

# 流速流量曲線式の計算

※ 佐藤純孝

$H$ を水位、 $V$ を平均流速、 $Q$ を流量とし、常數 $a, b, c$ が夫々次の關係で結ばれる時

$$V = ah + b \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = a + bh + ch^2 \dots\dots\dots (2)$$

(1)を流速曲線式 (2)を流量曲線式と云ふ

$V = ah + b$ に於て、 $a, b$ を求むるには

観測値	$h_1$	$h_2$	$h_3$	.....	$h_n$
	$V_1$	$V_2$	$V_3$	.....	$V_n$

を得たとすれば、夫等は (1) を満足すべき筈であるから

$V_1 = ah_1 + b$	}		(3)
$V_2 = ah_2 + b$			
.....			
$V_n = ah_n + b$			

各式毎に1個の事象を示すにより之等を観測方程式と呼ぶ、未知數2個に對し方程式は2箇以上有る故、代數方程式として解き得ない従てかゝる $n$ 個の観測方程式より $a, b$ に對する2個の聯立方程式を導き之を解くのである。

嚴密に云へば、上の観測方程式は正確な表現ではない。

各観測値に誤差を考へてないからである。本當は $V, h$ に夫々誤差を有するわけであるが、簡單の爲に、定數を含まぬ項へ誤差が集中するものとす。

實際測量の場合、平均流速 $V$ に誤差ありとするも、水位 $h$ の観測には誤差少しと見ることが出来る $a, b$ を常數の最確値とすれば

$$V + \xi = ah + b$$

$$\xi = (ah + b) - V$$

各観測について示せば

$\xi_1 = (ah_1 + b) - V_1$	}		(4)
$\xi_2 = (ah_2 + b) - V_2$			
.....			
$\xi_n = (ah_n + b) - V_n$			

之を誤差方程式と呼ぶ。

$V$ は觀測値、 $(ah+b)$ は $V$ の最確値とすれば

$$\xi = [\text{測られた量の最確値}] - [\text{その觀測値}]$$

$\xi$ を殘差と云ふ。

$$\xi_1 = (ah_1 + b) - V_1$$

$$\xi_2 = (ah_2 + b) - V_2$$

$$\dots\dots\dots$$
$$\xi_n = (aHn + b) - V_n$$

最確値の實質的條件は  $[\xi] = \text{最小}$

$$\text{即 ち } \frac{\partial [\xi]}{\partial a} = 0 \quad \frac{\partial [\xi]}{\partial b} = 0$$

$\frac{\partial [\xi]}{\partial a} = 0$ へ (4) を代入し、全體を 2 で割れば

$$(ah_1 + b - V_1)h_1 + (ah_2 + b - V_2)h_2 + \dots + (ahn + b - V_n)Hn = 0$$

$$\text{或は } (h_1h_1 + h_2h_2 + \dots)a + (h_1 + h_2 + \dots)b = (h_1V_1 + h_2V_2 + \dots) \dots\dots\dots (5)$$

$\frac{\partial [\xi]}{\partial b} = 0$ へ (4) を代入し全體を 2 で割れば

$$(ah_1 + b - V_1) + (ah_2 + b - V_2) + \dots + (aHn + b - V_n) = 0$$

$$\text{或は } (h_1 + h_2 + \dots)a + (1 + 1 + \dots)b = V_1 + V_2 + \dots\dots\dots (6)$$

(5)及(6)より

$$[hh]a + [h]b = [hV] \dots\dots\dots (7)$$

$$[h]a + [1]a = [V]$$

之を解きで得られる $a, b$ を定數の最適値とする

(7)を $a, b$ に對する正常方程式と云ふ。

$$(7) \text{を解きて、 } a = \frac{n[hV] - [h][V]}{n[hh] - [h]^2} \quad b = \frac{[hh][V] - [h][hV]}{n[hh] - [h]^2} \dots\dots\dots (8)$$

或る一系列の觀測に於て、誤差が之より大きい誤差と小さい誤差とは同程度に起るのであつて、此の分界點を一系列の推差と云ふ。

系列の推差は未知量 $2$ 個の場合は

$$r = 0.6745 \left\{ \frac{[\xi\xi]}{(n-2)} \right\}^{\frac{1}{2}} \text{で示される}$$

定數の推差は次の如く定義される

$$\left. \begin{aligned} a \text{の推差 } r_a &= r r_a^{\frac{1}{2}} \\ b \text{の推差 } r_b &= r r_b^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

こゝに

$r_a$ は $a$ の重み係数、 $r_b$ は $b$ 重みの係数で夫等の値は次式で示さる。

$$r_a = \frac{n}{n[hh] - [h]^2} \quad r_b = \frac{[hh]}{n[hh] - [h]^2} \quad (10)$$

推差 $r_a, r_b$ は有効数字1桁又は2桁迄算出その1桁目又は2桁目と同位迄、 $a, b$ を計算する習慣である。推差は一般に計算には必要でないのであるが、一應は $r_a, r_b$ を求め、それを見て、 $a, b$ の桁数を定める。

