

京都大学工学部 正員 工博 岩佐義朗

北海道開発局 正員 工修 山口嘉之

1. はしがき 水面形状の決定はあらゆる水工事業計画の技術的基礎を与えるもので、その重要性についてはいまさらいうまでもない。事実、多くの自然河川や人工水路においても水面形状の決定はつねに行なわれている。一般に河川あるいは水路においては、縦横断面形状ならびに粗度が複雑に変化し、これらの変化を考慮して水面形を計算するには、計算量が非常にばう大なものとなるため、従来においては、これらの変化の一部の省略を行ったり、断面形をより単純な断面形におきかえたりする方法がしばしば用いられてきた。しかしながら、最近のコンピューターの進歩により、相当複雑な水路形状についても水面形計算が可能となったが、実用上においてはまた多くの問題点が残されており、今後の研究に期待されるものは大である。

2 計算法の programming 本研究で使用したコンピューターは京都大学工学部に付置されている KDC II (Kyoto University Digital Computer II) であって、製品名は H I T A C 5020 である。使用言語は FORTRAN 語系の HARP である¹⁾。

水面形の計算法では与えられた初期値より始めて、うぎの断面の水深を仮定し、境界条件を満たすまで仮定を繰り返す。この場合、境界条件を満たしたとして計算を打ち切る方法には多くの考え方があるが、そのうちで、仮定した水深 Y も正しい水深 h に十分な精度で近似させるという考え方を採用し、現在、一般に広く用いられている直接逐次計算法ならびに米国標準逐次計算法に対する Program を作成した。岩佐の最初の計算例では直接逐次計算法による計算を全断面について完了できなかったが、その後新たに作成した2つの Program によって同じ data に対する水面形計算を行なった結果、米国標準逐次計算法では全断面についての水面形が得られたが、直接逐次計算法では途中で収束せず計算機内部で無限回 loop が構成され計算は完了しなかった。

3. 計算結果と問題点 表1に計算結果の一例を示す。標準逐次計算法では全断面について計算が完了したが、直接逐次計算法では断面3以下の水深は求められなかった。しかしながら、断面2までの水面形に関しては、両者は高い精度で一致している。

直接逐次計算法の基礎方程式とその階差式は、慣用の表現を用いるとつぎのようにである。

$$\Delta X_{(j)} = \frac{\Delta H_0}{\bar{S}_0 - \bar{S}_f} = \frac{H_{0(j-1)} - H_{0(j)}}{\{S_{0(j-1)} + S_{0(j)}\}/2 - \{S_{f(j-1)} + S_{f(j)}\}/2} \quad (1)$$

水深の次の近似値は、 $Y_k = Y_{k-1} + \delta_k$ によって与える、標準逐次計算法においては δ_k の値が少々大きすぎても、極端に過大でないかぎり計算は続行される。事実、 δ_k の値によって仮定水深 Y が射流領域に入った場合でも正しく計算を行なっている。しかしながら、直接逐次計算法の場合には、 δ_k の値が大きすぎると、たとえ仮定水深が射流領域に入らなくても(1)式において、 $\bar{S}_0 - \bar{S}_f < 0$ となると、水深の

仮定、すなわち、 δ_k の加減の方向が全く逆となり途方もない計算を行なう結果、収束せずに発散してしまう。したがって、河川や水路について、あらかじめ δ_k の値も十分検討しておく必要がある。 δ_k もある程度小さくすると発散の恐れは少なくなるが、反面、計算の回数が多くなり所要時間も大となる。

長方形断面水路においてManningの粗度係数 n 、区間長 Δx 、水路底こう配 S_o 、Coriolisのエネルギー補正係数 α を一定としたもと、とも簡単な例に対する表1に示した計算例のうち標準逐次計算法のprogramを表2に示す。粗度係数 n を区間ごと、あるいは水路横断方向の高水敷と低水敷などについて変化させることも可能であり、その計算例もあるが、紙面の都合上省略する。

