

1. はじめに

配水管網の役割りは、配水区域内の各地点に浄水を分配することである。しかるに配水区域は平面的広がりをもっているために、配水管網は分配と同時に輸送の機能も有さねばならない。これら輸送と分配の両機能を効果的に遂行するためには、配水管網は本管網と支管網から構成されるべきとの論がある。¹⁾さらに、配水池と本、支管網より配水ブロックを編成し、それをブロック間連絡管にて連結することにより有機性を高めようとするブロック管網の構想も提示されている。²⁾

上記二つの管網構成はそれぞれ複式配水管網、ブロックシステムと名づけられている。複式配水管網は、①設計手法上、すなわち設計単位規模の縮小、基準流量（平時と火災時）の分離、経済設計の多段性および②管網内水量、水圧の管理上すぐれている。これをブロックシステム化することにより、さらに③配水ブロック間の水量調整が可能となり、④拡張設計が容易となる。

配水ブロックシステムは配水系統を多重構造としてとらえるものであり、その設計では構成要素の規模分割が特に重要となる。配水支管網はブロックシステム構成の最小単位であり、多段設計過程としてブロックシステムが設計される場合の初期値である。従来、配水管網の設計に関する研究は、この場合の本管網に重点がおかれていた。今後は、一方では本管網と支管網、他方では本管網と配水ブロックを結びつけ、究極的には配水区域全体の最適設計へと進むべきであろう。

2. 支管網の設計

2.1 管路配置

支管路の配置間隔は街路配置に従属し、わが国の市街区は概ね50～100m平方単位となっている。一方、支管路に接続すべき給水管は一般に受益者負担であることを考慮すると、支管路はできる限り均等密度で配置されることが望ましい。また均等密度であることはどこで発生するが予測しえない火災に対処するためにも必要である。これらの理由から、支管路は50～100m間隔に均等密度で配置されるのが妥当であろう。この数値は青木によって提示された値に一致している。¹⁾

2.2 管路内流量配分

支管路内流量としては消火用流量が支配的である。火災時に火点での水圧が負圧とにならないためには、火点に接続する各管路の直径は、その管路が分担する消火用流量に対して損失水頭が過大とならないだけの容量をもたねばならない。格子状配置の場合、4本の管路が接続する節点においては、各管路の分担流量は消火用流量の1/4となる。周縁部では接続管路数3または2本であるから、分担流量はその2倍となる。また管網中心部では、流量を分散させる目的で分担する流量を大としておき、管径の増大を図るべきであろう。

2.3 管径-流量、管径-損失水頭の関係

平均流速公式としてHazen-Williams公式を採用すれば、その指数型公式のもつ特長が利用できる。

①等動水勾配に対しては、流量 Q_0 のときの管径を D_0 とすれば、流量が Q なるときの管径 D は

$$D = D_0 \times (Q/Q_0)^{0.38} \quad \dots\dots\dots (1)$$

②損失水頭が H_0 なるときの管径を D_0 とすれば、損失水頭が H なるときの管径 D は

$$D = D_0 \times (H_0/H)^{0.205} \quad \dots\dots\dots (2)$$

として求められる。なお、これらの関係は「水理公式集」に図示されている。式-(1)は流量配分に
応ずる管径設定のために、式-(2)はホ1回管網流量計算後の管径計算のために用いられる。

2.4 管径計算

管路内流量が既知なるときの管径計算法としては、扇田³⁾が微分法を適用して分岐・合流のある管路
の場合を解いており、①松田⁴⁾はこの方法を網目状管網の経済的設計に応用している。一方、②青木⁵⁾
は、支管網を構成する管路は規格管としてとりうる管径範囲が小さいことから、等動水勾配にて管径
を決定しても十分だとしている。演算の計算によれば、これら両法による管路費用上の優劣はつけが
たく、それならば前掲の式-(1)が利用できること、計算手順が簡便であることから等動水勾配法に
よる方がよいことになる。

各管路の分担すべき流量が設定されると、流量比に応じて式-(1)より管径が定まる。式中の D_0
は任意に選んでよく、たとえば管網中心部の管路に対して0.2~0.3mとせばよい。最終的管径は
ホ1回管網流量計算後に、式-(2)より求められる値を規格管口径に合わせた上で決定される。

2.5 計算例

図-1の管網について、次のごとき設計諸元に対する計算例を示す。

(a) 流入点：管網中心点A。

(b) 管路間隔：100m。

(c) 節点取り出し水量：平時は各節点とも0.667 l/sec × 1.5，
火災時は火点(B点)に対し(100+0.667) l/sec，そ
れ以外の節点については0.667 l/sec。

