

開水路複断面流れに関する実験的研究 (1)

京都大学防災研究所 正員 今本博健
 京都大学防災研究所 正員 久下俊夫
 京都大学大学院 学生員 ○吉野清文

一般に、単断面水路の表面抵抗の評価法としては、抵抗係数、経験係数あるいは相当砂粒粗度高の3種のものを用いられている。しかしながら、これらは断面形状の異なる複断面水路の表面抵抗の評価法としては必ずしも適当とはいえず、本報告においては、一定流水断面積を流れる流量あるいは一定流量の流水に対応する流水断面積によって水路の表面抵抗を評価するという水理学的有効断面の見地から、複断面水路の抵抗特性について若干の検討を行ったものである。

ノ. 水位・流量曲線

複断面水路におけるもっとも単純な流量算定法として単断面法と断面分割法との2種の方法があるが、複断面流れでは高水数上の流れと低水路内の流れとの境界面近傍における挙動が支配的となり、その効果を考慮しなければならない。しかしながら、境界面近傍における効果を考慮したもとしてすでに提案されている補正係数法¹⁾、等価粗度係数法²⁾あるいは渦動粘性係数法³⁾などはいずれも不明の点が多いため、以下においては実用性に重点をおき、単断面法および単純な断面分割法により流量算定を行ない、実測値との比較を行なう。

単断面法および単純な断面分割法による計算流量 Q_S および Q_{t*} はそれぞれつぎのように表わされる。

$$Q_{S*}(H_*, b_*) = \frac{nQ_S}{2I^{1/2}B^{2/3}} = \left(\frac{H_* - b_* h_*}{1 + H_*} \right)^{2/3} (H_* - b_* H_*)$$

$$Q_{t*}(H_*, b_*) = \frac{nQ_t}{2I^{1/2}B^{2/3}} = \left\{ \frac{b_*(H_* - h_*)}{b_* + H_* - h_*} \right\}^{2/3} b_*(H_* - h_*) + \left\{ \frac{(1 - b_*) H_*}{h_* + 1 - b_*} \right\}^{2/3} (1 - b_*) H_* \quad (2)$$

ここに、 n はマンニングの粗度係数、 I は路床勾配であり、 $b_*(=b/B)$ は高水数幅、 $h_*(=h/H)$ は高水数高、 $H_*(=H/B)$ は水位を表わす無次元量である。

以上の関係式において、ある一定の水位に対応する流量と高水数幅との関係を調べると、(1)式では $b_*=1$ のとき

$$\Delta Q_{S*}(H_*, 1) = Q_*(H_*, 1) - Q_S(H_*, 1) = \left(\frac{H_* - h_*}{1 + H_* - h_*} \right)^{2/3} (H_* - h_*) - \left(\frac{H_* - h_*}{1 + H_*} \right)^{2/3} (H_* - h_*) \quad (3)$$

だけ過少評価となり、また(2)式では $b_*=0$ のとき

$$\Delta Q_{t*}(H_*, 0) = Q_*(H_*, 0) - Q_{t*}(H_*, 0) = \left(\frac{H_*}{1 + H_*} \right)^{2/3} H_* - \left(\frac{H_*}{h_* + 1} \right)^{2/3} H_* \quad (4)$$

だけ過大評価となるため、それぞれについて、 b_* に応じてつぎのような補正を行なう。

$$\Delta Q_{S*}(H_*, b_*) = \Delta Q_{S*}(H_*, 1) \times b_* \quad (5)$$

$$\Delta Q_{t*}(H_*, b_*) = \Delta Q_{t*}(H_*, 0) \times (1 - b_*) \quad (6)$$

したがって、単断面法および単純な断面分割法による補正後の計算流量は、それぞれ

$$Q_{S*}(H_*, b_*) + \Delta Q_{S*}(H_*, b_*) \quad (7)$$

$$Q_{t*}(H_*, b_*) + \Delta Q_{t*}(H_*, b_*) \quad (8)$$

と表わされる。

図-1は、(1)、(2)、(7)および(8)式による水位・流量曲線の計算値と $B=20\text{cm}$ の実験水路における実測値を示したものであって、これよりつぎの事項が知れる。従来よりすでに知られているように、流れが低水路内から高水数上に及ぶ遷移時において水位・流量曲線に不連続性が認められるが、このような不連

