



配水管網の流量計算について(第2報)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-06-02 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/10258/3237

配水管網の流量計算について (第2報)

森 田 健 造

Computation of Flow in Distributing Pipe Networks (2nd report)

Kenzo Morita

Abstract

Some methods, such as Hardy Cross method and a good many other methods obtained from the improvement of it, have so far been used to calculate the discharge of pipe networks.

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, and found a method to make these equations and formulas mechanically as the result of examining these.

Moreover, he used a digital computer to resolve correlate, and compared the outcome of this method with that of Hardy Cross method.

1. 序 論

管網の流量計算法は 1936 年に Hardy Cross 法が発表されて以来その改良法ともいふべき種々の方法が発表され、わが国でも終戦後上水道の新設および拡張工事が盛んになると共にますます研究されるようになった。筆者も先にこの計算法として従来の Hardy Cross 法系と全く異なり、最小二乗法を用いて管網全体をまとめたコリレート正規方程式と、このコリレートの値を用いて管路の補正流量を求める式を誘導し、これらの式の特性を利用して各コリレートの値と管路の補正流量の機械的図上計算法を発表し¹⁾、その方法によると繰返し計算の結果の収束が従来の方法より極めて速やかであることを例示したが、ここに網目数の多い複雑な管網を取り上げ、その解法の一部に電子計算機を用いて結果を算出し、Hardy Cross 法による計算法と精度および収束の程度を比較した。

2. 本法の理論

本文中の記号は

q : 管路の流量

Δq : 管路の補正流量

$h=rq^n$: 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 Hazen-Williams 公式を用い, 管の内径

$$d \text{ を mm, 管長 } l \text{ を m で表わすと } r = \frac{43.562 \times 10^{14}}{C^{1.85} d^{4.87}} l$$

n : 流量の指数で Hazen-Williams 公式を用いた場合は 1.85

C : 流速係数

H : 修正流量 (すなわち $q + \Delta q$) に対する摩擦損失水頭とすると

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

ここで, Δq 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

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

いま管路の流向を各網目について考えるとき右廻りを正, 左廻りを負と規約すると, たとえば 図-1 に対しての水力条件式は次のようになる。

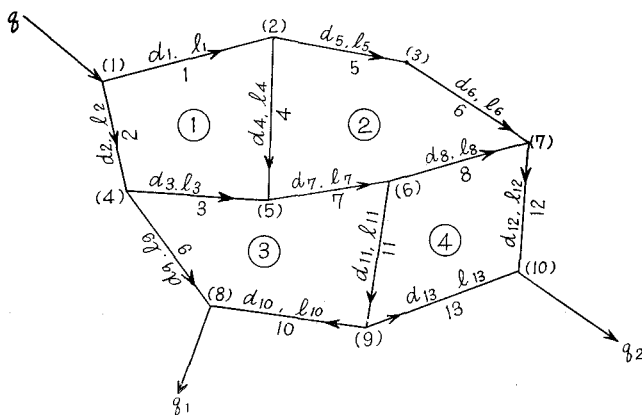


図-1

$$n \left\{ \frac{h_1}{q_1} (\Delta q_1) + \frac{h_4}{q_4} (\Delta q_4) - \frac{h_2}{q_2} (\Delta q_2) - \frac{h_3}{q_3} (\Delta q_3) \right\} + w_1 = 0$$

ここで摩擦損失水頭の閉合誤差 $w_1 = h_1 + h_4 - h_2 - h_3$

$$n \left\{ \frac{h_5}{q_5} (\Delta q_5) + \frac{h_6}{q_6} (\Delta q_6) - \frac{h_4}{q_4} (\Delta q_4) - \frac{h_7}{q_7} (\Delta q_7) - \frac{h_8}{q_8} (\Delta q_8) \right\} + w_2 = 0$$

$$w_2 = h_5 + h_6 - h_4 - h_7 - h_8$$

$$n \left\{ \frac{h_3}{q_3} (\Delta q_3) + \frac{h_7}{q_7} (\Delta q_7) + \frac{h_{11}}{q_{11}} (\Delta q_{11}) - \frac{h_9}{q_9} (\Delta q_9) + \frac{h_{10}}{q_{10}} (\Delta q_{10}) \right\} + w_3 = 0$$

$$w_3 = h_3 + h_7 + h_{11} - h_9 + h_{10}$$

$$n \left\{ \frac{h_8}{q_8} (\Delta q_8) + \frac{h_{12}}{q_{12}} (\Delta q_{12}) - \frac{h_{11}}{q_{11}} (\Delta q_{11}) - \frac{h_{13}}{q_{13}} (\Delta q_{13}) \right\} + w_4 = 0$$

$$w_4 = h_8 + h_{12} - h_{11} - h_{13}$$

(1)

各管路の流量は $p_1, p_2, \dots$ の重みを有するものとし、また各水理条件式 (すなわち各網目) に対するコリレートをそれぞれ K_1, K_2, K_3, K_4 とし最小二乗法の原理により

$$\begin{aligned}
 W = & [p(\Delta q)^2] - 2K_1 \left[n \left\{ \frac{h_1}{q_1}(\Delta q_1) + \frac{h_4}{q_4}(\Delta q_4) - \frac{h_2}{q_2}(\Delta q_2) - \frac{h_3}{q_3}(\Delta q_3) + w_1 \right\} \right] \\
 & - 2K_2 \left[n \left\{ \frac{h_5}{q_5}(\Delta q_5) + \frac{h_6}{q_6}(\Delta q_6) - \frac{h_4}{q_4}(\Delta q_4) - \frac{h_7}{q_7}(\Delta q_7) - \frac{h_8}{q_8}(\Delta q_8) \right\} + w_2 \right] \\
 & - 2K_3 \left[n \left\{ \frac{h_3}{q_3}(\Delta q_3) + \frac{h_7}{q_7}(\Delta q_7) + \frac{h_{11}}{q_{11}}(\Delta q_{11}) - \frac{h_9}{q_9}(\Delta q_9) + \frac{h_{10}}{q_{10}}(\Delta q_{10}) \right\} + w_3 \right] \\
 & - 2K_4 \left[n \left\{ \frac{h_8}{q_8}(\Delta q_8) + \frac{h_{12}}{q_{12}}(\Delta q_{12}) - \frac{h_{11}}{q_{11}}(\Delta q_{11}) - \frac{h_{13}}{q_{13}}(\Delta q_{13}) \right\} + w_4 \right]
 \end{aligned}$$

を最小とするために、

$$\frac{\partial W}{\partial (\Delta q)} = 0$$

を求め、これに

$$p_1 = \frac{h_1}{q_1}, \quad p_2 = \frac{h_2}{q_2}, \dots$$

を代入すると補正流量を求める式は (2) 式ようになる。すなわち

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta q_1 &= nK_1, & \Delta q_2 &= -nK_1, & \Delta q_3 &= n(K_3 - K_1), & \Delta q_4 &= n(K_1 - K_2), \\
 \Delta q_5 &= nK_2, & \Delta q_6 &= nK_2, & \Delta q_7 &= n(K_3 - K_2), & \Delta q_8 &= n(K_4 - K_2), \\
 \Delta q_9 &= -nK_3, & \Delta q_{10} &= nK_3, & \Delta q_{11} &= n(K_3 - K_4), & \Delta q_{12} &= nK_4, \\
 \Delta q_{13} &= -nK_4,
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(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、その式のコリレート係数を抜き出して配列すると表-1 になる。

