

III-10 合理的な配水管網の構成に関する基礎的研究

京都大学工学部 正負 工博 末石 富太郎

正負 〇 林 田 和 久

1. 緒 論

上水道の給配水施設は、建設費においても維持管理費においても全施設の大半を占め、その計画の適否は直接全体計画の妥当性を左右する重要なものである。この研究は、給配水施設の根幹をなす配水管網をとりあげ、実用的にはある程度確立された管網計算法にも検討を加えると同時に、従来不完全であった経済性をも考慮に入れた合理的な配水管網構成法の体系化を図る基礎としようとするものである。

2. 管網構成に関する従来の研究

わが国において配水管網の設計にいわゆる管網計算法が採用されるようになったのは、比較的最近に属し、しかも現段階では想定した管網について所要の給水量を配水しつつ、所要の水圧条件を満たしているかどうかを確かめることだけに終わっている。従って水圧条件に余裕のある場合には管網構成をしかに修正すべきかという法則性を見出すに⁽¹⁾⁽²⁾いていない。この現状に対して、管路網を構成するうえに経済上の合理化を図った研究も現われた。その一つは経済的であろうと思われる水量配分をまず行ない、管網上の一つの経路に着目し、これを分合流のある単一管路とみをして理論的な経済口径を適用してゆく手法である。しかし、最初の流量配分の方法に疑問があり、さらに着目した経路に関しては最適の口径でも管網全体としての最適性には確証がない。また、管網計算による水量配分計算と、その流量に対して個々の管路の口径を逐次経済口径に変える操作を繰返してゆく方法もあるが、各管路に対する最適口径の集成が管路全体にも最適とはいえない。一才筆者らは、工業用水水源の選定とその配分の合理化に関する研究⁽³⁾において、線型計画法を用いて管路網に配分される流量を路線の選択と同時に決定できる可能性を示したが、厳密な管網として取り扱うには煩雑さをまねがれ得ない。

3. 管網構成管路の特性

従来の配水管網構成法あるいは計算法によって合理的な管網を組織することが困難な原因の一つは次の点にあるのではないかと思われる。すなわち、管網の構成要素である各々の管路は、それに接する配水区域への配水も以遠の配水区域での需要水量を輸送する二種類の役割をもっている。しかしながら、従来の理論ではこのような配水特性と送水特性を水理的要素と経済的要素とに明確に関連づけることが困難で、また配水流量は必ず管網の格子点から取り出すとして行なう管網計算法を採るかぎり上の二つを区別することは不可能であった。十分な密度で配置した管網内である管路を取捨することが有利かどうかを判定するのにそれぞれその管路が負担していたこの二つの役割をその近傍の管路に代替する影響を把握しておくことが本研究目的の手法を完成するうえの一つの重要な点であると思われるのでその特性値を仮に図-1のような配水区域をもつ管路については $M = \frac{Q \cdot F}{Q}$ と表わしてみた。またこのような取り扱いを行うためにこの管路の受け持つ配水流量は、

分岐点から集中して流出せず、管路の延長に添って分布して流出する管路とみられて、新しい抵抗則を用いることにした。

4. 抵抗則の誘導

このような管路に用いる基礎方程式としては、まず連続の条件から図-1を参照して、

$$\frac{U}{U_0} = 1 - \frac{r}{Q_0} \int_0^x B(x) dx \quad (1)$$

が得られ、運動の方程式としては運動量保存則から得られる関係を用いることにする。

$$\frac{Y}{\alpha_m U_0^2 / g} = -1 + \left(\frac{U}{U_0}\right)^2 + \frac{\lambda}{2\alpha_m R} \int_0^x \left(\frac{U}{U_0}\right)^2 dx \quad (2)$$

にだし、 Y は管長に添っての損失水頭、 U は平均流速、 Q は流量、 R は管の動水半径、 α_m は補正係数、 λ は抵抗係数を表わすものとする。

一オ、たとえば矩形の配水区域を分割して配水管を入れる場合には分割された配水区域の形と管路の長さの関係から、図-2の上のように(i)、(ii)、(iii)の三つの場合に分けることができる。そのいずれの場合においても、管路の延長に添った損失水頭の分布を問題にしないうえ、始末端間の Y の値は図-2の下の方のような等値の配水面積を有する流出量分布一定の管路と取り扱っても実用的には十分であることが確かめることができたので、以後の考察においては、管路始端の M の値； $M_0 = rF/Q_0$ として(2)式を変型した次の近似式をもって行なうことにする。

$$\frac{Y_L}{\alpha_m U_0^2 / g} = -2M_0 + M_0^2 + \frac{\lambda L}{2\alpha_m R} \left(1 - M_0 + \frac{1}{3}M_0^2\right) \quad (3)$$

5. 最適管網構成法の基礎条件

合理的な配水管網の構成は i) 配水区域内での需要量を完全に満たし、かつ ii) 配水区域内の各点で所定の保持水頭を確保し、さらに iii) 建設費、維持管理費を含めた総費用を最少にすることを目的にして対象の配水区域内に入れる配水管の密度、路線、口径を区域内の地形、需要密度との分布、将来の配水区域の拡大、需要の増大などを判断の基準に取り入れて、決定されるべきである。この種の最小値探究法に上述の諸特性を導入する方法については目下研究中である。

参考文献

- 1) 松田：「合理的配水管網の設計に関する研究(II)」水協誌 329 2
- 2) 絹川：「配水管の実用的合理経済配置に関する一考察」水協誌 259 2
- 3) 合田、末石、林田：「工業用水水源の選定とその配分について」工業用水 37.12 (本刊)

