

開水路複断面流れに関する実験的研究 (3)

一抵抗特性に及ぼす断面形状の効果一

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	○田中英児

1. はじめに

一般に、流れの抵抗表示には、抵抗係数、経験係数あるいは相当砂粒粗度といった種々のものが用いられるが、相当砂粒粗度は対象とする粗度要素と一様砂粒粗度との比較に基づくもので、断面形状の効果が卓越する複断面流れの抵抗表示に用いることは適当でない。このため、本報告では、代表的な抵抗表示法として抵抗係数に着目し、開水路複断面流れの断面形状と抵抗係数との関係について実験的検討を加える。

2. 実験装置および方法

実験水路は主として幅40cm、深さ20cm、長さ13mの合成樹脂製単断面直線水路が用いられたが、種々の大きさの合成樹脂板を水路の両側壁に沿って対称に敷設することにより、任意の複断面形状が形成されるようになっている。本実験では、高水敷高さを $h=2.0\text{cm}$ と一定に保ち、路床勾配が $I=1/400$ の場合を対象とし、高水敷幅を0cmから18cmまで10通りに変化させ、それぞれの場合について流量と水深との関係を計測することにより複断面流れにおける抵抗特性におよぼす高水敷幅の効果について検討するとともに、合成樹脂板を用いて水路幅を20cmとし、また、幅100cm、深さ30cm、長さ16mの実験水路を使用し、同様の計測をくりかえすことによって水路幅の効果についての検討がなされている。

3. 複断面流れの抵抗特性

図-1は、水路幅 $2B=40\text{cm}$ の場合について、抵抗係数 $C_f=2U_{fR}^2/U_m^2$ ($U_{fR}=\sqrt{gRI}$: 摩擦速度, R : 径深) とレイノルズ数 $Re=U_{fR}R/\nu$ との関係を示したものであって、高水敷幅・水路半幅 $b/B=0$ の単断面流れでは Re が増加するにしたがって C_f は一様に減少するのに対し、複断面流れでは、 Re が小さいとき C_f は Re の増加に

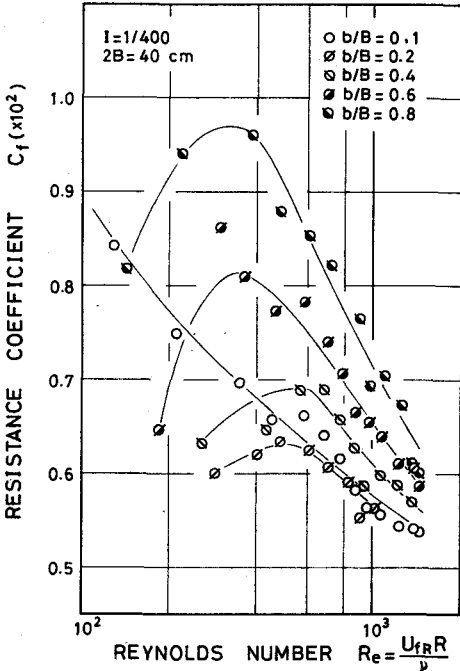


図-1

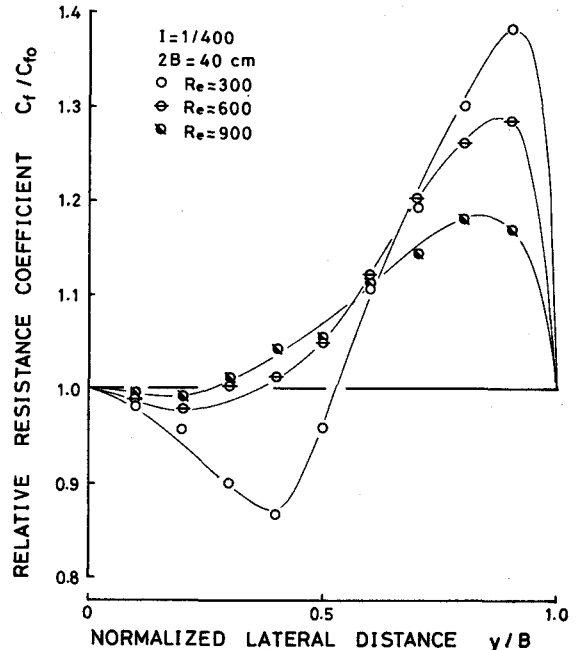


図-2

伴って一旦増加し、ある R_0 で極大値を示したのち R_0 とともに減少する傾向のあることが知れる。また、 b/B ごとの C_f と R_0 との関係についてみると、 R_0 があまり大きくない場合、 C_f が極大となる R_0 の値あるいは C_f 自体の値は b/B によってかなり複雑に変化し、 R_0 が大きくなると、 b/B に関係なく、 $b/B = 0$ の場合に収束していくようである。

