

九産大 学生員 江口 隆 ○古川真砂憲 田本 集一
会 正会員 崎山 正常

1. まえがき 管網流量の実用的計算方法として重用されている Hardy-Cross の方法は、電子計算機のものでまいり発達により、他の数値的解析法や図解法などにくらべ、ますますその実用度が高められたと考える。本報は閉管路の数および管路要素の多い複雑な管網流量の計算とある規則的な仮定流量により実行する場合の精度と計算回数ならびに電算所要時間との関係を検討しようとするものである。

2. 計算式 所要の式のみを列挙しておく。Q を 1本の管路の流量とし、 f をその摩擦損失水頭とすれば

$$h = f L Q^m \quad \cdots (1)$$

ここに f は流水抵抗であり、Manning 式を用いる場合は $m=2$ であり、Hazen-Williams 式を用いる場合は $m=1.85$ であるから

$$f = 8 f l / (g n^2 D^5) \quad \cdots (2)$$

であり、Hazen-Williams 式を用いる場合は $m=1.85$ であるから

$$f = 10.666 l \cdot C^{-1.85} D^{-4.87} \quad \cdots (3)$$

である。(f : 摩擦損失係数, C : 流速係数, l : 管長, D : 管径) 次に流量補正値 ΔQ は

$$\Delta Q = -\sum R / m \sum R Q^{m-1} = -\sum f L Q^m / m \sum f L Q^{m-1} \quad \cdots (4)$$

なお f と Manning の粗度係数 n との関係は

$$f = 8 g n^2 / R^{4/3} ; R : \text{径深} \quad \cdots (5)$$

である。本報における計算例では $m=2.013$ を用いている。

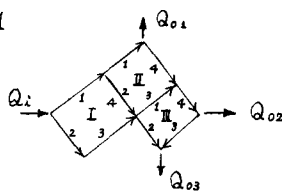
3. 流水の方向と流量の仮定 Hardy-Cross の方法のような試算法において、その算定収束流量の精度とそれに要した計算回数などの関係を検討するにあたっては、当初の流向や流量の仮定が個人差をもたうものであるとはいえない。そこで著者はこれに対して次のような規則的な仮定を行なった。

仮定1. ある管の流向は、その管の両端から異なる方向に最短管路を経て流入点までの距離を測り、その距離が小さい方の管端から大きい方の管端に向かって流れるものと仮定する。

仮定2. 各管の流量は f の値に逆比例するものと仮定する。

仮定3. 前記2つの仮定により各管路の流向と流量が一応仮定されるが、これが流出点の条件を満たしているとはかぎらない。たとえば図-1の管網において、仮定1により図示の矢印の方向に流向が仮定されたものとし、仮定2によってこれらの方向に各管の流量が仮定されたものとする。

図-1



この場合 $Q_{01} - Q_{II1} < 0$ であつ $Q_{01} - Q_{II1} \neq Q_{II4}$ ならば $Q_{01} - Q_{II1} = Q_{II4}$ となるように Q_{II4} の仮定をかえる。また $Q_{02} - Q_{II1} > 0$ であつ $Q_{02} - Q_{II1} \neq Q_{II4}$ ならば 管路 II4 の流向をかえ、さらに $Q_{02} - Q_{II1} = Q_{II4}$ となるように Q_{II4} の仮定値をかえる。

このような仮定はあくまかな定性論としては妥当であると考えられ、ともかく当初の仮定に個人差の入りこむ余地はないので、精度と所要計算回数あるいは電算機所要時間などの関係を検討する場合には有効であると考えらる。

4. 計算例 使用した大型電算機 FACOM 230-60 のフローチャートの一例を図-2 に示している。表-1 および図-3 には閉管路 10 個の場合について同様のプログラムによってえた計算結果および管網の略図を示している。この表の各管路にそって示した4種の流量