本報告の計算例に対する計算時間は1断面あたり平均0.25秒であり、4組の初期水深に対する17断面についての計算時間は17秒であった。また、計算結果のprintなどに要する時間を入れると全部で約30秒であった。表2のprogramでは、慣用的に用いられている $n, \Delta x, S_o, \alpha$ などは計算機用語の文法上の制約その他の事情から、それぞれRN, D, SL, ALなどの文字で表わされている。M, N, Lはそれぞれ、与える初期水深の個数、断面数、水深Yを近似させる場合の δ_k の個数を表わす。また、全エネルギーはEで表わし、水深既知の断面では添字0を附した。

このprogramでは δ_k は、 $+1.0000^m$, -0.5000^m , $+0.1000^m$, -0.0500^m のように符号を交互に変えており、実用上においては、 δ_k の符号の約束さえ守れば δ_k の値は任意に選んでよい。すでに述べたように、このprogramは長方形断面水路に対するものであるが、*14行、*15行と*49行、*50行の断面積と径深とを適当な水位の関数として与えれば他の断面をもつ水路にも適用できる。

*この場合 E は普通に用いられている意味の全エネルギーではなく
$$E_o = Y_i + z_i + \alpha \frac{Q^2}{2gA_i^3} + \left(\frac{n^2 Q^3}{R_i^4 A_i^2} \right) \times \frac{\Delta x}{2}$$
$$E = Y_o + z_o + \alpha \frac{Q^2}{2gA_o^3} - \left(\frac{n^2 Q^3}{R_o^4 A_o^2} \right) \times \frac{\Delta x}{2}$$
を意味する。

参考文献

- 1) 例えは、森口繁一「FORTRAN IV入門」東大出版会 19628
- 2) 岩佐義朗「水面形計算法におけるコンピュータの利用」オ7回水理講演会講演集土木学会 1962年10月

\$T0116	ID	HIJOB	1
\$	HIJOB		2
\$STANS	HARP		3
	COMMON AL,RN,D,G,D,HS(10),B(100),DT(20),Z(100),EO,E		4
	WRITE(6,100)		5
	READ(5,50)M,N,L		6
	READ(5,101)AL,RN,D,G,D,(HS(I),I=1,M),(B(J),J=1,N),(Z(J),J=1,N)		7
	READ(5,130)(DT(K),K=1,L)		8
	DO 30 I=1,M		9
	WRITE(6,102)HS(I)		10
	HO=HS(I)		11
	DO 20 J=1,N-1		12
	Y=HO		13
	AR=B(J)*Y		14
	R=AR/(B(J)+2.0*Y)		15
	EO=Y+Z(J)+AL**2/(2.0*G*AR**2)+RN**2*Q**2*D/(2.0*R**1.335*AR**2)		17
	CALL NEXT(Y,J)		18
	FK=EO-E		19
	IF(E0-E)103,107,105		20
103	DO 11 K=1,L		21
104	Y=Y-DT(K)		22
	CALL NEXT(Y,J)		23
	FA=EO-E		24
	IF(FA.EQ.0.0)GO TO 107		25
	IF(FA*FK.GT.0.0)GO TO 104		26
11	FK=FA		27
	GO TO 107		28
105	DO 10 K=1,L		29
106	Y=Y+DT(K)		30
	CALL NEXT(Y,J)		31
	FA=EO-E		32
	IF(FA.EQ.0.0)GO TO 107		33
	IF(FA*FK.GT.0.0)GO TO 106		34
10	FK=FA		35
107	HO=Y		36
20	WRITE(6,110)HO		37
30	CONTINUE		38
50	FORMAT(3I2)		39
100	FORMAT(1H,51HTHE PROFILES OF WATERSURFACE BY STANDARD STEP METHOD)		40
101	FORMAT('F12.3/4F12.3/(6F12.3))		41
102	FORMAT(1H0,3HRO=,F12.4)		42
110	FORMAT(1H,3HRO=,F12.4)		43
130	FORMAT(4F12.4)		44
	STOP		45
	END		46
\$GREAT	HARP		47
	SUBROUTINE NEXT(Y,J)		48
	COMMON AL,RN,D,G,D,HS(10),B(100),DT(20),Z(100),EO,E		49
	AR=B(J+1)*Y		50
	R=AR/(B(J+1)+2.0*Y)		51
	E=Y+Z(J+1)+AL**2/(2.0*G*AR**2)-RN**2*Q**2*D/(2.0*R**1.335*AR**2)		52
	RETURN		53
	END		54
\$	EOF		55
\$DATA	DATA		

(表2)