表-1 のコリレート正規方程式から K の値を求め、これを (2) 式に代入すれば Δq が求めら

表-1 コリレート正規方程式

種 別	左 辺				右 辺
	K_1	K_2	K_3	K_4	
1	$\frac{h_1}{q_1} + \dots + \frac{h_4}{q_4}$	$-\frac{h_4}{q_4}$	$-\frac{h_3}{q_3}$		$-\frac{\omega_1}{n^2}$
2	$-\frac{h_4}{q_4}$	$\frac{h_4}{q_4} + \dots + \frac{h_8}{q_8}$	$-\frac{h_7}{q_7}$	$-\frac{h_8}{q_8}$	$-\frac{\omega_2}{n^2}$
3	$-\frac{h_3}{q_3}$	$-\frac{h_7}{q_7}$	$\frac{h_3}{q_3} + \frac{h_7}{q_7} + \frac{h_9}{q_9} + \frac{h_{10}}{q_{10}} + \frac{h_{11}}{q_{11}}$	$-\frac{h_{11}}{q_{11}}$	$-\frac{\omega_3}{n^2}$
4		$-\frac{h_8}{q_8}$	$-\frac{h_{11}}{q_{11}}$	$\frac{h_8}{q_8} + \frac{h_{11}}{q_{11}} + \frac{h_{12}}{q_{12}} + \frac{h_{13}}{q_{13}}$	$-\frac{\omega_4}{n^2}$

れるから

第1次修正流量 (q_1) = 假定流量 (q_0) + 補正流量 (Δq_0)

同様に

第2次修正流量 $q_2 = q_1 + \Delta q_1$

.....

3. 理論式の機械的作製方法

表-1 および (2) 式の機械的作製方法は既に前報¹⁾ で発表した²⁾ が、説明の都合上これを再録すると、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、その網目の周囲に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 h/q の和 (ただし正号) でコリレート方程式群の左肩からの対角線係数となり、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 h/q (ただし負号) で対角線係数を軸にして対称に配列される。なお流向は、このコリレート方程式の係数には全く関係がなく、各網目の損失水頭の閉合誤差 w と、補正流量を求める式の符号に関係するだけである。

また補正流量を求める式は極めて簡単で、いま求める管路の流向に向ってその両側に隣接する網目を右および左と規約すると

$$\text{補正流量 } (\Delta q) = n \left[\left(\begin{array}{c} \text{求めようとする管路の右側に} \\ \text{隣接する網目のコリレート} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{求めようとする管路の左側に} \\ \text{隣接する網目のコリレート} \end{array} \right) \right]$$

したがって管網の外周の管路のように、求めようとする管路の一方側に隣接網目のない場合は、その網目の項を零とおけばよいことになる。

すなわちこの方法によると管網図を参照するだけで、以上の理論式は機械的に簡単に作製され且つ式の照査もまた極めて容易である。

4. 計 算 例

前報¹⁾ に土木学会編昭和32年改訂版水理公式集 p. 170, 図-3, 26 の例題および水道協会雑誌第268号 (昭和32年2月号) p. 39 の問題 (網目数9) を引用し、各管路の假定流量と流向をそのまま使用して本法による計算を行ないそれらとの結果を比較したが、ここでは更に網目数の多い複雑な管網として図-2 (注 函館市の配水管網で網目数23) を取扱った。すなわち上記の機械的方法でコリレート正規方程式を作ると表-2 が求められ、これに假定流量に関するデータ (注 このデータは表-9 参照) を代入すると表-3 になり、電子計算機で求めると表-4 に示すコリレートの値が得られ (注 この計算には北海道大学計算センター所属の HIPAC 103 によった)、補正流量はこの値を使用し前記の法式で求めた。第1修正値以下は同じようにして表-5 から表-8 に示し且つ表-9 にはこれらの計算の過程と結果を総括し、比較のため同一の仮

