

1. まえがき 管網流量の算定方法である Hardy-Cross の方法は、電算機の発達により、他の数学的解析法や回解法などにくらべ、さらにその実用度が高められたと考える。本報は閉管路の数が多い複雑な管網流量の計算を、ある規則的な仮定流量より行なう場合の精度と計算回数（電算機所要時間）との関係を検討したものである。

2. 流量算定式  $Q$  をある管路の流量とし、 $k$  をその摩擦損失水頭とすれば、周知のように

$$h = k Q^m \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 $k$  は流水抵抗であり、 $m$  は Manning 式を用いる場合は、2.0、Williams-Hazen 式を用いる場合は、1.85 であるので、それぞれ

$$k = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5}, \quad k = \frac{10.666L}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad \dots\dots (2)$$

ここに、 $f$  : 摩擦損失係数、 $C$  : 流速係数、 $L$  : 管長、 $D$  : 管径、である。また  $f$  と Manning の粗度係数  $n$  との関係は、

$$f = \frac{8g n^2}{R^{4/3}}, \quad \text{ここに } R: \text{径深} \quad \dots\dots (3)$$

本報における計算例では、 $n=0.013$  を Manning 式に適用している。次に補正流量  $\Delta Q$  は、

$$\Delta Q = -\frac{\sum h}{m \sum k Q^{m-1}} = -\frac{\sum k Q^m}{m \sum k Q^{m-1}} \quad \dots\dots (4)$$

によって算定される。

3. 流向と流量の仮定 Hardy-Cross の方法のような試算法において、算定収束流量の精度と所要の計算回数などの関係を検討するにあたっては、当初の流向や流量の仮定に個人差をとってもならない。そこで筆者らは、これらに対して次のような規則的な仮定を行なった。

仮定1 ある管の流向は、その管の両端から異なる方向に最短管路を経て流入点までの距離を測り、その距離が小さい方の管端から大きい方の管端に向かって流れるものとする。

仮定2 各管の流量は、流水抵抗に逆比例するものとする。この仮定は図-2 によって、ほぼ妥当であると云える。

仮定3 前記2つの仮定によって各管の流向と流量が一応仮定されるが、これが流出点における連続の条件を満足しているとは限らない。たとえば図-1の管網において、仮定1により矢印の方向に流向が仮定されたものとし、仮定2によって各管の流量が仮定されたものとする。この場合、