(8)より $a, b$ は求められるが、計算が面倒で且つ誤りが多い、此の不便を除き正確迅速に計算をなすために次の如き検算附解法を掲げる。

$V = ah + b$  の 解 法

(1) 係数の計算

観測番號	a 係 數	b 係 數	V	係 數 和
1	$h_1$	1	$V_1$	$S_1$
2	$h_2$	1	$V_2$	$S_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	$h_n$	1	$V_n$	$S_n$
和	$[h]$	n	$[V]$	$[S]$

こゝに  $S = 1 + h + V$

(2) 係数積の計算

観測番號	hh	hV	VV	hS	VS
1	$h_1 h_2$	$h_1 V_1$	$V_1 V_1$	$h_1 S_1$	$V_1 S_1$
2	$h_2 h_2$	$h_2 V_2$	$V_2 V_2$	$h_2 S_2$	$V_2 S_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	$h_n h_n$	$h_n V_n$	$V_n V_n$	$h_n S_n$	$V_n S_n$
和	$[hh]$	$[hv]$	$[VV]$	$[hS]$	$[VS]$

上の計算より

$$[h] + n + [v] = [s]$$

$$[hh] + [h] + [hv] = [h.s]$$

$$[hv] + [v] + [vv] = [vs] \quad \text{なるべき筈である。}$$

上式が全て成立すれば正常方程式は次の如く書く。

$$[hh]a + [h]b = [hv]$$

$$[h]a + nb = [v]$$

次に次表に依て計算を行ふ。

(3) 計 算 表

番 號	計 算 方 法	a	b	v	s	
(1)	(7)式の第1式係數	[hh]	[h]	[hv]	[hs]	第1檢 算 同 上 同 上
(2)	(7)式の第2式係數	[h]	n	[v]	[s]	
(3)	檢 算 用 係 數	[hv]	[v]	[vv]	[vs]	
(2)'	(2)を 其 の 儘	[h]	n	[v]	[s]	第2檢 算
(4)	(1) × [h]/[hh]	[h]	[h][h]/[hh]	[h][hv]/[hh]	[h][hs]/[hh]	
(5)	(2)' - (4)	o	[11.1]	[1v.1]	[1s.1]	
(3)'	(3)を 其 の 儘	[hv]	[v]	[vv]	[vs]	第3檢 算
(6)	(1) × [hv]/[hh]	[hv]	[hv][h]/[hh]	[hv][hv]/[hh]	[hv][hs]/[hh]	
(7)	(3)' - (6)	o	[1v.1]	[vv.1]	[vs.1]	
(8)	(5) × [1v.1]/[11.1]		[1v.1]	[1v.1] / [11.1]	[1v.1][1s.1] / [11.1]	第4檢 算
(9)	(7) - (8)		o	[vv.2]	[vs.2]	

上表にて

$$[11.1] + [1V.1] = [1S.1]$$

$$[1V.1] + [VV.1] = [VS.1]$$

[VV.2] = [VS.2]なるべき筈である。

(4) 推 差

系列の推差  $\gamma = 0.6745 \{ (VV.2) / (n-2) \} \frac{1}{2}$

重み係數  $\gamma b = 1 / [11.1] \quad \gamma a = \{ h / [hh] \} \gamma b$

a の 推 差  $r_a = r \gamma a \frac{1}{2}$

b の 推 差  $r_b = r \gamma b \frac{1}{2}$

推差は有効數 1 桁又は 2 桁迄算出する習慣である。

(5) 最 確 値

$$b = [1V.1] / [11.1]$$

$$a = \frac{[hv]}{[hh]} - \frac{[h]}{[hh]} b$$

a, b の最終桁は推差の第 1 有効數字又は第 2 有効數字 1 桁に合せること。

答  $a \pm \gamma a, \quad b \pm \gamma b$

こゝに誤差方程式の兩邊を 2 乘し、邊別に加へ、上に得た最確値を代入すれば(ξξ) = [VV.2]

となる。

流量曲線式  $Q = a + bh + ch^2$  に於て  $a, b, c$  を

求むるには、最小2乗法により

$$\begin{aligned} \text{正常方程式} \quad [1]a + [h]b + [h^2]c &= [v] \\ [h]a + [h^2]b + [h^3]c &= [hv] \dots \dots \dots (11) \\ [h^2]a + [h^3]b + [h^4]c &= [h^2v] \end{aligned}$$