表-2 コリレート正規方程式

種別	左																							右
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}	K_{15}	K_{16}	K_{17}	K_{18}	K_{19}	K_{20}	K_{21}	K_{22}	K_{23}	
1	$\frac{h_1}{\delta_1} + \frac{h_2}{\delta_2} + \frac{h_7}{\delta_7}$	$-\frac{(h_1, h_2)}{\delta_1 \delta_2}$	$-\frac{h_3}{\delta_3}$		$-\frac{h_5}{\delta_5}$	$-\frac{h_4}{\delta_4}$																		$\frac{w_1}{n^2}$
2	$-\frac{(h_1, h_2)}{\delta_1 \delta_2}$	$\frac{h_1}{\delta_1} + \frac{h_2}{\delta_2} + \frac{h_8}{\delta_8} + \frac{h_{11}}{\delta_{11}}$	$-\frac{(h_{10}, h_{11})}{\delta_{10} \delta_{11}}$																				$-\frac{h_9}{\delta_9}$	$\frac{w_2}{n^2}$
3	$-\frac{h_3}{\delta_3}$	$-\frac{(h_{10}, h_{11})}{\delta_{10} \delta_{11}}$	$\frac{h_3}{\delta_3} + \frac{h_{10}}{\delta_{10}} + \frac{h_{14}}{\delta_{14}}$				$-\frac{(h_{13}, h_{14})}{\delta_{13} \delta_{14}}$	$-\frac{h_{12}}{\delta_{12}}$																$\frac{w_3}{n^2}$
4				$\frac{h_{15}}{\delta_{15}} + \frac{h_{16}}{\delta_{16}} + \frac{h_{20}}{\delta_{20}}$	$-\frac{h_{15}}{\delta_{15}}$							$-\frac{h_{16}}{\delta_{16}}$												$\frac{w_4}{n^2}$
5	$-\frac{h_5}{\delta_5}$			$-\frac{h_{15}}{\delta_{15}}$	$\frac{h_5}{\delta_5} + \frac{h_{15}}{\delta_{15}} + \frac{h_{21}}{\delta_{21}}$	$-\frac{h_{21}}{\delta_{21}}$																		$\frac{w_5}{n^2}$
6	$-\frac{h_4}{\delta_4}$				$-\frac{h_{21}}{\delta_{21}}$	$\frac{h_4}{\delta_4} + \frac{h_{21}}{\delta_{21}} + \frac{h_{22}}{\delta_{22}} + \frac{h_{26}}{\delta_{26}}$	$-\frac{(h_{22}, h_{23})}{\delta_{22} \delta_{23}}$					$-\frac{h_{26}}{\delta_{26}}$	$-\frac{h_{25}}{\delta_{25}}$	$-\frac{h_{24}}{\delta_{24}}$										$\frac{w_6}{n^2}$
7			$-\frac{(h_{13}, h_{14})}{\delta_{13} \delta_{14}}$			$-\frac{(h_{22}, h_{23})}{\delta_{22} \delta_{23}}$	$\frac{h_{13}}{\delta_{13}} + \frac{h_{14}}{\delta_{14}} + \frac{h_{22}}{\delta_{22}} + \frac{h_{23}}{\delta_{23}} + \frac{h_{27}}{\delta_{27}} + \frac{h_{28}}{\delta_{28}}$	$-\frac{(h_{27}, h_{28})}{\delta_{27} \delta_{28}}$	$-\frac{h_{29}}{\delta_{29}}$					$-\frac{h_{30}}{\delta_{30}}$										$\frac{w_7}{n^2}$
8			$-\frac{h_{12}}{\delta_{12}}$				$-\frac{(h_{27}, h_{28})}{\delta_{27} \delta_{28}}$	$\frac{h_{12}}{\delta_{12}} + \frac{h_{27}}{\delta_{27}} + \frac{h_{28}}{\delta_{28}} + \frac{h_{31}}{\delta_{31}} + \frac{h_{32}}{\delta_{32}}$	$-\frac{h_{32}}{\delta_{32}}$	$-\frac{h_{31}}{\delta_{31}}$														$\frac{w_8}{n^2}$
9							$-\frac{h_{29}}{\delta_{29}}$	$-\frac{h_{32}}{\delta_{32}}$	$\frac{h_{29}}{\delta_{29}} + \frac{h_{32}}{\delta_{32}} + \frac{h_{33}}{\delta_{33}} + \frac{h_{34}}{\delta_{34}}$								$-\frac{h_{34}}{\delta_{34}}$							$\frac{w_9}{n^2}$
10							$-\frac{h_{31}}{\delta_{31}}$		$\frac{h_{31}}{\delta_{31}} + \frac{h_{35}}{\delta_{35}} + \frac{h_{36}}{\delta_{36}} + \frac{h_{37}}{\delta_{37}}$	$-\frac{h_{36}}{\delta_{36}}$												$-\frac{h_{35}}{\delta_{35}}$	$\frac{w_{10}}{n^2}$	
11									$-\frac{h_{36}}{\delta_{36}}$	$\frac{h_{36}}{\delta_{36}} + \frac{h_{38}}{\delta_{38}} + \frac{h_{39}}{\delta_{39}} + \frac{h_{40}}{\delta_{40}}$												$-\frac{h_{38}}{\delta_{38}}$	$\frac{w_{11}}{n^2}$	
12				$-\frac{h_{16}}{\delta_{16}}$		$-\frac{h_{26}}{\delta_{26}}$						$\frac{h_{16}}{\delta_{16}} + \frac{h_{26}}{\delta_{26}} + \frac{h_{41}}{\delta_{41}} + \frac{h_{44}}{\delta_{44}}$	$-\frac{h_{41}}{\delta_{41}}$		$-\frac{h_{42}}{\delta_{42}}$			$-\frac{h_{43}}{\delta_{43}}$					$\frac{w_{12}}{n^2}$	
13						$-\frac{h_{25}}{\delta_{25}}$						$-\frac{h_{41}}{\delta_{41}}$	$\frac{h_{25}}{\delta_{25}} + \frac{h_{41}}{\delta_{41}} + \frac{h_{45}}{\delta_{45}} + \frac{h_{46}}{\delta_{46}}$	$-\frac{h_{45}}{\delta_{45}}$	$-\frac{h_{46}}{\delta_{46}}$								$\frac{w_{13}}{n^2}$	
14						$-\frac{h_{24}}{\delta_{24}}$	$-\frac{h_{30}}{\delta_{30}}$					$-\frac{h_{45}}{\delta_{45}}$	$\frac{h_{24}}{\delta_{24}} + \frac{h_{30}}{\delta_{30}} + \frac{h_{45}}{\delta_{45}} + \frac{h_{47}}{\delta_{47}} + \frac{h_{48}}{\delta_{48}}$		$-\frac{h_{48}}{\delta_{48}}$	$-\frac{h_{47}}{\delta_{47}}$							$\frac{w_{14}}{n^2}$	
15												$-\frac{h_{42}}{\delta_{42}}$	$-\frac{h_{46}}{\delta_{46}}$		$\frac{h_{42}}{\delta_{42}} + \frac{h_{46}}{\delta_{46}} + \frac{h_{49}}{\delta_{49}} + \frac{h_{56}}{\delta_{56}}$	$-\frac{h_{49}}{\delta_{49}}$			$-\frac{h_{50}}{\delta_{50}}$				$\frac{w_{15}}{n^2}$	
16														$-\frac{h_{48}}{\delta_{48}}$	$-\frac{h_{49}}{\delta_{49}}$	$\frac{h_{48}}{\delta_{48}} + \frac{h_{49}}{\delta_{49}} + \frac{h_{51}}{\delta_{51}} + \frac{h_{52}}{\delta_{52}}$	$-\frac{h_{51}}{\delta_{51}}$			$-\frac{h_{52}}{\delta_{52}}$			$\frac{w_{16}}{n^2}$	
17								$-\frac{h_{34}}{\delta_{34}}$						$-\frac{h_{47}}{\delta_{47}}$		$-\frac{h_{51}}{\delta_{51}}$	$\frac{h_{34}}{\delta_{34}} + \frac{h_{47}}{\delta_{47}} + \frac{h_{51}}{\delta_{51}} + \frac{h_{53}}{\delta_{53}}$						$\frac{w_{17}}{n^2}$	
18												$-\frac{h_{43}}{\delta_{43}}$						$\frac{h_{43}}{\delta_{43}} + \frac{h_{54}}{\delta_{54}} + \frac{h_{55}}{\delta_{55}} + \frac{h_{56}}{\delta_{56}}$	$-\frac{h_{54}}{\delta_{54}}$		$-\frac{h_{55}}{\delta_{55}}$		$\frac{w_{18}}{n^2}$	
19															$-\frac{h_{50}}{\delta_{50}}$			$-\frac{h_{54}}{\delta_{54}}$	$\frac{h_{50}}{\delta_{50}} + \frac{h_{54}}{\delta_{54}} + \frac{h_{57}}{\delta_{57}} + \frac{h_{58}}{\delta_{58}}$	$-\frac{h_{57}}{\delta_{57}}$		$-\frac{h_{58}}{\delta_{58}}$		$\frac{w_{19}}{n^2}$
20																$-\frac{h_{52}}{\delta_{52}}$			$-\frac{h_{57}}{\delta_{57}}$	$\frac{h_{52}}{\delta_{52}} + \frac{h_{57}}{\delta_{57}} + \frac{h_{59}}{\delta_{59}} + \frac{h_{60}}{\delta_{60}}$		$-\frac{h_{60}}{\delta_{60}}$		$\frac{w_{20}}{n^2}$
21																					$\frac{h_{61}}{\delta_{61}} + \frac{h_{64}}{\delta_{64}}$	$-\frac{h_{62}}{\delta_{62}}$		$\frac{w_{21}}{n^2}$
22																		$-\frac{h_{55}}{\delta_{55}}$	$-\frac{h_{58}}{\delta_{58}}$	$-\frac{h_{60}}{\delta_{60}}$	$-\frac{h_{62}}{\delta_{62}}$	$\frac{h_{55}}{\delta_{55}} + \frac{h_{58}}{\delta_{58}} + \frac{h_{60}}{\delta_{60}} + \frac{h_{62}}{\delta_{62}} + \frac{h_{65}}{\delta_{65}} + \frac{h_{66}}{\delta_{66}}$		$\frac{w_{22}}{n^2}$
23		$-\frac{h_9}{\delta_9}$								$-\frac{h_{35}}{\delta_{35}}$	$-\frac{h_{38}}{\delta_{38}}$												$\frac{h_9}{\delta_9} + \frac{h_{35}}{\delta_{35}} + \frac{h_{38}}{\delta_{38}} + \frac{h_{67}}{\delta_{67}}$	$\frac{w_{23}}{n^2}$

