28770	28313	0.457	28895	27438	1.457	27200	26438	0.762	4.193		
計			2.016			3.157			3.051			3.237			4.208			15.669

資表-23 放水管開水路部水面形状

形状 B															ゲート開度 2.0 m		単位 標高 m	
貯水池水位 L.W.L 3.5.9 m																		差の
a			b			c			d			e						合計
最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	29548	29535	0.013	29513	29513	0	29525	29518	0.007	29540	29523	0.017	29540	29538	0.002	0.039		
2	29450	29423	0.027	29460	29418	0.042	29438	29428	0.010	29450	29438	0.012	29413	29390	0.023	0.114		
3	29098	29043	0.055	29280	29263	0.017	29320	29298	0.022	29310	29270	0.040	29050	29000	0.050	0.184		
4	28788	28738	0.050	28960	28935	0.025	29013	28978	0.035	28990	28943	0.047	28760	28688	0.072	0.229		
5	27870	27845	0.025	27930	27910	0.020	28078	28043	0.035	27938	27913	0.025	27870	27815	0.055	0.160		
6	26518	26475	0.043	26598	26570	0.028	26690	26670	0.020	26583	26560	0.023	26540	26495	0.045	0.159		
7	24798	24770	0.028	24843	24820	0.023	24910	24900	0.010	24875	24830	0.045	24840	24770	0.070	0.176		
計			0.241			0.155			0.139			0.290			0.317			1.061

形状 B															ゲート開度 2.0 m		単位 標高 m	
貯水池水位 H.W.L 5.4.5 m																		差の
a			b			c			d			e						合計
最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	29540	29530	0.010	29518	29505	0.013	29538	29518	0.020	29515	29508	0.007	29568	29553	0.015	0.065		
2	29475	29435	0.040	29463	29433	0.030	29500	29445	0.055	29518	29463	0.055	29480	29470	0.010	0.190		
3	29250	29163	0.087	29340	29288	0.052	29423	29375	0.048	29423	29375	0.048	29068	29008	0.060	0.295		
4	28900	28663	0.237	29093	29013	0.080	29178	29090	0.088	29218	29050	0.168	28870	28565	0.305	0.878		
5	27963	27698	0.265	28530	28370	0.160	28420	28223	0.197	28943	28355	0.588	27938	27673	0.265	1.475		
6	26495	26448	0.047	27500	26863	0.637	27605	27075	0.530	27605	26998	0.607	26505	26465	0.040	1.861		
7	24825	24793	0.032	25973	25675	0.298	26175	25675	0.500	26423	25968	0.455	24864	24793	0.071	1.332		
計			0.718			1.270			1.438			1.928			0.742			6.096

資表-24 放水管開水路部水面形状

															形状 B	
															ゲート開度 4.0 m	
貯水池水位 L.W. L 35.9 m															単位 標高 m	
	a			d			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	300.83	300.70	0.013	299.95	299.93	0.002	300.48	300.40	0.008	300.48	300.00	0.048	301.00	300.85	0.015	0.086
2	298.50	298.25	0.025	299.18	298.75	0.043	298.68	293.48	0.020	298.88	298.78	0.010	299.13	298.65	0.048	0.146
3	295.18	294.75	0.043	296.25	295.95	0.030	296.93	296.83	0.010	297.00	296.70	0.030	294.88	294.35	0.053	0.166
4	291.00	290.38	0.062	292.15	292.13	0.002	293.25	292.98	0.027	293.13	292.78	0.035	290.63	290.15	0.048	0.174
5	281.00	280.90	0.010	282.15	281.70	0.045	283.38	283.30	0.008	282.20	281.93	0.027	281.43	280.55	0.088	0.178
6	267.88	267.15	0.073	268.25	267.95	0.030	269.20	268.95	0.025	268.25	267.88	0.037	268.15	267.48	0.067	0.232
7	249.38	248.98	0.040	250.10	249.93	0.017	250.75	250.63	0.012	250.65	250.20	0.045	250.75	249.70	0.105	0.219
計			0.266			0.169			0.110			0.232			0.424	1.201

貯水池水位 H.W. L 54.5 m															差の 合計	
	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	300.63	300.50	0.013	300.50	299.98	0.052	300.45	300.15	0.030	300.48	300.38	0.010	303.13	300.63	0.150	0.255
2	299.50	299.18	0.038	299.90	298.78	0.112	299.75	299.28	0.047	299.70	299.23	0.047	299.73	299.00	0.073	0.317
3	295.98	295.00	0.098	297.80	297.33	0.047	297.60	297.43	0.017	298.50	297.95	0.055	297.23	296.28	0.095	0.312
4	293.68	290.53	0.315	296.40	294.15	0.225	296.33	293.43	0.290	296.00	295.63	0.037	293.70	292.05	0.165	1.032
5	283.03	281.65	0.138	290.23	286.63	0.360	290.30	289.68	0.062	288.18	286.93	0.125	281.45	279.98	0.147	0.832
6	269.40	265.88	0.352	276.50	274.53	0.197	279.95	272.98	0.697	281.38	274.63	0.675	270.18	267.00	0.318	2.239
7	250.55	248.33	0.222	261.03	256.25	0.478	266.15	261.20	0.495	264.28	258.00	0.628	251.88	249.10	0.278	2.101
計			1.176			1.471			1.638			1.577			1.226	7.008

資表-25 放水管開水路部水面形状

															形状 B	
															ゲート開度 6.0 m	
貯水池水位 L.W. L 35.9 m															単位 標高 m	
	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	306.10	305.95	0.015	305.70	305.35	0.035	305.23	305.23	0.0	305.60	305.48	0.012	305.95	305.88	0.007	0.069
2	303.35	302.60	0.075	304.78	303.23	0.155	304.43	303.63	0.080	303.90	303.25	0.065	303.73	302.50	0.123	0.498
3	298.60	298.13	0.047	301.03	300.40	0.063	301.63	301.08	0.055	301.93	300.83	0.110	298.73	298.30	0.043	0.318
4	293.73	293.25	0.048	297.70	296.50	0.120	297.45	297.10	0.035	296.33	295.98	0.035	294.00	293.73	0.027	0.265
5	283.88	283.50	0.038	285.75	285.30	0.045	285.80	285.30	0.050	285.23	284.88	0.035	284.15	283.75	0.040	0.208
6	270.00	269.68	0.032	270.50	270.00	0.050	270.98	270.55	0.043	270.75	270.08	0.067	270.68	270.28	0.040	0.232
7	251.40	251.23	0.017	252.30	251.80	0.050	252.40	251.90	0.050	252.35	252.00	0.035	252.75	252.20	0.055	0.207
計			0.272			0.518			0.313			0.359			0.335	1.797

貯水池水位 H.W. L 54.5 m															差の 合計	
	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	306.55	306.35	0.020	306.33	305.98	0.035	305.75	305.50	0.025	306.13	305.93	0.020	309.55	308.45	0.110	0.210
2	303.28	302.43	0.085	305.98	304.13	0.185	305.43	305.03	0.040	305.13	304.28	0.085	305.10	303.30	0.180	0.575
3	302.00	299.68	0.232	301.75	301.50	0.025	302.60	302.25	0.035	303.65	301.88	0.177	303.63	301.15	0.248	0.717
4	298.18	295.23	0.295	298.50	297.23	0.127	300.50	299.63	0.087	301.38	298.70	0.268	301.53	299.73	0.180	0.957
5	289.80	285.98	0.382	290.75	289.50	0.125	293.88	289.13	0.475	288.98	288.13	0.185	288.48	285.48	0.300	1.467
6	275.98	272.75	0.323	287.48	280.75	0.673	285.25	278.38	0.687	285.50	279.50	0.600	274.35	266.65	0.770	3.053
7	260.23	252.80	0.743	268.95	266.20	0.275	273.48	264.05	0.943	271.25	262.93	0.832	255.83	251.75	0.408	3.201
計			2.080			1.445			2.292			2.167			2.196	10.180

資表-26 放水管開水路部水面形

貯水池水位 $L.W.L$ 35.9 m																	単位 標高 m	
形 状 B ゲート開度 80%																		
	a			b			c			d			e			差の 合計		
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差			
1	313.95	312.80	0.115	311.93	311.83	0.010	311.63	311.60	0.003	311.85	311.73	0.012	313.63	312.98	0.065	0.205		
2	308.75	308.48	0.027	308.98	308.68	0.030	308.98	308.45	0.053	309.23	308.68	0.055	309.30	309.23	0.007	0.127		
3	304.20	303.68	0.052	305.73	305.53	0.020	307.00	305.70	0.130	305.28	305.15	0.013	302.63	302.10	0.053	0.268		
4	297.80	297.53	0.027	300.98	299.98	0.100	301.73	301.45	0.028	300.40	299.30	0.110	298.68	298.00	0.068	0.333		
5	287.93	287.38	0.055	288.03	287.90	0.013	290.53	290.13	0.040	288.93	288.18	0.075	287.85	287.45	0.040	0.223		
6	272.93	272.75	0.018	272.95	272.73	0.022	273.70	272.90	0.080	273.63	273.40	0.023	273.73	272.95	0.078	0.221		
7	253.95	253.73	0.022	254.68	254.38	0.030	255.85	254.18	0.167	255.05	254.83	0.022	254.50	254.20	0.030	0.271		
計			0.316			0.225			0.501			0.310			0.341	1.693		

貯水池水位 H.W.L 54.5 m																
	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	313.90	313.63	0.027	313.35	312.70	0.065	312.73	312.20	0.053	312.53	312.40	0.013	314.33	313.68	0.065	0.223
2	310.98	310.10	0.088	310.60	310.20	0.040	311.73	310.30	0.143	311.78	310.73	0.105	312.23	309.20	0.303	0.679
3	318.38	313.43	0.495	310.40	308.18	0.222	309.05	308.05	0.100	308.18	306.10	0.208	315.90	309.10	0.680	1.705
4	309.28	304.43	0.485	305.53	302.00	0.353	303.95	303.00	0.095	306.68	304.68	0.200	310.50	301.08	0.942	2.075
5	299.15	291.45	0.770	299.00	297.00	0.200	299.98	290.33	0.965	300.20	294.23	0.597	293.70	287.83	0.587	3.119
6	279.50	274.28	0.522	289.93	280.63	0.930	286.90	277.55	0.935	295.55	280.98	1.457	278.25	274.00	0.425	4.269
7	263.30	257.55	0.575	273.70	263.30	1.040	277.40	266.13	1.127	278.63	267.35	1.128	259.23	251.83	0.740	4.610
計			2.962			2.850			3.418			3.708			3.742	16.680

資表-27 放水管開水路部水面形状

形状 B ゲート開度 全開																
貯水池水位 L.W.L 35.9 m																
	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	322.28	322.18	0.010	323.85	323.35	0.050	324.13	323.68	0.045	324.10	323.60	0.050	322.45	322.00	0.045	0.200
2	318.13	317.78	0.035	318.75	318.63	0.012	320.18	320.10	0.008	319.70	319.00	0.070	318.70	318.25	0.045	0.170
3	313.43	312.45	0.098	314.68	313.50	0.118	314.23	313.50	0.073	314.05	313.70	0.035	312.88	311.93	0.095	0.419
4	306.38	304.85	0.153	306.50	305.83	0.067	308.25	306.30	0.195	307.60	306.25	0.135	306.63	305.88	0.075	0.625
5	293.60	292.70	0.090	293.35	292.88	0.047	293.18	292.63	0.055	293.13	292.55	0.058	293.55	292.55	0.100	0.350
6	276.93	276.50	0.043	277.23	277.10	0.013	277.85	276.93	0.092	277.73	276.13	0.160	277.38	276.35	0.103	0.411
7	256.28	255.75	0.053	258.13	257.65	0.048	258.88	257.00	0.188	257.90	257.75	0.015	257.38	256.93	0.045	0.349
計			0.482			0.355			0.656			0.523			0.508	2.524

貯水池水位 H.W.L 54.5 m																
	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	325.23	323.95	0.128	326.70	325.68	0.102	326.33	325.83	0.050	327.15	326.10	0.105	324.50	324.20	0.030	0.415
2	323.75	321.63	0.212	326.73	324.13	0.260	326.08	324.35	0.173	326.73	324.60	0.213	323.23	321.73	0.150	1.008
3	318.75	312.50	0.625	322.75	319.05	0.370	326.75	321.63	0.512	323.45	319.65	0.380	319.83	311.93	0.790	2.677
4	310.85	306.38	0.447	318.23	315.35	0.288	323.18	319.85	0.330	320.20	316.80	0.340	311.88	302.40	0.948	2.353
5	301.50	292.15	0.935	318.20	305.13	1.307	316.15	307.55	0.860	315.18	309.88	0.530	300.05	292.45	0.760	4.392
6	296.20	280.68	1.552	302.30	294.05	0.825	308.00	294.23	1.377	304.75	288.80	1.595	287.18	284.00	0.318	5.667
7	283.48	266.90	1.658	289.80	272.25	1.755	293.18	276.83	1.635	289.25	273.70	1.555	267.98	260.75	0.723	7.326
計			5.557			4.907			4.937			4.718			3.719	23.838

資表-28 放水管開水路部水面形状

形 状 C
ゲート開度 20%

単位 標高m

貯水池水位 L.W.L 35.9m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	29560	29553	0.007	29548	29545	0.003	29540	29533	0.007	29548	29545	0.003	29580	29553	0.027	0.047
2	29520	29488	0.032	29475	29465	0.010	29475	29463	0.012	29490	29450	0.040	29455	29445	0.010	0.104
3	29060	29028	0.032	29350	29325	0.025	29330	29300	0.030	29350	29313	0.037	29115	29038	0.077	0.201
4	28760	28723	0.037	29005	28943	0.062	29018	28988	0.030	28940	28928	0.012	28750	28700	0.050	0.191
5	27870	27830	0.040	27950	27938	0.012	28100	28080	0.020	27963	27923	0.040	27893	27820	0.073	0.265
6	26548	26495	0.053	26588	26575	0.013	26735	26705	0.030	26585	26563	0.022	26518	26495	0.023	0.141
7	24750	24743	0.007	24845	24822	0.023	24938	24923	0.015	24848	24828	0.020	24783	24768	0.015	0.071
計			0.208			0.142			0.224			0.171			0.275	1.020

