



管網の流量計算について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-05-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 森田, 健造 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3088

管網の流量計算について

森 田 健 造

Computation of Flow in Pipe Networks

Kenzo Morita

Abstract

Some methods have so far used to calculate the discharge of pipe networks; Hardy Cross method and a few method to be regarded as that improved way.

In this paper the author led the correlate normal equations and the formulas to find the corrected discharge by applying the method of least squares to the above-mentioned ones, and found a method to make these equations and formulas mechanically as the result of examining these.

Moreover he found a mechanical calculation method to find correlate and corrected discharge, and compared this new method with present calculation method.

I. 序 説

管網の流量計算法としては、Hardy Cross 法とその改良法ともいうべき種々の方法が用いられており、それらの方法によれば、各管路の流量に対する各網目の補正流量は $-\frac{\sum h}{n \sum r q^{n-1}}$ で与えられ、これによつて修正された流量について、更にこの計算法を所要の精度に達するまでくりかえす。

但し上式で

q : 管路の流量

$h=rq^n$: 管路の摩擦損失水頭

r : 流水抵抗で管内の平均流速公式として Williams-Hazen 公式を用い、管の内径 d を mm, 延長 l を m で表わすと $\frac{43.562 \times 10^{14}}{C^{1.85} d^{4.87}} l$

n : 流量の指数で Williams-Hazen 公式を用いると 1.85

C : 流量係数

本文では先に発表した水準網の調整計算法¹⁾を、管網の流量計算に拡張応用しようとする

1) 森田健造：水準網の調整計算について。室工大研究報告，第2巻，第2号，p. 107-122.

ものである。但し水準網は各路線の水準差が既知であるが、この場合は、それに相当する管路の流量と流向が未知であるから、最初はこれらを仮定することになるが、これに従つて管網に対する水理条件式を作つてコリレート正規方程式を導き、これを順序正しく配列すると、その式中のコリレートと係数の間及びその式全体としてのコリレート相互の間には、常に一定の規則正しい関係が見出され、又補正流量を求める式も一定の法則に従っていることがわかるからこれらの特質を利用して、各網目のコリレートの値及び各管路の補正流量を機械的に計算する。

II. コリレート正規方程式

v : 管路の補正流量

H : 修正流量 (すなわち $q+v$) に対する摩擦損失水頭で

$$H = r(q+v)^n = r \left\{ q^n + nq^{n-1}v + \frac{n(n-1)}{2!} q^{n-2}v^2 + \dots \right\}$$

ここで、 v は q に比較して小さい値として第3項以下を省略すれば

$$H \doteq r q^n + n r q^{n-1} v = h + n \frac{h}{q} v$$

各網目について考えるとき、管路の流向は、時計方向を正、反時計方向を負と規約すれば、たとえば図-1の様に流向を仮定した場合、水理条件式は次の様になる。

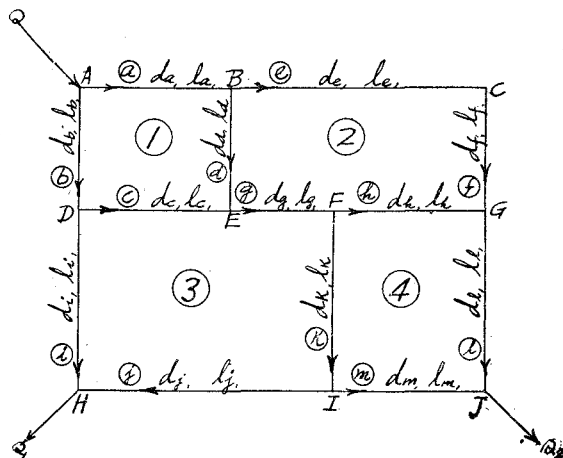


図-1

$$\left. \begin{aligned} n \left(\frac{h_a}{q_a} v_a + \frac{h_d}{q_d} v_d - \frac{h_b}{q_b} v_b - \frac{h_c}{q_c} v_c \right) + w_1 &= 0 \\ \text{但し } w_1 &= h_a + h_d - h_b - h_c \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} n \left(\frac{h_e}{q_e} v_e + \frac{h_f}{q_f} v_f - \frac{h_d}{q_d} v_d - \frac{h_g}{q_g} v_g - \frac{h_h}{q_h} v_h \right) + w_2 &= 0 \\ \text{但し } w_2 &= h_e + h_f - h_d - h_g - h_h \\ n \left(\frac{h_c}{q_c} v_c + \frac{h_g}{q_g} v_g + \frac{h_k}{q_k} v_k - \frac{h_i}{q_i} v_i + \frac{h_j}{q_j} v_j \right) + w_3 &= 0 \\ \text{但し } w_3 &= h_c + h_g + h_k - h_i + h_j \\ n \left(\frac{h_h}{q_h} v_h + \frac{h_l}{q_l} v_l - \frac{h_k}{q_k} v_k - \frac{h_m}{q_m} v_m \right) + w_4 &= 0 \\ \text{但し } w_4 &= h_h + h_l - h_k - h_m \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