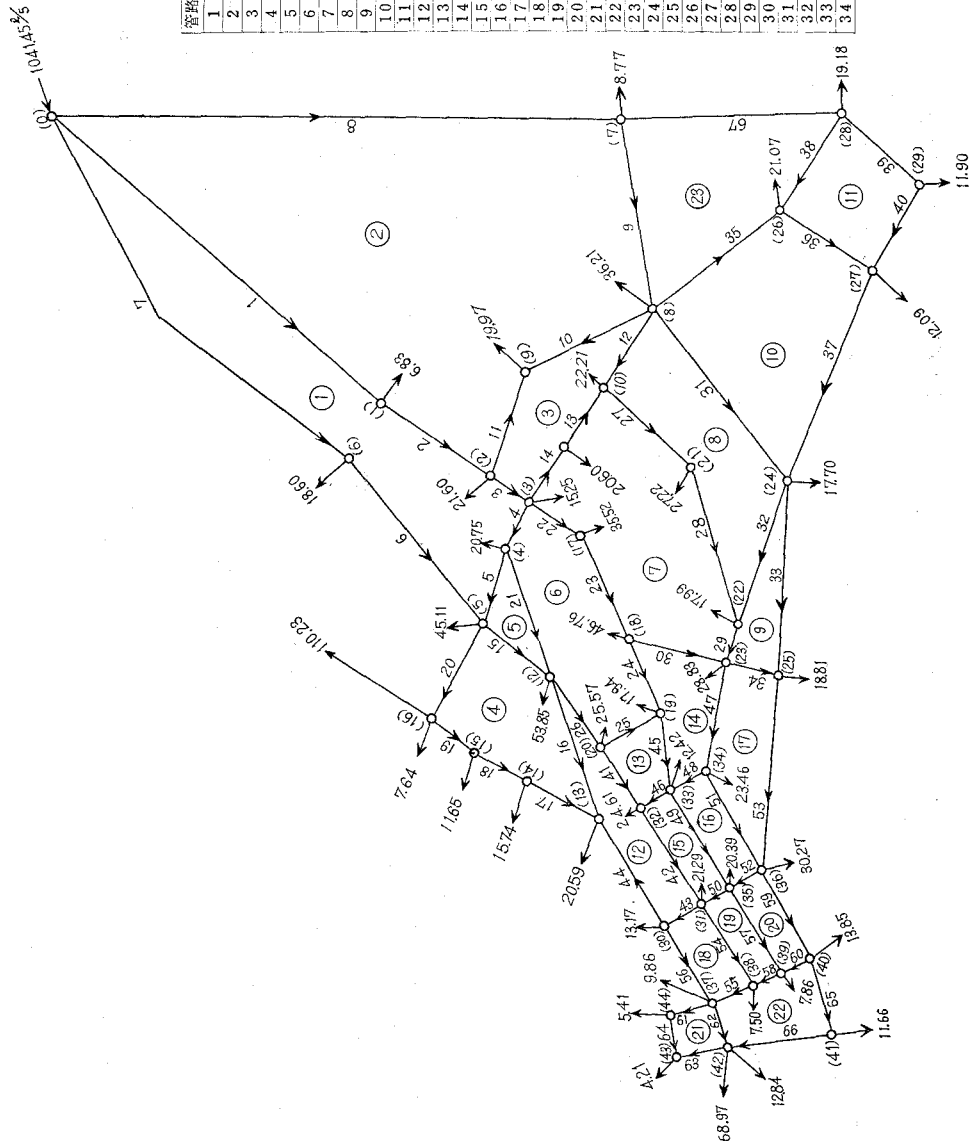


図-2 管 網 図

管径 d (mm)	管径 d (mm)	管径 d (mm)	管径 d (mm)
1 600	3630	35 400	1322
2 500	980	36 200	850
3 500	270	37 200	1550
4 400	425	38 200	525
5 400	570	39 100	94
6 550	1450	40 200	278
7 550	3550	41 400	322
8 600	5470	42 400	805
9 600	1360	43 350	130
10 100	213	44 200	950
11 200	770	45 500	455
12 400	838	46 500	145
13 400	588	47 600	504
14 400	525	48 350	251
15 300	620	49 500	850
16 200	980	50 350	160
17 400	590	51 600	780
18 400	370	52 350	310
19 400	360	53 200	757
20 400	715	54 350	605
21 200	770	55 350	130
22 500	386	56 200	610
23 500	755	57 500	620
24 500	653	58 350	130
25 400	130	59 600	720
26 400	250	60 350	240
27 300	820	61 350	190
28 300	1180	62 300	320
29 600	244	63 350	150
30 400	812	64 350	270
31 600	1530	65 350	490
32 600	1050	66 350	560
33 200	1130	67 600	1500
34 200	115		

表-3 コリレート正規方程式 (表-2 に仮定流量のデータを代入して作製)

種別	左																辺										右辺
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}	K_{15}	K_{16}	K_{17}	K_{18}	K_{19}	K_{20}	K_{21}	K_{22}	K_{23}				
①	0.15990	-0.06239	-0.00588		-0.00537	-0.00753																	-0.01159	0.91103			
②	-0.06239	0.28078	-0.1492																					0.42863			
③	-0.00588	-0.1492	0.17356				-0.00695	-0.0111				-0.12873												-0.47305			
④				0.16649	-0.00908																			-0.05785			
⑤	-0.00537			-0.00908	0.11564	-0.10119																		0.15807			
⑥	-0.00753				-0.10119	0.13812	-0.01561					-0.08806	-0.00122	-0.00451										-0.04617			
⑦			-0.00695			-0.01561	0.07542	-0.04304	-0.00118					-0.00864										0.43335			
⑧			-0.0111				-0.04304	0.06879	-0.00548	-0.00916														-0.25449			
⑨							-0.00118	-0.00548	0.25194								-0.00845							-1.20088			
⑩								-0.00916		0.39231	-0.1071												-0.00566	-1.34872			
⑪										-0.11071	0.77109												-0.4417	0.21417			
⑫			-0.12913			-0.00806						0.35189	-0.00806		-0.01232				-0.00284					-1.46294			
⑬					-0.00122							-0.00806	0.0141	-0.00356	-0.00020									0.03535			
⑭					-0.00451	-0.00864						-0.00356	0.01915	-0	-0.00244		-0.00244			-0.00235				0.00175			
⑮												-0.01232	-0.00020		0.02038	-0.00551			-0.00235					0.06378			
⑯													-0		-0.00651	0.01275	-0.00323			-0.00401				-0.07221			
⑰								-0.00845							-0.00244	-0.00323	0.09170							-0.01870			
⑱											-0.00284							0.03550	-0.00704			-0.00469		-0.06356			
⑲															-0.00235			-0.00704	0.01385	-0.00282		-0.00164		-0.07256			
⑳																-0.00401		-0.00282	0.01189		-0.00300			-0.00088			
㉑																					0.02263	-0.00973		-0.01081			
㉒																		-0.00469	-0.00164	-0.00300	-0.00973	0.04105		-0.03214			
㉓		-0.01159								-0.00566	-0.4417													0.16521	-0.39153		

表-4 (表-3をHIPAC 103で解いた値)