$Q_{01} < Q_{11}$  であつて  $Q_{11} - Q_{01} = Q_{14}$

ならば、 $Q_{11} - Q_{01} = Q_{14}$

となるように  $Q_{14}$  の仮

定をかえる。また  $Q_{01} > Q_{11}$

であつて  $Q_{01} - Q_{11} = Q_{14}$  ならば管路14の流向をかえ、

さらに  $Q_{01} - Q_{11} = Q_{14}$  となるように  $Q_{14}$  の仮定をかえ

る。このようにすれば、当初の仮定に個人差の入り

にむ余地はないので、精度と所要の計算回数あるいは電算機所要時間などの関係も検討するには有効と考へる。

4. 計算例 計算には FACOM 230-60 を使用した。閉

管路3つのかなり簡単な場合についてではあるが、

そのフローチャートを図-3 に示している。閉管路5

個(図-4参照)の場合の計算結果を表示している。

流量の最大誤差を10%程度にとれば、算定流量の誤

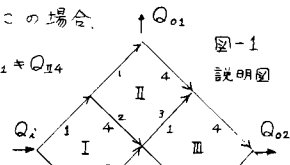
差はたかだか1%程度であることがあかる。次に、

図-5 に示しているように、閉管路の個数一定で流

量誤差を小さくおさへると、計算回数は対数直線的

に大きくなり、流量誤差一定で閉管路の個数を大き

くすると計算回数もほぼ比例して大きくなる。



| I    | J | l    | D    | Q      | Q       | Q       | Q       |
|------|---|------|------|--------|---------|---------|---------|
|      |   |      |      | 0.01   | 0.001   | 0.0001  | 0.00001 |
| I    | 1 | 44.0 | 0.40 | 0.3670 | 0.3589  | 0.3582  | 0.3524  |
|      | 2 | 62.5 | 0.35 | 0.2933 | 0.2919  | 0.2916  | 0.2915  |
|      | 3 | 55.0 | 0.30 | 0.2442 | 0.2432  | 0.2432  | 0.2432  |
|      | 4 | 49.0 | 0.25 | 0.2102 | 0.2102  | 0.2102  | 0.2102  |
|      | 5 | 43.0 | 0.20 | 0.1870 | 0.1870  | 0.1870  | 0.1870  |
| II   | 1 | 55.0 | 0.30 | 0.5887 | 0.1642  | 0.1572  | 0.1584  |
|      | 2 | 38.0 | 0.25 | 0.1745 | 0.0862  | 0.0878  | 0.0877  |
|      | 3 | 36.5 | 0.25 | 0.1232 | -0.0917 | -0.0928 | -0.0931 |
|      | 4 | 56.0 | 0.35 | 0.1286 | -0.1466 | -0.1532 | -0.1531 |
|      | 5 | 40.0 | 0.20 | 0.1278 | 0.2643  | 0.2530  | 0.2511  |
| III  | 1 | 40.0 | 0.20 | 0.1278 | 0.2643  | 0.2530  | 0.2511  |
|      | 2 | 39.0 | 0.25 | 0.1282 | -0.0646 | -0.0637 | -0.0627 |
|      | 4 | 61.0 | 0.30 | 0.5233 | -0.1808 | -0.1734 | -0.1722 |
|      | 5 | 62.5 | 0.35 | 0.2933 | -0.1028 | -0.1019 | -0.1015 |
|      | 1 | 61.0 | 0.30 | 0.5233 | -0.1808 | -0.1734 | -0.1722 |
| IV   | 1 | 71.0 | 0.30 | 0.7572 | -0.0234 | -0.0162 | -0.0166 |
|      | 2 | 31.0 | 0.30 | 0.3917 | -0.1781 | -0.1805 | -0.1808 |
|      | 3 | 28.0 | 0.25 | 0.1074 | -0.0842 | -0.0838 | -0.0837 |
|      | 4 | 38.0 | 0.25 | 0.1074 | -0.0842 | -0.0838 | -0.0837 |
|      | 5 | 28.0 | 0.25 | 0.1074 | -0.0842 | -0.0838 | -0.0837 |
| V    | 1 | 52.0 | 0.20 | 0.4833 | 0.1396  | 0.1257  | 0.1243  |
|      | 2 | 35.0 | 0.20 | 0.3833 | -0.0850 | -0.0777 | -0.0771 |
|      | 4 | 24.0 | 0.20 | 0.2310 | -0.0600 | -0.1577 | -0.1576 |
|      | 1 | 39.0 | 0.25 | 0.1122 | 0.0646  | 0.0639  | 0.0646  |
|      | 2 | 68.0 | 0.20 | 0.6321 | 0.0787  | 0.0687  | 0.0658  |
| VI   | 1 | 44.0 | 0.35 | 0.1877 | 0.0787  | 0.0687  | 0.0658  |
|      | 2 | 44.0 | 0.35 | 0.1877 | 0.0787  | 0.0687  | 0.0658  |
|      | 3 | 44.0 | 0.35 | 0.1877 | 0.0787  | 0.0687  | 0.0658  |
|      | 4 | 44.0 | 0.35 | 0.1877 | 0.0787  | 0.0687  | 0.0658  |
|      | 5 | 44.0 | 0.35 | 0.1877 | 0.0787  | 0.0687  | 0.0658  |
| VII  | 1 | 47.0 | 0.20 | 0.4369 | 0.0746  | 0.0668  | 0.0666  |
|      | 2 | 51.0 | 0.20 | 0.4740 | -0.0410 | -0.0574 | -0.0582 |
|      | 4 | 37.0 | 0.20 | 0.3833 | -0.0750 | -0.0800 | -0.0805 |
|      | 1 | 76.0 | 0.25 | 0.2447 | 0.1500  | 0.1366  | 0.1353  |
|      | 2 | 47.0 | 0.30 | 0.5241 | 0.2283  | 0.2078  | 0.2078  |
| VIII | 1 | 50.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 2 | 42.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 3 | 47.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 4 | 42.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 5 | 47.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
| IX   | 1 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 2 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 3 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 4 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 5 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
| X    | 1 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 2 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 3 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 4 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 5 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
| XI   | 1 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 2 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 3 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 4 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 5 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
| XII  | 1 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 2 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 3 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 4 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 5 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
| XIII | 1 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 2 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 3 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 4 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 5 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
| XIV  | 1 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 2 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 3 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 4 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 5 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
| XV   | 1 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 2 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 3 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 4 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |
|      | 5 | 43.0 | 0.20 | 0.4924 | 0.0624  | 0.0544  | 0.0544  |