を解ば良い

ここに  $[1] = n$

$$Q = ah^2 + bh + c \text{ の解法}$$

(1) 係数及係数積の計算

番 號	1	$h$	$h^2$	$Q$	$s$	$h^3$	$h^4$	$Q^2$	$h^2$	$h^2Q$	$hs$	$h^2s$	$Qs$
1	1	$h_1$	$h_1^2$	$Q_1$	$s_1$	$h_1^3$	$h_1^4$	$Q_1^2$	$h_1^2$	$h_1^2Q_1$	$h_1s_1$	$h_1^2s_1$	$Q_1s_1$
2	1	$h_2$	$h_2^2$	$Q_2$	$s_2$	$h_2^3$	$h_2^4$	$Q_2^2$	$h_2^2$	$h_2^2Q_2$	$h_2s_2$	$h_2^2s_2$	$Q_2s_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	1	$h_n$	$h_n^2$	$Q_n$	$s_n$	$h_n^3$	$h_n^4$	$Q_n^2$	$h_n^2$	$h_n^2Q_n$	$h_n s_n$	$h_n^2 s_n$	$Q_n s_n$
和	$n$	$[h]$	$[h^2]$	$[Q]$	$[s]$	$[h^3]$	$[h^4]$	$[Q^2]$	$[h^2Q]$	$[h^2Q]$	$[hs]$	$[h^2s]$	$[QS]$

ここに  $S = 1 + h + h^2 + Q$

(2) 計 算 表

番 號	計 算 方 法	$a$	$b$	$c$	$Q$	$s$	
(1)	第1式の係数	$n$	$[h]$	$[h^2]$	$[Q]$	$[S]$	第1檢算
(2)	第2式の係数	$[h]$	$[h^2]$	$[h^3]$	$[Qh]$	$[hs]$	第2檢算
(3)	第3式の係数	$[h^2]$	$[h^3]$	$[h^4]$	$[Qh^2]$	$[h^2s]$	第3檢算
(4)	檢算用係数	$[Q]$	$[Qh]$	$[Qh^2]$	$[Q^2]$	$[Qs]$	第4檢算
(2)'	(2)ノママ	$[h]$	$[h^2]$	$[h^3]$	$[Qh]$	$[hs]$	
(5)	(1)×[h]/n	$[h]$	$[h]^2/n$	$[h][h^2]/n$	$[h][Q]/n$	$[h][s]/n$	
(6)	(2)'-(5)	o	$[h^2.1]$	$[h^3.1]$	$[Qh.1]$	$[hs.1]$	第5檢算
(3)'	(3)ノママ	$[h^2]$	$[h^3]$	$[h^4]$	$[Qh^2]$	$[h^2s]$	
(7)	(1)×[h^2]/n	$[h^2]$	$[h^2][h]/n$	$[h^2]^2/n$	$[Q][h^2]/n$	$[S][h^2]/n$	
(8)	(3)'-(9)	o	$[h^3.1]$	$[h^4.1]$	$[Qh^2.1]$	$[h^2s.1]$	第6檢算

(4)'	(4)ノママ	[Q]	[Qh]	[Qh <sup>2</sup> ]	[Q <sup>2</sup> ]	[QS]	第7檢算
(9)	(1)× $\frac{[Q]}{n}$	[Q]	[h][Q]/n	[Q][h <sup>2</sup> ]/n	[Q]/n	[Q][S]/n	
(10)	(4)-(9)	o	[Qh.1]	[h <sup>2</sup> Q.1]	[QQ.1]	[QS.1]	
(8)'	(8)ノママ		[h.1]	[h <sup>2</sup> .1]	[Qh <sup>2</sup> .1]	[h s.1]	第8檢算
(11)	(6)× $\frac{[h^2.1]}{[h^2.1]}$		[h <sup>2</sup> .1]	$\frac{[h^2.1]^2}{[h.1]}$	$\frac{[h.1][Qh.1]}{[h^2.1]}$	$\frac{[h^2.1][hs.1]}{[h.1]}$	
(12)	(8)-(11)		o	[h <sup>2</sup> .2]	[h Q.]	[h <sup>2</sup> S]	
(10)'	(10)ノママ		[Qh.1]	[h Q.1]	[QQ.1]	[Qs.1]	第9檢算
(13)	(6)× $\frac{[Qh.1]}{[h^2.1]}$		[Qh.1]	$\frac{[h.1][Qh.1]}{[h^2.1]}$	[Qh.1]	$\frac{[Qh.1][hs.1]}{[h.1]}$	
(14)	(10)-(13)		o	[Qh <sup>2</sup> .2]	[Q <sup>2</sup> .2]	[Qs.2]	
(15)	(12)× $\frac{[Qh.2]}{[h^2.2]}$			[Qh.2]	$\frac{[Qh.2]^2}{[h^2.2]}$	$\frac{[Qh^2.2][h^2s.2]}{h.2}$	第10檢算
(16)	(14)-(15)			o	[Q.3]	[Qs.3]	