X (1)	=	7.53344165+00
X (2)	=	3.53689092+00
X (3)	=	8.89838129-01
X (4)	=	-4.33160068+00
X (5)	=	5.68966818+00
X (6)	=	4.92894141+00
X (7)	=	7.45673812+00
X (8)	=	1.96194305-01
X (9)	=	-4.74817563+00
X (10)	=	-4.01942157+00
X (11)	=	-1.23625855+00
X (12)	=	-5.55410847+00
X (13)	=	1.16308563+00
X (14)	=	4.75355126+00
X (15)	=	-1.24514843+00
X (16)	=	-3.01675872+00
X (17)	=	-6.21238273-01
X (18)	=	-3.32547822-01
X (19)	=	-1.81267454+00
X (20)	=	-1.84197163+00
X (21)	=	-1.02403467+00
X (22)	=	-1.27069934+00
X (23)	=	-3.33828918+00

注 本表の $X_{(i)}$ と K_s との関係は次のように表現している
(表-6, 表-8にも共通)
例 $X (3) = 8.89838129 - 01$ は
 $K_s = 8.89838129 \times 10^{-1}$

表-5 コリレート正規方程式 (表-2 に第次 1 修正値のデータを代入して作製)

種別	左																							右	
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄	K ₁₅	K ₁₆	K ₁₇	K ₁₈	K ₁₉	K ₂₀	K ₂₁	K ₂₂	K ₂₃	$-\frac{\omega}{T^2}$	
①	0.15950	-0.06353	-0.06609		-0.00587	-0.00802																		-0.01205	0.00668
②	-0.06353	0.61751	-0.48390																					-0.01205	-0.48444
③	-0.00609	-0.48390	0.51206				-0.01070	-0.01137																	0.49584
④				0.18645	-0.00831							-0.14812													-0.01402
⑤	-0.00587			-0.00831	0.12489	-0.11071																			0.00175
⑥	-0.00802				-0.11071	0.14641	-0.01524					-0.00701	-0.00096	-0.00453										0.01023	
⑦		-0.00701				-0.01524	0.10914	-0.07432	-0.00134					-0.00154											-0.01278
⑧		-0.01137				-0.07432	0.10094	-0.00516	-0.00949																0.14654
⑨						-0.00134	-0.00516	0.17660									-0.01655								-0.01762
⑩							-0.00949		0.24744	-0.13395														-0.00511	-0.26180
⑪									-0.13395	0.65700														-0.12815	0.03039
⑫				-0.14812		-0.00701					0.29004	-0.00549		-0.01075			-0.00222							-0.23110	
⑬					-0.00096						-0.00549	0.00999	-0.00333	0.00021										0.01169	
⑭					-0.00453	-0.00154						-0.00333	0.02038		-0.00243	-0.00255	-0.00243	-0.00255		-0.00243				-0.00789	
⑮											-0.01075	-0.00021		0.01912	-0.00513					-0.00243				0.00321	
⑯													-0.00243	-0.00513	0.01491	-0.00313								0.01023	
⑰									-0.01655					-0.00255		-0.00313	0.01712							-0.00250	
⑱											-0.00222							0.03991	-0.00196				-0.00479	-0.10460	
⑲															-0.00243		-0.00796	0.01495	-0.00282			-0.00164		0.00058	
⑳																-0.00362			-0.00282	0.01129		-0.00287		0	
㉑																						0.02303	-0.00989	-0.00059	
㉒																		-0.00479	-0.00164	-0.00287	-0.00989	0.03995		-0.00088	
㉓		-0.01205								-0.00511	-0.12815													0.14818	-0.15466

表-6 (表-5をHIPAC 103で解いた値)

X (1)	= -1.35908822-01
X (2)	= -3.47132196-01
X (3)	= 6.15420460-01
X (4)	= -1.35950208+00
X (5)	= -7.24094981-01
X (6)	= -7.23394230-01
X (7)	= -1.22842364+00
X (8)	= 1.09172204-01
X (9)	= -1.06096469+00
X (10)	= -1.38144226+00
X (11)	= -5.44664877-01
X (12)	= -1.57603249+00
X (13)	= -1.55873595-01
X (14)	= -1.10644724+00
X (15)	= -1.02776685+00
X (16)	= -1.62447776-01
X (17)	= -4.73057867-01
X (18)	= -3.18368641+00
X (19)	= -2.03909200+00
X (20)	= -7.16479111-01
X (21)	= -2.87150155-01
X (22)	= -6.10016993-01
X (23)	= -1.58556874+00

表-7 コリレート正規方程式 (表-2 に第2次修正のデータを代入して作製)

種別	左																							辺					右辺
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}	K_{15}	K_{16}	K_{17}	K_{18}	K_{19}	K_{20}	K_{21}	K_{22}	K_{23}	$-\frac{\omega}{\pi^2}$					
①	0.15986	-0.06359	-0.00606		-0.00603	-0.00813																		-0.00088	-0.001213	-0.04909	0.05084		
②	-0.06359	0.51258	-0.31886																						-0.00029	0	-0.00029		
③	-0.00606	-0.31886	0.00606				-0.00970	-0.01156				-0.15151															0.05084		
④				0.19023	-0.00826																						-0.00029		
⑤	-0.00603			-0.00826	0.12500	-0.11071																					0		
⑥	-0.00813				-0.11071	0.4662	-0.01531					-0.00691	-0.00100	-0.00456												-0.00029	-0.00029		
⑦			-0.00970			-0.01531	0.10271	-0.06881	-0.00134						-0.00761												-0.00438		
⑧			-0.01156				-0.06881	0.09581	-0.00583	-0.00961																	0.00321		
⑨							-0.00134	-0.00583	0.15195								-0.01760										-0.00993		
⑩								-0.00961		0.19470	-0.12255																-0.00530		
⑪										-0.12255	0.60961																-0.03272		
⑫			-0.15151			-0.00691						0.26766	-0.00529		-0.01054				-0.00239								-0.01978		
⑬						-0.00100						-0.00529	0.00786	-0.00339	-0.00018												0.00029		
⑭						-0.00456	-0.00761						-0.00339	0.02023		-0.00214	-0.00253			-0.00260							-0.00029		
⑮												-0.01054	-0.00018		0.01894	-0.00562					-0.00380						-0.00029		
⑯													-0.00274	-0.00562	0.01469	-0.00313											0.00029		
⑰									-0.01760				-0.00253		-0.00313	0.08640											-0.00115		
⑱												-0.00239					0.07488	-0.00725						-0.00451			0.05156		
⑲															-0.00260		-0.00725	0.01413	-0.00271					-0.00151			0.00029		
⑳																-0.00380		-0.00271	0.01131					-0.00285			0.00029		
㉑																					0.02334	-0.01010				0	-0.00029		
㉒																		-0.00451	-0.00151	-0.00285	-0.01010	0.03918				0.00029			
㉓		-0.01213								-0.00530	-0.12002														0.14078	0.13557			

表-8 (表-7をHIPAC 103で解いた値)

X (1) =	4.25064533-02
X (2) =	1.04073688-01
X (3) =	2.25653599-01
X (4) =	-1.00197596-01
X (5) =	-2.31685735-02
X (6) =	-2.09985860-02
X (7) =	2.50538921-02
X (8) =	7.66444258-02
X (9) =	-6.13397139-02
X (10) =	1.64827316-02
X (11) =	2.36391998-01
X (12) =	-1.22626997-01
X (13) =	-4.31396498-02
X (14) =	-1.37018120-02
X (15) =	4.37552920-03
X (16) =	6.63280103-02
X (17) =	-3.07481236-02
X (18) =	8.22504892-01
X (19) =	5.00139535-01
X (20) =	2.06666185-01
X (21) =	6.68034204-02
X (22) =	1.54375429-01
X (23) =	1.17411237+00

