

愛媛大学工学部 正 員 鈴木幸一
菱和設計コンサルタント 正 員 渡部誠司

愛媛大学工学部 正 員 門田章宏
愛媛大学大学院 学生員 森 一庸

1. はじめに

山地部における礫層河道において、局所的に平水時には表面流量がなく、流量が増すと表面流が出現することが特徴であるが、水面が河床より下に存在する場合と上に存在するときとの流量の関係は大きな違いが見られる。本研究では、礫層河床での流量と水深の関係を調べ、表面流が発生しない場合には礫層を流れる水の抵抗則、発生する場合には従来の Manning の粗度係数について検討を行った。

2. 実験方法および条件

実験に使用した水路は、全長 7m、幅 15cm の可変勾配型循環式水路である。河床構成材料は平均粒径 1.48cm のほぼ均一粒径の礫であり、この礫を下流端より上流に向かい約 6m、厚さ 15cm で敷き詰めた。また、河床勾配は 1/50(Run-A)、1/100(Run-B)および 1/200(Run-C)の 3 通りである。定常流になるように流量制御を行い通水し安定したときの水深を測定するとともに、その時点の流量を下流端で測定した(図-1)。

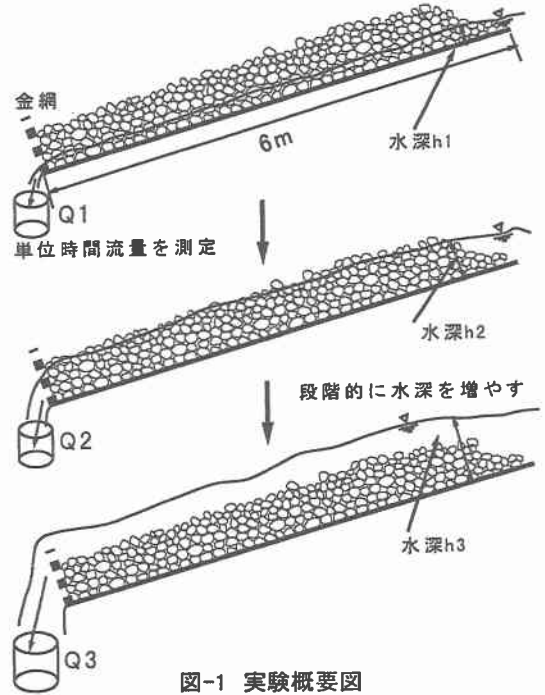


図-1 実験概要図

3. 実験結果および考察

図-2 に実測による流量と水深との関係について示した。図中の実線は河床高を示したものである。河床勾配によらず各 Run と同様に水深とともに流量が増加する。水深が河床高より下面にある場合、水深に対して流量の増加はごく僅かであるが、河床高を越える場合、流量の増加は顕著である。まず、礫層を流れる場合の抵抗則について調べる。

図-3 は Stephenson(1979)¹⁾による水面が礫層河床以下の場合の流速推定式を併示したものであり、 $V = n_p(S_0 g D / K')^{1/2} \dots (1)$, $q_m = V \times d \dots (2)$ で表される。ここに、 V :礫間流速、 n_p :空隙率、 S_0 :水面勾配、 g :重力加速度、 D :平均河床材料粒径、 K' :無次元摩擦係数、 q_m :単位幅当たりの礫間流量、 d :水深である。また、 $K' = K + 800 / R_n$, $R_n = dV / n_p \nu \dots (3)$ であり、 K :係数(=4)、 ν :動粘性係数である。また、図-4 の礫層間における実測流量との比較より、Stephenson による流速推定値との良好な一致を得ることができ、上式(1)から(3)で表される流速推定式が妥当であることが確認できた。なお、この流速推定式からの評価には、水深が場所的に変化するため K' についても各計測地点で補正することによってより精度のよい計算を行っている。次に、