貯水池水位 H.W.L 54.5m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	29553	29543	0.010	29543	29535	0.008	29533	29523	0.010	29548	29528	0.020	29538	29533	0.005	0.053
2	29550	29500	0.050	29500	29460	0.040	29500	29463	0.037	29505	29450	0.055	29488	29480	0.008	0.190
3	29348	29253	0.095	29560	29420	0.140	29450	29403	0.047	29575	29505	0.070	29115	29023	0.092	0.444
4	28908	28825	0.083	29313	29150	0.163	29225	29043	0.182	29395	29255	0.140	28718	28623	0.095	0.663
5	28163	27860	0.303	28568	28140	0.428	28743	28153	0.590	28668	28528	0.140	27790	27713	0.077	1.538
6	26495	26415	0.080	27405	26650	0.755	27648	27270	0.378	27645	27150	0.495	26430	26410	0.020	1.728
7	24753	24753	0	27035	25413	1.622	26410	25665	0.745	26725	25655	1.070	24790	24790	0	3.437
計			0.621			3.156			1.989			1.990			0.297	8.053

資表-29 放水管開水路部水面形状

形 状 C
ゲート開度 40%

単位 標高m

貯水池水位 L.W.L 35.9m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	30080	30068	0.012	30035	30028	0.007	30003	30000	0.003	30050	30043	0.007	30138	30068	0.070	0.099
2	29870	29845	0.025	29923	29878	0.045	29943	29900	0.043	29895	29880	0.015	29988	29925	0.063	0.191
3	29475	29458	0.017	29643	29615	0.028	29690	29638	0.052	29645	29605	0.040	29488	29408	0.080	0.217
4	29015	28993	0.022	29268	29255	0.013	29370	29363	0.007	29235	29200	0.035	29043	28955	0.088	0.165
5	28120	28053	0.067	28280	28218	0.062	28313	28270	0.043	28200	28150	0.050	28098	28043	0.055	0.277
6	26750	26725	0.025	26883	26848	0.035	26958	26918	0.040	26820	26808	0.012	26765	26725	0.040	0.152
7	25023	24943	0.080	25045	25025	0.020	25095	25063	0.032	25048	25018	0.030	24995	24950	0.045	0.207
計			0.248			0.210			0.220			0.189			0.441	1.308

貯水池水位 H.W.L 54.5m

	a			b			c			d			e			差の 合計
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	
1	30073	30063	0.010	30075	30055	0.020	30090	30040	0.050	30070	30060	0.010	30115	30105	0.010	0.100
2	29930	29858	0.072	29943	29883	0.060	30000	29875	0.125	29965	29943	0.022	29970	29908	0.062	0.341
3	30355	29538	0.817	29793	29713	0.080	29803	29708	0.095	29850	29773	0.077	29693	29580	0.113	1.182
4	29695	29118	0.577	29583	29348	0.235	29600	29443	0.157	29580	29390	0.190	29348	29168	0.180	1.339
5	28943	28188	0.755	29120	28560	0.560	29075	28605	0.470	28845	28673	0.172	28665	27973	0.692	2.649
6	27443	26748	0.695	28443	27630	0.813	27878	27335	0.543	28005	27498	0.507	26773	26588	0.185	2.743
7	25440	24748	0.692	27400	25898	1.502	27540	25823	1.717	26648	25950	0.698	25093	24840	0.253	4.862
計			3.618			3.270			3.157			1.676			1.495	13.216

資表-30 放水管開水路部水面形状

															形 状 C		ゲート開度 60%		単位 標高 m	
貯水池水位 L.W.L 35.9m																				
	a			b			c			d			e			差の 合計				
	最 高	平 均	差	最 高	平 均	差	最 高	平 均	差	最 高	平 均	差	最 高	平 均	差					
1	30573	30553	0.022	30560	30533	0.027	30558	30505	0.053	30548	30515	0.033	30620	30575	0.045	0.180				
2	30273	30265	0.008	30318	30290	0.028	30355	30320	0.035	30335	30293	0.042	30318	30270	0.048	0.161				
3	29820	29713	0.107	30003	29950	0.053	30110	30060	0.050	30028	29975	0.053	29798	29763	0.035	0.298				
4	29368	29320	0.048	29558	29550	0.008	29653	29633	0.020	29620	29565	0.055	29343	29305	0.038	0.169				
5	28343	28313	0.030	28528	28445	0.083	28503	28503	0	28440	28423	0.017	28343	28290	0.053	0.183				
6	26940	26915	0.025	27030	26978	0.052	27040	26973	0.067	27025	26963	0.062	26980	26925	0.055	0.261				
7	25138	25075	0.063	25225	25158	0.067	25163	25135	0.028	25175	25145	0.030	25120	25085	0.035	0.223				
計			0.303			0.318			0.253			0.292			0.309	1.475				

貯水池水位 H.W.L 54.5m																			
	a			b			c			d			e			差の 合計			
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差				
1	30623	30598	0.025	30633	30580	0.053	30608	30563	0.045	30615	30595	0.020	30648	30603	0.045	0.188			
2	30513	30380	0.133	30490	30380	0.110	30433	30413	0.020	30443	30423	0.020	30603	30390	0.213	0.496			
3	30183	29908	0.275	30455	30248	0.207	30350	30240	0.110	30298	30200	0.098	29995	29790	0.205	0.895			
4	29598	29388	0.210	29840	29568	0.272	29950	29770	0.180	30018	29878	0.140	29918	29528	0.390	1.192			
5	28750	28048	0.702	29090	28745	0.345	29635	28923	0.712	29130	28853	0.277	28825	28248	0.577	2.613			
6	26825	26770	0.055	27735	27360	0.375	28855	27623	1.232	28225	27685	0.540	27215	26728	0.487	2.689			
7	25430	24895	0.535	27095	25568	1.527	27315	25693	1.622	28088	26025	2.063	25523	25020	0.503	6.250			
計			1.935			2.889			3.921			3.158			2.420	14.323			

資表-31 放水管開水路部水面形状

															形 状 C			
貯水池水位 L.W.L 35.9m															ゲート開度 80%			
															単位 標高m			
	a			b			c			d			e			差の		
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	合計		
1	31298	31248	0.050	31200	31115	0.085	31270	31143	0.127	31220	31178	0.042	31270	31235	0.035	0.339		
2	30795	30775	0.020	30870	30800	0.070	30880	30815	0.065	30993	30840	0.153	30835	30818	0.017	0.325		
3	30193	30148	0.045	30495	30425	0.070	30585	30545	0.040	30548	30488	0.060	30243	30125	0.118	0.333		
4	29743	29645	0.098	29950	29893	0.057	30068	30048	0.020	29995	29973	0.022	29700	29645	0.055	0.252		
5	28720	28650	0.070	28700	28685	0.015	28950	28803	0.147	28893	28823	0.070	28688	28665	0.023	0.325		
6	27218	27173	0.045	27245	27148	0.097	27400	27395	0.005	27253	27040	0.213	27225	27178	0.047	0.407		
7	25330	25300	0.030	25405	25358	0.047	25443	25373	0.070	25460	25425	0.035	25378	25305	0.073	0.255		
計			0.358			0.441			0.474			0.595			0.368	2.236		

貯水池水位 H.W.L 54.5m																	
	a			b			c			d			e			差の 合計	
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差		
1	31.338	31.298	0.040	31.280	31.248	0.032	31.243	31.235	0.008	31.338	31.275	0.063	31.380	31.358	0.022	0.165	
2	31.150	31.015	0.135	31.115	30.973	0.142	31.020	30.943	0.077	31.200	30.900	0.300	31.140	30.960	0.180	0.834	
3	31.755	31.438	0.317	30.890	30.648	0.242	30.780	30.623	0.157	30.915	30.668	0.247	31.775	31.248	0.527	1.490	
4	30.645	30.163	0.482	30.318	30.188	0.130	30.693	30.378	0.315	30.473	30.255	0.218	30.923	30.620	0.303	1.448	
5	29.495	29.173	0.322	29.615	29.348	0.267	29.690	29.423	0.267	29.740	29.373	0.367	29.128	28.895	0.233	1.456	
6	27.653	27.395	0.258	28.300	27.745	0.555	29.348	28.113	1.235	29.193	28.030	1.163	27.610	27.123	0.487	3.698	
7	25.703	24.748	0.955	26.968	26.178	0.790	26.803	25.713	1.090	27.053	25.943	1.110	25.930	25.350	0.580	4.525	
計			2.509			2.158			3.149			3.468			2.332	13.616	

資表-32 放水管開水路部水面形状

貯水池水位 L.W.L 35.9m															
単位 標高 m															
	a			b			c			d			e		
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差
1	32283	32180	0.103	32315	32303	0.012	32383	32373	0.010	32348	32335	0.013	32275	32225	0.050
2	31768	31730	0.038	31833	31818	0.015	31980	31895	0.085	31858	31800	0.058	31810	31798	0.012
3	31213	31130	0.083	31393	31243	0.150	31290	31285	0.005	31318	31298	0.020	31273	31193	0.080
4	30625	30425	0.200	30645	30578	0.067	30575	30450	0.125	30640	30598	0.042	30555	30503	0.052
5	29210	29100	0.110	29190	29173	0.017	29303	29150	0.153	29213	29188	0.025	29218	29163	0.055
6	27575	27523	0.052	27620	27550	0.070	27623	27523	0.100	27645	27595	0.050	27658	27503	0.155
7	25610	25475	0.135	25680	25640	0.040	25688	25638	0.050	25720	25645	0.075	25568	25518	0.050
計			0.721			0.371			0.528			0.283			0.454

貯水池水位 H.W.L 54.5m															
単位 標高 m															
	a			b			c			d			e		
	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差	最高	平均	差
1	32553	32480	0.073	32700	32590	0.110	32625	32608	0.017	32668	32583	0.085	32450	32385	0.065
2	32313	32268	0.045	32528	32443	0.085	32553	32428	0.125	32595	32348	0.247	32325	32110	0.215
3	30950	30798	0.152	32383	32075	0.308	32428	32210	0.218	32248	31980	0.268	31220	30755	0.465
4	30215	29993	0.222	31880	31185	0.695	32570	31575	0.995	31960	31505	0.455	30475	29913	0.562
5	30053	28838	1.215	30820	30373	0.447	31200	30720	0.480	31090	30585	0.505	29583	29223	0.360
6	28825	28393	0.432	29675	28848	0.827	30050	29228	0.822	29935	28858	1.077	28273	27915	0.358
7	25973	25133	0.840	28638	26348	2.290	29923	27510	2.413	29255	26905	2.350	26765	26098	0.667
計			2.979			4.762			5.070			4.987			2.692

資表-33 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 A						
ゲート開度 20%						
湖点	貯水池水位 WL 35.9m			貯水池水位 WL 54.5m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	0.550	0.550	0	0.450	0.450	0
2	0.145	0.145	0	-1.005	-1.055	0.050
3	0.483	0.483	0	0.458	0.408	0.050
4	0.358	0.358	0	0.108	0.108	0
5	0.250	0.250	0	-0.100	-0.175	0.075
6	0.283	0.283	0	-0.343	-0.343	0
7	0.195	0.195	0	0.120	0.070	0.050
8	-0.205	-0.205	0	-0.680	-0.680	0
9	-0.218	-0.218	0	-0.443	-0.443	0
10	-0.318	-0.318	0	-0.543	-0.593	0.050
11	-0.430	-0.430	0	-0.630	-0.780	0.150
計			0			0.425

(単位 m 水柱)

資表-34 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 A						
ゲート開度 40%						
測点	貯水池水位 WL 35.9 m			貯水池水位 WL 54.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	0.950	0.950	0			
2	0.545	0.545	0	-0.580	-0.730	0.150
3	0.908	0.908	0	1.108	0.733	0.375
4	0.733	0.733	0	0.633	0.358	0.275
5	0.675	0.675	0	0.750	0.325	0.425
6	0.658	0.658	0	0.958	0.758	0.200
7	0.520	0.520	0	0.620	0.470	0.150
8	-0.080	-0.080	0	-0.680	-0.755	0.075
9	-0.143	-0.143	0	-0.443	-0.543	0.100
10	-0.218	-0.218	0	-0.493	-0.543	0.050
11	-0.130	-0.130	0	-0.130	-0.355	0.225
計			0			2.025

(単位 m水柱)

資表-35 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 A						
ゲート開度 60%						
測点	貯水池水位 WL 35.9 m			貯水池水位 WL 54.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	1.550	1.550	0	1.875	1.275	0.600
2	1.020	1.020	0	-0.130	-0.505	0.375
3	1.233	1.233	0	1.483	0.908	0.575
4	1.108	1.008	0.100	1.035	0.483	0.552
5	1.050	0.975	0.075	1.200	0.475	0.725
6	1.008	0.908	0.100	1.258	0.758	0.500
7	0.745	0.745	0	0.870	0.620	0.250
8	0.145	0.145	0	-0.630	-0.730	0.100
9	0.033	0.033	0	-0.443	-0.443	0
10	-0.043	-0.043	0	-0.368	-0.368	0
11	0.195	0.195	0	0.245	-0.030	0.275
計			0.275			3.952

(単位 m水柱)

資表-36 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 A						
ゲート開度 80%						
測点	貯水池水位 WL 35.9 m			貯水池水位 WL 54.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	2.250	2.125	0.125	2.550	2.025	0.525
2	1.795	1.695	0.100	0.920	0.345	0.575
3	1.733	1.608	0.125	1.983	1.233	0.750
4	1.483	1.358	0.125	1.233	0.708	0.525
5	1.425	1.225	0.200	1.575	0.800	0.775
6	1.383	1.133	0.250	1.733	0.958	0.775
7	1.070	0.920	0.150	1.395	0.870	0.525
8	0.295	0.295	0	-0.455	-0.555	0.100
9	0.233	0.233	0	-0.193	-0.293	0.100
10	0.133	0.133	0	-0.043	-0.143	0.100
11	0.595	0.545	0.050	1.295	0.770	0.525
計			1.125			5.273

(単位 m水柱)

資表-37 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 A						
ゲート開度 全開						
測点	貯水池水位 WL 35.9 m			貯水池水位 WL 54.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	2.700	2.625	0.075	0.925	0.575	0.350
2	2.420	2.345	0.075	0.345	-0.180	0.525
3	2.383	2.308	0.075	1.458	0.908	0.550
4	2.083	1.983	0.100	0.958	0.583	0.375
5	1.925	1.825	0.100	1.325	0.750	0.575
6	1.758	1.708	0.050	1.608	1.008	0.600
7	1.395	1.320	0.075	1.495	0.845	0.650
8	0.620	0.545	0.075	-0.330	-0.755	0.425
9	0.438	0.433	0.005	-0.043	-0.268	0.225
10	0.383	0.358	0.025	0.208	-0.018	0.226
11	1.020	1.020	0	2.920	1.995	0.925
計			0.700			5.426

(単位 m水柱)