表-9の1

網目種別		仮定流量		修正		第2次		修正結果		備考
管径	管長	Y	Q ₀	K	Q ₁	K ₁	Q ₂	K ₂	Q ₃	備考
①										
1	360	600	93.27	349.0	13.66	3.77+4	13.66	3.862	3.862	13.66
2	980	500	61.15	340.7	8.38	2.465	8.38	2.497	2.497	2.497
3	270	500	16.85	208.6	1.72	0.538	1.72	0.538	0.538	0.538
4	425	400	78.63	380.4	1.47	0.537	1.47	0.537	0.537	0.537
5	570	400	105.45	380.4	1.61	0.537	1.61	0.537	0.537	0.537
6	1450	550	56.84	328.0	2.26	2.208	2.26	2.208	2.208	2.208
7	3550	550	13.96	349.0	1.51	5.655	1.51	5.655	5.655	5.655
			W ₁ = -3.118	W ₁ = -0.9103	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923
1	3630	600	93.27	349.0	13.66	3.792	13.66	3.862	3.862	3.862
2	980	500	61.15	340.7	8.38	2.465	8.38	2.497	2.497	2.497
8	540	600	140.58	349.0	1.80	5.718	1.80	5.718	5.718	5.718
9	1360	600	34.95	273.2	3.15	1.159	3.15	1.159	1.159	1.159
10	213	100	33.5400	1.99	1.278		1.99	1.278	1.278	1.278
11	770	200	415.20	1.99	1.278		1.99	1.278	1.278	1.278
			W ₂ = -1.467	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615
3	270	500	16.85	208.6	1.72	0.538	1.72	0.538	0.538	0.538
10	213	100	33.5400	1.99	1.278		1.99	1.278	1.278	1.278
11	770	200	415.20	1.99	1.278		1.99	1.278	1.278	1.278
			W ₃ = -1.619	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305
③										
15	620	500	32.69	182.3	1.65	0.928	1.65	0.928	0.928	0.928
16	980	200	530.18	1.65	0.928		1.65	0.928	0.928	0.928
17	580	400	109.15	178.9	0.60	0.288	0.60	0.288	0.288	0.288
18	370	400	68.45	18.5	0.01	0.054	0.01	0.054	0.054	0.054
19	360	400	66.60	13.50	0.02	0.140	0.02	0.140	0.140	0.140
20	715	400	122.3	13.30	3.68	2.356	3.68	2.356	2.356	2.356
			W ₄ = 0.198	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024
④										
1	360	600	93.27	349.0	13.66	3.862	13.66	3.862	3.862	3.862
2	980	500	61.15	340.7	8.38	2.465	8.38	2.497	2.497	2.497
3	270	500	16.85	208.6	1.72	0.538	1.72	0.538	0.538	0.538
4	425	400	78.63	380.4	1.47	0.537	1.47	0.537	0.537	0.537
5	570	400	105.45	380.4	1.61	0.537	1.61	0.537	0.537	0.537
6	1450	550	56.84	328.0	2.26	2.208	2.26	2.208	2.208	2.208
7	3550	550	13.96	349.0	1.51	5.655	1.51	5.655	5.655	5.655
			W ₁ = -3.118	W ₁ = -0.9103	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923	W ₁ = -0.923
1	3630	600	93.27	349.0	13.66	3.792	13.66	3.862	3.862	3.862
2	980	500	61.15	340.7	8.38	2.465	8.38	2.497	2.497	2.497
8	540	600	140.58	349.0	1.80	5.718	1.80	5.718	5.718	5.718
9	1360	600	34.95	273.2	3.15	1.159	3.15	1.159	1.159	1.159
10	213	100	33.5400	1.99	1.278		1.99	1.278	1.278	1.278
11	770	200	415.20	1.99	1.278		1.99	1.278	1.278	1.278
			W ₂ = -1.467	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615	W ₂ = -0.42615
3	270	500	16.85	208.6	1.72	0.538	1.72	0.538	0.538	0.538
10	213	100	33.5400	1.99	1.278		1.99	1.278	1.278	1.278
11	770	200	415.20	1.99	1.278		1.99	1.278	1.278	1.278
			W ₃ = -1.619	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305	W ₃ = -0.47305
15	620	500	32.69	182.3	1.65	0.928	1.65	0.928	0.928	0.928
16	980	200	530.18	1.65	0.928		1.65	0.928	0.928	0.928
17	580	400	109.15	178.9	0.60	0.288	0.60	0.288	0.288	0.288
18	370	400	68.45	18.5	0.01	0.054	0.01	0.054	0.054	0.054
19	360	400	66.60	13.50	0.02	0.140	0.02	0.140	0.140	0.140
20	715	400	122.3	13.30	3.68	2.356	3.68	2.356	2.356	2.356
			W ₄ = 0.198	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024	W ₄ = 0.0024

表-9の2

網 目	目 種 別	反 定 流 量			第 1 次 修 正			第 2 次 修 正			第 2 次 修 正 補 正			備 考
		Q $\frac{m^3}{s}$	Y $\frac{m^3}{s}$	K $\frac{m^3}{s}$	Q $\frac{m^3}{s}$	Y $\frac{m^3}{s}$	K $\frac{m^3}{s}$	Q $\frac{m^3}{s}$	Y $\frac{m^3}{s}$	K $\frac{m^3}{s}$	Q $\frac{m^3}{s}$	Y $\frac{m^3}{s}$	K $\frac{m^3}{s}$	
⑤	5 570 400	145.45	30.00	0.161	0.637	0.196	0.837	1.09	34.50	0.228	0.613	0.12	34.62	36.56
	15 520 500	20.69	102.32	-1.655	0.908	-1.361	0.837	1.18	162.60	-1.343	0.826	-0.14	162.46	165.01
	21 770 300	0.650	12.05	1.41	14.01	1.551	1.071	0	14.01	1.551	1.071	0	14.01	14.03
					$W_3 = -0.541$	$W_3 = -0.006$	$W_3 = 0$	$W_3 = 0$				$W_3 = 0$		$W_3 = -0.071$
⑥	4 475 400	78.13	63.55	0.477	0.053	0.477	0.053	1.09	69.26	0.563	0.813	0.12	69.38	71.34
	21 770 300	0.1670	12.60	7.205	10.119	1.41	14.01	0	14.01	-1.551	1.071	0	14.01	14.03
	22 386 500	240.9	19.00	1.116	0.587	0.438	185.32	0.83	186.24	1.075	0.577	0.09	186.16	186.49
	23 755 500	47.11	15.40	1.624	0.974	0.438	185.32	0.83	186.24	1.075	0.577	0.09	186.16	186.49
	24 653 500	40.75	75.00	0.338	0.451	0.332	75.32	0.341	76.03	0.347	0.456	0.01	76.02	76.09
	25 130 400	24.15	30.00	0.037	0.122	-0.97	23.03	0.022	24.08	0.024	0.100	-0.04	24.04	24.12
	26 250 400	41.25	128.00	-1.031	0.806	-0.99	108.61	-0.761	109.03	-0.740	0.691	-0.19	108.84	109.38
⑦	13 538 400	108.78	7.40	0.019	0.202	0.017	0.035	0.12	18.14	0.065	0.558	0.37	17.77	16.65
	14 525 400	77.13	30.00	0.148	0.473	0.15	0.55	0.69	38.04	0.237	0.612	0.37	38.37	38.25
	22 386 500	240.9	19.00	1.116	0.587	0.438	185.32	0.83	186.24	1.075	0.577	0.09	186.16	186.49
	23 755 500	47.11	15.40	1.624	0.974	0.438	185.32	0.83	186.24	1.075	0.577	0.09	186.16	186.49
	27 820 300	61.82	32.19	1.048	0.318	0.6674	0.6674	0.37	0.37	0.37	0.37	0.10	0.37	0.37
	28 1180 300	0.618	4.97	0.449	0.906	13.43	13.43	0.218	13.43	0.218	0.134	-0.10	13.43	13.43
	34 284 600	6.27	140.50	0.166	0.118	22.58	163.81	0.218	22.58	0.218	0.134	0.16	22.58	22.58
⑧	20 812 400	130.22	34.72	0.300	0.864	0.300	0.864	0.23	29.95	0.228	0.761	0.07	29.80	30.12
	12 838 400	155.03	45.20	0.500	1.111	0.4255	0.4255	0.12	0.12	0.12	0.12	0.07	0.12	0.12
	27 820 300	61.82	32.19	1.048	0.318	0.6674	0.6674	0.37	0.37	0.37	0.37	0.10	0.37	0.37
	28 1180 300	0.618	4.97	0.449	0.906	13.43	163.81	0.218	22.58	0.218	0.134	0.16	22.58	22.58
	31 1530 600	3.332	100.00	1.648	0.716	9.15	162.45	0.956	9.15	162.45	0.956	0.11	162.45	162.45
	32 1350 600	20.77	153.50	0.840	0.458	0.15	162.45	0.956	0.15	162.45	0.956	0.11	162.45	162.45
					$W_3 = 0.871$	$W_3 = -0.972$	$W_3 = -0.25449$	$W_3 = -0.011$				$W_3 = -0.011$		$W_3 = -0.220$