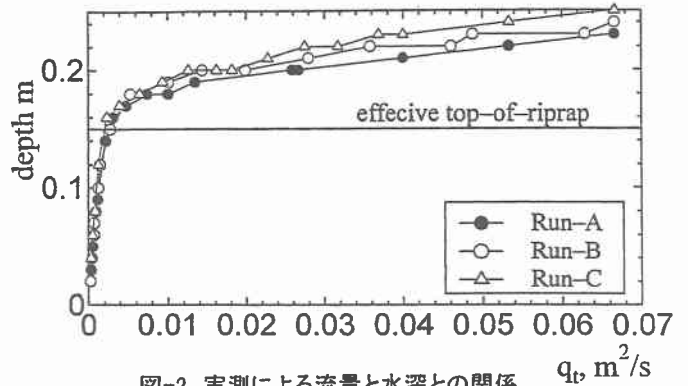


図-2 実測による流量と水深との関係

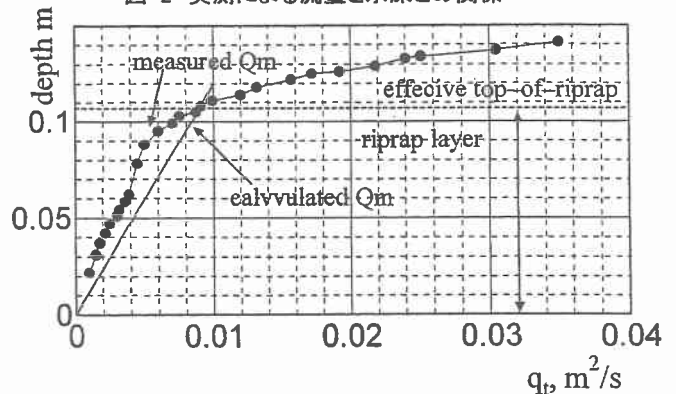


図-3 Stephenson(1979)による流量と水深との関係

図-4 の礫層間における実測流量との比較より、Stephenson による流速推定値との良好な一致を得ることができ、上式(1)から(3)で表される流速推定式が妥当であることが確認できた。なお、この流速推定式からの評価には、水深が場所的に変化するため K' についても各計測地点で補正することによってより精度のよい計算を行っている。次に、

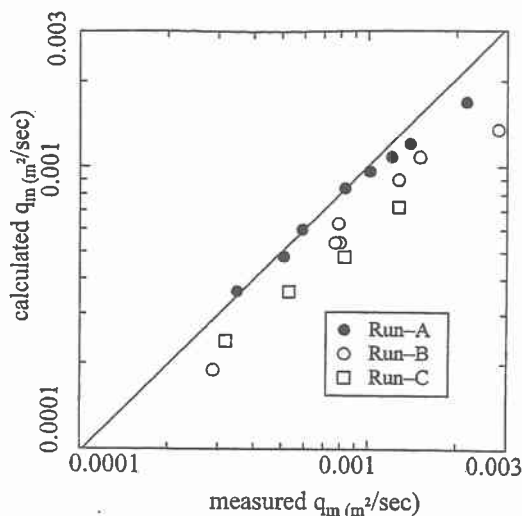


図-4 実測流量と計算流量との比較

表面流が存在する場合の河床表層でのマンニングの粗度係数を検討するために、流量を表面流量と礫層流量の二つに分けて考える(図-5)。礫層内の流量は表面が礫層高と等しい場合の流量で表し一定とする。また、この礫層流量を流量から差し引いたものを表面流量とする。なお、粗度係数 n は、 $n = 1/V \cdot R^{2/3} S^{1/2} = d^{5/3} S_0^{1/2} / q_s \dots (4)$ で与えられる。ここで、 R :径深($\cong d$)、 S :エネルギー勾配、 q_s :表面流に関する単位幅当たりの流量である。これによって評価したマンニングの粗度係数 n の結果が図-6であり河床からの水深に対して示されている。水深が 0.01~0.04cm 程度で低い場合は、河床の粗さを受け粗度係数が大きくなるものの、水深が高くなるにつれて粗度係数は 0.02~0.03 の間に収束する。Ugart and Madrid(1994)²⁾は、従来から得られている実河川のデータを用いて粗度係数を $n = \{0.183 + \ln[1.7462 S_f^{0.1581} / F_d^{0.2631}]\} (D_{84}^{1/6} / g^{1/2}) \dots (5)$ のように表現した。ここで、 F_d :フルード数、 D_{84} :河床材料の 84%粒径、 S_f :摩擦勾配である。図-7 は式(4)で評価したマンニングの粗度係数と式(5)との比較を行ったものであり、式(4)による粗度係数が若干小さめの値を示しているものの両者は比較的相関性があるものと考えられる。

