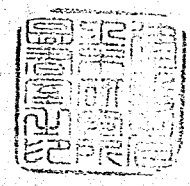
下久保ダム水理模型実験報告書



昭和40年4月

建設省土木研究所

SEKIREI A4 NO. 54

まえがき

本報告書は水資源開発公団下久保ダム建設所からの委託によって，昭和37年度に実施された下久保ダム余水吐の水理模型実験に関するものである。

下久保ダムは利根川総合開発の一環として，支川神流川に計画されているもので，右岸側は埼玉県児玉郡神泉村矢納，左岸側は群馬県多野郡鬼石町下久保を結ぶ地点に建設される。

ダム諸元は表－1に示される通りである。

表－1

ダム型式	コンクリート重力式	有効貯水量	120,000,000 m³
ダム高	129.0 m	洪水調節容量	35,000,000 m³
ダム長	630. m	計画高水位	EL. 296.8 m
コンクリート量	1,500,000 m³	洪水期制限水位	EL. 283.8 m
総貯水量	155,000,000 m³	低水位	EL. 223.0 m

下久保ダム余水吐については，すでに昭和36，37年度に縮尺 1/100 の水理模型について予備実験を行ない，余水吐型式として当初考えられた付属型余水吐および分離型余

水吐の両者について技術的および経済的な比較を行なった結果，付属型余水吐型式が有利であることがわかった．

今回行なった実験は，上記によって決定された付属型余水吐についての水理機能を調査するためのものである．

第1章　余水吐設計の概要

下久保ダム余水吐の設計条件としては表－2に示すようである．

表－2

計画対称調節流量	3,000 (m³/s)	
計画放流量	800	貯水位 EL. 283.8 m (夏期制限水位) にて
計画100年確率洪水量	3,200	
異状洪水量	5,000	100年確率洪水量の20%増し

余水吐型式は図－1～7に示されるようなオリフィス型余水吐とし，計画放流量の 800 m³/s を2門のオリフィス余水吐より放流し，異状洪水量の 5,000 m³/s のうちオリフィスからの 800 m³/s を差引いた 3,200 m³/s を堤頂越流部余水吐から放流するものとする．

減勢工の設計についての最大の難点は，ダム下流の河

道が堤趾部の直下流で約60石方側に当曲しているので，重力式ダムにおいて通常採用されている跳水型減勢工において，充分な跳水を形成するために必要な水叩き長をとることが出来ない。したがって，減勢工の設計については充分な考慮を払って検討することが必要である。

第2章　実験概要および模型

1. 実験概要

本実験は下久保ダム余水吐の水理機能を検証し，合理的かつ経済的な余水吐型式を決定することを目的とし，原案余水吐模型について水理実験を行ない，その水理的な適否を検討の上改良をはかろうとする計画であるが，本年度は昭和40年度現場での工事の進行に際して必要な減勢工関係に重点をおいて実験を行なった。

実験の内容は次の通りである。

1) 堤頂越流部およびB部流量調査

2) 越流面形状および導流壁高の検討

3) 減勢工の検討

以上の実験に対する実験項目は次のようである。

1) 堤頂越流部貯水位流量関係の測定

2) 孔口部貯水位流量関係の測定

3) 堤頂越流部底面圧力測定

4) 孔口部下流底面圧力測定

5) 越流水面形測定

6) 減勢工に関する調査

2、模型

本実験用模型は建設省土木研究所係嶋今圭ダム水理研究室の実験場に製作された。その概要は次のとうりである。

模型の縮尺は縦横とも1/50とし，ダム上流部の貯水池内の地形は省略した。下流の山地部および河道の製作範囲はダム軸から河道にそって下流へ約900m，山地はEL. 220mまでとした。なお，下流の河道については詳細図がないため，1/1000の地形図をもとにして製作し，模型水路の下流端には水位調節装置を設けた。

模型の堤体部分は整流潜論切用鉄管を主体に木材で作り，橋脚，橋台，ゲート等は設計寸法にしたがって木材鉋仕上げとし，特に孔口部等は上質檜材を使用した。

水叩き部は，改造の便を考えて木製とし，これに続く

下流河床は周囲を木枠で囲み，モルタル破片，砂利，砂等を中詰にして表面をモルタル刷毛引き仕上げで製作した。

なお，模型の実物に対する相似関係は，フルードの法則にしたがうものとして取扱い，以下本報告書中に記載する数値は，すべて次表によって実物に換算したものである。

表－3

諸元	次元	縮率	
長さ，水深	L	n	1:50
時間	T	$n^{1/2}$	1:7.071
流速	LT^{-1}	$n^{1/2}$	1:7.071
流量	L^2T^{-1}	$n^{5/2}$	1:17677
越流係数	—	—	1:1

3. 諸量の測定方法

水位および水深の測定には1/10mm読みの水位測定器を使用し，圧力の測定は1mmの開孔部を有する外径6mmの真鍮管をビニール管で目盛付ガラス管に連結しその水頭高を測定する方法をとった。流量は模型の下流端にある

鋭縁矩形堰の越流深を水位測定器によって測定し，次式（水理公式集）によって算出した。

第3章　堤頂越流部およびふ口部流量調査

1. 堤頂越流部貯水位流量関係の測定

1) 自由越流時

ふ口部ゲートを閉鎖して，堤頂越流部ゲートを全開した状態で貯水位と越流量の関係を測定した。その結果を表－4および図－8に示す。

さらに，この結果から次式によって越流係数を算出した。その結果を表－4および図－9に示す。

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

ここで　Q：流量
B：越流巾
H：越流深
C：越流係数

2) ゲート調節操作時

ゲートを 2m ごとに固定した状態で貯水位と流量の関係を求めた。その結果を表－4および図－10に示す。

この時，ゲートの上流部に渦流が発生している様子

が観察された。この渦は開度が 1.0m の時から小さいものがまじており，開度が大きくなるほど渦も大きくなっている。また，貯水位がよるほど渦は小さくなっていくが計画高水位の EL. 296.8m においても完全にはなくならない。

2. 放口部貯水位流量関係の測定

1) ゲート全開時

越流部のゲートを全開した状態で，放口部ゲートを全開して貯水位と流量の関係を測定した。その結果を表-5および図-8に示す。

さらに，この結果から次式によって流出係数を算出しそれと H_c/a_0 の関係を表-5および図-11に示す。

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

ここで　Q：流出量
A：放口の断面積
H_0：放口中心からの水深
H_c：放口底面からの水深
a_0：放口の高さ
C_0：流出係数

この時，放口上流部に発生する流出渦は，堤頂越流部ゲート調節操作時の時と同様に，貯水位が増すと小さくなり，ほぼ EL. 291m になると消失する。

2) ゲート調節操作時

ゲート開度を 1m ごとに固定して貯水位と流量の関係を測定した。その結果を表－5および図－12に示す。

なお，堤頂越流部および孔口部のゲートを全開した時の貯水位と流量の関係については実験による測定は行なわず，別々に行なった測定値をあわせて求めたものである。堤頂越流部と孔口部とは底面の中心間の距離は約 16m あり，双方を同時に放流する時の縮流の干渉による流生量の変化はほとんどないものと考えられる。

第4章 越流面形状および等流壁高の検討

1. 堤頂越流部底面圧力測定

1) 自由越流時

貯水位を EL. 196.8m に維持し，堤頂越流部から自由越流させた時の底面圧力を測定した。測点の位置は図－13に示す。

測定結果を表－6および図－14に示す；

2) ゲート調節操作時

自由越流時と同じ貯水位において，ゲート開度を 1.0，

2.0, 3.0 m とした時の底面圧力を測定した。その結果を表－5および図－15, 16, 17に示す。

自由越流時およびゲート調節操作時に測定された結果を見ると，自由越流時には負圧は全く発生していない。ゲート調節操作時にはダムから 4.75～10.75 m の範囲に負圧の発生が見られるが，その値は最大で約－1 m であり，許容負圧(－3 m)以内である。

2. 放口部下流底面圧力の測定

1) ゲート全閉時

貯水位を EL. 216.8 m に維持し，放口部ゲートを全閉した状態で放口部下流の底面圧力を測定した。測定点は図－13に示す。

測定結果を表－6および図－18に示す。

2) ゲート調節操作時

ゲート全閉時と同じ貯水位において，ゲート開度を 1.0, 2.0, 3.0 m とした時の下流底面圧力を測定した。その結果を表－6および図－15, 16, 17に示す。

これらの測定結果を見ると，下流底面上でそれぞれの

場合に負圧が発生していることが認められるが，その最大値は－0.935 m であり許容負圧（－3m）以内である。

ゲート部からの流出水脈を見ると，ゲートの先端から放出された水束が先端から約6m 附近で底面から剥離しているような渦泡を示している。これはゲート開度が全開の時に最も著しく，ゲート開度が小さくなるとともに目立たなくなりゲート開度が 6.0m 以下になると認め難くなる。この現象を底面圧力の測定結果と対応して見ると，ゲート全開時の記録に，測点8（ゲート軸から 14.0m）と測点9（ゲート軸から 18.5m）の間で圧力値が負から正へ変っていることが認められる。この点の前後の測点における圧力値から考慮すると，この圧力値の負から正への変化は著しいものであることがわかる（図－14参照）。このことから前記の水脈の剥離の現象がこの附近で生起しているのではないかと考えられるが，水脈の剥離の現象について具体的に調査する適当な方法がないので確認出来なかった。

この水脈の剥離にともなう負圧の発生については測定値を見ると意外に小さく考慮する必要のない程度の値を

示している。この理由については次のように考えられる。すなわち，北口放口からの放水路は，出口に設けられるゲートを取付けるためおれ口放口の中よりも下流の導水路部の中が出口の位置で急拡している（図－7参照）ため，この位置から空気を水路中に連行している。この空気連行の現象は流況によって判断することが出来，このために底面の負圧が軽減されているとも考えられる。一方，この空気連行現象を生じやすいことが騒音を生ずる原因となっていることも考えられるが，これらの水路の騒音，負圧の低めかさいことおよび空気連行現象を生じやすい設計であることなどについてその原因と結果の関係を明らかにすることは困難である。

3. 越流水面形の測定

貯水位を E.L. 294.8m とし，堤頂越流部およびおれ口部のゲートを全開にした状態で右右岸導流壁ぞい，左岸側柱脚ぞいおよびおれ口部については右岸側1門について測定（最高水面形を）した。その結果を表－7および図－18に示す。

これを見ると，この時の流量約 $3/s/m$ に対しては左右岸導流壁ともにその設計高が不足していることがわか

り，その最大値は左岸側で約2m，右岸側で約2m不足であることを示している。

また，孔口部についてダム軸から13.0mの区間は橋脚に全く水脈がふれないため測定を行っていない。これは孔口下流の水路が孔口ホロから急拡しているためである。

第5章　減勢工の検討

減勢工については，下流の河道が堤趾部の直下流で右岸側に大きく湾曲しており，水平水叩きの直線区間長を充分にとることが出来ないために高速射流の減勢については充分な配慮が必要である。

水叩きの平面的形状としては次の3種類について考えることとした。この時の平面形状を図-1に示す。

i) 堤趾部のバケットカーブ終端から水平水叩きの直線区間長を30mとし，予備実験において設置した副ダムに接続する。

ii) i)において直線区間長を40mとする。

iii) i)において直線区間長を50mとする。

今回の実験では直線区間長の違いによる減勢効果の相

違を調べることを目的とし，直線区間長が30mのもの（1案）および40mのもの（2案）について調査を行なった。実験の内容としてはこれらの両案に対して，放流水流が水叩き内で完全に減勢されるような副ダム高の決定である．この場合，シルの効果についても調査するため両案ともシルなしの場合およびシルの高さを1.0m，2.0m 3.0mの3通りに変化させて実験を行なった。

以上の実験を行なうために次のような実験方法を行なった，すなわち，1案および2案についてシルのない状態から3.0mをピた々種類の水叩き形状に対して副ダム高を13m（最大流量の3,110 m³/s の時でも水脈が水叩き外にあふれることのない副ダム高）とした状態において，流量と副ダム越流深の関係を求めた。その結果を表－8および図－20に示す．（副ダムの位置はダム軸から112m）

次に副ダムを取除き，模型水路下流端に取付られている水位調節板を操作することによって，各水叩き形状に対する流量を減勢のために必要な下流水位との関係を求めた。その結果を表－8，および図－21，22に示す。

これらの結果から任意の流量に対する必要な副ダム高

は次のようにして求めることができる。

$$h_{SD} = h_{tm} - h_{of}$$

(必要副ダム高) (必要下流水深) (副ダム越流深)

(この場合の必要下流水深は必要下流水位から水叩き底面の標高 EL 180.0 m を引いた値である)

この方法によって副ダム高を求める際は次のことに注意を払う必要がある。

i) 副ダムを取扱った時に下流水位の調節を行なった水位調節後の位置は副ダムの位置から 360 m 下流であり，この区間内に満水した状態における必要下流水位と，通水副ダムを越流する水位とを同時に取扱うことは不可能である。

ii) 副ダム高を 13 m を固定して各流量に対する副ダムの越流深を測定している。で，流量が大きくなって跳水位置が上流側に移動した場合，副ダム位置の越流流速が異ってくるから，あまりに必要副ダム高は過大な値となる。

以上の点に注意せねばならないが，本実験の場合には i) に対しては，直線区間長の違いによる減勢効果の相違

を求めるのが主目的であるから量的に正確な値を求めることはそれほど重要ではない，また，この方法で求めた必要副ダム高が予備実験において求めた値とほぼ等しくその差は約1mで，この方法による値が大きくなっている。流量3,000 m³/s の場合のそれぞれの値を下に示す。

	必要副ダム高		流量
	シルなし	シル3m	
予備実験 (1/100)	12 m	8 m	3,000 m³/s
本実験	12.4 m	8.5 m	〃

この結果から見てこの方法によって求められた副ダム高はほぼ実用上支障のない値であるといえる。なお最終的な副ダム高の決定に際しては，実際に副ダムを設置して実験を行なうこととする。

また，ii)に対しては設計の対象となるような流量は約2,000～3,000 m³/s であり，小流量についてこの値は必要でないので差支えないと考えられる。

以上の観点のもとに合水以下の部分に対して，流量と副ダム高との関係を求めた結果を図－23および次に示す。

この結果より見ると連絡通路幅が20m の場合，3,000 m³/s

について見るとシルの高さが大きくなるにつれて，副ダム高は低くてよいことを示しているが，50mの場合はシルのない時と1mおよび2mのものを取付けた場合にはほとんど変りない。3,000 m³/sの場合についてもけも両者について表にまとめると下表のようになる。