資表-38 放水管開水路部底面圧立測定数値表

開水路部形状 B						
ゲート開度 20%						
測点	貯水池水位 WL 35.9 m			貯水池水位 WL 54.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	0.650	0.650	0	1.850	1.675	0.175
2	0.795	0.695	0.100	1.370	1.270	0.100
3	1.058	1.058	0	2.708	2.208	0.500
4	0.658	0.658	0	1.533	1.233	0.300
5	0.700	0.650	0.050	1.775	1.375	0.400
6	0.708	0.683	0.025	1.908	1.483	0.425
7	0.520	0.470	0.050	1.395	1.095	0.300
8	-0.005	-0.005	0	-0.130	-0.130	0
9	-0.043	-0.043	0	-0.043	-0.043	0
10	0.033	0.033	0	0.208	0.133	0.075
11	0.270	0.270	0	0.845	0.695	0.150
計			0.225			2.425

(単位 m水柱)

資表-39 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 B						
ゲート開度 40%						
測点	貯水池水位 WL 35.9 m			貯水池水位 WL 54.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	1.125	1.025	0.100	2.025	1.550	0.075
2	1.120	1.120	0	1.270	1.120	0.150
3	1.208	1.208	0	2.483	2.158	0.325
4	0.883	0.883	0	1.508	1.008	0.500
5	0.850	0.750	0.100	1.825	1.275	0.550
6	0.833	0.683	0.150	1.983	1.408	0.575
7	0.745	0.695	0.050	1.595	1.245	0.350
8	0.120	0.120	0	-0.105	-0.205	0.100
9	0.058	0.058	0	0.008	-0.043	0.051
10	0.058	0.058	0	0.258	0.183	0.075
11	0.520	0.395	0.125	1.245	1.120	0.125
計			0.525			2.876

(単位 m水柱)

資表-40 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 B						
ゲート開度 60%						
測点	貯水池水位 WL 35.9 m			貯水池水位 WL 54.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	1.675	1.675	0	2.450	2.025	0.425
2	1.470	1.395	0.075	1.645	1.045	0.600
3	1.633	1.583	0.050	2.858	2.008	0.850
4	1.158	1.108	0.050	1.608	0.983	0.625
5	1.100	1.025	0.075	1.925	1.050	0.875
6	1.133	0.933	0.200	2.183	1.258	0.925
7	0.970	0.845	0.125	1.895	1.245	0.650
8	0.345	0.270	0.075	0.045	-0.130	0.175
9	0.233	0.233	0	0.133	0.058	0.075
10	0.208	0.133	0.075	0.358	0.233	0.125
11	0.745	0.645	0.100	1.695	1.370	0.325
計			0.825			5.650

(単位 m水柱)

資表-41 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 B						
ゲート開度 80%						
測点	貯水池水位 WL 35.9 m			貯水池水位 WL 54.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	2.175	2.075	0.100	2.500	2.175	0.325
2	1.920	1.820	0.100	1.745	1.445	0.300
3	1.958	1.808	0.150	3.058	2.258	0.800
4	1.483	1.383	0.100	1.658	1.083	0.575
5	1.375	1.275	0.100	1.925	1.000	0.925
6	1.383	1.183	0.200	2.308	1.183	1.125
7	1.145	1.070	0.075	2.120	1.170	0.950
8	0.520	0.470	0.050	0.195	-0.130	0.325
9	0.383	0.308	0.075	0.308	0.058	0.250
10	0.283	0.283	0	0.458	0.183	0.275
11	0.870	0.770	0.100	2.295	1.720	0.575
計			1.050			6.425

(単位 m水柱)

資表-42 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 B						
ゲート開度 全開						
測点	貯水池水位 WL35.9m			貯水池水位 WL54.5m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	2.700	2.600	0.100	1.375	0.775	0.600
2	2.570	2.445	0.125	1.645	0.870	0.775
3	2.683	2.408	0.275	3.408	2.083	1.325
4	2.083	1.983	0.100	1.883	0.933	0.950
5	1.900	1.675	0.225	2.225	0.925	1.300
6	1.783	1.558	0.225	2.633	1.083	1.550
7	1.495	1.370	0.125	2.970	1.270	1.700
8	0.820	0.720	0.100	0.695	0.020	0.675
9	0.608	0.558	0.050	0.733	0.108	0.625
10	0.458	0.433	0.025	0.733	0.283	0.450
11	1.170	1.120	0.050	3.670	2.470	1.200
計			1.400			11.150

(単位 m水柱)

資表-43 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 C						
ゲート開度 20%						
測点	貯水池水位 WL35.9m			貯水池水位 WL54.5m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	0.700	0.625	0.075	1.900	1.700	0.200
2	0.920	0.895	0.025	2.045	1.845	0.200
3	0.983	0.908	0.075	2.333	2.008	0.325
4	0.758	0.683	0.075	1.583	1.283	0.300
5	0.800	0.650	0.150	1.850	1.425	0.425
6	0.683	0.608	0.075	2.033	1.608	0.425
7	0.695	0.570	0.125	1.895	1.520	0.375
8	0.295	0.245	0.050	0.720	0.520	0.200
9	0.058	0.058	0	0.183	0.133	0.050
10	0.008	-0.043	0.051	0.208	0.158	0.050
11	0.395	0.345	0.050	1.145	0.845	0.300
計			0.751			2.850

(単位 m水柱)

資表-44 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 C						
ゲート開度 40%						
測点	貯水池水位 WL35.9m			貯水池水位 WL54.5m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	1.225	1.025	0.200	2.400	2.125	0.275
2	1.170	1.145	0.025	2.170	1.620	0.550
3	1.258	1.158	0.100	2.533	1.983	0.550
4	0.958	0.883	0.075	1.608	1.183	0.425
5	0.900	0.825	0.075	1.950	1.350	0.600
6	0.883	0.783	0.100	2.183	1.633	0.550
7	0.820	0.770	0.050	2.045	1.620	0.425
8	0.795	0.370	0.025	0.795	0.620	0.175
9	0.208	0.208	0	0.333	0.208	0.125
10	0.108	0.108	0	0.358	0.208	0.150
11	0.445	0.395	0.050	1.670	1.070	0.600
計			0.700			4.425

(単位 m水柱)

資表-45 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 C						
ゲート開度 60%						
測点	貯水池水位 WL35.9m			貯水池水位 WL54.5m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	1.675	1.600	0.175	3.000	2.325	0.675
2	1.595	1.445	0.150	2.545	1.470	1.075
3	1.483	1.383	0.100	2.783	1.758	1.025
4	1.183	1.158	0.025	1.933	1.058	0.875
5	1.150	1.025	0.125	2.150	1.175	0.975
6	1.033	0.883	0.150	2.333	1.208	1.125
7	0.995	0.870	0.125	2.245	1.495	0.750
8	0.570	0.470	0.100	1.095	0.670	0.425
9	0.258	0.258	0	0.283	0.208	0.075
10	0.133	0.058	0.075	0.183	0.083	0.100
11	0.395	0.370	0.025	1.820	1.145	0.675
計			1.050			7.775

(単位 m水柱)

資表-46 放水管開水路部底面圧力測定数値表

資表-47 放水管開水路部底面圧力測定数値表

開水路部形状 C
ゲート開度 80%

開水路部形状 C
ゲート開度 全開

測点	貯水池水位 WL 3 5.9 m			貯水池水位 WL 5 4.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	2.250	2.150	0.100	2.925	2.500	0.425
2	2.020	1.920	0.100	2.645	1.920	0.725
3	1.808	1.608	0.200	2.583	1.783	0.800
4	1.483	1.333	0.150	2.033	1.258	0.775
5	1.400	1.200	0.200	2.225	1.250	0.975
6	1.283	1.108	0.175	2.358	1.358	1.000
7	1.195	0.995	0.200	2.395	1.595	0.800
8	0.695	0.620	0.075	1.245	0.670	0.575
9	0.358	0.333	0.025	0.408	0.258	0.150
10	0.208	0.183	0.025	0.383	0.233	0.150
11	0.570	0.470	0.100	2.070	1.620	0.450
計			1.350			6.825

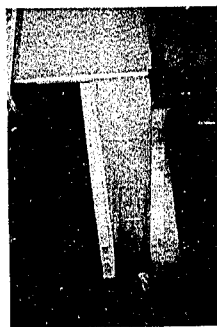
(単位 m水柱)

測点	貯水池水位 WL 3 5.9 m			貯水池水位 WL 5 4.5 m		
	最大	最小	差	最大	最小	差
1	2.675	2.625	0.050	1.450	1.000	0.450
2	2.620	2.470	0.150	1.895	1.245	0.650
3	2.383	2.283	0.100	2.058	1.483	0.575
4	2.033	1.958	0.075	1.683	1.283	0.400
5	1.925	1.750	0.175	1.975	1.300	0.675
6	1.733	1.583	0.150	2.233	1.308	0.925
7	1.470	1.295	0.175	2.595	1.595	1.000
8	0.920	0.820	0.100	1.495	0.745	0.750
9	0.583	0.558	0.025	0.758	0.358	0.400
10	0.408	0.383	0.025	0.708	0.258	0.450
11	0.945	0.870	0.075	3.720	2.420	1.300
計			1.100			7.575

(単位 m水柱)



