

複合配置した棧型粗度の水理特性に関する実験的研究

北海道大学大学院 学生員 石塚 文彦 フェロー 黒木 幹男

1. はじめに

魚類の生息環境の改善するために、多くの河川に魚道が設置されてきたがそのほとんどが幅の狭い水路タイプで、魚が魚道の入り口に集まらないなど様々な問題が考えられる。これらの問題を改善する策の一つとして、全断面に数種の粗度を複合的に設けた全断面魚道を設置することを考えた。

ここでは、実験水路を用いて様々な粗度間隔を組み合わせた模型実験を行った。

2. 実験装置と方法

本実験に用いた水路は、幅 30cm、深さ 30cm、長さ 10m の可変勾配ガラス水路で、その底面上に 1.5 cm×1.5cm 断面の木製の正方形棧粗度を設けた。棧粗度の配置の仕方は図-1に示すように、単一と、複合の場合の 2 パターンであり、流下方向に対して直角に配置した。実験条件は表-1に示した通りで、それぞれを組み合わせ、縦断方向、横断方向に水深・流速を測定した。複合実験は $S/k=10\&\infty$ 、 $10\&40$ 、 $10\&30$ 、 $10\&20$ 、の 4 パターンの棧粗度配置にして同様の測定を行った。

表-1 実験条件

S/k	4, 8, 10, 12, 14, 20, 30, 40, 50 ∞ (粗度なし)
Q	0.002, 0.005, 0.008, (m ³ /s)
I	1/48.4, 1/94.5, 1/173, 1/348

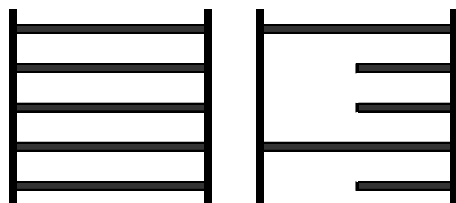


図-1 棧粗度の配置図

(左: 単一配置、右: 複合配置)

3. 実験結果

3-1 棧粗面の抵抗則

本研究では、粗度の状態を M という形で表した式を用いることとする。棧粗度を取り付けない状態での係数 M を M_0 とすると、第 2 項目が粗度の効果を表すと考えられる。

$$\frac{U_m}{U_*} = \frac{1}{k} \ln(M_0 R \cdot \frac{M}{M_0}) = \frac{1}{k} \ln(M_0 R) + \frac{1}{k} \ln(\frac{M}{M_0}) \quad (1)$$

3-2 単一配置の場合の実験結果

図-2 単一実験の平均水深と S/k の関係を表したものである。これより、 S/k が 10 近傍で粗度効果が最も大きくなると考えられる。

また、流量の大きさを 3 種類変えてもその結果に変化は見られなかった。

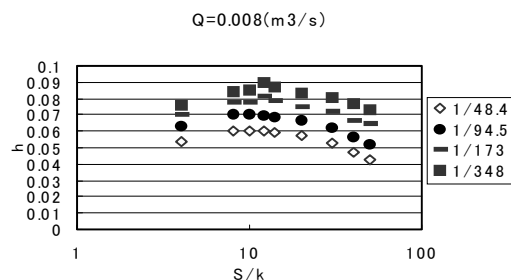


図-2 平均水深と S/k の関係

3-3 複合配置の場合の実験結果

3-3-1 複合粗度の流量配分の理論値

単一実験の結果を用いて複合実験の流量配分を計算予測する。単一実験の平均水深は式(1)と径深と連続式を繰り返し計算することで求まる。この計算を複合粗度の場合にも適用する。 M については次のように考える。水深を 2 領域で等しいと仮定すると連続式は式(2)のようになり、これより平均流速は式(2)の中括弧内が表しており複合粗度での M は $M_1 M_2$ の平方根となる。

キーワード： 単一粗度 複合粗度 魚道

連絡先： 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目

$$Q = \frac{b}{2}h(U_1 + U_2) = bh \left\{ U_* \frac{1}{\kappa} \ln(\sqrt{M_1 M_2} R) \right\} \quad (2)$$

この M を式(1)に適用し前述の様に平均水深(※)を求める。各領域をそれぞれ幅 $b/2$ の単一粗度領域と考え、領域毎に(※)の水深となるときの流量を $Q1$ 、 $Q2$ とする。全流量に対する $S/k=10$ 側の流量 $Q1$ の割合(%)を表-2に示した。また、この時の流速を図-4の実験値とともに、 $Q=0.008(m3/s)$ については太線で、 $Q=0.005(m3/s)$ については細線で示した。