直線距離	必要副ダム高			
	シルなし	シル1m	シル2m	シル3m
30m	12.4m	11.2m	10.3m	8.3m
50m	12.2m	12.0m	11.5m	10.2m

さらに，表をみると直線距離が50mで，30mのものより水理的に有利であるにもかかわらず，シルを取付けた場合は50mの方が30mよりも高い副ダムを必要としていることがわかる。これをシルがない場合と3mの場合について示したものを図－25に示す。

この原因として考えられることは次のことである。すなわち，両者について，シルを取付けた位置はいずれも水平水叩き直線区間の終端であり，いいかえれば30mの場合は堤趾部から30m，50mの場合は50mとしており，シルまでの距離が異っている。

このため，30mの場合にはシルの本来の目的である強制氷水を起させることに有効であるが，10mの場合は30mの場合よりも20m下流にシルを取付けているため，すでに副ダムからの下流水位によってまず跳水の始端よりも下流の位置になっている．したがって，シルを取付けても効果が小さく，特に1mおよび2mのシルの時は与えた時にくらべてわずかに与えていただけであり，3mの時にやっと効果があらわれているが，この場合も30mの時にくらべるとかさい．

以上の理由から30mと10mの場合についてシルの効果を比較するには，10mの場合もシルの位置を30mの場合と同じ位置に取付けて行なわねばならないと考えられるが，今回の実験では時間的な余裕が少く次回に行なうこととする．

今回の実験によれば，水平わき出し区間の終端に3mのシルを設けた場合，$q=0.01\ m^3/s$に対しては30mの場合約4m，10mの場合約2m副ダムの高さを減ずることができることがわかった．10mの場合の効果が小さいのはシルの設置位置の関係である．

また，越流区間の水脈の流況は30mの場合よりも50mの場合の方が比較的安定しているが，いずれの場合も，シルがない時はわずかな下流水位の低下にもなって，水叩き外部へ水流が飛び出す傾向が見うけた。シルをつけた時は，必要下流水位が若干低下しても水流が水叩きの外部に飛び出すことはない。ただし，シル位置における水流の乱れは著しく，3,200 m³/sの時，直接区間が50mで3mのシルを取付けた場合は，水面は最高で約8mに達するため計画の管理堂高30mをこえることはない。

今回の実験では水叩き内の水面形については測定を行なわなかったが，必要下流水位をもとめた場合には計画の30mの管理堂高をこえることはなかった。

第6章　結論

今回の実験の結果をまとめると以下のようになる。

1) 堤頂越流部および副堤部は計画高水位の EL 296.8 m でゲート全開時に 3,150 m³/s の放流能力を持ち，制限水位 EL 293.8 m で副堤部全開時に 920 m³/s の放流能力を持っており，いずれも設計条件を満足する。

ii) 堤頂越流面部および非常用洪水吐下流底面部については、いずれも底面に許容値以上の負圧の発生はなく安全現象に対する安全性が確認された。

ただし、非常用洪水吐下流底面部については、許容値以上の負圧は発生していないとはいうものの、ゲート部における断面の急拡変から空気を連行している現象が認められ、さらに、水脈が底面から剥離しているような状況を呈している。空気連行の現象については模型と実際との相似律が成立しないため、模型実験において安全であるからといって実物も安全であるとはいい難い。したがって、この底面から水脈が剥離する現象は避けたほうがよいと考えられ、この点の改良が望ましい。

iii) 越流部等流水深については前記したように計画高水位 EL 276.5 m で堤頂越流部および非常用洪水吐ゲートを全開した場合（流量 3,130 m³/s）左岸側等流水深で最大 2.5 m、右岸側で 2 m 余足することを示している。

iv) 減勢工については水叩きの直線区間および非常用洪水吐ゲートにシルを取付けない場合、

および1m, 2m, 3mの3種のシルを水叩き直線部の終端に設置した場合について行なった。

その結果3mの場合よりも1mの場合の方が良い流況を示しているが、たたシルの効果としてはシル取付位置の関係で3mの場合の方が大きな効果を持っている。

シルを取付けた場合にはいずれの場合にも、下流水位が若干低下しても曲線部から水叩き外部に水流が飛ぶことはないが、シルのない場合は曲線部から水流が飛ばさないようにするには下流条件を厳重に必要下流水位に維持する必要がある。

必要下流水位を維持する時はどのような場合にも計画の等流量とこえることはないが、これは等流量が急速の場合であり、等流量が移り変る時は改めて検討する必要がある。

減勢工関係のこまかい数字については前記の実験の項を参照されたい。

あとがき

本実験は模型製作および実験を含めて昭和37年3月から昭和40年3月までに行なわれたものである。

SEKIREI A4 NO. 54

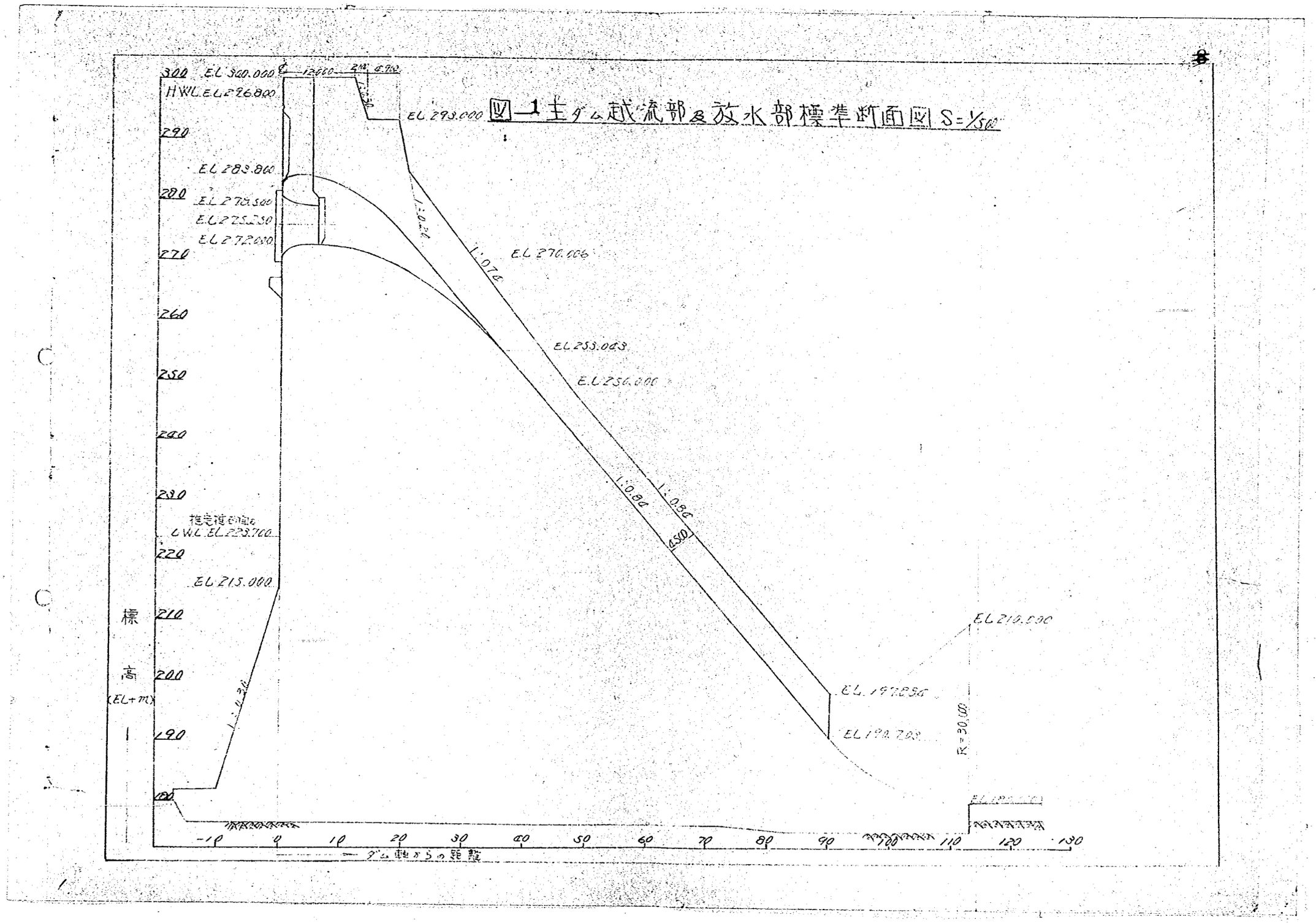
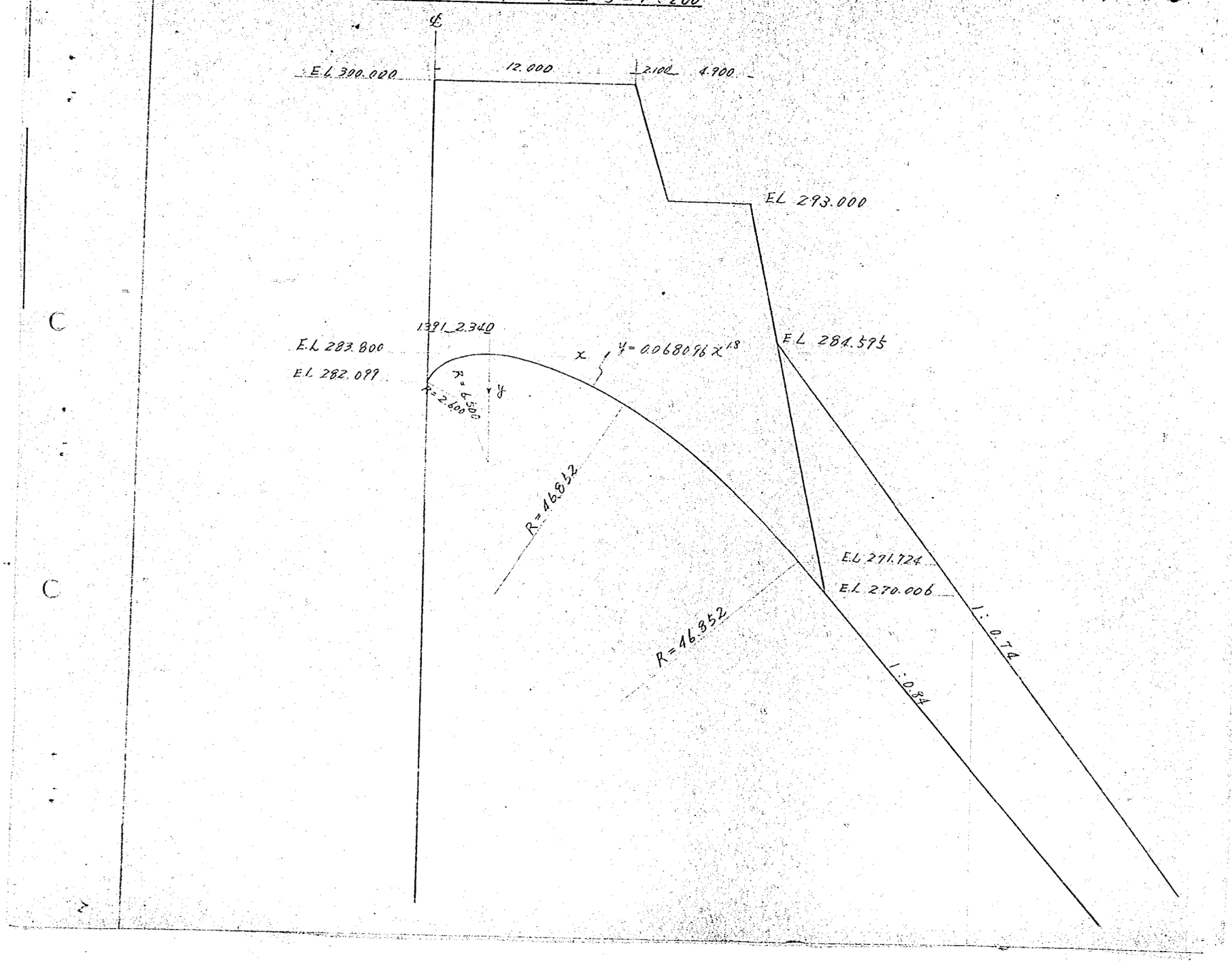
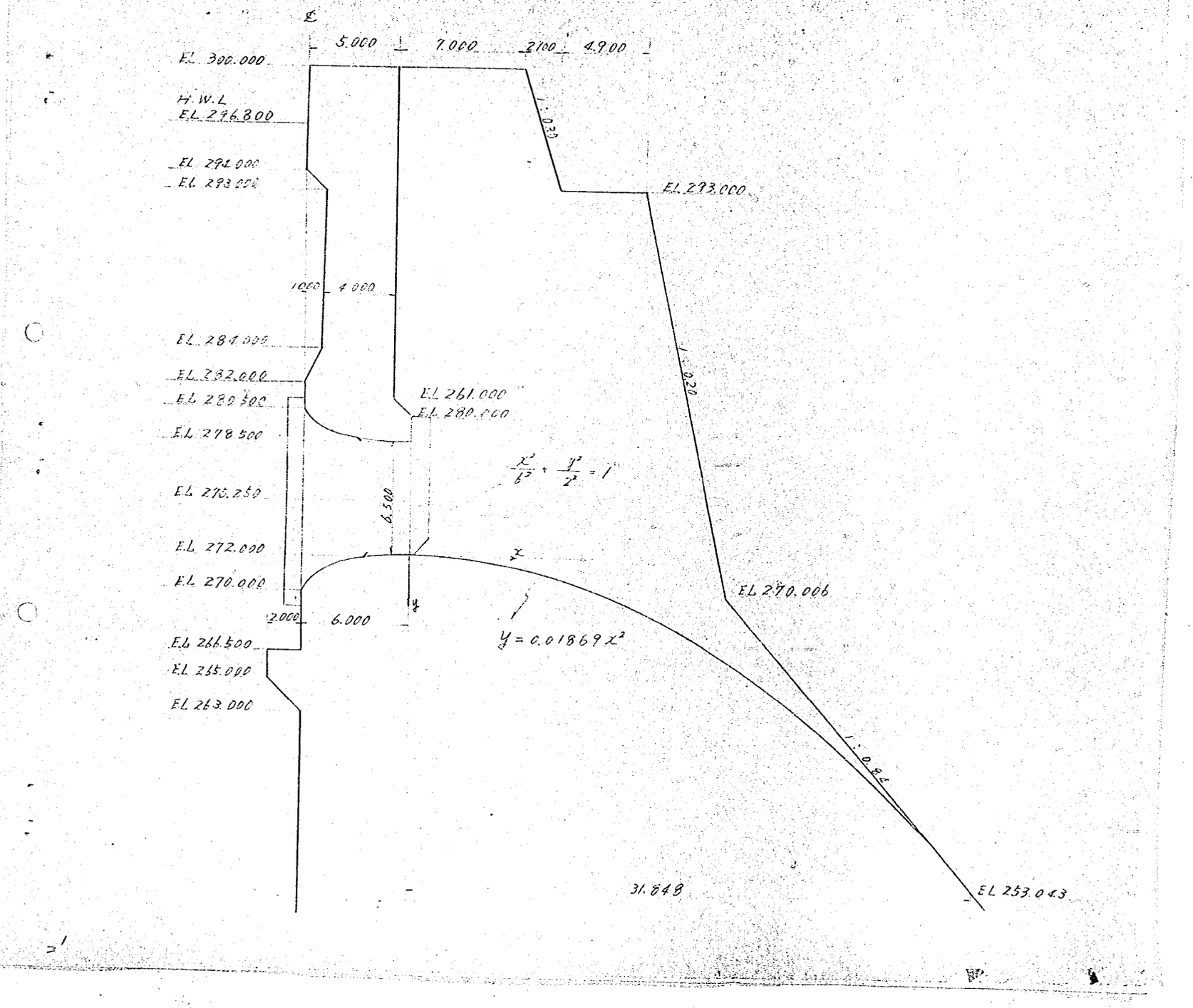
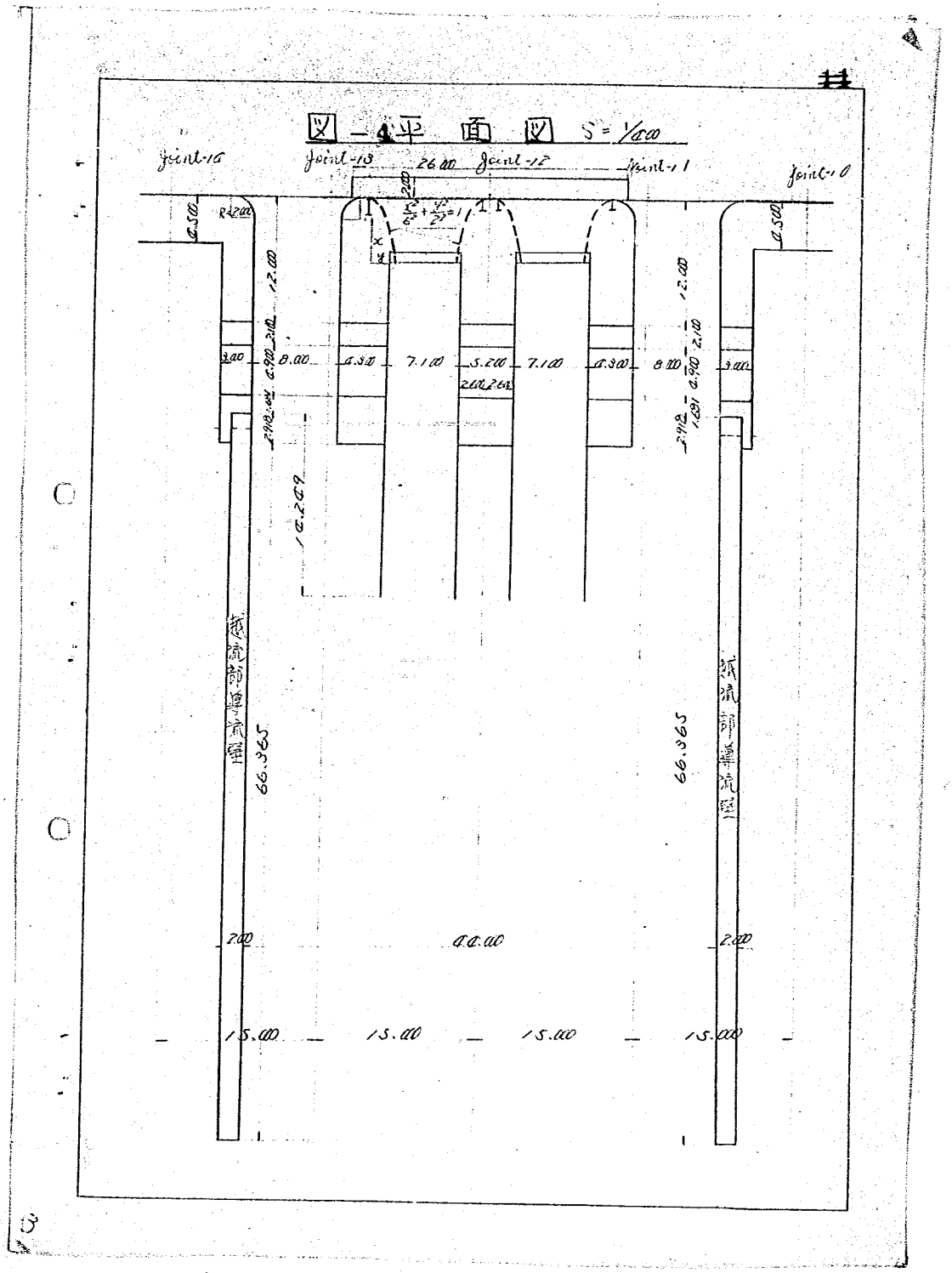