各管路の流量は $p_a, p_b, \dots\dots$ の重みを有するものとし、又(1)の各条件式(即ち各網目)に對するコリレートを、それぞれ $K_1, K_2, \dots\dots$ として、最小二乗法の原理により

$$\begin{aligned} W &= [pv^2] - 2K_1 \left\{ n \left(\frac{h_a}{q_a} v_a + \frac{h_d}{q_d} v_d - \frac{h_b}{q_b} v_b - \frac{h_c}{q_c} v_c \right) + w_1 \right\} \\ &\quad - 2K_2 \left\{ n \left(\frac{h_e}{q_e} v_e + \frac{h_f}{q_f} v_f - \frac{h_d}{q_d} v_d - \frac{h_g}{q_g} v_g - \frac{h_h}{q_h} v_h \right) + w_2 \right\} \\ &\quad - \dots\dots - 2K_4 \left\{ n \left(\frac{h_h}{q_h} v_h + \frac{h_l}{q_l} v_l - \frac{h_k}{q_k} v_k - \frac{h_m}{q_m} v_m \right) + w_4 \right\} = \text{最小} \end{aligned}$$

とするために $\frac{\partial W}{\partial v} = 0$ より

補正流量

$$\left. \begin{aligned} v_a &= \frac{1}{p_a} \left(nK_1 \frac{h_a}{q_a} \right), & v_b &= \frac{1}{p_b} \left(-nK_1 \frac{h_b}{q_b} \right), & v_c &= \frac{1}{p_c} \left\{ n(K_3 - K_1) \frac{h_c}{q_c} \right\}, \\ v_d &= \frac{1}{p_d} \left\{ n(K_1 - K_2) \frac{h_d}{q_d} \right\}, & v_e &= \frac{1}{p_e} \left(nK_2 \frac{h_e}{q_e} \right), & v_f &= \frac{1}{p_f} \left(nK_2 \frac{h_f}{q_f} \right), \\ v_g &= \frac{1}{p_g} \left\{ n(K_3 - K_2) \frac{h_g}{q_g} \right\}, & v_h &= \frac{1}{p_h} \left\{ n(K_4 - K_2) \frac{h_h}{q_h} \right\}, & v_i &= \frac{1}{p_i} \left(-nK_3 \frac{h_i}{q_i} \right), \\ v_j &= \frac{1}{p_j} \left(nK_3 \frac{h_j}{q_j} \right), & v_k &= \frac{1}{p_k} \left\{ n(K_3 - K_4) \frac{h_k}{q_k} \right\}, & v_l &= \frac{1}{p_l} \left(nK_1 \frac{h_l}{q_l} \right), \\ v_m &= \frac{1}{p_m} \left(-nK_4 \frac{h_m}{q_m} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

(2)式に $p_a = \frac{h_a}{q_a}, p_b = \frac{h_b}{q_b} \dots\dots$ と置くと

$$\left. \begin{aligned} v_a &= nK_1, & v_b &= -nK_1, & v_c &= n(K_3 - K_1), & v_d &= n(K_1 - K_2), & v_e &= nK_2, \\ v_f &= nK_2, & v_g &= n(K_3 - K_2), & v_h &= n(K_4 - K_2), & v_i &= -nK_3, & v_j &= nK_3, \\ v_k &= n(K_3 - K_4), & v_l &= nK_1, & v_m &= -nK_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2')$$

(2)式を(1)式に代入するとコリレート正規方程式が求められ、この式のコリレート係数を抜出して配列すれば表-1の様になる。

表-1 コリレート正規方程式

種別	左 辺				$\frac{w}{n^2}$	右辺
	K_1	K_2	K_3	K_4		
1	$\left(\frac{h_a}{q_a} + \frac{h_b}{q_b} + \frac{h_c}{q_c} + \frac{h_d}{q_d}\right)$	$-\frac{h_d}{q_d}$	$-\frac{h_c}{q_c}$		$\frac{w_1}{n^2}$	0
2	$-\frac{h_d}{q_d}$	$\left(\frac{h_e}{q_e} + \frac{h_f}{q_f} + \frac{h_d}{q_d} + \frac{h_g}{q_g} + \frac{h_h}{q_h}\right)$	$-\frac{h_g}{q_g}$	$-\frac{h_h}{q_h}$	$\frac{w_2}{n^2}$	0
3	$-\frac{h_c}{q_c}$	$-\frac{h_g}{q_g}$	$\left(\frac{h_c}{q_c} + \frac{h_g}{q_g} + \frac{h_k}{q_k} + \frac{h_i}{q_i} + \frac{h_j}{q_j}\right)$	$-\frac{h_k}{q_k}$	$\frac{w_3}{n^2}$	0
4		$-\frac{h_h}{q_h}$	$-\frac{h_k}{q_k}$	$\left(\frac{h_h}{q_h} + \frac{h_k}{q_k} + \frac{h_l}{q_l} + \frac{h_m}{q_m}\right)$	$\frac{w_4}{n^2}$	0

III. 流量計算法

表-1 のコリレート正規方程式及び(2')の補正流量を求める式は、一定の計算手続きによって導いたものであるが、これらの式を検討すると、それぞれ一定の規則正しい法則が見出されるから、その性質を用いれば式の作製及びコリレートならびに補正流量の計算が機械的に行なわれる。