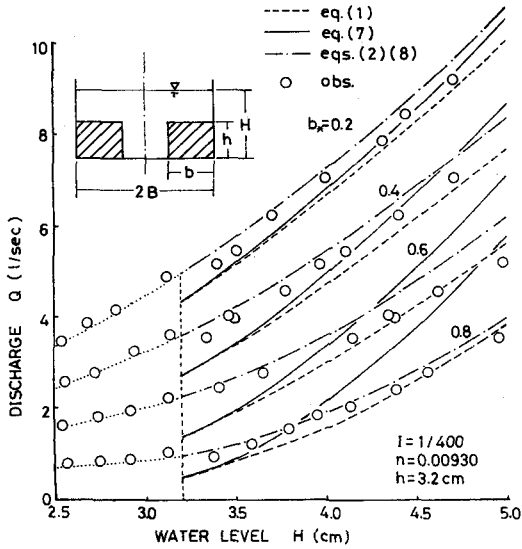


図-1

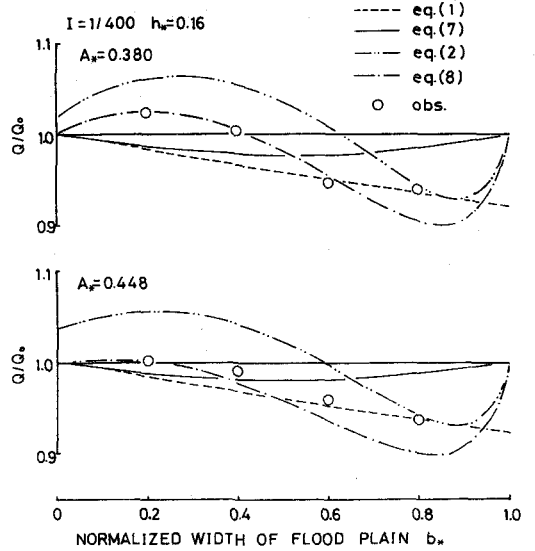


図-2

統性の生じる原因はつきのように説明される。すなわち、流れが高水敷上に及ぶと高水敷面の表面抵抗のためそこの流速は遅くなり、その影響が低水路内の流れにまで広がり、全体としての平均流速を小さくするとともに水位を増加させることになる。このような不連続的減少は(1)および(7)式の単断面法によってよく説明されているが、水位が大きくなるにしたがって(7)式は実測値と離れる傾向がみられる。すなわち、(1)式は同一水位における流量を全般的に過小評価し、水位が比較的大きな場合にはかなりよい近似を与える傾向があるのに対し、補正を施した場合の(7)式は水位あるいは高水敷幅が大きくなるほど実測値より大きくなる傾向が認められ、単断面法におけるこのような補正にはかなり問題があると考えられる。一方、(2)および(8)式の断面分割法による計算値は水位の増加に伴い(2)式に比し(8)式の方が多少大きくなる傾向があるが、図に示された水位の範囲ではほとんど同等の値を示しているとして差し支えない。また断面分割法による計算値は一般に流量を過大評価する傾向にあるが、高水敷上の水深が小さい場合には比較的よい近似を与えることが知れる。

2. 複断面形状の水理学的有効性

複断面流れを水理学的有効断面の観点から検討するために、図-2に一定の流水断面積のもとでの流量と高水敷幅との関係が示されているが、実測値によると流水断面積が比較的小さく高水敷上の水深が小さい場合には複断面流れの流量 Q と水路幅 $2B$ の単断面流れの流量 Q_0 との比 Q/Q_0 は $b_w = 0.2 \sim 0.3$ で $Q/Q_0 > 1$ の極大値をとり、 $b_w = 0.7 \sim 0.8$ で $Q/Q_0 < 1$ の極小値をとることが認められるが、流水断面積がある値以上の大きさになるといずれの b_w についても $Q/Q_0 \leq 1$ となることが知れる。さらに、同図には(1)、(2)、(7)および(8)式による計算値が併示されているが、単断面法は上述の実測値の傾向を説明しえないのに対し、断面分割法とくに補正を施した(8)式は実測値と比較的類似した傾向を示すとともに、値そのものについてもかなりよい近似を与えている。ただし、流水断面積が大きくなるにしたがって近似性は低下するが、複断面流れの流量算定における断面分割法の有意性が示されるとともに、(6)式のような補正法が有効であることが知れる。

参考文献

- 1) Zheleznyakov, G. V., Theoretical ground of hydrometry, Gidrometeorologicheskoye izdatelstvo, Leningrad, 1968.
- 2) 森平倫生, 複断面水路水流の抵抗法則に関する研究, 京大修士論文, 1961.
- 3) 高橋 保, 河道における洪水流の特性に関する研究, 京大修士論文, 1971.