

土木研究所資料

全管路型放水管設計資料(藺原ダム)

昭和52年12月

建設省土木研究所



目 次

1. 概 要	1
2. 実験計画および実験方針	1
3. 余水吐の基本設計	2
(1) 越 流 部	2
(2) シュート部形状	3
(3) 水叩および副ダム形状について	3
(4) 放 水 管	5
4. 模型および相似律	9
5. 模型諸量の測定方法	10
(1) 水位又は水深	10
(2) 流 量	10
(3) 流 速	10
(4) 圧 力	10
6. 実験結果とその考察	10
(1) 全体模型実験	10
(2) 放水管抽出実験（1 型）	11
7. 最終案余水吐の選定およびその経緯	12
(1) 全体模型実験	12
(2) 放水管抽出模型実験	12
8. 最終案模型実験結果とその考察	15
(1) 全体模型実験	15
(2) 放水管（2 型）	16
9. 結 論	17

1 概 要

蘭原ダムは、利根川改修計画の一環として、藤原、相俣、矢木沢、等のダム群と共に洪水調節を行い、また、貯水により灌漑用水の補給、及び最大出力 10,000 KW の発電ならびに冬期渇水期の補給電力として、下流発電所に於ける電力量の増加を計る等の多目的のダムで、群馬県の北東部那須火山帯に属する帝釈火山群を水源とする片品川（利根川の左支川）の中流部、群馬県利根郡利根村蘭原地内（図－1）に建設される。高さ 83 m、放水管 3 本を有する中央越流型直線重力式コンクリートダムである（図－2、3）。

蘭原ダムの諸元及び水理資料は、表－1 の通りである。

表－1 ダムおよび貯水池諸元

貯 水 池		ダ ム	
流域面積	493.9 km ²	型 式	直線重力式コンクリートダム
湛水面積	0.91 km ²	地 質	砂質頁岩
満水位標高	564.0 m	堤 高	83m（基礎岩盤上、満水位迄）
洪水位標高	565.0 m	堤 頂 長	127 m
堆砂面標高	543.5 m	体 積	210,000 m ³
総貯水量	20,310,000 m ³	余 水 吐	放水管 3 本
有効貯水量	14,140,000 m ³	越流部	4 門
治水容量	14,140,000 m ³	ダム天端高	566.5 m
灌漑容量	3,000,000 m ³	発 電 所	
発電容量	13,220,000 m ³	出 力	最大 10,000KW 常時 1,470KW
計画洪水流量	2,350 m ³ /sec	使 用 水 量	" 14 m ³ /sec " 2.73 m ³ /sec
異常洪水流量	2,820 m ³ /sec	落 差	最大 85m
放水管最大放流量	1,550 m ³ /sec	発 電 機	2 台 × 5,900 KVA
調節流量	800 m ³ /sec	年 間 発 電 量	45,700,000 KWh
洪水調節水深	21.5 m		

2. 実験計画および実験方針

蘭原ダム水理模型実験の実験項目は次の通りである。

- (1) 越流部形状の検討
- (2) シュート形状の検討
- (3) 水叩形状の検討
- (4) 副ダム形状の検討
- (5) 放水管形状の検討
- (6) 余水吐を種々操作した場合の減勢効果について検討
- (7) その他細部設計および管理上必要と考えられる水理資料の測定

以上の実験項目について、実験計画および実験方針を列挙すると

(1)については、種々の流量について貯水位を測定し、水位－流量曲線を作製するほか、堤体面圧力分布の測定をする。

(2)については、シュート形状が水叩内流況および圧力分布におよぼす影響について、種々実験をおこなう。

(3)については、現場の実状を考慮して数種の形状について比較実験をおこない、最終案とする。

(4)については、跳水および水じょく作用に必要な水位を保つような副ダム数種について比較検討をおこない最終案について、副ダムの圧力分布及びその直下流の流況、流速について実験をおこなう。

(5)については、理論計算により形状を決定し、部分模型を製作し、管内壁面圧力分布、水位－流量関係について実験をおこない、最終案形状を決定する。

(6)については、全体模型を最終案形状に改造し、種々の流量、門扉操作状態について水叩内の減勢効果、すなわち、流速分布、水面形状、圧力分布等について測定をおこなう。

(7)については、余水吐各部の細部形状について流況観察をおこなうほか、水位－流量曲線、水位－流量係数関係等の管理上必要と考えられる水理資料の測定をおこなう。

3 余水吐の基本設計

余水吐は、計画洪水量 $2,350 \text{ m}^3/\text{sec}$ の 20% 増の異常洪水量、 $2,820 \text{ m}^3/\text{sec}$ を放流出来るように、図－4 の洪水調節計画に従って、余水吐の流量配分を、放水管 $1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、越流部は、非常用として $1,320 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、を橋梁桁下端門扉等に損傷を与えることなく放流する構想のもとに、表－1 に示される設計条件にしたがい基本設計をおこなった。

(1) 越流部余水吐

越流部余水吐は、ダム地点の河床巾から、橋脚を含めた越流部幅員を 40 m 以内に押えるのが合理的であると考えられるので、越流径間数、越流水深、門扉の形状等の関係について、種々検討の結果、越流部の最大放流量 $1,270 \text{ m}^3/\text{sec}$ を越流水深 7.5 m 位で放流できると仮定すると、越流幅員は、 30 m 必要となるので、越流経間 7.5 m を 4 径間設けることにして細部形状について設計することにした。越流部の形状はランドルフ曲線を採用するものとし、設計水頭 H_d は、堤体形状と越流部形状の関係を考慮の上、 $H_d = 6.5$ とし、設計水頭における越流量は、式－(1)により算出した結果、 $1,033 \text{ m}^3/\text{sec}$ を放流することが可能で、計画洪水量、 $2,350 \text{ m}^3/\text{sec}$ から放水管の計画放流量 $1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$ を差引いた $800 \text{ m}^3/\text{sec}$ は堤体越流面に負圧を生じることなく放流でき、設計水頭における越流量 $1,033 \text{ m}^3/\text{sec}$ における堤体越流面の圧力分布は零、異常洪水時の越流量 $1,270 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合は、許容値内の負圧が発生してもよいと考え、さらに門扉戸当り部より下流は、門扉半開操作時の水脈剝離現象、異常洪水時の圧力分布の点を考慮して、ランドルフ曲線より安全側の放物線を挿入することにし、その接点は流量支配断面附近とし、門扉の形状、支点の位置等について検討の結果、図－5 に示すように、越流頂より 2.352 m 下流とし、門扉戸当り位置と一致させ、同時に橋脚橋台の形状、門扉支点の位置等も決定しそ。図－5 に越流部余水吐に関する詳細を示す。

$$Q_d = C_d B H^{3/2} \dots\dots\dots (1)$$

$$C_d = 2.225 \left(1 - K_d \frac{n' H_d}{B} \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$K_d = -0.150 - 0.00275 \frac{L}{H_d} + 0.0887 \frac{\ell}{H_d} + 0.196 \frac{L}{L + \ell} \dots\dots\dots (3)$$

Q_d = 計画越流量

C_d = 計画越流水深における流量係数

$$B = n \cdot L = 4 \times 7.5 = 30 \text{ m}$$

$$n = 4 = \text{径間数}$$

$$n' = 2n + 3 = 2 \times 4 + 3 = 11$$

$$L = \text{径間幅員} = 7.5m$$

$$\ell = \text{橋脚幅} = 3m$$

$$H_d = \text{設計水頭} = 6.5m$$

従って

$$K_d = 0.02776$$

$$\therefore C_d = 2.078$$

任意越流水深 H に対する流量係数 C の値は、表－２に示される H/H_d と C/C_d の関係から求められ、越流量は式－(4)で算出され、結果は、表－２，図－６に示す。

$$Q = C \cdot B \cdot H^{3/2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Q = 流 量

C = 流量係数

B = 越流巾 (m)

H = 越流水深 (m)

(2) シュート部形状

洪水調節時の計画放流は、先に記述したように、放水管で行う計画になっており、一方、放流部余水吐の余水処理方式としてはシュートを用いて、水叩内へ導入し、水じょく作用により減勢する方法を採用する。シュート面の標高については、放流水脈の飛翔距離、水叩内の圧力分布等に重大な問題があるが、放水管吐口部に流量調節用高圧門扉を装備する関係からシュート面の標高は $E.L. 528m$ 附近とし、放流水脈の水はね角度は、水平あるいは上向きまたは下向き等が考えられるが、一応水平とした場合について検討することにした。

シュート水はね角を零とした場合の放流水脈の飛翔軌跡をエネルギーの損失を無視して計算した結果は、表－３および図－７に示される。実際の場合には、水脈の空気連行、シュート先端における射流水深、シュート先端の幅員等にも関連し、計算結果とは違った軌跡および飛翔距離になる。

表－３

h_2	x
5 m	27.203 m
10	38.471
15	47.117
20	54.405
25	60.827
30	66.632
34	70.936

シュート先端の幅は、越流幅員および水叩幅員との関係もあるから、図－８に示される比較案について実験をおこない最終案を選定することにした。

(3) 水叩および副ダム形状について

水叩の標高および副ダムの位置は現地の地形を考慮すると、図－９に示す (Ⅰ型) が適当と考えられたのでこれを基本形として、副ダムの概略の形状が決定した後に細部にわたって検討を加え、実験

と現地調査の結果を考慮の上最終案を決定することにした。

副ダムは、放水管流量 $1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$ を跳水させるために必要な下流水深を保つと同時に越流部よりの余水すなわち、シュートからの放射水脈を減勢するための水じょく水深も保たなければならないのでこれらについて検討を加え実験で検証することにした。

副ダムの設計条件は、放水管放流量を完全に跳水させると同時にシュートからの放射水脈を減勢する水じょく水深を保ちうる副ダム高の決定であるから、まず式(7)により各流量における跳水共軛水深の計算をおこない、この水深を保つことの出来る副ダムを設計して模型にとり入れ、水叩内の流速分布、水面形状、圧力分布、流況等の測定、観察を行ない、最終案を選定することにした。

- (1) 計画洪水流量 $2,350 \text{ m}^3/\text{sec}$ を越流させる能力を必要とする。
- (2) 越流部形状は $1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$ を対象として設計する。
- (3) 副ダムの水叩は年2回洪水 $260 \text{ m}^3/\text{sec}$ を対象として設計する。
- (4) 副ダム上流の水叩底面標高は $E.L. 494.0 \text{ m}$ とする。

設計条件

跳水共軛水深の計算にあたって、水平水叩始端における射流の流速 V_0 は、近似的に、式(5)で算出され、放水管放流水が水叩始端点附近で水叩全面に平均に拡がるものと仮定すれば、射流水深 h_0 は、式(6)により知ることができる。

$$V_0 = 0.9\sqrt{2gH} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$h_0 = \frac{Q}{13V_0} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$h_2 = \frac{h_0}{2} (\sqrt{1+8F_1^2}-1) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに

$$F_1 = \frac{V_0}{\sqrt{gh_0}} = \frac{q}{gh_0^3}$$

V_0 = 流速 m/sec , $g = 9.8 \text{ m}/\text{sec}^2$

H = 水叩底面より貯水位迄の高さ m

h_0 = 水叩始端における露出射流水深 m

Q = 流量 m^3/sec

B = 水叩底巾 m

h_2 = 跳水共 水深 m

F_1 = フルード数

q = 単位巾当り流量 m^3/sec

式(7)により算出された結果を、表-4 および図-10に示すが、実際には放水管からの流出水脈は高速集中流となって水叩へ流入するから、短区間のすりつけ曲線部分では水叩全幅にわたって水脈を平均に拡げることは困難であり、このために跳水共軛水深は計算値より若干増大するものと考えられる。放水管よりの放流水 $1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$ の跳水共軛水深は約 16 m であるから、下流水位すなわち水叩内の水位が $E.L. 510 \text{ m}$ 位なければ水叩始端で跳水を起さずに露出射流区間が増すことは当然である。しかるに現地の推定自然下流水位が、図-11に示されるように、跳水水位より下まわっている状態なので

水叩内水位をせき上げるのに必要な副ダム高を求めれば

$$Q = CBH^{3/2} \text{ より } \frac{Q}{CB} = H^{3/2} \approx 6.66 \text{ m}$$

$$B = 45 \text{ m}, \quad C = 2.0, \quad Q = 1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$$

水叩内水位を $E.L. 510 \text{ m}$ として接近流速水頭 $V^2/2g$ を求めれば, 約 0.25 m となり, 副ダムの所要高は

$$h_0 = H - \frac{V^2}{2g} = 6.66 - 0.25 = 6.41 \text{ m}$$

$$E.L. 510 \text{ m} - 6.41 \text{ m} = E.L. 503.59 \text{ m}$$

となり, 副ダムの越流頂の標高を $E.L. 503.50 \text{ m}$ とした。しかし水叩内の接近流速水頭, 水叩内流況, シュートよりの放射水脈の関係から計画された越流量の高さは若干の変更が予想される。

設置位置については, 仮排水路, 仮締切, 副ダム越流後の流向等を考えて, 図-12に示される位置が決定され, 越流幅については下流河床の形状から判断して 45 m とした。

(4) 放水管

洪水調節用の放水管は計画最大放流量 $1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$ を3本の放水管で放流する計画で, 大口径の高圧放水管を設置する予定である。

門扉半開操作をおこなう洪水調節用の放水管では, 下流端すなわち吐口部に流量調節用の門扉を, また呑口部には非常用の門扉を装置するのが通例であり, このような大型でかつ高圧に耐える門扉の経済的製作可能寸法や, 門扉操作上の制約から有利と考えられているテンターゲートを用いることにした。放水管はゲートとの関係から角型断面を採用し, 下記の条件により設計された。

i) 放水管の水理に関する設計条件*

計画最大放流量	$1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$	計画最大放流量放流時水位	$E.L. 564.50 \text{ m}$
初期放流量	$1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$	設計最高水位 (異常洪水位)	$E.L. 565.70 \text{ m}$
		設計最低水位 (洪水期制限水位)	$E.L. 543.50 \text{ m}$

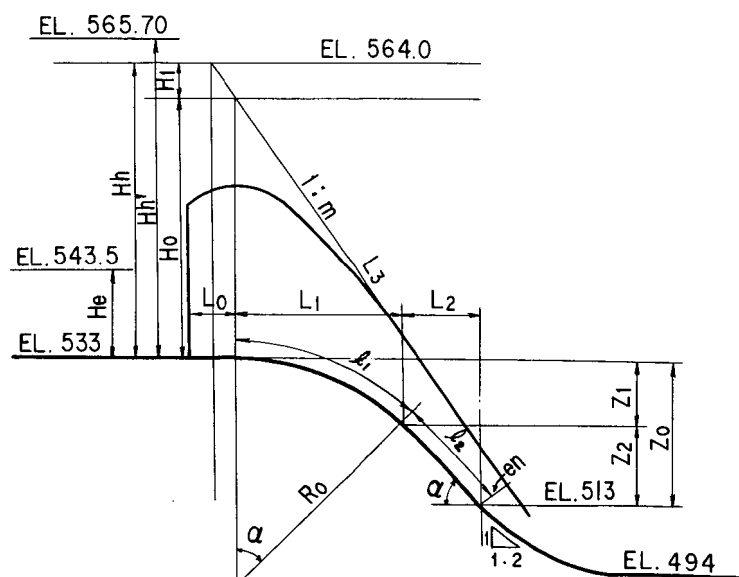


図 - 13

注 * 村, 荒木, 土研所報第89号

以上の水理条件と推定滞砂面および堤体との関係について検討の結果、放水管呑口中心標高を、
 $EL. 533.0\text{ m}$ に、吐口中心標高を $EL. 513.0\text{ m}$ にすることにした。

放水管呑口中心より洪水時満水位迄の高さ $H_h 31.50\text{ m}$ 、放水管呑口中心より異常洪水位までの高さ $H_h' 32.70\text{ m}$ 、放水管呑口中心より洪水期制限水位迄の高さ $H_e 10.50\text{ m}$

ii) 中心線の決定

図-13における諸数値は

$$H_1 = 1.282$$

$$Z_0 = Z_1 + Z_2 = 20.0$$

$$H_0 = 29.718$$

$$e_n = 2.00$$

$$\alpha = 41^\circ 30'$$

$$m_1 = 0.78$$

$$\tan \alpha = \frac{1}{1.2}$$

$$L_0 = 6.800$$

より

$$Z_0 = Z_1 + Z_2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$R_0 = \frac{Z_1}{1 - \cos \alpha} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\ell_1 = R_0 \alpha \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\ell_2 = (Z_0 - Z_1) \cot \alpha \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$Z_1 = \frac{e_n \sqrt{1 + m_1^2} - m_1 (H_0 + Z_0) + Z_0 \cot \alpha}{\cot \alpha - \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

で算出された結果は

$$Z_1 = 9.0366 \quad \tan \alpha = \frac{1}{1.2} \quad Z_2 = 10.9634$$

$$R_0 = 35.996 \quad \ell_1 = 26.0723 \quad \ell_2 = 16.5455$$

iii) 断面の決定

吐口の断面積は、永年使用後の管内摩擦係数の増大を考慮して10%増とすれば

$$A_n' = 1.1 Q \sqrt{\frac{1 + \eta_1}{2 g H}} = 55.899\text{ m}^2$$

$$\xi_1 = 0.064 \quad \eta_1 = 0.090 \quad H = 51.5\text{ m}$$

水平直管終端の所要圧力は次のように仮定する。

$$P_0 = P_a + \frac{D}{2} = 0.45\text{ m}$$

$$P_a = \text{許容圧力水頭} - 3.0\text{ m}$$

$$D = \text{水平直管断面高 } 6.9\text{ m}$$

水平直管の断面積は

$$A'_0 = A'_n \sqrt{\frac{1+\xi}{1+\eta^1}} \cdot \frac{H_e + Z_0}{H_e - P_0} = 96.431 \text{ m}^2$$

放水管は3本設置するから1本当り

$$A_0 = A'_0 / 3 = 32.144$$

$$A_n = A'_n / 3 = 18.633$$

負圧の発生しやすい隅部に、断面積の約4%の隅取部をつけるとして隅半径 r は

$$(4-\pi)r^2 = 0.04 A_0 = 1.2858 \text{ m}^2$$

$r = 1.2236 \text{ m}$ であるから、隅取半径を 1.2 m とする。

$$\text{したがって, } A_{cn} r = (4-\pi)r^2 = 1.2365 \text{ m}^2$$

$$B_{cn} r = 2(4-\pi)r = 2.061 \text{ m}^2$$

断面巾は a を 5 m とすると断面高 b は

$$\text{直管部 } b_0 = (A_0 + A_{cn} r) / a = 6.6762 \text{ m}$$

$$\text{吐口部 } b_n = (A_n + A_{cn} r) / a = 3.9740 \text{ m}$$

断面の寸法は、設計製作の都合上、水平曲管部は $5.00 \text{ m} \times 6.70 \text{ m}$ 、吐口部は $5.00 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$ にする。

中心線が円弧と直線と接する点における断面 A_c は、中心線 α は $41^\circ 30'$ であるから、傾斜直管の

下面が導水樋の勾配 $1/1.2$ に一致するには絞り角 θ は

$$41^\circ 30' - 39^\circ 48' = 1^\circ 42' \text{ となる。}$$

したがって、断面 A_c の高さは

$$b_c = 2 \ell_2 \tan \theta + b_n = 4.9821 \text{ m であり}$$

呑口部、吐口部等の断面積は

$$A_0 = 5.000 \times 6.700 - 1.237 = 32.2630 \text{ m}^2$$

$$A_c = 5.000 \times 4.9821 - 1.237 = 23.6735 \text{ m}^2$$

$$A_n = 5.000 \times 4.000 - 1.237 = 18.7630 \text{ m}^2$$

iv) 流量検算

$$\text{新管摩擦係数 } \lambda_1 = 0.012$$

$$\text{旧管摩擦係数 } \lambda_0 = 0.025$$

$$\text{流入損失係数 } f = 0.05$$

とし、流量算出に必要な係数 ξ, η, ζ を計算すると

新管については、 $\xi = 0.0634, \eta = 0.0786, \zeta = 0.0748$ となり、旧管については、 $\xi = 0.0779,$

$\eta = 0.1454, \zeta = 0.1267$ となる。従って流量は

洪水時満水位 $E.L. 564.50 \text{ m}$

新 管

$$Q h_1 = 3 A_n \sqrt{\frac{2g(Hh + Z_0)}{1 + \eta_1}} = 1,721.99 \text{ m}^3/\text{sec}$$

旧 管

$$Q h_0 = 3 A_n \sqrt{\frac{2g(Hh + Z_0)}{1 + \eta_0}} = 1,671.03 \text{ m}^3/\text{sec}$$

洪水期制限水位 $E.L. 543.50 m$

新 管

$$Q_{e_1} = 3 A_n \sqrt{\frac{2g(H_e + Z_0)}{1 + \eta}} = 1,325.19 m^3/sec$$

旧 管

$$Q_{e_0} = 3 A_n \sqrt{\frac{2g(H_e + Z_0)}{1 + \eta_0}} = 1,285.97 m^3/sec$$

異常洪水位 $E.L. 565.70 m$

新 管

$$Q_{h_1}' = 3 A_n \sqrt{\frac{2g(H_h' + Z_0)}{1 + \eta}} = 1,741.94 m^3/sec$$

旧 管

$$Q_{h_0}' = 3 A_n \sqrt{\frac{2g(H_h' + Z_0)}{1 + \eta_0}} = 1,690.38 m^3/sec$$

V) 曲管上面および下面の決定

曲管の上面および下面は、水平直管部と傾斜直管部に接しなければならないから、管中心線の決定と同様に求めれば、上面に suffix “1” 下面に suffix “2” をつけて示すと、

$$e_{n1} = e_n - \frac{b_n}{2} \cos(\beta - \alpha) = 0.0338 m$$

$$e_{n2} = e_n + \frac{b_n}{2} \cos(\beta - \alpha) = 3.9662 m$$

$$Z_{o1} = Z_o + \frac{b_o}{2} - \frac{b_n}{2} \cos \alpha = 21.8521 m$$

$$Z_{o2} = Z_o - \frac{b_o}{2} + \frac{b_n}{2} \cos \alpha = 18.1479 m$$

$$H_{o1} = H_o - \frac{b_o}{2} = 26.368 m$$

$$H_{o2} = H_o + \frac{b_o}{2} = 27.718 m$$

$$\alpha_1 = \alpha + \theta = 43^\circ 12'$$

$$\alpha_2 = \alpha - \theta = 39^\circ 48'$$

であるから、上面曲率半径 R_1 および下面曲率半径 R_2 は

$$R_1 = \frac{Z_{11}}{1 - \cos \alpha_1} = 36.1144 m$$

$$R_2 = \frac{Z_{12}}{1 - \cos \alpha_2} = 36.2894 m$$

VI) 呑口および吐口部分の形状

呑口部形状の良否は、流入損失による放流量の減少、負圧による空洞現象発生の原因になるので、模型実験により最終案形状を決定すべきであるが、当初案の形状として、これらの問題について種々実験した結果より、式-13から16等の形状が考えられる。

$$\frac{X^2}{D^2} - \frac{Y^2}{(D/3)^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\frac{X^2}{(0.75D)^2} + \frac{Y^2}{(0.25D)^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\frac{X^2}{(0.6D)^2} + \frac{Y^2}{(0.2D)^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$\frac{X^2}{(0.5D)^2} + \frac{Y^2}{(0.15D)^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (16)$$

これらの曲線形を比較すると、図-14に示すような関係にあり、式-13に従えば、流入損失および空洞現象に対しては安全であっても非常用門扉装置の問題もあるので経済的という見地から、下面および側面とも、式-14の形状を採用し、実験結果により改造をすることにした。大口径角型放水管の呑口部附近の隅取部には空洞現象が発生しやすいことが従来の実験で明らかにされており、その合理的な形状としてはこれ迄に実験された結果を参考に、呑口部上流端面で0.2 m、終端部すなわち直管との接続部分において1.2 mとし、その間の変化は、式-14で示される寸法を与えることとした。

$$Y = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}$$

$$r = Y + 0.2 \quad \dots\dots\dots (17)$$

吐口部、すなわち放水管の下流端には、流量調節を容易にするためと、水密性を保つために油圧開閉操作方式の圧着装置付高圧テンターゲートを装置する予定で、門扉形状、支柱の位置、戸当り、および側部の形状、下流導水樋の形状等について検討を加えた結果、図-15の形状に従って実験をおこなうことにした。

4. 模型および相似律

模型は土木研究所篠崎分室ダム水理実験場内に1/30の縮尺で製作した。ダム上流部分、すなわち貯水池河形は省略し、下流部分は約400 mの区間を標高520 m以下の河形を園原ダム工事事務所で測量した平面図と附属の縦断図、横断面を基に周囲の側壁を、コンクリートブロックで積み上げ、木材を組合せて台を作り、板張りし、モルタル破片、砂等で中詰して表面をモルタルで塗り、刷毛引き引上げとした。

堤体部分は、整流槽締切用鉄骨を主体に木材を骨格として板張りし、その上に木造の橋脚、橋台、シュート部分、放水管をとりつけ、堤体越流面の曲線部および斜面はモルタル下塗、セメントペースト上塗りとし、碇石で磨いて仕上げた。

水叩部分は、改造の便を考えて木製とし、流況観測の便をはかるため、強化ガラスを取り付けた。またガイドウォール等も木製とし、木製部分はすべてビニール塗料仕上げとした。その他圧力分布状態を測定するために越流部の中心線上(図-16)および水叩表面上(図-17)に測定孔φ1.5耗、外径7耗、内径5耗の圧力測定管を設置した。また模型河道の下流端には、ダム下流水位を調節出来るように下流水位調節装置を設置し、流量測定用に、巾2.50 mの

鋭縁矩形を設けた。放水管抽出実験用の模型は黄銅製とし、縮尺1/30で製作し、放水管実験用水槽に取り付けた。

模型実験による測定値より、実物値を知るには、フルードの相似律に従い諸量の換算縮率は表-5の通りである。

表-5 模型諸量の換算縮率

諸 元	次 元	縮 率	
長さ又は水深	L	m	1 : 30
面 積	L^2	m^2	1 : 900
体 積	L^3	m^3	1 : 27,000
時 間	T	$m^{1/2}$	1 : 5,477
流 速	LT^{-1}	$m^{1/2}$	1 : 5,477
流 量	L^3T^{-1}	$m^{5/2}$	1 : 4,929.50
圧 力 強 度	$ML^{-1}T^{-2}$	m	1 : 60
流 量 係 数	$L^{1/2}T^{-1}$	1	1 : 1

5. 模型諸量の測定方法

(1) 水位又は水深

上流水位（貯水位）の測定は、ダム本体模型の上流側（整流槽内）に埋設した径 25 耗のゴム管で連通した。径 100 耗のガラス管内の水位を土研型水位測定器を使用して測定し、越流部堤頂高を基準として測定し、水深は、各測定位置に水位測定器を据付け、水叩底面を基準として測定した。

(2) 流 量

流量の測定方法は、鋭縁矩形堰の越流水深を水位測定器で測定し、板谷・手島公式*で算出した。

(3) 流 速

流速は測定位置にピトー管を据付け、ピトー管とビニール管で接続した目盛付ガラス管内の水位の読みで、静圧・動圧を測定し、この差圧から式-(18)により算出した。

$$V = \sqrt{2gh} \quad \dots\dots\dots (18)$$

(4) 圧 力

測定個所に設けられたピエゾメーターとビニール管で接続した目盛付ガラス管内の水位を測定し、各ピエゾメーター高を基準高として圧力を求める。

6. 実験結果とその考察

(1) 全体模型実験

i) 越 流 部

流量について自由越流時の越流水深と、流量の関係を測定した結果を図-18, 表-6 に示す。

図によれば越流部計画流量 $800 \text{ m}^3/\text{sec}$ は、約 563.60 m で放流することが出来、異常洪水時の越流部放流量 $1,270 \text{ m}^3/\text{sec}$ は約 565.40 m で放流することが可能である。流量係数は、越流水深と流量の関係から、式-(19)を使用して流量係数を算出した結果を図-19 に示す。

これらの実験値を最小自乗法で整理した結果、式-(20)を得た。

$$Q = CBH^{3/2} \text{ より } C = \frac{Q}{BH^{3/2}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$C = 1.563 H^{0.152} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$Q = \text{流量 } \text{m}^3/\text{sec} \quad B = \text{越流巾 } 30 \text{ m} \quad H = \text{越流水深 } \text{m}$$

越流部堤体面の圧力分布について検照を行なうために、左岸側 2 門目越流部径間の中心線上において、自由越流時について測定した結果、図-20 の通りであり、部分的に負圧を生じたが、いずれも許容値内であった。

ii) シュート部

シュート部の平面形状は、図-8 に示すとおり橋台の下端部から直線的に絞り、シュート先端巾を 39 m , 35 m および 30 m の 3 案について比較検討することにした。シュートからの放射流量 $800 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $1,300 \text{ m}^3/\text{sec}$, 水じょく池水位 $EL. 510 \text{ m}$, $EL. 512.5 \text{ m}$ および $EL. 515 \text{ m}$ の各々の場合について、水叩内の圧力測定をおこない、横断面に於ける最大値をプロットした結果は、図-21

注 * 土木学会水理公式集 P. 81

～23に示すとおりである。1,550 m^3/sec を放流する場合の跳水必要下流水位は、前述のように、EL. 510 m であり、この水位を保つに必要な副ダムが設置されているものと仮定し、水位－流量の関係について計算すると、図－24、表－7のようになり、放流量 2,350 m^3/sec および 2,820 m^3/sec に対する水叩内水位は図－24よりそれぞれ EL. 512 m および 513 m 位になるので、この中間値 EL. 512.5 m についてシュート別に比較実験した結果を表－8に示す。

表－7

H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	1.64	1.70	1.77	1.83	1.90	1.96	2.02	2.09	2.15	2.21
Q	73.9	216.5	415.0	658.0	955.7	1,298.0	1,682.0	2130.0	2,615.0	3,145.0

表－8

シュート 型式	最大圧力発生位置		水頭高 (基準 494 m)		動水圧 (静水面 512.5 m)	
	800 m^3/sec	1,300 m^3/sec	800 m^3/sec	1,300 m^3/sec	800 m^3/sec	1,300 m^3/sec
1 型	60	66	20.2	21.3	1.7	2.8
2 型	54	54	20.0	21.2	1.5	2.7
3 型	54	54	26.9	29.6	8.4	11.1

iii) 水 叩 部

放水管 3 本、全開放流量 1,550 m^3/sec について下流水位を EL. 510 m および EL. 511 m にして、流速、水面形状を測定した結果を図－25 および 26 に示す。この場合の減勢効果をみると下流水位 EL. 510 m の方が良好と判断され、流況観察の結果でも減勢効果が大きいことを示していた。

さらに、越流部から 800 m^3/sec 放流し、合計放流量 2,350 m^3/sec について流速分布と水面形状を測定し、その結果を図－27 に示す。

iv) 副 ダ ム

副ダム高を実験により決定するため、計画値 EL. 503.5 m に近い値、EL. 502 m 、503 m 、504 m の三案により実験をおこなった。EL. 502 m 、503 m の場合は露出射流となり副ダム高の不足を示した。EL. 504 m の場合についてはコンジット 3 本全開、満水位で放流の状況も良好と思われるので副ダム高を EL. 504 m と決定した。

副ダム高、EL. 504 m の場合、図－28 に示される測定点の作用圧力を測定した結果、図－29～31 に示す通りであった。

副ダム水叩形状については、デフレクターの無い場合 (1 型) と、有る場合 (2 型) について比較実験を次の条件でおこなった。

1 型による実験は、流量 1,550 m^3/sec 、500 m^3/sec および 300 m^3/sec における流速分布、水面形の測定をおこない、その結果を図－32～34 に示す。

2 型による実験も 1 型と同様な実験をおこない、その結果を図－35 に示す。実験の結果、1 型の場合よりも 2 型の方がデフレクターの効果によって水叩下流の河底附近の流速が著しく低下し、良好と認められたので 2 型を採用することにした。

(2) 放水管抽出実験 (1 型)

流量を検照するために実験をおこなった結果を図－36 および表－9 に示す。この結果より放水管 1

本当り計画放流量 $517 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放流は可能である。またゲート全開放流時の管内圧力分布を図-37に示す位置において測定した結果を表-10に示す。この結果によれば貯水位 $EL. 543.5 \text{ m}$ (制限水位) では、ベルマウス部の上隅取部分に許容圧力値を越える負圧が発生したので、この部分の改造すなわち隅取半径の変更等により負圧の発生を防ぐことにして種々改造実験をおこなったが、必要条件を満足せることは出来なかった。さらに負圧が許容値内にある貯水位を求めるため、貯水位をかえて圧力値を測定した結果は図-38に示すとおりであり、貯水位が $EL. 547 \text{ m}$ 以上になれば負圧は許容値内になることが判明した。しかし放流計画によれば、制限水位での放流量は $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ であるから、ゲートの開度は図-36に示すように、 4.3 m 程度となり、また、給気管をベルマウス負圧発生部附近に設けることによって、空洞現象の発生は防止も出来るものと考えられる。

7. 最終案余水吐の選定およびその経緯

最終案について種々実験した結果、最終案模型実験にとり入れた形状選定の経緯および最終案候補の形式、形状について記述する。

(1) 全体模型実験

i) 越流部

越流部は実験の結果、当初案のままで支障がないので、そのまま最終案とした。

ii) シュート部については3型式で実験をおこなったが、その後掘削施工等の理由から水叩底巾 39 m で、側壁は $1:04$ 勾配に計画が変更された(図-12)。この場合1型のようにシュート先端の巾が 39 m の時は、放射水が拡巾して水じょく水深が充分でなく、側壁附近に落下する。また3型の場合は、図-23、表-8のとおり他の型と比較して圧力水頭の差が大きく、シュート内の流況も余り好ましくない状態であった。これらに比し、2型はシュート内の流況も良好なので2型を最終案として採用した。

iii) 水叩部

水叩形状は、水平水叩(1型)として実験検討し、水叩内水位が、 $EL. 510 \text{ m}$ において減勢効果が良好であることが判ったがその後現地の精密な調査の結果、ダム軸より $90 \text{ m} \sim 95 \text{ m}$ 附近の岩盤が高いことが判ったので、図-9に示すようにデフレクターを設けた。2型および3型を計画し、比較実験をおこない最終案を決定することにした。

iv) 副ダム

副ダムについては、越流部堤頂高 $EL. 504 \text{ m}$ とし、水叩形状についてもデフレクターを設けることを決定したが、一部流水が非越流部を越流する傾向が見受けられたので、図-39に示す形状について比較検討し、最終案とすることにした。

(2) 放水管抽出模型実験

1型放水管も使用可能であるが、当放水管はわが国でも最も大口径のもので、ゲート形状も当然大きなものとなるので、なるべく小さい形状が望ましいと考えられた。1型放水管の実験結果(図-36、表-9等)から洪水時満水位、 $EL. 564.5 \text{ m}$ における放流量は、約 $584 \text{ m}^3/\text{sec}$ で計画放流量 $517 \text{ m}^3/\text{sec}$ をうわまわる流量を放流できることが確かめられ、この余裕流量について検討し、また、二瀬、綾北

ダム等放流状況観察によると、ゲート開度の少ない場合水流がゲート下縁に当り、水脈がゲート底部に巻き込み、放水管終端隅部の流況が悪く、また負圧の発生するおそれがあるので、隅取部半径を零に近い形状にすることを考慮して2型放水管を計画した。すなわち

《流量の検討》

前回設計した1型放水管により計算した時の流量は

$$\text{新管} \quad 574 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{旧管} \quad 557 \text{ m}^3/\text{sec}$$

この放水管形状で実験した結果では

$$584 \text{ m}^3/\text{sec}$$

であった。これを旧管に換算すれば

$$\frac{557}{574} \times 584 = 567 \text{ m}^3/\text{sec}$$

であるが、旧管の場合の必要流量は

$$\frac{584}{567} \times 517 = 533 \text{ m}^3/\text{sec}$$

設計流量を $540 \text{ m}^3/\text{sec}$ とする。

《断面の決定》

前回設計した放水管の吐口部断面積 18.7639 m^2 、吐口部の必要断面積は

$$\frac{540}{584} \times 18.7639 = 17.3502 \text{ m}^2$$

吐口隅取部は、上部の径 1 m 、下部吐口隅取部を径 0.30 m とすれば

$$a = 5.0 \text{ m} \text{ とすれば、 } b = 3.560 \text{ m} \text{ になり、吐口部断面積 } A_n \text{ は}$$

$$A_n = 3.560 \times 5.000 - 0.4678 = 17.3322 \text{ m}^2$$

つぎに呑口部の断面積を推定すると、当初案放水管呑口部の断面積は 32.144 m^2 、制限水位時の水平直管部の最底圧力は

$$P_0 = (543.50 - 533.00) - \left(\frac{18.633}{32.144} \right)^2 K (543.50 - 513.00) - \frac{6.70}{2} = 7.15 - 10.249 K$$

実験によれば、 $P_0 = -3.87 \text{ m}$ であったから

$$K = \frac{7.15 + 3.87}{10.249} = 1.075$$

断面高を 6.40 m と仮定し、吐口部断面積が 17.3322 m^2 の時の呑口部必要断面積 A_0' は

$$-3.00 = (543.50 - 533.00) - \left(\frac{17.3322}{A_0} \right)^2 \times 1.075 \times (543.50 - 513.00) - \frac{6.40}{2}$$

$$A_0'^2 = 956.2656 \text{ m}^2 \quad A_0' = 30.9235 \text{ m}^2$$

隅取部に径 1.00 の円弧をつけ

$$a = 5.000 \text{ m} \text{ とすれば、 } b = 6.40 \text{ m} \text{ となり}$$

呑口部断面積 A_0 は

$$A_0 = 6.40 \times 5.00 - 0.8584 = 31.1416 \text{ m}^2$$

《中心線の決定》

図-13 において算出された

$$\alpha = 41^{\circ} 40'$$

$$L_3 = 36.00 \text{ m}$$

とすれば

$$Z_1 = L_3 \sin \alpha - Z_0 \quad \cos \alpha = 8.99215 \text{ m}$$

式-(9)より

$$R_0 = 35.54562 \text{ m}$$

式-(10)より

$$\ell_1 = 25.84950 \text{ m}$$

式-(11)より

$$\ell_2 = 16.55825 \text{ m}$$

《曲管上下面の決定および呑口部ベルマウス形状決定》

図-13 において

$$\theta = 1^{\circ} 51' 6656$$

$$\alpha_1 = 43^{\circ} 31' 6656$$

$$\alpha_2 = 39^{\circ} 48' 3344$$

とすれば, 中心線決定と同様に

$$Z_{01} = 21.87029$$

$$Z_{02} = 18.12971$$

$$L_{31} = L_3 + \frac{b_n}{2} \sin \alpha = 37.18334$$

$$L_{32} = L_3 + \frac{b_n}{2} \sin \alpha = 34.81666$$

$$Z_{11} = 9.75154$$

$$Z_{12} = 8.36145$$

$$R_1 = 35.46541$$

$$R_2 = 36.07513$$

である。

以上により 2 型放水管の形状を図-40, 41 に示す。

ベルマウス形状は 1 型放水管と同じように(式-(19))によることとし

$$\frac{X^2}{1.14^2} + \frac{Y^2}{3.42^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (21)$$

式-(21)より求めた。

ベルマウスの任意断面における隅取半径は, 式-(22), (23)により算出した。

上面隅取半径

$$\frac{X^2}{1.14^2} + \frac{Y^2}{1.0^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (22)$$

下側面隅取半径

$$\frac{X^2}{0.855^2} + \frac{Y^2}{1.0^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (23)$$

8. 最終案模型実験結果とその考察

(1) 全体模型実験

i) 越流部

流量について門扉の等高操作時の放流量を検照するため、門扉開度は門扉戸当部標高 $EL.558m$ を基準とし、門扉操作時の門扉下縁との差をもってあらわし、測定をおこなった結果、図-18および表-6に示す越流水深と流量の関係を得た。また、門扉全開時の流量係数は、表-6のとおりである。自由越流時の圧力分布および負圧発生の可能性がある門扉操作時の圧力分布測定結果は、図-42および表-11のとおりで、すべて正圧を示している。さらに越流水脈の形状を越流量 $800m^3/sec$ および $1,320m^3/sec$ について測定した結果を図-43および表-12に示す。

ii) シュート部

最終案について圧力測定および水面形の測定をおこなった結果は、図-42および表-11に示される。圧力は殆んど正圧であり、最終案による水じょく池への放流状況は、当初案の放流状況よりも良好な結果を得た。

iii) 水叩部

2型、3型の両案について、放流量 $500m^3/sec$ 、 $1,000m^3/sec$ 、 $1,550m^3/sec$ 、 $2,000m^3/sec$ 、 $2,350m^3/sec$ および $2,820m^3/sec$ の場合の流況観察をおこない、現地の状況を勘案して2型を最終案として検証実験をおこなった。

すなわち

コンジット中央1門全開の場合	$Q = 520m^3/sec$
左右コンジット2門全開の場合	$Q = 1,040m^3/sec$
コンジット3門全開の場合	$Q = 1,550m^3/sec$
コンジット3門等開度の場合	$Q = 300m^3/sec$
" "	$Q = 500m^3/sec$
" "	$Q = 1,040m^3/sec$

以上6種の放水管放流状況について、図-44に示す測線上で流速および水面形測定をおこなった。これらの結果を図-45～50に示す。さらに放流量 $2,000m^3/sec$ 、 $2,350m^3/sec$ および $2,820m^3/sec$ の場合の流速、水面形および水叩底面の圧力分布について測定をおこなった。これらの結果を図-51～56（表-13）に示す。

実験結果によれば、水叩内流況は中央1門全開 $520m^3/sec$ を放流した場合、高速流は潜流となり、ディフレクター付近で左右へ大きく拡がり、中央と導流壁際では逆流が顕著であり、左右放水管中心線上では、複雑な変化が見受けられたが、流況としては概して良好であった。

左右2門全開 $1,040m^3/sec$ を放流した場合は、高速流が拡がって両側壁に当り水面が高く盛り上った。また、ディフレクターのやや上流で水面が大きく隆起して水面が荒れて悪い流況を呈した。しかし3門等開度で $1,040m^3/sec$ を放流した場合は流況も良好であった。

放水管3門全開放流堤頂越流部放流の場合は、水圧水面ともに下流側が高い状態を示したが、減勢効果は良好である。

iv) 副 ダ ム

最終案を決定するため図-39に示す2型および3型の比較案について放流量 $1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$, $2,350 \text{ m}^3/\text{sec}$ および $2,820 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対する流況観察をおこなった結果、3型と比較して2型の流況は、放流量 $1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合は高速流が減勢されずに副ダム近くまで達し、水面隆起の原因になっている。また、兩岸取付部分の水面隆起も大きい。 $2,350 \text{ m}^3/\text{sec}$, $2,820 \text{ m}^3/\text{sec}$ についても特に副ダム取付部での水面隆起が甚だしく、副ダム下流の流速が大きくなっている。