写真真-21 下流より

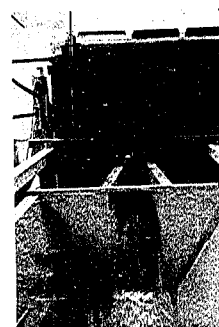


写真真-22 平面



写真真-23 右岸側面

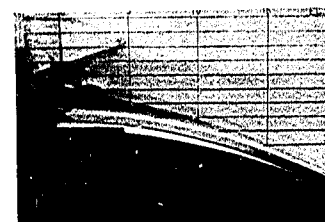
開水路部形状	A
ゲート開度	20 %
貯水位	35.9 m



写真真-30 下流より

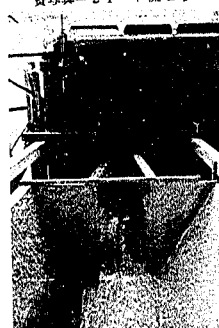


写真真-31 平面



写真真-32 右岸側面

開水路部形状	A
ゲート開度	80 %
貯水位	35.9 m



写真真-24 下流より

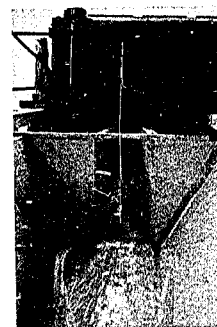


写真真-25 平面

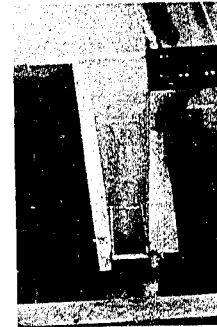


写真真-26 右岸側面

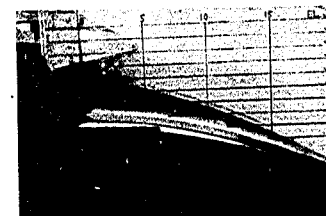
開水路部形状	A
ゲート開度	40 %
貯水位	35.9 m



写真真-33 下流より



写真真-34 平面



写真真-35 右岸側面

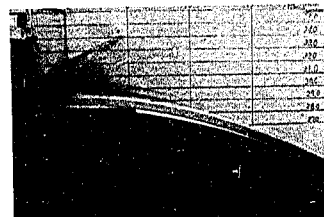
開水路部形状	A
ゲート開度	全開
貯水位	35.9 m



写真真-27 下流より



写真真-28 平面



写真真-29 右岸側面

開水路部形状	A
ゲート開度	60 %
貯水位	35.9 m



写真真-36 下流より

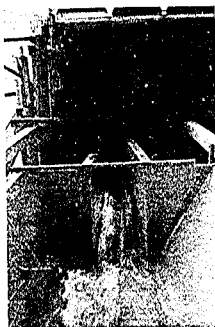


写真真-37 平面



写真真-38 右岸側面

開水路部形状	A
ゲート開度	20 %
貯水位	54.5 m



写真真-39 下流より



写真真-40 平面

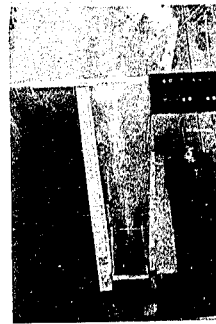
開水路部形状	A
ゲート開度	40 %
貯水位	54.5 m



写真真-41 右岸側面



写真真-48 下流より



写真真-49 平面

開水路部形状	A
ゲート開度	全開
貯水位	54.5 m



写真真-50 右岸側面



写真真-42 下流より

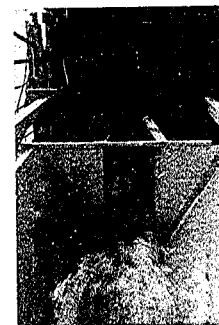


写真真-43 平面

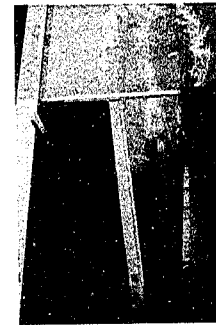
開水路部形状	A
ゲート開度	60 %
貯水位	54.5 m



写真真-44 右岸側面

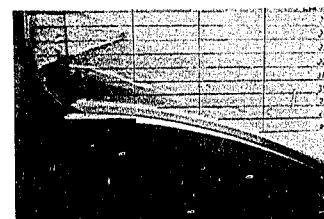


写真真-45 下流より

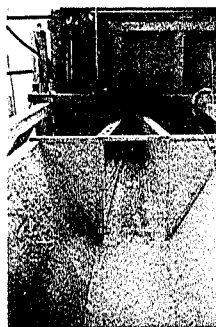


写真真-46 平面

開水路部形状	A
ゲート開度	80 %
貯水位	54.5 m



写真真-47 右岸側面

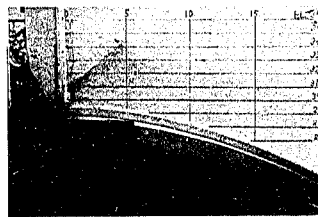


写真真-51 下流より

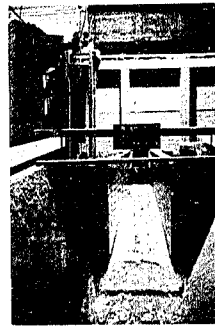


写真真-52 平面

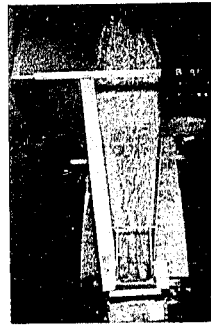
開水路部形状	B
ゲート開度	20 %
貯水位	35.9 m



写真真-53 右岸側面

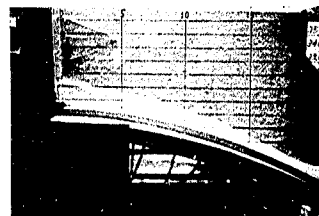


写真真-60 下流より



写真真-61 平面

開水路部形状	B
ゲート開度	80 %
貯水位	35.9 m



写真真-62 右岸側面

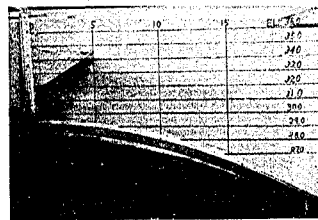


写真真-54 下流より



写真真-55 平面

開水路部形状	B
ゲート開度	40 %
貯水位	35.9 m



写真真-56 右岸側面



写真真-63 下流より



写真真-64 平面

開水路部形状	B
ゲート開度	全開
貯水位	35.9 m



写真真-65 右岸側面

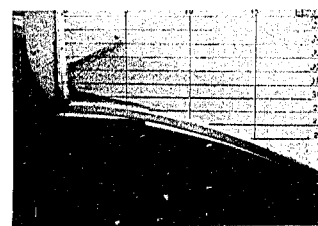


写真真-57 下流より

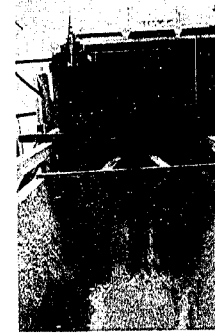


写真真-58 平面

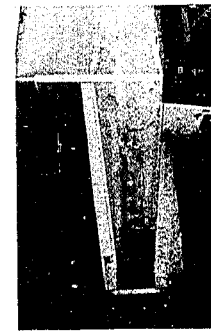
開水路部形状	B
ゲート開度	60 %
貯水位	35.9 m



写真真-59 右岸側面

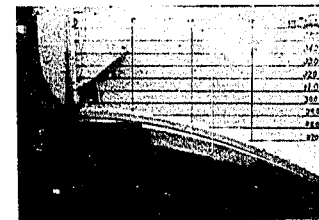


写真真-66 下流より



写真真-67 平面

開水路部形状	B
ゲート開度	20 %
貯水位	54.5 m



写真真-68 右岸側面

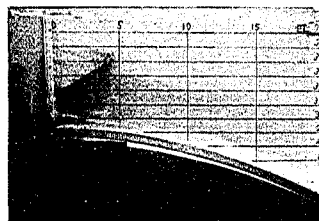


写真真-69 下流より

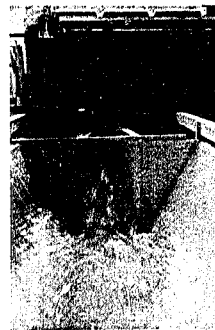


写真真-70 平面

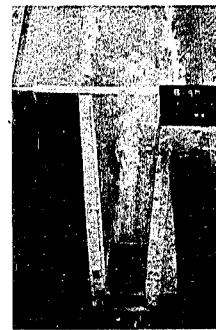
開水路部形状	B
ゲート開度	40 %
貯水位	54.5 m



写真真-71 右岸側面

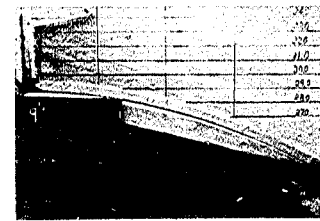


写真真-78 下流より

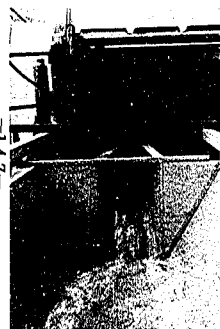


写真真-79 平面

開水路部形状	B
ゲート開度	全開
貯水位	54.5 m



写真真-80 右岸側面

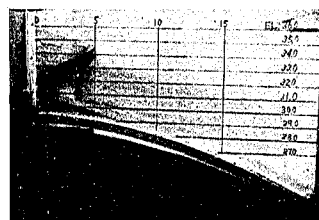


写真真-72 下流より



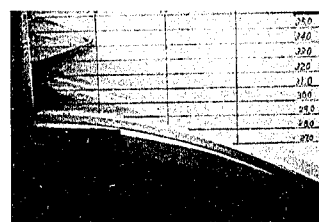
写真真-73 平面

開水路部形状	B
ゲート開度	60 %
貯水位	54.5 m

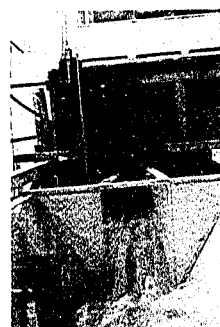


写真真-74 右岸側面

開水路部形状	B
ゲート開度	80 %
貯水位	54.5 m



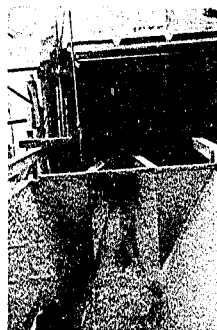
写真真-77 右岸側面



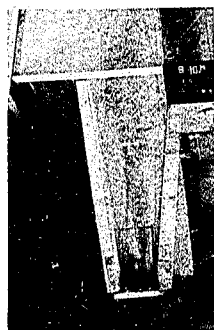
写真真-75 下流より



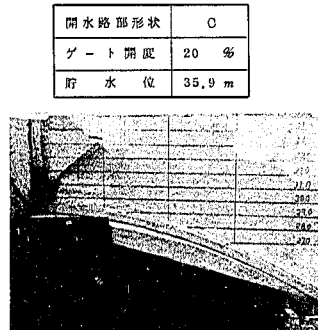
写真真-76 平面



写真真-81 下流より

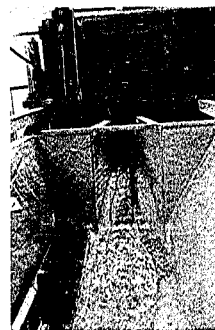


写真真-82 平面



写真真-83 右岸側面

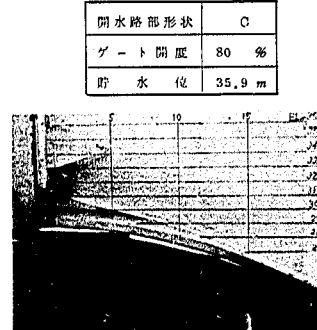
開水路部形状	C
ゲート開度	20 %
貯水位	35.9 m



写真真-90 下流より

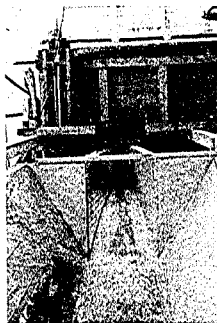


写真真-91 平面



写真真-92 右岸側面

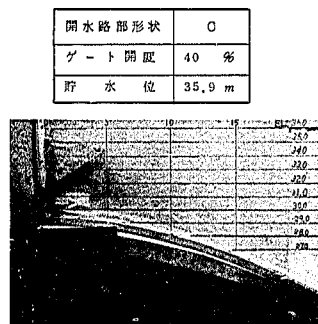
開水路部形状	C
ゲート開度	80 %
貯水位	35.9 m



写真真-84 下流より

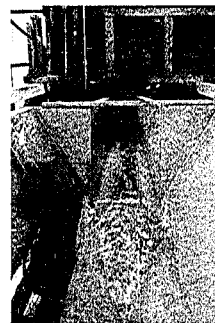


写真真-85 平面



写真真-86 右岸側面

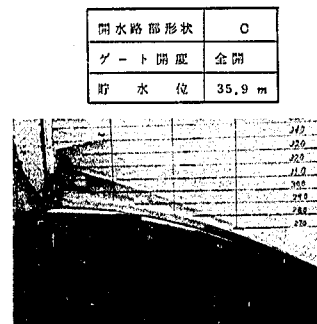
開水路部形状	C
ゲート開度	40 %
貯水位	35.9 m



写真真-93 下流より



写真真-94 平面

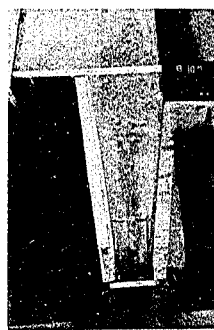


写真真-95 右岸側面

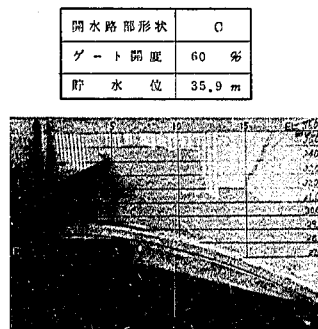
開水路部形状	C
ゲート開度	全開
貯水位	35.9 m



写真真-87 下流より



写真真-88 平面



写真真-89 右岸側面

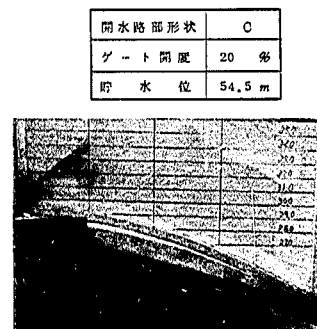
開水路部形状	C
ゲート開度	60 %
貯水位	35.9 m



写真真-96 下流より



写真真-97 平面



写真真-98 右岸側面

開水路部形状	C
ゲート開度	20 %
貯水位	54.5 m

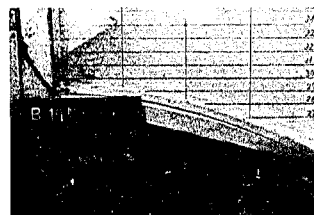


写真真-99 下流より

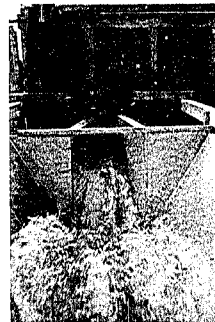


写真真-100 平面

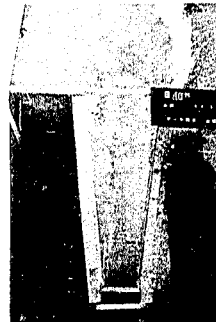
開水路部形状	C
ゲート開度	40 %
貯水位	54.5 m



写真真-101 右岸側面



写真真-108 下流より



写真真-109 平面

開水路部形状	C
ゲート開度	全開
貯水位	54.5 m



写真真-110 右岸側面



写真真-102 下流より



写真真-103 平面

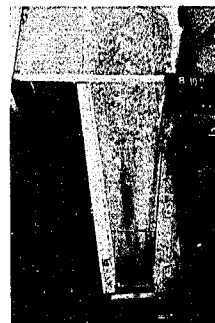
開水路部形状	C
ゲート開度	60 %
貯水位	54.5 m



写真真-104 右岸側面

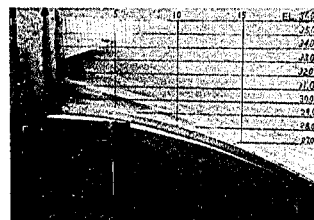


写真真-105 下流より



写真真-106 平面

開水路部形状	C
ゲート開度	80 %
貯水位	54.5 m



写真真-107 右岸側面

II 減勢工の水理設計資料

II - 1	台形断面の跳水
II - 2	狭頂堰による跳水式減勢工の効果
II - 3	エンドシルによる跳水式減勢工の効果

Ⅱ－１ 台形断面の跳水

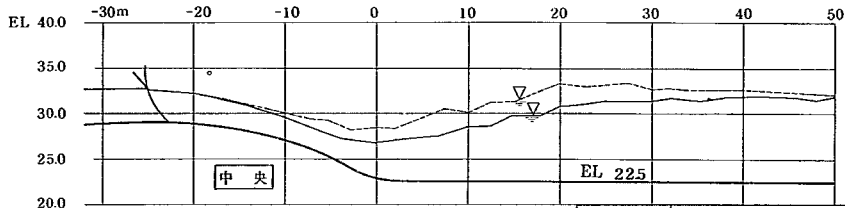
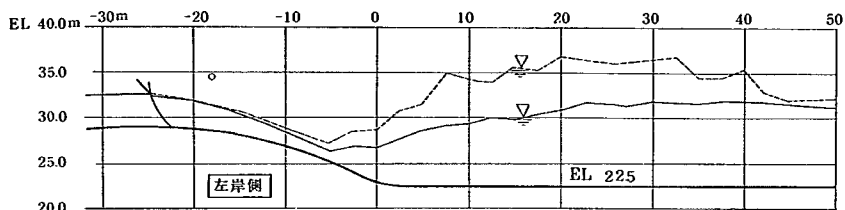
実験条件

実験名	条件		備考
	貯水位	放水管ゲート	
水面形測定	WL 54.5 m	全 開	放水管形状はその 3 開水路部形状 C
流況観察			

この実験は上記の条件のもとで水たたき始端に跳水始端がくるとき。
この操作は、下流水位調節装置で行う。

実験結果

10. 水たたき内水面形関係	資図－ 4 5	資表－ 4 8
11. 水たたき内の流れ	資写真－ 1 1 1 ～ 1 1 3	



-----	最 高
—————	平 均

貯水池水位	HWL 545 m
ゲート開度	100 %
下流水位	WL 31.875m (バタ上流)
備 考	下流バタによる跳水

資図-45 水たたき内水面形図

資表-48 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度	100%
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	W.L 31.875m
備 考	下流バタによる跳水

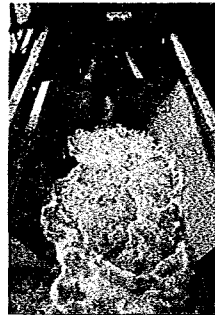
測 点	水たたき始端からの距離 (m)	左 岸 側		中 央	
		最 高	平 均	最 高	平 均
-9	-22.5				
-8	-20.0				
-7	-17.5				
-6	-15.0				
-5	-12.5				
-4	-10.0				
-3	-7.5	27.95	27.53	29.47	28.72
-2	-5.0	27.24	26.40	29.20	27.68
-1	-2.5	28.58	26.90	28.22	27.05
0	0.	28.64	26.72	28.44	26.81
1	2.5	30.79	27.63	28.22	27.16
2	5.0	31.46	28.57	29.72	27.35
3	7.5	34.73	29.31	30.50	27.71
4	10.0	34.05	29.35	30.17	28.58
5	12.5	34.00	30.09	31.17	28.70
6	15.0	35.70	29.89	31.43	29.91
7	17.5	35.38	30.38	32.47	29.88
8	20.0	36.66	30.86	33.21	30.75
9	22.5	36.47	31.92	32.98	30.90
10	25.0	36.16	31.77	33.25	31.52
11	27.5	36.15	31.49	33.43	31.35
12	30.0	36.34	31.73	32.50	31.35
13	32.5	36.66	31.64	32.69	31.73
14	35.0	34.30	31.66	32.66	31.36
15	37.5	34.49	32.00	32.53	31.93
16	40.0	35.39	31.86	32.50	31.86
17	42.5	32.62	31.50	32.42	31.87
18	45.0	31.90	31.37	32.41	31.80
19	47.5	31.98	31.52	32.15	31.62
20	50.0	32.12	31.42	32.03	31.68

