

粗石付き斜路式魚道の水理特性

Hydraulic characteristics of inclined canal type fishway with embedded stones

前川勝朗・阿佐美梓・岡野守浩・大久保博

MAEKAWA Katsuro, ASAMI Azusa, OKANO Morihiko, OKUBO Hiroshi

1. はじめに

山形県寒河江市を流れる寒河江川に位置する昭和堰頭首工に設置された魚道（粗石付斜路式）は、河川幅100mに対し、魚道は河川中央付近に22m設置されている。流下方向に床勾配が1/17.57で、魚道横断方向に対し1/63の勾配を有しており、魚道右岸側が左岸側に比べて0.349m低く、小流量時において水寄せがなされる。このような魚道を念頭におき、水理基礎実験を行い、水理特性を調べた。

2. 魚道横断方向が水平な場合

(Aの場合)

1) 実験装置と実験方法

実験は山形大学農学部水理実験施設の鉄製水路（幅76cmの長方形断面）で行った。Fig.1は魚道横断方向に勾配を有する場合の模式図である。ここでは魚道横断方向が同高の場合（Aの場合）

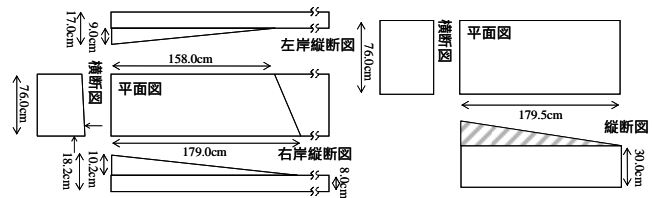


Fig.1 魚道横断方向に勾配を有する場合

Fig.2 Aの場合の実験装置

の実験を示した。Aの場合には、Fig.2の斜線部を入れ替えて堰流下方向の床勾配を1/6.06 ~ 1/32.05の4種類とし、実験流量7.5 ~ 35 /sで行った。

2) 結果 Fig.3は縦軸に $h/H+(I-I_c)$ 、横軸に x/H をプロットしたもので、両者には顕著な相互関係がみられる。ここで、 h ：水深、 x ：堰頂部からの水平距離、 H ： $=1.5h_c$ 、 h_c ：限界水深、 I ：床勾配、 I_c ：限界勾配。Fig.3にはWoodburn J.G.による実験値¹⁾(series DE: $I=1/38.46$)を挿入した。Woodburnの値は論文中の図を拡大して水面の位置を読み取ったもので、Fig.3のように本実験値のライン上に位置していた。開水路定流の基礎方程式²⁾から(1)式が求まり、これより水面変化は $(I-I_c)$ 、 h/h_c のパラメータで表わされる。Fig.3の $\{h/H+(I-I_c)\}$ と x/H の関係は水理的にも説明づけられる。

$$\frac{dh}{dx} = (I-I_c) / \{1 - (h/h_c)^3\} \quad \dots\dots(1)$$

$$Q = KBh^{3/2} \quad \dots\dots(2)$$

水理設計の際、越流係数の値は重要である。越流量を(2)式で表わす。(2)式で、 Q ：越流量、 K ：流量係数、 B ：越流幅、 h ：越流水深（頂部を基準）。 K の関与因子を $(I-I_c)$ と h/h_d (h_d ：堰高)として実験データを統計処理して関係式を求めると(3)式のようなのである。

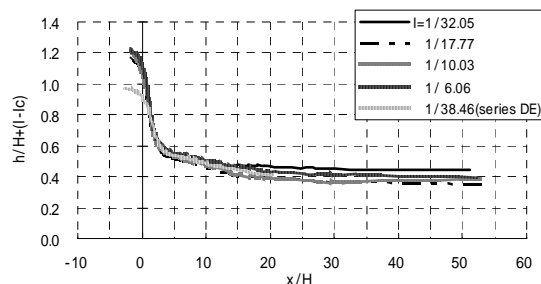


Fig.3 $h/H+(I-I_c)$ と x/H の関係

Fig.4は(3)式によるKの計算値と実験値を比べたもので、両者の値はおよそ一致する。

$$K = 2.193 \left(\frac{h}{hd} \right)^{0.0664} (I - Ic)^{0.100} \quad \dots\dots(3)$$

3. 魚道横断方向に勾配を有する場合 (Bの場合)

1) 実験装置 Bの場合の実験装置はFig.1のようである。横断勾配 (It) が1/63.33でI=1/17.57の場合とIt=1/30.40でI=1/18.73の場合の2パターンである。