(1) コリレート正規方程式

コリレート正規方程式は、管網を構成する個々の網目ごとに1個ずつ成立し、それらの各式には、その網目のコリレートとその網目のまわりの管路に隣接する他の網目のコリレートが存在し、前者のコリレートに対する係数は、その網目の周囲の管路の $\frac{h}{q}$ の和 (但し正号) で方程式全体としては左肩からの大なる対角線係数となり、後者のコリレートに対する係数は、その網目と隣接網目との境の管路の $\frac{h}{q}$ (但し負号) で対角線係数を軸にして対称に配列される。従つてコリレート正規方程式は、管網図を参照すれば一定の計算手続を経なくても作製でき、従つてコリレートの値を機械的に求めるには、管網図の各管路には $\frac{h}{q}$ を、また各網目にはそれ自身の $\sum \frac{h}{q}$ と $\frac{w}{n^2}$ を記入し、次の順序でくりかえし計算を行なえばよい。

第1近似値

所求のコリレートが属する網目の周囲の $\sum \frac{h}{q}$ で、その網目の $\frac{w}{n^2}$ を割つて符号を換える。

第 m 近似値 (但し $m=1, 2, \dots$)

所求のコリレートが属する網目の周囲で他の網目に隣接する管路の $\frac{h}{q}$ と、この管路に隣接する他の網目のコリレートの第 $(m-1)$ 近似値との積の代数和から、所求のコリレートの属する網目の $\frac{w}{n^2}$ を減じたものを、所求のコリレートの網目の周囲の管路の $\sum \frac{h}{q}$ の和で割って求める。但しこの場合、所求のコリレートが属する網目より番号の少い隣接網目のコリレートの値は第 $(m-1)$ 近似値の代りに第 m 近似値を用いれば取れんが速かである。

(2) 管路の流量

管路の流向に従つて、その両側に隣接する網目を、それぞれ右及び左と規約すると

$$\text{補正流量} = n \left\{ \left(\begin{array}{c} \text{所求の管路の右側に隣接} \\ \text{する網目のコリレート} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{所求の管路の左側に隣接} \\ \text{する網目のコリレート} \end{array} \right) \right\}$$

従つて、第1次修正量 = 假定流量 + 補正流量

この結果、若し修正流量の値が負となる管路は流向を反対にする。この様な手続きを各網目の w が許容限度に達するまで繰返す。

IV. 計 算 例

その1 (図-2)

図-2 は昭和29年土木学会編、水理公式集 p.120 により、假定流量及び流向はその儘使用

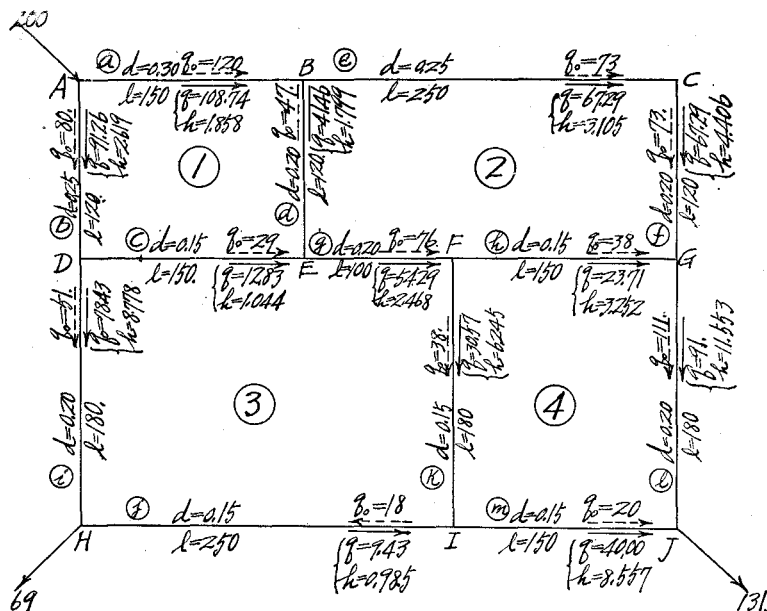


図-2

注 流量の単位は l/s, d, l, h の単位は m, 矢の点線は假定, 実線は確定。

して計算を試みる。 w を求める式はこの場合(1)式と同じになる。

計 算 方 法

(1) コリレート

第 1 近 似 値

$$K_1 \div -\frac{\frac{w_1}{n^2}}{0.2469} = +3.19$$

網目①の周囲の管路の $\Sigma \frac{h}{q}$

$$K_2 \div -\frac{\frac{w_2}{n^2}}{0.4243} = +3.79$$

網目②の周囲の管路の $\Sigma \frac{h}{q}$

同様にして

$$K_3 \div -\frac{5.2464}{0.7276} = -7.20 \quad K_4 \div -\frac{3.4155}{0.7100} = -4.81$$