表-1

要素	Q	D	K	Q _{0.01}	Q _{0.001}	Q _{0.0001}	Q _{0.00001}
I	560.0	0.40	129.12	-0.55286	-0.54172	-0.54009	-0.53993
1	800.0	0.40	154.46	-0.54714	-0.53828	-0.53597	-0.53460
2	540.0	0.30	97.02	-0.59415	-0.58585	-0.58350	-0.58260
3	870.0	0.30	930.40	0.11475	0.11678	0.11682	0.11682
4	1220.0	0.30	1304.70	-0.19239	-0.19420	-0.19438	-0.19448
5	730.0	0.35	343.10	0.20800	0.21238	0.21311	0.21318
6	160.0	0.15	689.80	0.05800	0.06238	0.06311	0.06318
7	530.0	0.20	2850.80	-0.0108	-0.01074	-0.01091	-0.01083
8	400.0	0.50	427.71	-0.12440	-0.12510	-0.12498	-0.12507
9	540.0	0.30	377.44	-0.23135	-0.23388	-0.23480	-0.23489
10	870.0	0.30	930.40	-0.11475	-0.11678	-0.11682	-0.11682
11	400.0	0.30	427.71	0.12440	0.12510	0.12498	0.12507
12	570.0	0.25	1611.80	0.11432	0.11637	0.11707	0.11714
13	640.0	0.25	1809.80	0.10157	0.09871	0.09818	0.09812
14	410.0	0.20	5811.40	0.06807	0.07312	0.07402	0.07412
15	480.0	0.20	4462.10	0.01299	0.01610	0.01650	0.01665
16	570.0	0.25	1611.80	0.11432	-0.11837	-0.11907	-0.11914
17	630.0	0.20	5336.60	0.01008	0.01074	0.01091	0.01093
18	440.0	0.20	4070.30	0.05509	0.05702	0.05742	0.05746
19	1730.0	0.30	1272.60	0.04981	-0.04218	-0.04258	-0.04254
20	790.0	0.40	182.13	-0.02888	-0.23317	-0.23384	-0.23397
21	480.0	0.20	4462.10	-0.01299	0.01610	0.01650	0.01665
22	380.0	0.15	10384.00	-0.01603	0.00181	0.00374	0.00363
23	680.0	0.20	6327.40	-0.05451	-0.05168	-0.05170	-0.05104
24	200.0	0.30	213.38	0.20557	0.21227	0.21303	0.21310
25	640.0	0.25	1809.80	0.10157	0.09871	0.09818	0.09812
26	790.0	0.40	182.13	0.22888	0.23317	0.23384	0.23397
27	500.0	0.15	21338.00	0.03868	0.04187	0.04236	0.04241
28	340.0	0.25	361.46	-0.06152	-0.05815	-0.05762	-0.05759
29	1740.0	0.30	1272.60	-0.04981	-0.20645	-0.20662	-0.20663
30	880.0	0.20	6327.40	0.05451	0.05168	0.05170	0.05104
31	260.0	0.30	278.05	0.14340	0.14832	0.14899	0.14904
32	880.0	0.25	2488.50	-0.05660	-0.15168	-0.15102	-0.15095
33	680.0	0.30	705.82	-0.08315	-0.07330	-0.06786	-0.06747
34	1020.0	0.20	1919.50	0.05387	0.04386	0.04463	0.04457
35	1740.0	0.30	1272.60	-0.04981	-0.20645	-0.20662	-0.20663
36	570.0	0.20	3431.00	-0.07340	-0.06438	-0.06316	-0.06302
37	700.0	0.30	743.60	-0.22344	-0.21430	-0.21316	-0.21305
38	850.0	0.25	2403.60	0.13702	0.13102	0.13254	0.13249
39	600.0	0.30	705.82	-0.08315	-0.07330	-0.06786	-0.06747
40	230.0	0.35	108.10	-0.36097	-0.34754	-0.34371	-0.34333
41	1220.0	0.30	1304.70	-0.19239	-0.19420	-0.19438	-0.19448
42	200.0	0.30	213.38	0.20557	0.21227	0.21303	0.21310
43	700.0	0.25	1979.30	0.05387	-0.04586	-0.04438	-0.04437
44	850.0	0.25	2403.60	-0.13702	-0.13316	-0.13254	-0.13248

図-2

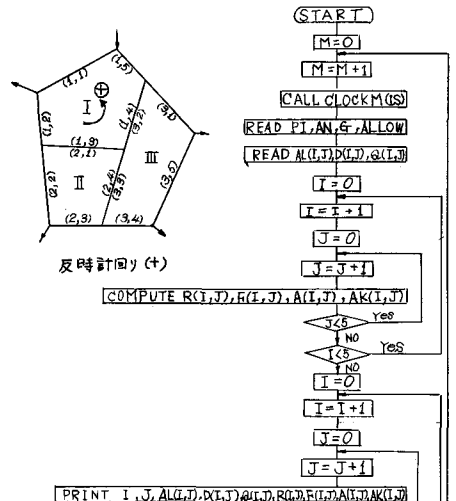


図-3

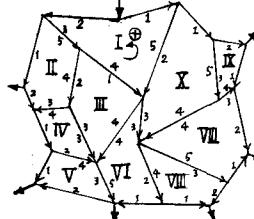
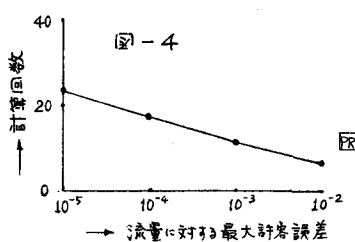


図-4



はそれぞれその最大許容誤差を 0.01, 0.001, 0.0001 および 0.00001 とした場合の収束流量であって、いまの場合、最大許容誤差を 0.0001 程度にすれば収束流量の誤差はたかだか 1% 程度であることがわかる。

また図-4 には最大許容誤差と計算回数との関係を示しているが、精度を 1 桁程度

高めても計算回数は数回程度増加するだけであることがわかる。なおこの管網計算において最大許容誤差を 0.00001 (計算所要回数 23 回) とした場合 FACOM 230-60 が要した時間は総計約 10 秒であった。今後は閉管路の数の変化と精度とが計算回数や所要時間におよぼす影響などを検討してゆく計画である。紙面の都合で充分な説明はできなかったが、詳細は講演時にのべる。