4. おわりに

本研究では、礫層内を流れる場合と表面流が発生する場合とに分け、それぞれの抵抗則について検討した。今後、実河川での流速データも計測することによって詳細な検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) Stephenson, D. (1979) : Rockfull in hydraulic engineering. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 2) Ugarte, A. and Madrid, M. (1994) : Roughness coefficient in mountain rivers, Proc. Hydr. Eng., ASCE, pp.652-656

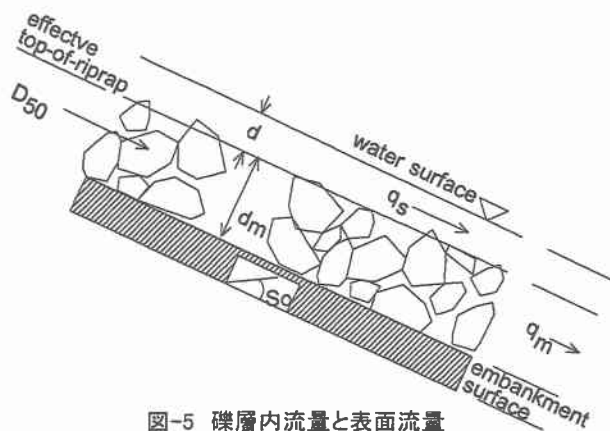


図-5 礫層内流量と表面流量

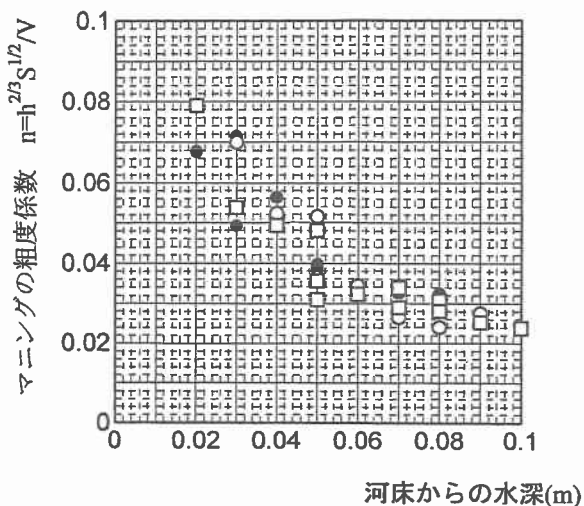


図-6 水深に対するマンニングの粗度係数

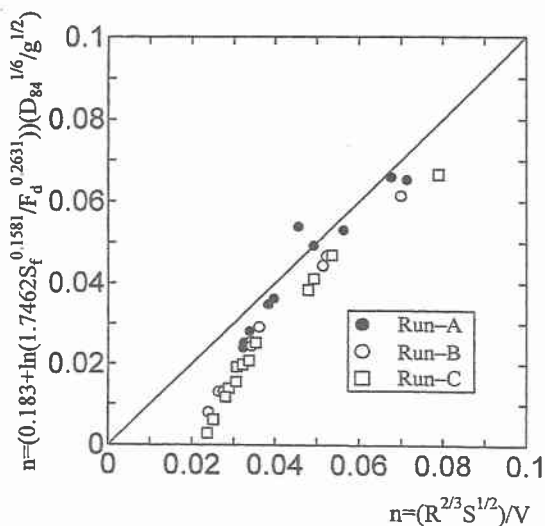


図-7 Ugart and Madrid による粗度係数との比較