

II-28 水面形計算法に関する二・三の問題点

京都大学工学部 正員 岩佐義朗

水面形計算法とは、ゆるやかにかわる定常流が、与えられた初期値(境界条件)と水路のもつ幾何学および力学的特性の変化にともなう水面形状を計算する手段である。この計算法の土工計画・設計における重要性はいまさら述べるまでもないが、従来より用いられてきた各種の方法は、

$$\left. \begin{aligned} \frac{dH_0}{dx} &= \sin\theta - \frac{Q^2}{C^2RA^2} \\ H_0 &= h\cos\theta + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \end{aligned} \right\} \quad (1) \quad \text{あるいは} \quad \left. \begin{aligned} \frac{dh}{dx} &= \sin\theta - \frac{Q^2}{C^2RA^2} + \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \left(\frac{\partial A}{\partial x} \right) \\ \frac{dx}{dh} &= \cos\theta - \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \left(\frac{\partial A}{\partial h} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

のいずれかをその基本式としている。ここに、 x : 水路底にそい流下する方向に測った距離、 H_0 : 水路底より測った比エネルギー、 Q : 流量、 h : 水深、 A : 流水断面積、 R : 径深、 α : Coriolis のエネルギー補正係数、 θ : 水路の傾斜角、 g : 重力の加速度であり、またては任意のパラメーターである。第一の関係式は流れのもつ比エネルギーの変化を表わし、第二のものは水深と流下距離との関係を二次元的な *Autonomous equation* として表わした水面形方程式で、これらが同じものであることは明らかである。

以上の関係式のいずれかを用いて実際に計算をすすめる場合、解析上の問題として、(1) 水面形状を求むべき流れの力学的な機構が上述の数学的表示によって正しく表わされているかどうか、(2) 求められる水面形状は明らかに上式の解の一つであるが、その解は基本的な数学上の理論より正しいものであるかどうか、(3) 水路の幾何学および力学的特性はある適当な間隔で与えられることが実際上の常用手段であるが、この方法による理論的あるいは数値的誤差は十分に把握しうるものかどうかなどといった事柄が挙げられよう。

第一の問題点は、開水路流れの一次元解析理論より取り扱われるべきものである。(1) あるいは(2)の関係式は、i) 流れが水路の全断面にわたって一方向的であること、すなわち、流下方向の流速成分が他の座標軸方向のそれに比しきわめて大きい、ii) 流れがゆるやかに変化する、すなわち、流れの圧力分布は静水圧的である、iii) 水路境界面のせん断力のなす仕事は Chézy 型の平均流速公式を用いた形で表わされるなどの仮定より誘導される。したがって、以上の仮定が満足されないような場合には、もはや基本式が取り扱うべき流れの物理的現象を忠実に表わしていないから、計算結果が正しいものかどうか疑わしい。このような例として急変流といわれるものがある。実用上しばしばあらわれる問題として、水路断面形状がいわゆる複断面などのように複雑なものから成り立っていることがある。実際的な手段として断面形の補正が行なわれるが、その取り扱いの本質は抵抗の問題であり、理論的には粗度係数の評価ということになる。

第二の問題点は、(1)の関係式では解決されず、(2)式の表示による *Autonomous equation* の

基礎理論によらなければならない。著者がさきに解析をすす
 った特異点の理論はこの種の問題の一例であるが、実際には
 特異点の位置が明らかにされないことが多く、第三の問題と
 関連において考察をすすめる。

第三の問題点は、基本式のもつ性質とは関係ないが、計算
 される水面形状に及ぼす水路の各特性の影響ということであ
 る。水面形計算は、特殊な場合を除いて、ある任意の間隔を
 った代表断面における特性を用いて階差的に、あるいは図
 式的に取り扱われるが、このような計算手順が結果をどのよ
 うに変えるかという点である。

いま一例として、表-1に示す水路特性をもった長方形断
 面に $1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ の設計流量をもつ流れが、下流端で 3.50 ,
 4.00 および 4.50 m に水位を調節したときに示す水面形状を