2) 結果 水面形の例をFig.5に示した。越流後に一部水位が高くなっているところが見られる。20cmあたりから徐々に左岸側へ偏流していた。

Bの場合における越流水深 (計算値) を次のように求めた。三角堰の越流式を適用すると、

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{8}{15} C \tan \theta \sqrt{2g} \{ h^{5/2} - (h-z)^{5/2} \} \quad \dots\dots(4)$$

ここで、z: 魚道頂部横断方向の両端の高低差、: Fig.1参照、g: 重力の加速度。Cは(5)式で表わされる。

$$C = 3K / (2\sqrt{2g}) \quad \dots\dots(5)$$

(3)式において、hd, I, Icを与件とすると、K=f(h)となり (f: 関数の意)、(5)式からC=f(h)となる。(4)式においても、Qを与件とすると、Q=f(h)となり、実験流量等を与件としてhを試算し、実測のhと比べると両者の値はほぼ一致していた。

4. 粗石付の実験

1) 実験装置 斜路床勾配は1/17.57で魚道横断方向の水路床は同高で、水路床上にTable 1のような粗石模型を取り付けた。粗石模型は2種類である。

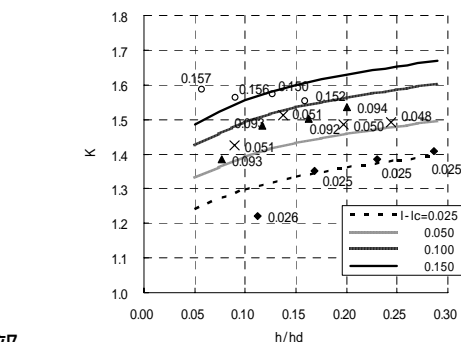


Fig.4 流量係数 K の比較

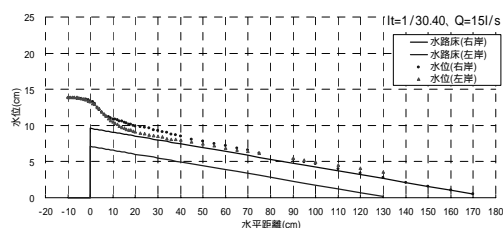


Fig.5 水面形の例

Table 1 粗石模型の寸法 (単位: cm)

タイプ	短径 S	長径 L	粗石高 Sh	S/4の点 長径 高さ	L/4の点 短径 高さ
M1	4.5	6.0	4.0	2.7 3.7	2.9 3.8
M2	4.0	5.5	1.9	3.1 1.8	1.8 1.7

実験は最前列の粗石位置を堰頂からの距離が5.3cm, 同10.6cm, 同21.2cmの3通りとし、また流量を5通りに変えて行った。粗石模型は1列に6個取付け、流下方向に対して、9列取付けた。取付けは千鳥配置で、横断方向では粗石模型の中心間の距離は10.8cm, 流下方向の中心間の距離は10.6cmである。ここでは、流下方向に長径をあてた。

2) 結果 (2)式のKについて、(I-Ic)の指数は0.100とし、粗石模型の投影面積等の関係³⁾を用いて(6)式の実験式を求めた。なお、粗石模型上に流水がある場合を対象とした。

$$K = 1.677 \left(\frac{h}{hd} \right)^{-0.1257} \left(\frac{As1}{L0 \cdot L1} + \frac{As2}{L1 \cdot L2} \right)^{-0.1379} (I - Ic)^{0.100} \quad \dots\dots(6)$$

As1: 流下方向への1列目の粗石模型1個の投影面積, As2: 流下方向への2列目の粗石模型1個の投影面積, L0: 堰頂から最前列の粗石模型までの距離, L1: 粗石模型の横断方向の間隔, L2: 粗石模型の流下方向の間隔。Fig.6は、横軸に実測値を、縦軸に(2), (6)式でhを未知数として求めた値をプロットしたもので、両者の値はおよそ一致した。

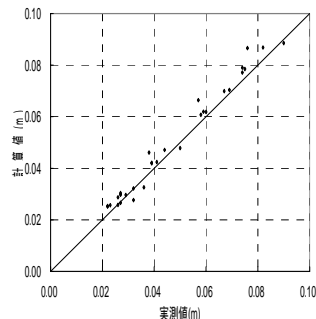


Fig.6 越流水深の比較

引用文献 1) Woodburn J.G. (1930): Tests of broad-crested weirs, Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol.96, pp.387-408 2) 荒木正夫, 椿東一郎 (1962): 水理学演習 下巻, 森北出版, pp.1-7 3) 松下玄 (1988): 急勾配水路の大型粗度群の水理特性, 農業土木学会論文集(135), pp.115-117