上表にて

$$\begin{aligned}
n + [h] + [h^2] + [Q] &= [s] \\
[h] + [h^2] + [h^3] + [Qh] &= [hs] \\
[h] + [h^2] + [h^4] + [Qh] &= [h^2s] \\
[Q] + [Qh] + [Qh^2] + [Q] &= [Qs] \\
[h.1] + [h^2.1] + [Qh.1] &= [hs.1] \\
[h^2.1] + [h^4.1] + [Qh.1] &= [h^2s.1] \\
[Qh.1] + [h Q.1] + [QQ.1] &= [Qs.1] \\
[h^2.2] + [h Q.2] &= [h^2s.2] \\
[Qh.2] + [Q.2] &= [Qs.2] \\
[Q.3] &= [Qs.3] \text{ となる筈である。}
\end{aligned}$$

(3) 推 差

系列の推差  $r = 0.6745 \{ [Q.3] / (n-3) \}^{\frac{1}{2}}$  未知量三個の場合

$$\text{重み係数 } r_a = \frac{1}{[h^2.2]} \quad r_b = \frac{[h^2][h^4] - [h^2]^2}{u[h^2.1]} r_c$$

$$r_b = \frac{[h^4.1]}{[h.1]} r_a$$

$$a \text{ の推差 } ra = r \gamma a^{\frac{1}{2}}$$

$$b \text{ の推差 } rb = r \gamma b^{\frac{1}{2}}$$

c の推差  $rc = r \gamma c^{\frac{1}{2}}$  推差は有効数字1桁又は2桁迄算出。

(4) 最 確 値

$$C = \frac{[h^2 Q \cdot 2]}{[h^4 \cdot 2]}$$

$$b = \frac{[h Q \cdot 1]}{[h \cdot 1]} - \frac{[h^3 \cdot 1]}{[h \cdot 1]} C$$

$$a = \frac{[Q]}{n} - \frac{[h^2]}{n} C - \frac{[h]}{n} b$$

a, b, c 最終桁は推差の第 1 又は第 2 有効数字の桁に合せること。

答  $a \pm ra, b \pm rb, c \pm rc$

例 題

康徳 5 及 6 年度飲馬河筋京濱線鐵橋下流 100m 箇所にて各水位  $h$  に對する平均流速  $V$  及流量  $Q$  を觀測せり。

觀 測 値

番 號	$h^m$	$V^{ms^{-1}}$	$Q^{m^3s^{-1}}$	番 號	$h^m$	$V^{ms^{-1}}$	$Q^{m^3s^{-1}}$	和 番	$h^m$	$V^{ms^{-1}}$	$Q^{m^3s^{-1}}$
1	3.97	0.44	53.6	18	2.56	0.25	16.2	35	2.16	0.19	9.6
2	4.09	0.45	57.6	19	2.45	0.24	15.0	36	2.20	0.19	10.7
3	4.20	0.43	64.8	20	2.37	0.23	13.1	37	2.27	0.20	11.2
4	4.21	0.41	63.5	21	2.33	0.22	12.2	38	2.26	0.19	10.3
5	4.27	0.41	68.1	22	2.35	0.23	12.6	39	2.92	0.39	32.4
6	4.29	0.46	66.0	23	2.45	0.24	14.3	40	2.83	0.39	31.3
7	4.44	0.47	73.6	24	2.66	0.28	19.7	41	2.62	0.29	20.4
8	4.50	0.50	74.8	25	2.71	0.31	22.3	42	2.44	0.25	14.9
9	4.53	0.49	82.9	26	2.45	0.25	15.5	43	2.40	0.24	15.0
10	4.55	0.50	79.4	27	2.28	0.19	10.1	44	2.38	0.24	14.3
11	4.59	0.43	86.0	28	2.21	0.18	9.4	45	2.40	0.26	51.8
12	4.65	0.50	85.8	29	2.19	0.18	8.7	46	2.78	0.38	28.9
13	4.68	0.50	87.4	30	2.20	0.19	9.7	47	2.96	0.40	34.1
14	4.75	0.50	90.9	31	2.14	0.18	9.1	48	3.07	0.40	36.1
15	4.76	0.45	89.6	32	2.12	0.18	8.9	49	3.11	0.40	37.0
16	2.75	0.32	24.8	33	2.10	0.15	7.5	50	3.10	0.40	36.6
17	2.66	0.27	18.8	34	2.12	0.16	7.9				