図-5. 計算回数～流量誤差

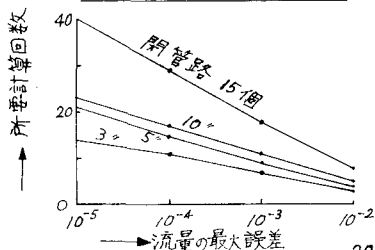


図-6 には流量誤差を  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  にとった場合に、これらについての電算機総所要時間と開管路個数との関係を示している。開

管路個数が多くなれば所要時間も多くなる。紙面の都合で詳細は講演時にのべる。

図-2. Q～Rの一例

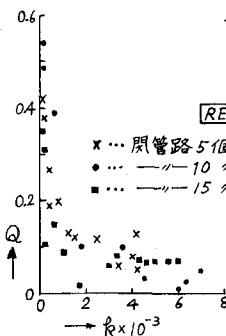


図-3. フローチャートの一例

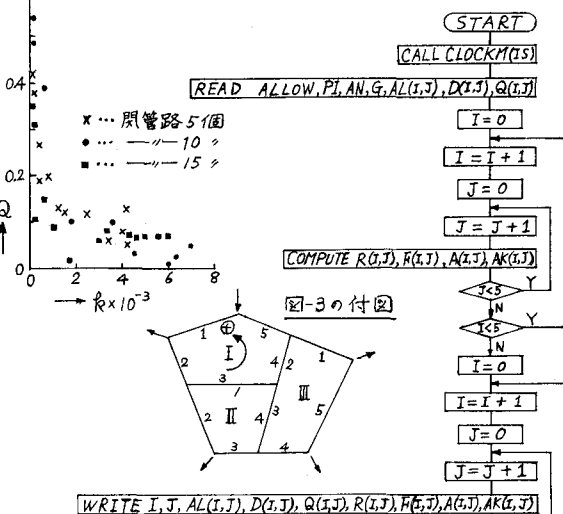


図-3の付図

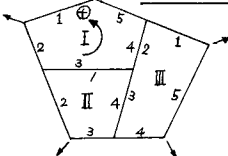


図-4. 管網の一例

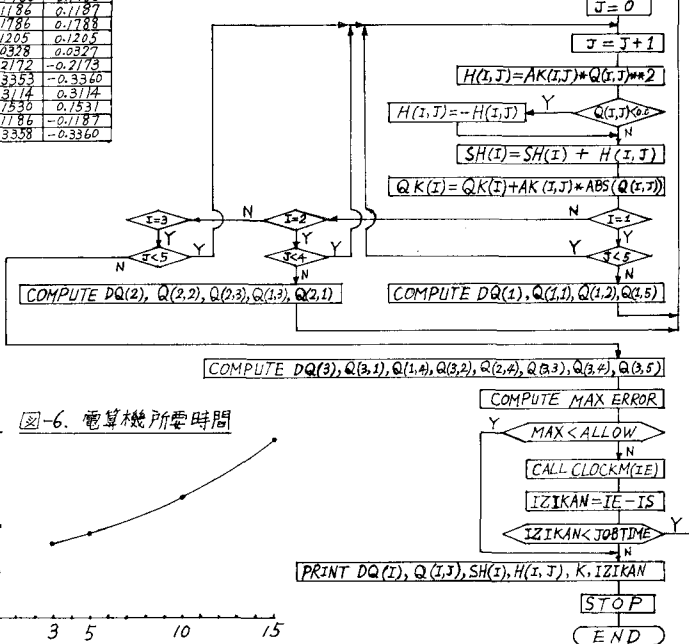
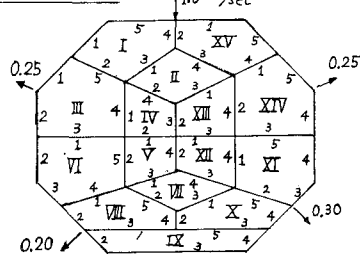


図-6. 電算機所要時間

