

双対類推による管網の流量測定

豊田工業高等専門学校 正会員 ○大野俊夫
豊田工業高等専門学校 渡辺興作

1. はしがき 管網の計算方法には、数値的解析法、図解法、等値管法、区画法、試算表、電圧的方法、ハーディ・クロス法等があり、どのようにしたら迅速に行なうことができ、また実用化することができるかについて数々の研究がなされている。この中で多く用いられたのは、ハーディ・クロス法であり、今後開発されるであろうものには電圧的方法がある。この実験は、従来の電気回路網と双対な関係の回路網についてシミュレーションを行ない、ハーディ・クロス法と対応するかどうか比較したものである。

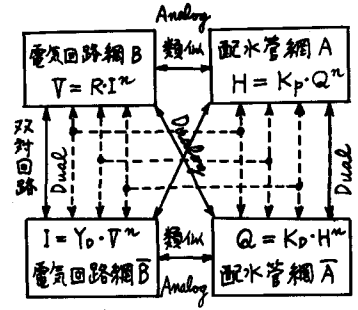


図1 管網系間の類似、双対関係

2. 原理 図1のA↔Bの類似関係を利用する。回路論によれば、Bに双対な回路網B'が存在し、B'によっても配水管網のシミュレーションが可能である。この際、両者の物理量の間に、表1のような対応関係があることが必要である。管網Aの支管に対して回路網Bの枝管に使う抵抗器は電圧が電流のn乗に比例するが、本実験の回路網B'で使う枝路には電流が電圧のn乗に比例するバリスターを使った。その特性の代表例は図2に示す。(ERV-01E2050M, ERV-01E27R5M)

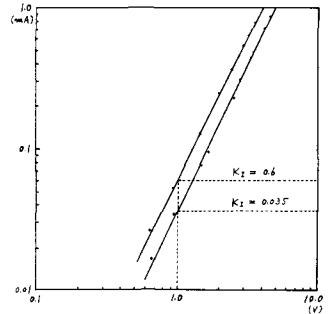


図2 バリスターの特性

3. 実験 図3(a)に示した管網の各枝路の流量、損失水頭を求め、図3(c)のようなDualogな回路網をバリスターで組んで実験した。参考のため(b)に管網(a)にAnalogな回路網を示した。実験の手順は

- (1) 配水管網図3(a)の各支管の流水抵抗 K_p を求める。
- (2) 各支管の流量、損失水頭がバリスターの許容電流、電圧内に入るように水頭換算係数 ρ_p 、流量換算係数 ρ_i を適当に定める。
- (3) 各支管に対応した電流係数 K_i をもつバリスターを選び出して図3(b)に双対な(c)の回路網をバリスターで配線する。ここに、 $\rho_p = \frac{1}{\rho_i} \rho_i$ の関係から ρ_p を定め $K_i = \frac{1}{\rho_i} K_p$ より K_i を決める。
- (4) 各バリスターの端子電圧 V 、電流 I をバルボウ、電流計でそれぞれ測定する。
- (5) 測定した V 、 I より配水管網の対応した

	配水管網 A	Aに類似の回路網 B	Bに双対な回路網 B'
線形回路網	H : 損失水頭 R : 流水抵抗 Q : 流量 (支管の直列接続 { 網目 (ループ) { 支路 (節点) { 支路から出入りする流量 { 節点から出入りする電流 { 節点の電圧 { Kirchhoffの方程式 { Kirchhoffの方程式 { 電圧源	V : 電圧 R : 電気抵抗 (インピーダンス) I : 電流 (枝路の直列接続 { 網目 (ループ) { 支路 { 節点 { 節点から出入りする電流 { 節点の電圧 { Kirchhoffの方程式 { Kirchhoffの方程式 { 電圧源	I : 電流 Y : アドミタンス V : 電圧 (枝路の並列接続 { 節点 (node) { 網目 { 網目を1周した電位差の総和 { 節点の電圧 { Kirchhoffの方程式 { Kirchhoffの方程式 { 電流源
非線形回路網	K_p : 流水抵抗 $H = K_p \cdot Q^2$	K_v : 電圧係数 $V = K_v \cdot I^2$ $K_v = \rho_p K_p$ $\rho_p = \frac{V}{H}$ $\rho_i = \frac{I}{Q}$ ρ_p : 水頭換算係数 ρ_i : 流量換算係数 $\rho_p = \rho \cdot \rho_i^2$	K_i : 電流係数 $I = K_i \cdot V^2$ $K_i = \frac{1}{\rho_i} K_p$ $\rho_p = \frac{V}{H}$ $\rho_i = \frac{I}{Q}$ ρ_p : 水頭換算係数 ρ_i : 流量換算係数 $\rho_p = \frac{1}{\rho_i} \rho_i^2$

