

棧型粗度を有する魚道の水理特性に関する研究

北海道大学大学院 学 生 員 丹羽 雄一郎
 北海道大学大学院 学 生 員 磯部 龍太郎
 北海道大学大学院 フェロー会員 黒木 幹男
 北海道大学大学院 フェロー会員 板倉 忠興

1. 目的

実在河川に設置された魚道についてその魚道内における流速を調べるために、流量から流速を求めるという方法を用いる。魚道内の流速の大小に影響するものとして粗度工の効果に着目する。実在河川においてその効果を流速、水深、勾配を測定しその結果から求めるのは困難であるため、実験水路を用いての模型実験を行った。流量、勾配は魚道を設計する際に与えられる条件なので、流量と勾配に関しては任意のものを考えておき、それらによる粗度効果への影響を求めることを目的とする。人工粗度の形式は多種多様であるが、最も単純な、流れを横切って一定間隔に棧を並べる棧型粗度を用いた。

2. 実験装置とその方法

本実験には、鋼製ペンキ塗装の幅 30cm、深さ 30cm、長さ 10m の可変勾配ガラス水路を用い、水路床はコンクリートにペンキを塗ったもので、その上に正方形棧粗度を設けた。人工粗度として採用し

た正方形棧粗度は 1.5×1.5cm 断面の木材で、流れに直角に連続にして、等間隔に敷き並べ粗度指数 S/k（棧粗度間隔／粗度高さ）を 8 通りで考えた。測定の際、流量 Q は 3 通りを考え、測定はベンチュリー管に設置されたマンオメーターの水位の計測を行った。勾配 I は 4 通りを考え、計 96 通りの実験を行った。流量、勾配、粗度指数の各条件については左表の各々を組み合わせたものである。水深の基点については足立の研究に基づき補正を行い、実験より得られたデータを整理し検討することとする。平均水深については各実測値の和を計測数で除したものとする。右図は例として、S/k=10、I=1/173、Q=8.0l/s の時の水面形を表したものであり、横軸は上流端からの距離を表している。

流量 Q	2.0		5.0		8.0	
勾配 I	1/48.4		1/94.5		1/348	
S/k	4	8	10	12	14	20
	50	100				

表 各実験条件

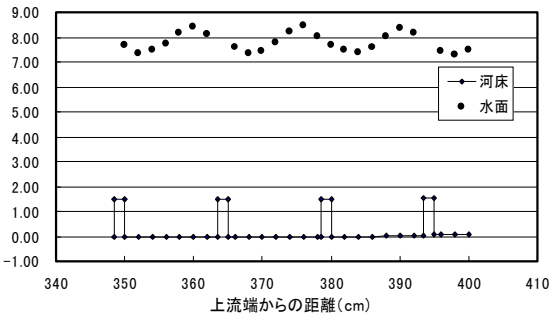


図1 S/k=10 1/200 8.0l/s の水面形
 （単位は縦横軸ともに c m）

3. 実験結果

3－（1）棧粗面の抵抗則

本研究では、実験によって得られた結果は理論平均流速の対数則に従うと考え次式を用いる。

$$\frac{U_m}{U_*} = \frac{1}{\kappa} \ln (M R) \qquad \cdots \cdots (1) \qquad \frac{U_m}{U_*} = \frac{1}{\kappa} \ln (M_0 R) + \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{M}{M_0} \right) \qquad \cdots \cdots (2)$$

（Um：平均流速、U*：摩擦速度、κ：カルマン定数、R：径深）

棧粗度を取り付けない状態での係数 M を Mo とし式（1）を変形したものが式（2）である。式（2）の第 2 項目は粗度の効果を表す。

まず、水路に棧粗度の取り付けられていないときについて考える。

キーワード：魚道 棧型粗度 抵抗則

〒060－8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目北海道大学大学院工学研究科 t e l 0 1 1 7 0 6 6 1 9 0

