

III-20 開水路網の新解法の適用例について

九州大学工学部 正員 荒木正夫

1. 基本方程式 複雑な開水路網について筆者は土木学会論文集第67号に実用解法を提案したが、その基本となる不等流公式は Escoffier の図式解法である。すなわち

$$(H_m + z_m) - (H_{m-1} + z_{m-1}) = Q^2 (E_{m-1} - F_m) \quad (1)$$

$$\text{ここに } E_{m-1} = \frac{\alpha(1-\beta)}{2gA_m^3} + \frac{\eta^2 L}{2A_m^2 R_m^{4/3}}, \quad F_m = \frac{\alpha(1-\beta)}{2gA_m^3} - \frac{\eta^2 L}{2A_m^2 R_m^{4/3}}$$

ただし、 H は水深、 z は底面の基準面からの高さ、 A は断面積、 R は径深、 η はマンニング流速公式の粗度係数、 L は水路区間長、 Q は流量、 α は流速分布状態に関する補正係数、 β 及び γ は分流口損失、形状損失、弯曲損失などに対する補正係数である。(1)式より流量修正の基本方程式を誘導すれば

$$\bar{Q} = Q + \Delta Q, \quad \bar{H}_{m-1} = H_{m-1} + \Delta H_{m-1}, \quad \bar{H}_m = H_m + \Delta H_m, \quad \text{とすると}$$

$$\Delta H_m = p_{m-1,m} \Delta Q + q_{m-1,m} \Delta H_{m-1} \quad (2)$$

$$\text{ここに } p_{m-1,m} = \frac{2(E_{m-1} - F_m)Q}{1 + Q^2 \frac{\partial F_m}{\partial H_m}} = \frac{2h_{m-1,m}}{Q} \left(1 - Q^2 \frac{\Delta F_m}{\Delta H_m}\right)$$

$$q_{m-1,m} = \frac{1 + Q^2 \frac{\partial E_{m-1}}{\partial H_{m-1}}}{1 + Q^2 \frac{\partial F_m}{\partial H_m}} = 1 - Q^2 \left(\frac{\Delta F_m}{\Delta H_m} - \frac{\Delta E_{m-1}}{\Delta H_{m-1}}\right)$$

$$h_{m-1,m} = (H_m + z_m) - (H_{m-1} + z_{m-1})$$

(2)式を開水路網に適用するに当り、簡便解法と一般解法とに分ける。

2. 開水路網の簡便解法 (2)式にあい

て $q_{m-1,m} \doteq 1$ 、と置くことができれば

$$\Delta H_m - \Delta H_{m-1} = p_{m-1,m} \Delta Q \quad (3)$$

図-2の α 開水路に(3)式を適用するさいに、流量及び修正流量は時計廻りの流れをプラス

反時計廻りの流れをマイナスと約束する。合流点Dから出発して左水路DCBAの順に計算して求めた分岐点Aの水深を H_m 、同じくDから出発して右水路DFEAの順に計算して求めたA点の水深を H_n とし、 $H_n \neq H_m$ なるとき、左右両水路に対する補正流量を x_a とする

$$x_a = \frac{H_n - H_m}{\sum_{j=1}^m p_{m-1,m} - \sum_{j=1}^n p_{n-1,n}} \quad (4)$$

(4)式にあいて、右水路に対する $\bar{p}_{n-1,n}$ は左水路の $p_{m-1,m}$ と区別するための記号である。

3. 開水路網の一般解法 一般解法と稱するのは(2)式をそのまま適用する計算法であるから、簡便解法における $q = 1$ 、と置くことに基く誤差が生じない。この場合には、各開水路網の修正流量を同時に求める連立方程式解による。すなわち

$$\bar{Q}_{ab} = Q_{ab} + x_a - x_b, \quad \bar{Q}_{ac} = Q_{ac} + x_a - x_c, \quad \bar{Q}_{ad} = Q_{ad} + x_a - x_d, \dots$$

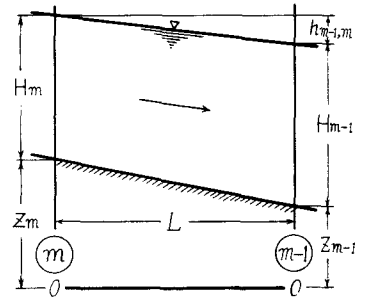


図-1

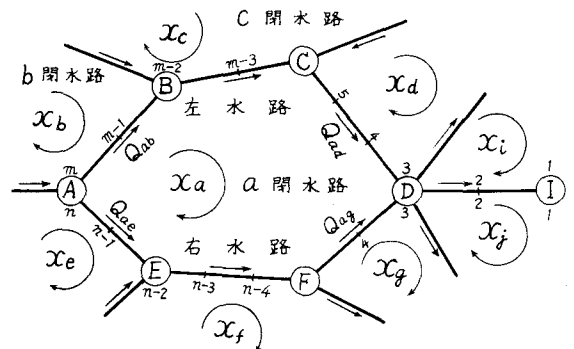


図-2 α 開水路と隣接開水路

とすると、 a 開水路について

$$H_n - H_m = (p_{m-1,m} + c_{m-2,m-1} \cdot p_{m-2,m-1})(x_a - x_b) + (c_{m-3,m-2} \cdot p_{m-3,m-2} + \dots)(x_a - x_c) + (\dots + c_{3,4} \cdot p_{3,4})(x_a - x_d) \\ - (\bar{p}_{n-1,n} + c'_{n-2,n-1} \cdot \bar{p}_{n-2,n-1})(x_a - x_e) - (c'_{n-3,n-2} \cdot \bar{p}_{n-3,n-2} + \dots)(x_a - x_f) - (\dots + c'_{3,4} \cdot \bar{p}_{3,4})(x_a - x_g) \\ + \{ (c_{2,3} - c'_{2,3}) p_{2,3} + (c_{1,2} - c'_{1,2}) p_{1,2} \} (x_f - x_i) \dots \dots \dots (5)$$