図－1 主ダム越流部及放水部標準断面図 S=1/50
300
EL 300.000
HWL EL 296.800
290
EL 283.800
280
EL 278.500
EL 275.250
EL 272.000
270
260
250
240
230
推定渡砂面
LWL EL 223.700
220
EL 215.000
210
200
190
180
標高 (EL+m)
EL 293.000
EL 270.106
EL 253.043
EL 250.000
EL 210.500
EL 197.856
EL 190.708
R=30.00
1:0.74
1:0.84
1:0.96
1:0.34
650
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
ダム軸からの距離

図- 2越流部断面 S=1:200

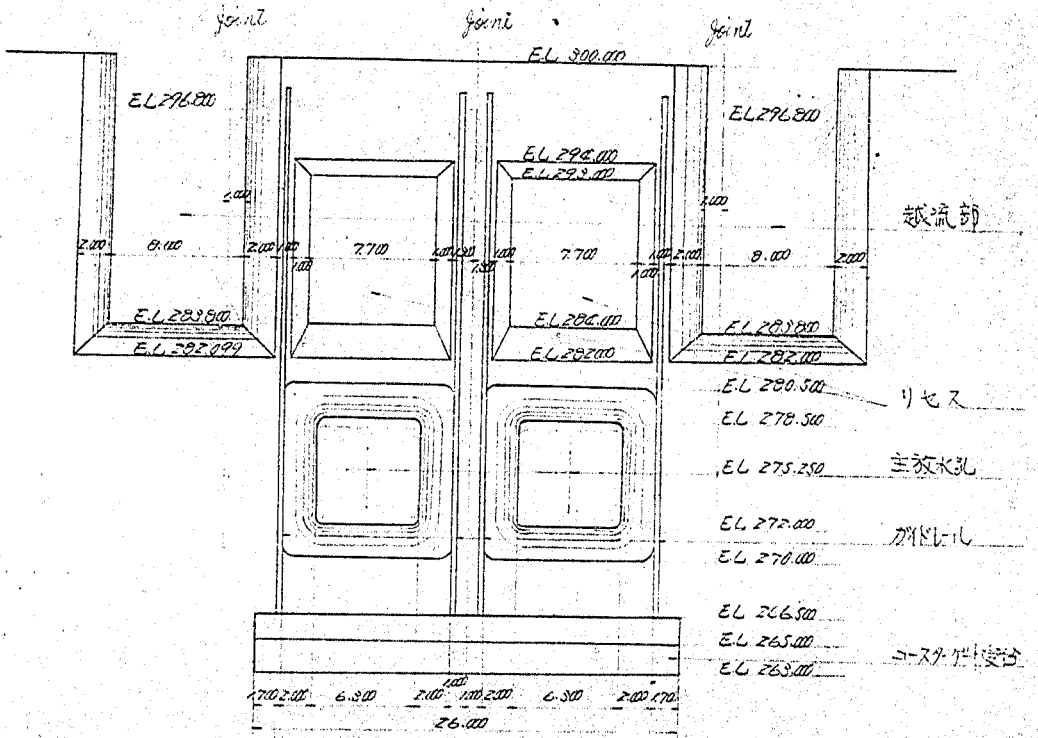


図－3 オリフィス部断面図 S＝1:200

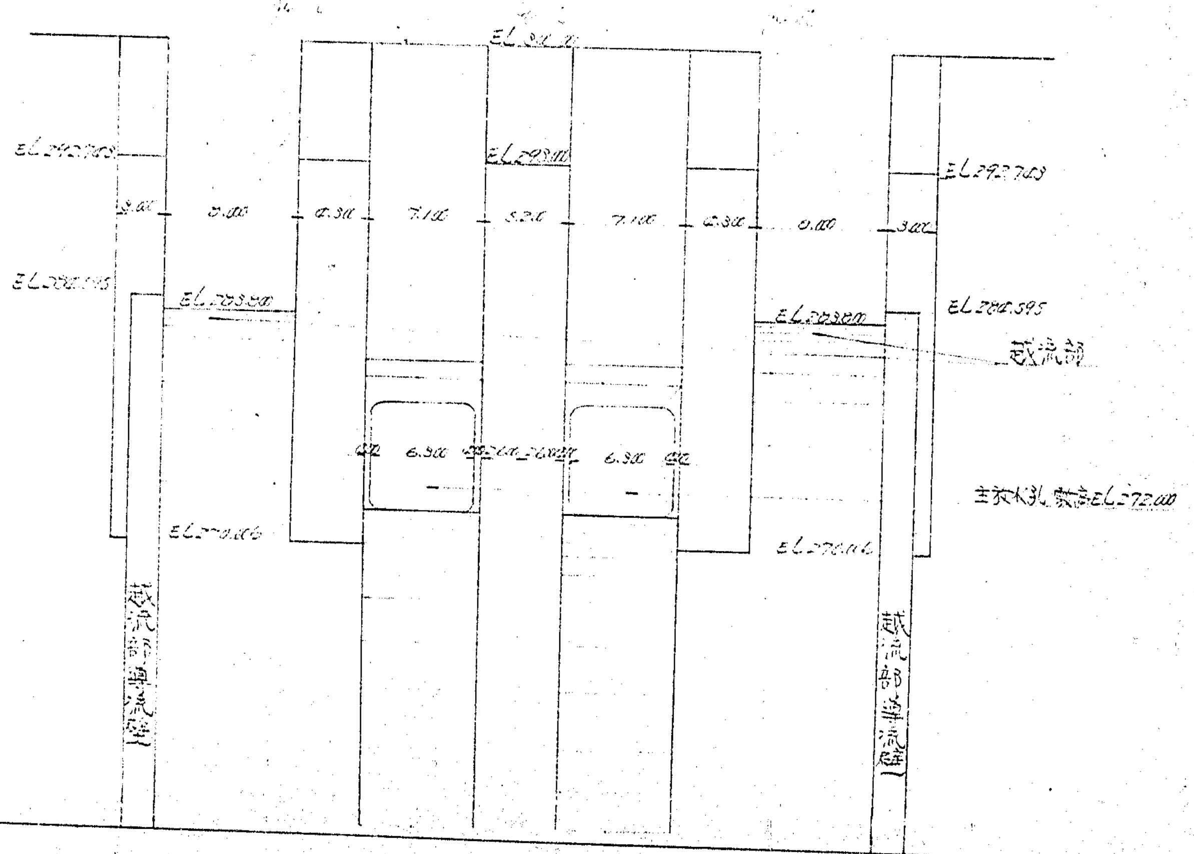



図－4 平面図 S=1/200
Joint-10
Joint-11
26.00
Joint-12
Joint-13
Joint-14
2.00
12.00
8.00
7.100
5.200
7.100
8.00
3.00
2.00
66.365
15.00
15.00
15.00
15.00

