

(Ⅱ - 66) 粗石水路の水理特性について

建設省土木研究所 正員 ○菅原 崇之
建設省土木研究所 正員 柏井 条介

1. はじめに

本研究で対象とする粗石水路は、コンクリート水路底面に粗石を埋め込んだ形式の水路であり、粗石、即ち人工粗度の設置による流速の低減効果を期待し、魚道として用いられている水路である。

水路は一般には射流勾配であり、また、粗石に対し水深が比較的小さい範囲で用いられることからその水理特性はあまり把握されておらず、魚道としての適用性も必ずしも十分検討されていないのが現状である。

そこで本研究では、粗石を規則的に配置した場合の水理特性について実験により検討を行った。

2. 実験装置及び実験方法

実験に用いた模型の概要を図-1に示す。模型は、全長 $L=10.0\text{m}$ 、幅 $B=0.5\text{m}$ 、勾配 $S=1/10$ の直線水路を用いた。また、水路側面は、流況観察のためガラス板とし、下流端は、下流水位の影響を排除するため自由落下とした。本検討で使用した粗石は実際の魚道での大きさを配慮し、上部の直径 $r_1=2.5\text{cm}$ 、下部の直径 $r_2=10.0\text{cm}$ 、高さ $D=5\text{cm}$ のお椀形状のプラスチック製粗石とし、水路越流部から 700cm まで 15cm 間隔で格子状に配置した。実験は粗石がある場合、無い場合の両者について流量、水面形、流速及び流況を観測した。なお、流速の測定は、プロペラ式流速計により行った。

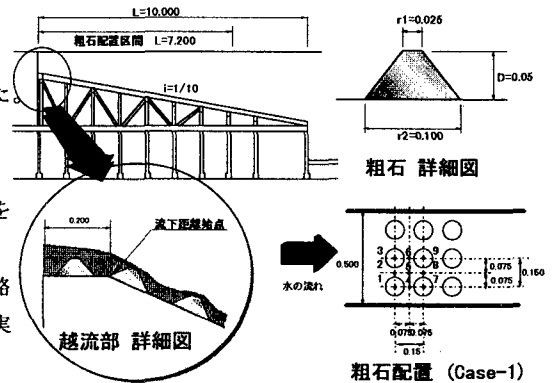


図-1 実験模型の概要

3. 実験結果

3.1 粗石水路の放流特性

越流水深と流量係数($C=Q/\sqrt{2gBho^{1.5}}$, ho :水路底面を基準とした越流水深)の関係を図-2に示す。

粗石有りでは、流積の阻害により無しの場合に対し C が小さいが、その差は、 ho が大きくなるに従い小さくなり、 $ho=15$ では16%程度である。 C 0.20 図中の実線は、 $C=Q/(2g \int ho'^{1.5} dB)$ (ここに ho' :水路底面及び粗石の水平方向の投影面を底面とした場合の越流水深)として求められたのである。粗石無しの場合より全般にやや大きい C を与えるが、その差は、9%程度以下でありこの方法により粗石無しの水路の C により粗石有りの場合の流量のある程度の補正が可能である。

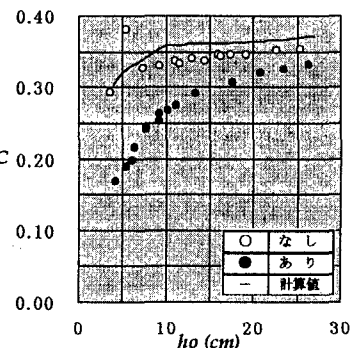


図-2 越流水深と流量係数の関係

3.2 粗石水路の流況、水面形

$ho=5, 10, 15\text{cm}$ の各越流水深の水面形を図-3に示す。 $ho=5.0\text{cm}$ では、粗石を越流せず、粗石間を流下するため、粗石直下の水位は低く流れの集中する粗石間が高くなっている。

これに対し、 $ho=10.0\text{cm}$ 及び $ho=15.0\text{cm}$ では粗石を越流し、粗石部で水面が高くなり、中央部が低くなっている。

