

II - 100 配水系統の合理的組織法

京都大学工学部 正負, 工博 合田 健
 〃 〃, 〃 末石 富太郎
 神戸市水道局 〃, 工修 林田 和久

1. 緒論

ここに取らあげた都市上水道の配水施設は上水道施設の中でも建設費、維持管理費の両面で大きな位置を占め、これを合理的に設計することは、上水道事業の企業性向上の有力を要因となる。従つて古くは F.R. Camp の研究¹⁾(1937)に始まり、わが国でも緒川²⁾、青木³⁾、松田⁴⁾の考察が行われ、新しくは M.H. Biesel の研究⁵⁾(1961)も現われにが、いずれもいくつかの難点を有している。筆者も別に工業用水水渾濁の遠送とその配分に関して、若干の考察を加へた結果、最適化の過程に線型計画法を利用することにより単純な配水系統の合理化の可能性を示すことができたが、これもまた実際の複雑な管網を含んだ問題を解くには煩雑に過ぎる。そこでこの研究では完全に配水管網と、その配水基地設備とも呼ぶべき配水ポンプ、配水池、高架水槽その他を統合した系全体を、より広く別な観点から水理的にも経済的にも最適化する手法の確立を試みた。

2. 配水管網系合理化の目的

考察を進めるにあたり、まず配水管網系を合理化する目的を明らかにしておかなければならない。その第一は、配水系統本来の使命である「配水区域内の各点における所要の水量を所要の水圧で供給すること。」であり、第二として「同時に最も経済的に配水系統を組織すること。」の二つである。しかもこの二つをできるだけ広い範囲で判断することが望ましく、前述の配水管網だけの最適化を計るより、その配水基地設備をも含めた、「系」全体の最適化を計る方がいふの意図にかかっている。たとえばポンプ圧送方式を採用する配水系統において配水管網を構成することと、ポンプの規模を決定することとは両者の間にある調和を保つて行なわれなくてはならない。また一見別個に決定できるかに思える配水池、高架水槽を用いた自然流下方式の配水管網においても配水池、高架水槽の位置、その設置高さ、水位の決定と無関係ではあり得ないのである。

いまだ配水管網系の合理化の内容を明らかにしてあげば、それは前述の目的に従って、系一体として基地設備と調和を保った配水管網の Element Pipe の配置、密度、口径分布、あるいは流量分布、圧力分布を基地設備の規模と同時に決定することである。

3. 合理化の手順

前節の意図に基づいて配水系統を合理化する手順は他の基地設備とも、たとふに拡張しうるので、ひとまずポンプの圧送方式の配水管網系について考えることにする。この系に關する全費用は次式で表わされる。

$$E = IC_1 + IC_2 + RC/CRF \text{ ----- (1)}$$

ただし、 IC_1 は管路建設費(円)、 IC_2 は配水基施設費、 RC は年間維持管理費およびCRFは資本回収係数である。そこで $IC_1 = \sum (\alpha_i D_i^{\beta_i} + r_i) \cdot L_i$ 、 $IC_2 = K \cdot P_0$ 、 $RC = \mu \cdot P_0$ 、さらに

$P_o = \{(1+f)/k\} \cdot g \cdot Q_o \cdot R P_o$ と表わせる。 D_j, L_j は j 番目の Element Pipe の径と長さ、 P_o はポンプ出力、 $Q_o, R P_o$ はポンプ場での圧送水量と加圧水圧で、その他の記号は常数である。そして前述の最初の条件を満たすため、所定水量を引き出した仮定の管網のどの Junction においても所要の保持水頭 $R P_{reg}$ を与えるには $R P_o$ は次の値でなければならぬ。

$$R P_o = |Y_k + f_{gk}|_{\max} + R P_{reg} - k_{go} \quad \text{----- (2)}$$

ここに Y_k, f_{gk} はポンプ場から k 番目の Junction までの損失水頭とその点での地盤高である。そこで (1) 式の第一項はもとより、第二・三項も、途中で管網計算を行って得られる (2) 式の $R P_o$ を通じて、 D_j の函数として表わすことが出来るので、前項の第二の目的は (1) 式の最小値化によって達成される。いくつかある最小値探索法の中から次の方法を採用する。一般にある関数 f の値は $\text{grad } f$ の方向で最も急速に変化することが知られているから、その歩みの方向の Vector 成分を近似的に次式で求めながら、ある仮定値から出発してある歩みの幅で移動し、次第に最小値に接近する。

$$\delta D_j = \delta \cdot f_{D_j} / \{ |f_{D_1}| + \dots + |f_{D_m}| + \epsilon \} \quad \text{----- (3)}$$

ただし、 $f_{D_j} = E \{ D_o, D_1, \dots, (D_j - \delta), \dots, D_m \} - E \{ D_o, D_1, \dots, (D_j + \delta), \dots, D_m \}$ 、

ここに、 δ : 歩みの歩幅、 ϵ : 小さな正の値、である。

4. 一般化された管網解析法

前項の手順を入力で実行することはほとんど不可能である。しかもその大半を占めるのは頻繁に行なわれる管網計算である。そこで任意の形の管網の構成要素である Loop, Element Pipe, Junction に図に例示したような規約によって番号付けを行なうと、各要素間相互の平面網状構造としての関連が明らかとなり、付された番号を表のように整理すると便利になる。すなわち一般の管網目構造の特性を二・三あげれば、図を参照して、

$m+1 = (i+n) ; J_i = k_i u + i$ から $j_i = k_i + i$; 従って、
 $K_j = j_i - i$; $j_i \leq J_{i-1}$ などが成立する。また表中の P_i, J 欄の整数群は Element Pipe 番号の順序に並べられた Data から Loop 計算に必要なものをだけ選び出すのに有効に働らく。

これらの諸性質を利用することにより、任意の多角形より成る管網を Hardy Cross 法により解析する電子計算機のための Routine Program を開発し、この Program と前節の最適化の手順を組合せることにより目指す配水システムの合理化を計算機内で自動的に実行せうと見通しがつた。その詳細を講演時に述べた。

参考文献

- 1) T.R. Camp: "Economic Pipe Sizes for Water Distribution Systems." Trans. ASCE, 2019 Dec. 1937.
- 2) 箱川新一郎: "配水管網の決定法に関する考慮" 水協誌 32.3. 269/
- 3) 青木康夫: "上水道の配水管網の設計法に関する研究" 水協誌 35.7~36.11
- 4) 松田晴夫: "上水道における最適配水施設の合理的設計に関する研究" 36.7.
- 5) M.F. Biezel, M.F. Arnaud: "Recherche de la Repartition Economique des Diametres dans Réseau de Distribution Ramifié." AIRH 9th General Assembly 1961 899/905
- 6) 合田和彦, 林田: "工業用水水源の選定とその水量配分について" 工業用水 37.11

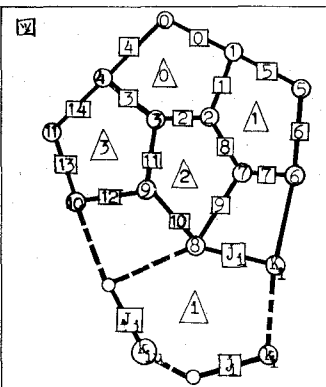


表	1	P_1	J	k
	0	5	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
	1	5	1 5 6 7 8	5 6 7
	2	5	2 8 9 10 11	8 9