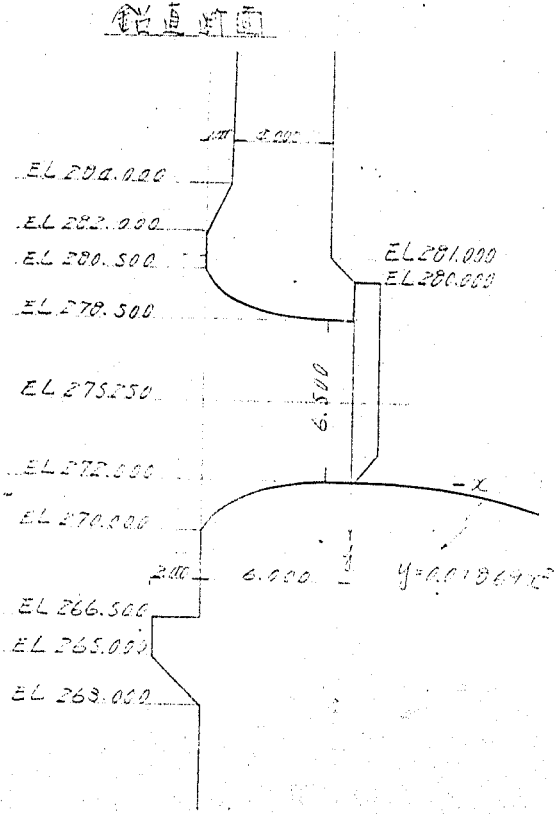
図－5 余水吐正面図 S＝1/100

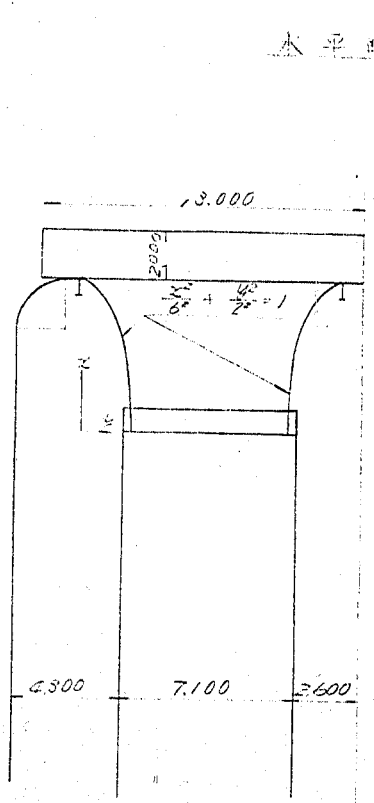


図－6 余水吐背面図 S=1/300



図－7 孔口部詳細図 S=1/200



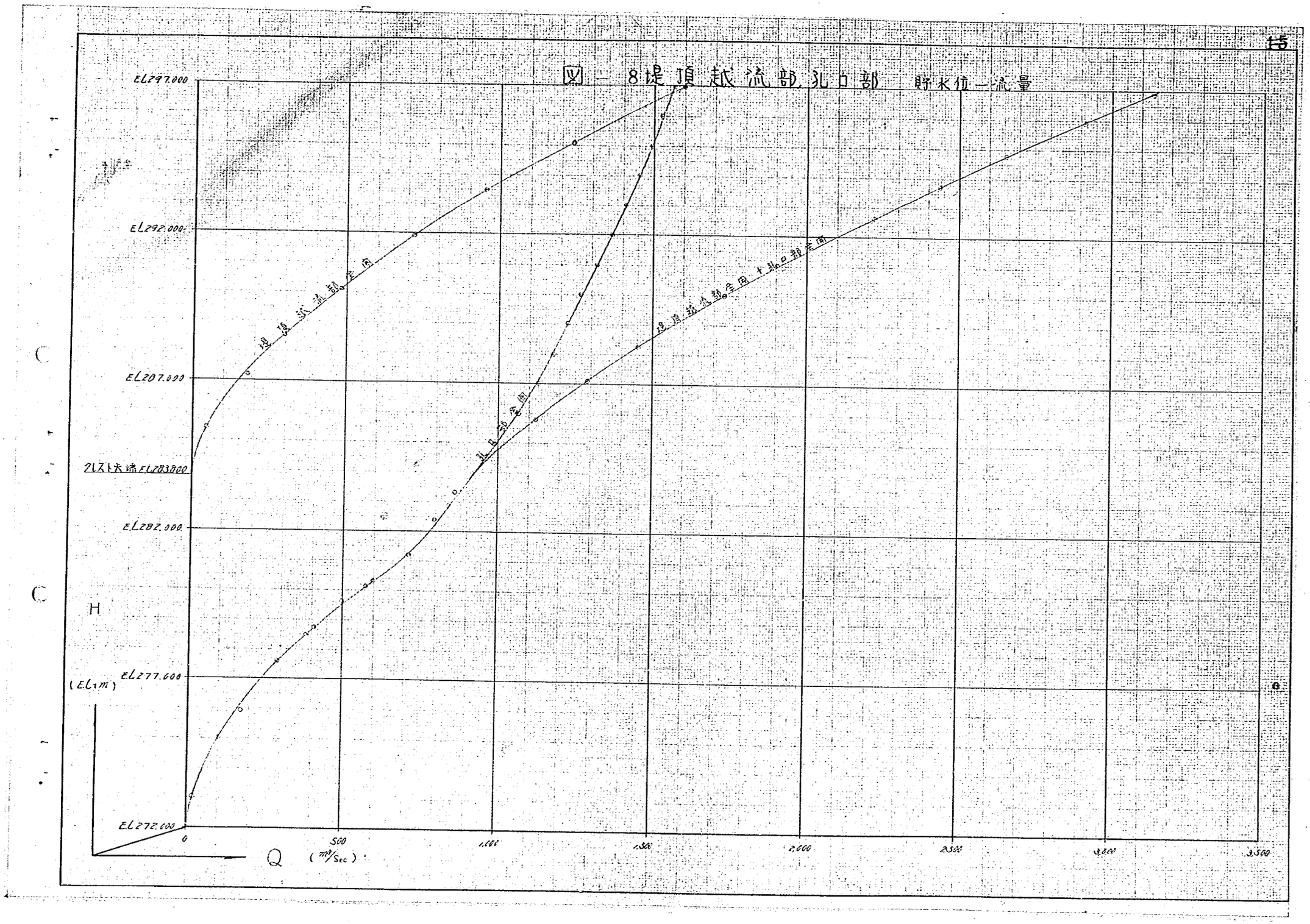


表－4 堤頂越流部各開度毎の水位流量流出係数

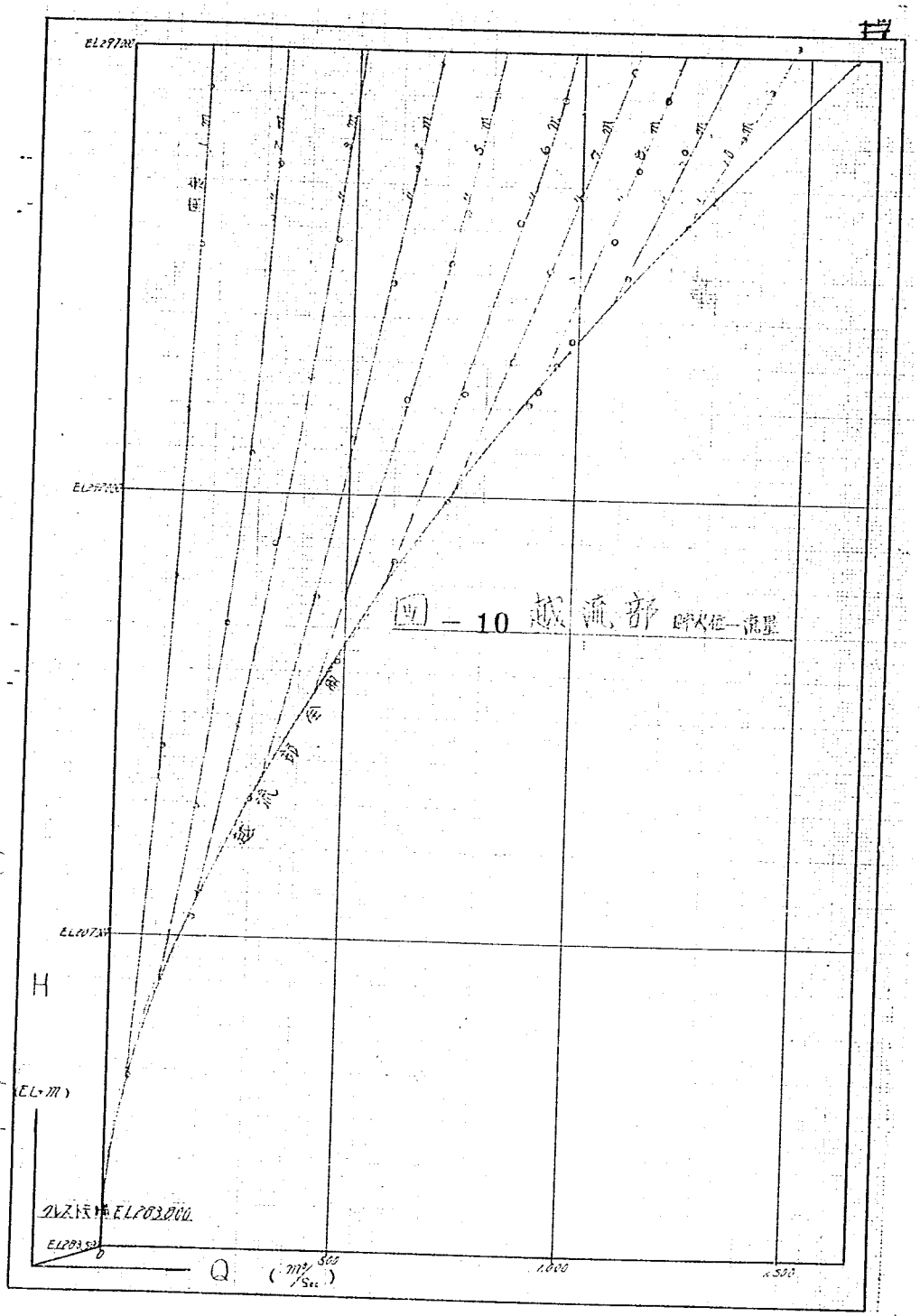
開度(m)	貯水位 EL (m)	流量 Q (m^3/sec)	越流天端からの水深 h_1 (m)	流出係数 C
全開	285.435	48	1.635	1.4350
	287.220	179	3.420	1.7689
	288.575	297	4.770	1.7817
	290.125	484	6.325	1.9017
	291.950	720	8.150	1.9341
	293.500	953	9.700	1.9716
	295.085	1237	11.285	2.0394
	296.985	1600	13.185	2.0887
	284.800	20	1.000	1.2500
	296.800	1568	13.000	2.0001
2m	286.625	128		
	288.460	179		
	290.525	238		
	292.445	293		
	295.095	313		
	296.190	329		
4m	288.840	327		
	290.845	433		

開度(m)	貯水位 EL (m)	流量 Q (m^3/sec)
4m	292.645	509
	294.390	587
	295.670	630
	296.850	669
6m	291.265	604
	293.160	751
	295.090	867
	296.475	957
	298.845	1,072
8m	293.050	895
	293.895	952
	294.990	1,050
	295.970	1,131
	296.855	1,203
10m	295.425	1,273
	296.090	1,352
	296.625	1,416
	297.115	1,472

図－8 堤頂越流部 孔口部 貯水位－流量



図－9　境界熱流計自由表面の熱流束と熱伝達係数



図－10 越流部 貯水位－流量

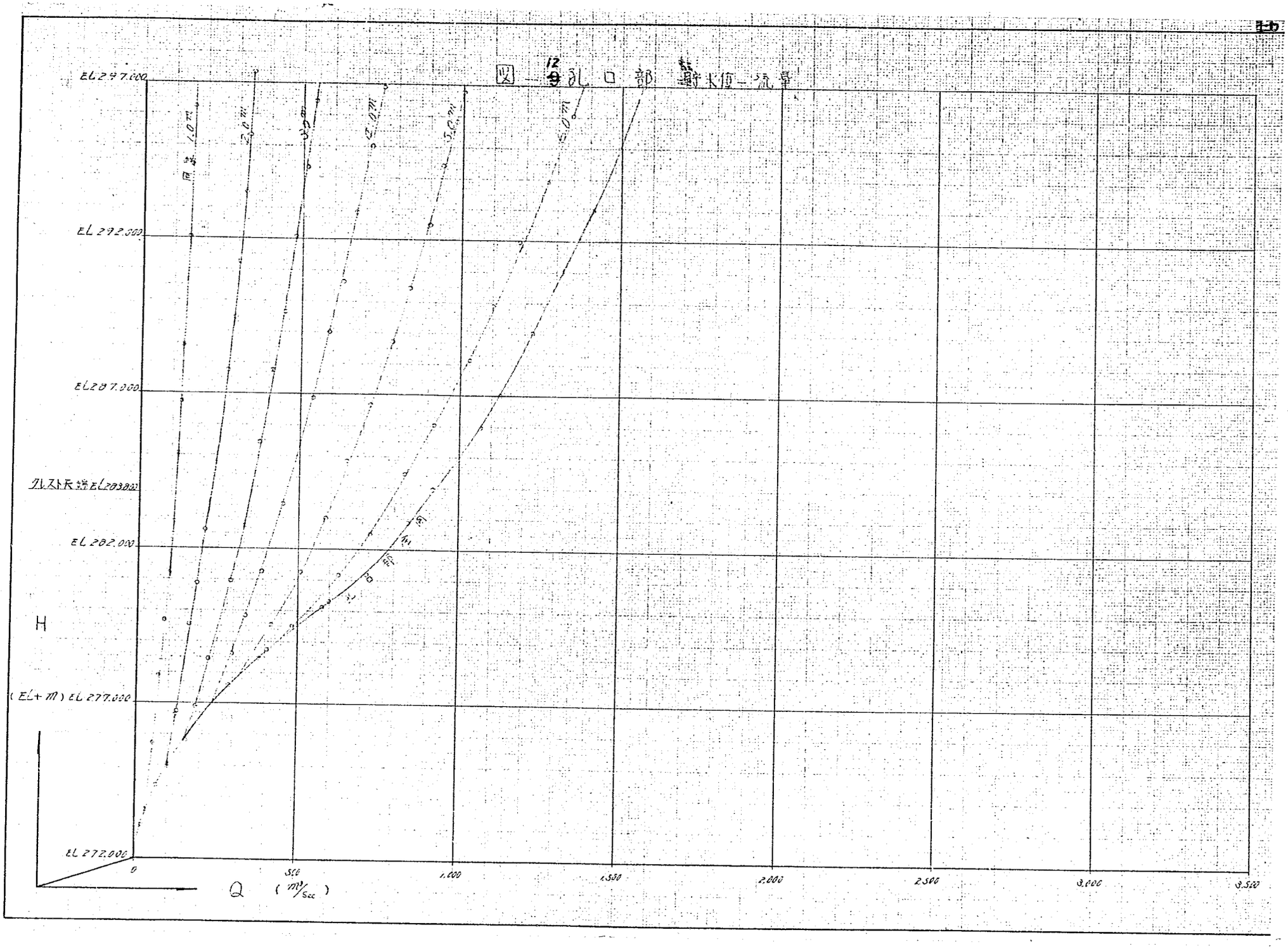
表-5 孔口部各開度毎の水位流量流出係数

開度	貯水位 EL(m)	流量 Q(m³/sec)	Ho(m)	流出係数 Co	Ho/Ao
全開	278.765	410	3.515	0.6031	1.0408
	280.140	578	4.890	0.7147	1.2527
	280.315	600	5.065	0.7353	1.2792
	281.200	714	5.950	0.8073	1.4154
	282.885	837	7.635	0.8378	1.6746
	284.000	917	8.750	0.8550	1.8462
	286.000	1.065	10.750	0.8959	2.1538
	287.000	1.128	11.750	0.9076	2.3077
	289.000	1.222	13.750	0.9089	2.6154
	291.000	1.314	15.750	0.9132	2.9231
	293.000	1.408	17.750	0.9217	3.2308
	295.000	1.478	19.750	0.9234	3.5385
	297.000	1.567	21.750	0.9267	3.8462
1m	275.715	52			
	277.310	68			
	278.685	85			
	281.190	97			
	282.840	108			
	285.030	118			
	286.740	127			
	288.540	132			
	292.040	147			
	294.385	151			
	296.250	159			
2m	276.630	121			
	276.785	127			
	279.515	163			
	280.880	185			
	282.610	207			
	284.240	237			
	287.950	272			
	289.495	290			
	291.240	303			
	293.500	322			
	295.340	331			
	297.360	343			
3m	276.900	186			
	278.460	223			
	280.965	290			