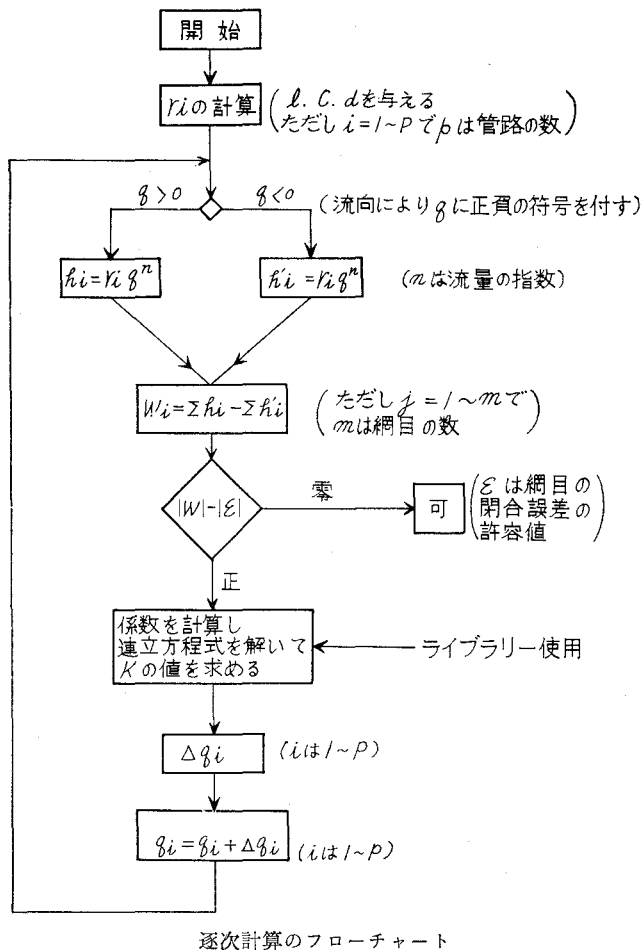
表-9の4

網目	種別	既定流量				第1次修正				第2次修正				第3次修正結果		備考
		Q	K	h	Δh	Q	K	h	Δh	Q	K	h	Δh	Q	h	
⑭	22 653 500	44.73	75.00	0.3378	1.441	53.2	75.32	-0.324	0.453	0.71	76.03	-0.347	0.456	-0.01	76.02	76.09
	30 812 400	140.22	34.02	0.300	0.864	5.00	29.72	0.224	0.751	0.23	29.96	0.220	0.761	0.27	29.88	30.12
	45 455 500	203.9	80.04	0.318	0.756	16.44	81.42	-0.266	0.333	1.06	82.18	-0.274	0.339	-0.04	82.13	82.27
	47 504 600	129.5	140.08	0.342	0.244	7.64	140.92	0.397	0.253	-1.17	146.75	0.372	0.253	0.03	146.70	146.80
	48 251 350	88.65	0	0	0	14.30	143.0	0.054	0.243	-1.73	126.3	0.627	0.214	-0.15	124.8	126.08
			$W_4 = 0.006$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_4 = 0.027$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_4 = 0.001$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_4 = 0$	$W_4 = 0$	$W_4 = -0.027$
⑮	42 805 400	148.93	53.29	0.657	1.232	-7.97	46.32	0.487	1.075	-1.01	44.31	-2.467	1.054	-0.23	44.08	44.09
	46 445 500	9.05	5.00	0.001	0.020	44.6	9.46	-0.002	0.021	1.61	11.07	-0.002	0.018	-0.04	10.78	10.74
	49 850 500	53.04	59.64	0.384	0.551	3.28	70.92	0.418	0.573	-1.60	71.32	0.441	0.562	-0.11	71.21	71.37
	50 160 350	56.64	23.63	0.056	0.225	1.05	24.68	0.010	0.243	1.87	26.65	1.167	0.260	-0.92	25.63	26.44
			$W_5 = -0.218$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_5 = -0.011$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_5 = 0.001$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_5 = 0.001$	$W_5 = 0.001$	$W_5 = -0.027$
			$W_5 = -0.218$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_5 = -0.011$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_5 = 0.001$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_5 = 0.001$	$W_5 = 0.001$	$W_5 = -0.027$
⑯	48 251 350	88.65	0	0	0	14.30	143.0	0.054	0.243	-1.73	126.3	0.627	0.214	-0.15	124.8	126.08
	49 850 500	53.04	59.64	0.384	0.551	3.28	70.92	0.418	0.573	-1.60	71.32	0.441	0.562	-0.11	71.21	71.37
	51 320 600	20.05	116.82	0.378	0.323	-4.44	113.39	0.352	0.317	0.87	112.96	0.354	0.313	0.18	113.14	112.66
	52 310 350	109.94	20.38	0.082	0.401	-2.17	18.21	0.066	0.362	1.02	19.23	0.073	0.380	-0.26	18.97	18.93
			$W_6 = 0.076$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_6 = -0.075$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_6 = -0.001$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_6 = 0.001$	$W_6 = 0.001$	$W_6 = 0.011$
			$W_6 = 0.076$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_6 = -0.075$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_6 = -0.001$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_6 = 0.001$	$W_6 = 0.001$	$W_6 = 0.011$
⑰	34 115 200	622.15	6.39	1.054	0.845	7.63	14.02	0.232	1.155	1.09	15.11	0.266	1.760	0.16	15.17	15.27
	44 504 600	129.5	140.08	0.342	0.244	7.64	140.92	0.397	0.253	-1.17	146.75	0.372	0.253	0.03	146.70	146.80
	51 320 600	20.05	116.82	0.378	0.323	-4.44	113.39	0.352	0.317	0.87	112.96	0.354	0.313	0.18	113.14	112.66
	53 757 200	409.37	7.41	1.730	0.758	-1.15	8.26	0.154	0.949	0.88	7.38	0.466	0.314	-0.26	7.32	7.45
			$W_7 = 0.064$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_7 = 0.077$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_7 = 0.006$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_7 = -0.001$	$W_7 = -0.001$	$W_7 = -0.011$
			$W_7 = 0.064$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_7 = 0.077$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_7 = 0.006$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_7 = -0.001$	$W_7 = -0.001$	$W_7 = -0.011$
⑱	43 130 350	46.12	37.63	0.107	0.284	-0.64	27.97	0.062	0.222	0.27	30.94	-1.074	0.239	-1.74	29.19	29.28
	54 405 350	241.17	13.00	0.127	0.704	2.74	20.74	0.165	0.796	-0.12	18.12	0.135	0.725	0.60	17.22	18.96
	55 130 350	46.12	48.17	0.320	0.469	1.04	47.91	0.325	0.477	0.88	45.15	0.294	0.451	-0.24	46.39	46.41
	56 610 200	300.10	2.68	0.054	0.093	0.52	3.30	0.080	0.500	5.09	9.09	-0.652	0.093	-1.52	7.57	7.40
			$W_8 = 0.286$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_8 = 0.258$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_8 = -0.197$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_8 = -0.011$	$W_8 = -0.011$	$W_8 = 0.001$
			$W_8 = 0.286$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_8 = 0.258$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_8 = -0.197$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$W_8 = -0.011$	$W_8 = -0.011$	$W_8 = 0.001$