以上の流況観察結果により、3型を採用することにした。副ダム上流側越流面に負圧が発生したので、各種比較実験の結果、4型が最終案として採用された。3型および4型(図-39)についての圧力分布測定結果を図-57および表-14に示す。また、副ダム中央部における流速、水面形の測定結果を図-58に示す。

(2) 放水管(2型)

縮尺 $1/40$ 黄銅製模型について測定された水位—流量の関係を図-59および表-15に示す。実験結果より放水管1本の計画放流量 $517 \text{ m}^3/\text{sec}$ の放流は可能である。

管内圧力を図-60に示す各点について測定した結果を表-16に、上面および下面の圧力推定値を表-17に比較のために提示する。

制限水位 ($EL. 543.5 \text{ m}$) において一部負圧を生じたが、いずれも許容値内であった。

9. 結 論

実験の結果、最終案として採用した形状を取りまとめると次の通りである。

越流部(1型)——ランドルフ曲線とし、門扉戸当り部より下流に放物線を挿入し、負圧発生や水脈剝離現象の防止をはかった。

シュート部(2型)——シュート端末で、シュート巾を 4 m せまくした。

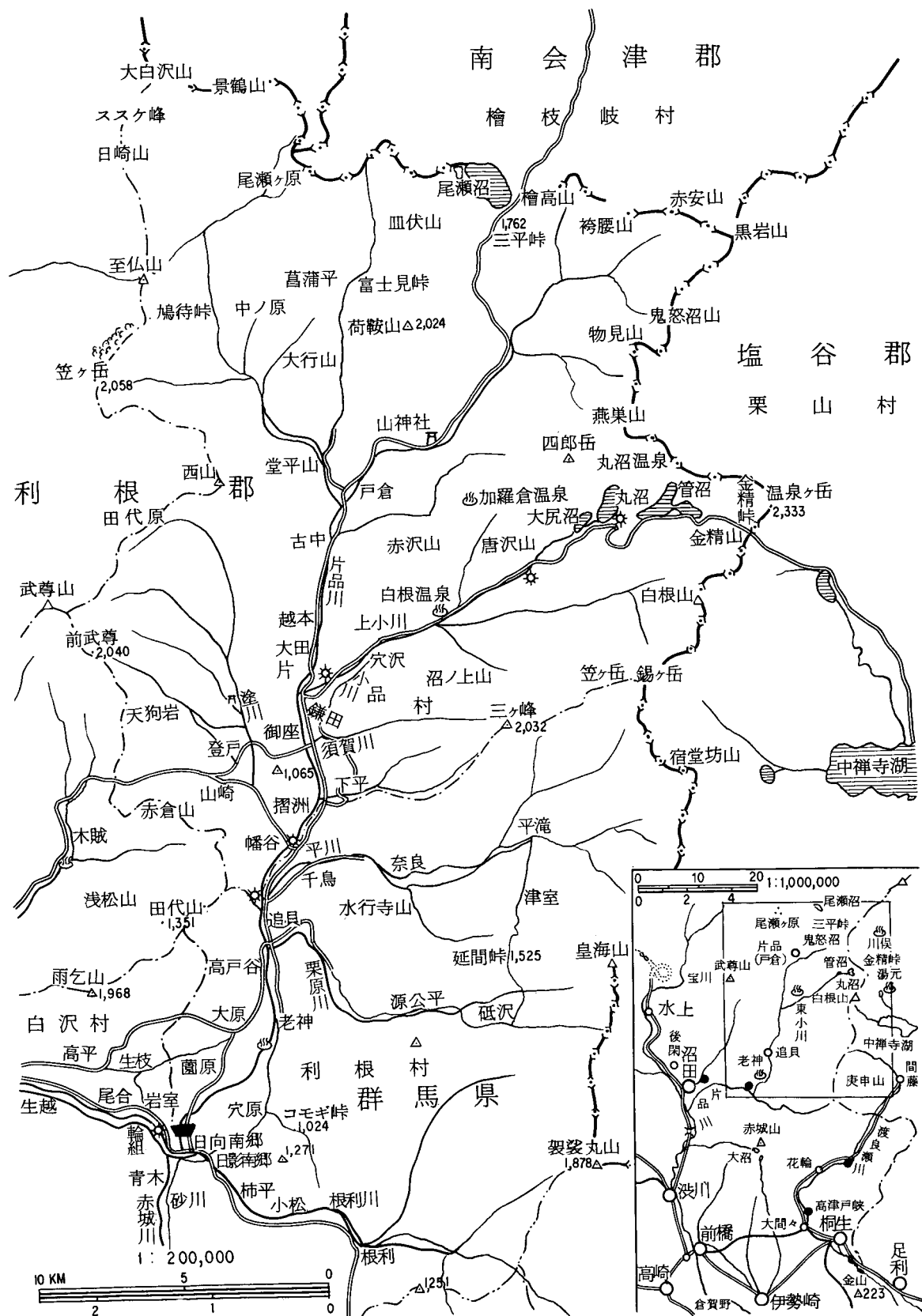
水叩部(2型)——ディフレクターを設けた。

副ダム(4型)——水平全面越流で、副ダム、ダム軸上流側を単一円弧とし、負圧発生の原因を除いた。

副ダム水叩部(2型)——シルを設けた。

放水管(2型)——呑口部 $8.395 \text{ m} \times 6.710 \text{ m}$
吐口部口径 $3.560 \text{ m} \times 5.000 \text{ m}$ とした。

また、門扉操作については、実験結果より次のとおりと判断される。全門等開度操作が原則であるが小流量を放流する場合、特に一部の門扉だけを開きたいとき、越流部においては両側2門操作、また、放水管においては中央1門操作が比較的流況が良い。



図一 1 ダム建設位置図

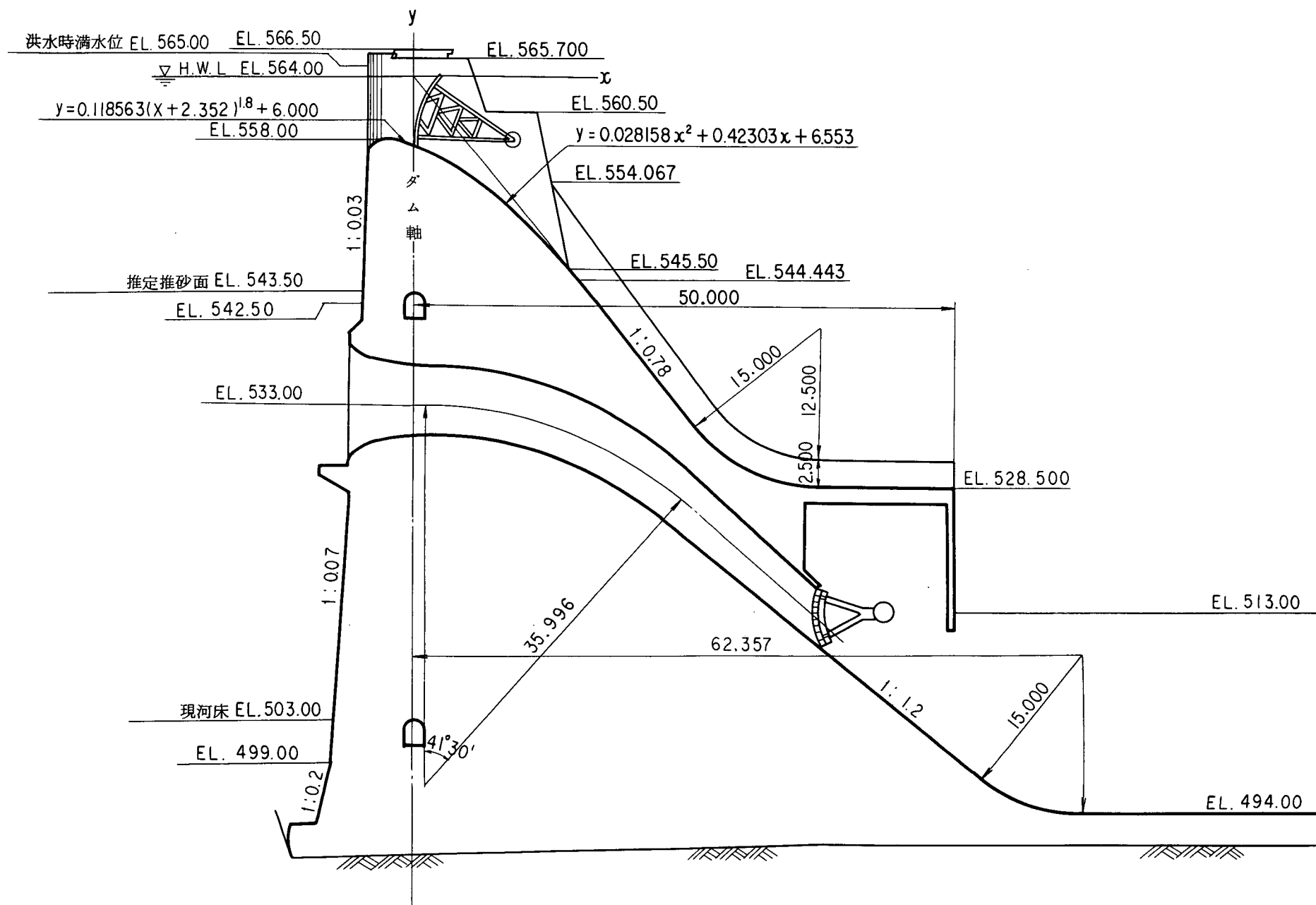


图-3 堤体断面图

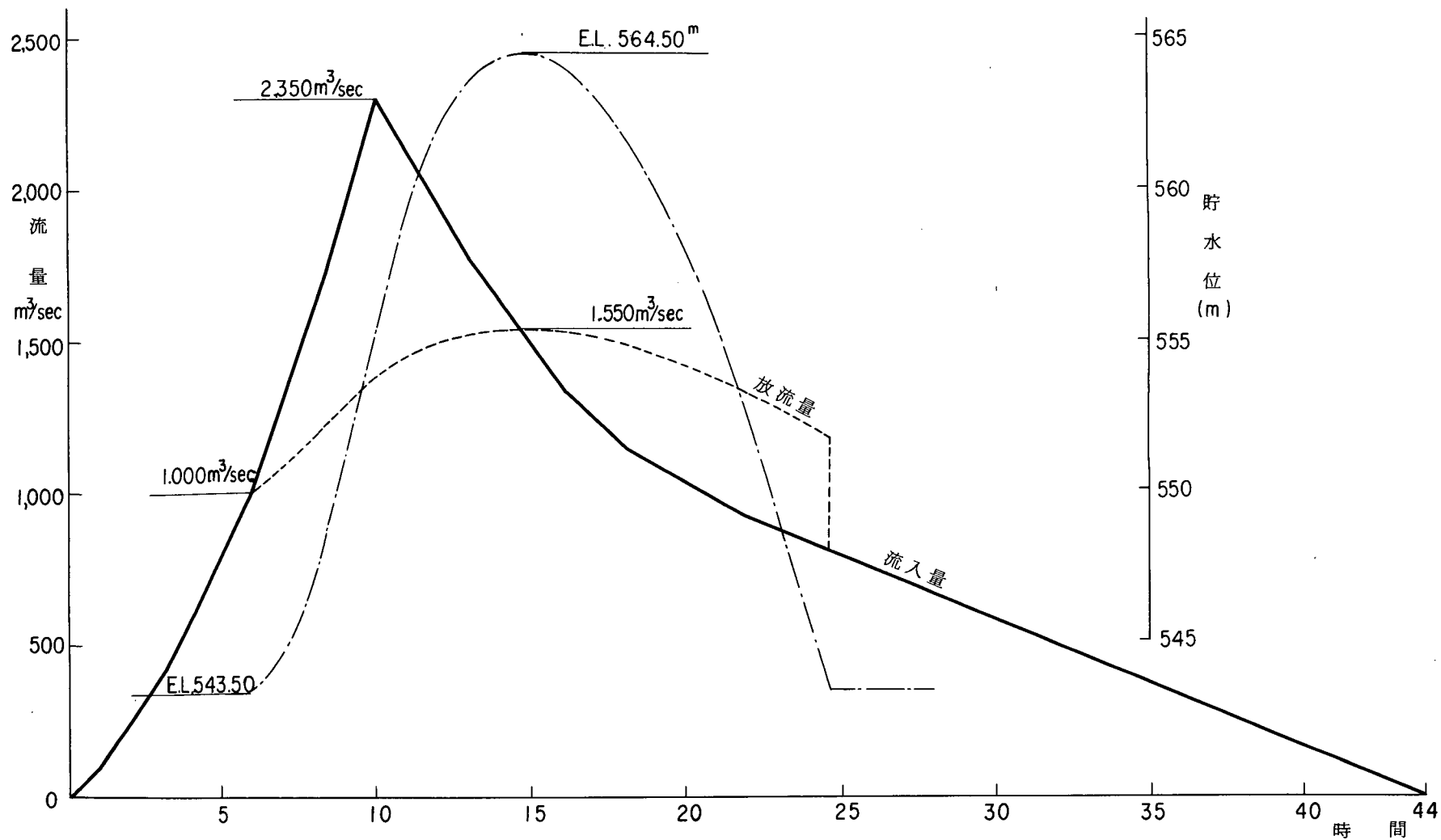


図-4 洪水調節計画図

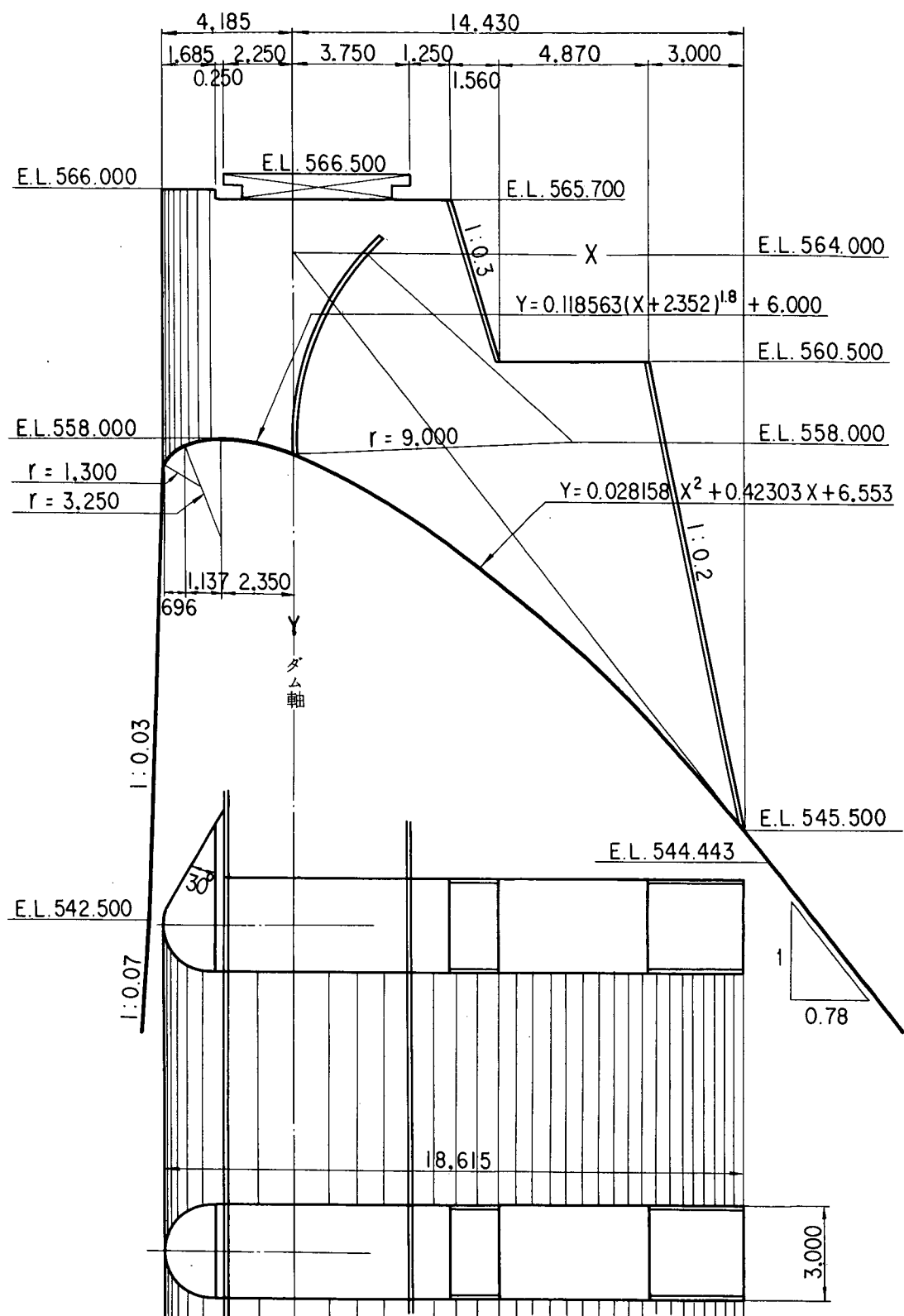


図-5 越流部詳細図 1 型

表-2 任意越流水深 H/H_d と C/C_d の関係

H	H/H_d	C/C_d	C	$Q (m^3/sec)$
0.5	0.077			
1.0	0.154	0.830	1.725	51.750
1.5	0.231	0.876	1.820	100.300
2.0	0.308	0.906	1.883	159.754
2.5	0.385	0.925	1.922	227.930
3.0	0.462	0.938	1.949	303.810
3.5	0.538	0.949	1.972	387.380
4.0	0.615	0.958	1.991	477.840
4.5	0.692	0.966	2.007	574.765
5.0	0.769	0.974	2.024	678.850
5.5	0.846	0.986	2.049	792.902
6.0	0.923	0.991	2.059	907.834
6.5	1.000	1.000	2.078	1,033.098
7.0	1.077	1.080	2.244	1,246.766
7.5	1.154	1.170	2.431	1,497.982
8.0	1.231	1.260	2.618	1,777.125

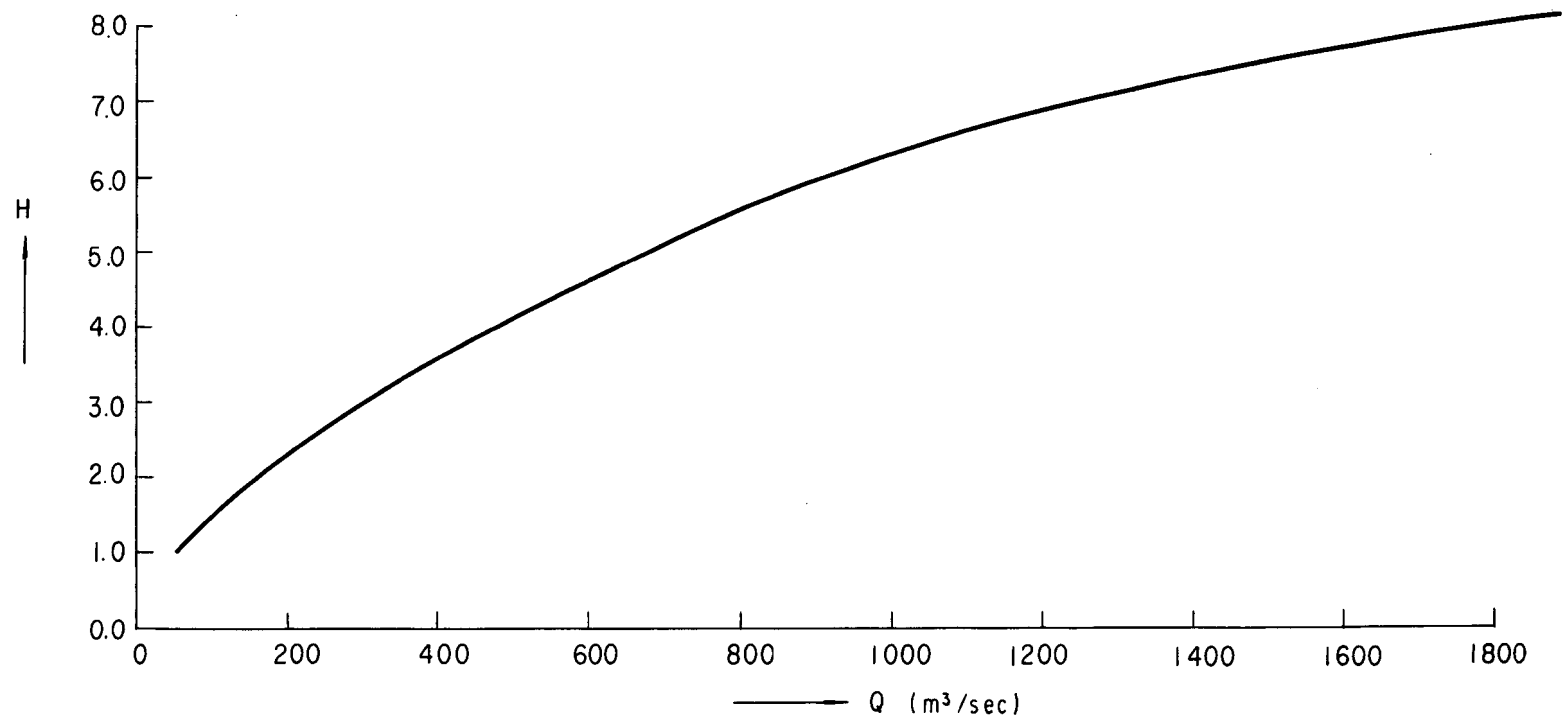


図-6 H/H_d と C/C_d の関係図

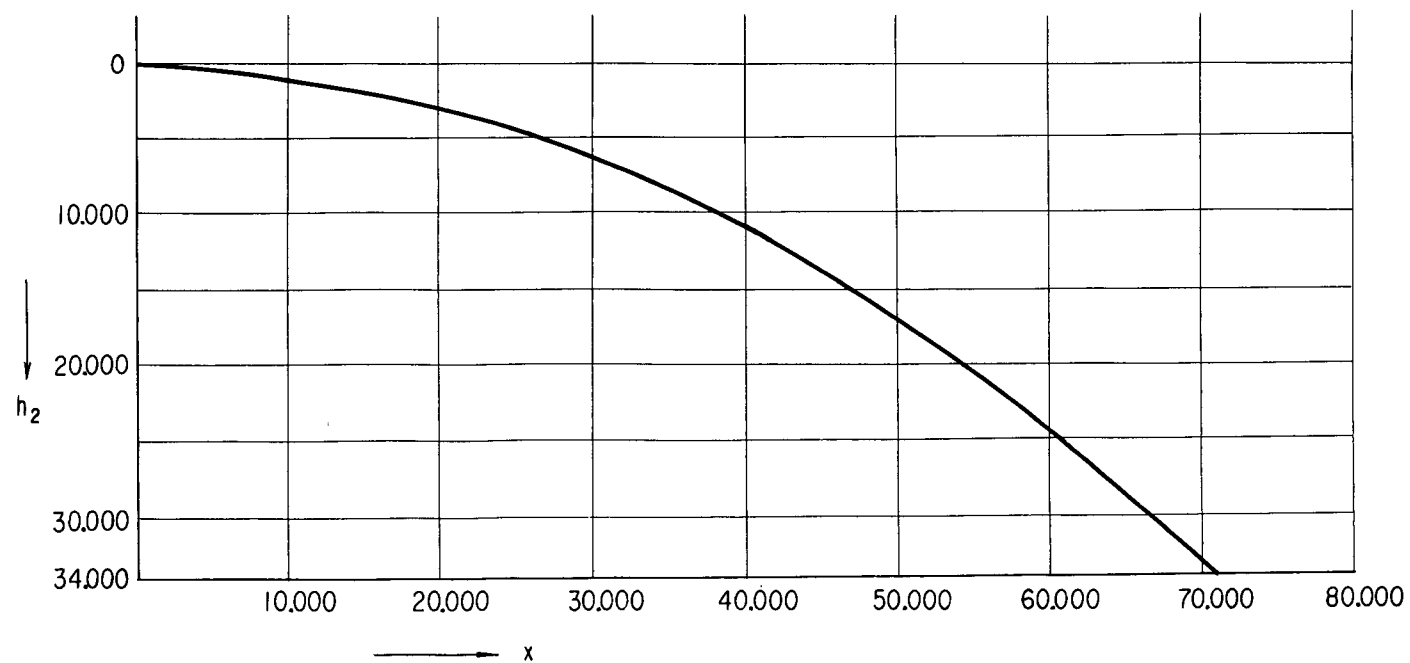


图-7 越流部放流水脉翔轨迹图

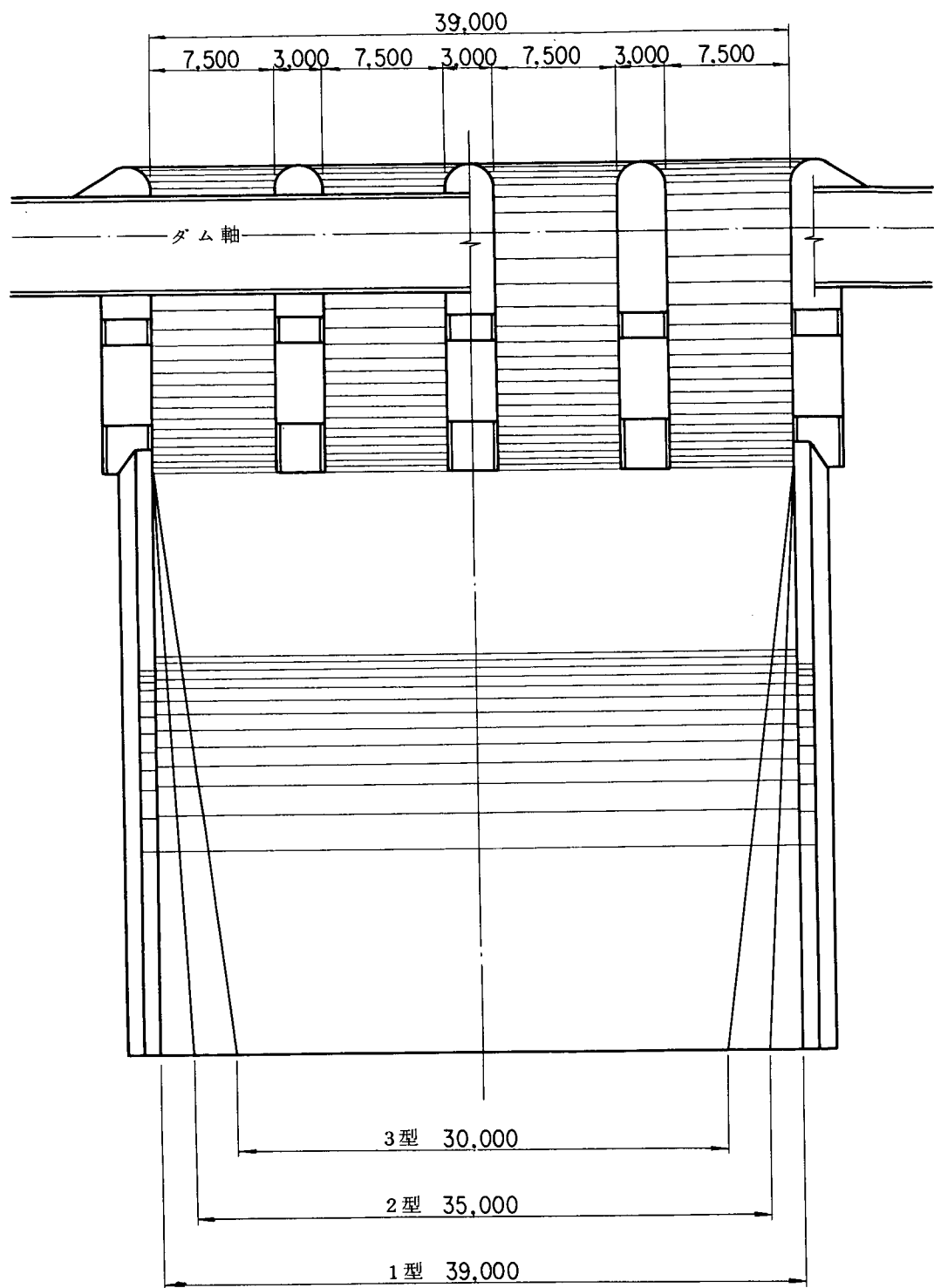


図-8 シュート部比較案形状図

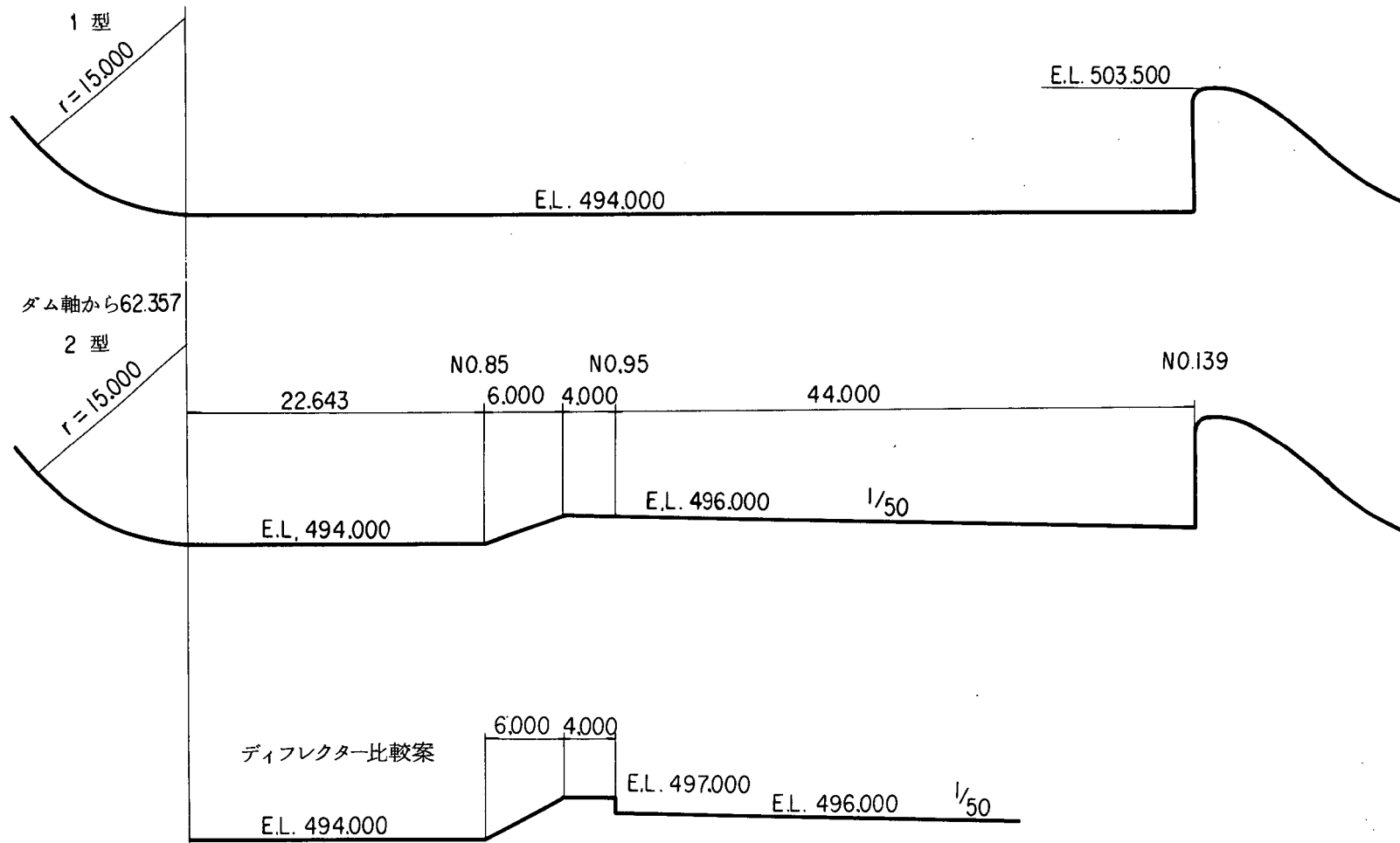


図-9a 水叩縦断 1型, 2型ディフレクター比較案

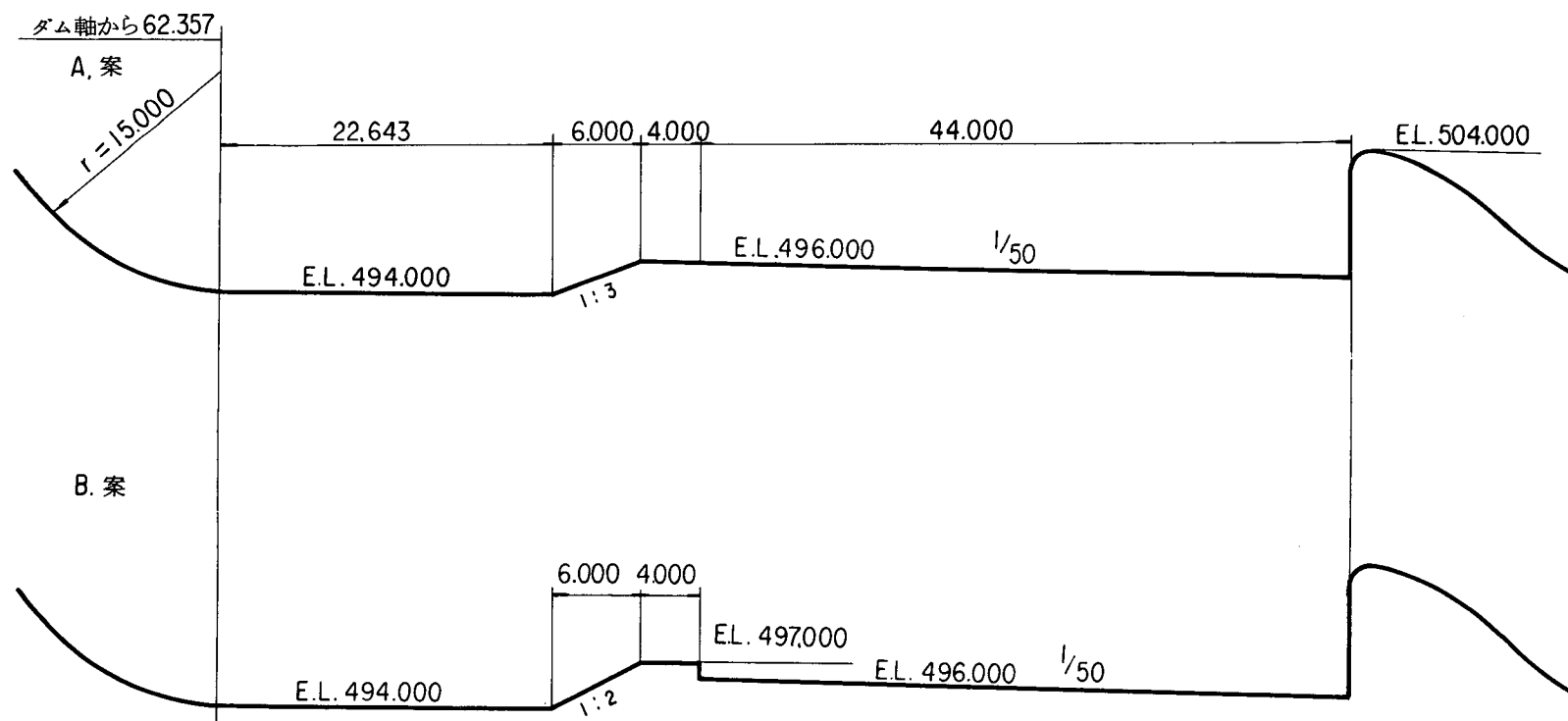


図-9b 水叩部縦断図 (ディフレクター比較案)

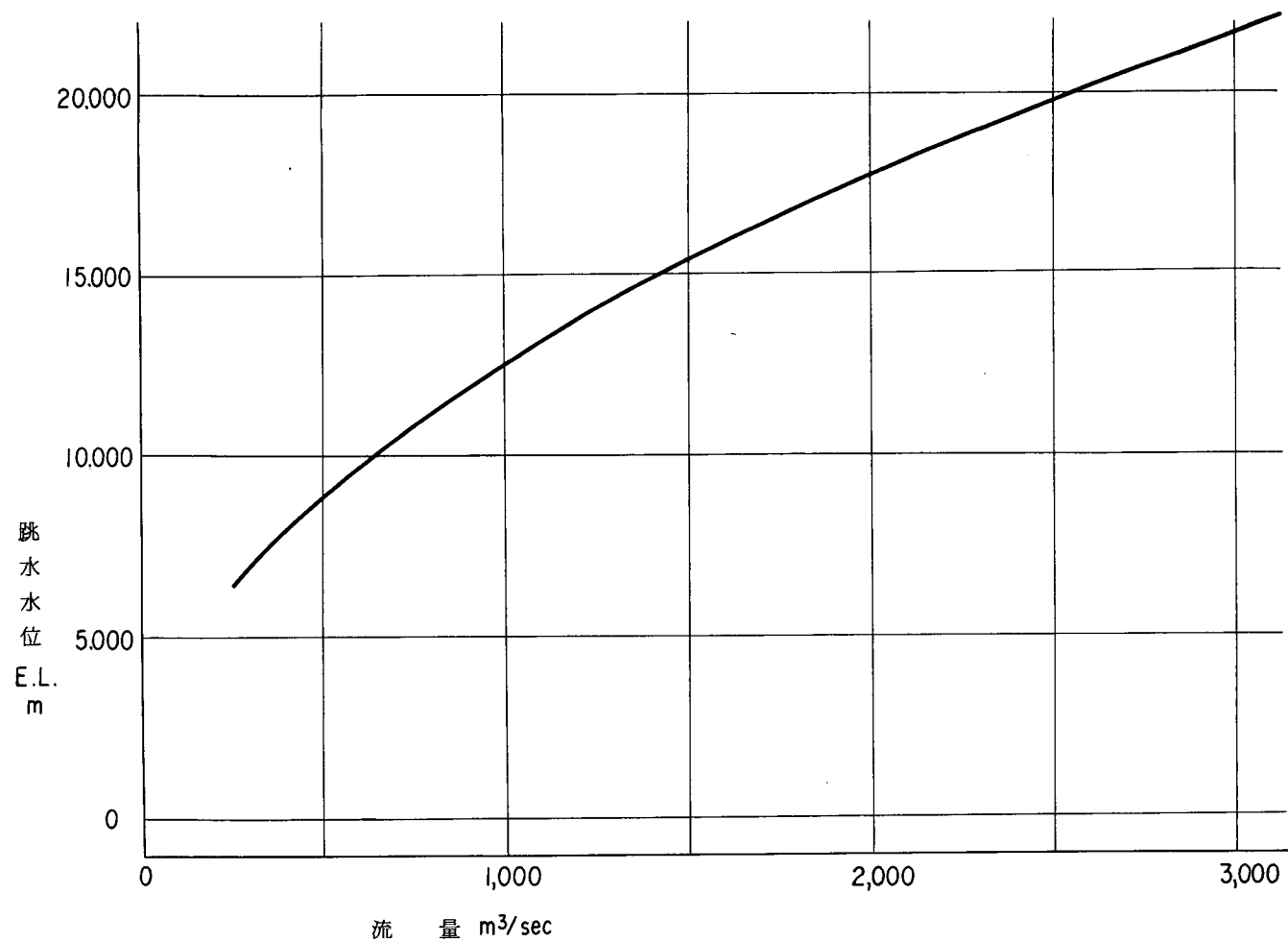


表-4

Q	h_2
250	6.454
500	9.068
750	11.056
1,250	14.175
1,500	15.480
1,750	16.673
2,000	17.780
2,250	18.812
2,500	19.784
2,750	20.703
3,000	21.579