(単位: EL.m)

貯水池水位	H.W.L. 54.5 m
ゲート開度	全 開
下流水位	W.L. 31.875 m※
備 考	下流バタによる跳水 ※バタ上流



資写真-111 上流より



資写真-112 下流より



資写真-113 右岸側面より

Ⅱ－２ 狭頂堰による跳水式減勢工の効果

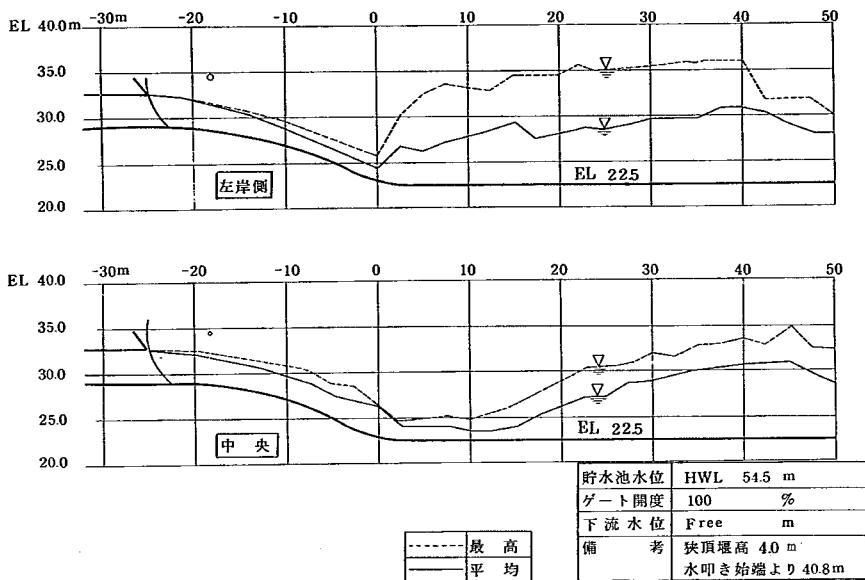
実験条件

実験名	条 件				
	貯水位	放水管ゲート	狭頂堰の高さ	狭頂堰の位置	下流水位
水面形測定	WL54.5 m	全 開	4.0 m	4 0.8 m	F R E E
			5.0		
			6.0		
流況観察	WL54.5 m	半 開 ($Q=210\text{m}^3/\text{s}$) 放 流	5.5	3 5 m	WL32.20 m
					WL33.059 m

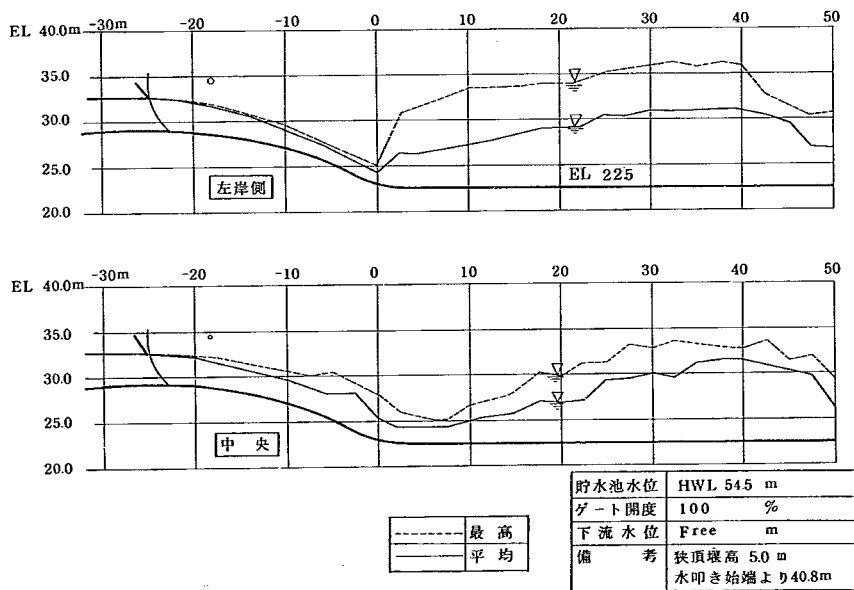
- 注) 1. 狭頂堰の形状は鉛直板で近似した。
2. 狭頂堰の位置とは水たたき始端からの水平距離
3. 下流水位とはNo.1地点における水位をいう。(現地事務所から借与された水理計算書を参照)

実験結果

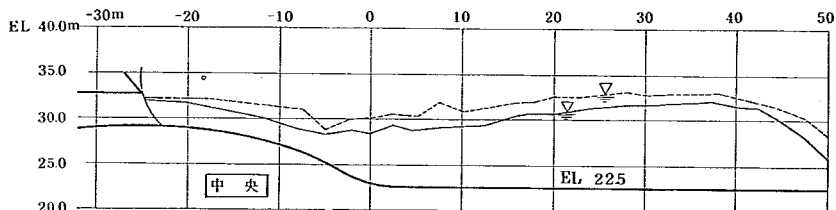
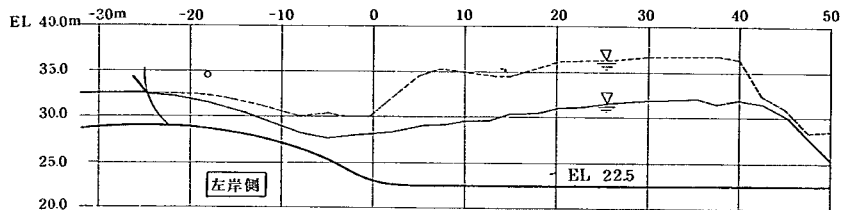
12. 水たたき内水面形関係	資図－4 6～5 1	資表－4 9～5 4
13. 水たたき内の流れ	資写真－1 1 4～1 3 4	



資図-46 水たたき内水面形図



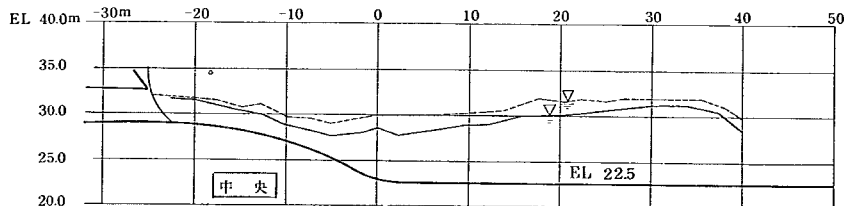
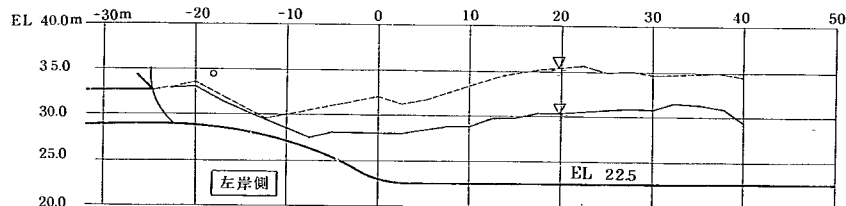
資図-47 水たたき内水面形図



-----	最高
—————	平均

貯水池水位	HWL 54.5 m
ゲート開度	全開 %
下流水位	Free m
備考	狭頂堰高 6.0 m
	水叩き始端より 35.0m

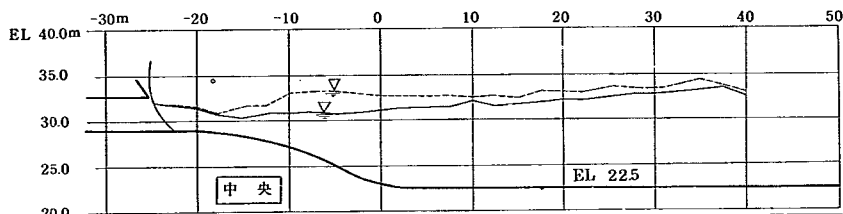
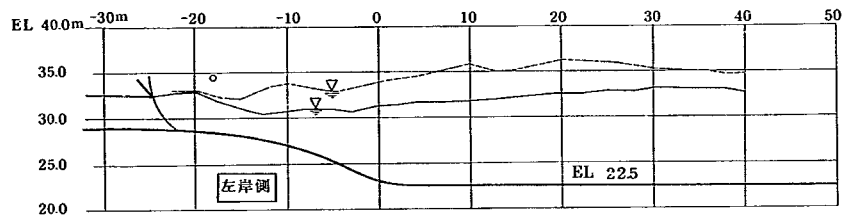
資図-48 水たたき内水面形図



-----	最高
—————	平均

貯水池水位	HWL 51.5 m
ゲート開度	半開 % (Q=210 m³/s)
下流水位	
備考	狭頂堰高 5.5 m
	水叩き始端より 35.0 m

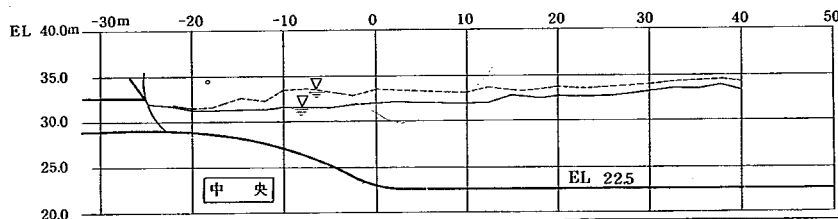
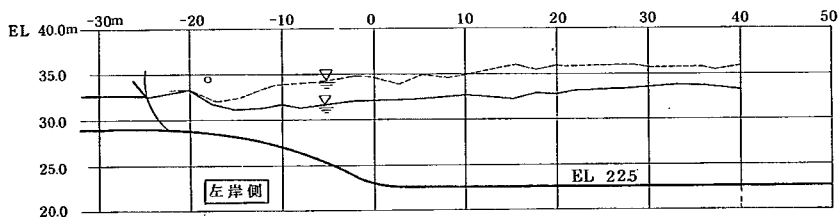
資図-49 水たたき内水面形図



-----	最 高
—————	平 均

貯水池水位	HWL 54.5 m
ゲート開度	半 開 (Q = 210 m ³ /s)
下流水位	WL 32.20 m
備 考	狭頂堰高 5.5 m 水叩き始端より 35.0m

資図 - 5 0 水たたき内水面形図



-----	最 高
—————	平 均

貯水池水位	EWL 54.5 m
ゲート開度	半開 (Q=210 m ³ /s)
下流水位	WL 33.059 m
備 考	狭頂堰高 5.5 m 水叩き始端より 35.0 m

資図 - 5 1 水たたき内水面形図

資表-49 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度	100%
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	Free m
備考	狭頂堰高 4.0m
	水たたき始端より 40.8m

測点	水たたき始端からの距離(m)	左 岸 側		中 央	
		最 高	平 均	最 高	平 均
-9	-22.5				
-8	-20.0				
-7	-17.5				
-6	-15.0				
-5	-12.5				
-4	-10.0				
-3	-7.5			30.38	28.91
-2	-5.0			28.73	27.55
-1	-2.5			28.44	26.83
0	0	25.44	23.80	26.39	26.33
1	2.5	30.29	26.71	24.70	24.21
2	5.0	32.62	26.18	24.97	23.98
3	7.5	33.66	27.33	25.28	23.93
4	10.0	33.13	27.70	24.78	23.59
5	12.5	32.87	28.49	25.40	23.48
6	15.0	34.39	29.42	26.28	24.00
7	17.5	34.42	27.58	27.86	25.35
8	20.0	34.64	28.00	28.80	26.27
9	22.5	35.60	28.86	30.33	27.30
10	25.0	34.91	28.40	30.39	27.33
11	27.5	35.17	28.91	30.88	28.63
12	30.0	35.33	29.69	31.90	29.01
13	32.5	35.92	29.72	31.70	29.61
14	35.0	35.85	29.81	32.80	30.08
15	37.5	36.11	30.74	32.91	30.33
16	40.0	35.96	30.91	33.53	30.67
17	42.5	31.74	30.37	32.88	30.88
18	45.0	32.05	29.03	34.66	30.90
19	47.5	31.81	28.13	32.45	29.63
20	50.0	29.96	27.91	32.30	28.65

(単位: EL.m)

資表-50 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度	100%
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	Free m
備考	狭頂堰高 5.0m
	水たたき始端より 40.8m

測点	水たたき始端からの距離(m)	左 岸 側		中 央	
		最 高	平 均	最 高	平 均
-9	-22.5				
-8	-20.0				
-7	-17.5				
-6	-15.0				
-5	-12.5				
-4	-10.0				
-3	-7.5			30.10	28.88
-2	-5.0			30.35	27.95
-1	-2.5			29.37	28.24
0	0	25.02	24.18	28.15	25.54
1	2.5	30.77	26.35	25.86	24.15
2	5.0	31.78	26.43	25.16	24.24
3	7.5	32.76	26.90	25.16	24.42
4	10.0	33.49	27.38	26.69	25.11
5	12.5	33.74	27.78	27.38	25.61
6	15.0	33.78	28.58	28.26	25.93
7	17.5	34.04	28.97	30.31	27.15
8	20.0	33.90	29.19	29.91	26.91
9	22.5	34.33	29.36	31.31	27.35
10	25.0	35.25	30.46	31.50	29.33
11	27.5	35.58	30.38	33.23	29.49
12	30.0	36.01	30.98	32.91	30.13
13	32.5	36.15	30.83	33.60	29.50
14	35.0	35.85	31.06	33.28	31.16
15	37.5	36.07	31.00	32.99	31.60
16	40.0	35.92	31.01	32.68	31.41
17	42.5	32.80	30.52	33.49	30.95
18	45.0	31.28	29.60	31.51	30.25
19	47.5	30.16	27.01	32.08	29.69
20	50.0	30.65	26.69	29.44	26.52

(単位: EL.m)

資表-51 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度	100%
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	Free m
備考	狭頂堰高6.0m
	水たたき始端より40.8m

