

II - 295

不透過性水制まわりの流況と抵抗特性について

九州工業大学大学院 学生員 石母田 大四郎

九州工業大学工学部 正 員 秋山 壽一郎, 浦 勝

日水コン 正 員 千住 司朗

1. はじめに

近年、多自然型河川工法のひとつとして水制が盛んに用いられるようになってきているが、それにともない、水制まわりの流況や河床変動についての精度の良い数値計算手法の確立が強く望まれている。数値計算において計算格子間隔が水制スケールと比較して大きいような場合では、水制に働く抗力の反作用として反力を基礎方程式に取り込むことによって計算精度をより高めることができることが指摘されている。ところが、その際の抵抗係数の値については良く分かっていないのが実情である。このような現実を踏まえ、本研究は非越流状態における不透過水制まわりの流況を調べるとともに、せん断流中の不透過水制に働く抗力を実験的に求め、抵抗係数と Reynolds 数との関係を明らかにしたものである。

2. 流況実験

本研究では、まず水制まわりの流況を調べるために流速 u と水深 H の測定を行った。実験は、全長 20.5m、幅 0.5m の可変勾配型開水路の左岸に上流から 10.0m の位置とその上下流 0.5m に 1 個づつ、計 3 個の不透過水制(長さ $l=15\text{cm}$ 、幅 $b=5\text{cm}$)を水路に直角に等間隔で設置し表-1 に示す条件下で行い、水深を容量式波高計(KENEK 社製)で、流速を 2 次元電磁流速計(KENEK 社製)でいずれも 5cm の測定格子間隔を基本に計測した。サンプリング間隔、サンプリング時間はそれぞれ 0.05 秒、50 秒である。なお、流速測定は全ての測定点において河床から水深の 3.5 割の高さで行った。

3. 抗力測定実験

抗力測定装置を図-1 に示す。抗力測定装置は、流体力を受ける水制($l=15\text{cm}$ 、 $b=5\text{cm}$)と流体力を応力として測定するためのステンレス製供試体から構成された自作のものである。キャリブレーションにおける水平载荷重と歪みとの線形性は図-2 に示すように、きわめて良好であった。

実験は、上述した水路中に上流端から 11.0m の地点に抗力測定装置を設置して行った。実験条件は表-2 に示す通りであり、フルード数 $F_r(=V/\sqrt{gH}; V=\text{断面平均流速})$ は 0.07~0.29 の範囲である。水深 H を 0.1m に固定し、接近流速 U を CASE1 から CASE7 まで系統的に変化させ、抗力測定を行った。ここで、一般に抵抗係数 C_D は、

$$C_D = \frac{2D}{\rho U^2 A} \cdots (1)$$

表-1 流況実験条件

流れの状態	常流
水制間隔 c (cm)	50.0
流量 Q (cm^3/s)	9980.9
平均流速 V (cm/s)	24.43
平均水深 H (cm)	8.17
水路床勾配 I	1/1695
レイノルズ数 Re	18161

表-2 抗力測定実験条件

ケース	接近流速 $U(\text{cm/s})$
CASE1	3.91
CASE2	5.47
CASE3	7.89
CASE4	11.84
CASE5	16.23
CASE6	19.41
CASE7	22.58

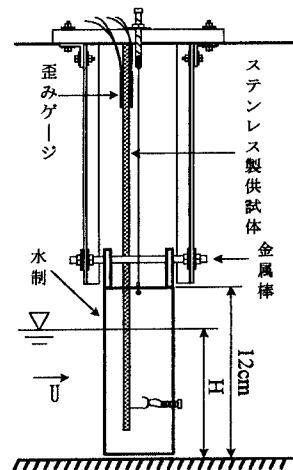


図-1 抗力測定装置

キーワード：水制、抵抗係数、数値計算

〒980 仙台市青葉区上杉 5-3-36 第3 勝山ビル

TEL 022-222-1101 FAX 022-265-7634

〒804 北九州市戸畑区仙水町 1-1

TEL 093-884-3125 FAX 093-884-3100

ここに、 C_D =抵抗係数、 D =抗力(gf)、 ρ =水の密度(g/cm^3)

U =接近流速(cm/s)、 A =投影面積(cm^2)。

で定義され、接近流速 U としては一様流が用いられるが、本研究はせん断流であるため、水制から 50cm 上流の水制と同じ幅の断面での断面平均流速を U として用いた。