表-9の5

網目		種別		仮定流量				第1次修正				第2次修正				第3次修正結果				備考	
管径	目数	Y	Q ₀	Q ₁	Q ₂	K	ΔQ ₀	Q ₀	Q ₁	Q ₂	K	ΔQ ₁	Q ₀	Q ₁	Q ₂	K	ΔQ ₂	Q ₀	Q ₁	Q ₂	
19	50	160	350	5664	2363	0.235	105	2468	2074	2016	0.243	187	2655	2005	2260	282	2663	2064	89.14.67	89.14.67	
	54	605	350	21417	18.00	0.004	2.94	2074	2016	0.243	187	2655	2005	2260	282	2663	2064	89.14.67	89.14.67		
	57	620	500	3049	46.00	0.130	0.202	-101267	105	4605	0.130	0.202	-101267	105	4605	0.130	0.202	44.14	44.49	0.172	
	58	130	350	1876	5167	0.076	-100	5667	0.073	0.164	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	44.95	44.95	0.082	
20				$W_0 = 0.043$	$W_0 = 0.002$	$Z =$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	
	52	310	350	1894	2438	0.082	0.081	217	18.21	0.066	0.081	1.485	-0.0058	1.12	19.23	0.073	0.380	18.97	0.072	18.93	
	57	520	500	3819	46.00	0.130	0.202	0.05	46.05	0.130	0.202	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	44.49	44.49	0.172	
	59	720	600	1850	9658	0.156	0.206	-184197	24.1	23.17	0.043	0.178	-0.0148	1.33	23.84	0.158	0.195	21.22	0.159	21.31	
21	60	240	350	8496	1933	0.059	0.200	-106	18.47	0.053	0.207	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	18.37	18.37	0.052
				$W_0 = 0.003$	$W_0 = 0.002$	$Z =$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	
	61	190	350	6226	3789	0.158	0.166	189	37.78	0.173	0.166	1.129	0	0.53	40.31	0.170	0.439	40.19	0.176	40.16	
	62	320	300	24432	23.00	0.224	0.103	0.46	23.46	0.232	0.103	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	23.70	23.70	0.238	
22	63	150	350	5310	48.00	0.142	0.147	-102403	187	30.81	0.130	0.355	-0.00715	0.53	30.28	0.127	0.332	30.40	0.129	30.43	
	64	270	350	7553	32.08	0.171	0.155	1.89	34.37	0.187	0.144	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	34.78	34.78	0.191	
				$W_0 = 0.037$	$W_0 = 0.002$	$Z =$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	$W_0 = 0.002$	
	55	130	350	4602	68.17	0.320	0.469	124	67.97	0.335	0.479	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	66.61	66.61	0.325	
23	56	130	350	1876	5167	0.073	0.164	-100	5667	0.073	0.164	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	54.95	54.95	0.082	
	60	240	350	8496	1933	0.059	0.200	-106	18.47	0.053	0.207	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	18.37	18.37	0.052	
	62	320	300	24432	23.00	0.224	0.103	0.46	23.46	0.232	0.103	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	23.70	23.70	0.238	
	65	490	350	77246	47.20	0.097	0.177	-235	38.85	0.047	0.172	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	39.11	39.11	0.092	
24	66	560	350	19824	36.64	0.172	0.227	-235	38.85	0.047	0.172	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	39.11	39.11	0.092	
				$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$Z =$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	$W_0 = 0.110$	
	7	1360	610	3495	27324	3.165	1.157	1720	28676	3.444	1.205	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	28676	28676	3.444	
	35	1322	410	24457	11.83	0.077	0.566	-126	1657	0.054	0.511	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	8.81	8.81	0.059	
25	38	525	200	28425	30.00	0.225	0.447	-33324	3.84	26.11	0.246	1.216	-193	24.10	0.202	0.302	1.0411	1.03	2.520	2.520	2.207
	67	1500	610	3055	65.14	0.247	0.379	-6.18	59.01	0.265	0.347	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	$K_0 =$	59.01	59.01	0.265	
				$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$Z =$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	
				$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$Z =$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	$W_0 = 1.340$	

定流量から出発し Hardy Cross 法による計算の第7次修正値を併記したが、前報の例題と同じように本法による第2次修正値はその第7次修正値より精度高く且つ各網目ごとの閉合誤差はよく均一化されていることがわかる。



5. 結び (付記)

管網の流量計算法に用いられる流水抵抗 r および損失水頭 h 等も管路の数が増加すればその値を求める手数を増すことになるが、このうち r/l の値は既に数表化されたものが誌上に見うけられ、その他も比較的手軽に求められるから、本文では本法による場合に最も手数を要するコリレート値を求めるためにデジタル計算機を利用した。しかし管網の流量計算に一貫してデジタル計算機を利用して一層計算の迅速化をはかる場合を予想すると、その場合の逐次計算のフローチャートの概略は左図のようになるものと思われる。

終りに本研究には先に文部省科学研究費 (各個研究) の補助をうけたことを記して感謝すると共に、電子計算機の計算を受持っていただいた北大計算センターの内山美代子さんその他と、Hardy Cross 法との比較計算等に助力された下条章義君 (本学土木工学科を卒業し大阪府庁に勤務) および電子計算機のフローチャートに対し助言をいただいた本学電気工学科北村教授に謝意を表す。

(昭和40年4月30日受理)

文 献

- 1) 森田健造：管網の流量計算について、室蘭工業大学研究報告第2巻第3号。