測点	水たたき始端からの距離(m)	左岸側		中央	
		最高	平均	最高	平均
-9	-22.5				
-8	-20.0				
-7	-17.5				
-6	-15.0				
-5	-12.5				
-4	-10.0				
-3	-7.5	30.01	28.02	31.10	28.70
-2	-5.0	30.31	27.73	28.75	28.29
-1	-2.5	30.04	28.00	29.88	28.76
0	0	30.16	28.09	29.96	28.43
1	2.5	32.48	28.39	30.55	29.26
2	5.0	34.46	29.13	30.21	28.84
3	7.5	35.28	29.21	31.80	29.11
4	10.0	34.94	29.63	30.76	29.26
5	12.5	34.56	29.82	31.14	29.41
6	15.0	34.66	30.36	31.83	30.31
7	17.5	35.34	30.43	31.92	30.76
8	20.0	36.21	31.06	32.56	30.65
9	22.5	36.42	31.20	32.38	31.26
10	25.0	36.17	31.61	32.78	31.52
11	27.5	36.36	31.73	33.21	31.84
12	30.0	36.77	31.75	32.75	31.69
13	32.5	36.77	32.06	32.93	31.85
14	35.0	36.93	32.21	32.85	32.01
15	37.5	36.99	31.74	33.13	32.22
16	40.0	36.36	32.06	32.61	31.88
17	42.5	32.38	31.63	32.03	31.48
18	45.0	31.12	30.23	31.26	30.09
19	47.5	28.48	28.08	30.34	28.13
20	50.0	28.58	25.58	28.44	26.02

(単位: EL.m)

資表-52 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度	半開度 (Q=210m ³ /s)
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	Free m
備考	狭頂堰高5.5m
	水たたき始端より35.0m

測点	水たたき始端からの距離(m)	左岸側		中央	
		最高	平均	最高	平均
-9	-22.5	32.98	32.90	31.76	31.64
-8	-20.0	33.63	33.11	31.78	31.55
-7	-17.5	32.18	31.55	31.44	30.73
-6	-15.0	31.05	30.75	30.71	30.30
-5	-12.5	29.64	29.41	31.01	29.85
-4	-10.0	30.00	28.37	29.86	28.72
-3	-7.5	30.50	27.51	29.65	28.18
-2	-5.0	31.03	27.92	29.03	27.59
-1	-2.5	31.60	27.86	29.48	27.85
0	0	31.86	27.78	29.65	28.45
1	2.5	31.17	27.89	29.97	27.81
2	5.0	31.65	28.37	29.85	28.18
3	7.5	32.63	28.65	30.12	28.28
4	10.0	33.43	28.73	30.21	28.39
5	12.5	34.16	29.58	30.43	28.95
6	15.0	34.66	29.71	30.80	29.75
7	17.5	35.23	30.16	31.97	30.05
8	20.0	35.31	30.25	31.73	30.09
9	22.5	35.36	30.66	31.78	30.30
10	25.0	34.87	30.76	31.58	30.52
11	27.5	35.02	30.94	32.00	30.91
12	30.0	34.61	30.72	32.09	31.23
13	32.5	34.56	31.35	32.01	31.26
14	35.0	34.80	31.26	32.00	31.05
15	37.5	34.84	30.80	31.25	30.38
16	40.0	34.54	29.38	29.52	28.28
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

(単位: EL.m)

資表-53 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度	半開き (Q=210m ³ /s)
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	W.L 32.20m
備考	狭頂堰高 5.5m 水たたき始端より 35.0m

測点	水たたき始端からの距離 (m)	左 岸 側		中 央	
		最 高	平 均	最 高	平 均
-9	-22.5	33.10	32.79	31.79	31.66
-8	-20.0	33.25	33.03	31.52	31.34
-7	-17.5	32.33	31.84	30.79	30.69
-6	-15.0	32.19	31.02	31.64	30.25
-5	-12.5	33.21	30.27	31.68	30.78
-4	-10.0	33.73	30.80	32.93	30.70
-3	-7.5	33.36	30.99	33.23	30.83
-2	-5.0	32.95	31.06	33.21	30.62
-1	-2.5	33.03	30.81	32.75	30.78
0	0	33.90	31.34	32.42	31.10
1	2.5	34.19	31.66	32.75	31.28
2	5.0	34.69	31.71	32.52	31.32
3	7.5	35.46	31.59	32.70	31.46
4	10.0	35.81	31.80	32.45	31.78
5	12.5	35.20	31.98	32.59	31.51
6	15.0	35.13	32.21	32.35	31.64
7	17.5	35.75	32.44	32.97	31.83
8	20.0	36.18	32.55	33.01	32.13
9	22.5	36.25	32.71	33.06	32.13
10	25.0	36.11	32.87	33.49	32.33
11	27.5	35.69	32.95	33.18	32.74
12	30.0	35.35	33.24	33.24	32.73
13	32.5	35.22	33.14	33.60	32.96
14	35.0	35.11	33.08	34.41	33.23
15	37.5	34.83	33.16	33.87	33.55
16	40.0	34.89	32.73	33.08	32.61
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

(単位: EL, m)

資表-54 水たたき内水面形測定数値表

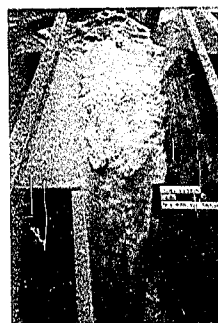
ゲート開度	半開き (Q=210m ³ /s)
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	W.L 33.059m
備考	狭頂堰高 5.5m 水たたき始端より 35.0m

測点	水たたき始端からの距離 (m)	左 岸 側		中 央	
		最 高	平 均	最 高	平 均
-9	-22.5	33.12	32.92	31.83	31.73
-8	-20.0	33.39	33.20	31.50	31.37
-7	-17.5	32.03	31.48	31.71	31.15
-6	-15.0	32.18	31.04	32.50	31.30
-5	-12.5	33.39	31.17	32.18	31.27
-4	-10.0	34.05	31.68	33.41	31.56
-3	-7.5	34.01	31.44	33.71	31.60
-2	-5.0	34.38	31.58	33.30	31.56
-1	-2.5	34.71	31.96	32.88	31.96
0	0	34.75	31.85	33.54	31.95
1	2.5	33.95	32.06	33.37	32.12
2	5.0	33.90	32.18	33.31	32.10
3	7.5	34.56	32.46	33.27	32.11
4	10.0	35.03	32.50	33.23	31.94
5	12.5	35.48	32.46	33.76	32.14
6	15.0	35.94	32.30	33.21	32.66
7	17.5	35.43	32.77	33.38	32.48
8	20.0	35.68	32.81	33.64	32.58
9	22.5	35.78	33.19	33.60	32.75
10	25.0	35.96	33.31	33.81	32.76
11	27.5	35.99	33.34	33.97	33.02
12	30.0	35.71	33.53	33.95	33.25
13	32.5	35.73	33.78	34.37	33.58
14	35.0	35.67	33.67	34.40	33.56
15	37.5	35.56	33.66	34.63	33.77
16	40.0	35.70	33.34	34.38	33.24
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

(単位: EL, m)

貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度	全 開	
下流水位	Free	
備 考	狭頂堰 4.0 m 水たき始端より 40.8 m	

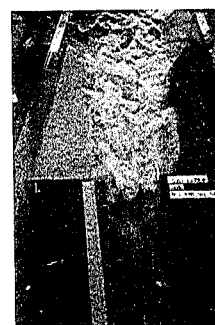
貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度	全 開	
下流水位	Free	
備 考	狭頂堰 5.0 m 水たき始端より 40.8 m	



資写真-114 上流より



資写真-115 下流より



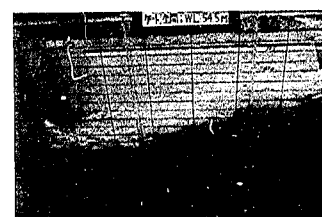
資写真-117 上流より



資写真-118 下流より



資写真-116 右岸側面より



資写真-119 右岸側面より

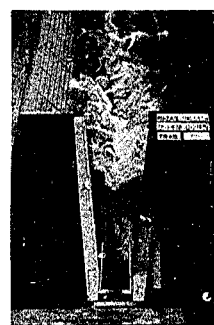
貯水池水位	H.W.L 54.5 m
ゲート開度	全 開
下流水位	Free
備 考	狭頂堰 6.0 m 水たたき始端より 40.8 m



資写真-120 上流より



資写真-121 下流より

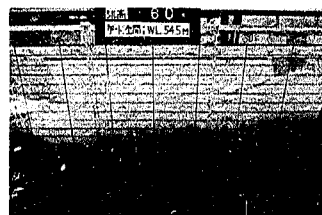


資写真-123 上流より

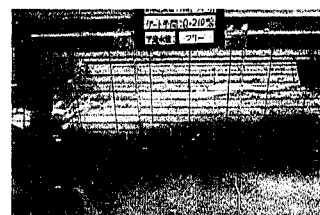
貯水池水位	H.W.L 54.5 m
ゲート開度	半 開 ($Q=210 m^3/s$)
下流水位	Free
備 考	狭頂堰 5.5 m 水たたき始端より 35.0 m



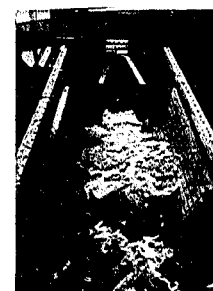
資写真-124 開水路 (右岸より)



資写真-122 右岸側面より



資写真-125 水たたき (右岸より)



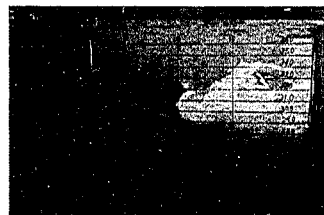
資写真-126 下流より

貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度	半開	($Q=210 \text{ m}^3/\text{s}$)
下流水位	W.L	32.20 m
備考	狭頂堰	5.5 m
	水たたき始端より	35.5 m

貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度	半開	($Q=210 \text{ m}^3/\text{s}$)
下流水位	W.L	33.059 m
備考	狭頂堰	5.5 m
	水たたき始端より	35.0 m



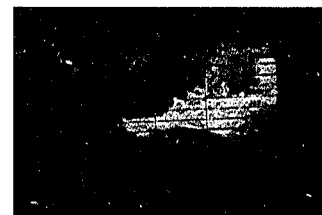
写真真-127 上流より



写真真-128 開水路(右岸より)



写真真-131 上流より



写真真-132 開水路(右岸より)



写真真-129 水たたき(右岸より)



写真真-130 下流より



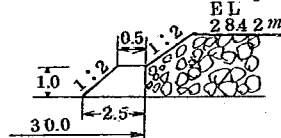
写真真-133 水たたき(右岸より)



写真真-134 下流より

Ⅱ－３ エンドシルによる跳水式減勢工の効果

実験条件

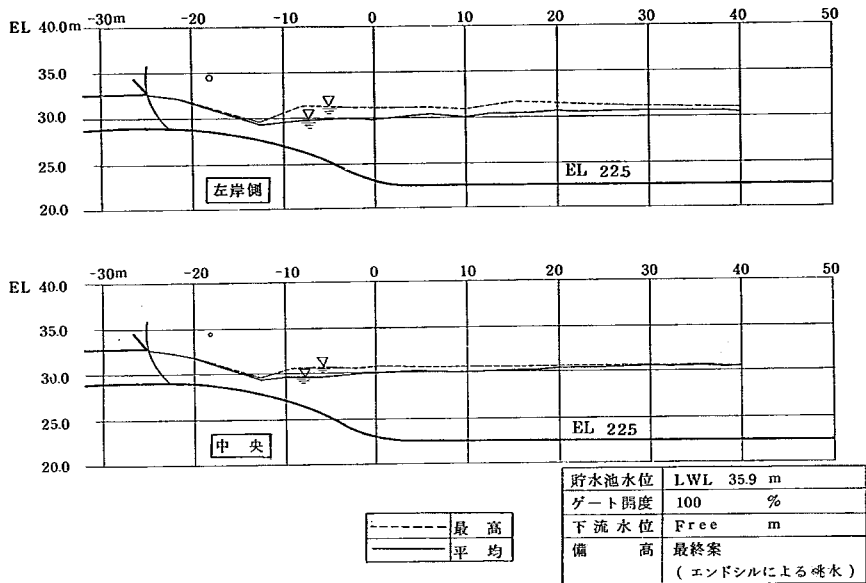
実験名	条 件			備 考
	貯水位	放水管ゲート	下流水位	
水面形測定	WL 35.9m	全 開	FREE	エンドシルは水たたき始端下流30mの地点に設置した。その形状は次のとおりである。 
			WL31.020m	
			FREE	
			WL33.615m ^(注)	
流況観察	WL 54.5m	半 開 ($Q=210m^3/s$) 放 流	FREE	
			WL32.200m	
			WL33.059m	

実験結果

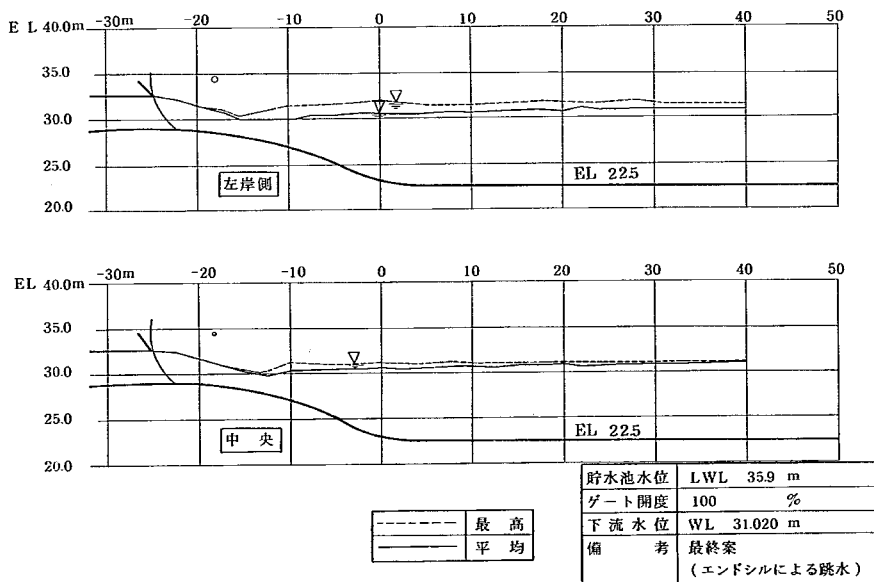
14. 水たたき内水面形関係	資図－52～58	資表－55～61
15. 水たたき内の流れ	資写真－135～162	

(参考資料)