流速曲線式  $V = ah + b$

## 1. 係數及係數積の計算

番 號	$n$	$h$	$v$	$s$	$h^2$	$hv$	$v^2$	$hs$	$vs$
1	1	3.97	0.44	5.41	15.76	1.747	0.194	21.478	2.380
2	1	4.09	0.45	5.54	16.73	1.841	0.203	22.659	2.493
3	1	4.20	0.43	5.63	17.64	1.806	0.185	23.646	2.421
4	1	4.21	0.41	5.62	17.72	1.726	0.168	23.660	2.304
5	1	4.27	0.41	5.68	18.23	1.751	0.168	24.254	2.329
6	1	4.29	0.46	5.75	18.40	1.973	0.212	24.668	2.645
7	1	4.44	0.47	5.91	19.71	2.087	0.221	26.240	2.778
8	1	4.50	0.50	6.00	20.25	2.250	0.250	27.000	3.000
9	1	4.53	0.49	6.02	20.52	2.220	0.240	27.270	2.950
10	1	4.55	0.50	6.05	20.70	2.275	0.250	27.528	3.025
11	1	4.59	0.43	6.02	21.07	1.974	0.185	27.632	2.589
12	1	4.65	0.50	6.15	21.62	2.325	0.250	28.598	3.075
13	1	4.68	0.50	6.18	21.90	2.344	0.250	28.922	3.090
14	1	4.75	0.50	6.25	22.56	2.375	0.250	29.688	3.125
15	1	4.76	0.45	6.21	22.66	2.142	0.203	29.560	2.795
16	1	2.75	0.32	4.07	7.56	0.880	0.102	11.193	1.302
17	1	2.66	0.27	3.93	7.08	0.718	0.073	10.454	1.061
18	1	2.56	0.25	3.81	6.55	0.640	0.063	9.754	0.953
19	1	2.45	0.24	3.69	6.00	0.588	0.058	9.041	0.886
20	1	2.37	0.23	3.60	5.62	0.545	0.053	8.532	0.828
21	1	2.33	0.22	3.55	5.43	0.513	0.048	8.272	0.781
22	1	2.35	0.23	3.58	5.52	0.541	0.053	8.413	0.823
23	1	2.45	0.24	3.69	6.00	0.588	0.058	9.041	0.886
24	1	2.66	0.28	3.94	7.08	0.745	0.078	10.484	1.103
25	1	2.71	0.31	4.02	7.34	0.840	0.096	10.894	1.246
26	1	2.45	0.25	3.70	6.00	0.613	0.063	9.065	0.925
27	1	2.28	0.19	3.47	5.20	0.433	0.036	7.912	0.659
28	1	2.21	0.18	3.39	4.88	0.398	0.032	7.492	0.610
29	1	2.19	0.18	3.37	4.80	0.394	0.032	7.380	0.607
30	1	2.20	0.19	3.39	4.84	0.418	0.036	7.458	0.644
31	1	2.14	0.18	3.32	4.58	0.385	0.032	7.105	0.598
32	1	2.12	0.18	3.30	4.49	0.382	0.032	6.996	0.594
33	1	2.10	0.15	3.25	4.41	0.315	0.023	6.825	0.488
34	1	2.12	0.26	2.28	4.49	0.339	0.026	6.954	0.525
35	1	2.16	0.19	3.35	4.67	0.410	0.036	7.236	0.637
36	1	2.20	0.19	3.39	4.84	0.418	0.036	7.458	0.644
37	1	2.28	0.20	3.48	5.20	0.456	0.040	7.934	0.696
38	1	2.26	0.19	3.45	5.11	0.429	0.036	7.797	0.656
39	1	2.92	0.39	4.31	8.53	1.139	0.152	12.585	1.681
40	1	2.83	0.39	4.22	8.01	1.104	0.152	11.943	1.646
41	1	2.62	0.29	3.91	6.86	0.760	0.084	10.244	1.134
42	1	2.44	0.25	3.69	5.95	0.610	0.063	9.004	0.923
43	1	2.40	0.24	3.64	5.76	0.576	0.058	8.736	0.874
44	1	2.38	0.24	3.62	5.66	0.571	0.058	8.616	0.869
45	1	2.40	0.26	3.66	5.76	0.624	0.068	8.784	0.952
46	1	2.78	0.38	4.16	7.73	1.056	0.144	11.565	1.581
47	1	2.96	0.40	4.36	8.76	1.184	0.160	12.906	1.744
48	1	3.07	0.40	4.47	9.42	1.228	0.160	13.723	1.788
49	1	3.11	0.40	4.51	9.67	1.244	0.160	14.026	1.804
50	1	3.10	0.40	4.50	9.61	1.240	0.160	13.950	1.800
和	50	153.49	16.00	219.49	514.88	54.156	5.790	722.571	75.937



2. 計 算 表

番號	運算方法	a	b	v	v+b+v	s	
(1)	(7)式の第1式係數	$[hh] 514.88$	$[h] 153.49$	$[hv] 54,156$	722,526	$[hs] 722,571$	第1檢算
(2)	(7)式の第2式係數	$[h] 153.49$	n 50	$[v] 16,0$	219,49	$[s] 219,49$	同上
(3)	檢算用係數	$[hv] 54,156$	$[v] 16$	$[vv] 5,79$	75,946	$[vs] 75,947$	同上
(2)'	(2)をそのまま	153,49	50	16,0		219,49	
(4)	(1) × $\frac{[h]}{[hh]}$	153,49	45,757	16,144		215,404	
(5)	(2)'-(4)	0	$[11.1] 4,243$	$[1v.1]-0,144$	4,499	$[1s.1] 4,086$	第2檢算
(3)'	(3)をそのまま	54,156	16	5,79		75,947	
(6)	(1) × $\frac{[hv]}{[hh]}$	54,156	16,144	5,696		76,001	
(7)	(3)'-(6)	0	$[1v.1]-0,144$	$[vv.1] 0,094$	-0,050	$[vs.1]-0,054$	第3檢算
(8)	(5) × $\frac{[1v.1]}{[11.1]}$		-0,144	0,005		-0,139	
(9)	(7)-(8)		0	$[vv.2] 0,089$	0,089	$[vs.2] 0,085$	第4檢算