第 2 近 似 値

$$K_1 = \frac{\begin{array}{c} \text{網目①と} \\ \text{②の境の} \end{array} \frac{h}{q} \times \begin{array}{c} \text{網目②のコ} \\ \text{リレートの} \\ \text{第 1 近似値} \end{array} + \begin{array}{c} \text{網目①と} \\ \text{③の境の} \end{array} \frac{h}{q} \times \begin{array}{c} \text{網目③のコ} \\ \text{リレートの} \\ \text{第 1 近似値} \end{array} - \frac{\frac{w_1}{n^2}}{0.2469}}{0.2469} = -0.95$$

網目①の周囲の管路の $\Sigma \frac{h}{q}$

$$K_2 = \frac{\begin{array}{c} \text{網目①と} \\ \text{②の境の} \end{array} \frac{h}{q} \times \begin{array}{c} \text{網目①の} \\ \text{コリレー} \\ \text{トの第 2} \\ \text{近似値} \end{array} + \begin{array}{c} \text{網目②と} \\ \text{③の境の} \end{array} \frac{h}{q} \times \begin{array}{c} \text{網目③の} \\ \text{コリレー} \\ \text{トの第 1} \\ \text{近似値} \end{array} + \begin{array}{c} \text{網目②と} \\ \text{④の境の} \end{array} \frac{h}{q} \times \begin{array}{c} \text{網目④の} \\ \text{コリレー} \\ \text{トの第 1} \\ \text{近似値} \end{array} - \frac{\frac{w_2}{n^2}}{0.4243}}{0.4243} = +0.35$$

網目②の周囲の管路の $\Sigma \frac{h}{q}$

同様にして

$$K_3 = \frac{0.1628 \times (-0.95) + 0.0605 \times 0.35 + 0.2458 \times (-4.81) - 5.2464}{0.7276} = -9.04$$

$$K_4 = \frac{0.2048 \times 0.35 + 0.2458 \times (-9.04) - 3.4155}{0.710} = -7.84$$

第 3 近似値は、第 2 近似値を求める場合の第 1 近似値の代りに第 2 近似値を、第 2 近似値の代りに第 3 近似値を代入して求め、以下この操作をくりかえす。

(2) 管路の補正流量 = $n \left\{ \left(\begin{array}{c} \text{所求の管路の右側に隣接} \\ \text{する網目のコリレート} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{所求の管路の左側に隣接} \\ \text{する網目のコリレート} \end{array} \right) \right\}$

1) 管路の両側に網目の隣接するもの

$$v_c = n(K_3 - K_1) = 1.85 \times \{-11.90 - (-5.16)\} = -12.5$$

$$v_d = n(K_1 - K_2) = 1.85 \times \{-5.16 - (-3.15)\} = -3.7$$

$$v_g = n(K_3 - K_2) = 1.85 \times \{-11.90 - (-3.15)\} = -16.2$$

$$v_h = n(K_4 - K_2) = 1.85 \times \{-9.83 - (-3.15)\} = -12.4$$

$$v_k = n(K_3 - K_4) = 1.85 \times \{-11.90 - (-9.83)\} = -3.8$$

2) 管路の片側にだけ網目の隣接するもの

a. 右側にだけ隣接するもの

$$v_a = nK_1 = 1.85 \times (-5.16) = -9.5$$

$$v_e = nK_2 = 1.85 \times (-3.15) = -5.8$$

$$v_f = nK_2 = 1.85 \times (-3.15) = -5.8$$

$$v_j = nK_3 = 1.85 \times (-11.90) = -22.0$$

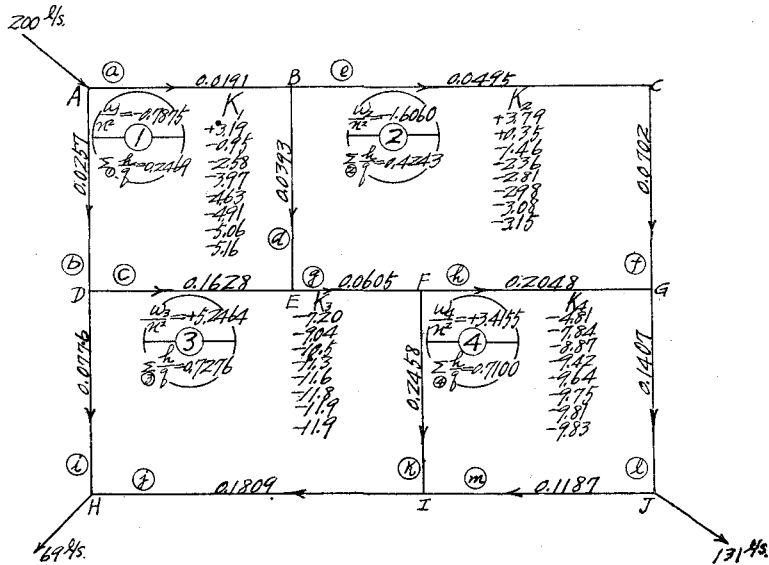
$$v_l = nK_4 = 1.85 \times (-9.83) = -18.2$$

b. 左側にだけ隣接するもの

$$v_b = -nK_1 = -1.85 \times (-5.16) = +9.5$$

$$v_i = -nK_3 = -1.85 \times (-11.90) = +22.0$$

$$v_m = -nK_4 = -1.85 \times (-9.83) = 18.2$$



図—3 (仮定流量を用いた場合)

