

広島大学工学部 正眞 青 木 康 夫

1. まえがき 管網計算法としては従来より Hardy Cross 法が適用されているが、この計算方法では、各閉管路の不釣り合損失水頭を解消するために、1 回ごとに各閉管路の修正流量を算出し、これより各管路の仮定流量の修正計算を行つてゐるため、不釣り合損失水頭が解消するまでに多数回の繰返し計算を行ふ必要があり、また特に仮定流量の修正計算には多くの時間を要するようである。これに対して本研究では、Hardy Cross 法の 1 回の修正計算によつて各管路にいかなる修正損失水頭が生ずるかということに着目し、これを不釣り合損失水頭を解消するために必要な損失水頭として各管路に分配する方法を考究し、途中の計算を著しく簡略化することができたので、その結果を報告する。

2. 損失水頭分配法の理論 配水管網内の任意閉管路を a とし、これに隣接する閉管路を j とする。また両者に共通する管路を aj 管路とし、これに仮定流量 Q_{aj} および仮定損失水頭 h_{aj} が与えられたものとする。その結果、 a 閉管路の不釣り合損失水頭を H_a とすれば、

$$H_a = \sum h_{aj} \quad \cdots \cdots (1)$$

で表わされる。この H_a を解消するために Hardy Cross 法では

$$\Delta Q_a = -\sum h_{aj} / 1.85 \sum K_{aj} = -H_a / 1.85 \sum K_{aj} \quad \cdots \cdots (2)$$

なる修正流量を算出し、これより仮定流量の修正計算を行つてゐる。

ここで、(2) 式で与えられる ΔQ_a で仮定流量 Q_{aj} の修正計算を行つた場合に、 aj 管路に生ずる修正損失水頭 Δh_{aj} は近似的に次式で与えられるものとする。

$$\Delta h_{aj} = 1.85 K_{aj} \Delta Q_a \quad \cdots \cdots (3)$$

(3) 式に (2) 式の関係代入すると次のようになる。

$$\Delta h_{aj} = -\frac{K_{aj}}{\sum K_{aj}} H_a = -\mu_{aj} H_a \quad \cdots \cdots (4)$$

(4) 式からわかるように、 aj 管路に生ずる修正損失水頭 Δh_{aj} は H_a なる不釣り合損失水頭に μ_{aj} の逆符号を乗じたもので与えられる。従つてあらかじめ μ_{aj} の値を求めておけば、(2) 式によつて ΔQ_a の計算を行うことなしに、直接 (4) 式によつて修正損失水頭が求められ、これは H_a を μ_{aj} に応じて逆符号で分配されたことになる。ここで μ_{aj} を aj 管路の分配率と呼ぶことにする。(図-1 参照)

次に、図-1 に示すように aj 管路は両閉管路に共通する管路であるから、以上のように H_a を解消するために aj 管路に Δh_{aj} を分配すると、これが j 閉管路に新たに不釣り合損失水頭として符号を逆にして伝達される。この伝達される損失水頭を COH_{ja} とすれば、

$$COH_{ja} = -\Delta h_{aj} = \mu_{aj} H_a \quad \cdots \cdots (5)$$

で表わされる。従つて、 j 閉管路に対しては

$$H_j = \sum h_{ja} + COH_{ja} = \sum h_{ja} + \mu_{aj} H_a \quad \cdots \cdots (6)$$

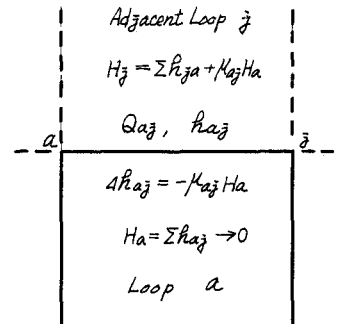


図-1 H_a の分配、伝達図

で示される不釣合損失水頭が生じ、これを同様にして分配することになる。

以上の方法により、配水管網内の各閉管路について不釣合損失水頭の分配伝達を4～5回程度繰返し、最後に次式によって各閉管路の修正流量を算出する。例えばa閉管路内の a_j 管路では

$$\Delta Q_a = \Sigma \Delta h_{aj} / 1.85 k_{aj} \quad \cdots \cdots (7)$$

で求められる。a閉管路内のその他の管路についても、同様にして ΔQ_a が算出され、これらの値は同じになるべきで、この値から分配、伝達計算の誤算をcheckできる。各閉管路の修正流量が求まれば、管路の仮定流量の修正計算はHardy Cross法と同様である。ここで、(4)式で示されるように μ は h の関数、すなわち仮定流量の与え方によって変ってくるので、仮定流量の与え方が悪く、計算結果が不十分であれば、あらためて計算をやりなほすことになるが、大抵の場合、2～3回で終了する。

3. 等比級数による損失水頭分配法　いまa閉管路の H_a のみを考え、これをj閉管路に分配伝達すると $\mu_{aj} H_a$ なる不釣合損失水頭を生じ、次にこれをj閉管路で分配伝達すると、a閉管路に再び $\mu_{aj} \mu_{ja} H_a$ なる不釣合損失水頭を生ずる。以上の分配、伝達を考える閉管路とこれに隣接する閉管路の間で無限回繰返すものとすれば、結局a閉管路に生ずる不釣合損失水頭の総計は、初項1、公比 K_a なる無限等比級数となり

$$\Sigma H_a = H_a (1 + K_a + K_a^2 + \cdots) = \frac{1}{1 - K_a} H_a \quad \cdots \cdots (8)$$

で与えられ、また隣接するj閉管路に対しては

$$\Sigma H_j = \frac{\mu_{aj}}{1 - K_a} H_a \quad \cdots \cdots (9)$$

で示される不釣合損失水頭を生じ、これらを1挙に解消するためには a_j 管路に対して

$$\Delta h_{aj} = - \frac{\mu_{aj} (1 - \mu_{ja})}{1 - K_a} H_a \quad \cdots \cdots (10)$$

で示される修正損失水頭を分配すればよい。(図-2参照)　ここで、 K_a は次式で与えられる。

$$K_a = \Sigma \mu_{aj} \mu_{ja} \quad \cdots \cdots (11)$$

従って、考える閉管路と隣接閉管路の間で多数回の分配伝達計算を行なう代りに、(10)式によって1挙に計算結果を知ることができるが、 K_a を計算するだけ普通の分配法より面倒になる。

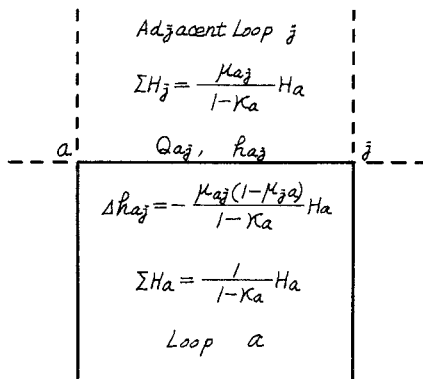


図-2 等比級数による H_a の分配、伝達

4. 不釣合損失水頭の解除法　以上の損失水頭分配法は配水管網内の任意閉管路を選んで適用できる。従って不釣合損失水頭が最も大なる閉管路より順次分配法を適用するいわゆる“重典的解除法”が最も有効である。また比較的小規模の配水管網に対しては、考える閉管路を1つおきにとる“千鳥形解除法”が全面的解除法に比べて計算量が1/2に減少する。従って、配水管網の規模および仮定流量の与え方いかんによって適当に両解除法を組合せて、管網計算を進めるのが効果的であると考えられる。