註 第1より第4迄の檢算で  $a+b+v=s$  でなければならぬ出来るだけ合はせる様にする。

3. 推差及常數の計算

$$\text{系列の推差 } r = 0,6745 = \left( \frac{[vv.2]}{n-2} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,6745 \times \left( \frac{0,089}{48} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,029$$

$$b \text{ の重み係數 } r_b = \frac{1}{[11.1]} = \frac{1}{4,243} = 0,2356 \quad \therefore r b^{\frac{1}{2}} = 0,485$$

$$a \text{ の重み係數 } r_a = \frac{n}{[hh]} r_b = \frac{50}{514,88} \times 0,2356 \times 0,0229 \quad \therefore r a^{\frac{1}{2}} = 0,150$$

$$a \text{ の推差 } r_a = r r_a^{\frac{1}{2}} = 0,029 \times 0,15 = 0,004$$

$$b \text{ の推差 } r_b = r r_b^{\frac{1}{2}} = 0,029 \times 0,485 = 0,01$$

推差は何れも有効數字1桁を取る。

$$\text{常數} = b \frac{[1V.1]}{[11.1]} = \frac{-0,144}{4,243} = -0,03$$

$$\text{常數} = a \frac{[hv]}{[hh]} - \frac{[h]}{[hh]} b = \frac{54,156}{514,88} - \frac{153,49}{514,88} \times (-0,03) = 0,115$$

