

1. まえがき 管網の流量計算法は、従来より各種の方法が発表されているが、よく知られている方法として Hardy Cross 法、Hardy Cross 法の改良型、理論的方法として、1 閉管路と一元とした多元連立一次方程式法、多元連立二次方程式、および、平均値法などを見ることができよう。著者は電子計算機を利用する立場で能率的方法を検討する必要性を感じ、著者の近似解法を述べるとともに、前記の方法の中で Hardy Cross 法の改良型の一つとして Fair 法（以下 H.C. 法と呼ぶ）、多元連立一次方程式法（以下 S.E. 法と呼ぶ）の 2 つの方法、および、著者の方法（以下 K.S. 法と呼ぶ）について計算能率を比較した結果を報告する。

2. 著者の近似解法 著者の方法の出发点は 1 閉管路と一元とした多元連立一次方程式法と簡単にし、計算を容易に行うことを目的とした方法で、Hardy Cross 法と多元連立一次方程式法の中間的存在の簡便法である。

平均流速公式として、Hagen-Williams 公式を適用し、微小流量  $\Delta Q$  だけ流量を修正すれば摩擦損失水頭の増加量  $\Delta h$  は近似的に  $\Delta Q^2$  以下の項を省略すれば

$$\Delta h = \frac{1}{0.54} \cdot \frac{h}{Q} \cdot \Delta Q = \frac{1}{0.54} \cdot K \cdot \Delta Q \quad \text{----- (1)}$$

式 (1) と、いま考える閉管路  $i$  に適用すれば、損失水頭の閉合条件より

$$\sum_{(i)} (h + \Delta h) = \sum_{(i)} (h + \frac{1}{0.54} \cdot K \cdot \Delta Q) = 0 \quad \text{----- (2)}$$

式 (2) を各閉管路に適用し各閉管路の修正流量  $\Delta Q$  を独立的に計算する方法が H.C. 法である。

しかし乍ら、管網を構成する閉管路は相互に共通管路を有する。いま考える閉管路  $i$  とし、その修正流量を  $\Delta Q_i$  とする。 $i$  閉管路に隣接する管路（内接、または、外接）を  $i_m, i_n, \dots, i_p$  とし、隣接閉管路の修正流量をそれぞれ  $\Delta Q_m, \Delta Q_n, \dots, \Delta Q_p$  とすれば、共通管路の修正流量は、それぞれ  $(\Delta Q_i \pm \Delta Q_m), (\Delta Q_i \pm \Delta Q_n), \dots, (\Delta Q_i \pm \Delta Q_p)$  となり、（+ の符号は内接する場合、- の符号は外接する場合） $i$  閉管路について損失水頭の閉合条件を適用すれば

$$(\sum_{(i)} K) \cdot \Delta Q_i \pm K_{im} \cdot \Delta Q_m \pm K_{in} \cdot \Delta Q_n \pm \dots \pm K_{ip} \cdot \Delta Q_p = -0.54 \sum_{(i)} h \quad \text{----- (3)}$$

式 (3) が各閉管路ごとに成立し、これを連立的に解けばよいことになる。この方法が S.E. 法である。

さて、式 (3) を  $\sum_{(i)} K$  で除すと

$$\Delta Q_i \pm \frac{K_{im}}{\sum_{(i)} K} \cdot \Delta Q_m \pm \frac{K_{in}}{\sum_{(i)} K} \cdot \Delta Q_n \pm \dots \pm \frac{K_{ip}}{\sum_{(i)} K} \cdot \Delta Q_p = -0.54 \frac{\sum_{(i)} h}{\sum_{(i)} K} \quad \text{----- (4)}$$

また、式 (2) より、H.C. 法の修正流量  $\Delta Q_i$  は

$$\Delta Q_i = -0.54 \sum_{(i)} h / \sum_{(i)} K \quad \text{----- (5)}$$

式 (4) の右辺は H.C 法の修正流量  $\Delta Q_i$  に等しいことがわかる。そこで、いま考える閉管路  $i$  の修正流量は近似的に次のように書き表わすことができる。

$$\Delta Q_i = \Delta Q_i' \mp \frac{K_{im}}{\sum_{(i)} K} \cdot \Delta Q_m' \mp \frac{K_{in}}{\sum_{(i)} K} \cdot \Delta Q_n' \mp \dots \mp \frac{K_{ip}}{\sum_{(i)} K} \cdot \Delta Q_p' \quad \text{----- (6)}$$