図-10 跳水共役水深関係図

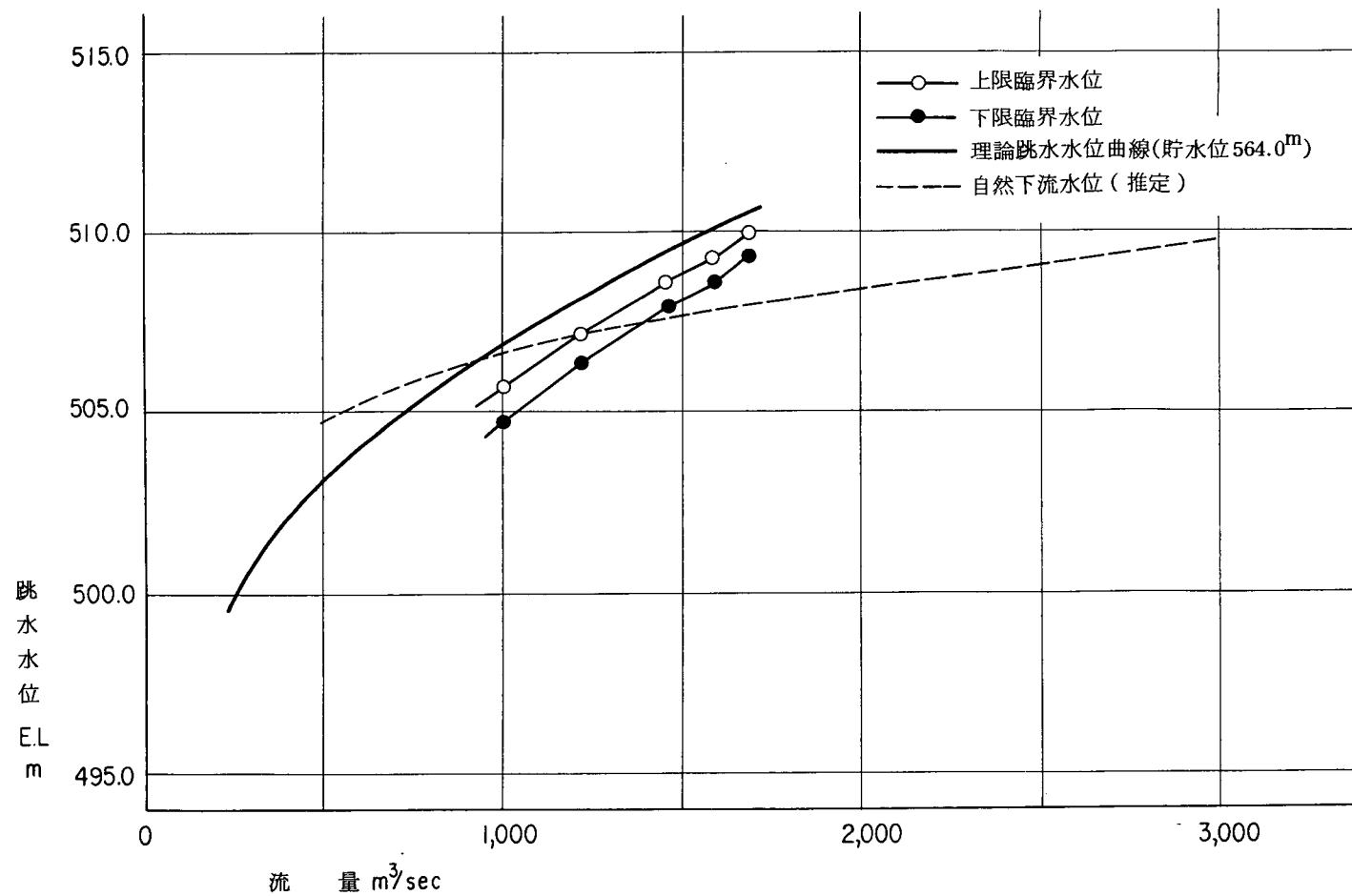


圖- 11 跳 水 水 位 曲 線

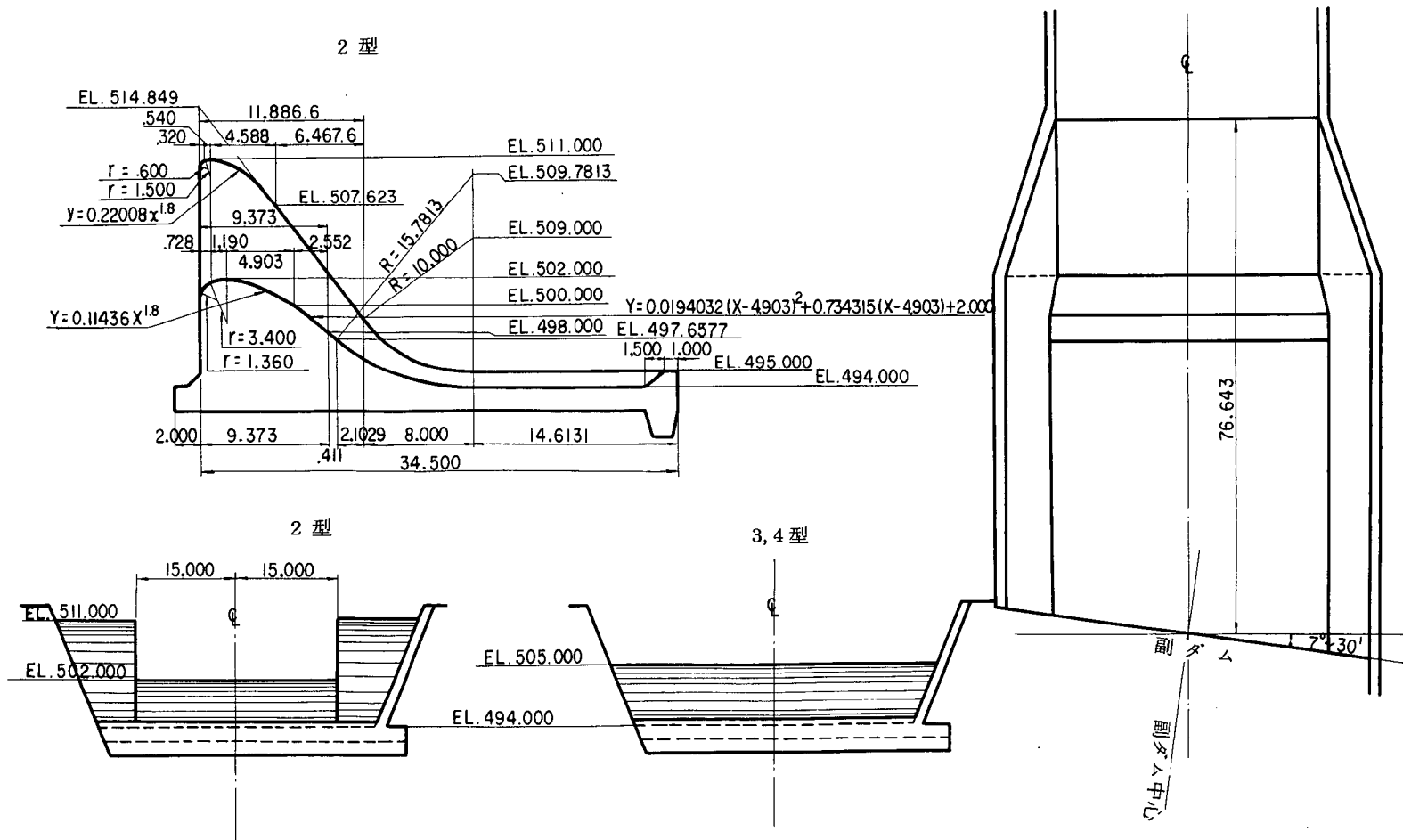


図-12 副ダム形状および位置図

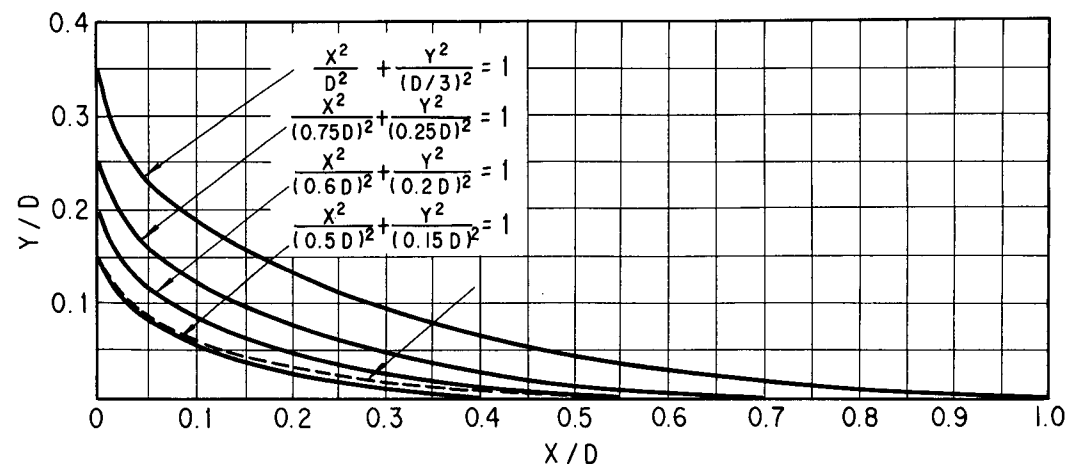
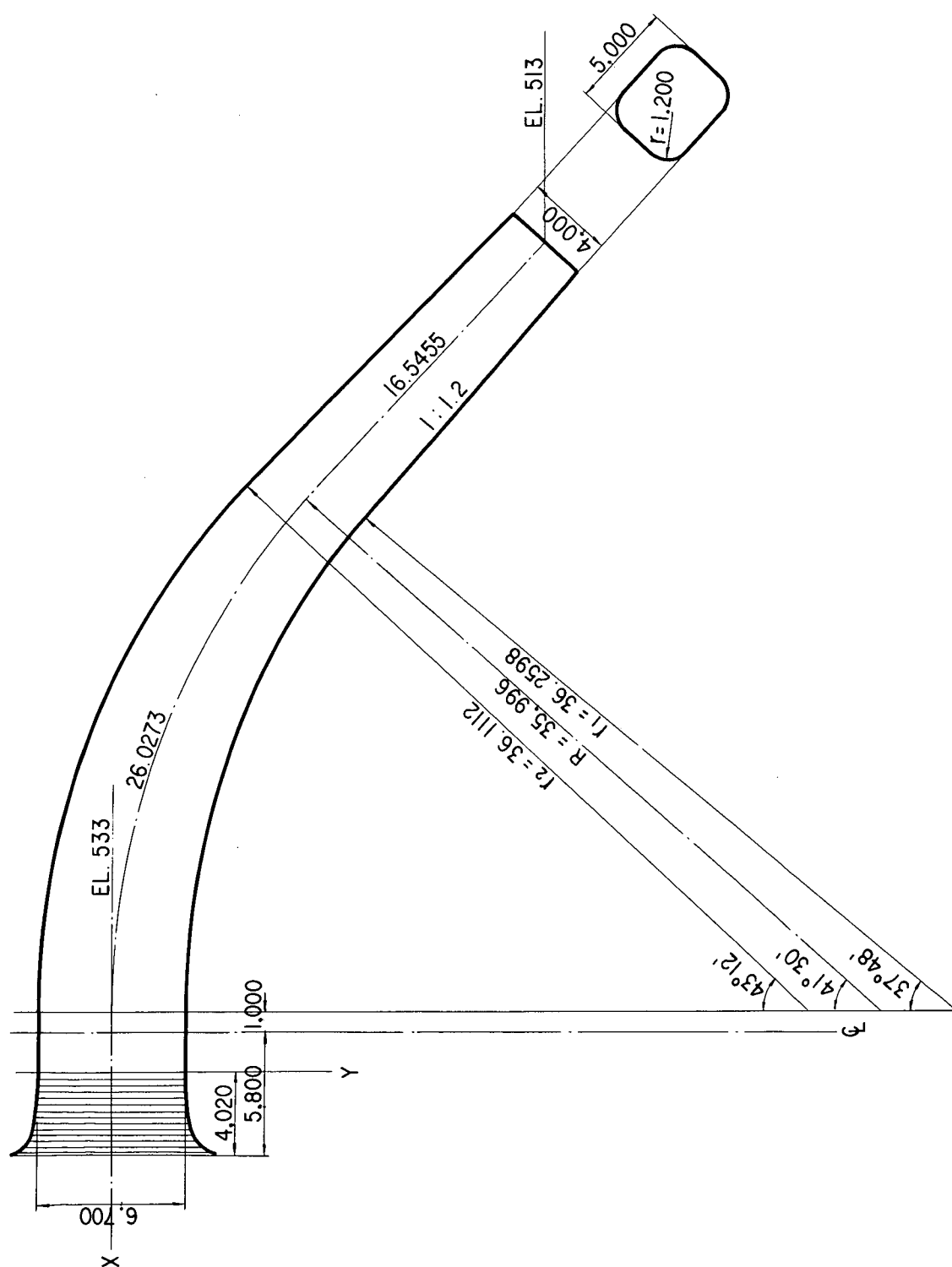


圖-14 放水管吞口部曲線形狀比較圖



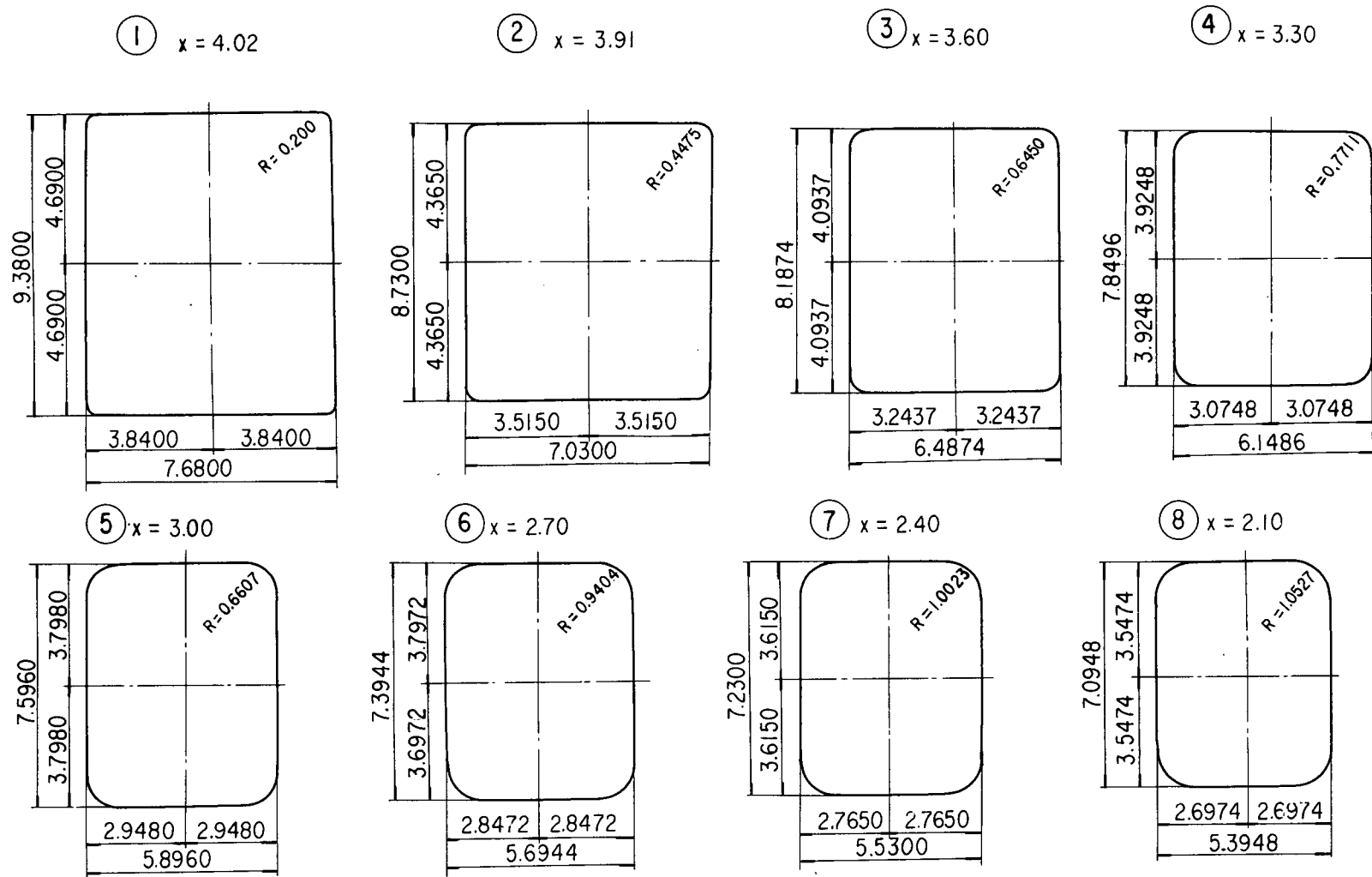
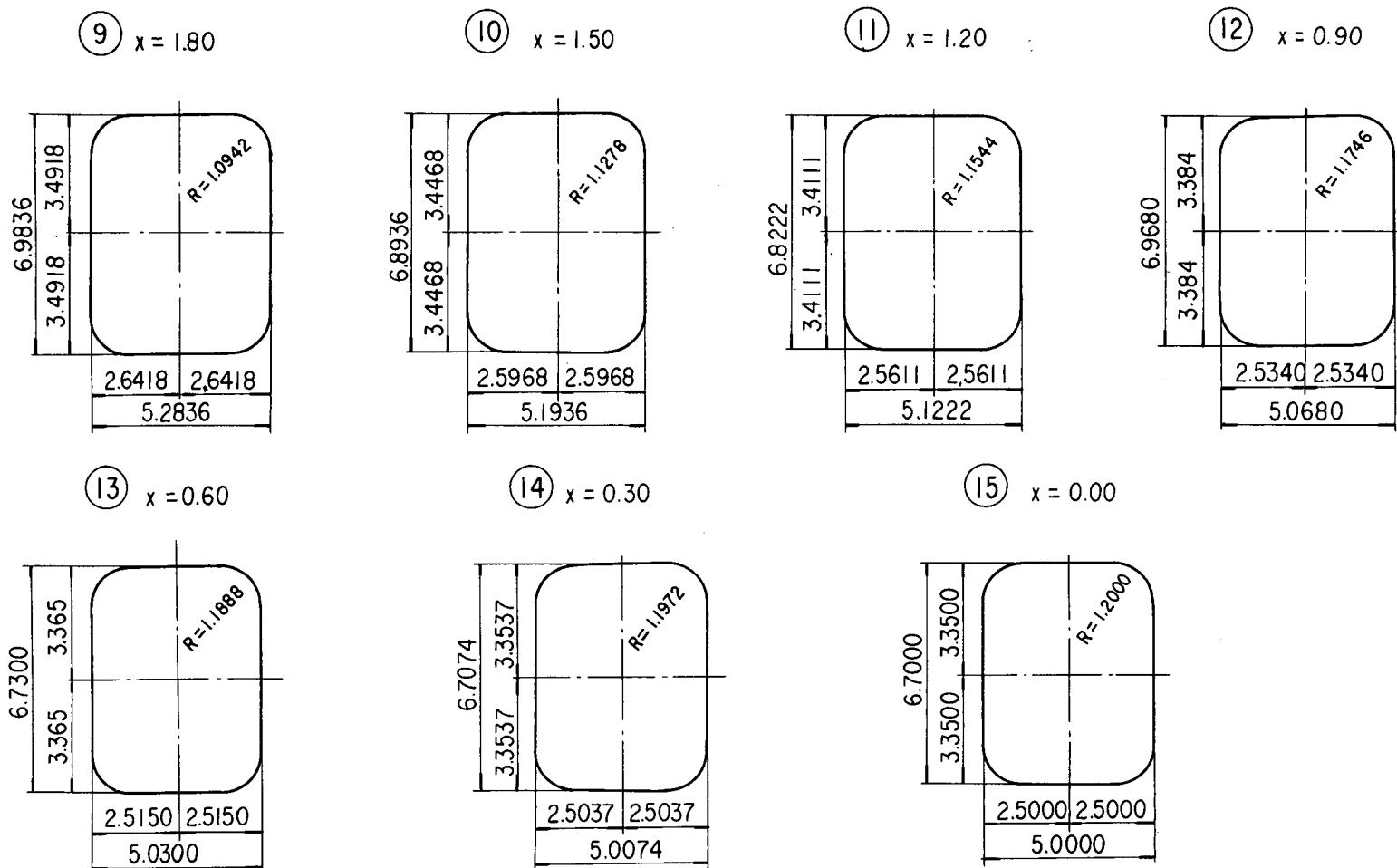


図-15b 1 型 ベルマウス 横断面図



図—15c 1 型 ベル マ ウ ス 横 断 面 図

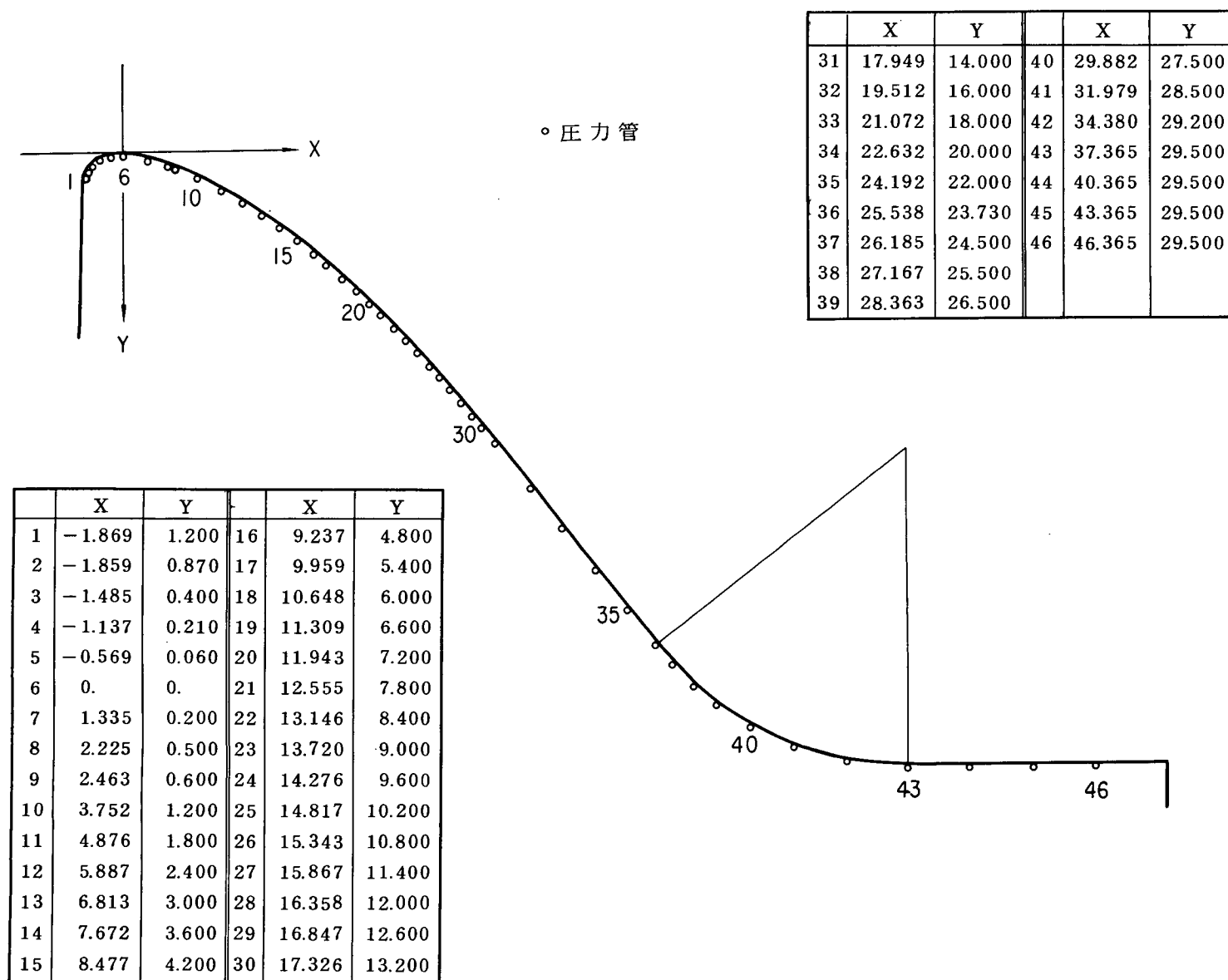


图-16 越流部压力管配置图 1型

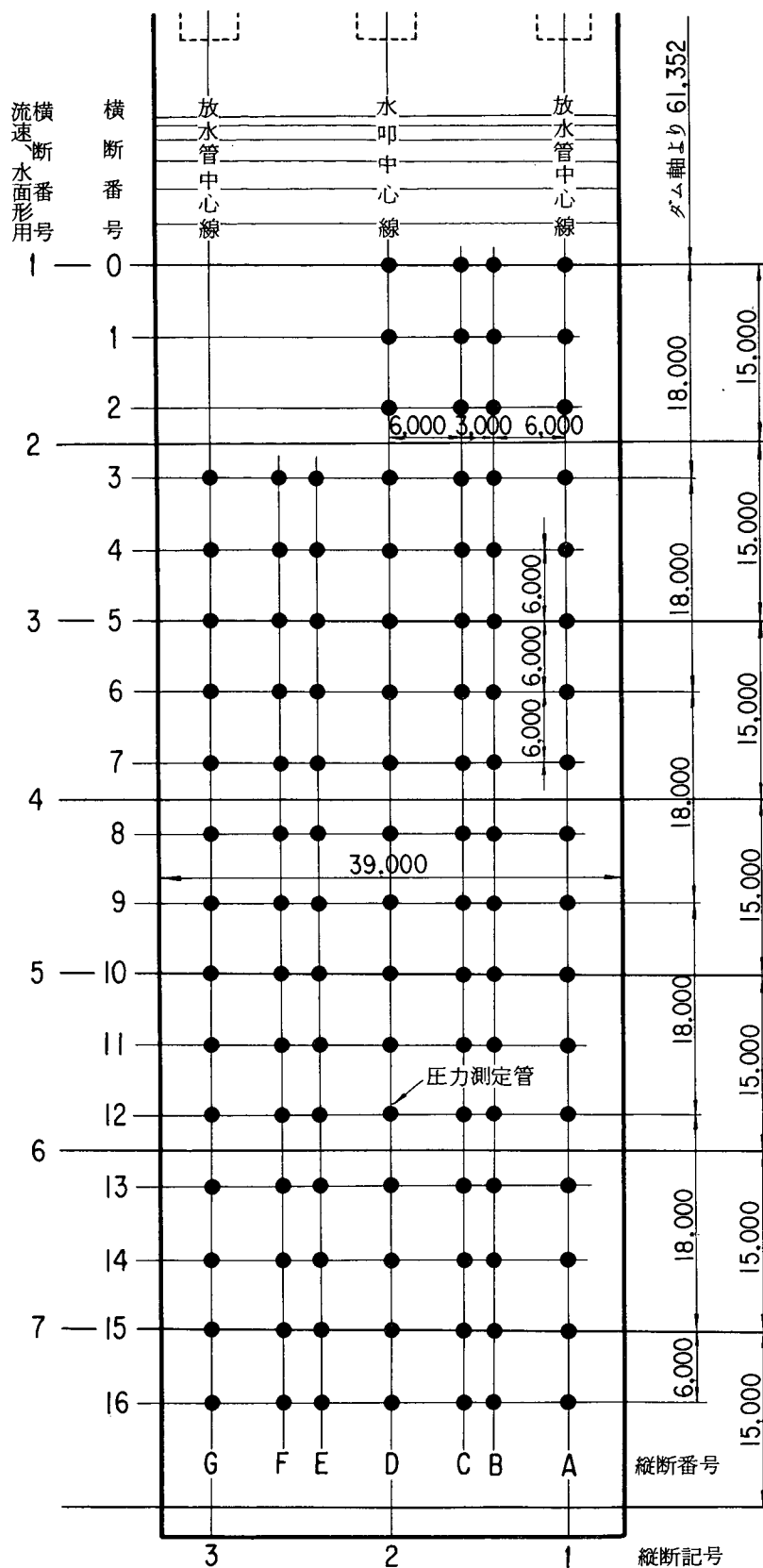


図-17 水叩部 流速，水面形，圧力，
測点位置および配置図

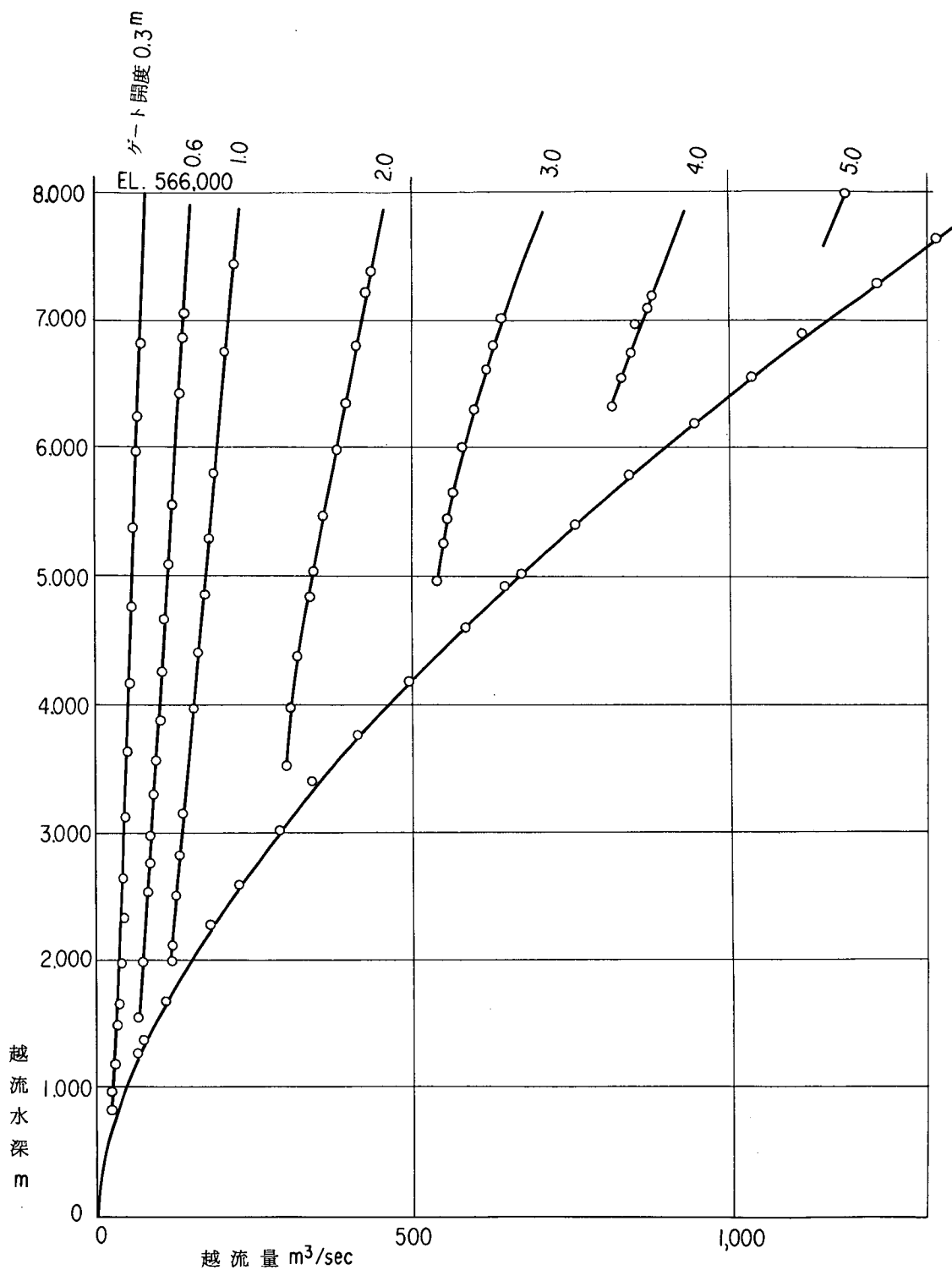
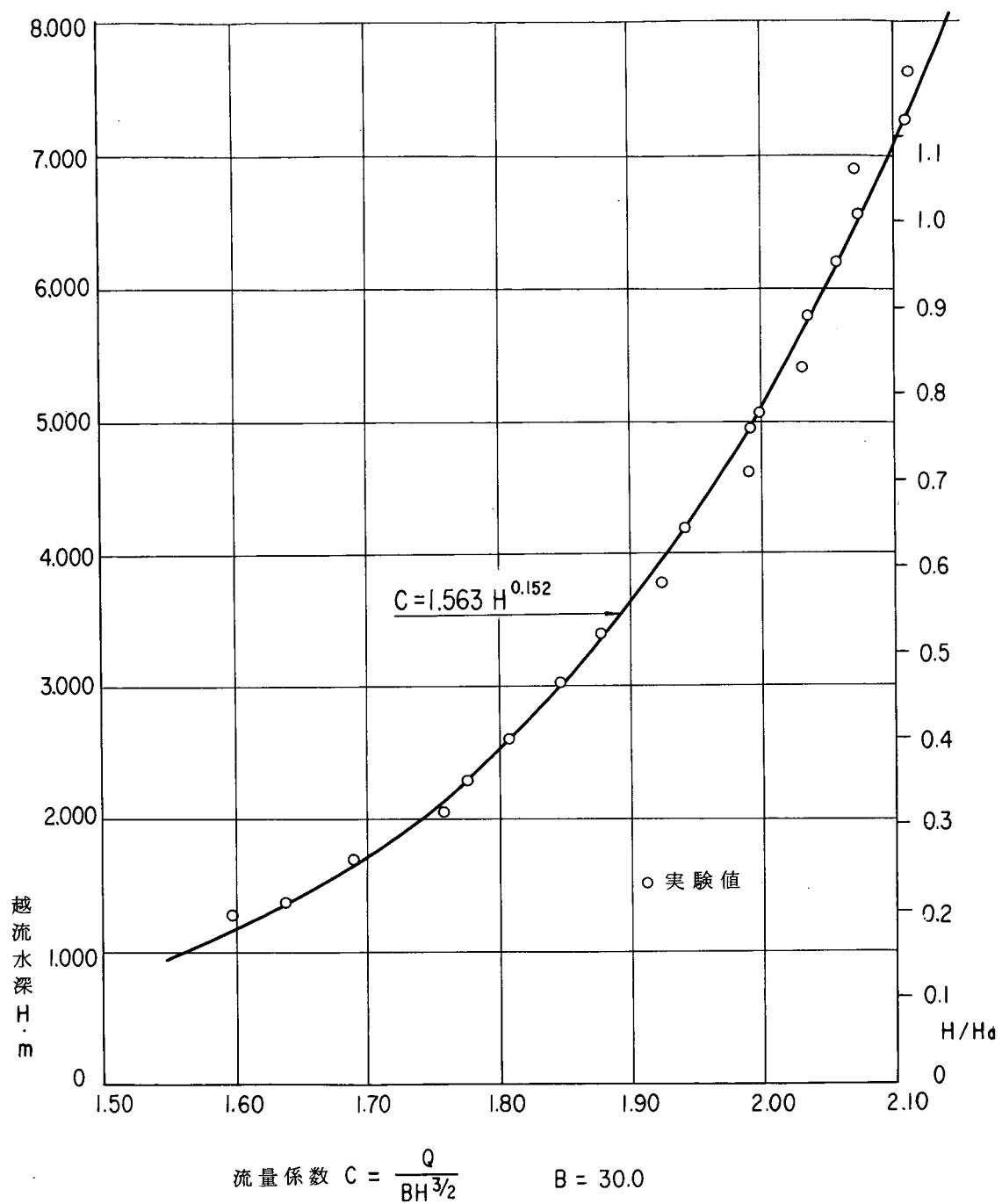


図-18 1型越流部水位—流量曲線

表-6 菌原ダム越流部水位——流量関係実験値

番号	自由越流時			門扉開度等高0.3m		門扉開度等高0.6m		門扉開度等高1.0m		門扉開度等高2.0m		門扉開度等高3.0m		門扉開度等高4.0m		門扉開度等高5.0m	
	H	Q	C	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
1	1.275	69.010	1.598	0.816	22.183	1.560	66.548	2.010	118.308	3.531	303.164	4.953	539.780	6.330	818.297	7.995	1,183.080
2	1.371	78.869	1.638	0.981	24.648	1.971	71.478	2.262	118.308	3.969	305.629	5.244	552.104	6.546	830.621		
3	1.686	110.909	1.689	1.197	27.112	2.550	81.337	2.490	123.238	4.392	317.953	5.445	557.034	6.738	847.874		
4	2.031	152.808	1.760	1.488	32.042	2.754	83.802	2.823	128.167	4.845	340.136	5.649	561.963	6.963	855.268		
5	2.271	182.384	1.776	1.653	34.507	2.985	86.266	3.156	133.097	5.046	347.530	5.988	581.681	7.095	872.522		
6	2.595	226.748	1.808	1.974	36.971	3.288	91.196	3.990	152.815	5.469	362.318	6.315	601.399	7.185	879.916		
7	3.021	290.829	1.846	2.331	41.901	3.558	96.125	4.428	165.138	5.985	386.966	6.600	621.117				
8	3.381	349.980	1.877	2.655	45.351	3.879	101.055	4.872	170.068	6.369	404.219	6.801	630.976				
9	3.747	418.991	1.926	3.120	46.830	4.248	105.984	5.304	182.392	6.801	414.078	7.011	643.300				
10	4.179	497.859	1.943	3.630	49.295	4.662	110.914	5.811	189.786	7.224	428.867						
11	4.611	591.516	1.991	4.170	51.760	5.109	115.843	6.732	211.969	7.365	438.726						
12	4.911	650.668	1.993	4.773	54.225	5.568	120.773	7.443	219.363								
13	5.025	675.314	1.998	5.403	59.154	6.024	123.238										
14	5.394	764.042	2.033	5.970	66.548	6.438	130.632										
15	5.775	847.840	2.036	6.492	67.534	6.888	138.026										
16	6.192	951.355	2.058	6.822	69.013	7.050	140.491										
17	6.540	1,040.082	2.073														
18	6.867	1,118.951	2.073														
19	7.257	1,237.254	2.110														
20	7.629	1,330.911	2.105														



图—19 越流部越流水深 — 流量系数 1 型

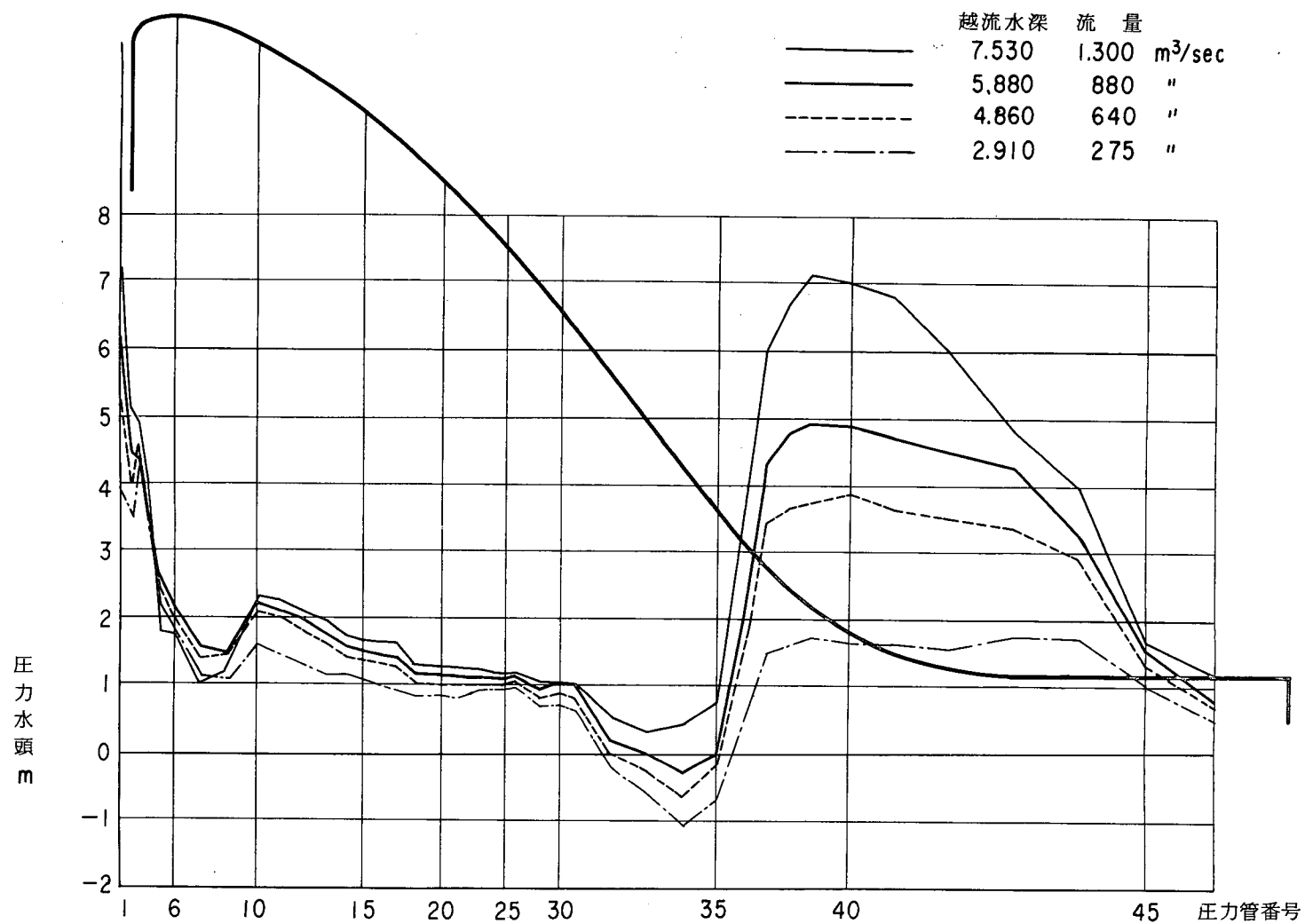


图-20 越流部压力分布图 1型自由越流

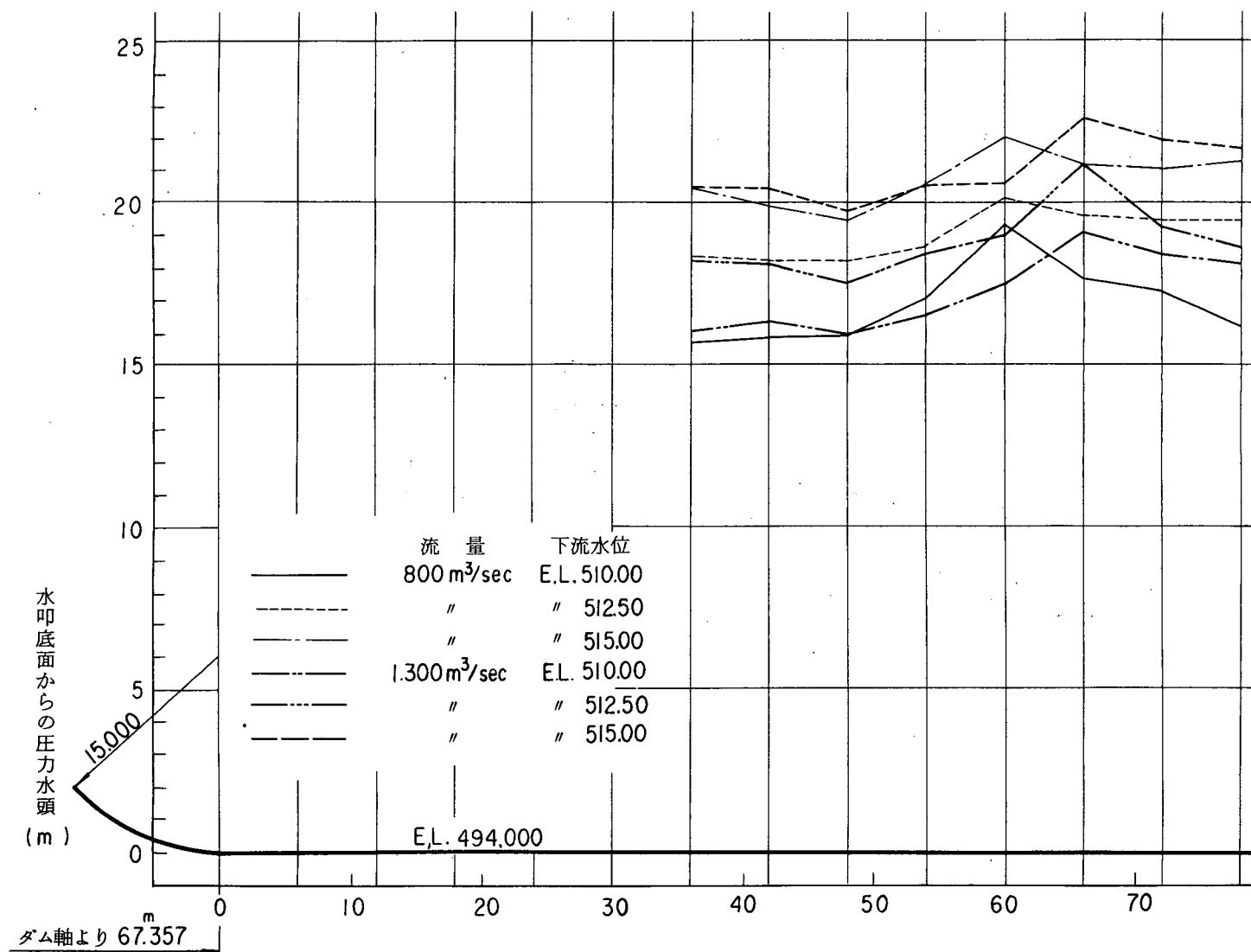
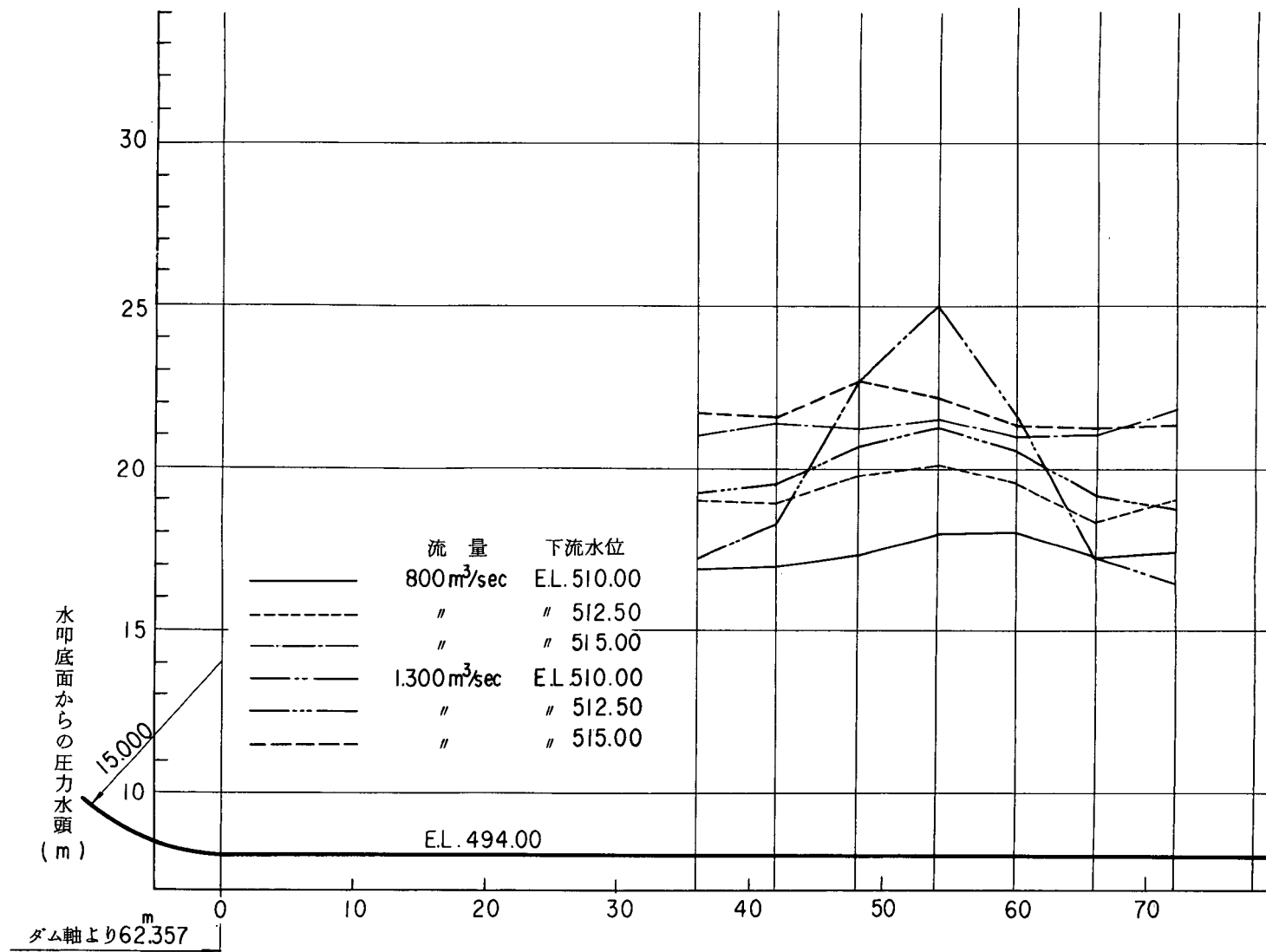