(d) 管路内流量配分：中心部と周縁部(図の太線部分)に Q_0 ，
それ以外の管路に0.5 Q_0 。

(e) 流速公式：Hazen-Williams公式にて $C=100$ 。

(f) 所要残存水頭：平時15m，火災時5m。

計算手順は次のごとくである。

- (i) 基準となる管路の直径を任意に定め、他の管路径は流量比に応じて式-(1)より求める；中心
部と周縁部の管径を $D_{0,1}=0.3$ mとせば、それ以外の管路径は $D_{0,2}=0.3 \times 0.5^{0.38}=0.231$ m。
- (ii) 火災時に対するホ1回管網流量計算を行ない、A-B間の損失水頭を求める； $H_0=0.820$ m。
- (iii) 平時と火災時の所要残存水頭差に対して、式-(2)により管径変更を行なう；いまの場合、そ
の差は10mであるから、

$$D_1 = 0.3 \times (0.820/10)^{0.205} = 0.180\text{m}, D_2 = (D_{0,2}/D_{0,1}) \times D_1 = 0.138\text{m}.$$

(iv) 管径を規格管口径に合わせる； $D_1=0.2$ m， $D_2=0.15$ m。

(v) 確認のための管網流量計算を火災時と平時について行ない、A-B間の平時損失水頭が0.5m
を越えるならば、その分を本管網で補う必要がある；いまの場合、火災時は6.07m(残存水

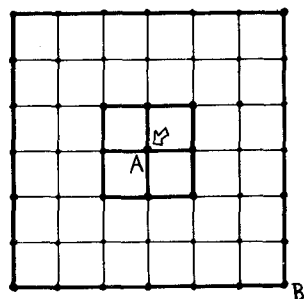


図-1 管網図

頭にして8.97m), 平時は0.230m。

3. 複式配水管網の経済的設計

複式配水管網では, 本管網の密度と支管網規模との間に補完的關係があり, 支管網規模が大となるにつれて本管網密度は低くなる。したがって, 複式配水管網の経済性は支管網規模に大きく依存する。

経済性より見た支管網規模がどの程度であるかを調べるために, 4800, 2400 m²の配水区を対象として計算を行なってみた。本管網は樹枝状配置とし, その経済設計はLagrangeの未定乗数法によった。本管網の配置例を図-2に示す。これは4800 m²のNo. 2に該当し, この場合の支管網配置は図-1と同じである。消火用流量は100 l/sec, 支管網の受けもつべき平時水量は支管網の各節点に均等に分担させ, 平時残存水頭は20 mとした。費用は,

$D \leq 0.35$ mの管路費: $50,000 D^{1.5} + 3,000$ 円/m

$D > 0.35$ mの管路費: $80,000 D^2 + 12,000$ 円/m

ポンプ費: 6×10^6 円/m揚程, とした。結果を表-1に示す。この計算例については次のことがいえる。①支管網規模が小さいほど経済的である。②支管網規模が小ならば, 本管網の設計は火災時に対して行なわれねばならない。③対象とする配水区の面積が大きいほど支管網費用が総費用のうちで占める比率が大となる。

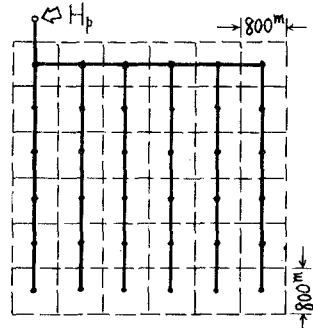


図-2 本管網の配置例
(破線内は支管網分担区)

4. お す び

配水支管網の設計は, 複式配水管網さらには配水ブロックシステム

を設計するための最小単位であり, その意義は本管網におとらず大である。今 (参考文献) 回は, 設定された管路内流量にもとづき等動水勾配による計算法を示し, 複式配水管網の経済性についても言及した。対象とする配水区の面積が大となれば支管網の経済的意義も大となり, この面での今後一層の研究が望まれる。

経済性ととともに, 支管網の設計では水質面(滞留時間)からの検討が必要となろう。本管網よりも検討が急がれる理由として, ①網目状配置であるほかに, ②管径が設計される火災時流量に対する平常時流量の比が著しく小さいこと, さらに③本管網に比して確率の変動が大きいことがあげられる。検討の結果もしも水質的安全性が確認されえないならば, 支管網配置の根本的変革あるいは消火用流量を加えた用途別給水によって対処せねばならないことになる。協会雑誌。

表-1 複式配水管網の経済計算例

配水区面積と 日最大給水量	No.	本管路間隔 m	本管網 基準流量 時間最大	支管網分担 単位面積: l/sa	支管網数	揚 程 m	本管網費用 $\times 10^7$ 円	総 費 用: $\times 10^7$ 円			
								火 災 時	平 時	残 存 水 頭	水 頭
								15	10	5	0
(4800m) ² 1152 l/sec	1	1600	時間最大	256	9	54.2	99.7	369.3	339.3	324.5	315.1
	2	1200	〃	144	16	54.5	108.5	351.3	325.0	312.0	303.7
	3	800	火 災 時	64	36	59.5	129.9	334.6	312.4	301.4	294.4
	4	600	〃	36	64	63.8	147.1	324.8	305.4	295.9	289.8
(2400m) ² 288 l/sec	1	800	火 災 時	64	9	29.8	40.9	92.6	87.0	84.3	82.5
	2	600	〃	36	16	31.3	46.8	91.2	86.3	83.9	82.4
	3	400	〃	16	36	33.9	57.5	87.2	83.9	82.4	81.4