図3は横軸にR、縦軸に U_m/U^* をとったものであり、これに近似直線を引くと次式のようなる。

$$\frac{U_m}{U^*} = 2.81 \ln(R) + 29.77 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式(1)、(3)より $\kappa = 0.356$ $M_0 \approx 40000$ が求まる。

一般にカルマン係数は $\kappa = 0.4$ であるが、今回の実験ではこの値を用いる。

3-(2) 粗度の効果について

例えば、 $Q=5.0\text{l/s}$ について水深Hと S/k の関係を調べると右図のようになる。この図より、従来行われてきた実験による結果と同様に $S/k=10$ 近傍で粗度効果が最も大きくなることが確認できた。

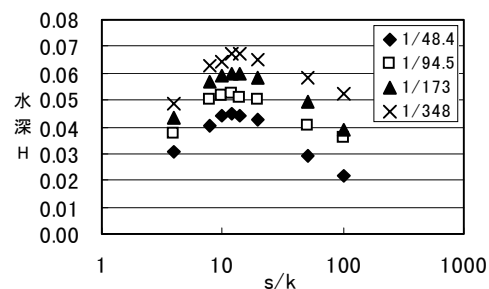


図2 S/k と H ($Q=5.0\text{l/s}$)

3-(3) M/M_0 の評価について

式(2)において粗度の効果を表している M/M_0 について評価する。従来の実験のように $S/k=10$ 近傍で粗度の効果が最も高いので、今回の実験においては $S/k=8 \sim 14$ における値について考える。

図4は R/k に対する実験値をプロットしたものであるが、 $S/k=8 \sim 14$ において違いが見られなかったため、一本の近似直線を引き、式(4)を求めた。

$$M/M_0 = 0.002 \exp(0.0318 R/k) \quad \dots\dots\dots (4)$$

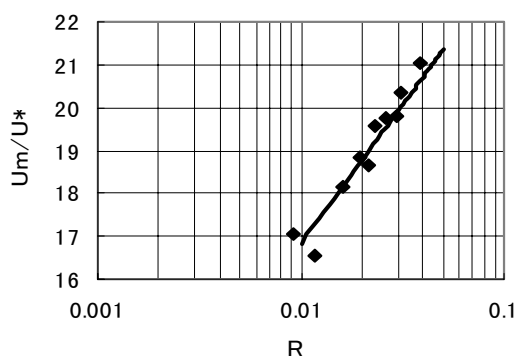


図3 栈粗度のない状態の抵抗則

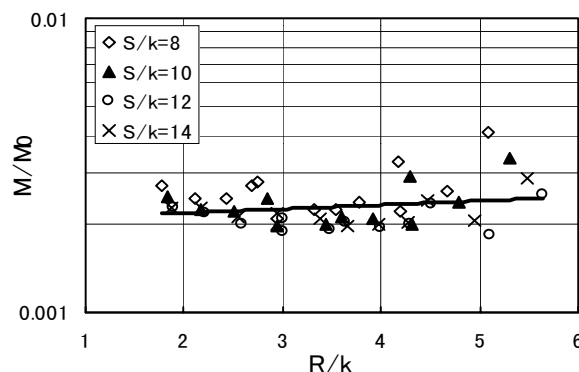


図4 $M/M_0 - R/k$ の実測値

4. 魚道への応用

本研究の結果は、水路タイプの魚道内における栈型粗度の効果への応用が可能であると考えられる。

(1)、(4) 式を用いて、 k について変形すると次式が得られる。 q は単位幅流量である。

$$k = \frac{0.0318 R}{\left\{ \kappa q / h \sqrt{gRI} - \ln(0.002 M_0 R) \right\}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式(5)より、魚道内流量、勾配が与えられれば、目標水深 h をさだめることで、必要な粗度高 k を求めることができる。 S/k は $8 \sim 14$ の範囲で任意であるので、 S は正確には決まらない。

すなわち、魚道を設計するに際して、今回得られた式(5)よりそれぞれの条件での k が決まり、またすでに設置されている魚道についても、その効果を評価することができる。

参考文献

足立 昭平：開水路における栈型人工粗度の実験的研究 京大防災研究所年報 第3号 S34. 12