図-21 1型シュートよりの越流水に依る
下流水位別水叩内圧力分布図



図— 22 2 型シュートよりの越流水に依る
下流水位別水叩内圧力分布図

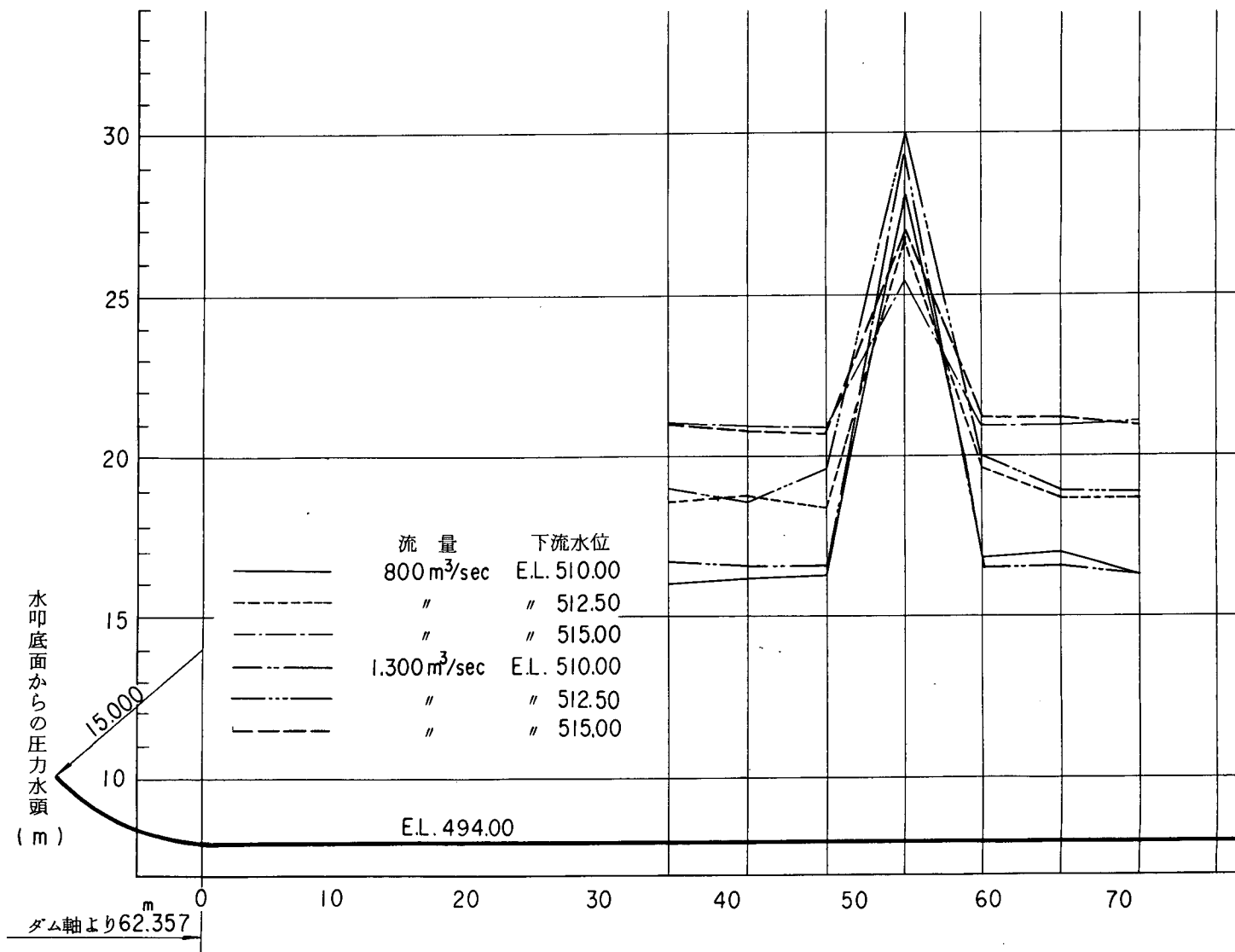


図-23 3型シュートよりの越流水に依る
下流水位別水叩内圧力分布図

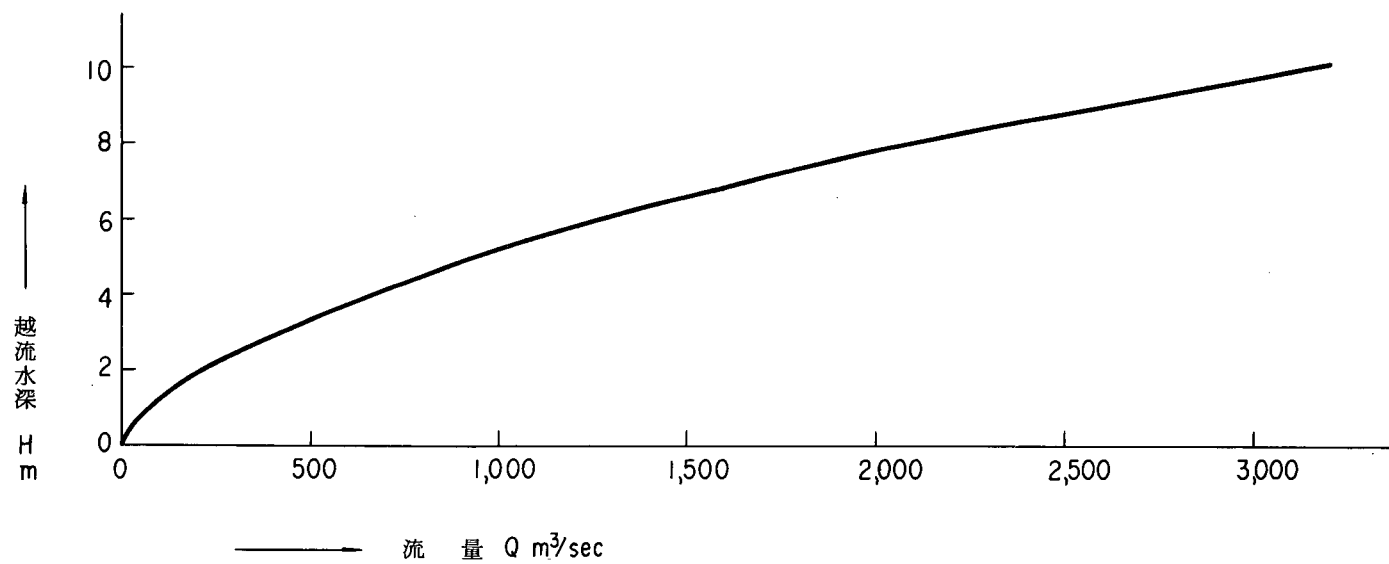


図-24 副ダムが設置されているものと仮定
(水位-流量曲線)

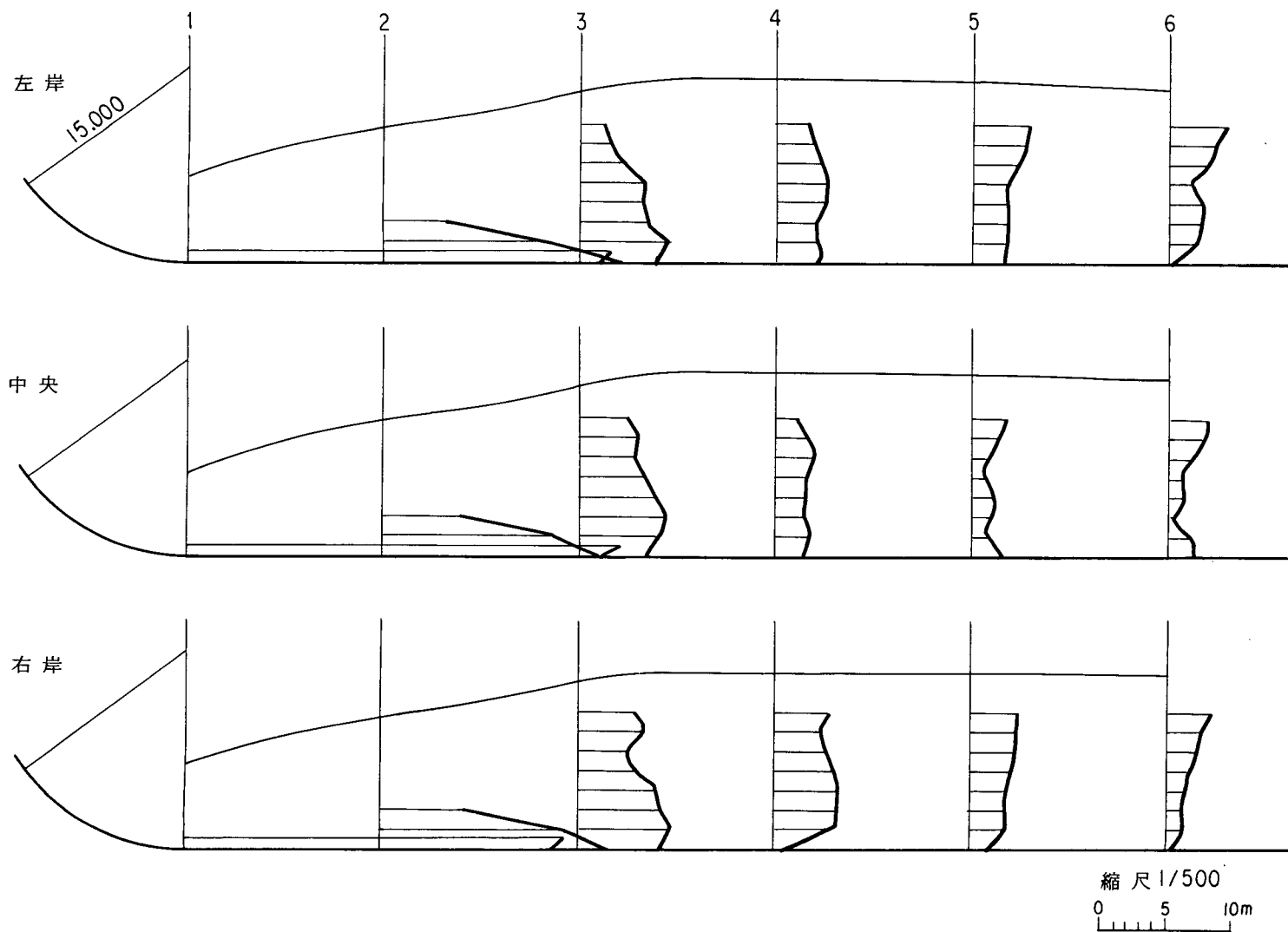
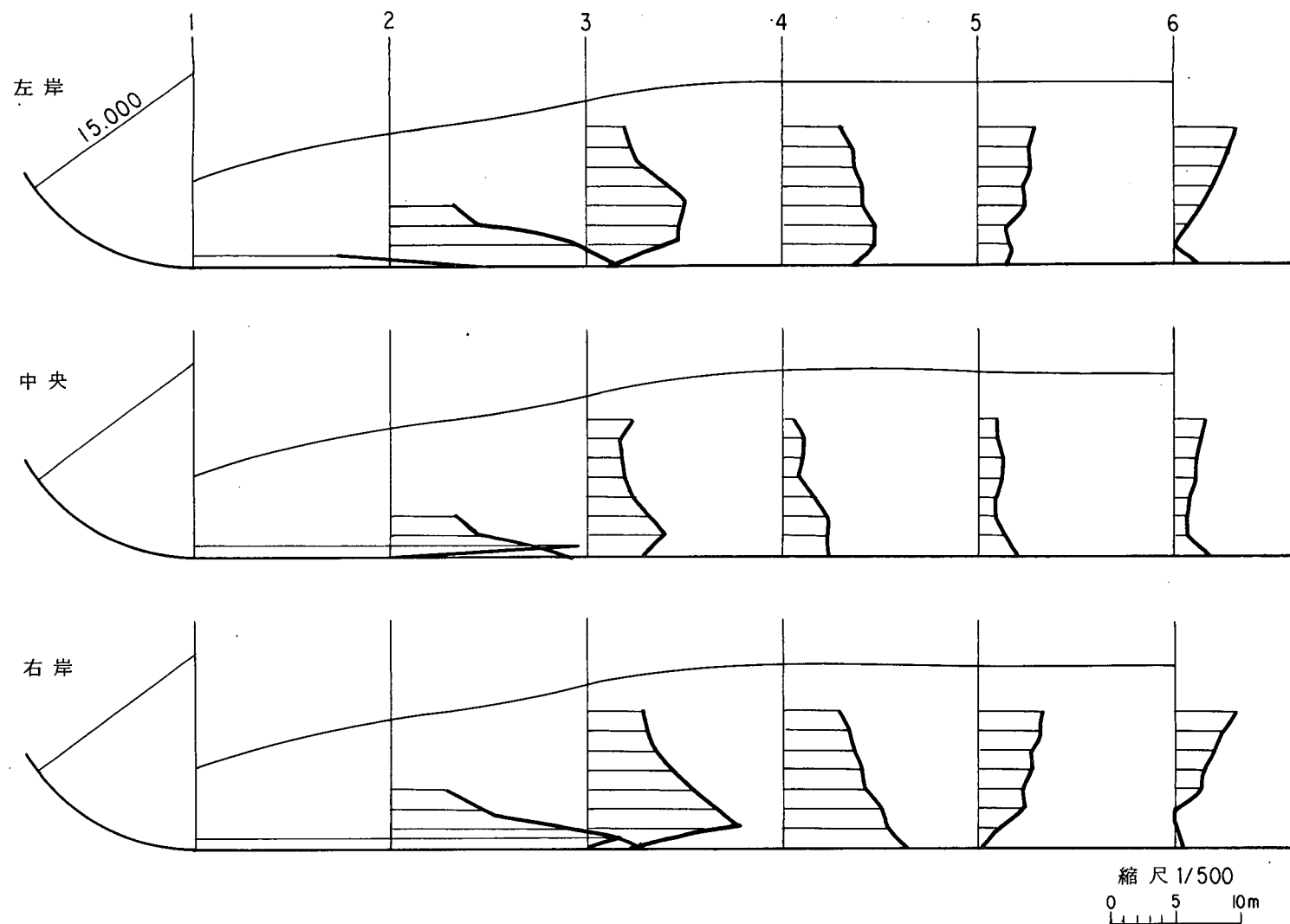


図 - 25 1 型水叩内流速分布及び水面形図
 $Q = 1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$ 下流水位 $E.L. 510 \text{ m}$



図—26 1型水叩内流速分布及び水面形図
 $Q = 1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$ 下流水位 $E.L. 511.000$

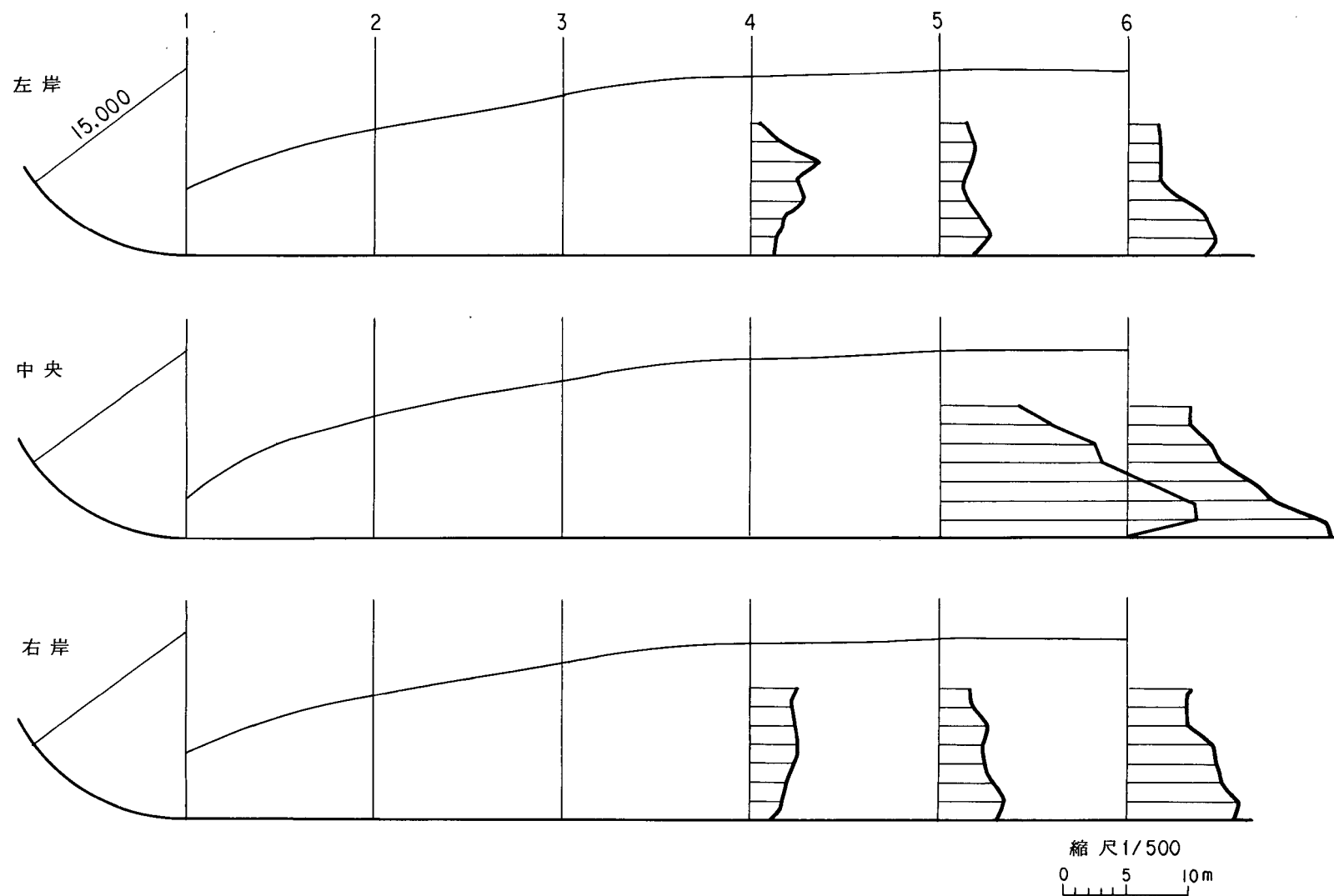


図-27 1型水叩内流速分布及び水面形図
 $Q = 2,350 \text{ m}^3/\text{sec}$ 下流水位 $E.L. 512.000$

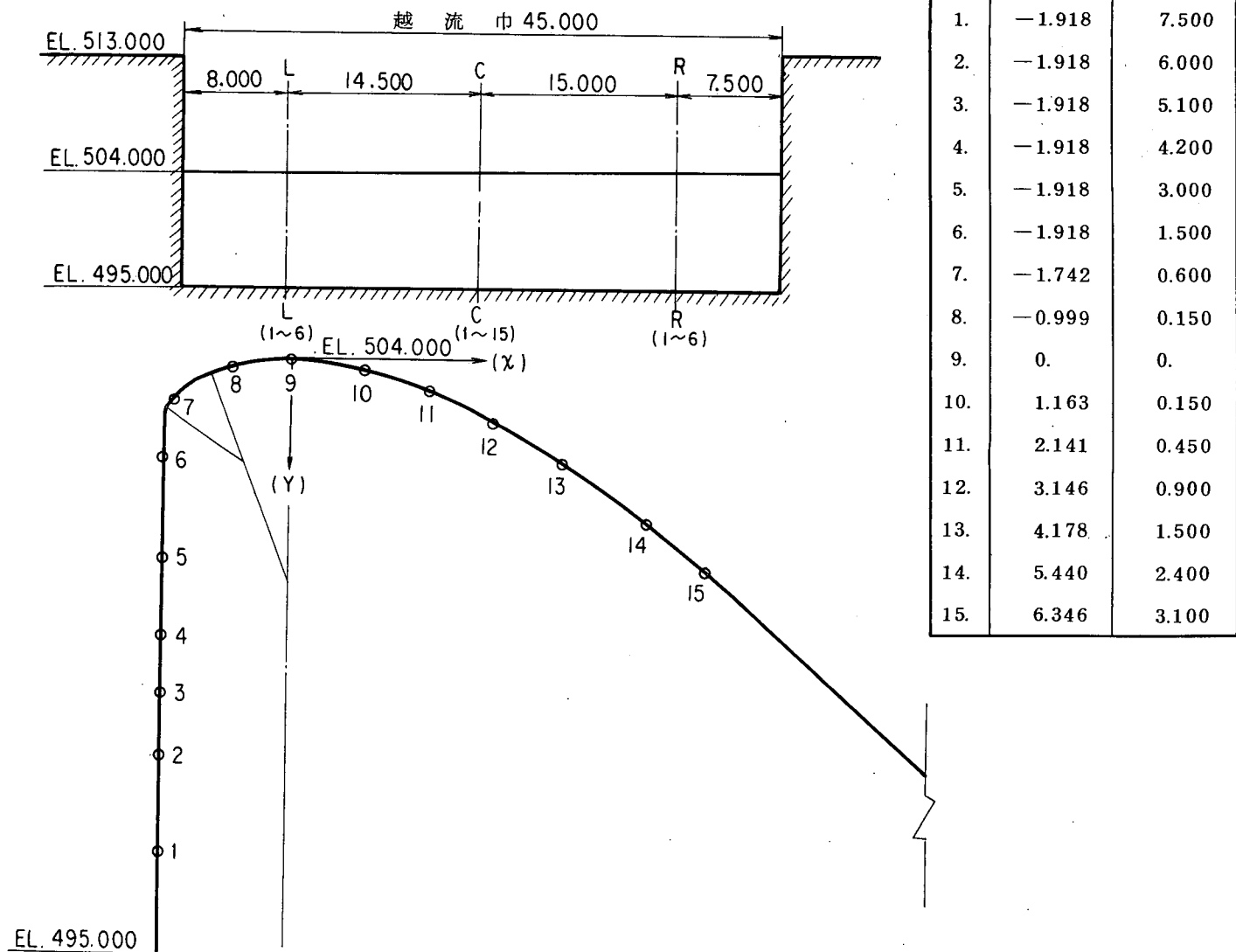


図-28 副ダム圧力測定点位置図
(副ダム堤頂 $EL. 504.000$)

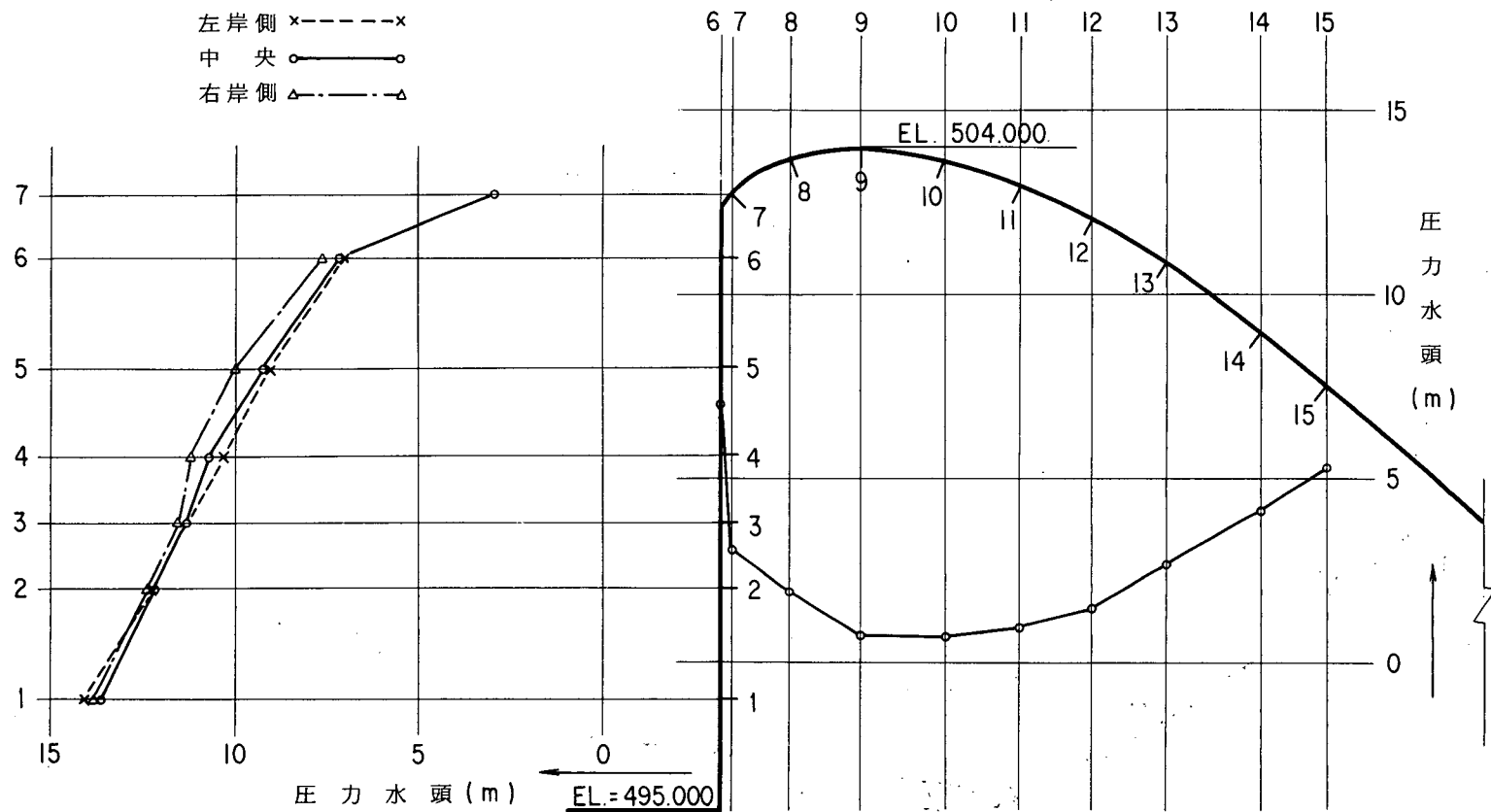


図-29

第1案 副ダム圧力分布図 ($Q=1,550 m^3/sec$)
(副ダム堤頂 $E.L. 504.000$)

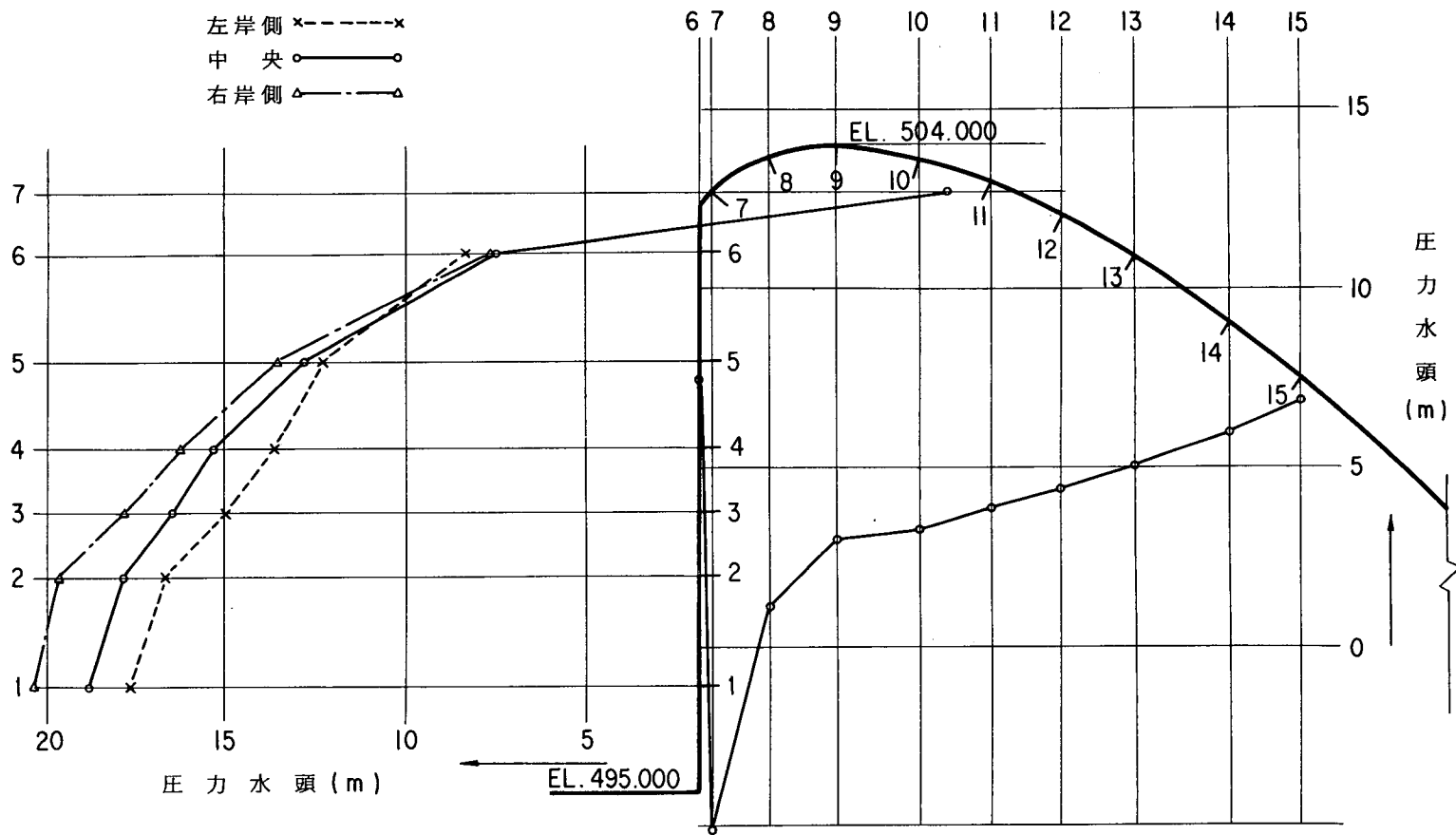


図-30 第1案 副ダム圧力分布図 ($Q=2,350 \text{ m}^3/\text{sec}$)
(副ダム堤頂 E.L. 504.000)

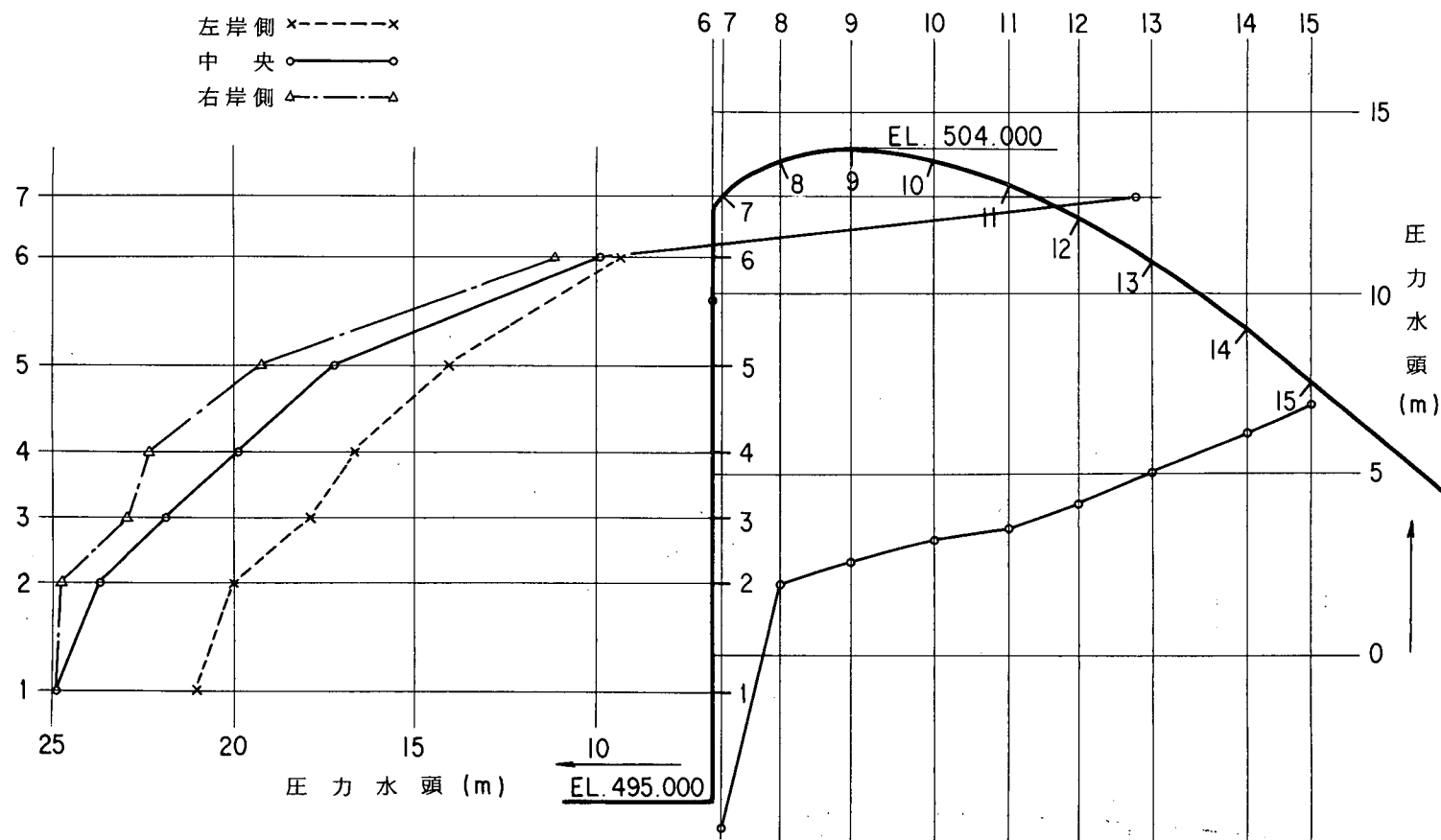


図-31 第1案 副ダム圧力分布図 ($Q=2,820 \text{ m}^3/\text{sec}$)
(副ダム堤頂 $E.L. 504.000$)

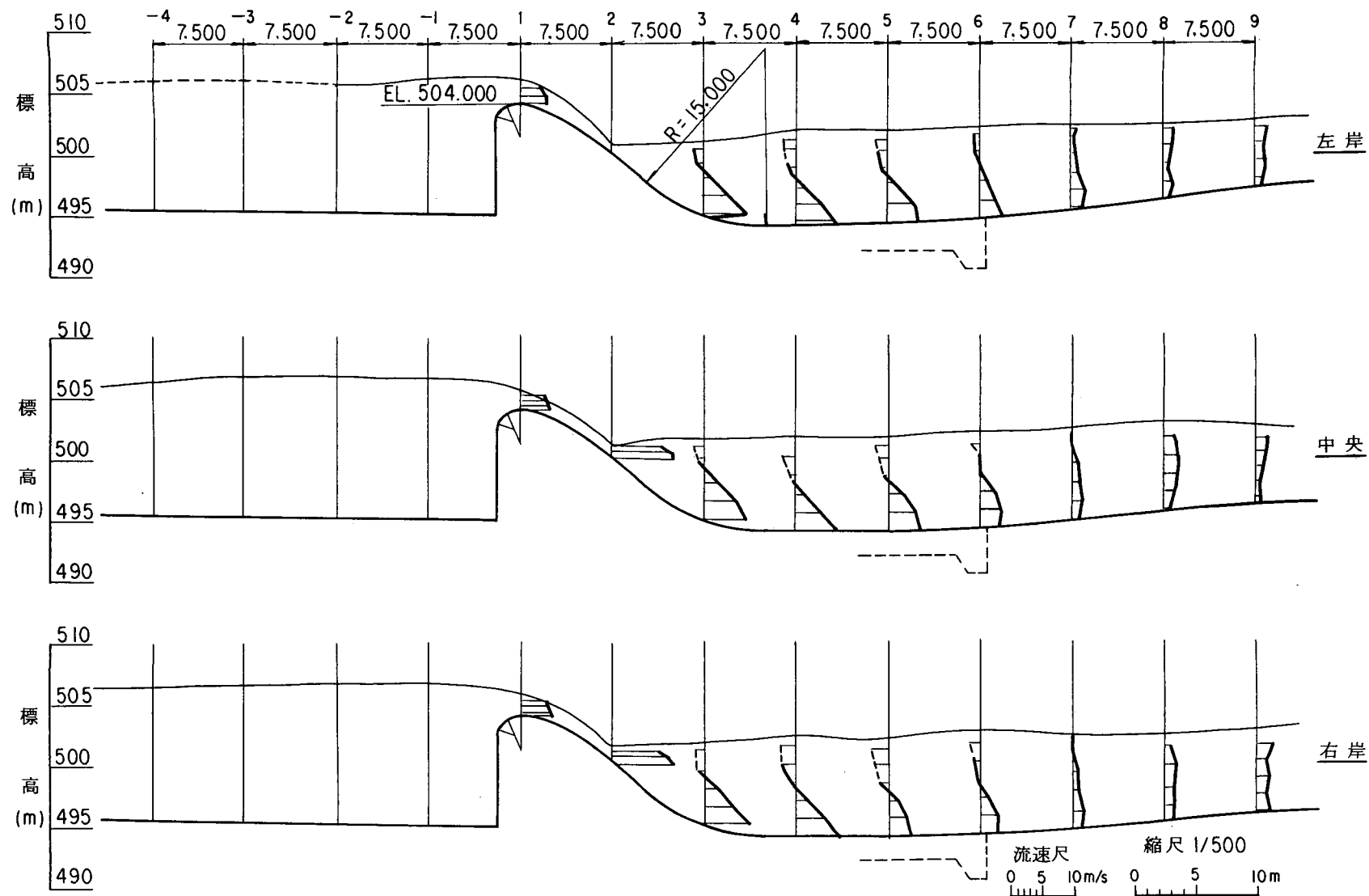


図-32 第1案 副ダム下流部流速分布および
上流部水面形図 ($Q=300 \text{ m}^3/\text{sec}$)

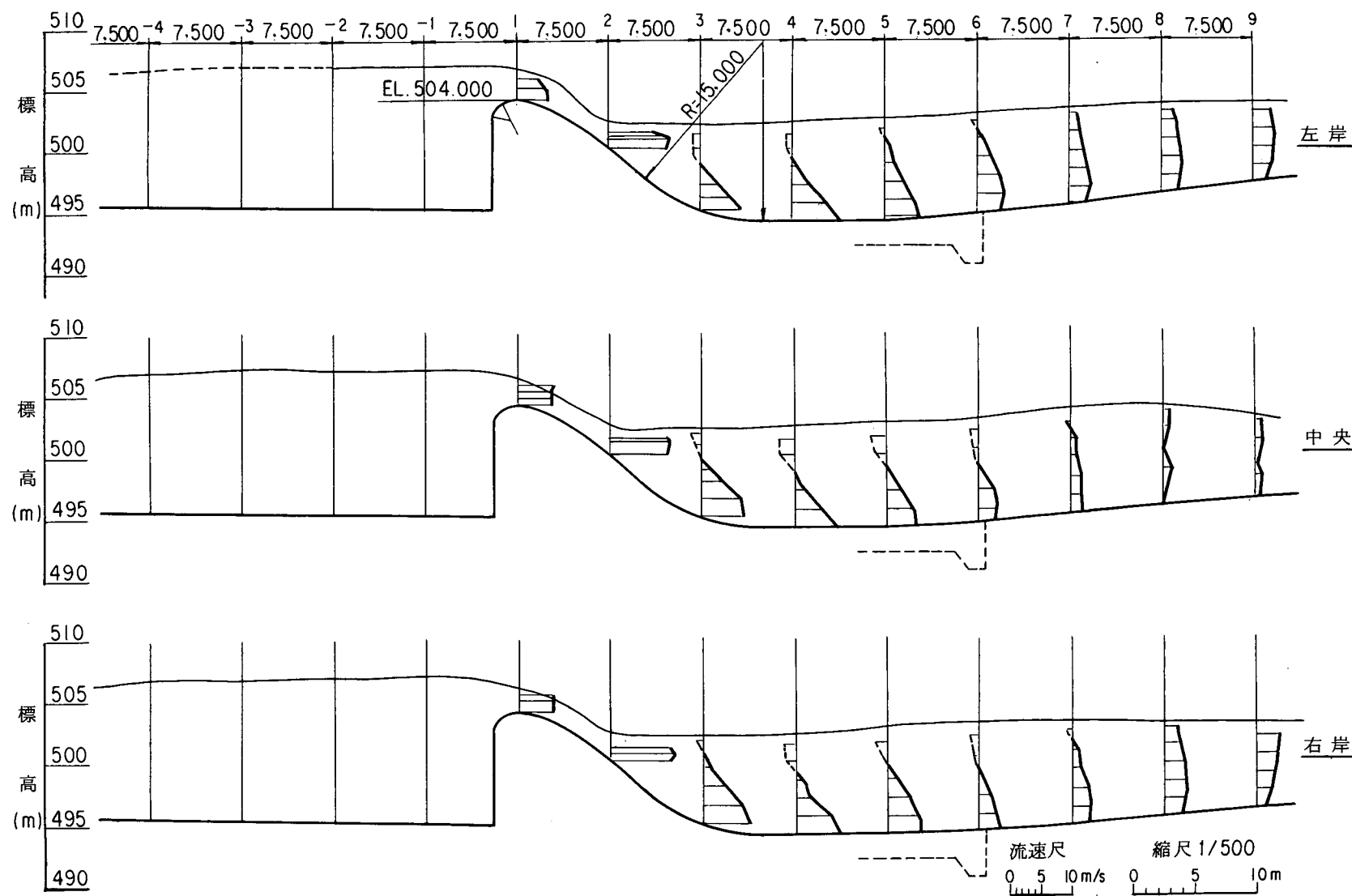


図-33 第1案 副ダム下流部流速分布および
上流部水面形図 ($Q=500 \text{ m}^3/\text{sec}$)