開度 (m)	貯水位 EL(m)	流量 Q(m³/sec)
3m	282.735	332
	285.450	374
	287.765	412
	289.635	447
	292.065	479
	294.325	514
	296.450	540
4m	278.625	296
	279.850	337
	281.295	386
	283.485	449
	286.885	540
	287.020	587
	290.635	630
	292.785	670
	293.145	690
	295.020	716
	296.935	750
5m	277.550	418
	281.265	507
	283.215	504
	284.850	549
	286.690	720
	288.715	786
	290.435	838
	292.435	900
	294.405	942
	295.235	980
	296.995	1001
6m	279.525	484
	281.170	527
	282.570	924
	284.450	831
	286.040	920
	288.150	1,028
	289.715	1,100
	291.365	1,172
	293.910	1,269
	296.045	1,345

図－11 コンクリート合成時の $C_0 \sim H_0/g_0$ 関係図

図－12 9 孔口部 貯水位－流量



13

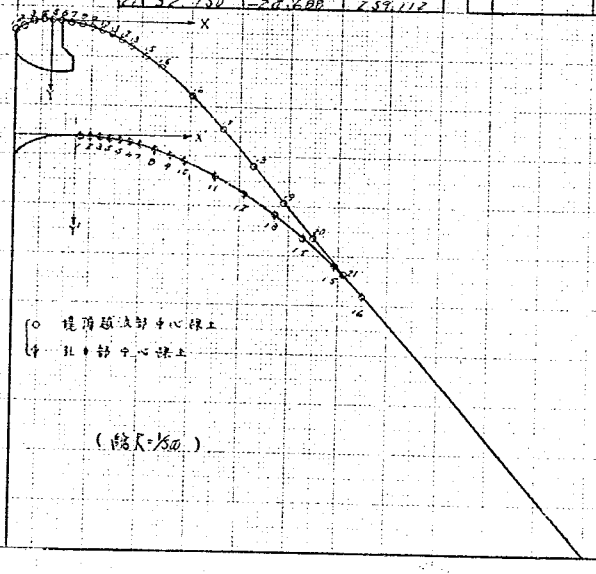
図-14 圧力管測定位置図及座標表

越流部

	X	Y	E.L.
1	0	-1.701	282.899
2	0.750	-2.509	282.291
3	1.750	-3.315	283.485
4	2.750	-4.077	283.723
5	3.750	-4	283.800
6	4.750	-5.068	283.732
7	5.750	-5.237	283.563
8	6.750	-4.492	283.308
9	7.750	-3.826	282.974
10	8.750	-4.234	282.566
11	9.750	-4.713	282.087
12	10.750	-5.261	281.539
13	11.750	-5.975	280.925
14	12.750	-6.886	279.914
15	13.750	-6.986	279.814
16	14.750	-7.083	279.717
17	20.750	-10.057	276.343
18	23.750	-13.974	272.426
19	26.752	-17.545	268.855
20	29.750	-21.117	265.283
21	32.750	-24.688	261.712

孔口部

	X'	Y'	E.L.
1	6.500	-0.905	274.995
2	7.500	-0.982	274.950
3	8.500	-1.117	274.893
4	9.500	-1.229	274.771
5	10.500	-1.378	274.622
6	11.500	-1.565	274.435
7	12.500	-1.790	274.210
8	14.000	-2.196	273.804
9	15.500	-2.687	273.313
10	17.600	-3.261	272.739
11	20.600	-3.663	272.337
12	23.600	-5.601	270.399
13	26.600	-7.476	268.524
14	29.600	-9.887	266.113
15	32.600	-12.634	263.366
16	35.550	-15.718	260.282
17			



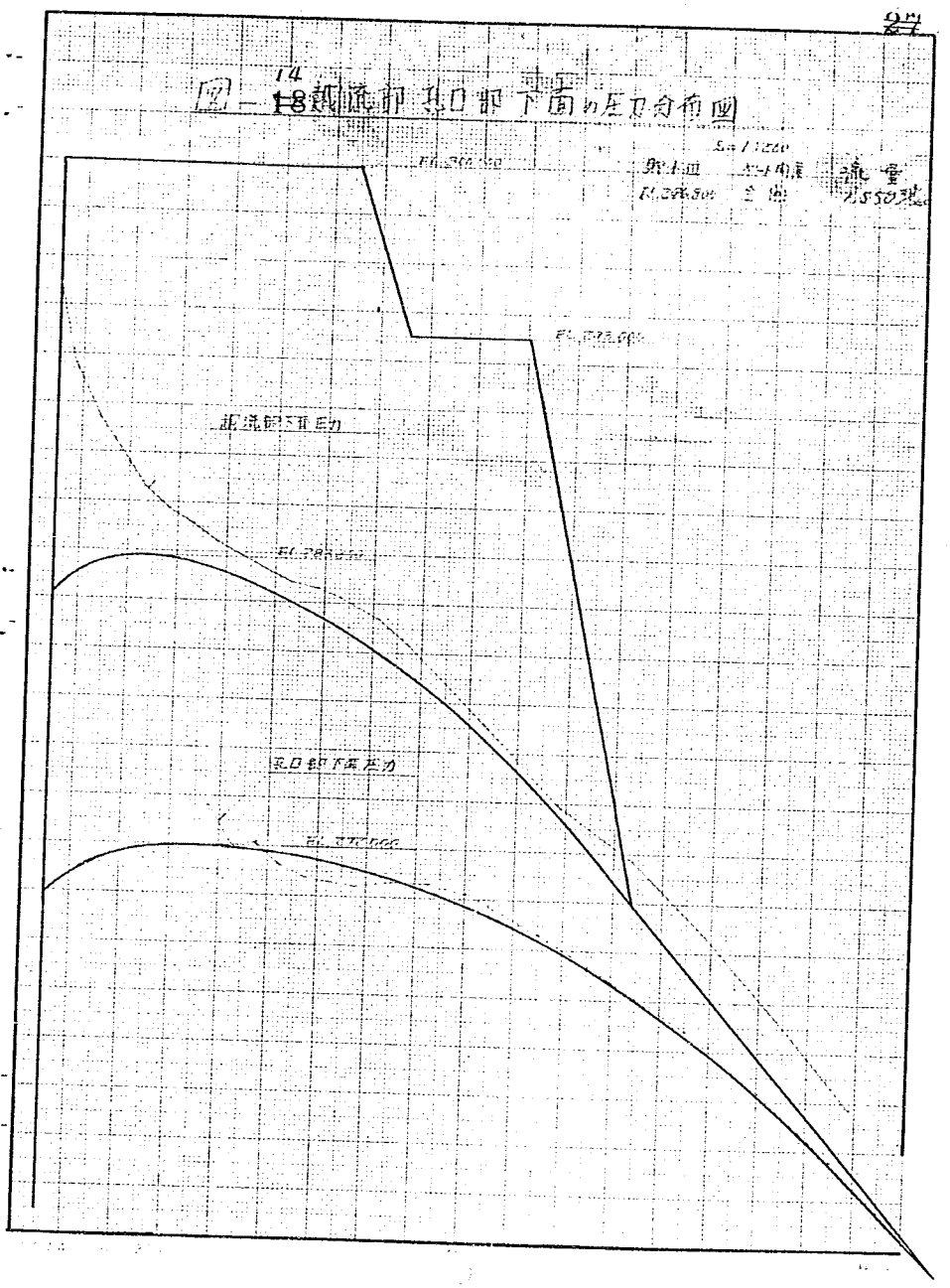
○ 越流部上流端中心線上
● 孔口部中心線上

(縮尺 1/50)