4. 流況実験結果

図-3 に流速ベクトル図を、図-4 に等水深図を示す。図より上流から 1 番目と 2 番目の水制間では 1 番目の水制による水跳ね効果の影響による水平循環流が発生しているのに対し、2 番目と 3 番目の水制間では水平循環流は見られない。このことから、水制を複数個設置することで徐々に水平循環流が発生しにくくなり、河岸を保護する効果が大きくなることが分かる。また、水制先端からの剥離渦が再び水路左岸に付着する再付着点は、水制を 1 つ設置した場合、水制長の 14 倍程度と言われているが²⁾、水制を 3 つ設置した本実験では水制長の 16 倍であった。

5. 抗力測定結果

図-5 に抗力 D と Reynolds 数との関係を示す。図中の○は抗力直接測定によって求めた抗力値 D_r であり、●は水制の上下流 0.5m の断面において運動量則を適用して求めた抗力値 D_m である。両者はよく一致し、 $D \sim Re$ なる関係が成立することが認められる。また、 $Re=15000$ で抗力値にある程度のばらつきが見られるが、これは固有水面振動が発生したためであると考えられる。

式(1)より算出した抗力直接測定による抵抗係数 C_{Dr} と Re 数($=U/\nu$)との関係を、運動量則による結果 C_{Dm} と福岡らの結果とを併せて図-6 に示す。図より、得られた C_{Dr} と C_{Dm} の結果はよく一致しているが、若干 C_{Dm} より C_{Dr} の値が大きいためである。 Re 数が 5400~9900 の範囲では、 Re 数が増加するにつれて抵抗係数は減少するものの、 Re 数が 9900 以上では $C_{Dr}=5.28$ のほぼ一定値を示しており、全体的に福岡らの結果よりやや大きい値が得られた。

6. おわりに

不透過水制を複数設置した場合の水平循環流や剥離渦の再付着の状況が確認され、 Re 数が 9900 以上ではせん断流中の非越流型不透過水制の抵抗係数は $C_D=5.28$ 程度となることが実験的に分かった。

参考文献 1)福岡ら：越流型水制工を有する流れの解析，第 2 回河道の水理と河川環境論文集，pp.211-216,1995.

2)池田ら：水制まわりの水平剥離渦の構造に関する実験的研究，水工学論文集，第 40 巻，pp787~792，1996.

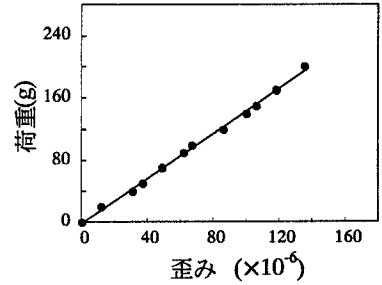


図-2 キャリブレーション結果

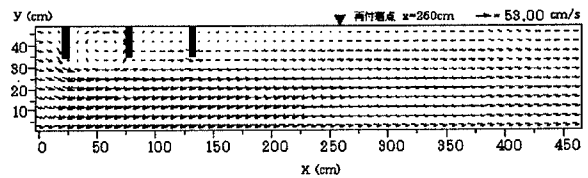


図-3 流速ベクトル図

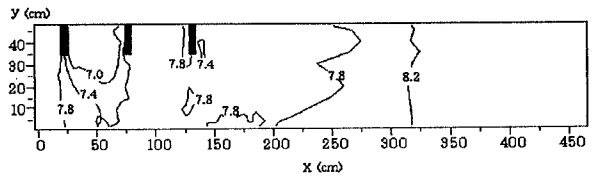


図-4 等水深図

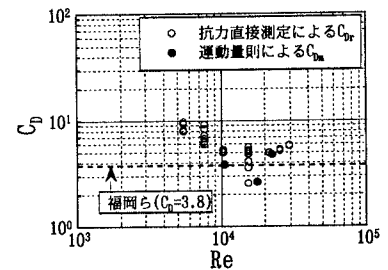
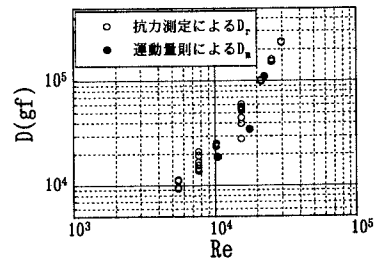


図-6 C_D と Reynolds 数との関係