表1 回路の類似性および双対性

支管の流量 Q , 損失水頭 H は

$$Q = \sqrt{P_i}, H = \frac{P_i}{P_o} \text{ より求める。}$$

このようにして実験した流量。

損失水頭の結果とハーティ・クロス法を使った計算値とを表2にまとめた。

$$(P_i' = 9.0, P_o' = 0.016, P' = 5000)$$

4. むすび 測定器の許容誤差により流量には数パーセントの誤差が

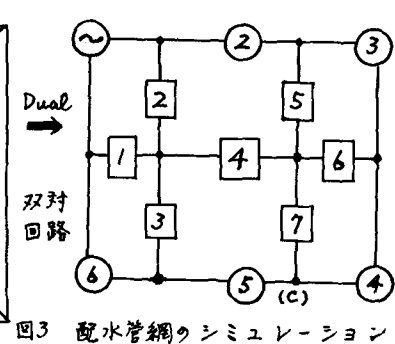
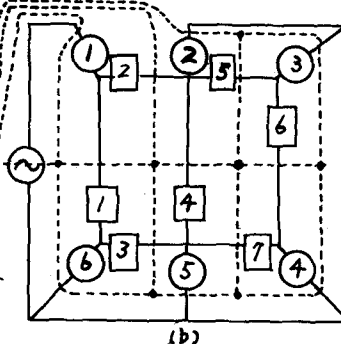
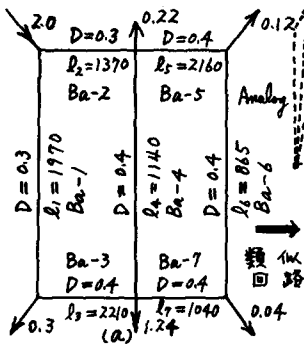


図3 配水管網のシミュレーション

あることを考えると、表2の結果は良好である。実際には、管網の拡張計画の概要を知る必要の場合のように、精度があまり問題にされないような、短時間に結果を要求される場合には実用化して差支えない。

参考文献

- 高橋 回路 裳華房 昭37
- 大野・渡辺 電気回路相似法による管網計算 土木学会27回年度学術講演会

配水管網				配水管網にDualな回路網の実験				計算値(ハーティ・クロス法)		
$P_i' = 9.0, P_o' = 0.016, P' = 5000$				$K_p = \frac{1}{P' K_p}$	測定値		測定結果		$R = R Q^2$	
記号	管長(m)	内径(m)	流水抵抗 Kp	電圧 V(V)	電流 I(mA)	流量 Q	損失水頭 H	流量 Q	損失水頭 H	
Ba-1	220	0.3	200	0.040	1.90	0.12	0.211	9.4	0.211	8.9
Ba-2	410	0.3	375	0.075	1.65	0.19	0.183	12.0	0.189	13.5
Ba-3	215	0.3	195	0.039	1.00	0.04	0.111	2.5	0.111	2.38
Ba-4	200	0.3	185	0.037	1.00	0.04	0.111	2.5	0.111	2.26
Ba-5	470	0.3	430	0.086	0.90	0.07	0.100	4.4	0.100	4.30

$P_i' = 5.36 \quad P_o' = 0.00585, \quad P' = 5000$				バリスタの 電流係数	測定値		測定結果		計算値(ハーティ・クロス法)	
記号	管長(m)	内径(m)	流水抵抗	$K_i = \frac{1}{P} K_p$	電圧	電流	流量	損失水頭	$H = \frac{1}{2} Q^2$	
					V(V)	I(mA)	Q	H	Q	H
Ba-1	1970	0.3	1810	0.360	4.60	7.79	0.858	1331.6	0.893	1438
Ba-2	1370	0.3	1250	0.250	5.45	8.38	1.017	1432.5	1.107	1530
Ba-3	2210	0.4	439	0.087	2.70	0.649	0.504	110.9	0.513	114.4
Ba-4	1140	0.4	218	0.045	2.60	0.282	0.485	48.2	0.557	69.7
Ba-5	2160	0.4	415	0.085	1.67	0.209	0.312	35.7	0.303	39.1
Ba-6	865	0.4	179	0.034	1.10	0.042	0.205	7.18	0.183	5.7
Ba-7	1040	0.4	216	0.041	0.86	0.030	0.160	5.13	0.143	4.2

表2 配水管網にDualな回路網によるシミュレーションの結果