このように C_f と R_0 との関係はつぎのように説明される。すなわち、 R_0 が小さいとき C_f が R_0 の増加に伴って一旦増加するのは、高水敷上の水深が小さい場合、高水敷上の流れによる低水路内の流れへの減速効果は微弱で、流れは低水路潤辺によってほとんど支配されているにもかかわらず、径深算定にはほとんど無効な高水敷上の潤辺まで含まれるため、径深を実際より過小評価することとなり、摩擦速度ひいては抵抗係数が見かけ上小となることにつながる。高水敷上の水深がある程度大きくなると、高水敷上の流れの減速効果が顕著となり、高水敷先端近傍における2次流の形成、乱流混合現象の活発化などのいわゆる複断面効果により抵抗係数は増大するが、さらに高水敷上の水深が大きくなると、側壁の効果が卓越し、長方形断面における流れとしての特性を有してくることになると考えられる。

一方、開水路複断面流れの抵抗特性に及ぼす断面形状の効果をより明確に把握するために、図-1を用いて、一定 R_0 ごとの C_f を単断面の場合のもの C_{f0} で割り、 C_f/C_{f0} と高水敷幅との関係を示すと図-2のようになる。図より知れるように、これらの関係は $b/B=0.2\sim 0.4$ における C_f の極小値と $b/B=0.8\sim 0.9$ における極大値とによって特性づけられ、複断面流れでは b/B が小的时候単断面流れより抵抗係数が小さくなっているが、これはすでに著者らにより同一流量に対する所要流水断面積比により導かれた結論と一致する^{1),2)}。なお、このような C_f と b/B との関係はつぎのように説明される。すなわち、複断面流れでは高水敷上の流れと低水路内の流れとの境界近傍で複雑な水理現象が発生し、一般に、流水抵抗を増加させる効果を有するが、 b/B が小の場合、高水敷設置に伴う低水路内水深の増加にもとづく低水路内における速度増加の効果が卓越し、全体的には流水抵抗が減少するのに対し、 b/B がある程度以上大きくなると逆に前者の効果が卓越し、流水抵抗は増加することになる。複断面効果が明確に現われるレイノルズ数のもとでは、このような特性もきわめて顕著に現われるが、高水敷高に対し水深が十分に大きくなると、すでにのべた単断面としての特性が支配的となり、 b/B の効果も弱められている。

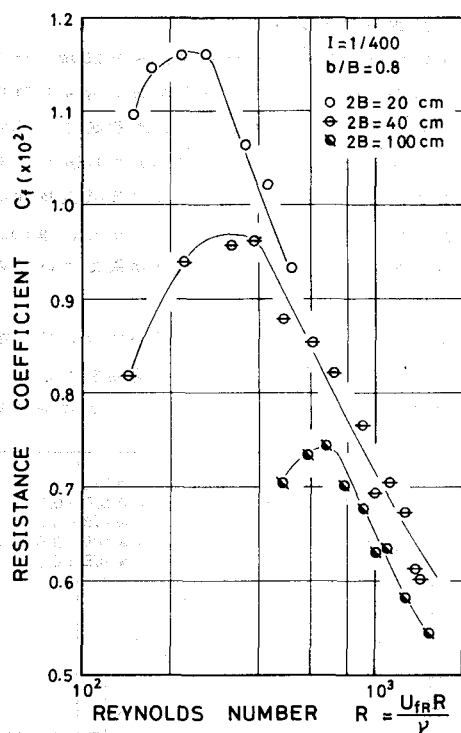


図-3

また、図-3は複断面流れの抵抗特性に及ぼす幾何縮尺の効果について検討するため、高水敷幅・水路半幅比 $b/B=0.8$ 、高水敷高・水路半幅比 $h/B=0.1$ 、路床勾配 $I=1/400$ の断面形状の相似なもとで、水路幅 $2B=100, 40, 20\text{cm}$ の3種を用いて、抵抗係数 C_f とレイノルズ数 R_0 との関係について調べたものであって、 C_f が極大となる R_0 の値は水路幅によって異なるとともに、 C_f と R_0 との関係も若干異なるようで、断面形状が相似であっても C_f は R_0 のみによって定まらないことが知れる。

以上のように、複断面流れの抵抗特性はかなり複雑で、今後さらに詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1) 今本，久下，吉野：開水路複断面流れに関する実験的研究（1），関西支部年講，1976。
- 2) 今本，久下，吉野：開水路複断面流れに関する実験的研究（2），土木学会年講，1976。