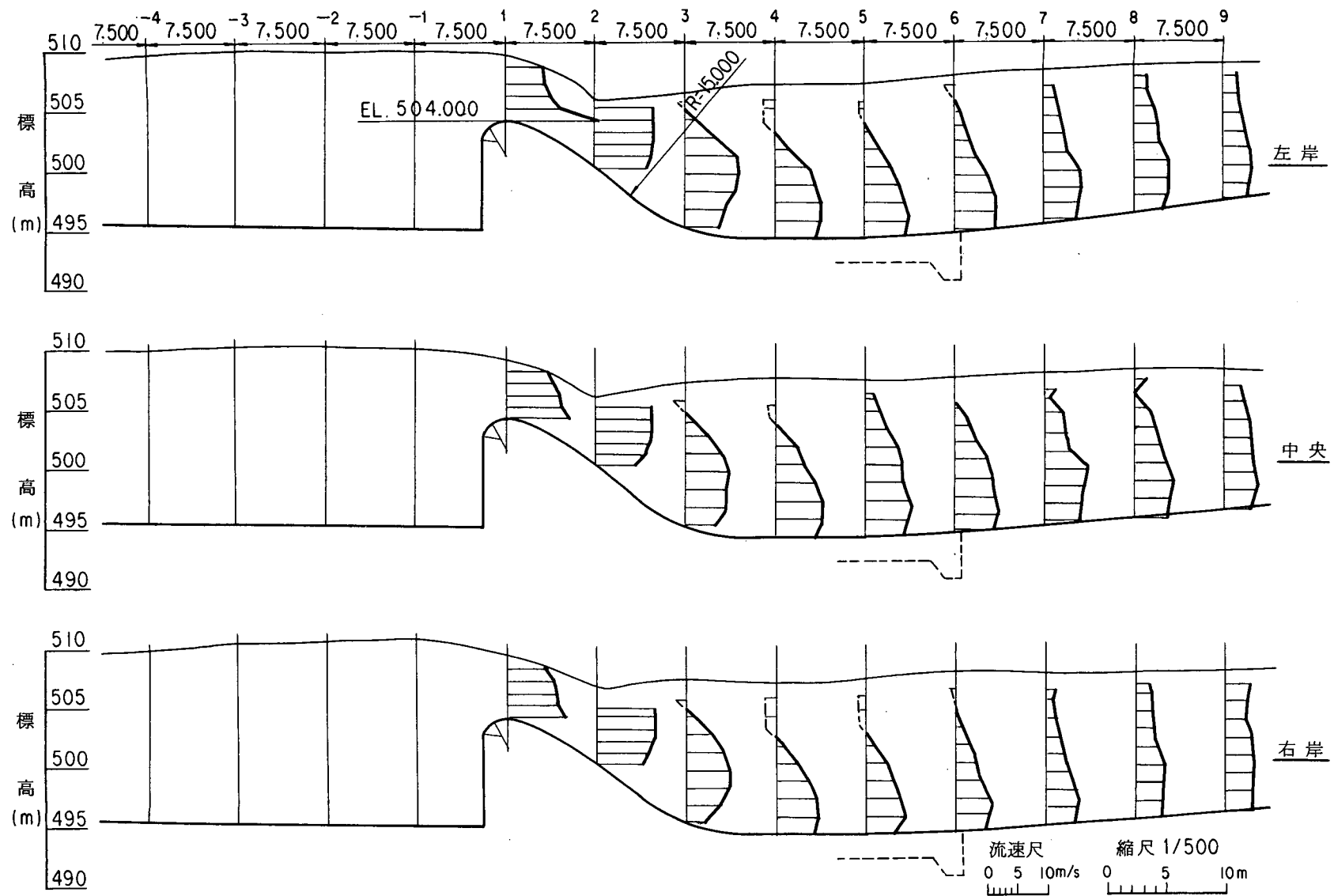


図-34 第1案 副ダム下流部流速分布および
上流部水面形図 ($Q=1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$)

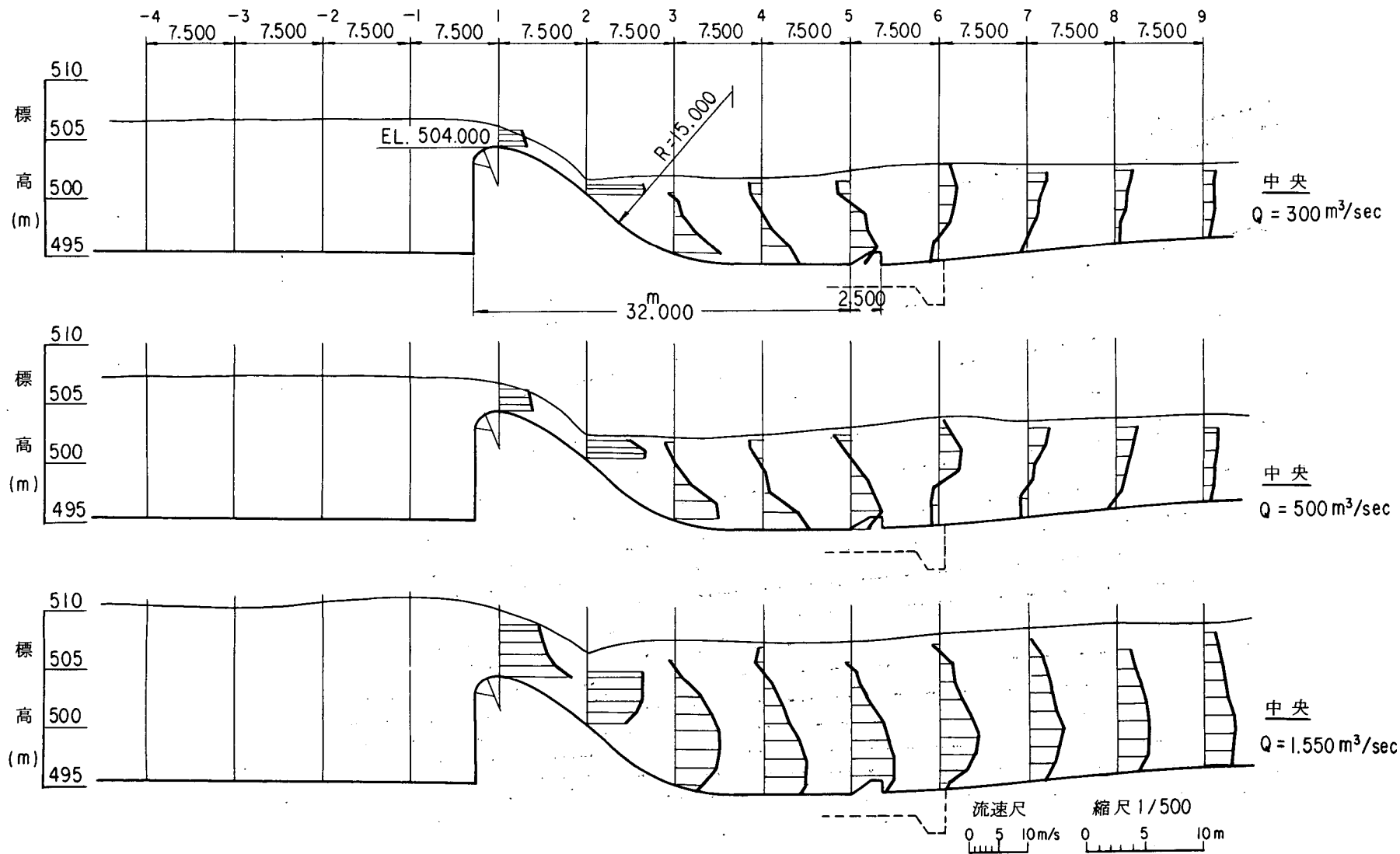


図-35 第2案 副ダム下流部流速分布および上流部
水面形図(副ダム下流デフレクター有)

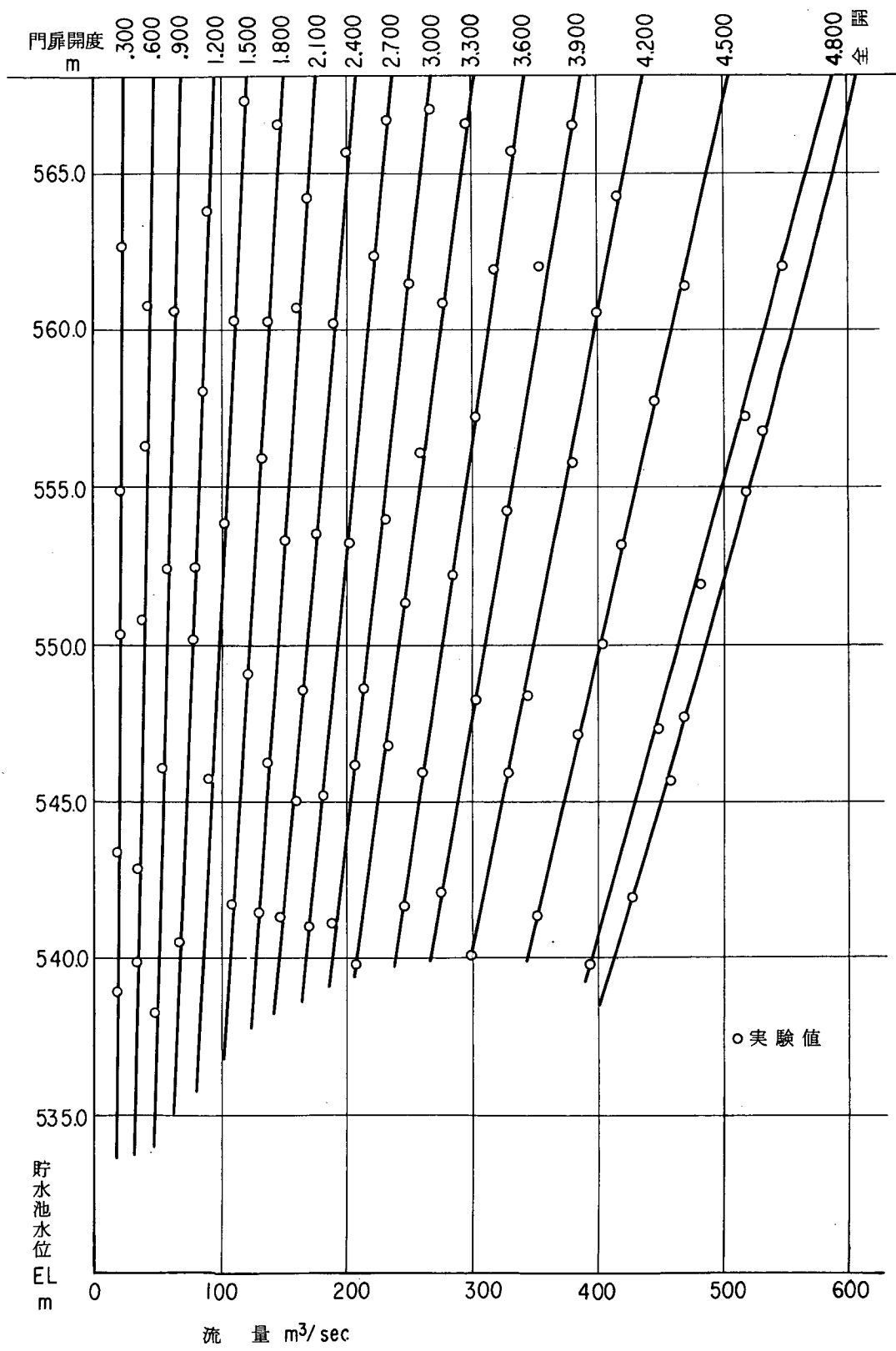


図-36 1型放水管水位—流量曲線

表-9a 1 型放水管水位——流量關係實驗值

番号	門扉開度 0.3 m			門扉開度 0.6 m		門扉開度 0.9 m		門扉開度 1.2 m		門扉開度 1.5 m	
	貯水位	流量	流量係數	貯水位	流量	貯水位	流量	貯水位	流量	貯水位	流量
1	538.94	18.24		539.84	34.26	538.25	49.29	541.76	70.34	540.71	74.68
2	543.44	18.96		542.81	34.90	545.96	55.21	550.22	78.87	545.72	92.18
3	550.28	20.56		550.70	38.45	552.44	59.89	552.44	81.83	553.85	102.53
4	554.81	21.05		556.37	41.90	560.63	65.22	558.02	86.76	560.30	108.69
5	562.61	23.66		560.66	44.36			563.81	90.70	567.26	117.81
6											

番号	門扉開度 1.8 m		門扉開度 2.1 m		門扉開度 2.4 m		門扉開度 2.7 m		門扉開度 3.0 m	
	貯水位	流量	貯水位	流量	貯水位	流量	貯水位	流量	貯水位	流量
1	541.67	110.42	541.49	129.15	541.37	145.91	541.04	169.67	541.13	189.29
2	548.99	123.23	546.20	137.03	545.03	158.23	545.18	181.15	546.20	205.80
3	555.89	132.60	553.34	151.08	548.45	164.64	553.31	201.11	548.57	214.18
4	561.20	139.99	560.69	158.23	554.57	176.96	562.76	221.82	553.97	230.69
5	566.48	147.88	564.14	171.05	560.03	188.30	566.63	234.64	561.47	249.42
6					565.61	197.67			566.96	256.18

表-9b 1 型放水管水位——流量關係實驗值

番号	門扉開度 3.3 m		門扉開度 3.6 m		門扉開度 3.9 m		門扉開度 4.2 m		門扉開度 4.5 m	
	貯水位	流量	貯水位	流量	貯水位	流量	貯水位	流量	貯水位	流量
1	539.78	207.28	541.70	246.47	542.09	274.32	540.05	301.67	541.46	352.45
2	546.83	233.65	546.05	262.73	548.30	303.74	545.90	328.78	547.19	384.98
3	551.30	247.30	552.17	284.91	554.36	327.31	548.21	344.16	550.10	402.58
4	557.24	256.57	557.18	303.65	561.89	351.56	555.83	378.57	553.22	417.02
5	560.90	277.27	561.98	316.71	566.53	379.16	560.81	399.27	557.78	444.38
6	566.45	291.81	565.73	328.78			564.23	414.95	564.41	474.20
7									567.68	487.02

番号	門扉開度 3.8 m		門扉開度 全開		
	貯水位	流量	貯水位	流量	流量係数
1	539.12	394.34	542.00	428.85	0.94980
2	547.37	451.03	545.66	456.95	0.96259
3	552.08	481.59	547.73	467.79	0.95530
4	557.39	516.59	554.90	517.58	0.96259
5	562.94	549.62	557.82	527.44	0.95917
6					

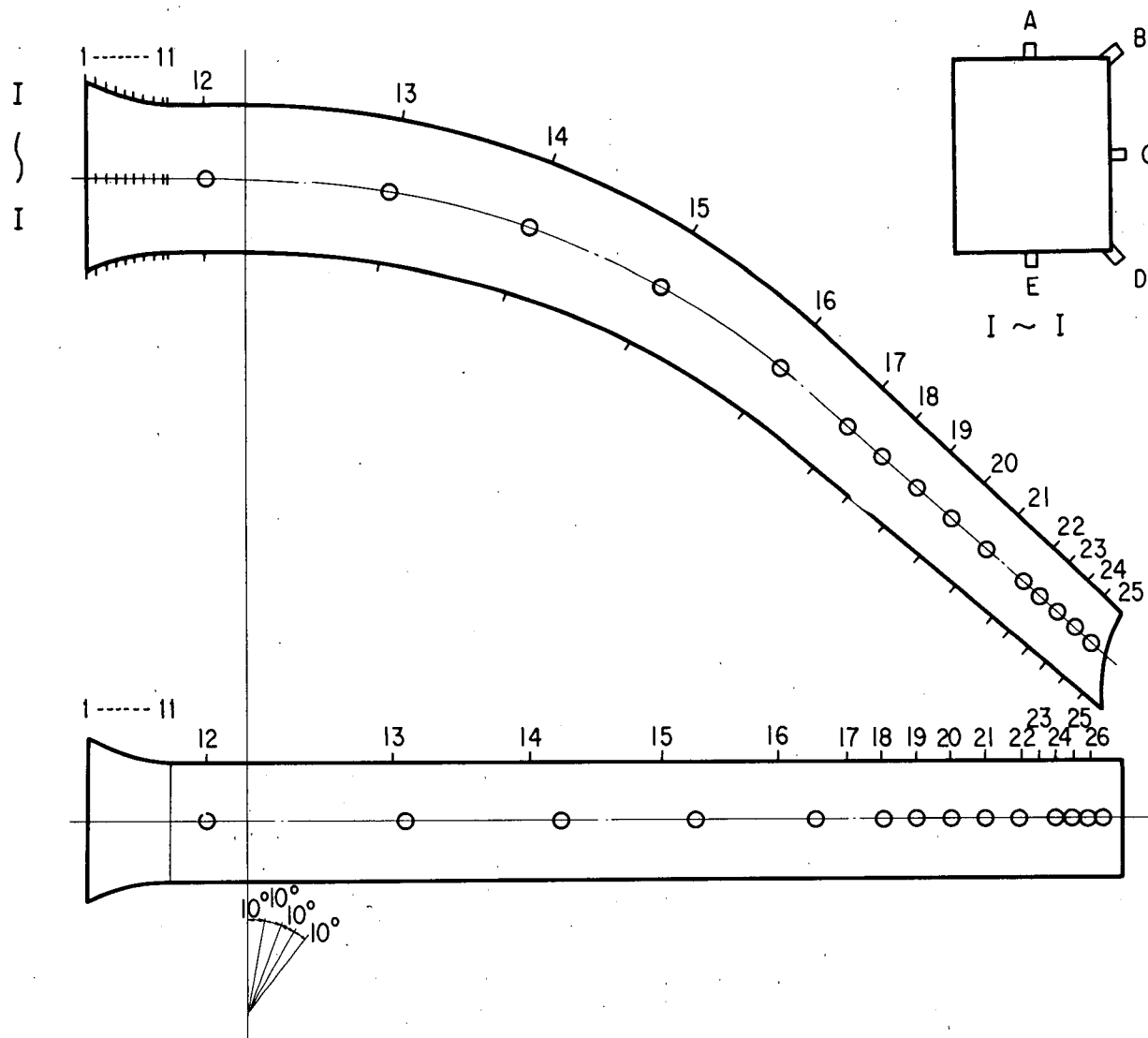


図-37 2型放水管ピエゾメーター配置図

表-10 放水管圧力実験値表

測点	A			B			C			D			E		
	EL.543.5	EL.564.0	EL.565.7	EL.543.5	EL.564.0	EL.565.7	EL.543.5	EL.564.0	EL.565.7	EL.543.5	EL.564.0	EL.565.7	EL.543.5	EL.564.0	EL.565.7
1	2.43	18.00	18.72	5.49	19.08	15.57	7.05	22.86	23.25	14.37	28.32	29.37	10.44	23.82	23.73
2	1.56	17.82	18.32	5.16	19.71	21.12	5.46	21.48	21.60	13.14	27.42	28.08			
3	1.02	18.06	18.27	4.02	19.80	21.78	3.75	20.19	20.91	10.41	26.85	27.06	7.47	23.58	24.18
4	0.48	17.79	18.87	2.37	19.44	21.30	3.69	19.74	20.01	7.77	23.85	24.00	6.90	22.77	23.34
5	0.60	17.88	18.30	0.75	16.56	19.41	3.54	19.38	20.13	6.39	22.29	22.89	6.72	22.26	22.83
6	0.48	17.49	18.36	0.48	16.98	17.67	3.42	19.59	19.92	6.03	21.90	22.23	6.03	21.36	22.02
7	0.60	16.17	16.72	-0.33	15.66	16.27	2.79	19.50	19.95	5.31	20.79	21.09	5.55	20.67	21.30
8	-0.90	15.09	15.72	-1.38	14.25	14.82	2.31	18.75	19.32	4.38	19.23	19.50	5.19	19.98	20.64
9	-0.96	14.88	15.48	-0.20	12.72	13.17	2.13	17.85	18.21	3.60	17.88	18.27	4.53	19.08	19.59
10	-1.83	13.35	13.56	-0.27	11.40	11.88	1.59	15.90	17.28	2.82	16.50	16.95	4.02	18.27	18.87
11	-2.25	12.60	13.35	-3.02	10.32	10.83	1.32	15.24	16.71	1.89	14.85	15.33	3.63	17.58	18.12
12	-2.37	12.51	13.17	-3.51	9.72	10.38	0.78	14.88	15.87	1.14	13.65	14.22	3.30	17.04	17.67
13	-2.46	12.24	13.02	-3.87	9.21	9.84	0.66	15.66	15.69	1.23	13.38	13.95	3.09	16.65	16.65
14	-2.64	11.88	12.69	-3.75	9.45	9.90	0.75	15.18	15.81	1.68	14.04	14.85	3.06	16.62	17.25
15	-2.67	11.46	12.49	-3.39	10.20	10.83	0.69	15.06	15.66	1.74	14.79	15.45	3.02	17.01	17.67
16	-2.37	12.12	12.90	-2.16	12.30	12.96	0.72	15.18	15.99	0.32	17.22	17.82	3.72	18.00	18.90
17	-1.74	13.26	14.01	-2.10	12.42	12.99	0.51	14.82	15.45	0.30	13.89	17.52	3.51	17.43	18.03
18	-1.01	13.24	14.29	-3.21	14.28	10.23	0.72	14.94	15.63	1.92	15.36	16.02	15.75	15.75	16.35
19	-1.32	13.77	13.62	-0.36	14.97	14.82	0.87	14.58	15.33	1.23	13.65	14.88	15.00	15.00	15.48
20	-1.44	13.41	11.31	0.24	8.52	15.48	0.96	14.19	14.79	0.78	13.32	13.92	14.01	14.01	14.61
21	-0.69	14.04	14.70	0.75	8.67	16.02	1.17	12.57	13.14	0.45	12.18	12.72	13.50	13.50	14.07
22	-0.09	14.07	14.88	1.50	14.22	16.59	0.78	12.00	12.45	0.84	12.45	12.96	12.57	12.57	13.14
23	-0.03	15.03	13.92	1.77	14.34	16.05	0.96	10.98	11.58	0.72	11.46	12.00	11.88	11.88	12.39
24	-0.27	12.93	13.50	2.76	13.38	16.59	1.23	8.61	0.87	0.69	10.62	10.89	10.92	10.92	11.43
25	-0.60	11.97	12.45	3.24	12.24	16.05	0.33	7.56	0.79	0.12	8.49	8.94	8.58	8.58	8.97
26	-0.93			2.94	8.67	14.40	0.90			0.72	7.41	7.77	7.29	7.29	7.65
27	-1.53	6.96	5.28	-0.30	7.71	8.13	0.48	7.98	7.71	1.26	8.41	8.67	8.40	8.40	7.53
28	-1.41	5.43	5.01	-1.17	6.09	6.48	0.12	6.78	6.72	1.23	8.07	8.37	8.58	8.58	7.80
29	-1.50	4.95	5.28	-1.02	5.25	5.58	0.06	6.30	6.57	1.47	7.95	8.25	8.52	8.52	8.01
30	-1.92	3.48	3.72	-1.02	3.78	4.05	0.06	5.07	5.31	1.77	7.02	7.23	6.69	6.69	7.59
31	-2.85	1.08	1.35	-1.98	1.62	1.74	-0.66	2.70	2.72	1.44	4.89	5.10	5.97	5.97	6.13
32	-2.19	-1.05	-1.71	-1.83	0.18	1.77	-0.78	0.63	0.72	0.78	2.28	2.37	3.00	3.00	3.25
33	-2.25	-1.89	-2.19	-2.85	-3.36	-3.30	-0.96	-1.46	-1.17	0.39	0.60	0.57	1.41	1.41	0.93
34		-3.24	-3.54	-2.16	-2.76	-3.54	-1.74	-2.67	-3.03	-0.81	0.09	-0.92	-0.60	-0.60	-1.05

測点位置については図-21 参照のこと。

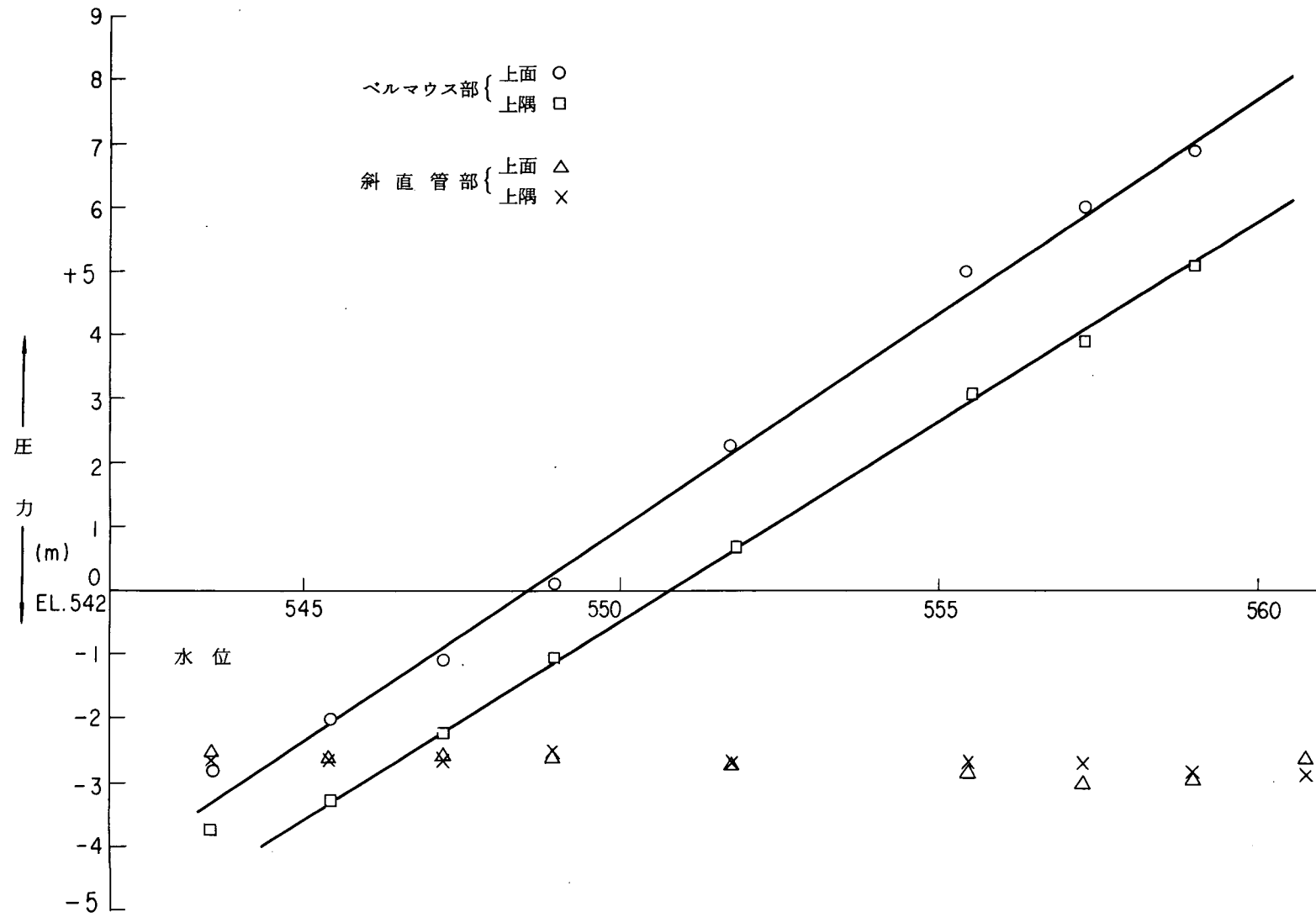


図-38 放水管水位 - 最底圧力の関係

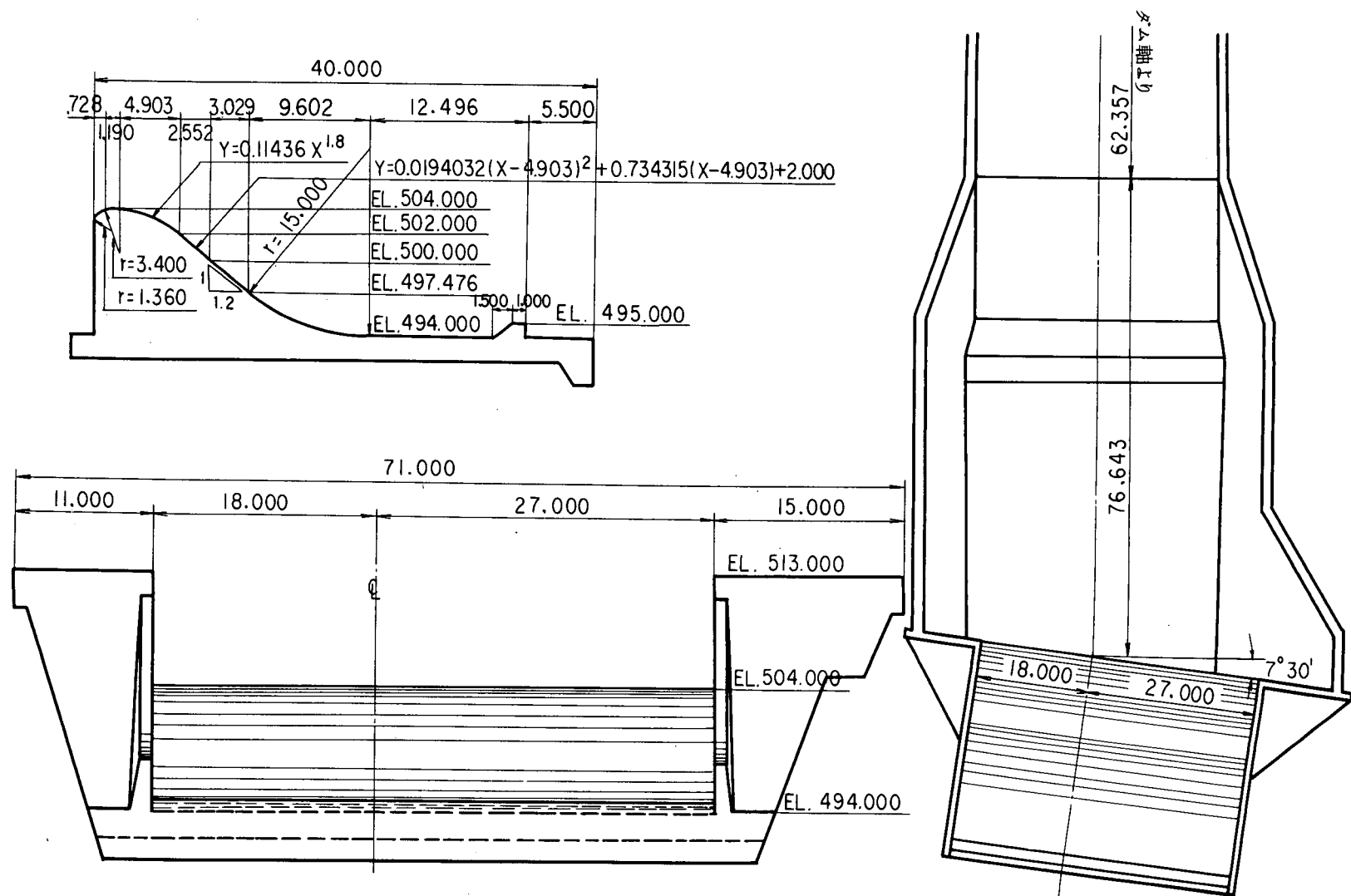


図-39a 副ダム形状および位置図

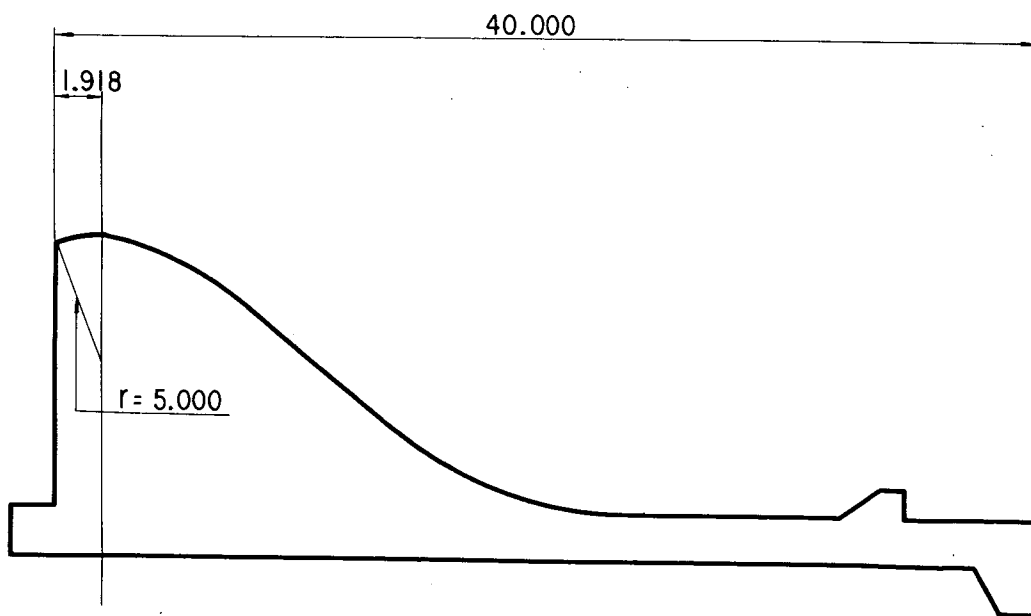
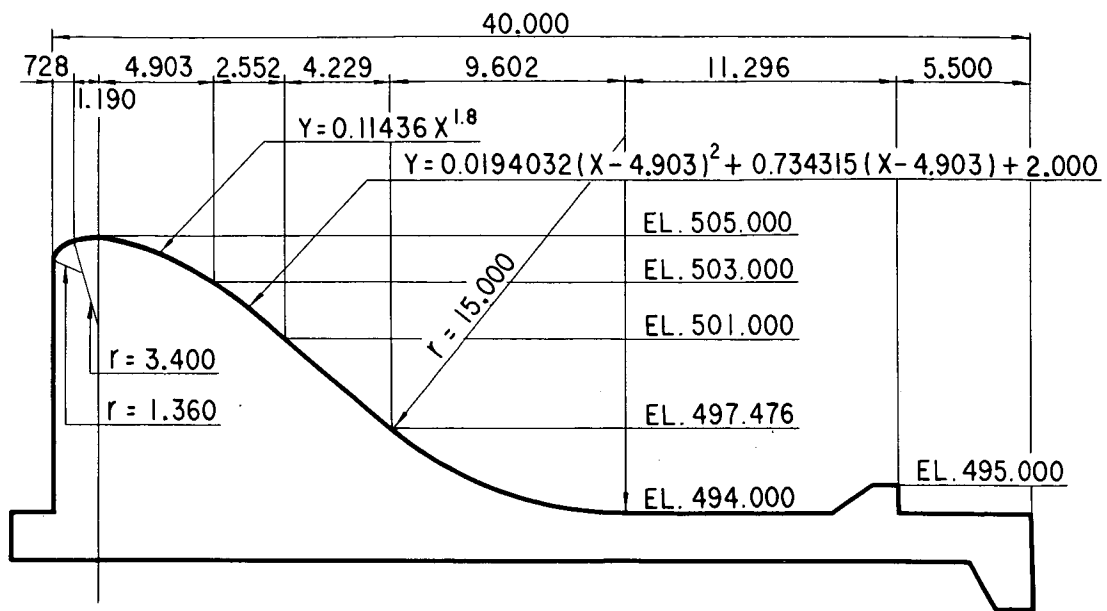
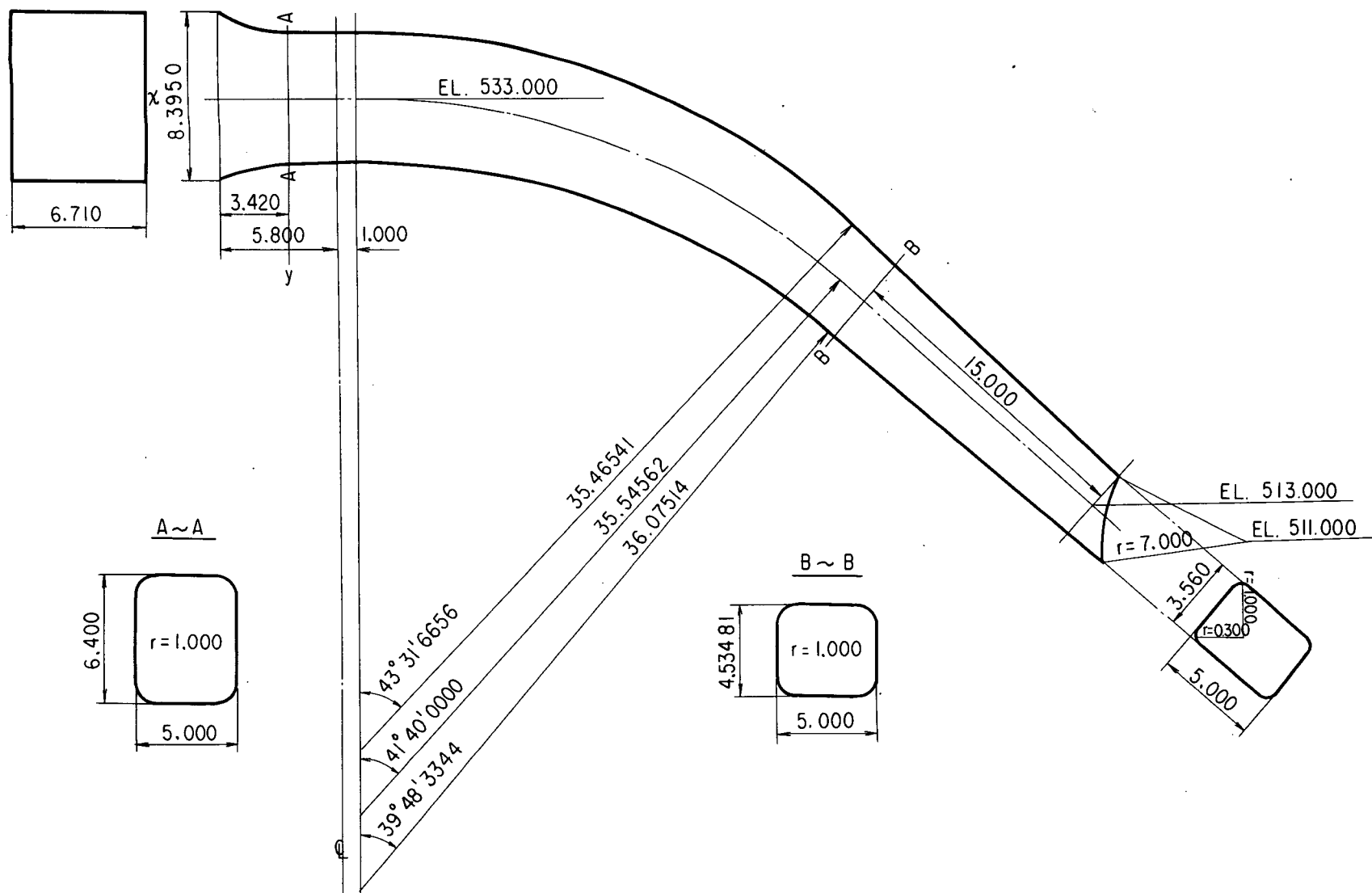