常數の最終桁は何れも推差の第1有効數字の桁に合はせる。

$$\text{答 } a = 0,115 \pm 0,004$$

$$b = -0,03 \pm 0,01$$

依て流速曲線式は  $V=0,115h-0.03$

流量曲線式  $Q=ah^2+bh+c$

1. 係數及係數積の計算

番號	n	h	h <sup>2</sup>	Q	S	h <sup>3</sup>	h <sup>4</sup>	Q <sup>2</sup>	hQ	h <sup>2</sup> Q	hS	h <sup>2</sup> S	QS	$\frac{Q-Q}{Q}$ (%)
1	1	3.97	15.8	53.6	74.37	62.6	248	2,873	213	847	295	1,475	3,986	+12.6
2	1	4.09	16.7	57.6	79.39	68.4	280	3,318	236	962	325	1,326	4,573	+44.3
3	1	4.20	17.6	64.8	87.60	74.1	311	4,199	272	1,140	368	1,542	5,676	+ 4.4
4	1	4.21	17.7	63.5	86.41	74.6	314	4,032	267	1,124	364	1,529	5,487	+ 7.1
5	1	4.27	18.2	68.1	91.27	77.9	332	4,638	291	1,239	391	1,667	6,236	+ 2.8
6	1	4.29	18.4	66.0	89.69	79.3	339	4,356	283	1,214	385	1,654	5,920	+ 7.1
7	1	4.44	19.7	73.6	98.74	87.5	388	5,417	327	1,450	438	1,945	7,267	+ 2.9
8	1	4.50	20.3	74.8	100.60	91.1	410	5,595	337	1,518	453	2,002	7,525	+ 4.2
9	1	4.53	20.5	82.9	108.93	93.0	421	6,872	376	1,699	493	2,233	9,032	- 4.9
10	1	4.55	20.7	79.4	105.65	94.2	429	6,304	361	1,644	481	2,487	8,389	+ 0.1
11	1	4.59	21.1	86.0	112.69	96.7	444	7,396	395	1,815	517	2,378	9,961	+ 5.8
12	1	4.65	21.6	85.8	113.05	100.5	468	7,362	399	1,853	526	2,441	9,700	- 3.3
13	1	4.68	21.9	87.4	114.98	102.5	480	7,639	409	1,914	538	2,508	10,049	- 3.8
14	1	4.75	22.6	90.9	119.25	107.2	509	8,263	432	1,054	566	2,695	10,840	- 4.8
15	1	4.76	22.7	89.6	118.36	107.9	513	8,028	427	2,034	562	2,680	10,578	- 3.0
16	1	2.75	7.6	24.8	36.15	20.8	57	615	68	189	99	275	897	- 3.1
17	1	2.66	7.1	18.8	29.56	18.8	50	353	50	134	79	210	556	+14.4
18	1	2.56	6.6	16.2	26.36	16.8	43	262	42	107	68	474	427	+16.4
19	1	2.45	6.0	15.0	24.45	14.7	36	225	37	90	60	117	367	+ 5.6
20	1	2.37	5.6	13.1	22.07	13.3	32	172	31	73	52	121	289	+ 4.7
21	1	2.33	5.4	12.2	20.93	12.7	30	149	28	66	49	113	255	+ 3.7
22	1	2.35	5.5	12.6	21.45	13.0	31	159	30	69	58	118	270	+ 4.6
23	1	2.45	6.0	14.3	23.75	14.7	36	205	35	86	58	143	340	+10.8
24	1	2.66	7.1	19.7	33.46	18.8	50	388	52	140	81	216	600	+ 9.2
25	1	2.71	7.3	22.3	33.31	19.9	54	497	50	063	90	243	743	+ 2.0
26	1	2.45	6.0	15.5	24.95	14.7	36	240	38	93	61	150	387	+ 2.2
27	1	2.28	5.2	10.1	18.58	11.9	27	102	23	53	42	97	188	-13.0
28	1	2.21	4.9	9.4	17.51	10.8	24	88	21	46	39	86	165	- 2.6
29	1	2.19	4.8	8.7	16.69	10.5	23	76	19	42	37	80	145	- 4.7
30	1	2.20	4.8	9.7	17.70	11.6	23	94	21	47	39	85	172	- 4.2
31	1	2.14	4.6	9.1	16.84	9.8	21	83	20	42	36	78	153	-12.3
32	1	2.12	4.5	8.9	16.52	9.5	20	79	19	40	35	74	147	-17.4
33	1	2.10	4.4	7.5	15.00	9.3	19	56	16	33	32	66	113	- 9.1
34	1	2.12	4.5	7.9	15.52	9.5	20	62	17	36	33	70	123	- 7.0
35	1	2.16	4.7	9.6	17.46	10.1	22	92	21	45	38	82	168	-12.3
36	1	2.20	4.8	10.7	18.70	10.6	23	114	24	50	44	90	200	-13.1
37	1	2.28	5.2	11.2	19.68	11.9	27	125	26	58	45	102	221	+ 1.9
38	1	2.26	5.1	10.3	18.66	11.5	26	106	23	53	42	95	192	+ 5.6
39	1	2.92	8.5	32.4	44.82	24.9	72	1,050	95	275	131	381	1,452	-11.6
40	1	2.83	8.0	31.3	48.13	22.7	64	980	89	250	122	345	1,350	-16.7
41	1	2.62	6.9	20.4	30.92	18.0	47	416	53	141	81	213	631	+ 0.2
42	1	2.44	5.9	14.9	24.24	14.5	35	222	36	88	59	143	361	+ 3.9
43	1	2.40	5.8	15.00	24.20	13.8	33	225	36	87	58	140	363	- 2.6
44	1	2.38	5.7	14.3	23.38	13.5	32	205	34	82	56	133	331	- 1.5
45	1	2.40	5.8	15.8	25.00	13.8	33	250	38	82	60	145	395	- 7.5
46	1	2.78	7.7	28.9	40.38	21.5	60	835	80	223	112	311	1,167	-14.4
47	1	2.96	8.8	34.1	46.86	25.9	77	1,163	101	300	139	412	1,598	-12.3
48	1	3.07	9.4	36.1	49.57	28.9	89	1,303	111	339	152	466	1,789	- 8.8
49	1	3.11	9.7	37.0	50.81	30.1	94	1,369	115	359	158	493	1,880	- 7.7
50	1	3.10	9.6	36.6	50.30	29.8	92	1,340	114	351	156	483	1,841	- 7.6
和	50	153.49	515.0	1,738.4	2,456.89	1,878.8	7,345	99,992	6,648	26,850	9,192	36,591	135,225	