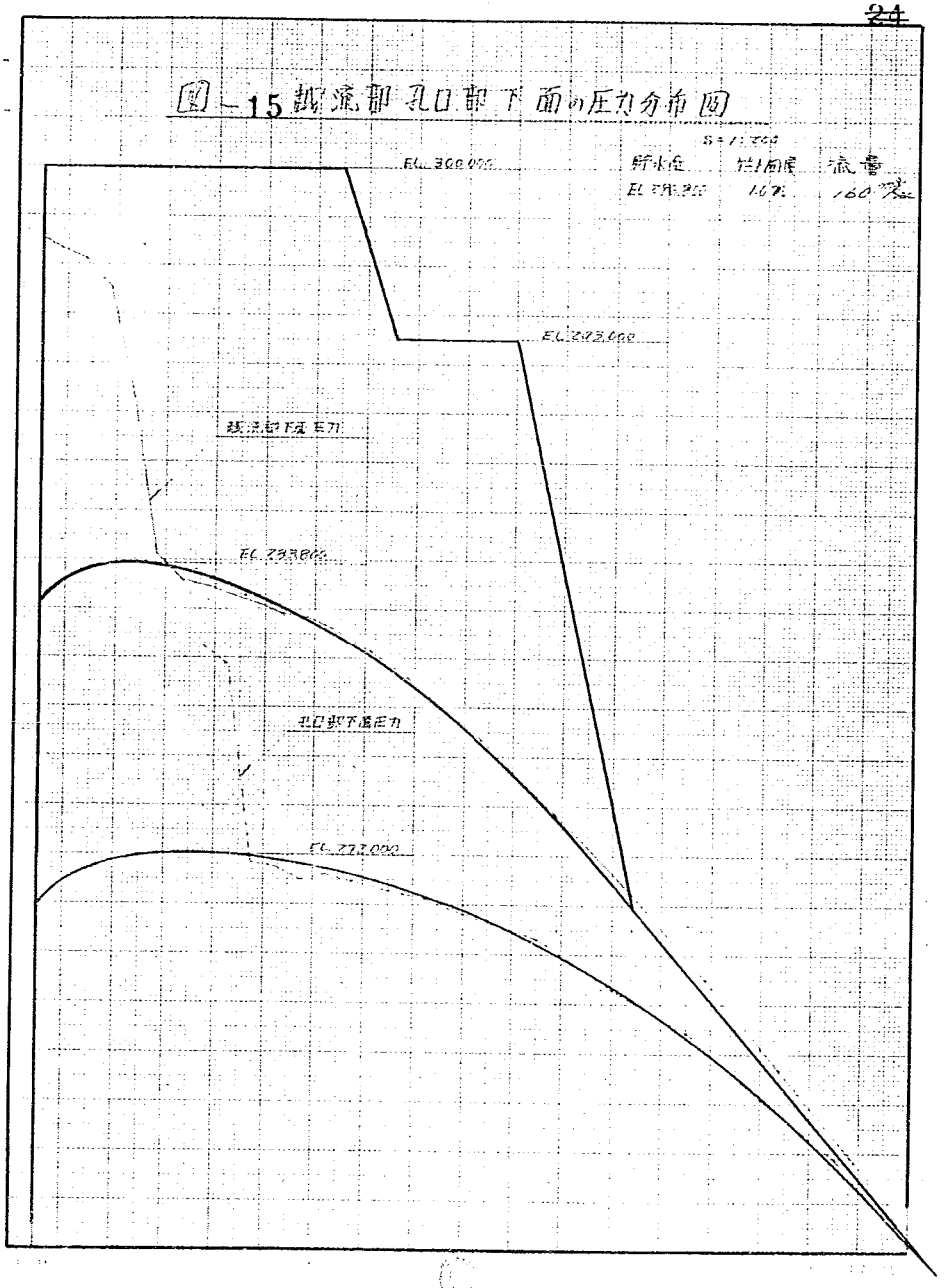
表－6 越流部 孔口部 下面の圧力分布図

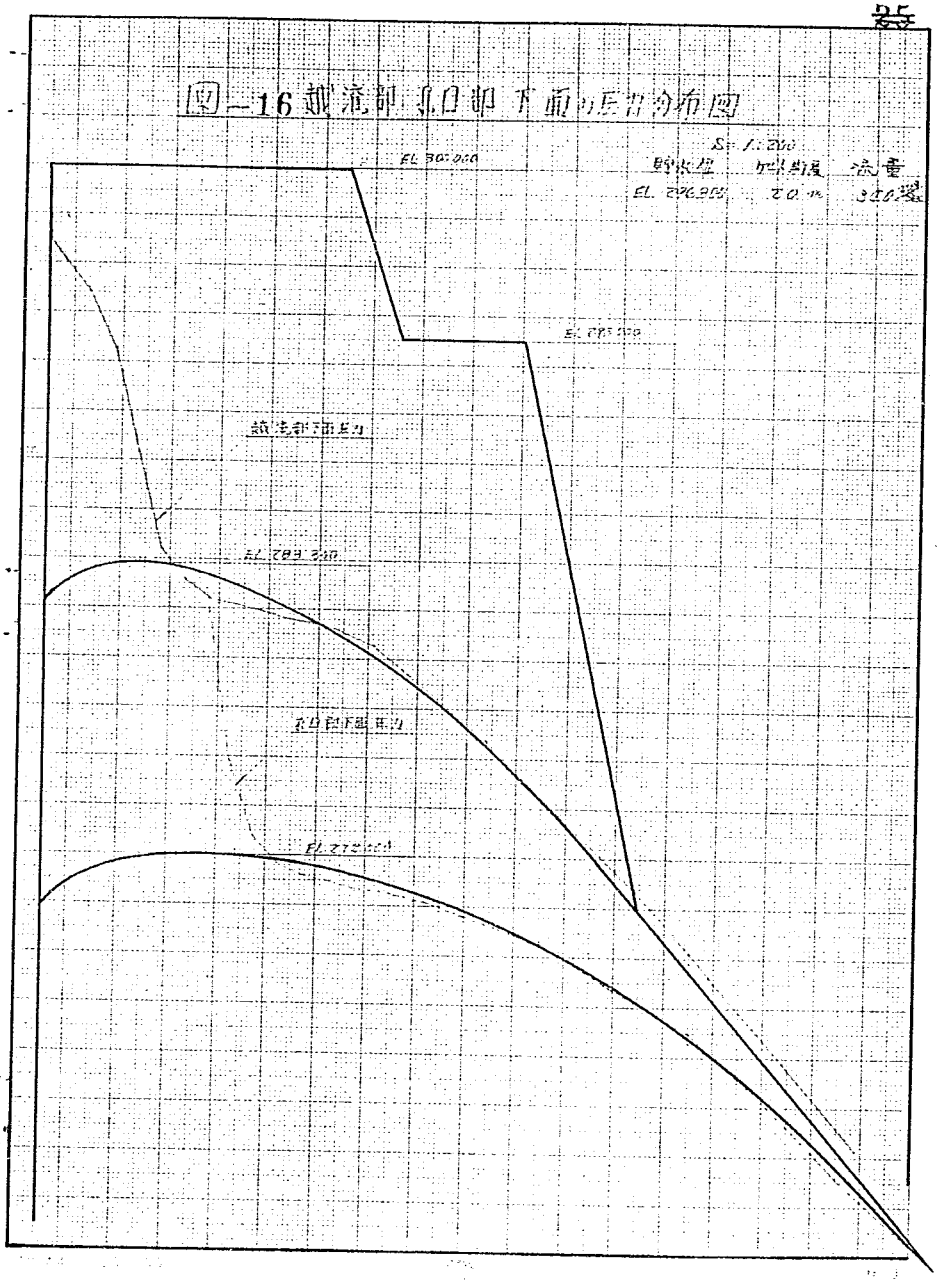
測点番号	TL.船からの流加距離	高更在量の標高	圧力水頭			
縮尺比			EL 284.800	EL 284.800	EL 284.800	EL 284.800
模型寸法			全開	1.000	3.000	3.000
		越流部				
1	0.000	283.099	12.251	14.676	14.526	13.926
2	0.750	282.941	8.659	13.534	12.984	11.834
3	1.750	283.485	5.940	12.645	11.265	9.540
4	2.750	283.123	4.277	11.252	8.752	6.852
5	3.750	283.830	2.775	6.650	4.475	3.275
6	4.750	283.732	1.968	0.393	0.693	0.593
7	5.750	283.503	1.612	−0.413	−0.436	−0.463
8	6.750	283.308	1.142	−0.908	−0.933	−1.008
9	7.750	282.974	0.926	−0.349	−0.749	−0.949
10	8.750	282.566	0.859	−0.291	−0.541	−0.766
11	9.750	282.081	0.863	−0.167	−0.417	−0.587
12	10.750	281.534	1.061	0.066	−0.039	−0.114
13	11.750	280.923	1.250	0.225	0.175	0.075
14	13.250	279.914	1.411	0.136	0.411	0.411
15	14.750	278.814	1.111	0.221	0.761	0.286
16	17.750	276.317	0.633	0.183	0.158	0.158
17	20.750	273.343	0.407	0.157	0.132	0.082
18	23.750	269.826	1.749	0.499	0.599	0.774
19	26.750	266.255	2.270	0.520	0.670	0.920
20	29.750	262.683	2.367	0.517	0.767	1.042
21	32.750	259.112	2.283	0.412	0.773	1.368
		孔口部				
1	6.500	271.995	1.660	8.480	10.855	10.930
2	7.500	271.958	0.167	0.767	3.867	5.715
3	8.500	271.883	0.333	−0.258	0.817	2.367
4	9.500	271.771	−0.471	−0.271	−0.071	0.704
5	10.500	271.662	−0.722	−0.347	−0.447	−0.147
6	11.500	271.535	−0.710	−0.210	−0.535	−0.660
7	12.500	271.210	−0.610	−0.210	−0.535	−0.935
8	14.000	270.804	−0.079	−0.254	−0.379	−0.804
9	15.500	270.313	0.287	−0.038	−0.213	−0.563
10	17.000	269.139	0.411	−0.114	−0.287	−0.389
11	20.000	268.337	0.213	0.163	0.013	−0.337
12	23.000	266.549	0.001	−0.049	−0.099	−0.349
13	26.000	264.584	0.276	0.151	0.176	0.051
14	29.000	262.113	0.037	−0.063	−0.113	−0.138
15	32.000	259.364	0.134	−0.284	0.384	0.184
16	35.000	256.282	0.068	−0.032	0.018	−0.057

図－14 放流部北口部下面の圧力分布図



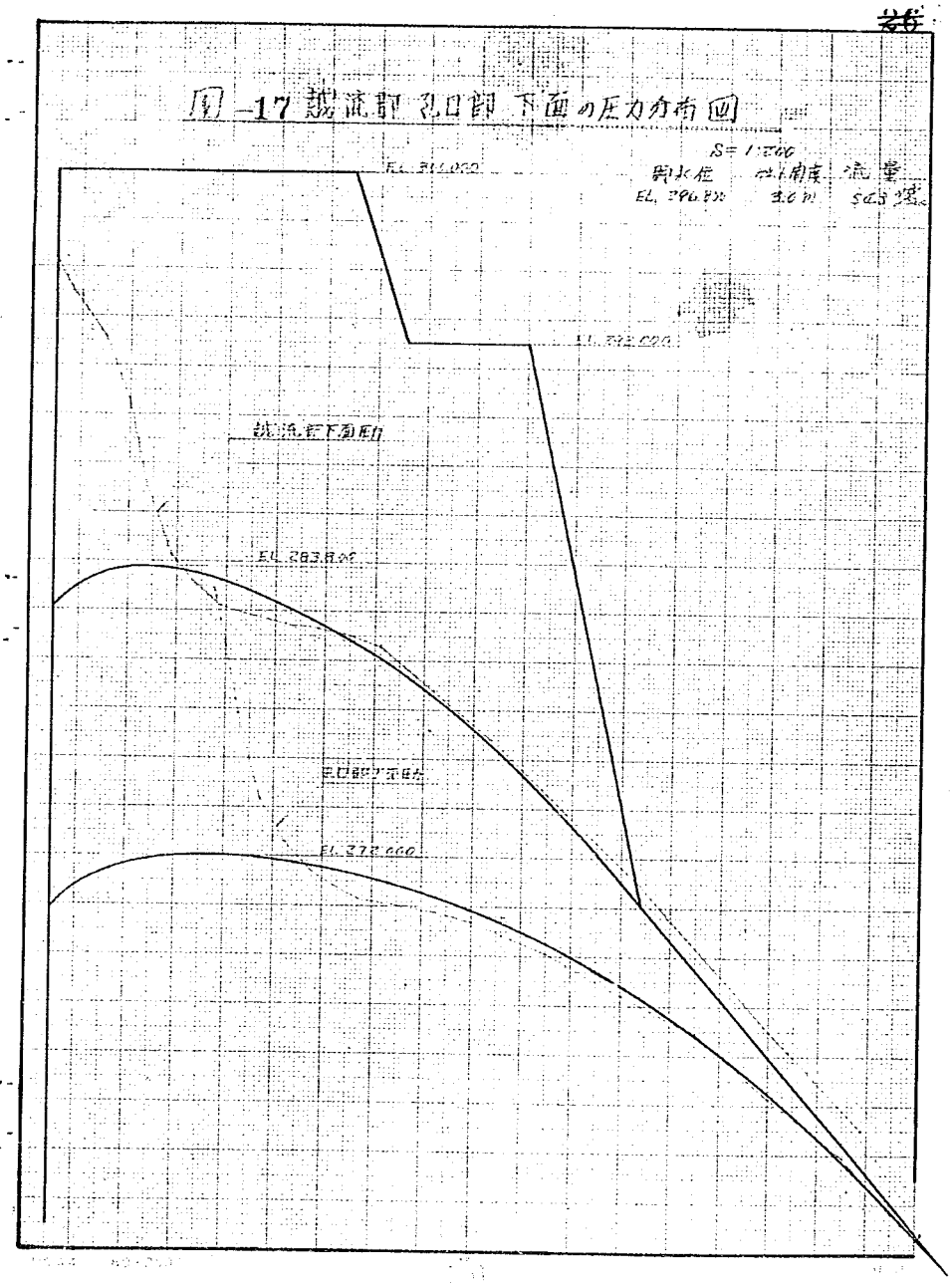
図－15 越流部 孔口部下面の圧力分布図





図－16 越流部及び取水口前面の圧力分布図

図-17 越流部 孔口部 下面の圧力分布図



表－1 橋台、橋脚と導流壁沿い水面形

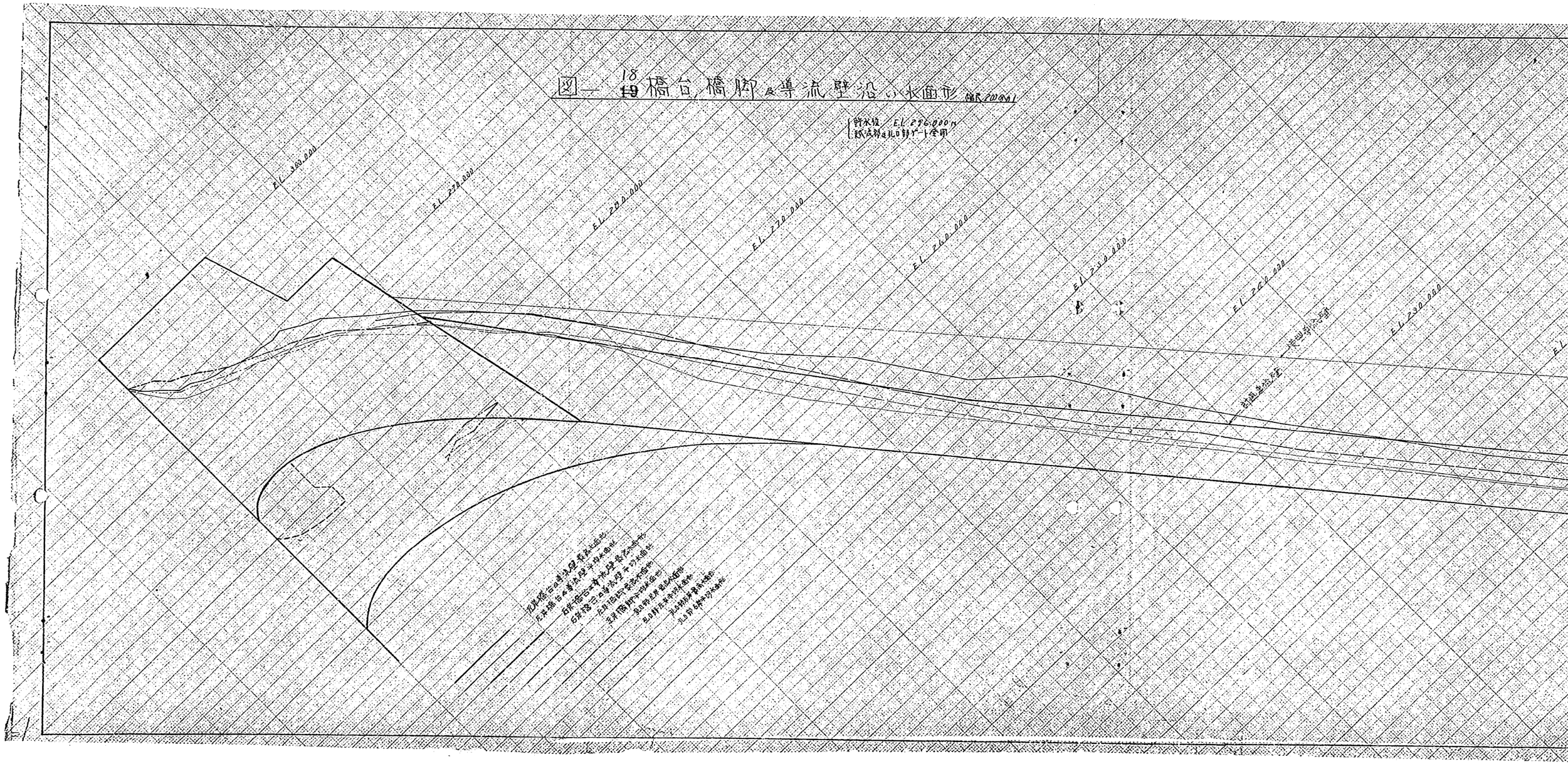
貯水位 EL.296.800m
模式降雨 北0号ゲート全開

測点番	左岸からの距離	測点位置下面標高	水面標高	最高水面標高	平均水面標高
	左岸橋台と導流壁沿い				
1	0	282.099	296.774	296.574	
2	0.750	282.991	295.716	295.216	
3	1.750	283.685	294.910	293.935	
4	2.750	283.723	293.798	292.998	
5	3.750	283.800	293.600	292.500	
6	4.750	283.732	293.057	292.207	
7	5.750	283.563	292.688	291.663	
8	6.750	283.308	292.093	291.358	
9	7.750	282.976	292.074	291.299	
10	8.750	282.556	291.861	291.116	
11	9.750	282.087	291.787	290.687	
12	10.750	281.537	291.589	290.389	
13	11.750	280.925	291.675	289.900	
14	13.250	279.916	290.916	289.216	
15	16.750	278.816	290.116	288.809	
16	17.750	276.316	287.566	286.291	
17	20.750	273.323	285.168	283.468	
18	23.750	269.826	282.051	280.351	
19	26.750	266.255	278.755	276.630	
20	29.750	262.683	274.708	271.837	
21	32.750	259.112	270.187	265.587	
22	37.750	253.160	263.635	258.435	
23	42.750	247.207	258.232	252.082	
24	47.750	241.255	253.800	248.000	
25	52.750	235.302	249.352	244.327	
26	57.750	229.350	248.475	238.025	
27	62.750	223.398	231.248	227.573	
28	67.750	217.445	226.970	221.295	
29	72.750	211.493	218.268	214.993	
30	77.750	205.540	211.965	208.890	
31	82.750	199.588	206.963	202.813	
32	87.750	193.636	192.561	196.436	
33	92.750	187.891	192.516	190.366	
34	97.750	182.182	187.057	184.082	
35	102.750	181.816	180.666	183.666	
36	107.750	180.468	182.993	181.618	
37	112.750	180.001	181.926	181.551	
	右岸橋台と導流壁沿				
16	17.750	276.316	286.992	286.617	
17	22.750	273.323	284.793	283.468	
18	23.750	269.826	281.976	279.601	
19	26.750	266.255	278.805	276.755	
20	29.750	262.683	274.783	272.833	
21	32.750	259.112	270.812	267.862	