測点 番号	てい加 距離 (m)	区間 長 (m)	水路幅 (m)	水路底の配
0	0	0	93.0	0.00080
1	140	140	85.0	0.00078
2	235	95	80.0	0.00112
3	330	95	74.0	0.00120
4	380	50	71.5	0.00125
5	480	100	66.5	0.00125
6	530	50	61.5	0.00125
7	580	50	61.5	0.00125
8	680	100	56.5	0.00125
9	730	50	54.0	0.00125
10	830	100	49.0	0.00125
11	850	20	52.0	0.00120
12	930	80	55.5	0.00116
13	1000	70	54.0	0.00110
14	1130	130	56.0	0.00114
15	1320	190	62.5	0.00096
16	1460	140	60.0	0.00100
17	1580	120	61.0	0.00104

表-1 水路形状とこう配

をしよう。ただし、Manning の
 粗度係数は 0.025 (m-sec) とし
 ている。限界水深と等流水深の
 値は(2)式をそれぞれ解いてえら
 いるが、これらを表示したもの
 を表-2 である。この表より、
 代表測点における水路形状の等
 流水深に及ぼす影響がわかう。
 特異点は2箇所存在するようであ
 るが、代表値によるものでは
 明確に計算されない。いま、特
 異点の存在する区間の水路幅を

測点 番号	てい加 距離 (m)	限界水深 (m)	上流の(AB/Δx) を用いて求めた 等流水深(m)	下流の(AB/Δx) を用いて求めた 等流水深(m)	加重平均した (AB/Δx)による 求めた等流水深	断面の中間で 求めた 等流水深(m)
0	0	3.079	3.860		3.890	3.893
1	140	3.270	4.026	3.917	3.985	3.890
2	235	3.405	3.557	3.786	3.688	3.540
3	330	3.586	3.834	3.516	3.750	3.826
4	380	3.669	3.818	3.818	3.818	3.828
5	480	3.851	3.833	3.833	3.833	3.834
6	530	3.951	3.834	3.834	3.834	3.828
7	580	4.097	3.828	3.828	3.828	3.816
8	680	4.293	3.796	3.796	3.804	3.785
9	730	4.424	3.767	3.767	6.543	3.728
10	830	4.721	16.718	3.680	12.417	16.136
11	850	4.537	9.851	15.653	10.288	9.534
12	930	4.344	5.228	9.242	6.795	5.284
13	1000	4.424	7.867	5.340	7.550	7.677
14	1130	4.318	8.655	7.496	7.563	8.409
15	1320	4.014	5.427	8.229	7.295	5.444
16	1460	4.123	6.964	5.460	6.451	6.422
17	1580	4.079		6.778		

表-2 各測点における等流水深と限界水深

二次曲線におきかえて
 各種の水面形計算を行
 ったものが図-1で
 らり、実際には各方法
 とも若干の計算誤差が
 生じているものと思わ
 れる。計算の詳細は講
 義時に示すが、実用上
 の諸問題の解析につい
 て種々の検討を加えた
 ことを考えている。

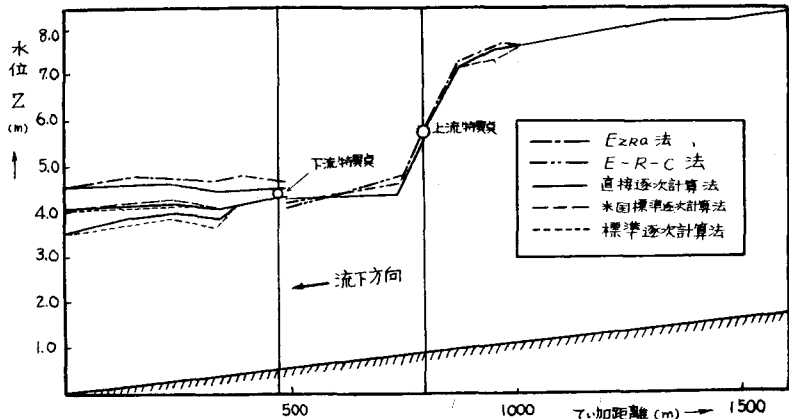


図-1 各種計算法による水面形状