図-39b 副ダム（3型，4型）形状図



图—40 2 型放水管标准断面图

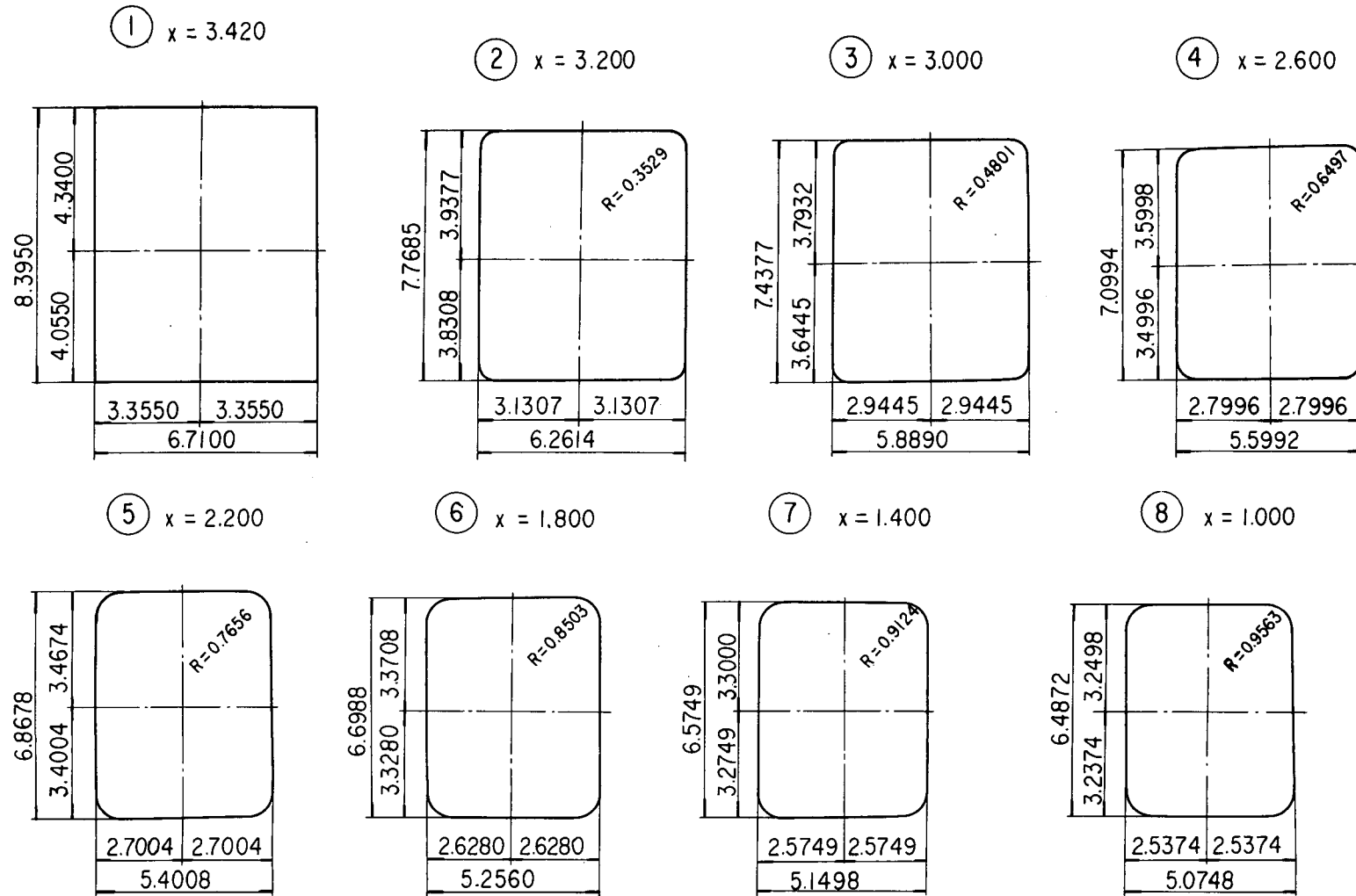
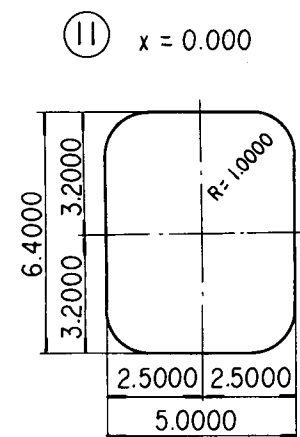
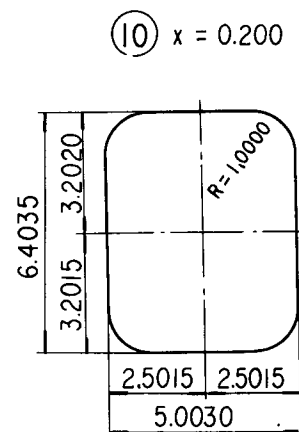
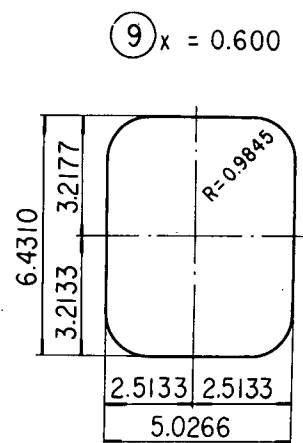


図-41a 放水管(2型)ベルマウス部横断面図



図—41b 放水管（2型）ベルマウス部横断面図

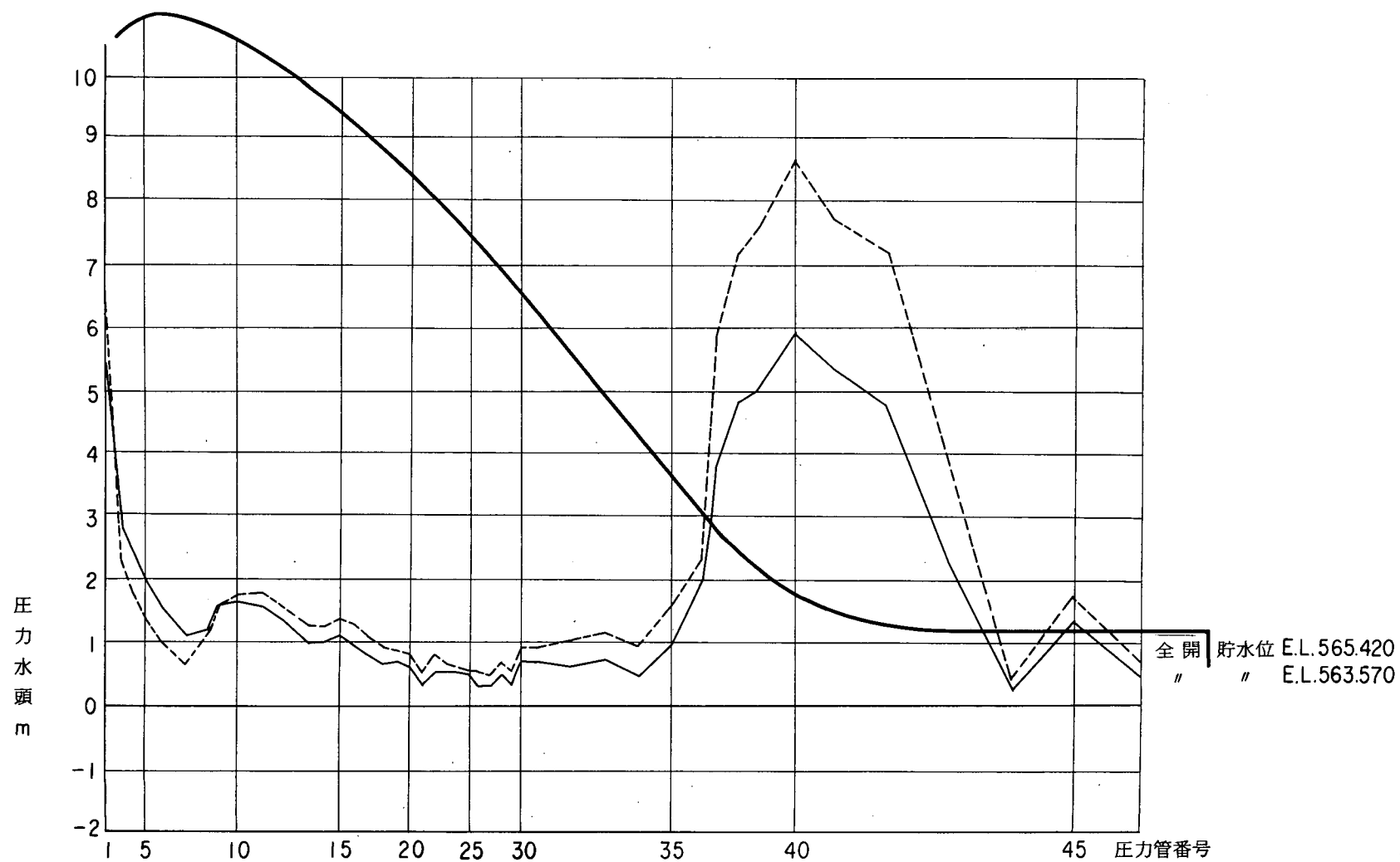


图-42a 越流部压力分布图

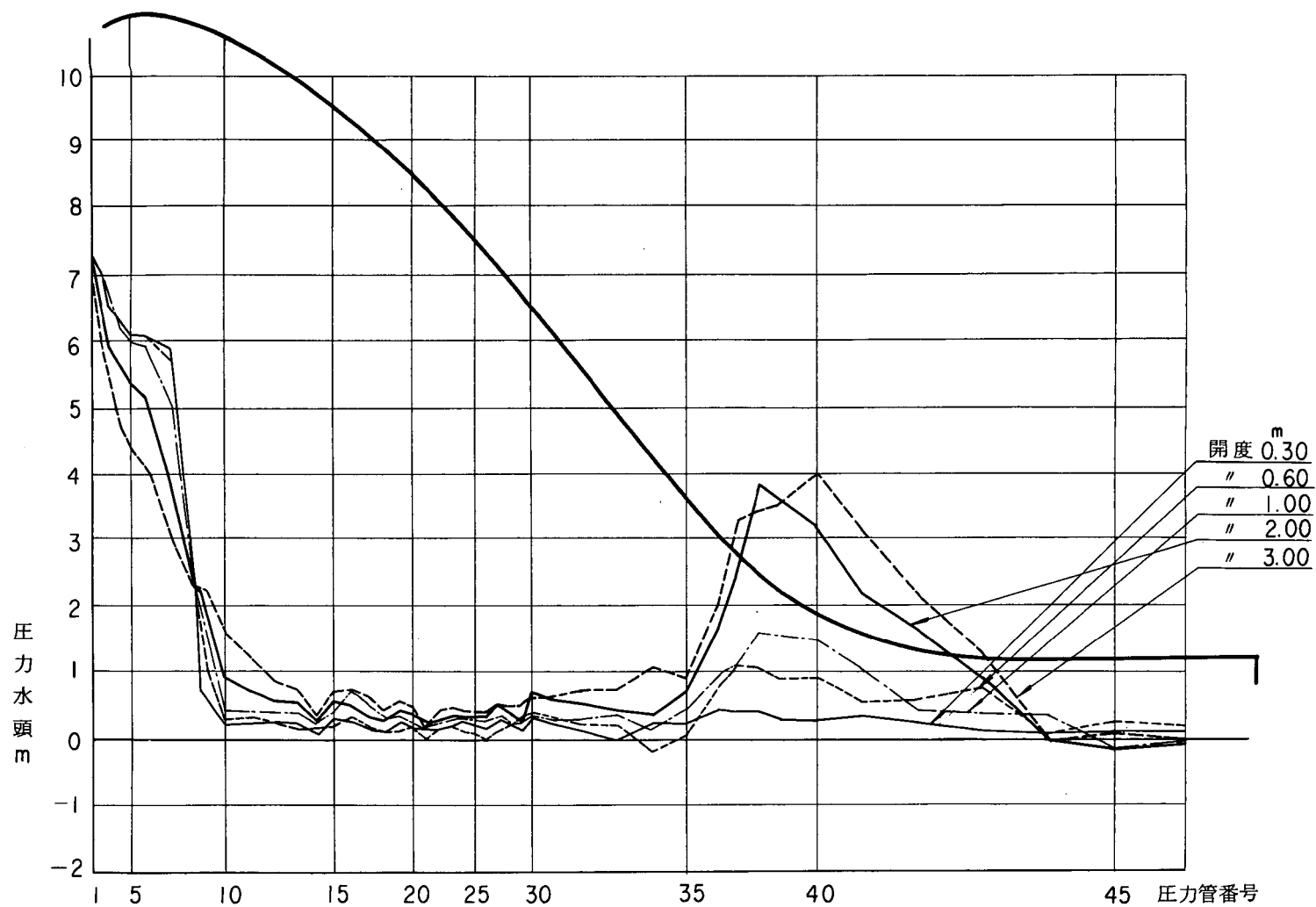


图-42b 越流部压力分布图 (貯水位 $EL.564.000$)

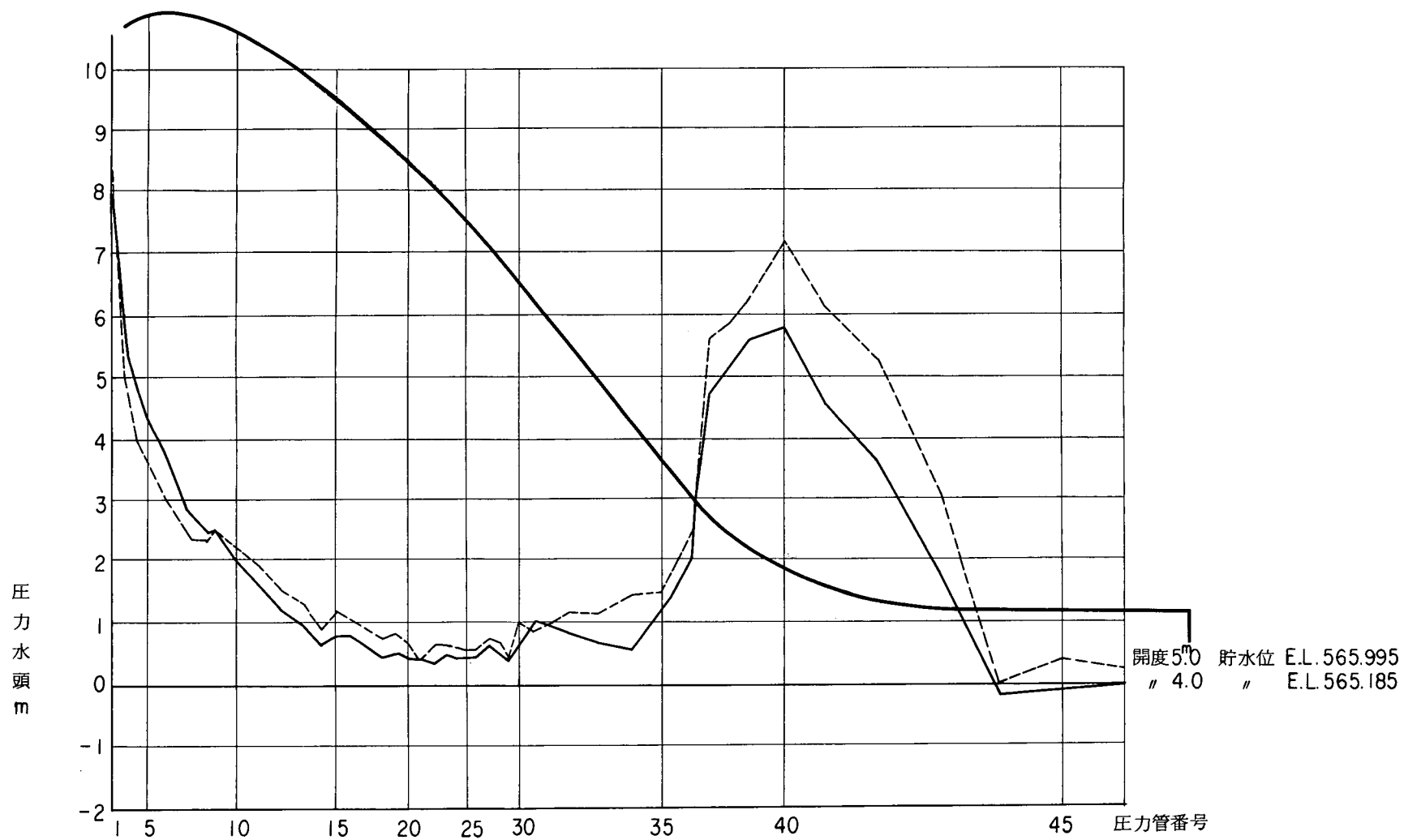


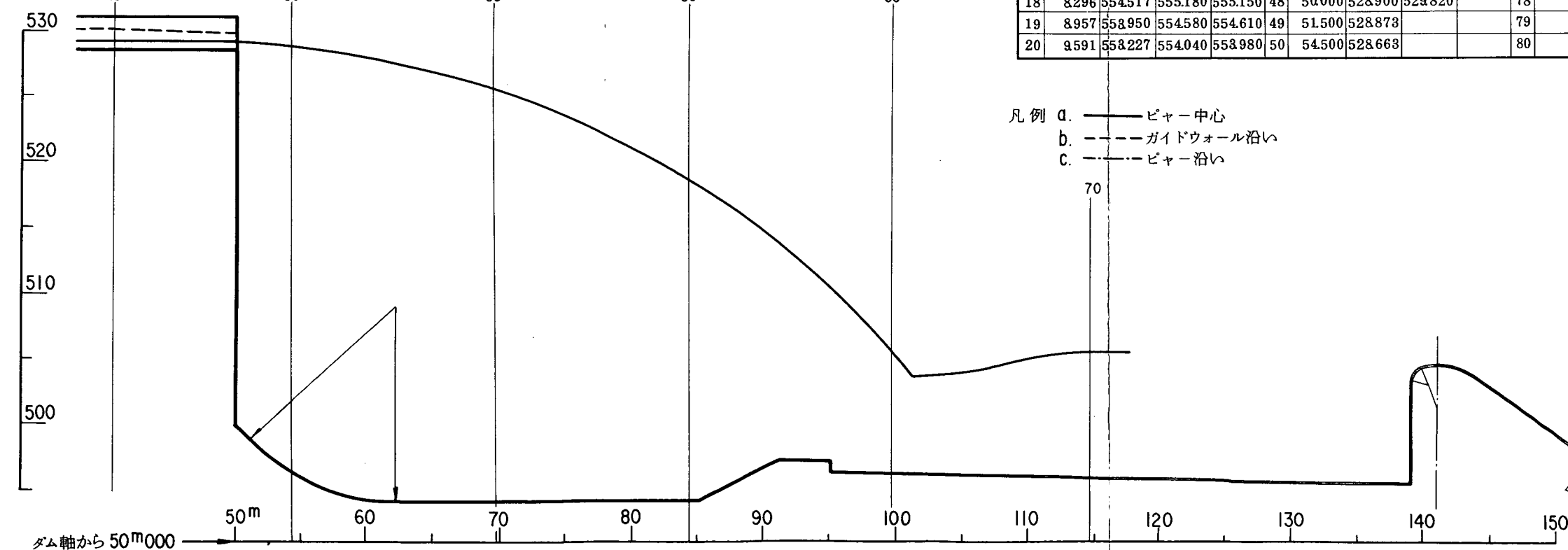
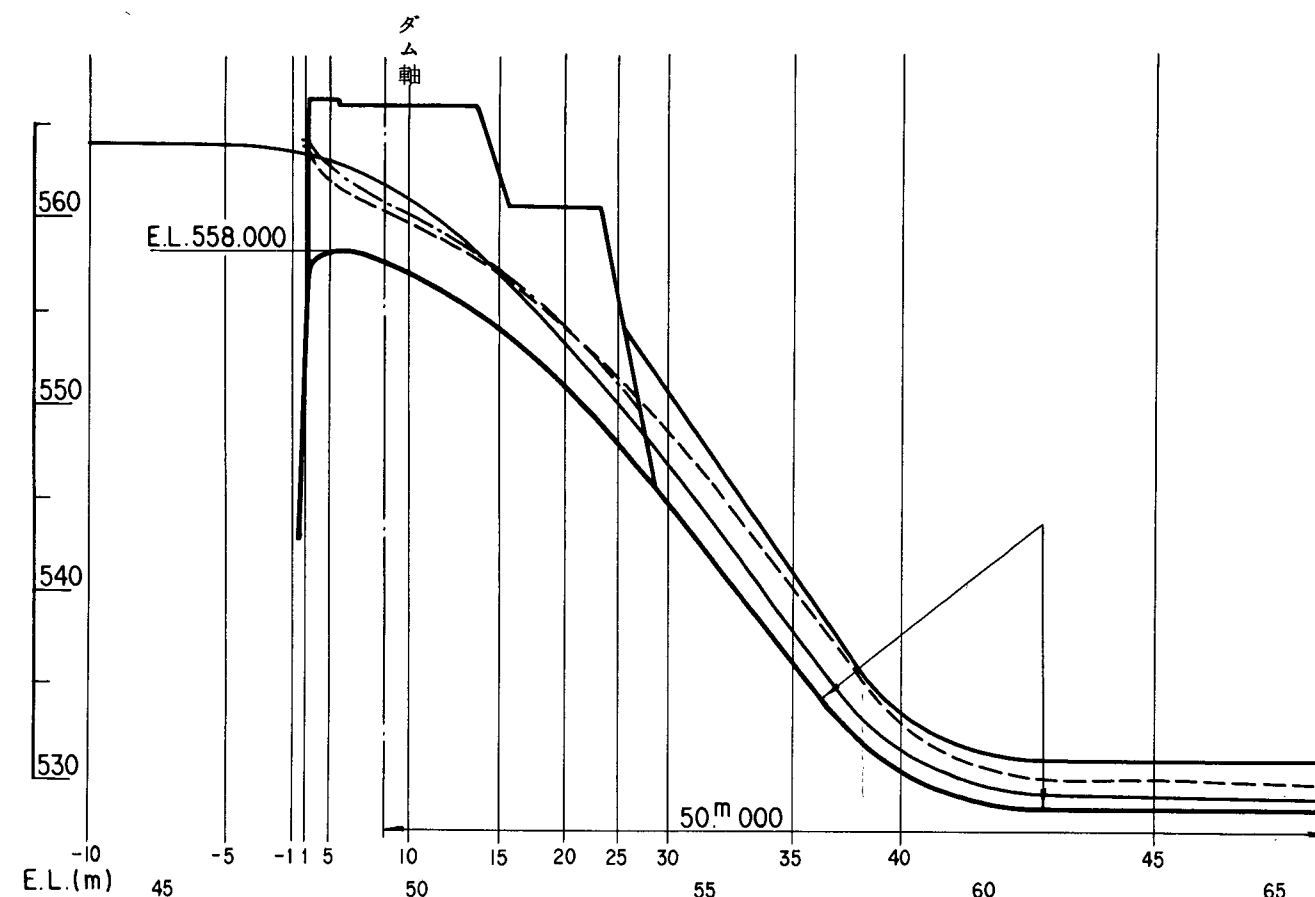
図-42c 越流部圧力分布図

表-11 1 型越流部压力分布実験値

測点番号	自由越流時		門扉等高操作時					門扉等高操作時	
	貯水位		貯水位 564.000 m					貯水位 E.L.565.185	貯水位 E.L.565.995
	E.L. 563.570	E.L. 565.420	0.3 m	0.6 m	1.0 m	2.0 m	3.0 m	4.0 m	5.0 m
1	6.00	6.66	7.35	7.23	7.38	7.32	7.08	7.95	8.31
2	3.87	3.30	6.96	6.99	6.93	6.51	5.82	6.09	5.31
3	2.94	2.31	6.51	6.51	6.75	5.97	5.40	5.37	4.80
4	2.46	1.74	6.30	6.33	6.21	5.67	4.77	4.80	3.90
5	2.04	1.41	6.12	6.15	6.00	5.40	4.44	4.35	3.54
6	1.68	1.08	6.12	6.12	5.94	5.16	4.11	3.96	3.15
7	1.11	0.60	5.94	5.73	5.13	3.78	2.94	2.82	2.34
8	1.23	1.11	3.15	2.79	2.49	2.37	2.34	2.49	2.34
9	1.59	1.47	0.75	1.47	1.83	2.22	2.37	2.58	2.55
10	1.68	1.77	0.21	0.30	0.42	0.99	1.57	1.98	2.25
11	1.62	1.80	0.21	0.36	0.45	0.72	1.20	1.53	1.95
12	1.41	1.59	0.24	0.24	0.39	0.57	0.87	1.17	1.59
13	1.05	1.26	0.21	0.15	0.39	0.54	0.75	0.99	1.35
14	1.02	1.23	0.06	0.18	0.21	0.30	0.45	0.66	0.99
15	1.14	1.35	0.30	0.21	0.42	0.60	0.75	0.84	1.20
16	0.99	1.26	0.27	0.36	0.75	0.57	0.78	0.81	1.08
17	0.84	1.05	0.15	0.24	0.48	0.39	0.63	0.63	0.90
18	0.69	0.90	0.12	0.12	0.33	0.30	0.45	0.48	0.72
19	0.72	0.87	0.27	0.18	0.36	0.45	0.60	0.54	0.81
20	0.63	0.81	0.18	0.24	0.24	0.39	0.51	0.48	0.69
21	0.39	0.48	0.18	0.09	0.18	0.24	0.18	0.45	0.36
22	0.57	0.81	0.15	0.12	0.24	0.30	0.45	0.39	0.66
23	0.60	0.69	0.21	0.27	0.36	0.42	0.51	0.54	0.69
24	0.57	0.63	0.30	0.12	0.30	0.36	0.45	0.45	0.60
25	0.51	0.57	0.21	0.15	0.30	0.36	0.45	0.45	0.57
26	0.39	0.51	0.18	0.06	0.27	0.33	0.42	0.42	0.57
27	0.36	0.45	0.33	0.15	0.39	0.54	0.57	0.63	0.75
28	0.54	0.69	0.24	0.24	0.27	0.36	0.51	0.48	0.69
29	0.36	0.51	0.15	0.36	0.30	0.30	0.54	0.36	0.42
30	0.78	0.96	0.39	0.42	0.42	0.75	0.69	0.69	1.05
31	0.72	0.93	0.27	0.39	0.30	0.60	0.63	1.02	0.90
32	0.69	1.02	0.15	0.21	0.30	0.54	0.78	0.84	1.20
33	0.78	1.20	0.00	0.21	0.39	0.42	0.78	0.69	1.20
34	0.51	0.99	0.27	-0.15	0.15	0.39	1.08	0.57	1.50
35	0.99	1.56	0.27	0.09	0.48	0.75	0.96	1.23	1.53
36	1.98	2.31	0.48	0.84	0.99	1.65	2.10	2.13	2.67
37	3.72	5.70	0.42	1.08	1.02	2.58	3.36	4.71	5.67
38	4.80	7.20	0.45	1.05	1.59	3.87	3.45	5.16	5.88
39	5.01	7.62	0.36	0.96	1.50	3.57	3.54	5.67	6.30
40	5.94	8.64	0.30	0.96	1.44	3.12	4.08	5.85	7.32
41	5.34	7.74	0.33	0.54	1.08	2.19	3.24	4.59	6.15
42	4.80	7.20	0.24	0.54	0.41	1.62	2.28	3.69	5.25
43	2.37	3.69	0.12	0.75	0.39	0.81	1.32	1.89	3.16
44	0.24	0.45	0.06	0.06	0.30	-0.03	-0.06	-0.15	0.06
45	1.35	1.74	0.09	0.24	-0.15	-0.15	0.09	-0.12	0.42
46	0.51	0.75	0.12	0.15	-0.06	-0.03	-0.03	-0.06	0.30

表-12a 越流水脈測定表

No.	ダム軸からの距離	E.L.			No.	ダム軸からの距離	E.L.			No.	ダム軸からの距離	E.L.		
		a	b	c			a	b	c			a	b	c
-10	-16.000	563.706			21	10.203	552.516	553.410	553.380	51	57.500	528.297		
-9	-14.500	563.700			22	10.794	551.904	552.900	552.780	52	60.500	527.517		
-8	-13.000	563.664			23	11.368	550.856	552.420	552.240	53	63.500	527.202		
-7	-11.500	563.610			24	11.924	550.665	551.850	551.700	54	66.500	526.868		
-6	-10.000	563.562			25	12.465	550.158	551.220	551.160	55	69.500	525.842		
-5	-8.500	563.508			26	12.991	549.369	550.440	550.590	56	72.500	524.280		
-4	-7.000	563.460			27	13.515	548.922	550.050	549.990	57	75.500	523.059		
-3	-6.000	563.430			28	14.000	548.130	549.420	549.480	58	78.500	521.988		
-2	-5.500	563.400			29	14.495	547.605	549.060		59	81.500	520.242		
-1	-5.000	563.310			30	14.974	546.867	548.340		60	84.500	518.601		
1	-4.221	563.205	563.460	563.760	31	15.597	546.132	547.720		61	87.500	516.078		
2	-4.211	563.205	563.520	563.700	32	17.160	543.966	546.080		62	90.500	514.521		
3	-3.837	563.087	562.610	563.360	33	18.720	541.893	543.990		63	93.500	511.827		
4	-3.489	562.980	562.350	563.040	34	20.280	539.142	542.110		64	96.500	509.199		
5	-2.921	562.791	561.480	562.650	35	21.840	537.702	539.750		65	99.500	505.524		
6	-2.352	562.635	561.210	562.080	36	23.186	535.899	538.440		66	102.500	503.901		
7	-1.017	562.212	560.710	561.250	37	23.833	535.131	536.950		67	105.500	504.045		
8	-0.127	561.708	560.230	560.800	38	24.815	533.959	536.010		68	108.500	504.720		
9	0.111	561.609	560.100	560.580	39	26.011	532.785	534.710		69	111.500	505.437		
10	1.400	560.811	559.320	559.950	40	27.530	531.645	533.200		70	114.500	505.686		
11	2.524	560.040	558.810	559.380	41	29.627	530.502	531.690		71	117.500	505.566		
12	3.535	559.164	558.240	558.780	42	32.028	529.671	530.600		72				
13	4.461	558.334	557.760	558.150	43	35.013	529.233	530.150		73				
14	5.320	557.541	557.340	557.580	44	38.013	529.233	530.180		74				
15	6.125	556.725	556.740	556.980	45	41.013	529.185	530.210		75				
16	6.885	555.972	556.260	556.380	46	44.013	529.150	530.090		76				
17	7.607	555.297	555.720	555.750	47	47.013	529.069	529.970		77				
18	8.296	554.517	555.180	555.150	48	50.000	528.900	529.820		78				
19	8.957	553.950	554.580	554.610	49	51.500	528.873			79				
20	9.591	553.227	554.040	553.980	50	54.500	528.663			80				

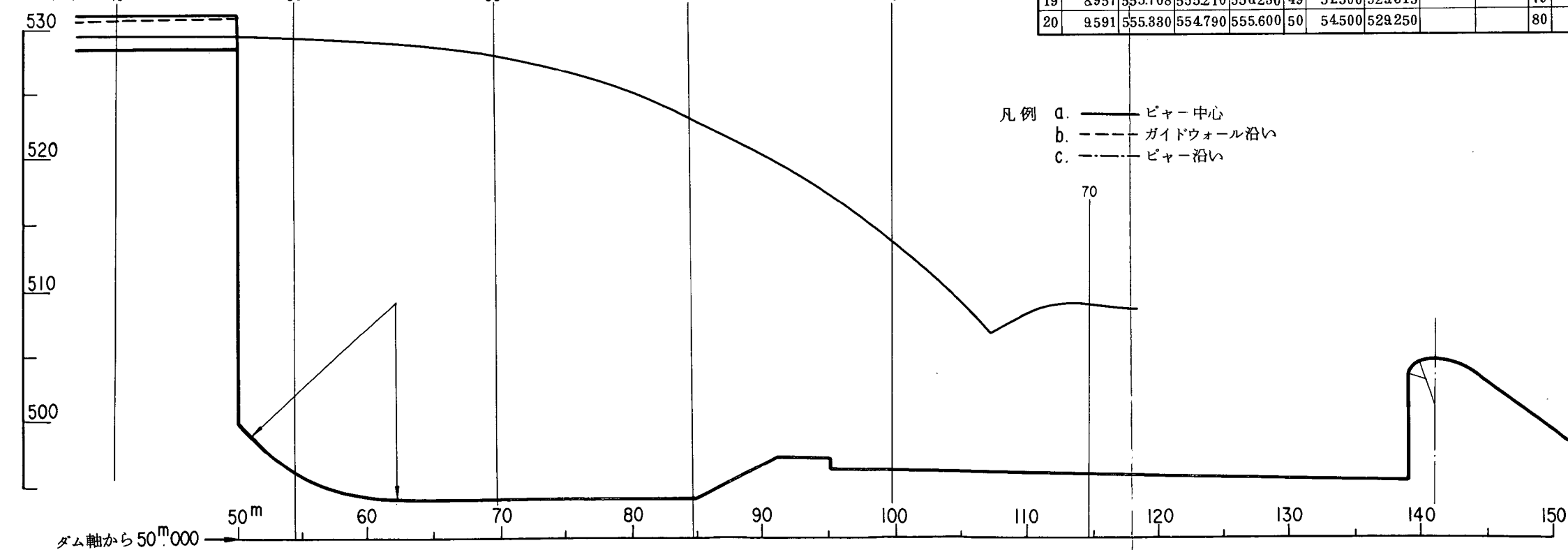
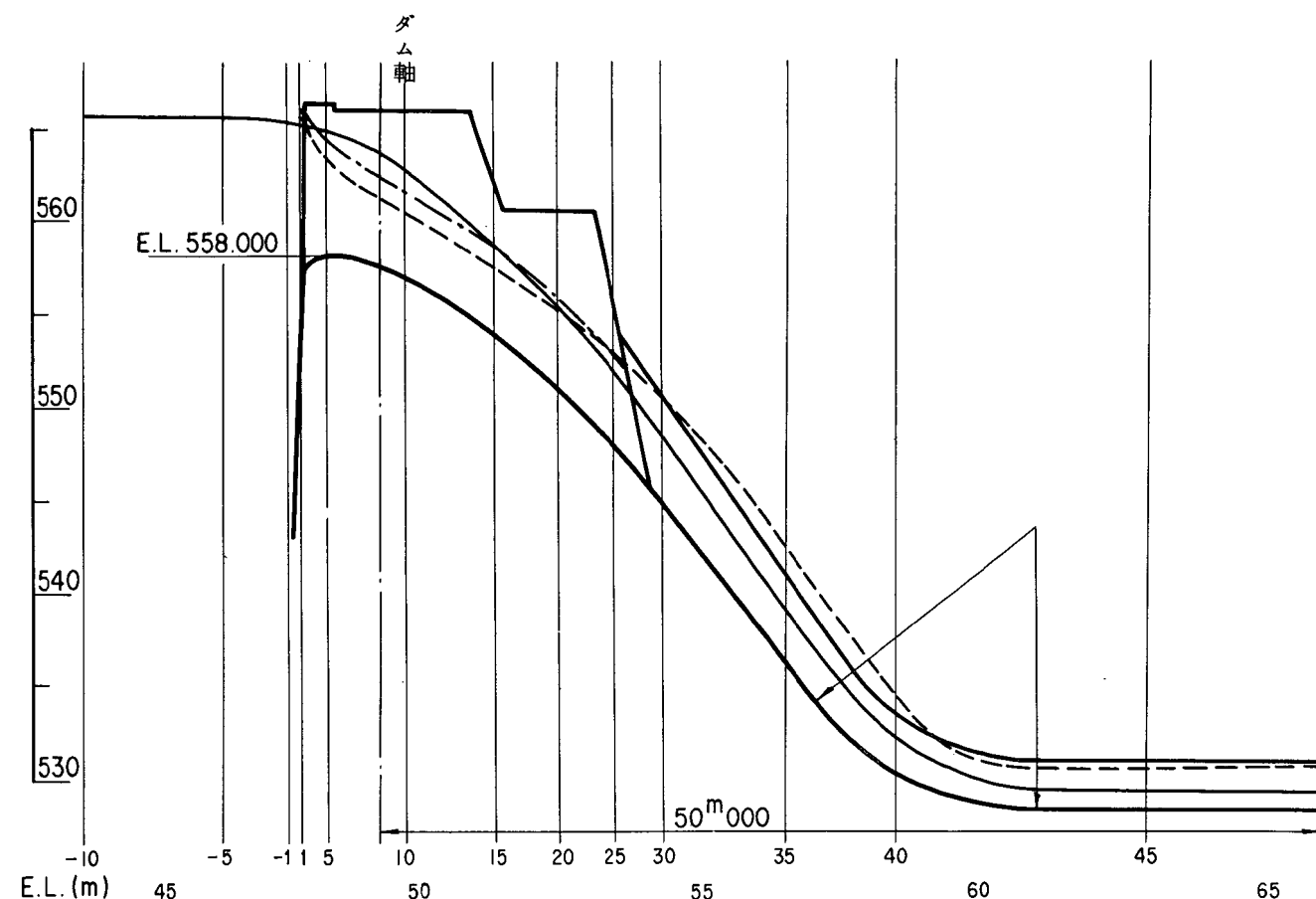


凡例 a. ———— ピアー中心
 b. - - - - ガイドウォール沿い
 c. - · - · - ピアー沿い

図-43a 越流水脈形図〔堤頂越流 $Q=800\text{ m}^3/\text{s}$ 〕

表-12b 越流水脈測定表

No.	ダム軸からの距離	E.L.			No.	ダム軸からの距離	E.L.			No.	ダム軸からの距離	E.L.		
		a	b	c			a	b	c			a	b	c
-10	-16000	565.620			21	10208	554.148	554.610	555.060	51	57500	529.302		
-9	-14500	565.575			22	10794	553.920	554.190	554.520	52	60500	528.951		
-8	-13000	565.560			23	11368	553.185	553.880	553.830	53	63500	528.489		
-7	-11500	565.500			24	11924	552.428	553.290	553.290	54	66500	528.240		
-6	-10000	565.485			25	12465	551.661	552.810	552.780	55	69500	527.953		
-5	-8500	565.380			26	12991	550.920	552.390	552.270	56	72500	527.285		
-4	-7000	565.305			27	13515	550.461	551.910		57	75500	526.700		
-3	-6000	565.200			28	14000	549.837	551.520		58	78500	525.711		
-2	-5500	565.140			29	14495	549.081	551.070		59	81500	524.289		
-1	-5000	565.065			30	14974	548.514	550.410		60	84500	523.225		
1	4221	565.005	565.410	565.830	31	15597	547.830	549.730		61	87500	521.523		
2	4211	565.005	565.230	565.980	32	17160	545.409	548.270		62	90500	519.830		
3	3837	564.900	564.260	565.400	33	18720	543.144	546.750		63	93500	517.707		
4	3489	564.825	563.820	565.020	34	20280	540.990	544.420		64	96500	516.015		
5	2921	564.690	563.400	564.540	35	21840	538.914	542.240		65	99500	513.447		
6	2352	564.570	562.740	563.820	36	23186	536.895	540.330		66	102500	510.621		
7	1017	564.135	561.880	562.930	37	23833	536.061	539.440		67	105500	508.338		
8	0127	563.730	561.250	562.420	38	24815	534.861	537.960		68	108500	507.369		
9	0111	563.685	561.150	562.320	39	26011	533.643	536.390		69	111500	508.818		
10	1400	562.710	560.280	561.690	40	27530	532.254	534.460		70	114500	508.812		
11	2524	561.945	559.740	560.910	41	29627	531.033	532.560		71	117500	508.470		
12	3535	561.045	559.140	560.340	42	32028	530.061	531.080		72				
13	4561	560.010	558.540	559.680	43	35013	529.578	530.840		73				
14	5320	559.245	557.910	559.230	44	38013	529.500	530.780		74				
15	6125	558.390	557.810	558.480	45	41013	529.524	530.750		75				
16	6885	557.820	556.890	558.060	46	44013	529.437	530.780		76				
17	7607	557.070	556.580	557.430	47	47013	529.455	530.810		77				
18	8296	556.320	555.870	556.800	48	50000	529.668	530.840		78				
19	8957	555.708	555.210	556.230	49	51500	529.315			79				
20	9591	555.330	554.790	555.600	50	54500	529.250			80				



凡例 a. ——— ピャー中心
b. - - - ガイドウォール沿い
c. - · - · - ピャー沿い

図-43b 越流水脈形図〔堤頂越流 $Q=1,320 \text{ m}^3/\text{s}$ 〕

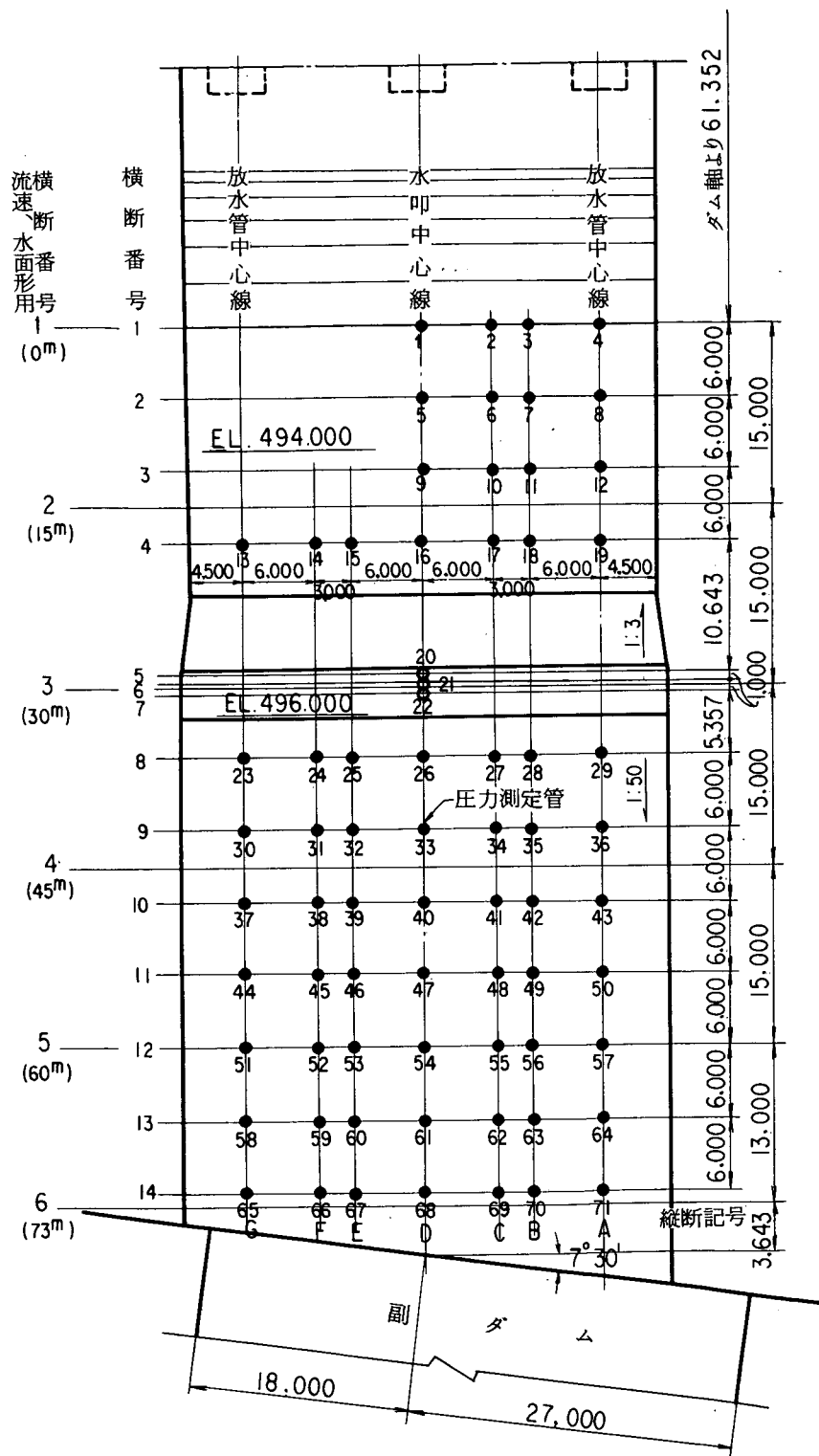


図-44 水叩部 流速，水面形，圧力，
測点位置および配置図

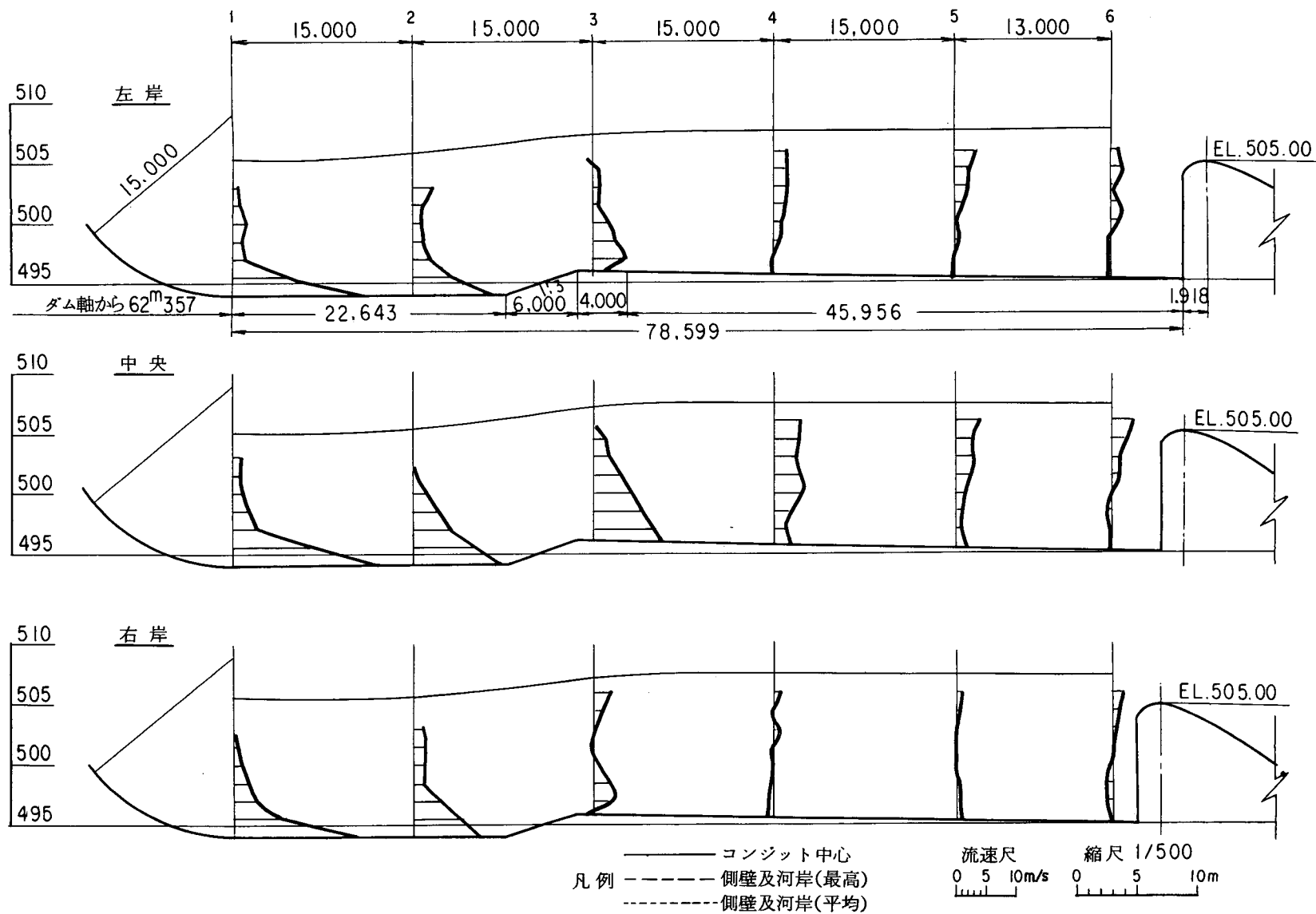


図-45 コンジット 3 門等開度
水叩部流速分布及び水面形図 ($Q=520 \text{ m}^3/\text{sec}$)

