Ⅱ－8

仮想管路係数を用いた配水動態の把握方法

新潟市水道局　小林 敏彦
新潟市水道局　永沢八洲明
○ 新潟大学工学部　笠原 勇治（学生会員）
新潟大学工学部　小出　崇（正会員）

1．はじめに

配水管網計算は、次の4つの仮定のもとに行われている。

① 無限ともいえる流出点を有限個の節点に集約させている。

② 時々刻々変動している流出量を、時間最大給水量あるいは一日最大給水量＋消火用水量等一定としている。

③ ヘーズン・ウィリアムス公式その他の平均流速公式を適用できるものとしている。

④ 形状損失を無視している。

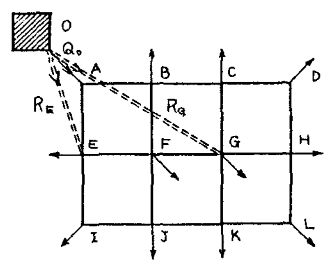
このような仮定の上に立ちながら、設計においても、又、管理においても一応の信頼を得ている。しかしながら、よりきめの細かい管理を行うには、水量や水圧の実状に対応するいわゆる配水コントロールが必要であり、そのための基礎理論が望まれ、本研究では、実測結果に基づいた配水動態把握の手法を追求するものである。

2．配水管網における仮想管路係数

a) 新潟市における実測結果

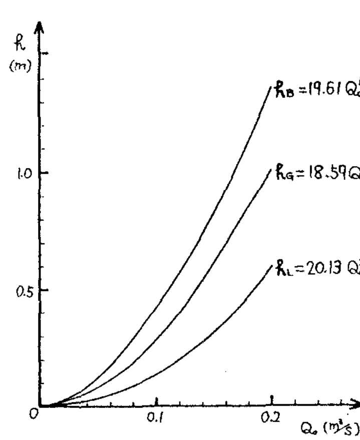
新潟市水道局においては、配水動態を把握する目的で、配水量Q_0と配水場から配水管網上の任意点Nに到る損失水頭h_{ON}を時間経過とともに実測し、最小自乗法によって(1)式の如き結果を得た。

$$h_{ON} = R_N Q_0^{1.66 \sim 2.18} \quad \text{------(1)}$$



図－1　配水場、配水管網、仮想管路

すなわち、図－1の如きモデルによれば、節点B，C，----，Lにおいて図－2の関係が得られ、R_Nの値は（m－S）単位で18.59、20.13 等と異なるが、ほぼ一様に(1)式の曲線があてはめられ、Q_0のみから任意節点の水圧を知り得ることが分かったのである。



図－2　$h - Q_0$のグラフ

b) 実測結果の成立条件

図－3の如き2点流出の1管網において、節点流量間に(2)式の関係があると、これらはQ_0を用いて(3)式のように表される。

$$Q_A = k Q_B \quad \text{------(2)}$$

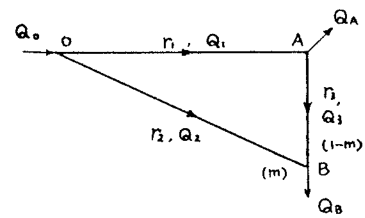
$$\left.\begin{aligned} Q_0 = Q_A + Q_B = (1+k) Q_B \quad \therefore \quad Q_B &= \frac{1}{1+k} Q_0 \\ Q_A &= \frac{k}{1+k} Q_0 \end{aligned}\right\} \text{---(3)}$$

そして、管路流向が矢印の場合、Q_Bの管路OBへの分配率をm（0＜m＜1）とすると、Q_1、Q_2、Q_3は(4)式の如くなり、R_A及びR_Bは(5)式のようになる。

$$Q_2 = m Q_B = \frac{m}{1+k} Q_0$$

$$\left.\begin{aligned} Q_3 &= (1-m)\,Q_B = \frac{1-m}{1+k}\,Q_0 \\ Q_1 &= Q_0 - Q_2 = \frac{1+k-m}{1+k}\,Q_0 \end{aligned}\right\} \text{-----------------(4)}$$

$$\left.\begin{aligned} h_{OA} &= r_1\left(\frac{1+k-m}{1+k}\right)^{1.85} Q_0^{1.85} & \therefore\ R_A &= r_1\left(\frac{1+k-m}{1+k}\right)^{1.85} \\ h_{OB} &= r_2\left(\frac{m}{1+k}\right)^{1.85} Q_0^{1.85} & R_B &= r_2\left(\frac{m}{1+k}\right)^{1.85} \end{aligned}\right\} \text{------(5)}$$