2. 計 算 表

番 號	運算方法	a	b	c	Q	和	S	檢 算
( 1 )	式 (11) ノ 第一式ノ係數	n 50	$[h]$ 153.49	$[h^2]$ 515	$[Q]$ 1,738.4	2,456.89	$[S]$ 2,156.89	檢算(1)
( 2 )	式 (11) ノ 第二式ノ係數	$[h]$ 153.49	$[h]$ 515	$[n]$ 1,878.8	$[Qh]$ 6,648	9,195.29	$[S]$ 9,195.29	〃 ( 2 )
( 3 )	式 (11) ノ 第三式ノ係數	$[h]$ 515	$[h^3]$ 1,878.8	$[h^4]$ 7,345	$[Qh^2]$ 26,850	36,588.8	$[h^2 S]$ 36,588.8	〃 ( 3 )
( 4 )	檢算用係數	$[Q]$ 5,738.4	$[Qh]$ 6,648	$[Qh^2]$ 26,850	$[Q^2]$ 99,992	131,228.4	$[QS]$ 135,228.4	〃 ( 4 )
( 2 )'	(2) ノママ	153.49	515	1,878.8	6,648		9,195.29	
( 5 )	(1) × $[h]/n$	153.49	471.184	1,580.947	5,336.450		7,542.161	
( 6 )	(2) - (5)	0	$[h^2]$ 43.816	$[h \cdot 1]$ 297.853	$[Qh1]$ 1,311.460	1,653.129	$[hS1]$ 1,653.129	〃 ( 5 )
( 3 )'	(3) ノママ	515	1,878.8	7,345	26,850		36,588.8	
( 7 )	(1) × $[h^2]/n$	515	1,580.947	5,304.500	17,905.520		25,205.967	
( 8 )	(3) - (7)	0	$[h^3]$ 297.853	$[h \cdot 1]$ 2,040.5	$[Qh^2]$ 8,944.48	11,282.833	$[h^2 S]$ 11,283.833	〃 ( 6 )
( 4 )'	(4) ノママ	1,738.4	6,648	26,850	99,992		135,228.4	
( 9 )	(1) × $[Q]/n$	1,738.4	5,336.540	17,905.52	60,444.660		85,421.112	
(10)	(4) - (9)	0	$[Qh1]$ 1,311.46	$[Qh^2]$ 8,944.48	$[QQ \cdot 1]$ 39,551.309	49,807.209	$[QS1]$ 49,807.249	〃 ( 7 )
( 8 )'	(8) ノママ		297.853	2,040.5	8,944.48		11,282.833	
(11)	(6) × $\frac{[h \cdot 1]}{[h^2 \cdot 1]}$		297.853	2,024.71	8,915.043		11,237.640	
(12)	(8) - (11)		0	$[h \cdot 2]$ 15.79	$[h^2 Q \cdot 2]$ 29.437	45.227	$[h^2 S2]$ 45.193	〃 ( 8 )
(10)'	(10) ノママ		1,311.46	8,944.48	39,551.309		49,807.248	
(13)	(6) × $\frac{[Qh1]}{[h^2 \cdot 1]}$		1,311.56	8,915.038	39,253.309		49,079.804	
(14)	(10) - (13)		0	$[Q \cdot 2 \cdot 2]$ 29.442	$[Q^2 \cdot 2]$ 298.000	327.442	$[QS2]$ 327.444	〃 ( 9 )
(15)	(12) × $\frac{[Qh^2 \cdot 2]}{[h^4 \cdot 2]}$			29.448	54.000		84.284	
(16)	(14) - (15)			0	$[Q^2 \cdot 3]$ 243.100	243.100	$[QS3]$ 243.160	〃 (10)

## 3. 推差及常數の計算

$$\text{系列の推差 } r = 0.6745 \times \left\{ \frac{[Q^2.3]}{(n-3)} \right\}^{\frac{1}{2}} = 0.6745 \times \left( \frac{243.1}{47} \right)^{\frac{1}{2}} = 1.533$$

$$c \text{ の重み係數 } r_c = \frac{1}{[h^4.2]} = \frac{1}{15.79} = 0.063 \quad r_c^{\frac{1}{2}} = 0.25$$

$$d \text{ の重み係數 } r_b = r_c \times \frac{[h^4.1]}{[h^2.1]} = 0.0633 \times \frac{2,040.5}{43.816} = 2.9478 \quad r_b^{\frac{1}{2}} = 1.72$$

$$a \text{ の重み係數 } r_a = r_c \times \left\{ \frac{[h^2][h^4] - [h^3]^2}{n[h^2.1]} \right\} = 7.303 \quad r_a^{\frac{1}{2}} = 2.70$$

$$a \text{ の推差 } r_a = r \cdot r_a^{\frac{1}{2}} = 1.533 \times 2.70 = 4.2$$

$$b \text{ の推差 } r_b = r \cdot r_b^{\frac{1}{2}} = 1.533 \times 1.72 = 2.6$$

$$c \text{ の推差 } r_c = r \cdot r_c^{\frac{1}{2}} = 1.533 \times 0.25 = 0.38$$

推差は有効數字 2 桁迄取る

$$c = \frac{[Qh^2.2]}{[h^4.2]} = \frac{29.442}{15.79} = 1.86$$

$$b = \frac{[Qh.1]}{[h.1]} - \frac{[h^3.1]}{[h.1]} C = 17.3$$

$$a = \frac{[Q]}{n} - \frac{[h]}{n} C - \frac{[h]}{n} b = -37.7$$

$$\text{答 } a = -37.7 \pm 4.2$$

$$b = 17.3 \pm 2.6$$

$$c = 1.86 \pm 0.38$$

依て流量曲線式は  $Q = -37.7 + 17.3h + 1.86h^2$

## 會員諸氏へ御願ひ

◆轉居、轉任等なされた場合は必ず其の都度御通知下さい。會員の名簿の訂正、會誌の發送  
其他通信事務會務整理上事に御願ひ致します。

### ◆機關誌建設原稿募集

論說、研究、資料、隨筆

寫眞………工事寫眞（撮影月日及簡單なる説明を附すること）

以上各種共掲載のものに對しては薄謝を呈します。新京交通部道路司内滿洲土木研究會編輯部宛御送附下さい。