2. に、 $\Delta Q'_1, \Delta Q'_2, \Delta Q'_3, \dots, \Delta Q'_n$  はそれぞれ H.C. 法による修正流量とする。

式 (6) と各管路に適用して独立的に修正流量を求め反覆計算する方法である。(この方法は網川氏の H.C. 法の過修正と補正する方法に一致する点がある)

3. 計算能率の比較 管網流量計算には HARP 103 電子計算機を使用し、表-1 に示す管網 4 種類について、同一規定流量と与へ H.C. 法、S.E. 法、および、K.S. 法によつて、それぞれプログラムを組み、Output の条件として閉管路の閉合誤差の絶対値の最大が 0.01 以下になつた時計算を終了するようにした。

| 管 網   | 閉管路数 | 管 路 数 | 閉管路内の平均管路数 |
|-------|------|-------|------------|
| No. 1 | 9    | 28    | 4.89       |
| No. 2 | 16   | 46    | 4.75       |
| No. 3 | 26   | 87    | 5.50       |
| No. 4 | 39   | 102   | 4.72       |

表-1

計算能率とは精度の実で実用上必要な程度に高く、その上、演算時間が短いものが最も優れていると云うことができよう。

表-2 に上記 4 種類の管網の計算能率等を示した。これで明らかになやうに、K.S. 法が最も演算時間が短く、H.C. 法の演算時間は 100 とすれば 24~42% の減少であることがわかる。S.E. 法は No. 1 の管網と除き H.C. 法より演算時間が長い。

| 管 網   | 解 法    | 反覆回数            | 最終閉合誤差の絶対値の最大値 | 演算時間              | 反覆 1 回当り時間        | 能 率   |
|-------|--------|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|-------|
| No. 1 | H.C. 法 | 23 <sup>回</sup> | 0.0091         | 7.29 <sup>分</sup> | 17.6 <sup>分</sup> | 100   |
|       | S.E. 法 | 4               | 0.0026         | 4.53              | 62.0              | 65.3  |
|       | K.S. 法 | 12              | 0.0096         | 4.35              | 19.2              | 61.2  |
| No. 2 | H.C. 法 | 17              | 0.0084         | 9.33              | 29.3              | 100   |
|       | S.E. 法 | 3               | 0.0068         | 13.11             | 239.0             | 138.0 |
|       | K.S. 法 | 8               | 0.0086         | 5.33              | 32.3              | 58.1  |
| No. 3 | H.C. 法 | 68              | 0.0099         | 62.10             | 52.6              | 100   |
|       | S.E. 法 | 6               | 0.0004         | 84.10             | 817.0             | 135.4 |
|       | K.S. 法 | 35              | 0.0092         | 36.06             | 57.6              | 57.9  |
| No. 4 | H.C. 法 | 98              | 0.0097         | 114.01            | 67.9              | 100   |
|       | S.E. 法 | 3               | 0.0002         | 136.28            | 2667.0            | 119.7 |
|       | K.S. 法 | 66              | 0.0098         | 86.40             | 76.0              | 76.0  |

表-2

い。

次に、閉合誤差の収斂状態は図-1 に概略の傾向を示す程度のもので示した。閉合誤差が比較的大きい間は K.S. 法、および H.C. 法は収斂性が良好であるが S.E. 法は良くない。しかし乍ら、表-2、および、図-1 で明らかになやうに、S.E. 法は閉合誤差が或る程度以下になると急速に収斂する特徴があることがわかる。

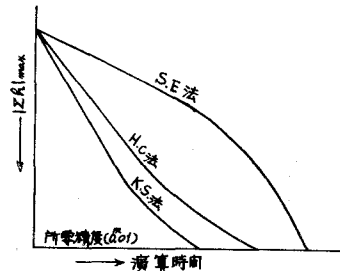


図-1

4. あとがき 著者は S.E. 法と H.C. 法の両者の解法をミ

ックスした解法を述べるとともに、実用上必要な精度に対しては K.S. 法が充分収斂性に富み、他の 2 方法より演算時間も短く有効な方法であることを計算例によつて示した。なお、前記 3 方法による収斂状態の詳細は講演時に述べる予定である。

#### 参考文献

- (1) 扇田；管網計算の所要時間について。(水道協会雑誌 第 263 号)
- (2) 青木；管網計算の連立一次方程式による新解法。(水道協会雑誌 第 295 号)
- (3) 杉山；電子計算機による管網の自動解析について。(水道協会雑誌 第 357 号)
- (4) 杉山；HARP 103 による管網計算について。(土木学会中部支部研究発表講演概要 昭 39 年)