

種々の断面形状における開水路流れの抵抗特性について

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
 建 設 省 正員 吉 野 清 文
 京都大学大学院 学生員 ○田 中 英 児

1. はじめに：開水路流れの表面抵抗の評価に用いられる抵抗係数は一般にレイノルズ数，フルード数，路床勾配および断面形状特性に関係すると考えられるが，その関係はかなり複雑で，従来より多くの研究が行われているにもかかわらず，いまだに統一的に説明されているとはいえない。本報告は，長方形，三角形および複断面形状の開水路流れを対象として，抵抗係数とこれらの無次元量との関係を実験的に検討したものである。

いま形状要素を ϕ とすると，抵抗係数 C_f は，

$$C_f = 2 / (U_m / U_t)^2 = f(Re, Fr, I, \phi) \quad (1)$$

と表せる。ここに， $Re = U_m R / \nu$ ， $Fr = U_m / \sqrt{gR}$ ， $U_m = Q/A$ ， $U_t = \sqrt{gRI}$ であり， Q ：流量， A ：流水断面積， I ：路床勾配， R ：径深， g ：重力加速度， ν ：動粘性係数を表す。(1)式において C_f ， Fr および I の間には $C_f = 2 Fr^2 / I$ の関係があるから，次のように書き直される。

$$C_f = f(Re, I, \phi) \quad (2)$$

2. 長方形断面開水路流れ：長方形断面水路の形状要素は水路幅・水深比 B/H であるから，(2)式は

$$C_f = f(Re, I, B/H) \quad (3)$$

となる。図-1は C_f と Re の関係を示したものであるが，いずれの路床勾配についても C_f は Re の $-1/4$ 乗に比例して減少する傾向が認められ，

$$C_f = C_r Re^{-1/4} \quad (4)$$

と表わせる。(4)式はBlasiusの式としてよく知られているが，比例定数 C_r は円管流についての値(0.0559)に一致するとは限らず， I および B/H との関係についての検討が必要となる。まず C_r と B/H との関係を示すと図-2のようであり，いずれの I についても C_r は B/H に無関係に一定になっており，長方形断面における抵抗に及ぼす I の効果の重要性を示している。そこで，流量を一定として I を0.00125～0.02まで17種変化させた場合の実験結果から C_r と I との関係を示すと図-3のようになる。図より緩勾配の場合に

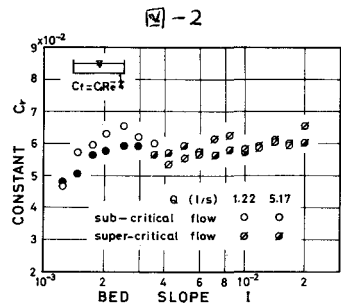
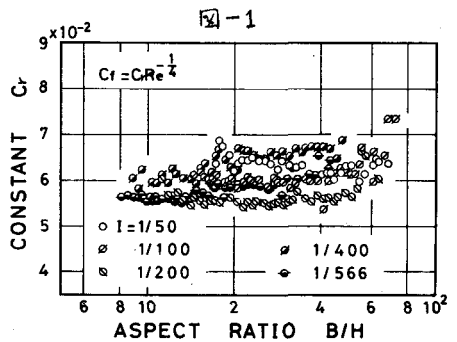
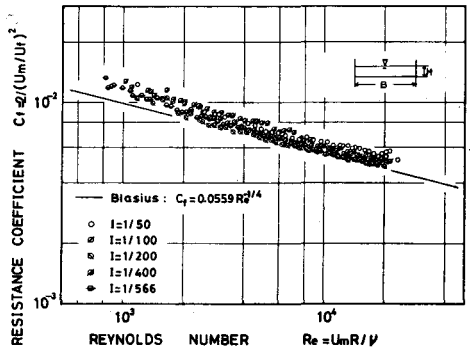


図-3

は、 I の増加に伴って C_f は増加し $I=0.0025$ の近くにおいて極大値を示し、限界勾配に近づくにつれて減少するが急勾配になるとバラツキはあるものの除々に増加する傾向が認められる。

3. 三角形断面間水路流れ：三角形断面水路では水深が変化してもその断面形状は相似であり、 ϕ_c は頂角 θ のみであり、(2)式はつぎのようになる。

$$C_f = f(Re, I, \theta) \quad (5)$$

本実験では $2\theta=60^\circ$ および 120° の2種の形状を対象とした計測より、 $C_f = C_t Re^{-1/4}$ という長方形断面と同様の結果が認められたので、それぞれの θ について C_t と I の関係を示すと図-4および図-5のようであり、いずれの θ においても長方形断面と同様の傾向を示すことが認められた。このような I の抵抗係数に及ぼす効果については転捩列の発生、限界流の特性に関するものと考えられるが、低下背水の影響なども含めて今後より詳細な検討を加えなければならない。

4. 複断面間水路流れ：複断面水路形状は高水敷幅 b 、高水敷高さ h 、水深 H および水路幅 B によって定まり、 ϕ_c として B/H 、 b/B および h/h の3量が考えられるが、本実験では b および B を一定としているため、 $\beta = H/h$ のみが対象とされ、(2)式は

$$C_f = f(Re, I, \beta) \quad (6)$$

となる。 C_f と Re との関係を示すと図-6であり、長方形断面の場合とはかなり異なる傾向を示している。いま複断面間水路流れの C_f は $C_f = C_c Re^{-1/4}$ と表わせるとし、図-1に示された関係より定まる各勾配 I との長方形断面間水路流れの C_r を用い、 β と C_c/C_r との関係で示すと図-7のようである。図より明らかなように、 C_c/C_r は β のみによって定まり、 β が約1.6以上になると $C_c/C_r=1$ となり、複断面間流れとしての特性は失われ、同一水路幅の長方形断面間流れとして取扱われることが知れる。

5. おわりに：今回の実験で得られた結果は実験ケースも十分でないこともあり、その普遍性を検討するのは尚早と言うべきであろう。今後、長方形断面ではより広範な B/H にわたって、三角形断面ではさらに多くの 2θ について、また複断面ではより多くの高水敷幅 b について検討してゆきたい。

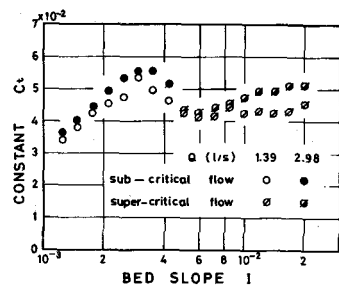


図-4

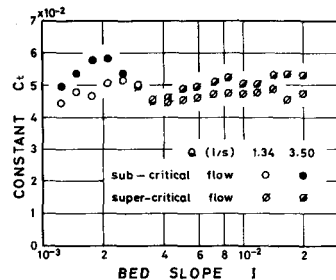


図-5

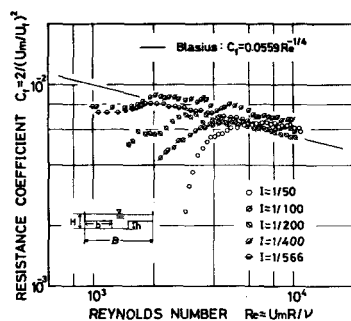


図-6

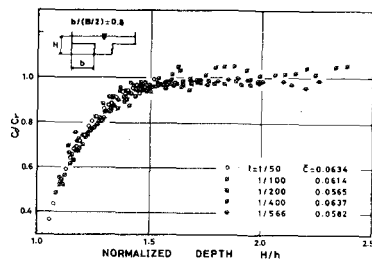


図-7