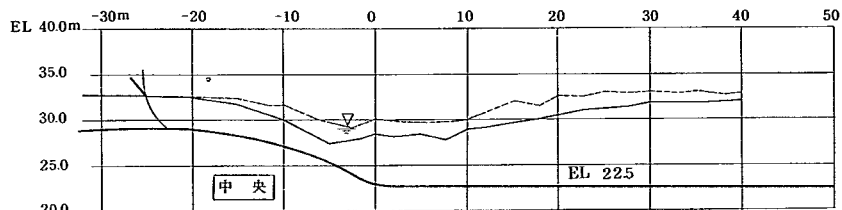
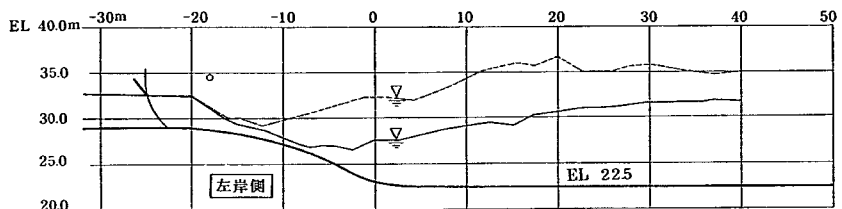
実験名	条 件			備 考
	貯水位	放水管ゲート	下流水位	
流況観察	WL54.5m	80% 60%	WL33.059m	エンドシルによる減勢工 資写真－163～182
		40% 20%		
		10%		



資図-52 水たたき内水面形図



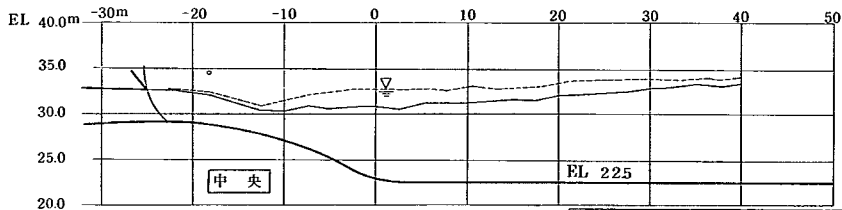
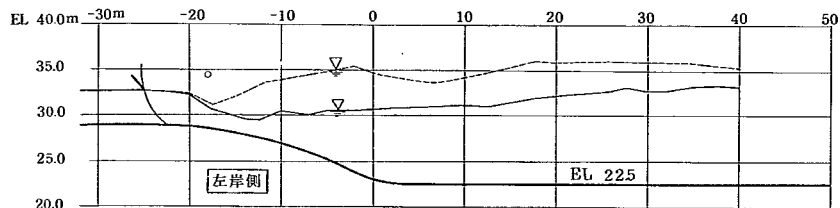
資図-53 水たたき内水面形図



---	最 高
—	平 均

貯水池水位	HWL 54.5 m
ゲート開度	100 %
下流水位	Free m
備 考	最終案 (エンドシルによる跳水)

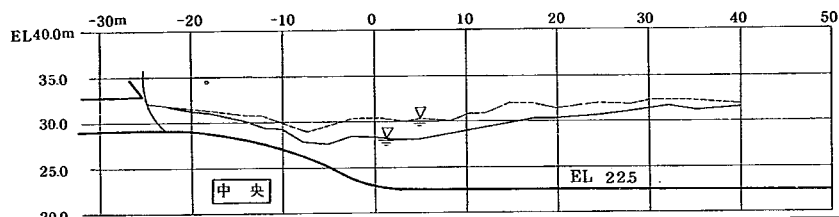
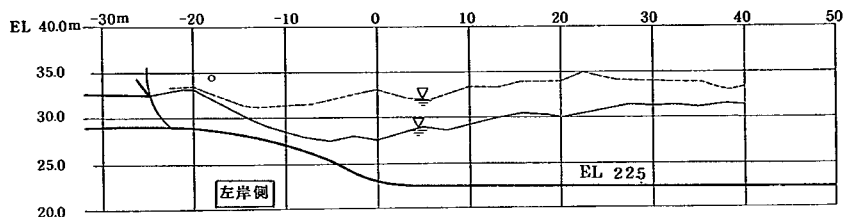
資図 - 5 4 水たたき内水面形図



---	最 高
—	平 均

貯水池水位	HWL 54.5 m
ゲート開度	100 %
下流水位	WL 33615 m
備 考	最終案 (エンドシルによる跳水)

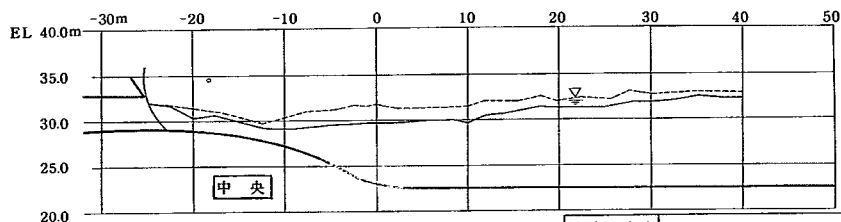
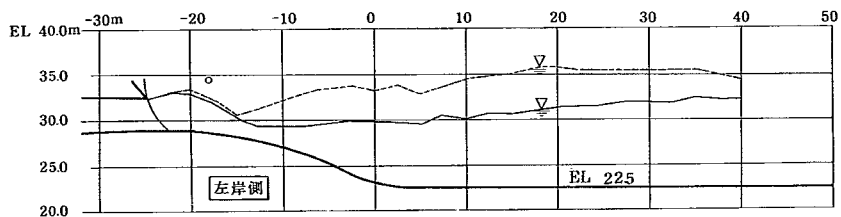
資図 - 5 5 水たたき内水面形図



-----	最 高
—————	平 均

貯水池水位	HWL 54.5 m
ゲート開度	半 開 % (Q=210m ³ /s)
下流水位	Free m
備 考	最終案 (エンドシルによる跳水)

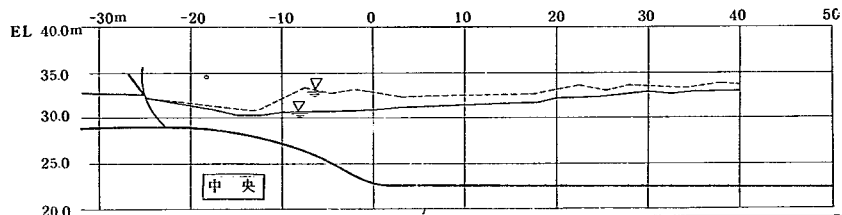
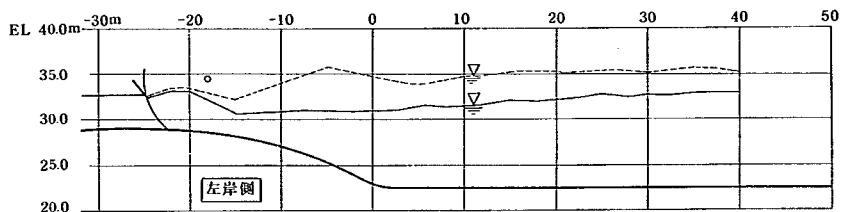
資図-56 水たたき内水面形図



-----	最 高
—————	平 均

貯水池水位	HWL 54.5 m
ゲート開度	半 開 (Q=210m ³ /s)
下流水位	WL 32.20 m
備 考	最終案 (エンドシルによる跳水)

資図-57 水たたき内水面形図



---	最高
—	平均

貯水池水位	HWL 51.5 m
ゲート開度	半開 ($Q = 210 \text{ m}^3/\text{s}$)
下流水位	WL 33.059 m
備考	最終案 (エンドシルによる跳水)

資図-58 水たたき内水面形図

資表-55 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度	100%
貯水位	L.W.L 35.9m
下流水深	Free m
備考	最終案 (エンドシルによる跳水)

測点	水たたき始端からの距離(m)	左岸側		中央	
		最高	平均	最高	平均
-9	-22.5	32.36	32.31	32.42	32.41
-8	-20.0	31.76	31.66	31.82	31.77
-7	-17.5	30.86	30.83	31.04	30.87
-6	-15.0	30.08	30.08	30.08	30.07
-5	-12.5	39.56	39.31	39.72	39.38
-4	-10.0	30.72	39.56	30.43	39.57
-3	-7.5	31.27	39.83	30.83	39.63
-2	-5.0	31.16	39.88	30.48	39.83
-1	-2.5	31.17	39.97	30.44	39.95
0	0	30.98	39.93	30.81	30.03
1	2.5	31.25	39.96	30.53	30.05
2	5.0	31.18	30.12	30.63	30.11
3	7.5	30.88	30.17	30.50	30.13
4	10.0	30.90	30.01	30.68	30.25
5	12.5	31.33	30.37	30.51	30.10
6	15.0	31.59	30.28	30.55	30.21
7	17.5	31.60	30.41	30.55	30.27
8	20.0	31.44	30.67	30.60	30.39
9	22.5	31.49	30.48	30.68	30.42
10	25.0	31.43	30.58	30.61	30.45
11	27.5	31.39	30.60	30.71	31.60
12	30.0	31.29	30.62	30.72	30.56
13	32.5	31.21	30.68	30.59	30.51
14	35.0	31.22	30.56	30.68	30.61
15	37.5	31.14	30.59	30.65	30.57
16	40.0	30.97	30.53	30.57	30.53
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

(単位: EL.m)

資表-56 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度	100%
貯水位	L.W.L 35.9m
下流水深	W.L 31.020m
備考	最終案 (エンドシルによる跳水)

測点	水たたき始端からの距離(m)	左岸側		中央	
		最高	平均	最高	平均
-9	-22.5	32.30	32.27	32.46	32.44
-8	-20.0	31.66	31.65	31.80	31.77
-7	-17.5	31.05	30.85	31.04	30.95
-6	-15.0	30.13	30.08	30.19	30.11
-5	-12.5	31.00	30.94	30.18	30.88
-4	-10.0	31.50	30.95	31.16	30.15
-3	-7.5	31.50	30.25	30.93	30.38
-2	-5.0	31.75	30.27	30.98	30.39
-1	-2.5	31.76	30.48	31.05	30.39
0	0	32.15	30.54	31.16	30.46
1	2.5	31.77	30.41	31.08	30.53
2	5.0	31.50	30.59	31.15	30.47
3	7.5	31.52	30.75	31.13	30.57
4	10.0	31.58	30.74	31.00	30.70
5	12.5	31.72	30.92	31.01	30.61
6	15.0	31.77	30.93	31.10	30.88
7	17.5	31.90	30.96	31.05	30.84
8	20.0	31.83	30.98	31.03	30.84
9	22.5	31.71	31.02	31.18	30.89
10	25.0	31.70	31.02	31.13	30.94
11	27.5	31.74	31.07	31.10	30.97
12	30.0	31.66	31.13	31.11	31.02
13	32.5	31.65	31.06	31.10	31.02
14	35.0	31.61	31.08	31.12	31.01
15	37.5	31.69	31.04	31.10	31.05
16	40.0	31.52	30.96	31.06	30.99
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

(単位: EL.m)

資表-57 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度	100%
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	Free m
備考	最終案 (エンドシルによる跳水)

測点	水たたき始端からの距離(m)	左岸側		中央	
		最高	平均	最高	平均
-9	-22.5	32.44	32.41	32.74	32.62
-8	-20.0	32.21	32.10	32.70	32.46
-7	-17.5	30.36	30.32	32.35	32.08
-6	-15.0	30.00	29.48	32.32	31.69
-5	-12.5	29.23	28.91	31.70	30.71
-4	-10.0	29.83	27.79	31.62	29.98
-3	-7.5	30.36	27.05	30.35	28.88
-2	-5.0	31.29	27.13	29.80	27.54
-1	-2.5	31.96	26.63	29.33	27.80
0	0	32.35	27.60	29.97	28.40
1	2.5	32.24	27.58	29.88	28.14
2	5.0	32.06	28.16	29.85	28.45
3	7.5	33.04	28.80	29.87	27.85
4	10.0	34.70	29.31	30.17	29.02
5	12.5	35.49	29.48	31.33	29.22
6	15.0	35.83	29.21	31.85	29.68
7	17.5	35.74	30.48	31.47	30.03
8	20.0	36.64	30.78	32.60	30.46
9	22.5	35.11	31.16	32.44	31.07
10	25.0	34.99	31.16	32.88	31.24
11	27.5	35.60	31.46	32.75	31.37
12	30.0	35.83	31.91	33.02	31.83
13	32.5	35.35	31.73	32.74	31.85
14	35.0	35.27	31.81	33.05	31.81
15	37.5	34.88	31.87	32.58	31.80
16	40.0	35.19	31.76	32.69	32.03
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

(単位: EL.m)

資表-58 水たき内水面形測定数値表

ゲート開度	100%
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	W.L 33.615m
備考	最終案 (エンドルによる跳水)

測点	水たき始端からの距離(m)	左岸側		中央	
		最高	平均	最高	平均
-9	-22.5	32.58	32.48	32.78	32.68
-8	-20.0	32.28	32.15	32.61	32.42
-7	-17.5	31.18	30.51	32.15	31.99
-6	-15.0	31.99	29.85	31.73	31.38
-5	-12.5	33.44	29.50	30.90	30.48
-4	-10.0	33.96	30.18	31.60	30.29
-3	-7.5	34.59	30.09	32.11	30.92
-2	-5.0	35.05	30.52	32.24	30.45
-1	-2.5	35.49	30.41	32.74	30.75
0	0	34.66	30.47	32.71	30.80
1	2.5	34.33	30.93	32.63	30.64
2	5.0	33.93	31.03	32.81	31.30
3	7.5	33.83	31.12	32.55	31.21
4	10.0	34.35	31.17	33.17	31.18
5	12.5	34.83	31.22	32.78	31.43
6	15.0	35.55	31.55	32.89	31.61
7	17.5	36.12	32.09	33.00	31.68
8	20.0	35.82	32.30	33.48	32.00
9	22.5	36.11	32.45	33.83	32.23
10	25.0	36.16	32.61	33.81	32.40
11	27.5	36.01	33.13	34.02	32.55
12	30.0	36.06	32.87	33.97	32.98
13	32.5	36.02	32.94	33.70	33.02
14	35.0	35.87	33.09	33.92	33.35
15	37.5	35.63	33.41	33.86	33.25
16	40.0	35.55	33.27	34.11	33.55
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

(単位: BL, m)

資表-59 水たき内水面形測定数値表

ゲート開度半開	毎 (Q=210 ^{m³/s})
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	Free m
備考	最終案 (エンドルによる跳水)