図−3　2点流出の1管網（その1）

一方、損失水頭の閉合条件より(6)式の関係があり、R_A及びR_Bは管路係数rとkで表され、管路が決まればkのみの関数となる。

$$r_1\,(1+k-m)^{1.85} - r_2\,m^{1.85} + r_3\,(1-m)^{1.85} = 0 \text{ ---------(6)}$$

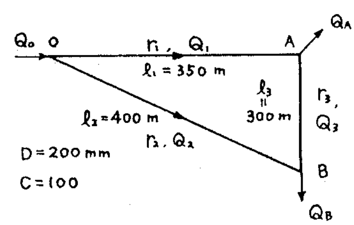
C)　仮想管路係数

以上より、Rは管路係数r_iと流量比kとから算出することが出来、(1)式によって配水量のみから注目点の水圧変動を知り得ることが導かれたが、このことは、別の見方からすれば、図−1の如く、配水場から各節点に向って1本ずつ管路係数Rの仮想管路が布設されているのと同等である。そしてこの仮想管路は、管網を構成する管路、流出点及び流出量のすべてをカバーするトータルなもので、Rは仮想管路係数と呼ぶことができる。

3．流量比の変動と仮想管路係数の変化

a)　2点流出の1管網の管路条件

図−4の如き管路条件の管路係数を（m-S）単位で求めると、$r_1 = 1{,}888.22$、$r_2 = 2{,}157.97$、$r_3 = 1{,}618.48$　となる。そして、ここでも(2)の関係があると、管路AB間の流向は、(7)式より、$1.07 < k$ではBからAに流れ、$k < 1.07$ではAからBに流れることが分かる。

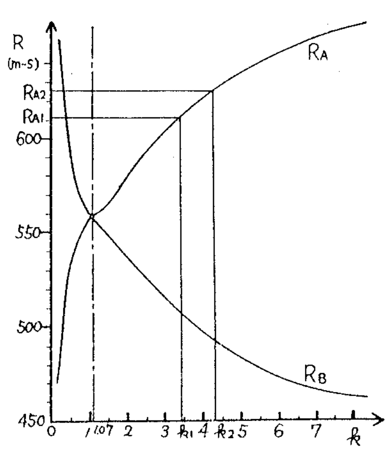


図−4　2点流出の1管網（その2）

$$r_1\,(k\,Q_B)^{1.85} \gtreqless r_2\,Q_B^{1.85} \quad \text{より} \quad k = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^{\frac{1}{1.85}} \gtreqless 1.07 \text{ ------(7)}$$

b)　kの変動とR_A, R_Bの変化

$k < 1.07$の場合には、(5), (6)式よりR_A及びR_Bを求め得るが、$1.07 < k$の場合もこれに準じて算出でき、その定式化は難しいが、その模様を図−5にみることができる。そして、R_{A1}が基準値としてk_1に対して求められており、これがR_{A2}に変化した場合、k_1からk_2に変化し、逆に流量変動状況を知ることができる。



図−5　k−Rのグラフ

4　むすび

以上、配水場出口流量と、配水場から配水管網上の任意の点に到る損失水頭との関係から仮想管路係数Rなる管路要素を導入し、これを用いて配水動態を把握する手法を模索した。しかしながら、その証明に用いた管路モデルは、2点流出の1管網という最も単純なもので、任意管網に拡張しなければならず、又、(1)式あるいは図−2の如き理想的な関係が得られない場合についても検討しなければならない。更に、実測によって得られた図−2と1に述べたような仮定のもとに作られた図−5とのギャップをいかにして埋めるかが今後の課題である。