各管路の傍の数字は $\frac{h}{q}$ を表わす (以下共通)。

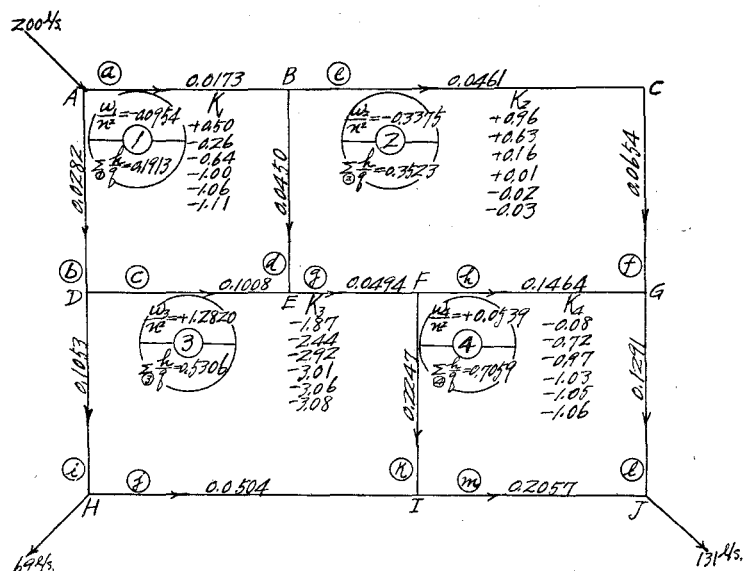


図-4 (第1次修正量を用いた場合)

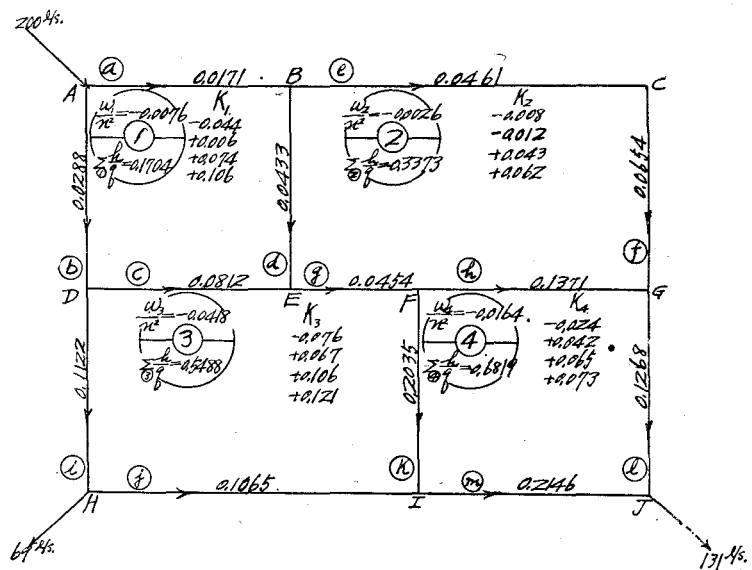


図-5 (第2次修正量を用いた場合)

表-2 $r = \frac{43.562 \times 10^{14}}{C^{1.85} d^{4.87}} l$ (但し $C=100$, d は mm, l は m) $h=rq^{1.85}$

網目種別		仮定流量			第1次修正			第2次修正			第3次修正の結果			備考		
管径	種別	l	d	r	$\frac{q}{K}$	h	$\frac{h}{K}$	K	$\frac{q}{K}$	h	$\frac{h}{K}$	K	$\frac{q}{K}$	h	$\frac{h}{K}$	K
①	a	150	0.20	112.15	120	2.230	4.071									
	b	120	0.25	27.60	80	2.653	6.228	$K_1 = -5.6$	8.95	8.95	2.527	6.022	$K_1 = -1.96$	1.6864	1.6864	1.6864
	c	150	0.15	30.00	29	4.720	6.128									
	d	120	0.20	6.482	47	1.848	6.139									
$u_1 = -2.675$ $\frac{u_1}{q_1} = -0.2675$ $\frac{u_2}{q_2} = -0.2675$ $u_3 = -0.2675$ $\frac{u_3}{q_3} = -0.2675$ $u_4 = -0.2675$ $\frac{u_4}{q_4} = -0.2675$																
②	d	120	0.20	6.482	47	1.848	6.139									
	e	250	0.25	4.575	73	3.610	6.149	$K_2 = -5.8$	6.72	6.72	3.093	6.646	$K_2 = -1.82$	6.729	6.729	3.165
	f	120	0.20	4.472	73	5.123	6.132									
	g	100	0.15	5.610	76	4.579	6.165									
$u_1 = -4.49$ $\frac{u_1}{q_1} = -0.449$ $\frac{u_2}{q_2} = -1.6060$ $u_3 = -1.6060$ $\frac{u_3}{q_3} = -1.6060$ $u_4 = -1.6060$ $\frac{u_4}{q_4} = -1.6060$																
③	c	150	0.15	30.00	29	4.720	6.168									
	g	100	0.20	5.610	76	4.579	6.165	$K_3 = -1.2$	5.93	5.93	2.782	6.144	$K_3 = -1.012$	5.93	5.93	2.782
	i	180	0.15	9.128	51	3.758	6.176									
	k	250	0.15	5.200	18	3.266	6.189									
$u_1 = -1.775$ $\frac{u_1}{q_1} = -0.1775$ $\frac{u_2}{q_2} = -1.52464$ $u_3 = -1.52464$ $\frac{u_3}{q_3} = -1.52464$ $u_4 = -1.52464$ $\frac{u_4}{q_4} = -1.52464$																
④	h	150	0.15	30.00	38	1.782	6.206									
	k	180	0.15	3.000	38	1.782	6.206	$K_4 = -1.2$	5.93	5.93	2.782	6.147	$K_4 = -1.06$	5.93	5.93	2.782
	l	180	0.20	7.738	111	1.620	6.147									
	m	150	0.15	30.00	20	2.374	6.187									
$u_1 = -1.609$ $\frac{u_1}{q_1} = -0.1609$ $\frac{u_2}{q_2} = -1.4115$ $u_3 = -1.4115$ $\frac{u_3}{q_3} = -1.4115$ $u_4 = -1.4115$ $\frac{u_4}{q_4} = -1.4115$																