測点	水たき始端からの距離(m)	左岸側		中央	
		最高	平均	最高	平均
-9	-22.5	33.28	33.02	31.76	31.70
-8	-20.0	33.39	33.20	31.52	31.39
-7	-17.5	32.50	31.95	31.15	30.99
-6	-15.0	31.46	30.30	30.74	30.40
-5	-12.5	31.27	29.25	30.71	29.60
-4	-10.0	31.52	28.56	30.06	29.21
-3	-7.5	31.51	27.81	28.96	27.94
-2	-5.0	32.04	27.59	29.42	27.70
-1	-2.5	32.75	28.02	30.35	28.38
0	0	32.98	27.59	30.25	28.26
1	2.5	32.25	28.44	30.01	28.08
2	5.0	32.03	28.96	30.22	28.15
3	7.5	32.45	28.70	29.91	28.53
4	10.0	33.52	29.14	30.76	28.96
5	12.5	33.28	29.87	31.00	29.36
6	15.0	33.82	30.28	32.19	29.81
7	17.5	33.91	30.32	31.94	30.23
8	20.0	33.97	30.00	31.40	30.19
9	22.5	33.95	30.44	31.66	30.58
10	25.0	34.26	31.02	31.88	30.74
11	27.5	34.16	31.38	31.83	31.12
12	30.0	34.06	31.27	32.19	31.46
13	32.5	33.96	31.39	32.28	31.55
14	35.0	33.98	31.19	32.17	31.20
15	37.5	33.22	31.47	32.09	31.41
16	40.0	33.30	31.50	31.83	31.44
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

(単位: BL, m)

資表-60 水たたき内水面形測定数値表

ゲート開度半開	※(Q=210 ^{m³/s})
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	W.L 32.20m
備考	最終案 (エンドレルによる跳水)

測点	水たたき始端からの距離(m)	左岸側		中央	
		最高	平均	最高	平均
-9	-22.5	33.15	32.97	31.80	31.71
-8	-20.0	33.39	33.06	31.40	30.26
-7	-17.5	32.54	31.96	31.12	30.73
-6	-15.0	30.71	30.22	30.41	30.06
-5	-12.5	31.16	29.33	29.70	29.26
-4	-10.0	32.21	29.35	30.26	29.18
-3	-7.5	35.06	29.41	30.95	29.27
-2	-5.0	33.48	29.77	31.10	29.51
-1	-2.5	33.71	29.83	31.61	29.65
0	0	33.26	29.87	31.66	29.79
1	2.5	33.79	29.81	31.25	29.90
2	5.0	32.83	29.58	31.22	29.86
3	7.5	33.36	30.53	31.31	30.01
4	10.0	34.46	30.12	31.52	29.88
5	12.5	34.76	30.62	32.03	30.53
6	15.0	35.14	30.68	31.96	30.77
7	17.5	35.68	31.01	32.45	31.30
8	20.0	35.78	31.36	32.08	31.34
9	22.5	35.46	31.43	32.26	31.52
10	25.0	35.32	31.58	32.34	31.51
11	27.5	35.31	31.81	33.03	31.69
12	30.0	35.50	31.94	32.67	32.08
13	32.5	35.60	31.81	32.90	32.16
14	35.0	35.46	32.19	32.94	32.60
15	37.5	34.96	32.22	32.89	32.38
16	40.0	34.36	32.28	32.85	32.33
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

(単位: EL,m)

資表-61 水たたき内水面形測定数値表

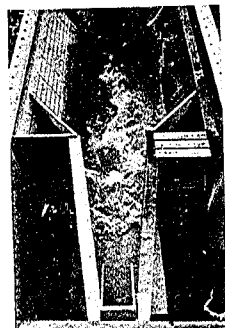
ゲート開度半開	※(Q=210 ^{m³/s})
貯水位	H.W.L 54.5m
下流水深	W.L 33.059m
備考	最終案 (エンドレルによる跳水)

測点	水たたき始端からの距離(m)	左岸側		中央	
		最高	平均	最高	平均
-9	-22.5	33.28	32.99	31.82	31.69
-8	-20.0	33.40	32.94	31.55	31.33
-7	-17.5	32.60	32.10	31.26	30.97
-6	-15.0	32.17	30.52	31.02	30.37
-5	-12.5	33.18	30.55	31.09	30.28
-4	-10.0	34.10	30.60	32.22	30.66
-3	-7.5	34.92	30.86	33.40	30.53
-2	-5.0	35.66	30.93	32.81	30.58
-1	-2.5	35.11	30.68	33.16	30.69
0	0	34.80	31.05	33.01	30.90
1	2.5	34.20	30.96	32.23	31.10
2	5.0	33.77	31.54	32.36	31.24
3	7.5	34.12	31.41	32.39	31.19
4	10.0	34.58	31.44	32.52	31.43
5	12.5	34.76	31.70	32.52	31.53
6	15.0	35.18	32.13	32.75	31.61
7	17.5	35.26	31.85	32.55	31.58
8	20.0	35.14	32.19	33.21	32.14
9	22.5	35.16	32.28	33.47	32.26
10	25.0	35.42	32.80	32.82	32.17
11	27.5	35.43	32.35	33.48	32.62
12	30.0	35.21	32.73	33.53	32.90
13	32.5	35.60	32.71	33.34	32.73
14	35.0	35.72	32.87	33.38	32.87
15	37.5	35.59	32.78	33.68	32.90
16	40.0	35.31	32.94	33.62	33.10
17	42.5				
18	45.0				
19	47.5				
20	50.0				

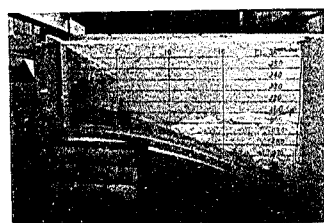
(単位: EL,m)

貯水池水位	L.W.L 35.9 m
ゲート開度	全 開
下流水位	Free
備 考	最終案 (エンドシルによる跳水)

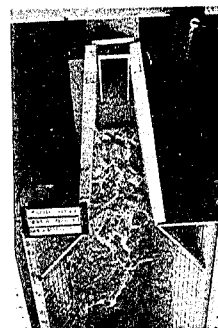
貯水池水位	L.W.L 35.9 m
ゲート開度	全 開
下流水位	W.L 31.020 m
備 考	最終案 (エンドシルによる跳水)



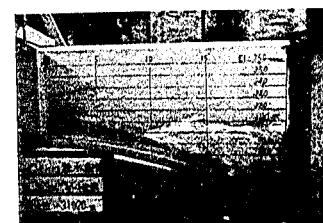
資写真-135 上流より



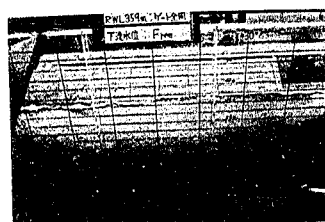
資写真-136 開水路(右岸より)



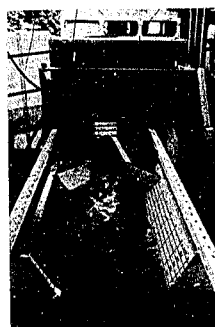
資写真-139 上流より



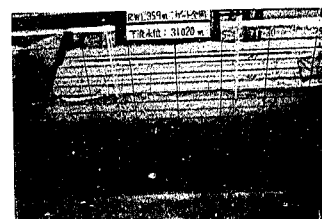
資写真-140 開水路(右岸より)



資写真-137 水たたき(右岸より)



資写真-138 下流より



資写真-141 水たたき(右岸より)



資写真-142 下流より

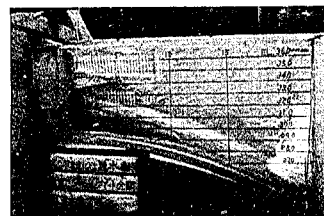
貯水池水位	H.W.L 54.5 m
ゲート開度	全 開
下流水位	Free
備 考	最終案 (エソドゥルによる跳水)

貯水池水位	H.W.L 54.5 m
ゲート開度	全 開
下流水位	W.L 33.615 m※
備 考	最終案 (エソドゥルによる跳水)

※ $Q=210 \text{ m}^3/\text{s}$ 放流時に下流水位を
W.L 33.059 となるようにバタを位置
し、そのままの状態で行ない同
時に下流水位を測定する。



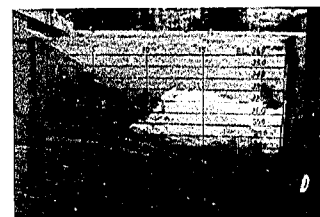
写真真-143 上流より



写真真-144 開水路(右岸より)



写真真-147 上流より



写真真-148 開水路(右岸より)



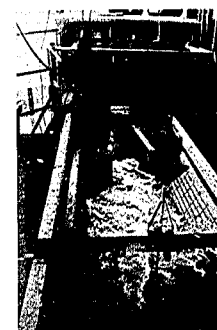
写真真-145 水たたき(右岸より)



写真真-146 下流より



写真真-149 水たたき(右岸より)

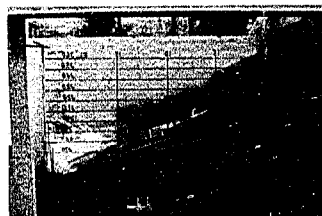


写真真-150 下流より

貯水池水位	H.W.L 54.5 m
ゲート開度	半開 ($Q=210m^3/s$)
下流水位	Free
備考	最終案 (エンドレルによる跳水)



写真真-151 上流より



写真真-152 開水路(右岸より)



写真真-155 上流より



写真真-156 開水路(右岸より)



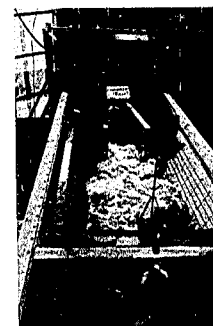
写真真-153 水たたき(右岸より)



写真真-154



写真真-157 水たたき(右岸より)



写真真-158 下流より

貯水池水位	H.W.L 54.5 m
ゲート開度	半開 ($Q=210m^3/s$)
下流水位	W.L 32.20 m
備考	最終案 (エンドレルによる跳水)

貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度	半開	($Q=210\text{ m}^3/\text{s}$)
下流水位	W.L	33.059 m
備考	最終案 (エンドレルによる跳水)	

貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度	80 %	
下流水位	W.L	33.059 m
備考	最終案 (エンドレルによる跳水)	



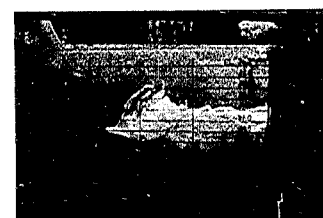
写真真-159 上流より



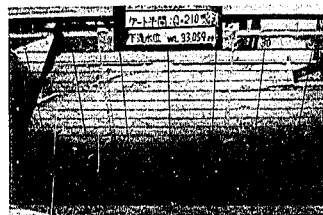
写真真-160 開水路(右岸より)



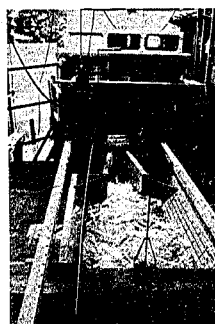
写真真-163 上流より



写真真-164 開水路(右岸より)



写真真-161 水たたき(右岸より)



写真真-162 下流より



写真真-165 水たたき(右岸より)

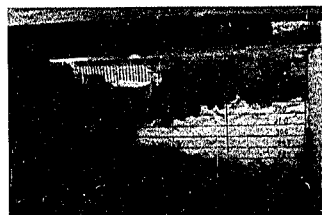


写真真-166 下流より

貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度		60 筈
下流水位	W.L	33.059 m
備考	最終案 (エンドレルによる跳水)	



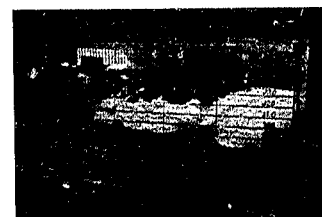
写真真-167 上流より



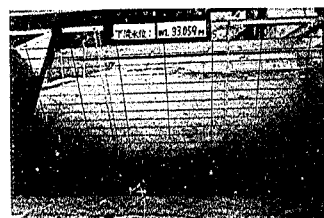
写真真-168 開水路(右岸より)



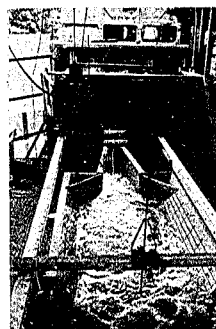
写真真-171 上流より



写真真-172 開水路(右岸より)



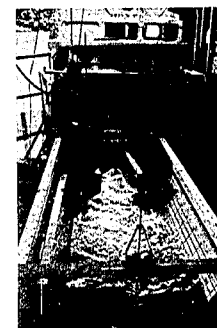
写真真-169 水たたき(右岸より)



写真真-170 下流より



写真真-173 水たたき(右岸より)



写真真-174 下流より

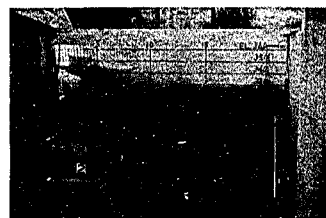
貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度		40 筈
下流水位	W.L	33.059 m
備考	最終案 (エンドレルによる跳水)	

貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度		20 %
下流水位	W.L	33.059 m
備 考	最終案 (エンドレルによる跳水)	

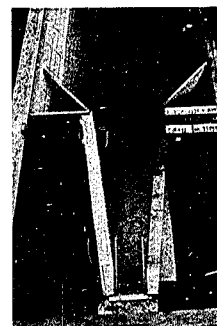
貯水池水位	H.W.L	54.5 m
ゲート開度		10 %
下流水位	W.L	33.059 m
備 考	最終案 (エンドレルによる跳水)	



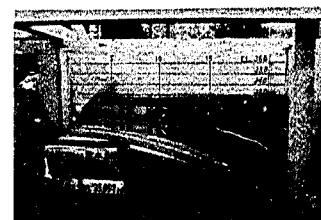
写真真-175 上流より



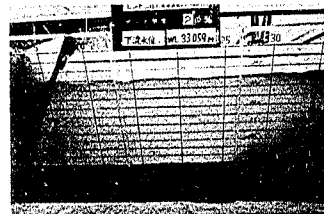
写真真-176 開水路(右岸より)



写真真-179 上流より



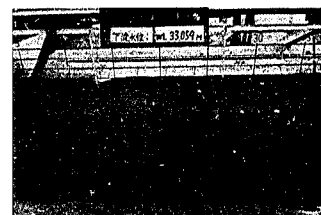
写真真-180 開水路(右岸より)



写真真-177 水たたき(右岸より)



写真真-178 下流より



写真真-181 水たたき(右岸より)



写真真-182 下流より