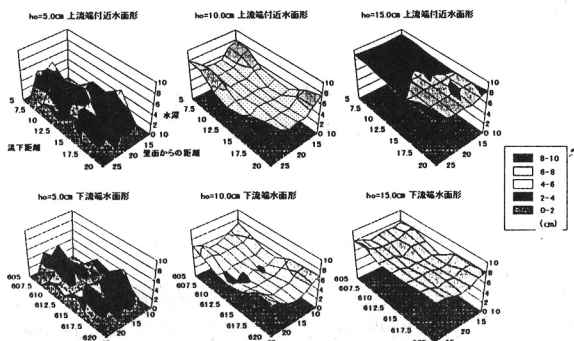


図-3 粗石水路の水水面

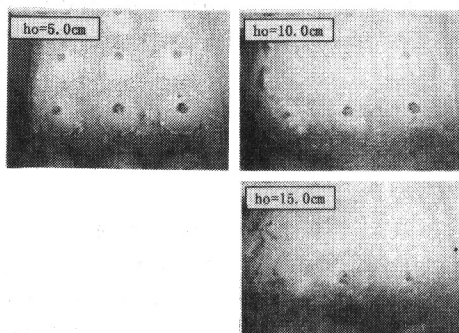


写真-1 粗石水路の流況

図-4に、流下距離 l と粗石間中央（図-1のNo. 5測点）での水深 h の関係を示す。

粗石無しでは水路上流側で水位の低下が大きい、粗石有りではこの低下差が小さく、かつ比較的上流側において h がほぼ一定となり、粗石による減勢効果が見られる。一定となる水深は越流水深のほぼ $1/2 \sim 1/3$ 程度である。

写真-1に下流端付近での流況を示すが、粗石の影響により水面は、かなり波立っている。流れ全体では、縮流を伴う乱れの大きいものとなるとともに、空気の混入も見られた。

3.3 粗石水路の流速

図-5に流下距離と流速 v の関係を示す。流速は、粗石間中央の底面から 1cm の位置でのものであるが、粗石無しでは流下に伴い増加しており、等流状態に達していないこと及び、粗石がある場合には比較的上流部において流速が変わらなくなっていることがわかる。粗石がある場合の流速は、 $h_o = 5, 10, 15\text{cm}$ でそれぞれ $0.7, 1.0, 1.2\text{m/s}$ 程度であり、越流時の平均流速 ($Q/(h_oB)$) に対し、 $3.8, 2.8, 2.3$ 倍程度の値となっている。

例えば、アユの突進速度は 1m/s 強程度といわれており、このような流速が長く続くと遡上には影響がでるものと思われる。一方、流速を小さくするためには h_o を小さくしなければならないが、この時水深がかなり小さくなり、 $1/10$ 勾配の場合、本粗石水路ではアユの遡上には問題があると思われる。

図-6は流下距離とマンニングの粗度係数の関係を示す。 $(\text{m} \cdot \text{sec})$ 単位）但し、 v は平均水深より求めた値を用いている。

本実験の範囲での粗度係数は、粗石無しで 0.01 程度、有りでは $0.03 \sim 0.04$ の範囲であった。

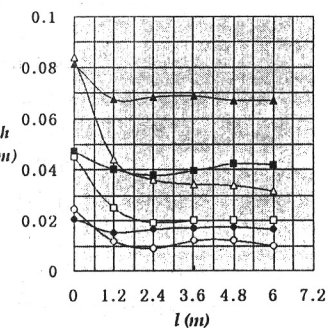


図-4 流下距離と水深の関係

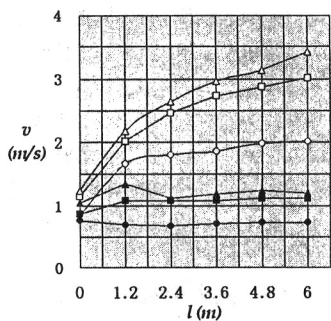


図-5 流下距離と流速の関係

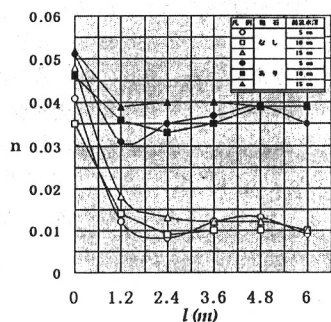


図-6 流下距離と n の関係

4. おわりに

今回行った実験は、1ケースの粗石配置に限るものであり、今後更にデータの蓄積を行い、粗石水路の水理特性を把握し、その魚道への適用性を検討していく必要がある。