註 * 管路 j は仮定流量により計算の結果、 q_1 が負となつたため第1次修正では流向を変更し $w_3 = h_0 + h_9 + h_k - h_i + h_j$, $v_3 = -nK_3$ 。備考欄は水理公式集 (昭和29年土木学会編), p. 121 (表 3.8) より第6次修正の結果を転載。

これらに対する計算の経過は 図-3, 図-4, 図-5 及び 表-2 に記載してある。(但しこの場合コリレート値を求める計算の乗除は計算尺を使用した)。なお、表-2 の備考欄には、水理公式集よりこの問題に対する第6次修正の結果を転記したが、これを比較すると、この計算法で求めた第2次修正の結果の w はもちろん、第1修正の結果でも w の値が小さい。

その2

この例題 (図-6) は水道協会雑誌, 第268号 (昭和32年2月号) p. 39 問題3により、この場合も仮定流量及び流向はその儘使用した。この計算の経過は表-3に記載してある。(この場合もコリレート計算に対する乗除は計算尺を使用した。なお、コリレート計算図の添付は省略する)。

表-3 $r = \frac{43.562 \times 10^{14}}{C^{1.85} d^{4.87}} l$ (但し $C=100$, d は mm, l は m) $h=rq^{1.85}$

網目種別				仮定流量				第1次修正				第1次修正の結果				備考			
網目	管径	l	d	γ	h_1	h_2	K	h_1	h_2	K	h_1	h_2	K	h_1	h_2	K	h_1	h_2	
①	1	120	0.20	6492	23	0.605	0.027	$K_1=$ -9.16	-1.69	21.31	0.525	0.246	$K_1=$ -0.60	-0.11	21.20	0.520	20.35	0.483	a
	5	60	0.10	7480	4	0.347	0.086		0	4	0.347	0.086		+0.15	4.15	0.372	3.7	0.371	b
	4	60	0.20	7246	27	0.457	0.045		+1.69	28.69	0.455	0.045		+0.11	28.80	0.458	29.65	0.484	c
	8	180	0.15	3960	5	0.219	0.048		+2.08	7.08	0.417	0.049		-0.36	6.72	0.379	8.45	0.579	d
	9	40	0.15	880	3	0.019	0.063		-0.07	2.93	0.018	0.061		+0.20	3.13	0.021	4.23	0.076	e
					$W_1=+0.307$	$\sum \frac{h}{K}=0.1783$	$W_2=+0.090$	$W_1=-0.018$	$\sum \frac{h}{K}=0.1723$	$W_2=-0.0053$	$W_1=+0.034$	$W_2=-0.015$							
②	2	120	0.20	6492	17	0.346	0.024	$K_2=$ -9.94	-1.69	15.31	0.285	0.086	$K_2=$ -0.143	-0.27	15.04	0.286	14.65	0.263	i
	6	60	0.10	7480	31	0.142	0.048		-0.57	3.67	0.275	0.086		-0.41	3.26	0.238	3.1	0.217	j
	5	60	0.10	7480	4	0.347	0.086		0	4	0.347	0.086		+0.15	4.15	0.372	3.7	0.371	b
	10	80	0.15	1760	5.6	0.120	0.024		-0.07	5.53	0.117	0.024		+0.36	5.89	0.132	6.53	0.160	l
	11	40	0.15	880	2	0.019	0.063		-0.56	1.44	0.005	0.063		-0.06	1.38	0.005	1.9	0.008	k
					$W_2=+0.012$	$\sum \frac{h}{K}=0.1789$	$W_2=+0.004$	$W_2=+0.111$	$\sum \frac{h}{K}=0.2105$	$W_2=+0.0524$	$W_2=+0.015$	$W_2=+0.011$							
③	3	100	0.20	541	12	0.131	0.026	$K_3=$ -1.220	-2.26	7.74	0.103	0.006	$K_3=$ +0.081	+0.15	7.89	0.106	9.65	0.101	m