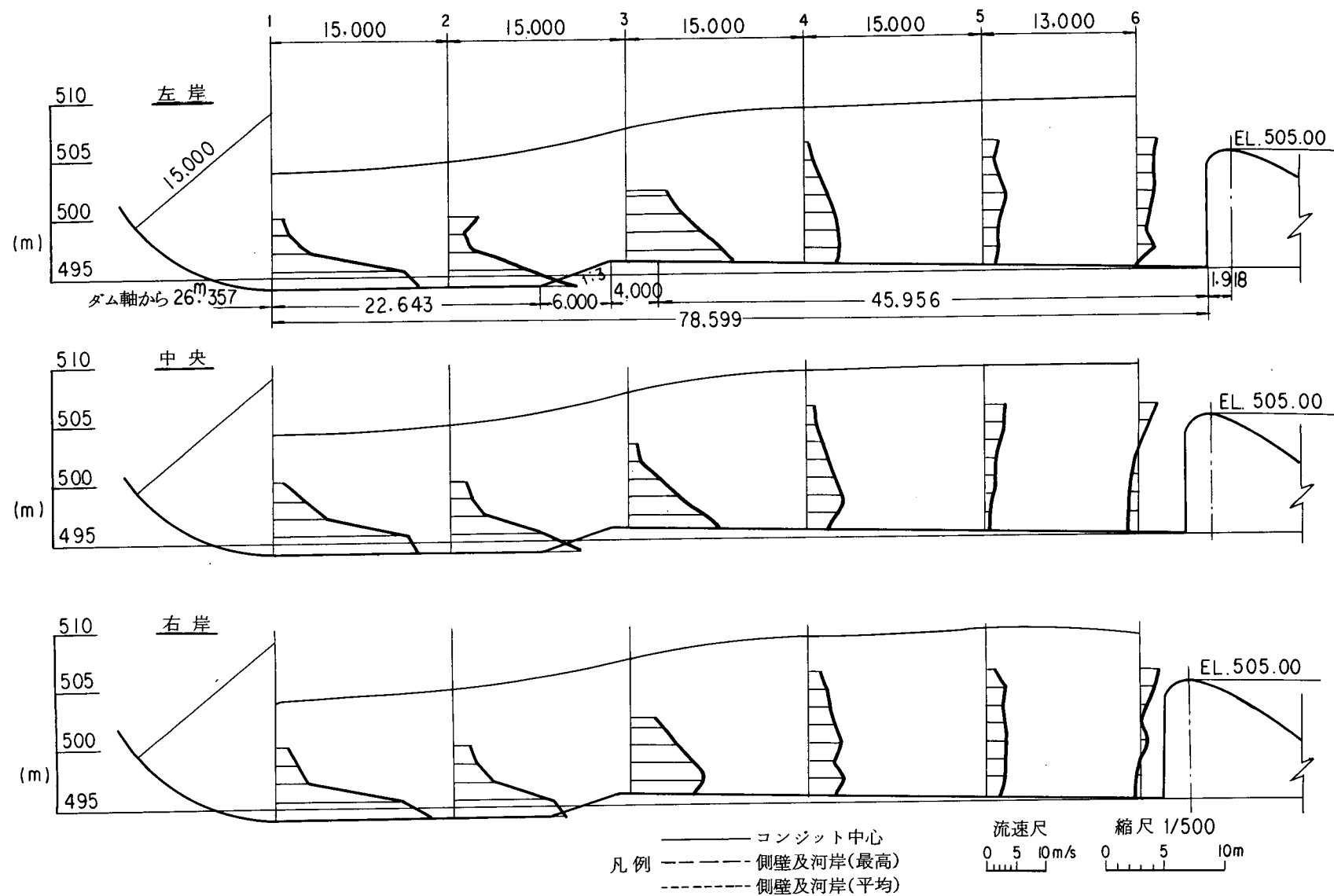


図-46 コンジット3門等開度
水叩部流速分布及び水面形図 ($Q=1,040 \text{ m}^3/\text{sec}$)

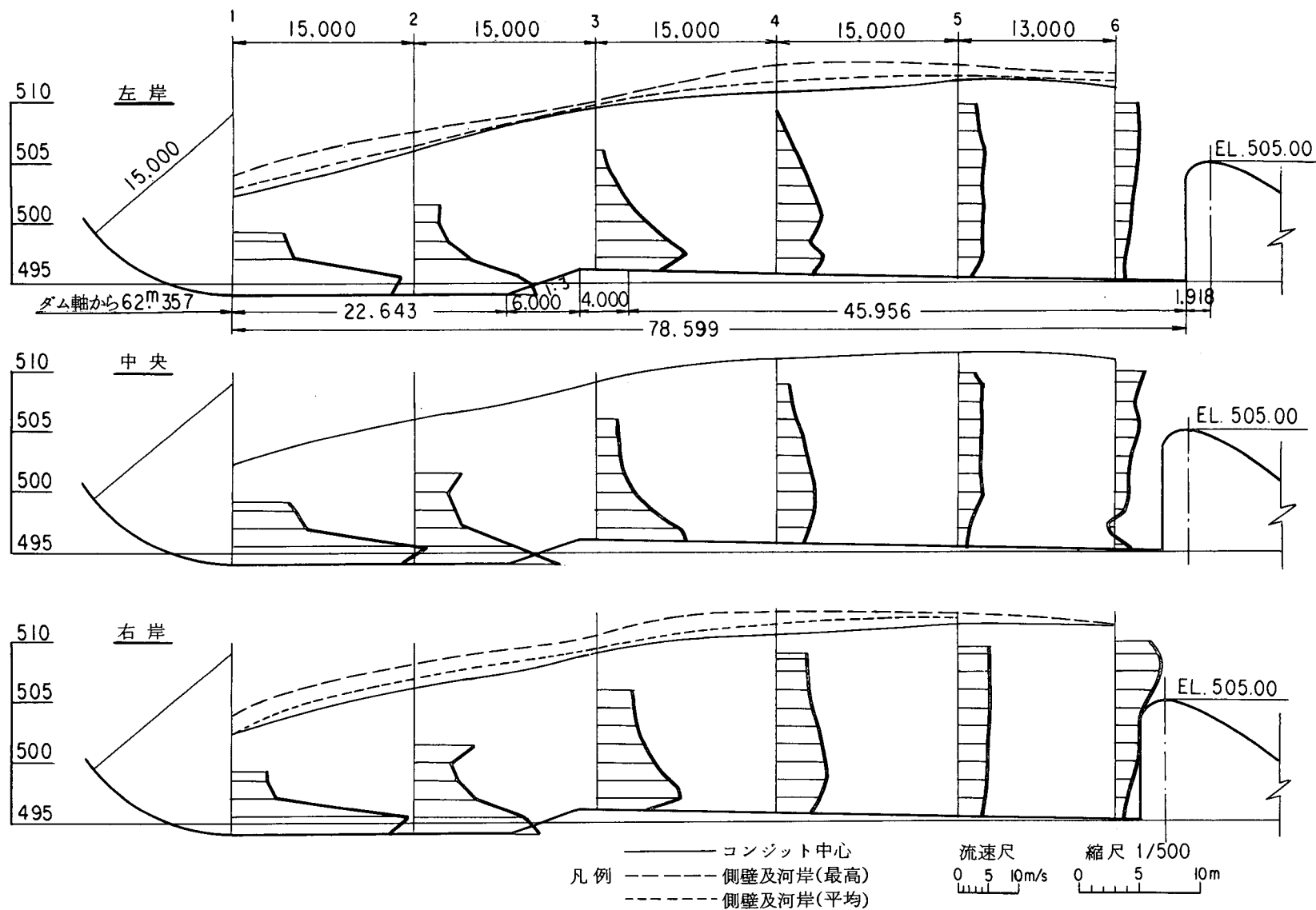


図-47 コンジット 3 門全開
水叩部流速分布及び水面形図 ($Q=1,550 \text{ m}^3/\text{sec}$)

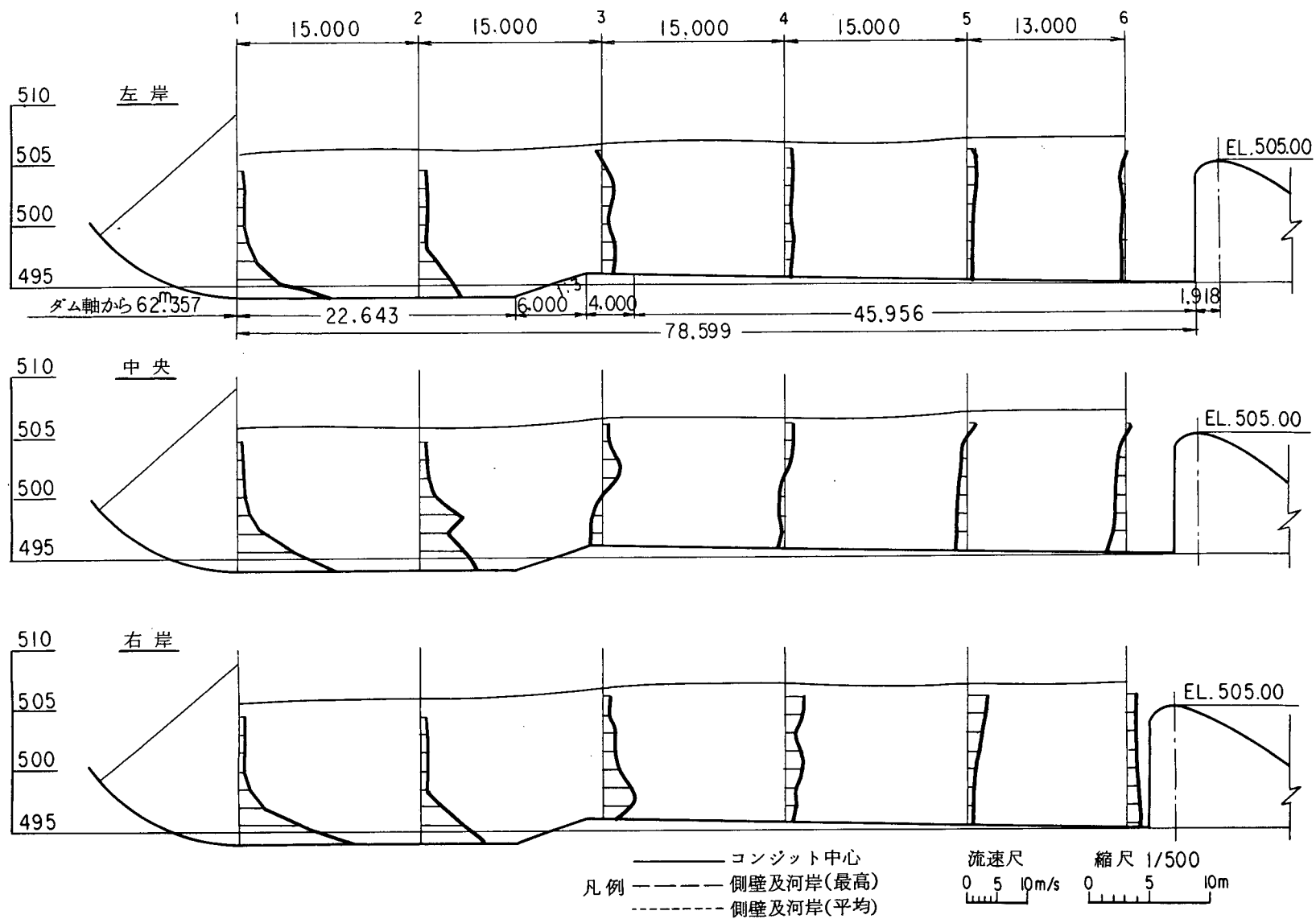


図-48 コンジット3門等開度
水叩部流速分布及び水面形図 ($Q=300\text{ m}^3/\text{sec}$)

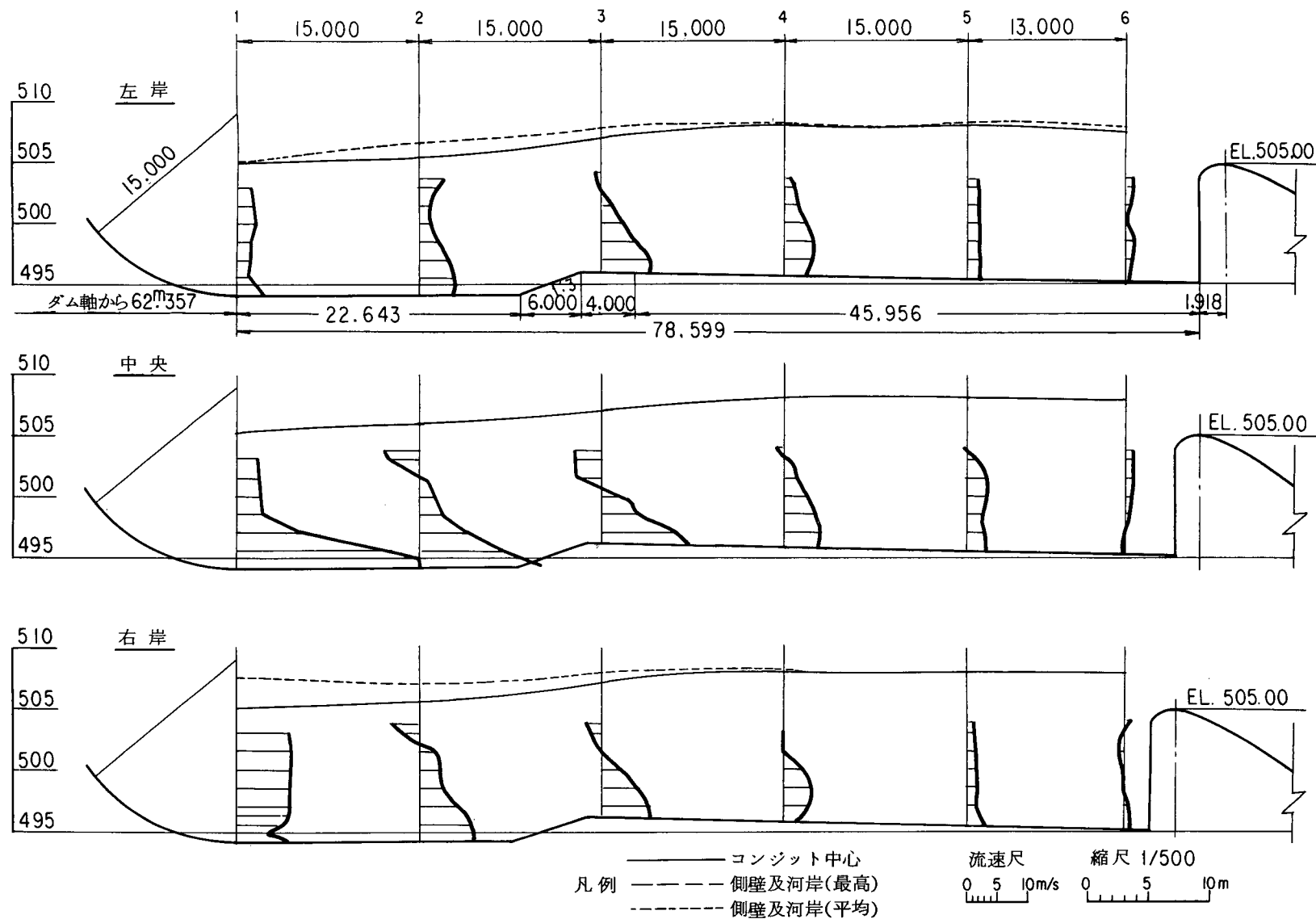


図-49 コンジット 1 門全開
水叩部流速分布及び水面形図 ($Q=520 \text{ m}^3/\text{sec}$)

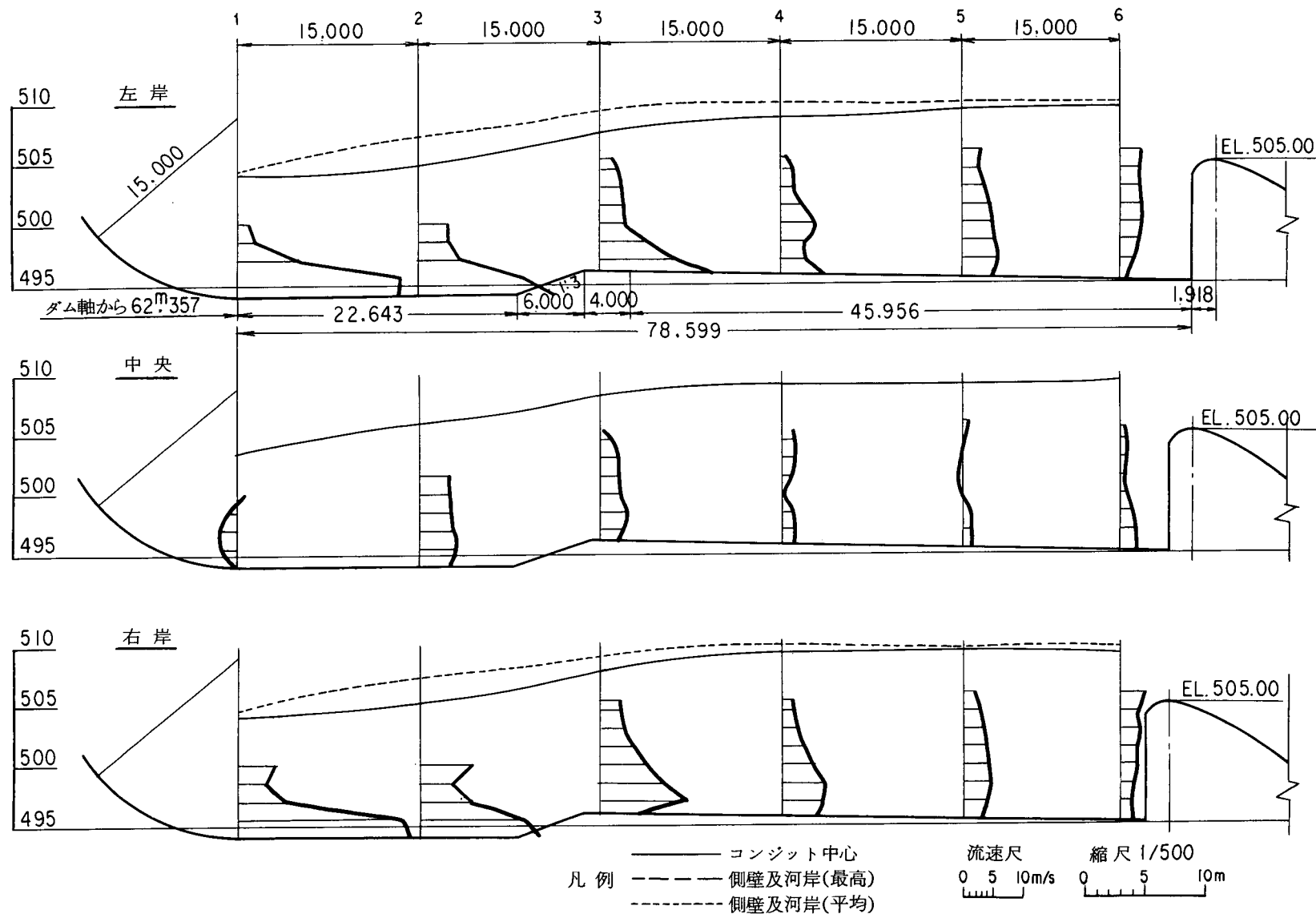


図-50 コンジット2門全開
水叩部流速分布及び水面形図 ($Q=1,040 \text{ m}^3/\text{sec}$)

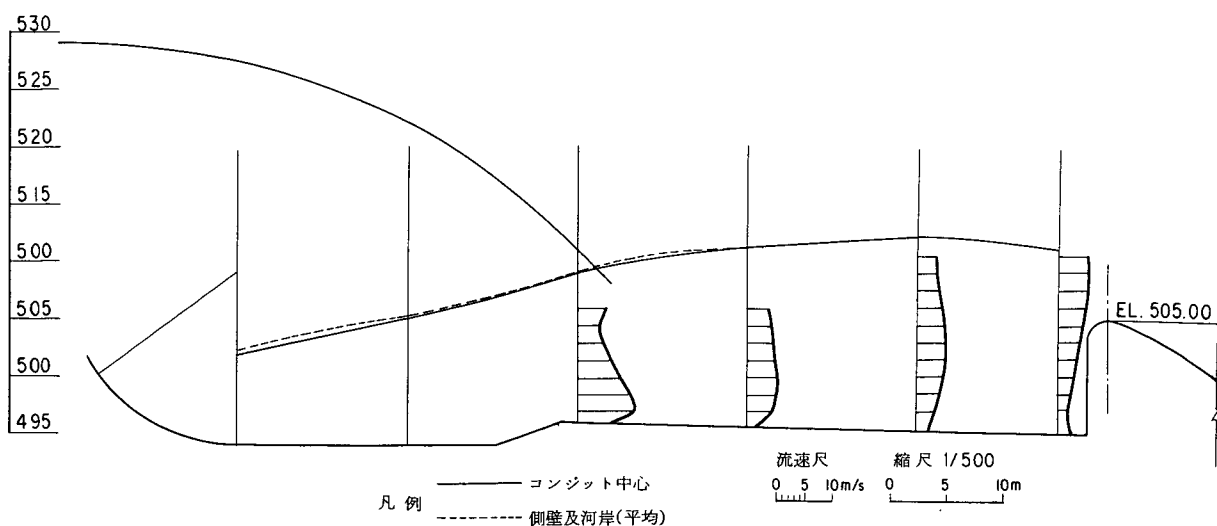
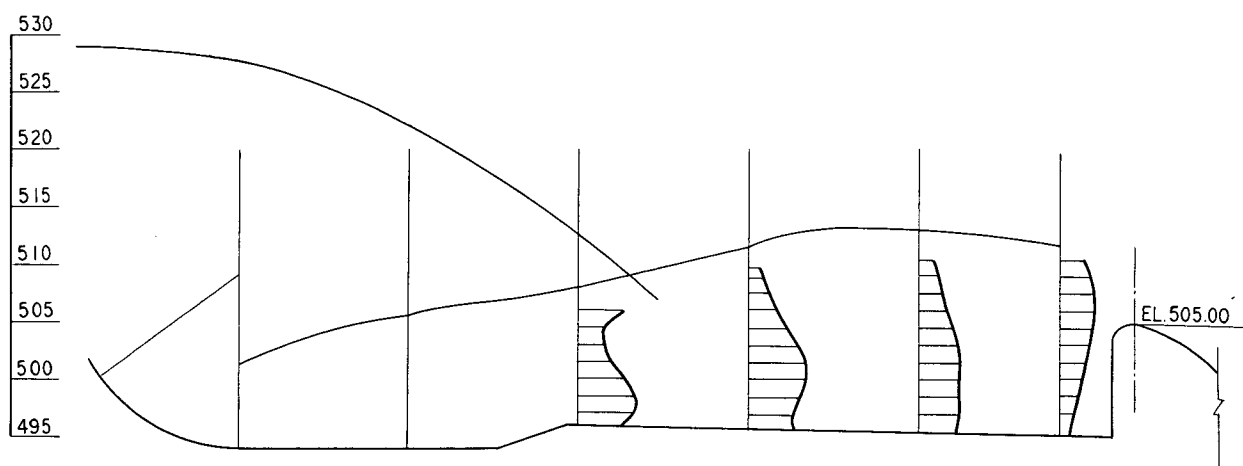
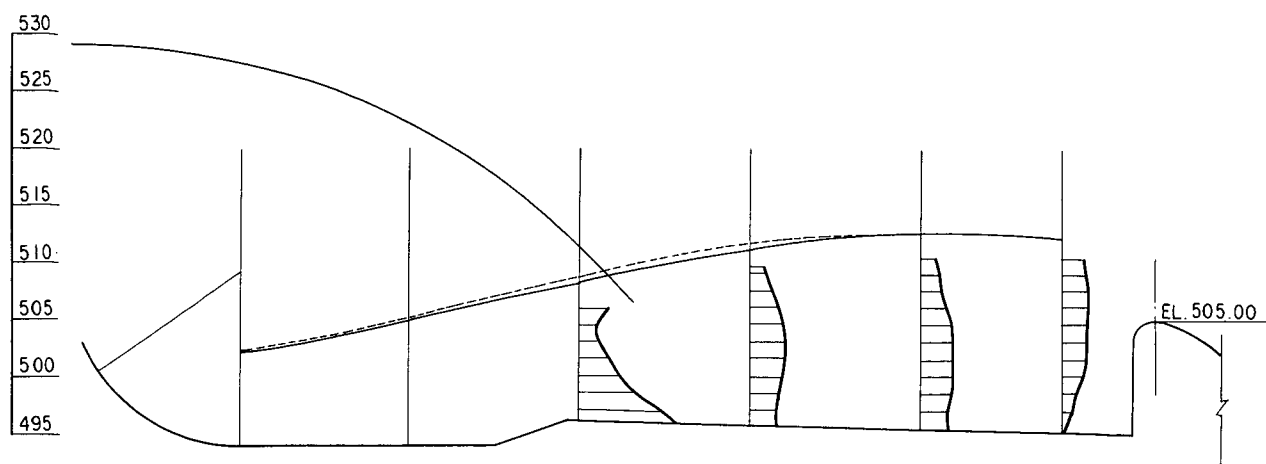


図-51 堤頂越流とコンジット全開
 水叩部流速分布及び水面形図 ($Q=2,000 \text{ m}^3/\text{sec}$)

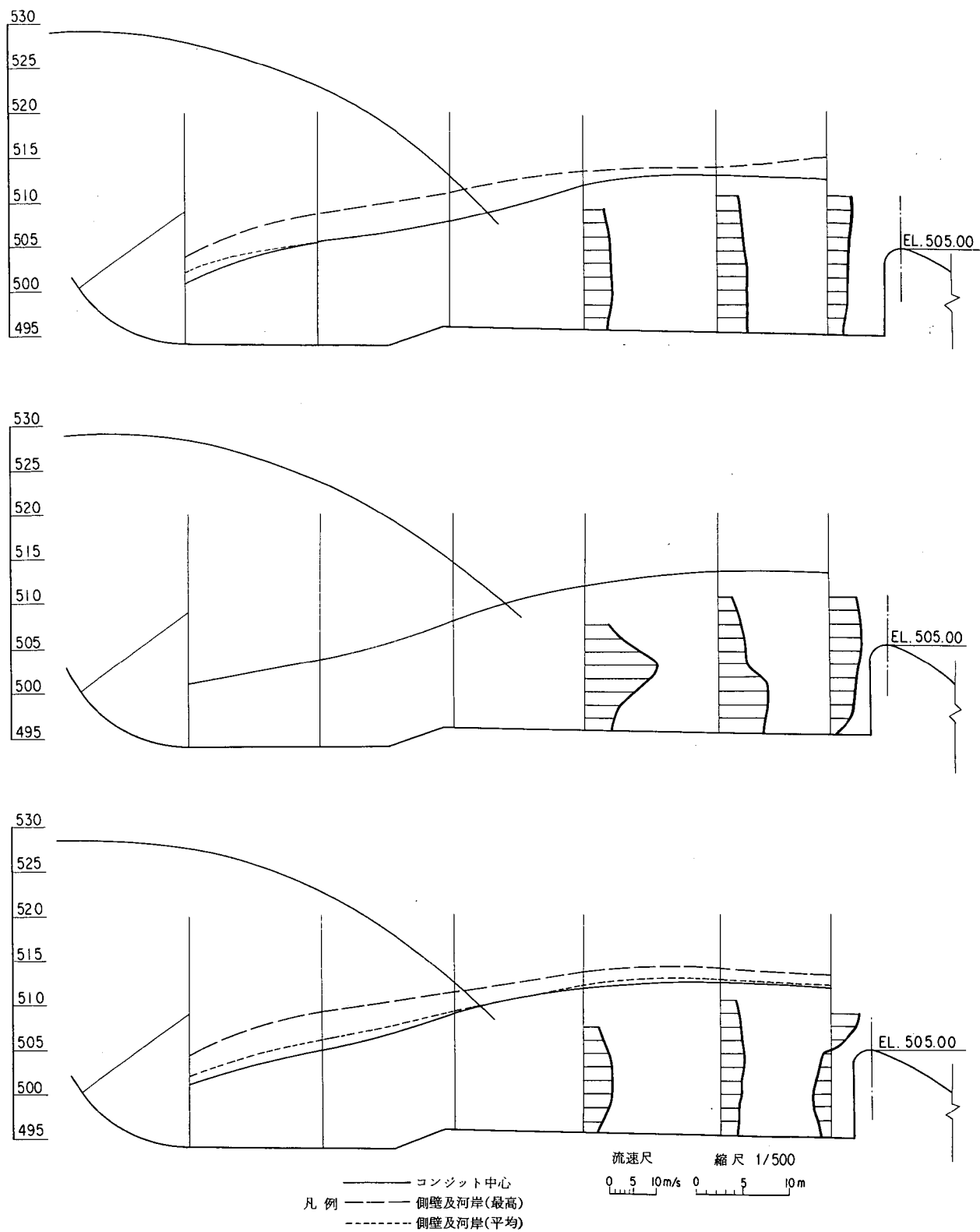


図-52 堤頂越流とコンジット全開
 水叩部流速分布及び水面形図 ($Q=2,350 \text{ m}^3/\text{sec}$)

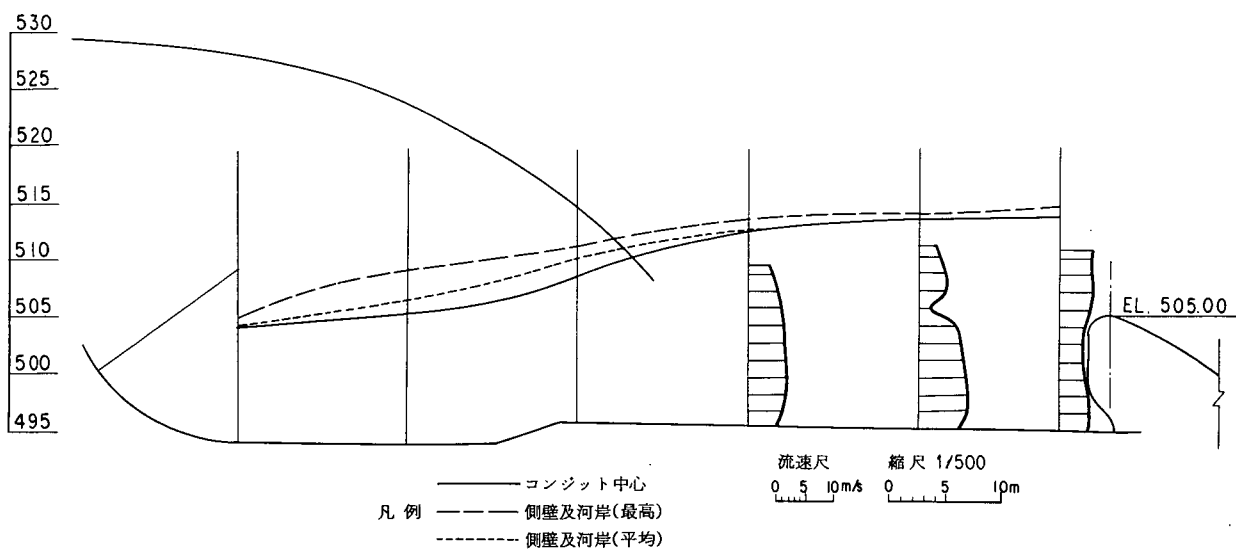
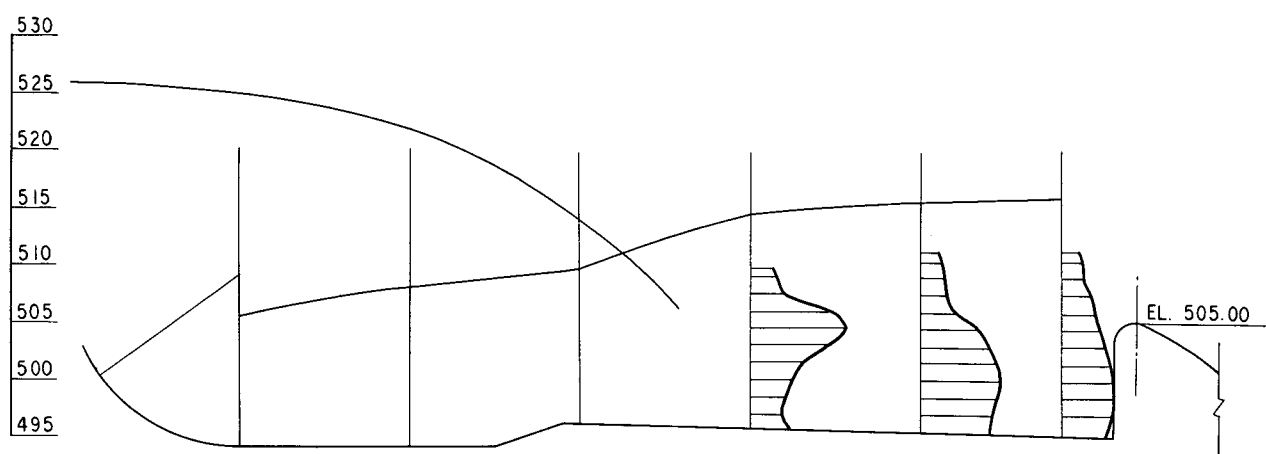
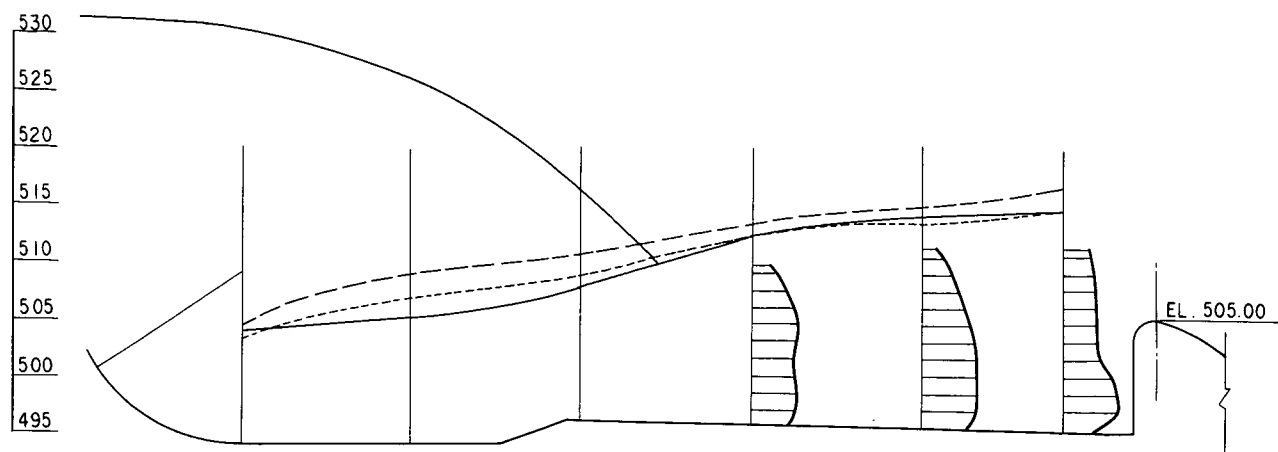


図-53 堤頂越流とコンジット全開
 水叩部流速分布及び水面形図 ($Q=2,820 \text{ m}^3/\text{sec}$)