(5)式における $\bar{p}$, C は右水路に関する値であつて、左水路に関する p , C と区別するた
めの記号である。 C 及び C' には次の簡単な関係がある。(C のみを示すが C' も同様)

$$C_{m-2,m-1} = g_{m-1,m}, \quad C_{m-3,m-2} = g_{m-2,m-1} \cdot C_{m-2,m-1}, \dots, \quad C_{3,4} = g_{4,5} \cdot C_{4,5}, \quad C_{2,3} = g_{3,4} \cdot C_{3,4}, \quad C_{1,2} = g_{2,3} \cdot C_{2,3}$$

(5)式は流量修正値 $x_a, x_b, x_c, \dots$ を変数とする一次方程式である。同様に $b, c, d, \dots$ 閉水路についても一次方程式を作れるから連立方程式をうる。この連立方程式を解けば各水路の修正流量が一挙に求められる。

4. 開水路網の例題 図-3 に示す分岐点5個を有する開水路網について、以上述べた解法を用いて各水路の流量を求めた結果を説明する。各水路区間の寸法、並びに各分岐点における連続の条件を満足させるように配分した仮定流量を表-1 に示す。なお、A、B、C 点の水深は2.40 m、粗度係数はすべて $n = 0.025$ とする。仮定流量を用いて、表-2 の計算経路に沿って各分岐点の水位差を求めたところ、水位差の最大は9.7 cmであった。そこでまず一般解法により第1次流量修正計算を行った結果、水位差は最大0.7 cmと急速に収斂したので、次に簡便解法により第2次流量修正計算を行った。その結果、最大水位差は僅かに0.2 cmとなった。ところで本解法は図式解法に基づいている関係上図上誤差を伴うから、この程度以上

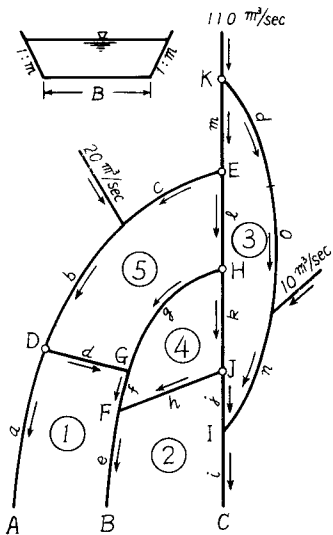
表-1 開水路網の水路寸法と流量

表-1 開水路網の水路寸法と流量

水路区間	区間長 L (m)	下流底幅 B (m)	上流底幅 B (m)	下流底高 (cm)	上流底高 (cm)	側勾配	仮定流量 (m ³ /Sec)	第1次修正 流量 (m ³ /Sec)	第2次修正 流量 (m ³ /Sec)
a	220	12	11	0	0.20	1:1	45	41.26	41.47
b	234	11	10.5	0.20	0.42	1:1	50	43.00	43.00
c	234	10.5	10	0.42	0.61	1:1	30	23.00	23.00
d	83	5.5	5.5	0.20	0.22	鉛直	5	1.74	1.53
e	180	9.6	8.6	0	0.16	1:1	40	34.65	33.86
f	62	8.2	7.6	0.16	0.22	1:1	35	26.86	26.77
g	218	8.1	7.9	0.22	0.40	1:1	30	25.12	25.24
h	96	4.6	4.6	0.16	0.20	鉛直	5	7.79	7.09
i	123	14.5	13.8	0	0.13	1:0.5	55	64.09	64.67
j	74	12.8	11.7	0.13	0.20	1:0.5	25	29.44	30.07
k	197	12.8	12.5	0.20	0.40	1:0.5	30	37.23	37.16
l	173	17.5	16.7	0.40	0.61	1:0.5	60	62.35	62.40
m	187	21.7	20.3	0.61	0.68	1:0.5	90	85.35	85.40
n	232	7.4	7.4	0.13	0.31	1:1	30	34.65	34.60
o	232	7.4	7.4	0.31	0.50	1:1	20	24.65	24.60
p	232	7.4	7.4	0.50	0.68	1:1	20	24.65	24.60

表-2 流量修正計算

雨水路綫	分岐点	第1次流量修正計算(一般解法)				第2次修正計算(簡便解法)				檢 算	
		計算経路	分岐点 水位(m)	水位差 (H _h -H _m)	修正流量 Σ (m ³ /sec)	分岐点 水位(m)	水位差 (H _h -H _m)	修正流量 Σ (m ³ /sec)	分岐点 水位(m)	水位差 (H _h -H _m)	
①	D	左 e-f-d	2.530	-0.032 ^m	+ 3.74	2.486	-0.003 ^m	- 0.21	2.484	0 ^m	
		右 a	2.498			2.483			2.484		
②	J	左 i-j	2.465	+0.042	+ 9.09	2.490	+0.007	+ 0.58	2.492	-0.002	
		右 e-h	2.507			2.497			2.490		
③	K	左 i-n-o-p	2.736	+0.097	+ 4.65	2.848	-0.002	- 0.05	2.848	0	
		右 i-j-k-l-m	2.833			2.846			2.848		
④	H	左 e-h-k	2.554	+0.077	+ 11.88	2.571	-0.003	- 0.12	2.565	+0.001	
		右 e-f-g	2.631			2.568			2.566		
⑤	E	左 e-f-g-l	2.719	+0.055	+ 7.00	2.675	0	0	2.675	-0.001	
		右 e-f-d-b-c	2.774			2.675			2.674		



圖—3 開水路網例題