表-2 $S/k=10$ 側への流量配分割合(理論値)

(a) $Q=0.008(m3/s)$

S/k	10&20	10&30	10&40	10& ∞
Q1 割合	46.8	45.8	36.6	12.3

(b) $Q=0.005(m3/s)$

S/k	10&20	10&30	10&40	10& ∞
Q1 割合	46.4	41.6	35.5	16.0

3-3-2複合粗度実験

(1) 粗度効果

図-3は複合実験の平均水深と3-3-1・(2)で求まる(※)の理論水深を示している。

横断方向にデータを検討すると、領域間で水深に著しい相違は見られなかったが、図-4に示したように流速は大きく変化するパターンもあり、2領域に流量が等しく配分されていないことがわかる。

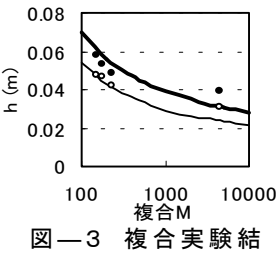


図-3 複合実験結果

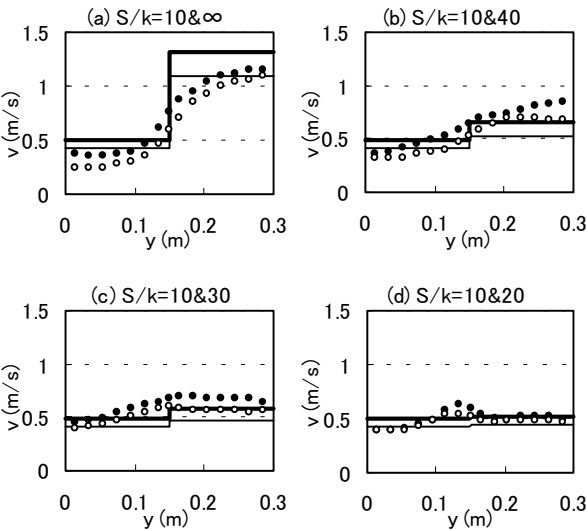


図-4 横断方向の流速分布

(2) 流量配分

以上のデータからそれぞれの実験での流量配分を求め、 $Q1$ の割合(%)を計算した結果を表-3に示した。

表-3 $S/k=10$ 側への流量配分割合(実験値)

(a) $Q=0.008(m3/s)$

S/k	10&20	10&30	10&40	10& ∞
Q1 割合	48.8	44.5	38.9	29.3

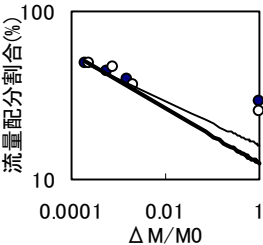
(b) $Q=0.005(m3/s)$

S/k	10&20	10&30	10&40	10& ∞
Q1 割合	48.8	46.0	36.6	25.4

(3) 流量配分の理論値と実験値の比較

図-5は以上のようにして求めた流量配分割合の実測理論比較を2領域間の $\Delta M/M0$ ($= (M/M0)_2 - (M/M0)_1$) との関係で示している。

黒丸、太線は $Q=0.008(m3/s)$ 、白丸、細線は $Q=0.005(m3/s)$ を示している。この図より3.2-(2)で単一粗度実験の結果から



求めた理論値は図-5 流量配分実測理論比較実験値と合致し

ているとは言えない。これは理論値では流速を式(1)で与えていたため図-4に現れているような横断的な流速変化が考慮されていないことが主な原因と考えられる。

3. おわりに

今回の計算では、理論値と実験値との違いが大きい。よって、これからは新たな計算方法について研究する。

参考文献

1) 足立昭平:開水路における棧型人工粗度の実験的研究、京大防災研究所年報、第3号、1959。
2) 磯部龍太郎、丹羽雄一郎、黒木幹男、板倉忠興：開水路における棧型粗度の抵抗特性と魚道への適用に関する研究、土木学会北海道支部論文集、第57号、2001。
3) 山岡 勲：河床上の矩形粗度が水路の抵抗に及ぼす効果の研究、北海道開発局土木試験所報告、第27号、1953。