	7	61	0.15	1342	10.1	0.273	0.020		-2.26	7.84	0.171	0.028		+0.15	7.99	0.179	7.75	0.135	n
	6	60	0.10	7480	3.1	0.142	0.048		+0.57	3.67	0.275	0.086		-0.41	3.26	0.238	3.1	0.217	j
	12	105	0.15	2310	3.5	0.066	0.009		+0.01	3.51	0.066	0.008		-0.48	3.03	0.051	3.4	0.063	o
					$W_3=+0.216$	$\sum \frac{h}{K}=0.1623$	$W_3=+0.063$	$W_3=-0.087$	$\sum \frac{h}{K}=0.1316$	$W_3=-0.0054$	$W_3=-0.006$	$W_3=-0.044$							
④	8	180	0.15	3960	5	0.219	0.048	$K_4=$ +0.210	+2.08	7.08	0.417	0.059	$K_4=$ -0.254	-0.36	6.72	0.379	8.45	0.579	d
	14	57	0.10	9006	0.5	0.006	0.020		+2.15	2.65	0.154	0.058		-0.56	2.09	0.099	2.72	0.162	f
	13	50	0.20	2905	20.2	0.178	0.009		-0.39	1.98	0.191	0.010		+0.47	2.028	0.200	1.94	0.104	h
	17	81	0.15	1782	7	0.184	0.033		+1.37	8.37	0.236	0.036		+0.24	8.61	0.270	7.78	0.234	g
					$W_4=-0.157$	$\sum \frac{h}{K}=0.0999$	$W_4=-0.0459$	$W_4=+0.124$	$\sum \frac{h}{K}=0.1576$	$W_4=+0.0762$	$W_4=+0.008$	$W_4=+0.023$							
⑤	9	40	0.15	880	3	0.019	0.063	$K_5=$ -9.950	-0.07	2.93	0.018	0.061	$K_5=$ +0.051	+0.20	3.13	0.021	4.23	0.076	c
	10	80	0.15	1760	5.6	0.120	0.024		-0.07	5.53	0.117	0.024		+0.36	5.89	0.132	6.53	0.160	l
	15	67	0.10	10586	2.1	0.118	0.056		+0.49	2.59	0.174	0.067		+0.42	3.01	0.229	3.13	0.246	p
	14	57	0.10	9006	0.5	0.006	0.020		+2.15	2.65	0.154	0.058		-0.56	2.09	0.099	2.72	0.162	f
	18	41	0.15	902	5.7	0.064	0.0112		+3.52	7.22	0.135	0.018		-0.72	8.90	0.145	8.70	0.145	y
					$W_5=+0.149$	$\sum \frac{h}{K}=0.1198$	$W_5=+0.0435$	$W_5=-0.133$	$\sum \frac{h}{K}=0.1440$	$W_5=-0.0447$	$W_5=+0.005$	$W_5=+0.008$							

$$w_1 = h_1 + h_5 - h_4 - h_8 - h_9 \quad w_2 = h_2 + h_6 - h_5 - h_{10} - h_{11} \quad w_3 = h_3 + h_7 - h_6 - h_{12}$$

$$w_4 = h_8 + h_{14} - h_{13} - h_{17} \quad w_5 = h_9 + h_{10} + h_{15} - h_{14} - h_{18} - h_{19}$$

- 註 1. 備考欄の q は水道協会雑誌, 第 268 号 (昭和 32 年 2 月号) p. 39 の問題 3 より第 7 近似値を転記し, h はその q を用いて計算したもの。
2. 右欄外の a, b, …… は同問題の管路の符号。