測点番	左岸からの距離	測点位置下面標高	水面標高	最高水面標高	平均水面標高
22	37.750	253.160	262.585	260.360	
23	42.750	247.207	256.757	253.192	
24	47.750	241.255	252.655	246.055	
25	52.750	235.302	248.852	239.877	
26	57.750	229.350	235.300	233.000	
27	62.750	223.398	228.373	226.828	
28	67.750	217.445	222.245	220.895	
29	72.750	211.493	216.093	214.783	
30	77.750	205.540	209.860	208.690	
31	82.750	199.588	203.538	202.438	
32	87.750	193.636	197.086	196.086	
33	92.750	187.891	190.841	189.841	
34	97.750	182.182	186.632	185.982	
35	102.750	181.816	186.166	183.466	
36	107.750	180.468	182.868	182.168	
37	112.750	180.001	182.101	181.601	
	左岸橋脚沿い				
1	0	282.099	296.774	296.574	
2	0.750	282.991	296.391	295.691	
3	1.750	283.685	295.860	294.560	
4	2.750	283.723	294.848	293.673	
5	3.750	283.800	294.600	293.350	
6	4.750	283.732	293.857	292.282	
7	5.750	283.563	293.113	292.338	
8	6.750	283.308	292.533	291.883	
9	7.750	282.976	292.126	291.469	
10	8.750	282.556	291.681	291.181	
11	9.750	282.087	291.212	290.637	
12	10.750	281.537	290.689	290.139	
13	11.750	280.925	290.000	289.575	
14	13.250	279.916	289.089	288.989	
15	16.750	278.816	288.789	288.189	
16	17.750	276.316	286.067	285.392	
17	20.750	273.323	283.893	282.243	
	北0号前左岸沿い				
8	10.000	270.800	275.979	275.379	
9	15.500	270.313	276.130	275.239	
10	17.250	268.739	276.162	274.739	
11	20.250	268.337	275.587	273.564	
	北0号前右岸沿い				
8	10.000	270.800	275.856	274.679	
9	15.500	270.313	275.668	274.580	
10	17.000	268.739	275.316	274.099	
11	20.000	268.337	275.587	274.087	

図— 18 19 橋台、橋脚及導流壁沿い水面形 縮尺 1/2000

計水位 E.L 256.000m
取水口ゲート全開



橋脚及導流壁沿い水面形 (W=1/200)

貯水位 EL 276.000 m
越流頂と孔口ゲート全開

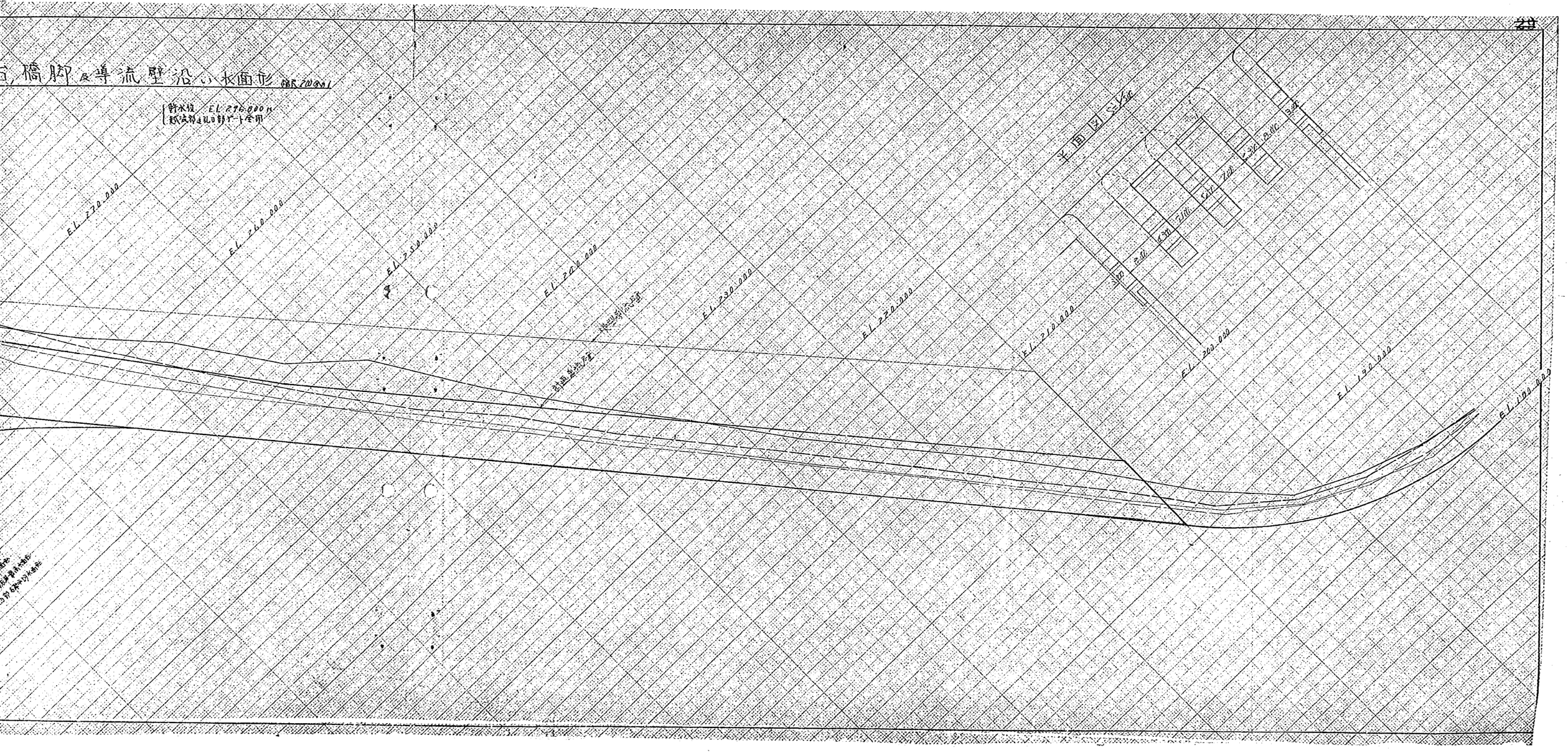


図-29 水叩き形状

	X	Y
1	5.784	59.872
2	37.112	24.597
3	63.682	13.063
	X′	Y
1′	43.895	37.870
2′	71.612	8.236
3′	92.255	2.620
	X	Y
θ_1'	53.051	22.0
θ_2'	68.008	22.0
θ_3'	97.257	22.0

	r_2	r_1	$\overline{r_2}$	$\overline{r_1}$
R_1	119.70	75.75	125.397	74.322
R_2	67.25	23.25	59.715	20.507
R_3	53.25	11.25	38.812	7.903

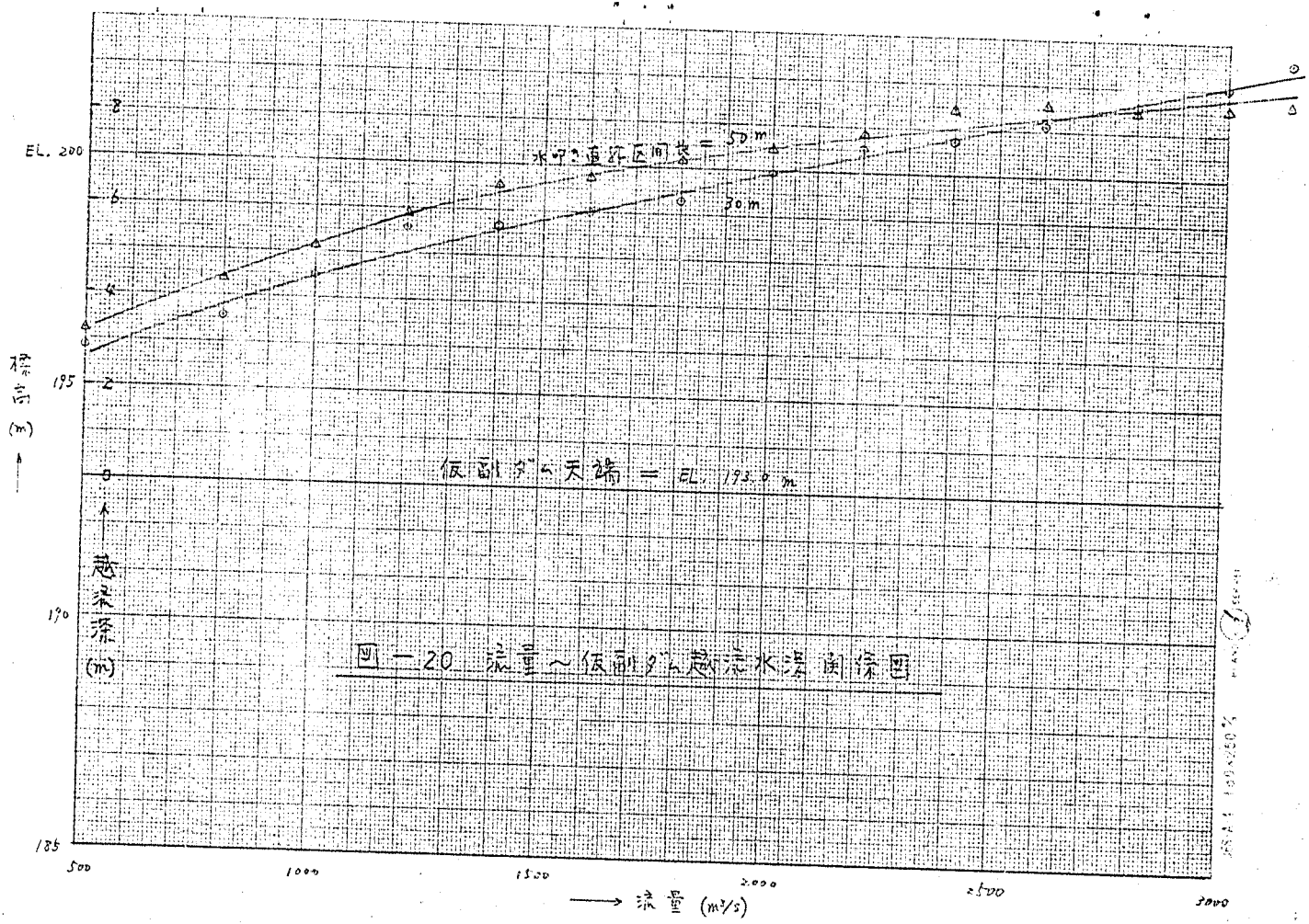
	α_1	α_2	α_3
流速	60° 0′ 32″	50° 32′ 42″	40° 15′ 26″

	θ_1	θ_2	θ_3
流速	60°0′0″	50°0′0″	40°0′0″

※(0,0)からの座標 251.50

表－8　流量と水叩き下流水位との関係

副ダム位置における下流水位　(EL. m)						
水叩き長	流量 (m³/s)	副ダム越流深	シル			
			なし	1 m	2 m	3 m
50 m	500	196.202	185.845	186.185	186.180	187.682
	800	197.327	188.105	188.420	188.725	188.857
	1000	198.135	189.585	189.825	189.927	189.987
	1200	198.922	190.973	190.962	190.925	190.922
	1400	199.635	191.642	191.622	191.612	191.638
	1600	199.745	192.460	192.415	192.385	192.354
	1800	200.180	193.272	193.083	193.017	193.061
	2000	200.485	193.913	193.668	193.627	193.532
	2200	200.828	194.580	194.607	194.532	194.232
	2400	201.473	195.672	195.317	195.828	195.553
	2600	201.575	196.513	196.278	196.027	195.945
	2800	201.908	200.385	200.032	199.983	199.987
	3000	202.573	200.765	200.669	200.242	199.875
	3140	201.682	201.523	201.385	200.933	199.822
30 m	500	185.883	185.287	186.460	186.332	186.737
	800	186.567	188.863	188.315	188.587	188.255
	1000	189.509	191.587	190.977	190.322	189.373
	1200	188.160	193.827	192.895	191.637	190.382
	1400	188.655	194.980	193.660	192.782	191.437
	1600	189.005	195.167	194.648	193.886	192.187
	1800	189.305	196.623	195.300	194.620	193.387
	2000	189.648	197.760	196.425	195.887	193.887
	2200	200.572	198.933	199.320	196.675	196.427
	2400	200.753	198.880	198.348	196.983	195.238
	2600	201.053	200.348	199.938	197.925	190.000
	2800	201.578	200.657	199.633	198.643	196.975
	3000	202.057	201.437	200.113	199.673	197.285
	3140	202.559	202.313		200.353	198.430