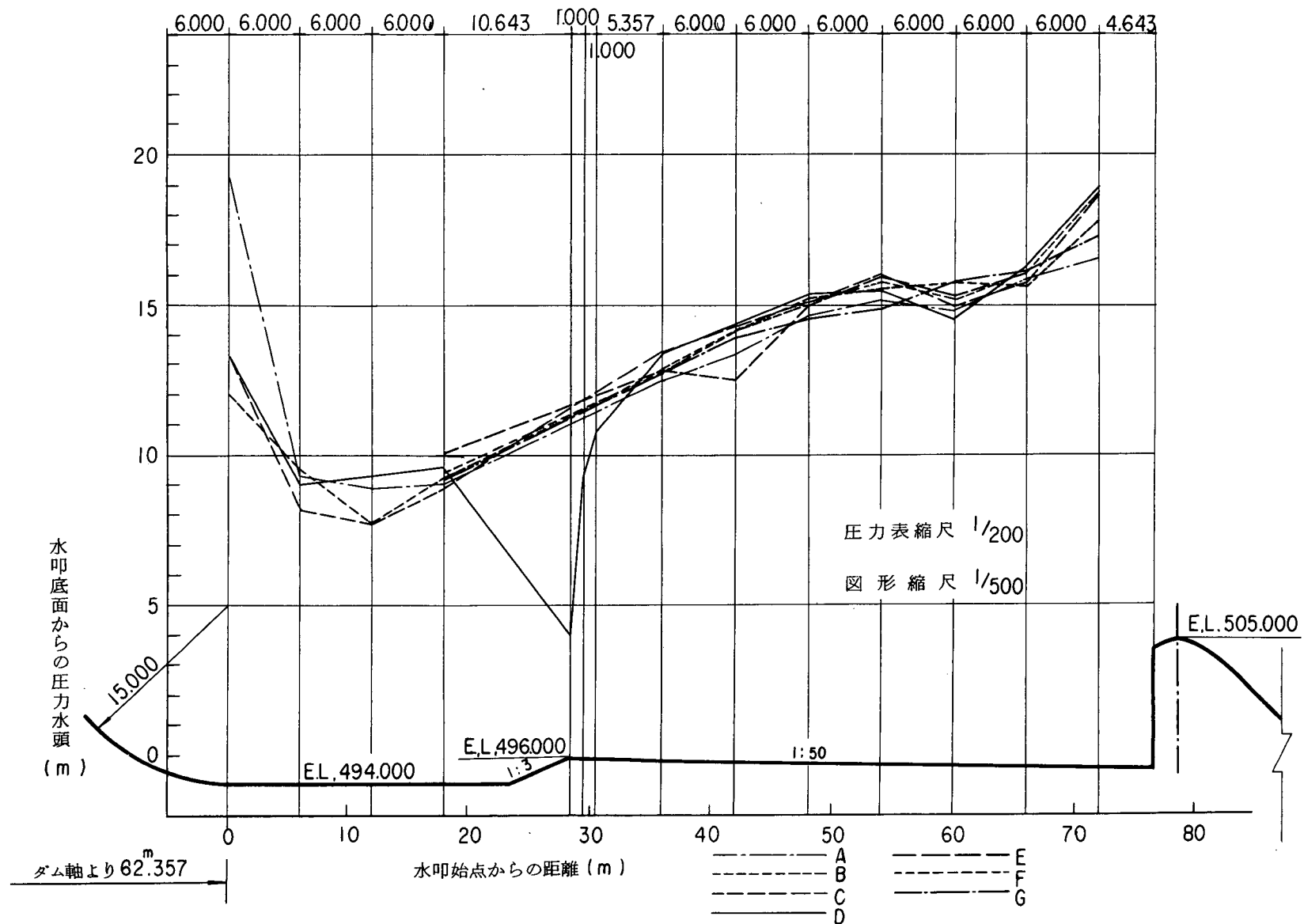


図-54 水叩部圧力分布図 ($Q=2,000\text{ m}^3/\text{s}$)
堤頂越流とコンジット3本全開

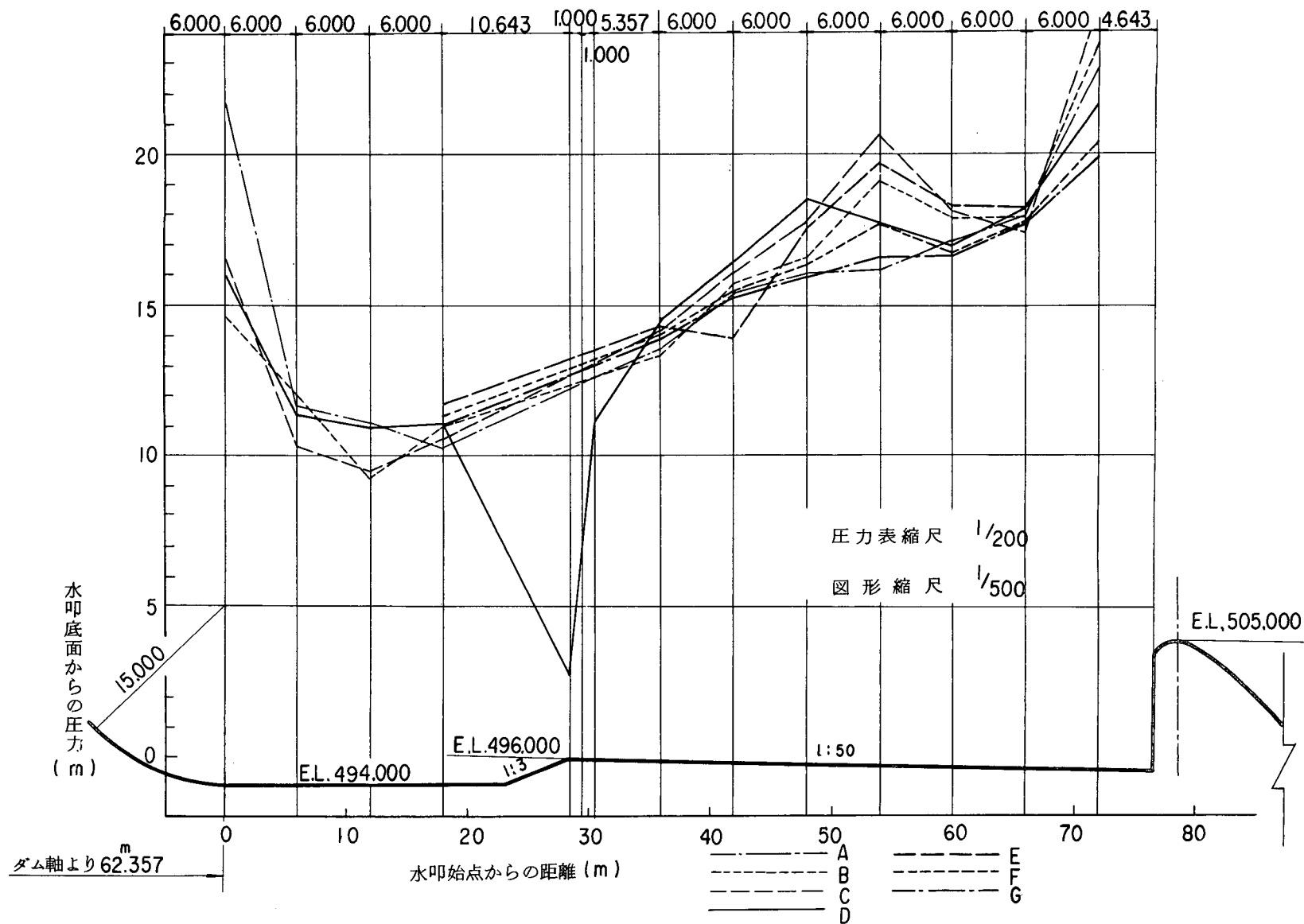


図-55 水叩部圧力分布図 ($Q=2,350 \text{ m}^3/\text{s}$)
堤頂越流とコンジット3本全開

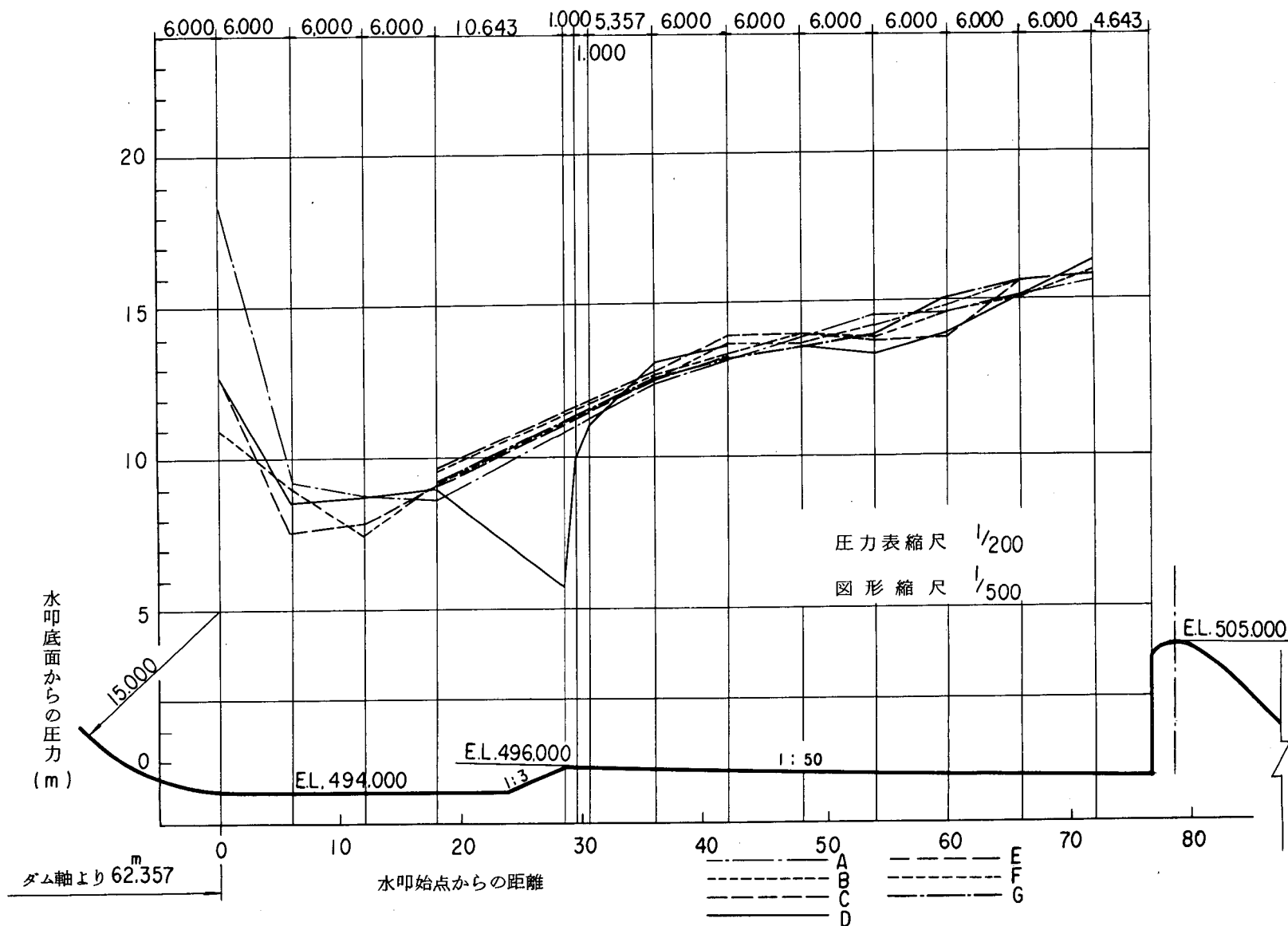


図-56 水叩部圧力分布図 ($Q=2,820 \text{ m}^3/\text{s}$)
堤頂越流とコンジット3本全開

表-13a 2 型 水 叩 圧 力 分 布 実 験 値

Q = 2,000 m³/sec 放流の場合Q = 2,350 m³/sec 放流の場合

測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)
1	12.87	21	9.77	41	13.56	61	15.36	1	13.41	21	9.41	41	14.85	61	16.17
2	12.78	22	11.03	42	13.71	62	15.69	2	13.35	22	10.67	42	14.88	62	15.60
3	11.04	23	12.41	43	13.68	63	15.54	3	12.12	23	12.42	43	14.49	63	15.87
4	18.54	24	12.60	44	14.07	64	15.27	4	19.68	24	12.57	44	14.82	64	15.75
5	8.64	25	12.87	45	13.86	65	16.08	5	8.94	25	12.63	45	15.42	65	17.22
6	7.59	26	12.72	46	13.89	66	16.14	6	8.16	26	12.72	46	15.93	66	17.70
7	9.03	27	13.14	47	13.32	67		7	9.54	27	13.32	47	15.39	67	
8	9.24	28	12.57	48	14.13	68	16.45	8	9.33	28	13.38	48	15.93	68	18.96
9	8.76	29	12.51	49	14.28	69	15.36	9	9.24	29	12.81	49	15.60	69	18.66
10	7.83	30	13.20	50	14.61	70	16.29	10	7.65	30	13.80	50	15.12	70	18.78
11	7.50	31	13.41	51	15.21	71	15.72	11	7.68	31	14.04	51	15.66	71	16.53
12	8.79	32	13.98	52	14.70			12	8.88	32	12.45	52	15.60		
13	9.09	33	13.74	53	14.91			13	9.12	33	14.37	53	15.24		
14	9.51	34	13.29	54	13.95			14	9.39	34	14.13	54	14.85		
15	9.57	35	13.68	55	14.79			15	9.99	35	13.92	55	14.88		
16	9.09	36	13.20	56	14.88			16	9.54	36	13.26	56	15.18		
17	9.06	37	13.71	57	14.55			17	9.06	37	14.52	57	14.76		
18	9.09	38	14.01	58	15.66			18	9.39	38	15.09	58	16.05		
19	8.64	39	14.04	59	15.21			19	9.03	39	14.91	59	15.60		
20	5.75	40	13.71	60	15.72			20	4.04	40	15.24	60	15.96		

表-13b 2型水叩圧力分布実験値

$Q = 2,820 \text{ m}^3/\text{sec}$ 放流の場合

測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)	測点番号	圧力水頭(m)
1	16.17	21	9.35	41	17.76	61	18.18
2	16.83	22	11.00	42	16.56	62	17.46
3	14.76	23	13.50	43	16.02	63	17.94
4	22.23	24	13.86	44	16.50	64	17.97
5	11.40	25	14.01	45	17.67	65	19.83
6	10.35	26	14.22	46	19.74	66	20.34
7	11.94	27	14.43	47	17.70	67	
8	11.70	28	14.04	48	20.67	68	21.66
9	10.86	29	13.32	49	19.20	69	24.90
10	9.48	30	15.09	50	16.14	70	23.43
11	9.24	31	15.42	51	16.68	71	23.07
12	11.07	32	13.89	52	16.74		
13	10.98	33	16.38	53	18.24		
14	11.22	34	16.08	54	17.01		
15	11.64	35	15.69	55	18.06		
16	11.04	36	15.36	56	17.91		
17	10.56	37	15.87	57	17.16		
18	10.83	38	16.26	58	17.76		
19	10.26	39	17.40	59	17.67		
20	2.66	40	18.48	60	18.24		

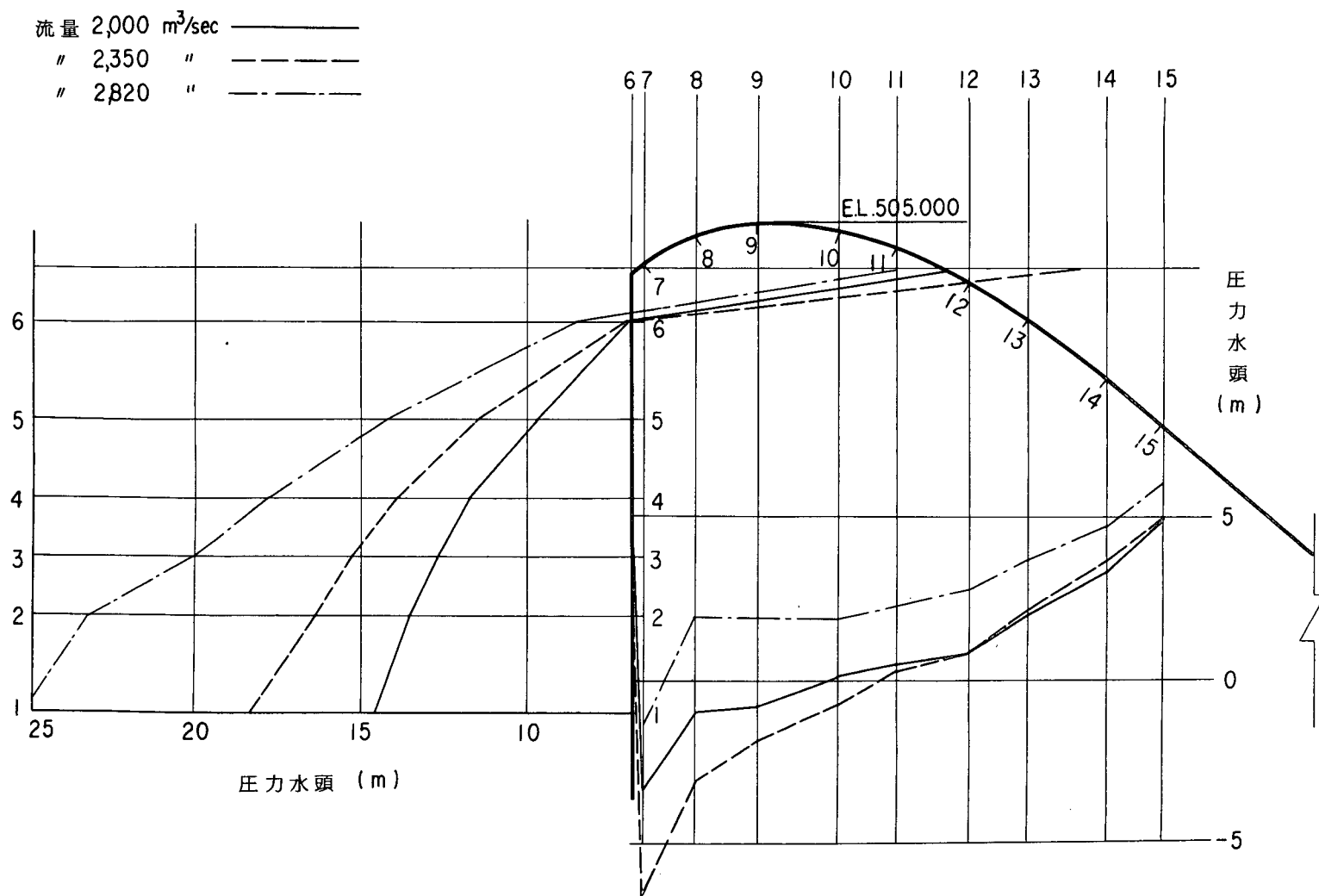


図-57a 流量別副ダム圧力分布図

流量 1,550 m/sec ———
 " 2,350 " - - - - -
 " 2,820 " - · - · -

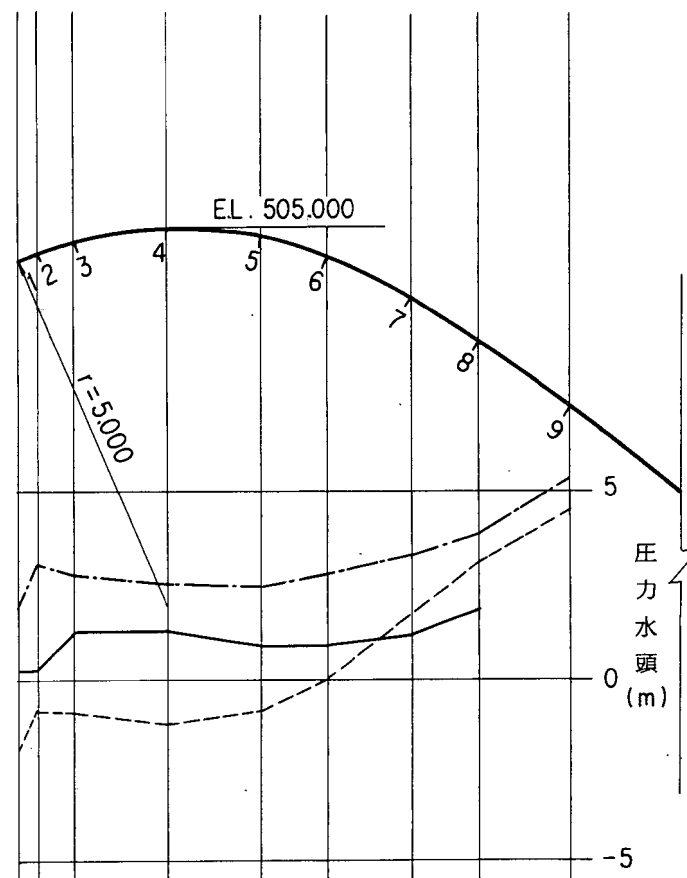


図-57b 副ダム4型圧力分布表および圧力分布図

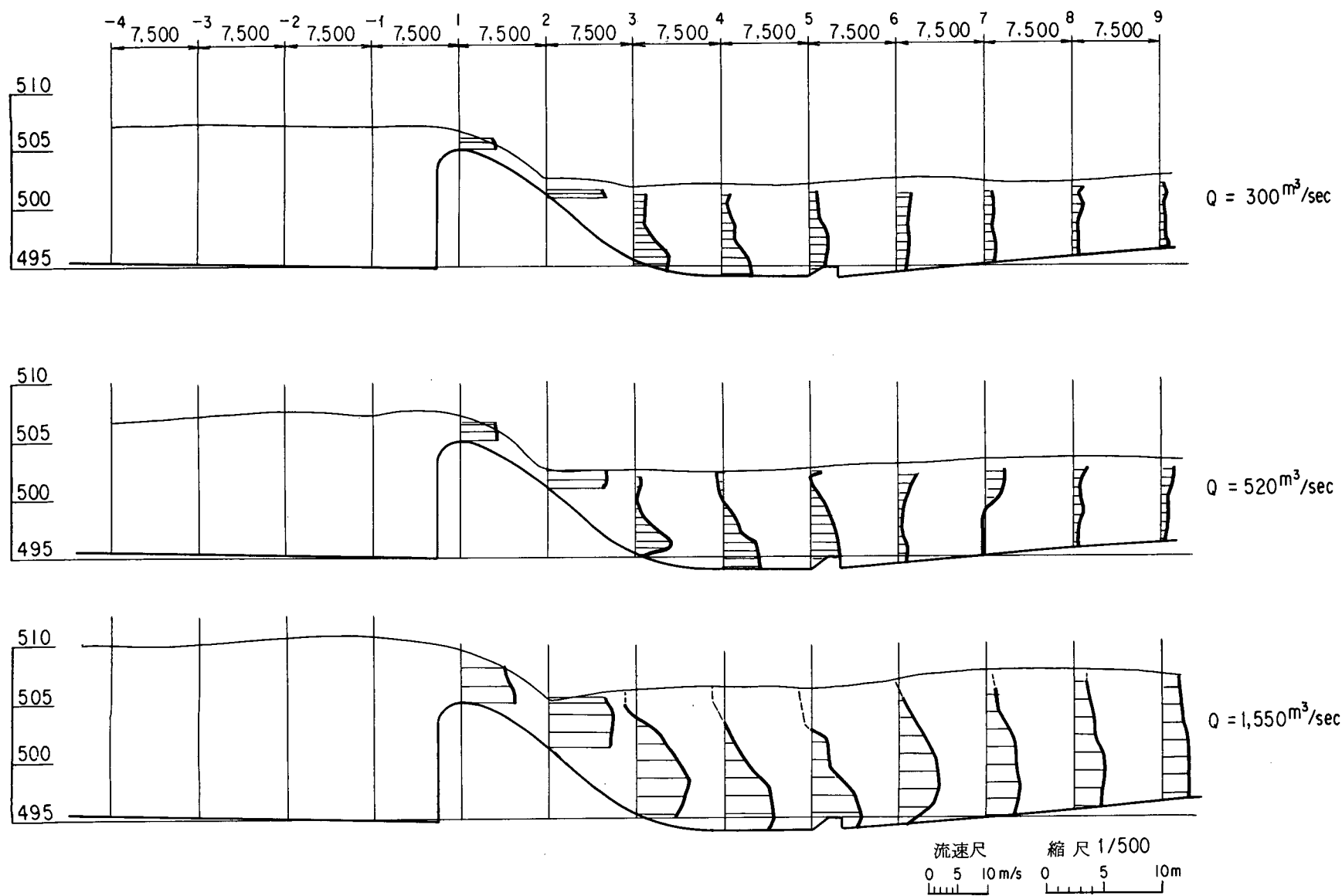
表-14 副ダム圧力分布実験値

4 型

流量 m^3/sec 測点	1,550	2,350	2,820
1	0.25	-1.86	1.92
2	0.32	-0.88	3.13
3	1.37	-0.91	2.80
4	1.37	-1.19	2.57
5	0.88	-0.82	2.29
6	0.95	0.04	2.86
7	1.25	1.79	3.28
8	1.97	3.13	3.92
9	—	4.55	5.44

3 型

流量 m^3/sec 測点	2,000	2,350	2,820
1	14.87	18.44	25.31
2	13.55	16.37	23.18
3	12.68	15.24	20.00
4	11.69	13.85	17.75
5	9.86	11.54	14.25
6	6.86	7.01	8.54
7	-3.43	-6.85	-1.51
8	-1.00	-3.10	2.00
9	-0.85	-1.96	1.94
10	0.14	-0.76	1.91
11	0.50	0.26	2.30
12	0.86	0.83	2.81
13	2.06	2.15	3.68
14	3.29	3.65	4.67
15	4.95	4.95	5.97



図一 58a 副ダム下流部流速分布及び上流部水面形図

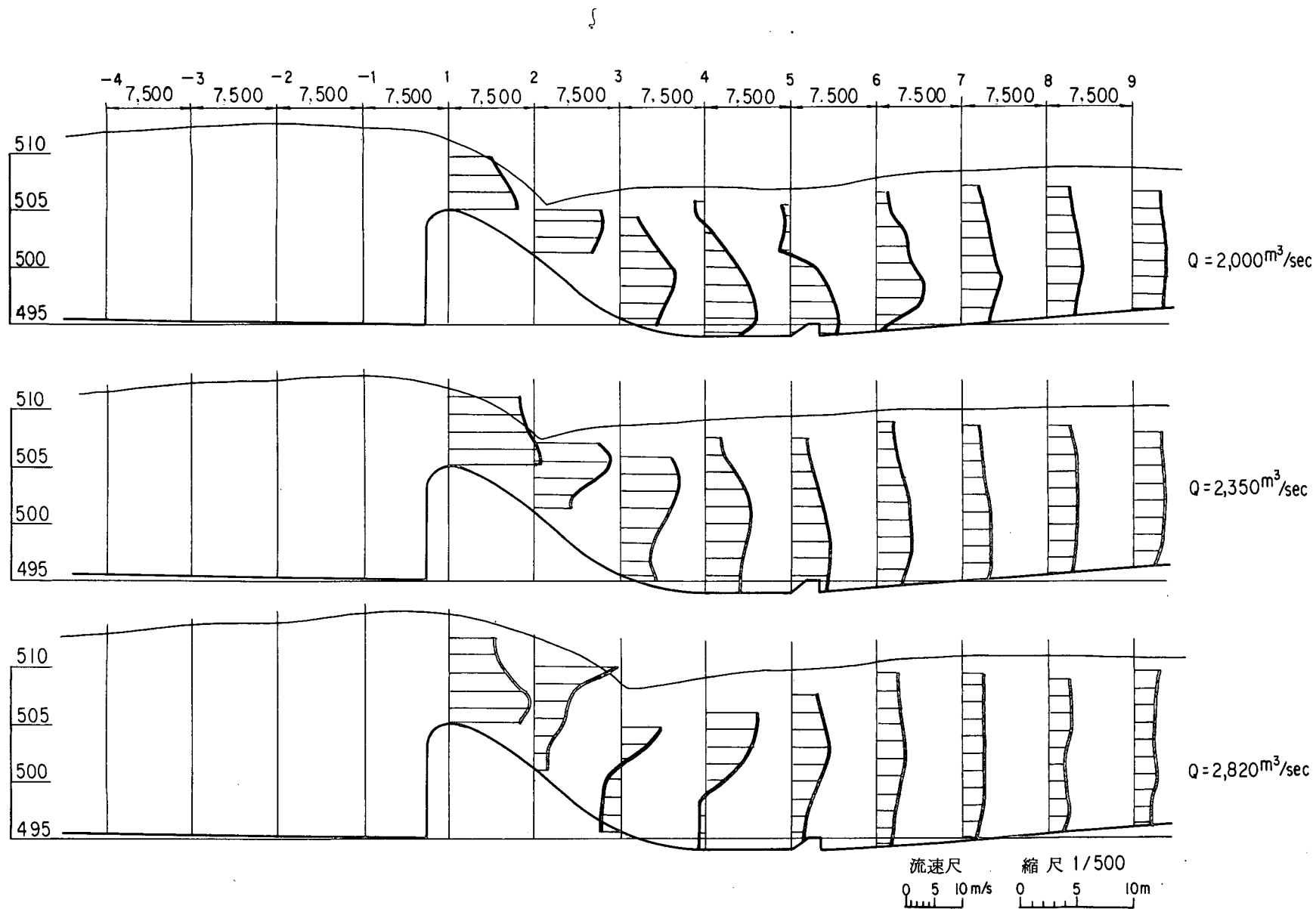


図-58b 副ダム下流部流速分布及び上流部水面形図

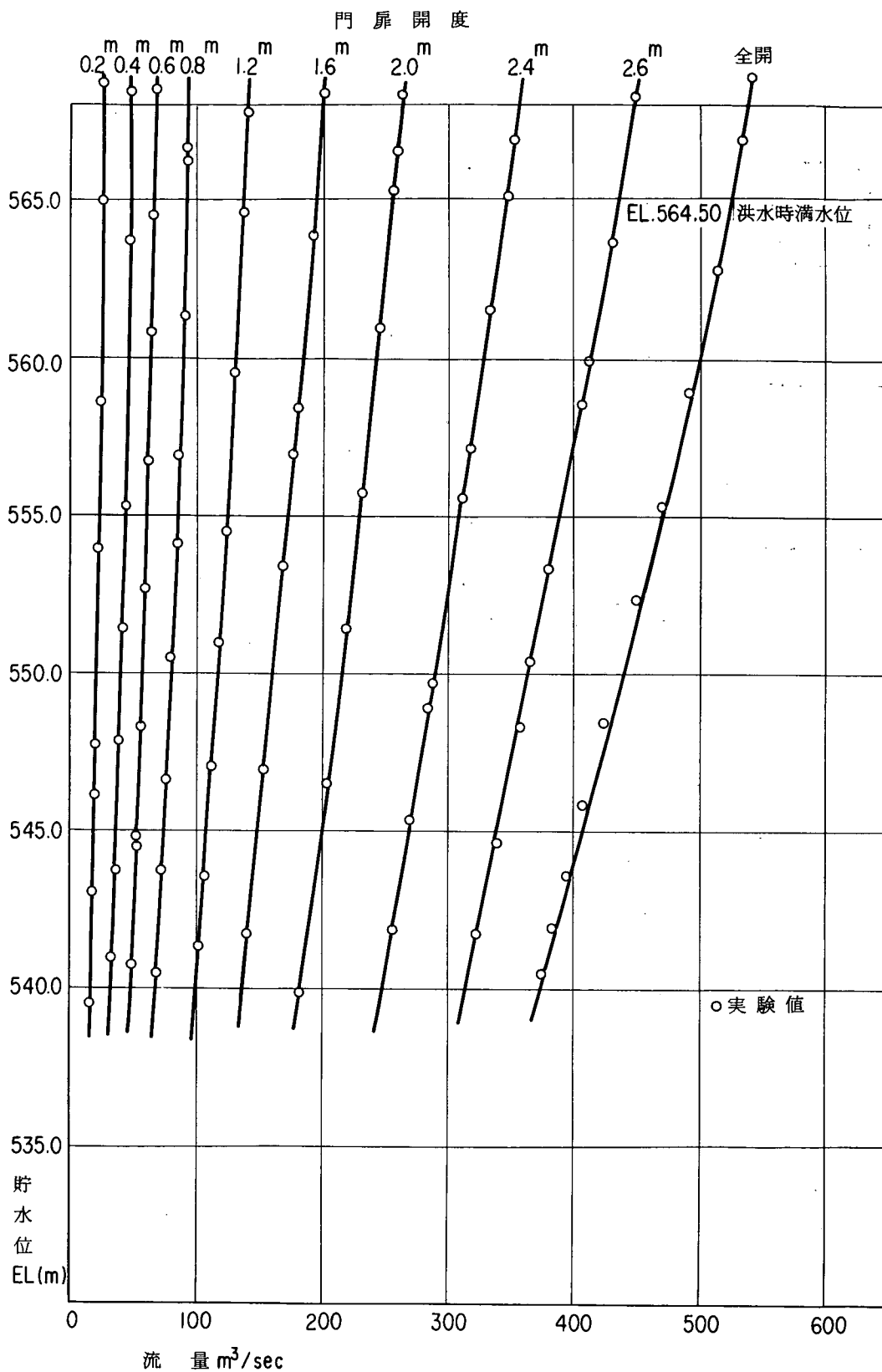
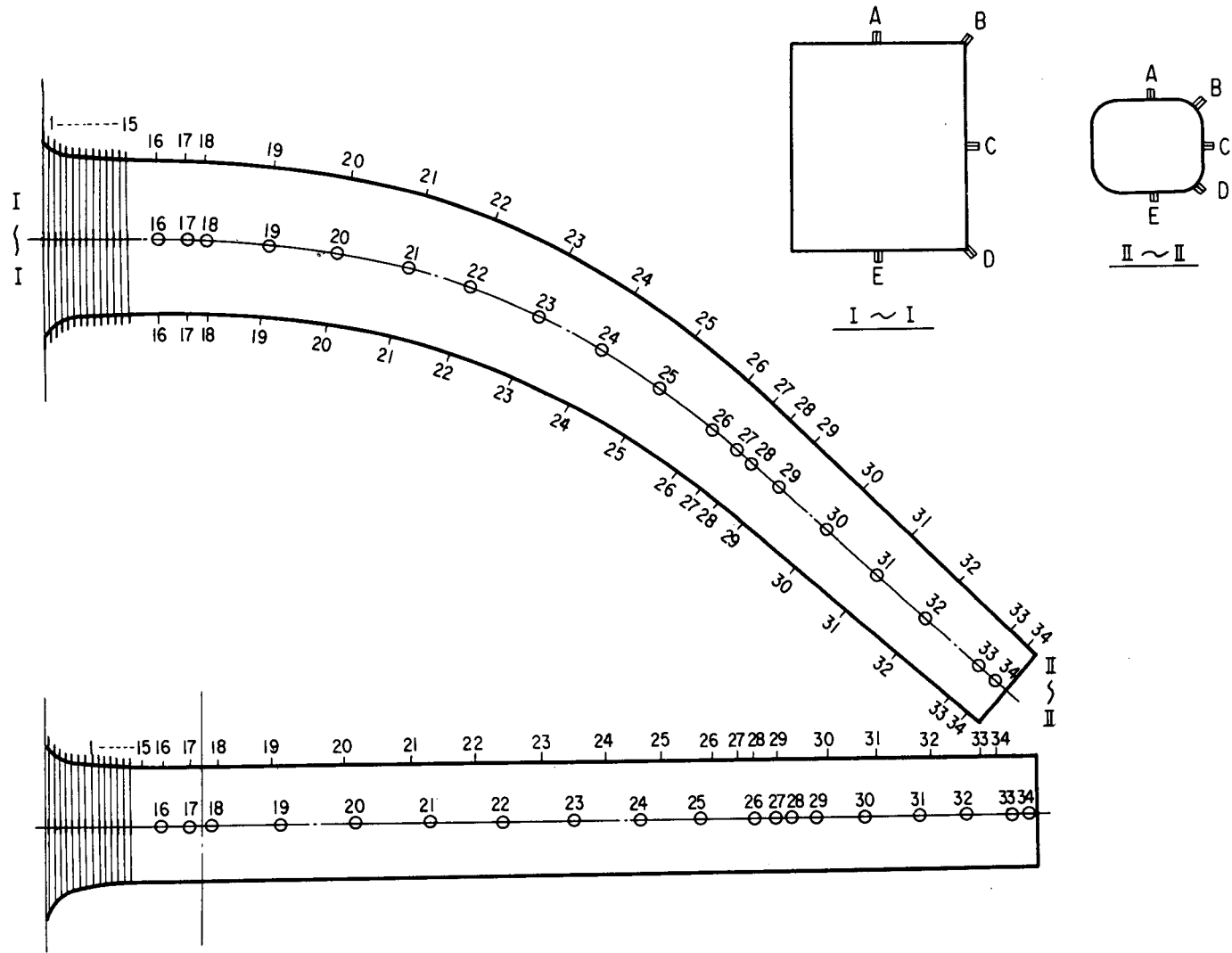


図-59 2型放水管水位—流量曲線



図—60 1型放水管ピエゾメーター配置図

表-15 2型放水管水位——流量關係實驗值

番号	門扉開放自由流出時			門扉開度 0.2 m		門扉開度 0.4 m		門扉開度 0.6 m		門扉開度 0.8 m	
	貯水位	流 量	流量係数	貯水位	流 量	貯水位	流 量	貯水位	流 量	貯水位	流 量
1	540.28	378.46	0.944	539.48	18.72	541.08	35.92	540.68	50.60	540.48	70.33
2	541.80	386.56	0.939	543.12	19.23	543.64	37.44	544.48	52.62	543.70	72.86
3	543.36	398.70	0.943	546.20	20.74	547.84	39.47	544.88	53.63	546.64	74.88
4	545.76	414.89	0.945	547.80	21.25	551.44	40.48	548.28	54.64	550.56	80.95
5	548.36	429.06	0.940	554.00	22.26	555.24	43.51	552.68	60.72	554.12	85.00
6	552.28	452.33	0.941	558.68	24.79	559.88	45.54	556.76	62.23	556.84	87.03
7	555.20	471.56	0.946	565.00	25.80	563.68	48.07	560.84	64.76	561.32	91.07
8	558.84	491.80	0.947	568.64	26.82	568.44	49.58	564.56	66.79	566.24	95.12
9	562.72	517.10	0.956					568.48	70.33	566.60	97.15
10	566.80	533.79	0.946								
11	568.92	544.42	0.949								

番号	門扉開度 1.2 m		門扉開度 1.6 m		門扉開度 2.0 m		門扉開度 2.4 m		門扉開度 2.6 m	
	貯水位	流 量	貯水位	流 量	貯水位	流 量	貯水位	流 量	貯水位	流 量
1	541.40	104.13	541.72	142.18	539.92	183.16	541.82	257.03	541.64	322.81
2	543.60	107.26	546.96	158.67	546.48	204.41	545.24	273.22	544.60	338.99
3	547.04	112.53	553.12	167.98	551.52	221.61	548.84	287.39	548.36	360.25
4	551.00	119.41	556.96	178.10	555.68	231.73	549.80	289.41	550.40	369.35
5	554.56	125.48	558.32	180.12	560.88	245.90	555.52	313.70	553.32	385.54
6	559.58	131.55	564.04	192.27	565.28	257.03	557.16	318.76	558.36	407.81
7	564.64	138.63	568.52	204.92	566.56	261.08	565.16	349.12	559.88	411.86
8	567.84	143.49			568.28	265.13	566.96	355.39	563.68	430.07
9							561.56	336.26	568.16	450.31

表-16 2 型放水管压力实验值表

	A			B			C			D			E		
	<i>E.L.</i> 543.5	<i>E.L.</i> 564.5	<i>E.L.</i> 565.7	<i>E.L.</i> 543.5	<i>E.L.</i> 564.5	<i>E.L.</i> 565.7	<i>E.L.</i> 543.5	<i>E.L.</i> 564.5	<i>E.L.</i> 565.7	<i>E.L.</i> 543.5	<i>E.L.</i> 564.5	<i>E.L.</i> 565.7	<i>E.L.</i> 543.5	<i>E.L.</i> 564.5	<i>E.L.</i> 565.7
1	2.660	20.660	21.580	5.590	25.900	27.100	4.720	21.520	22.320	13.535	33.855	34.655	9.175	24.255	24.855
2	0.302	16.102	17.462	3.325	21.845	22.765	1.960	16.820	17.400	8.448	25.728	26.912	4.631	19.631	20.391
3	0.007	15.327	17.087	1.028	18.068	18.908	2.300	17.400	18.080	5.824	21.224	22.304	5.005	19.925	20.445
4	-0.280	18.400	16.480	-0.090	15.590	16.301	2.800	18.600	19.320	4.390	18.710	19.701	5.300	20.300	21.100
5	-0.827	13.933	16.173	-0.883	15.557	14.677	2.760	18.200	19.040	3.816	17.896	18.856	5.400	20.520	21.200
6	-1.091	13.349	15.109	-1.522	12.718	13.518	2.400	17.760	18.640	3.599	16.799	17.759	5.048	20.208	20.928
7	-1.380	12.900	14.420	-1.873	11.687	12.367	2.240	17.360	18.320	2.688	16.168	16.968	4.795	19.595	20.275
8	-1.690	12.630	13.870	-2.570	10.870	11.830	1.880	16.600	17.400	3.877	17.077	17.757	4.717	19.237	19.957
9	-1.938	12.702	13.582	-2.730	10.350	11.070	1.560	16.160	16.920	4.005	17.525	18.325	4.373	18.933	19.693
10	-2.002	12.798	13.638	-2.630	11.090	11.770	1.680	16.400	17.200	4.108	17.988	18.588	4.482	19.122	19.882
11	-2.000	12.880	13.680	-2.387	11.293	12.133	1.800	16.600	17.400	4.307	18.427	19.187	4.600	19.200	20.000
12	-2.120	14.200	15.120	-0.987	14.133	14.773	1.880	16.880	17.680	5.307	19.907	16.627	4.440	18.880	19.800
13	-0.158	15.322	16.162	2.480	15.411	16.731	1.660	15.890	17.740	3.233	15.873	16.593	2.801	16.161	16.921
14	0.380	14.820	15.540	1.280	15.135	16.015	1.143	15.223	15.943	2.886	15.086	15.806	2.761	14.761	15.201
15	2.086	15.284	15.924	0.520	14.778	16.058	0.363	14.203	15.083	3.682	12.802	13.402	2.415	12.735	13.215
16	1.421	11.501	12.301	4.200	12.126	12.846	3.318	12.518	12.838	2.651	11.451	11.771	1.995	2.515	10.835
17	0.264	8.024	8.224	1.237	9.667	10.227	2.133	9.733	10.213	3.467	8.867	11.587	3.561	11.241	11.641
18	0.282	7.082	7.002	0.545	7.705	7.785	2.542	8.822	9.222	2.969	9.529	9.769	3.363	9.803	10.123
19	0.420	5.900	6.180	0.383	6.023	6.343	1.232	6.952	7.352	3.031	8.511	8.671	3.124	8.604	8.924
20	-0.322	4.558	4.878	0.180	5.100	5.180	1.322	5.802	6.082	3.013	8.253	8.293	3.205	4.205	8.125
21	-0.384	3.056	3.176	0.140	4.060	3.980	1.291	5.051	5.331	3.036	7.076	7.156	2.686	8.766	9.006
22	-0.606	1.914	2.234	-0.342	2.138	2.258	1.181	3.621	3.821	2.178	4.658	4.578	2.447	5.167	5.287
23	-0.597	1.323	1.324	-1.583	1.577	1.496	0.886	2.926	3.086	1.749	3.709	3.589	2.288	4.608	4.768
24	-0.788	0.492	0.532	-0.744	0.496	0.496	0.470	1.870	2.870	2.080	3.880	3.800	1.729	4.049	4.129
25	-1.539	-0.219	-0.219	-1.305	-0.865	-0.585	0.335	1.135	1.335	1.691	2.691	2.691	1.569	2.489	2.569
26							-0.535	7.865	1.385	1.903	1.423	2.303	0.850	1.610	1.610
27										1.552	1.552	1.352	1.411	1.011	1.051

放水管管内圧力計算*

実験に先立ち、管内圧力分布を曲管部から斜直管部末端までの上下面の圧力を式(1)により計算した結果を別表に示す。

$$\eta = \left(\frac{A_n}{A_o}\right)^2 \cdot \left(f_s + \lambda \frac{L_o}{D}\right) + \frac{\lambda A_n^2}{8} \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{R_{i-1} + R_i} \left(\frac{1}{A_{i-1}} + \frac{1}{A_i}\right)^2$$

$$h_z = H + Z_o - \frac{V_n^2}{2g} \left\{ \left(\frac{A_n}{A_s}\right)^2 + \left(\frac{A_n}{A_o}\right)^2 \cdot \left(f_s + \lambda \frac{L_o}{D}\right) + \frac{\lambda A_n^2}{8} \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{R_{i-1} + R_i} \left(\frac{1}{A_{i-1}} + \frac{1}{A_i}\right)^2 \right\}$$

$$P_s = H + Z_o - Z_s - \frac{V_n^2}{2g} \left\{ \left(\frac{A_n}{A_s}\right)^2 + \left(\frac{A_n}{A_o}\right)^2 \cdot \left(f_s + \lambda \frac{L_o}{D}\right) + \frac{\lambda A_n^2}{8} \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{R_{i-1} + R_i} \left(\frac{1}{A_{i-1}} + \frac{1}{A_i}\right)^2 \right\}$$

$$\mp b_s \cos \theta \pm F \frac{b_s Q^2}{g A_s^2 R_o} \dots\dots\dots (1)$$

$$F = \sqrt{\frac{\theta}{\theta_o} \left(2 - \frac{\theta}{\theta_o}\right)}$$

$$\lambda = 0.012 \quad f = 0.05$$

表-17 放水管々内圧力計算値表

部分	番号	E.L.543.50 m		E.L.564.50 m		E.L.565.70 m	
		上 面	下 面	上 面	下 面	上 面	下 面
曲 管 部	13	2.205	6.811	14.531	16.728	15.396	17.500
	14	3.598	7.087	15.168	15.434	16.003	16.144
	15	5.359	7.602	14.967	11.832	15.726	14.048
	16	6.864	7.638	12.557	8.967	13.165	9.405
斜 直 管 部	17	6.915	10.158	6.767	10.009	7.148	10.390
	18	7.460	10.605	6.050	9.195	6.382	9.527
	19	7.919	10.967	5.118	8.166	5.397	8.445
	20	8.280	11.231	3.941	6.892	4.161	7.111
	21	8.426	11.279	2.224	5.078	2.372	5.224
	22	8.503	11.308	1.377	4.182	1.488	4.293
	23	8.545	11.302	0.440	3.197	0.514	3.270
	24	8.549	11.257	-0.592	2.116	-0.558	2.149
	25	8.512	11.172	-0.933	1.726	-0.924	1.736

注 * 村, 荒木, 飯田 — 堰堤放水管に関する研究(2) 土木研究所報告第89号