表-3 続 き

網目 管路	網目種別				仮定流量				第1次修正				第1次修正の結果				備考	
	l^m	d^m	v	Q	h_0	h_1	K	h_2	h_3	h_4	K	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	h_{11}
⑥	11	40	0.15	880.	2	0.009	0.0045		-0.56	1.44	0.005	0.005		-0.06	1.38	0.005	1.90	0.008
	12	105	0.15	2710.	35	0.066	0.0189		+0.01	3.51	0.016	0.018		-0.08	3.03	0.017	3.40	0.067
	16	80	0.15	1760.	122	0.507	0.0416	$K_8 =$	-2.25	9.95	0.348	1.1340	$K_8 =$	-0.33	9.62	0.327	9.75	0.335
	15	67	0.10	10506.	21	0.118	0.0562	$K_8 =$	+0.49	2.54	0.174	0.1675	$K_8 =$	-0.02	3.01	0.229	3.13	0.246
	20	40	0.15	880.	35	0.025	0.0071		+3.71	7.21	0.096	0.1033		2.08	7.29	0.098	7.25	0.097
	21	13	0.15	2486.	0.7	0.004	0.0014		+1.65	2.35	0.034	0.0145		+0.02	3.17	0.059	3.13	0.058
					$W_8 = +0.435$	$\sum \frac{h}{K} = 0.1791$	$\frac{W_8}{K} = +0.1271$	$W_8 = +0.115$	$\sum \frac{h}{K} = 0.1523$	$\frac{W_8}{K} = +0.0536$	$W_8 = +0.004$	$W_8 = +0.005$						
⑦	17	81	0.15	1782.	7.	0.134	0.0253		+1.37	8.37	0.256	0.1306		+0.24	8.61	0.270	7.98	0.234
	18	41	0.15	902.	5.7	0.104	0.0112		+3.52	9.22	0.155	0.0168		-0.32	8.90	0.145	8.70	0.145
	23	79	0.10	12482.	1.	0.055	0.0250	$K_8 =$	+0.30	1.30	0.058	0.0443	$K_8 =$	-0.12	1.28	0.058	1.48	0.057
	22	70	0.20	3787.	116	0.099	0.0086		-1.76	9.84	0.073	0.0094		+0.02	10.06	0.076	9.82	0.073
	26	122	0.15	2604.	161	0.545	0.0540		-1.76	8.34	0.383	0.0339		+0.23	8.57	0.403	8.72	0.381
					$W_8 = -0.361$	$\sum \frac{h}{K} = 0.1341$	$\frac{W_8}{K} = -0.1055$	$W_8 = +0.013$	$\sum \frac{h}{K} = 0.1330$	$\frac{W_8}{K} = +0.0178$	$W_8 = +0.006$	$W_8 = +0.002$						
⑧	19	81	0.15	1782.	3	0.038	0.0127		+3.22	6.22	0.153	0.0246		7.34	5.88	0.153	5.72	0.127
	20	40	0.15	880.	35	0.025	0.0071	$K_8 =$	+3.71	9.21	0.096	0.0137	$K_8 =$	10.08	7.29	0.098	7.25	0.097
	24	88	0.10	13904.	1.	0.059	0.0280	$K_8 =$	+2.06	3.06	0.310	0.1013	$K_8 =$	-0.152	2.93	0.189	2.77	0.186
	23	79	0.10	12482.	1.	0.055	0.0250		+0.30	1.30	0.058	0.0443		-0.02	1.28	0.058	1.48	0.057
	27	120	0.15	2040.	9.2	0.451	0.0489		-1.46	7.74	0.378	0.0405		+0.24	7.98	0.347	7.90	0.341
					$W_8 = -0.384$	$\sum \frac{h}{K} = 0.1428$	$\frac{W_8}{K} = -0.1122$	$W_8 = +0.173$	$\sum \frac{h}{K} = 0.1270$	$\frac{W_8}{K} = +0.0505$	$W_8 = +0.013$	$W_8 = +0.004$						
⑨	21	113	0.15	2486.	0.7	0.004	0.0014		+1.65	2.35	0.034	0.0145		+0.02	3.17	0.059	3.13	0.058
	25	100	0.15	2200.	11.3	0.550	0.0487	$K_8 =$	-0.60	10.70	0.477	0.0465	$K_8 =$	+0.49	11.19	0.540	11.25	0.549
	24	88	0.10	13904.	1.	0.059	0.0280	$K_8 =$	+2.06	3.06	0.310	0.1013	$K_8 =$	-0.152	2.93	0.189	2.77	0.186
	28	122	0.15	2604.	8.7	0.444	0.0480		+0.60	7.30	0.448	0.1343		-0.49	8.81	0.424	8.72	0.416
					$W_8 = +0.101$	$\sum \frac{h}{K} = 0.1871$	$\frac{W_8}{K} = +0.0275$	$W_8 = -0.247$	$\sum \frac{h}{K} = 0.2124$	$\frac{W_8}{K} = -0.0722$	$W_8 = -0.012$	$W_8 = +0.005$						

$$w_6 = h_{11} + h_{12} + h_{16} - h_{15} - h_{20} - h_{21}$$

$$w_7 = h_{17} + h_{18} + h_{23} - h_{22} - h_{25}$$

$$w_8 = h_{19} + h_{20} + h_{24} - h_{23} - h_{27}$$

$$w_9 = h_{21} + h_{25} - h_{24} - h_{28}$$

V. 結 び

本文の要点は次の通りである。

(1) 管網図の各管路に流向を記入すれば、補正流量を求める式及びコリレート正規方程式は、一定の計算手続きをしなくても極めて規則正しく求められ、且つ誤りも容易に発見できる。なお流向は、コリレート正規方程式のコリレート及びその係数の間には全く関係がなく、ただ閉台誤差 w と補正流量を求める式に関係するだけである。

(2) コリレート及び補正流量の計算法は、コリレート正規方程式及び補正流量を求める式の機械的作製方法の延長であるが、実際的には全くこれらの式を念頭に置かないで、ただ管網図を参照しながら順次に計算を行なえばよい。

(3) この計算に必要な要素は、コリレートの値を求めるには、所求のコリレートの属する網目とこれに隣接する網目だけ、補正流量を求めるには、この管路をはさむ網目だけで、いずれもこれに隣接するもの以外には関係がない。

(4) この計算法による精度を、従来より行なわれる Hardy Cross 法及びその改良法とも云われる解法を用いた結果と比較すると、計算例にも示した様に、本法の第1次ないし第2次修正値は従来の第6次ないし第7次修正値に相当する。ただ本法はコリレートの値を求めなければならないが、これも管網図を参照しながら機械的に気軽に求めることができる。

(昭和32年4月30日日受理)