図－20 流量～仮副ダム越流水深関係図

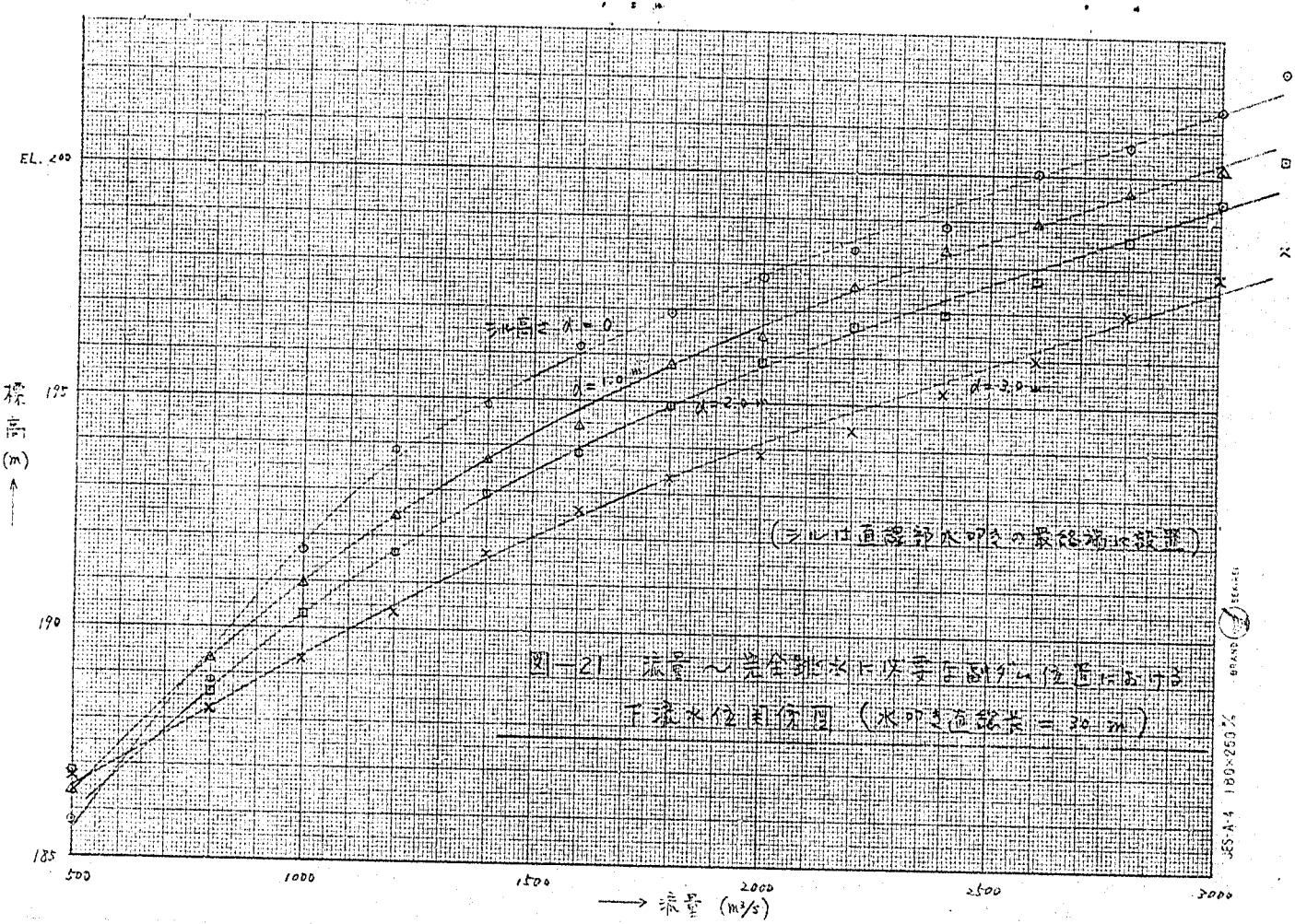
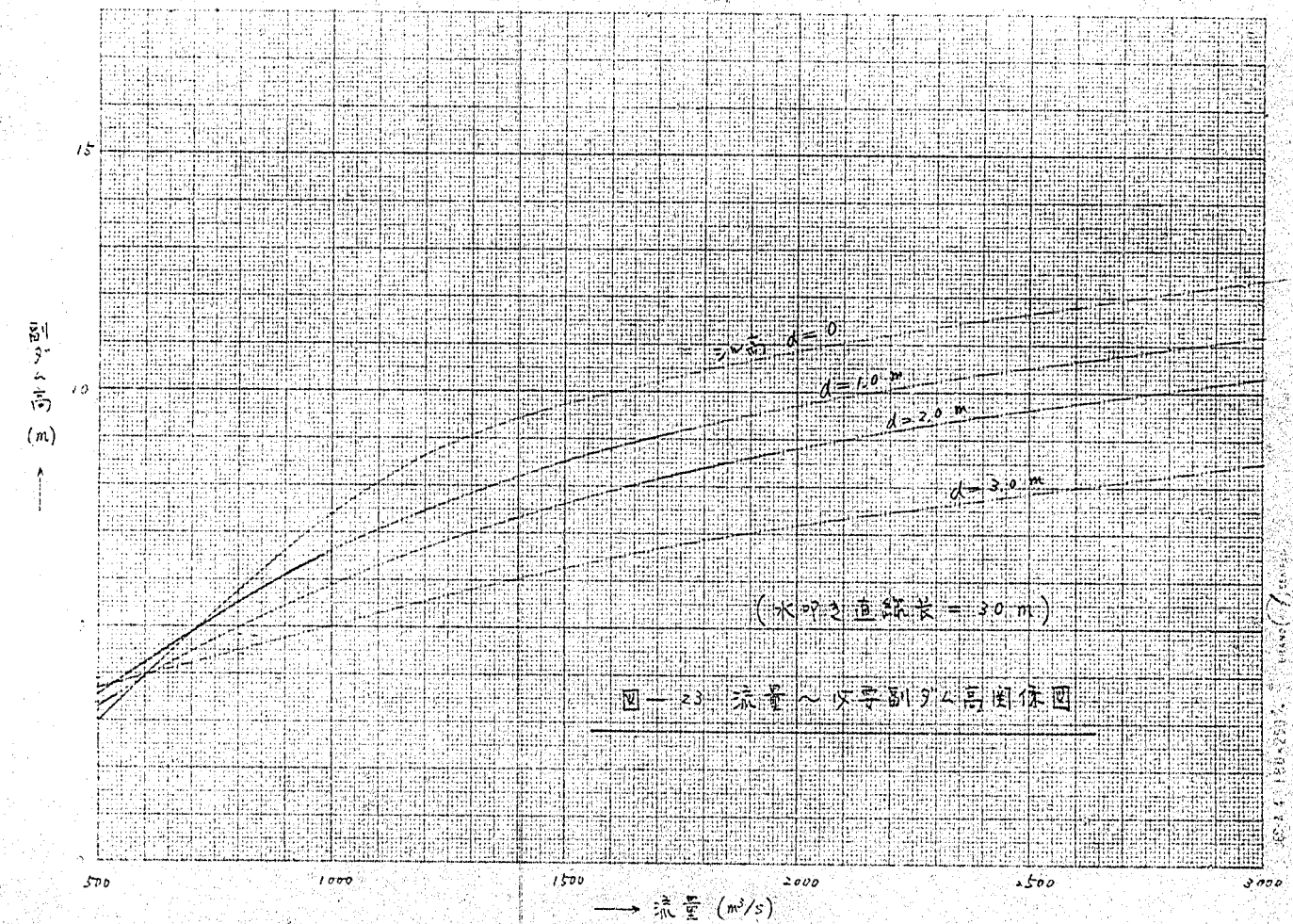
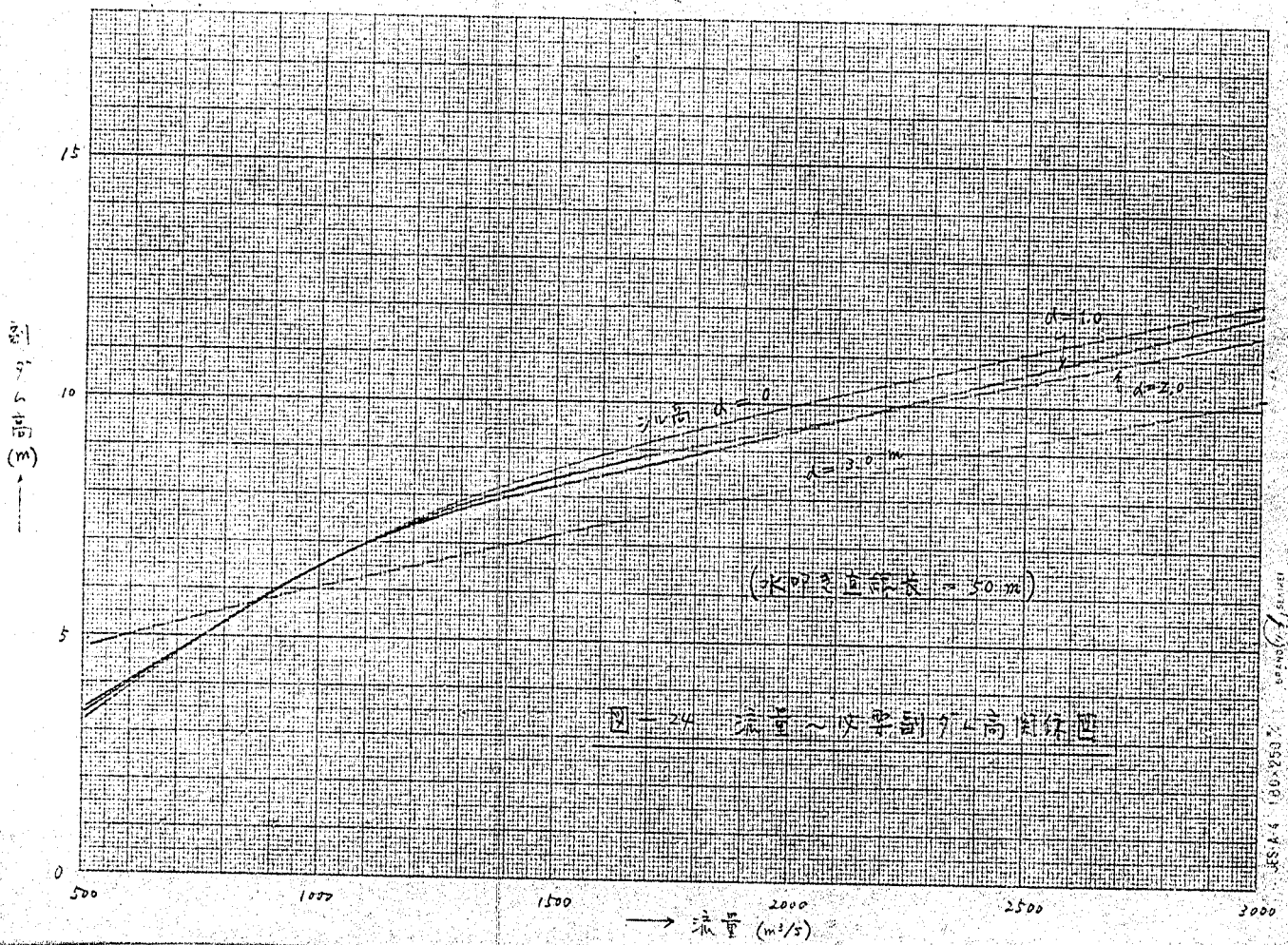


図-21 流量と完全越流下端からテール高さまでの水位との関係図 (水門高さ = 30 m)
下流水位関係図

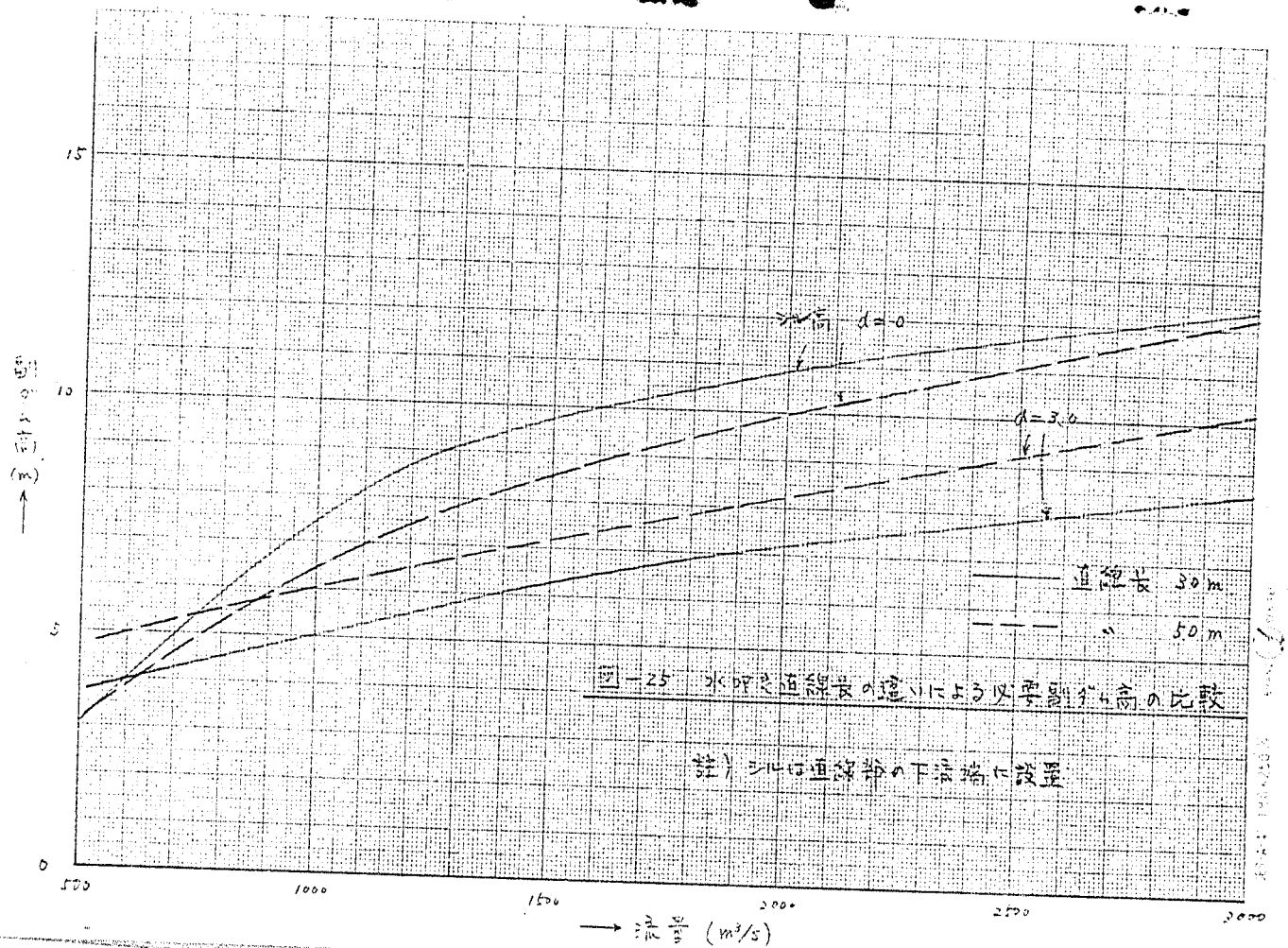
EL. 200
195
190
185
水位 (m)
500
1000
1500
2000
2500
3000
流量 (m³/s)
JIS-A-4 180×250 %



図－23 流量～副ダム高関係図



図－24 流量～水位別グラフ高関係図



図－25　水路直径の違いによる水深とシル高の比較

注）シルは直線部の下流端に設置