

堰横断方向に勾配を有する広頂堰の水理基礎実験

山形大学大学院 学生会員 ○阿佐美梓
山形大学農学部 正会員 前川勝朗
山形大学農学部 正会員 大久保博

I. はじめに

堰などの河川横断工作物には魚の遡上・降下のために魚道を設置する場合が多くなってきた。魚道の施工例は多いが、魚道内の流況が判然としないものもある。魚道タイプの一つに粗石付魚道がある。一般に粗石付魚道は「粗石付斜曲面式」であり、堰横断方向に勾配が変化しており(Fig.1 左)、自然石を埋め込んだものである。平水時では横断方向に緩急の流速が実現し、魚の遡上がよいとされる。ところで、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粗石付魚道は、Fig.1 右のように横断方向に勾配が一定で、魚道流入部(越流部)堰頂が河川横断方向に対し $1/63$ の勾配を有している。本研究では今後の魚道設計などでの参考に資するため、水理基礎実験を行った。

II. 実験装置

実験は山形大学農学部水理実験棟の鉄製水路(幅 0.76m)で行った。昭和堰頭首工の粗石付魚道と同様の勾配(堰頂の横断方向の勾配が $1/63$ 、上下流方向の勾配が $1/17.57$)で、粗石を取り付けず模型を製作し、水路内にセットした。堰の長さは左岸側 158.1cm、右岸側 179.7cm、堰の高さは左岸側 9.0cm、右岸側 10.2cm である。比較実験として、堰頂部の横断面が水平の実験を行った。実験流量は 7.5、15、25、35(l/s)程度の 4 つとした。

III. 流況について

1. 水面形状: Fig.2は堰頂部の横断面が水平な場合(以下、Aの場合)、Fig.3は堰頂部が横断方向に勾配を有する場合(以下、Bの場合)の h/H と x/H の関係である。ここで、 h :水深、 $H=1.5h_c$ 、 h_c :限界水深、 x :堰頂部からの水平距離である。Fig.2のように h/H と x/H の関係はおおよそ一義的である。

Fig.3のように、Bの場合には左岸側では下流側で水深はほぼ一定となるが、一方右岸側では h/H の値は順次小さくなっていった。これは右岸側から左岸側に向かう流れベクトルの影響が関係しているものと思われる。

2. 水深: Fig.4はAの場合とBの場合の水深を比較したものである。越流部ではAの場合とBの場合の左岸側(水深の深い方)の水深がほぼ

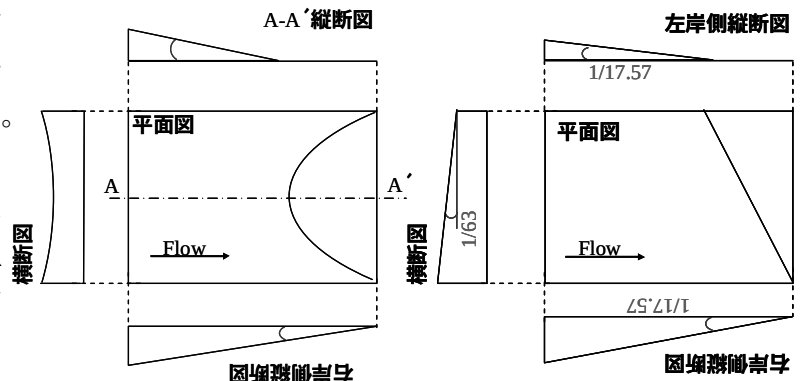


Fig.1 模式図(左: 斜曲面式魚道、右: 昭和堰頭首工の粗石付魚道)

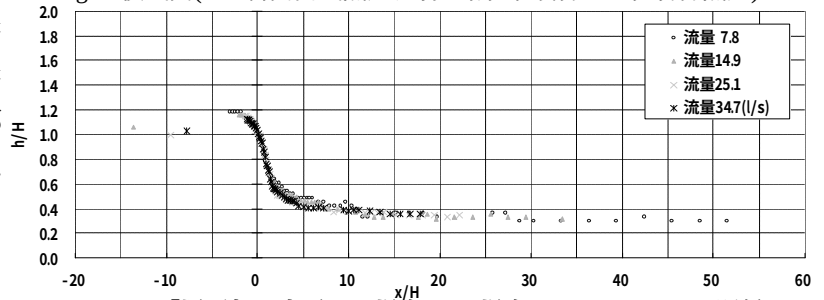


Fig.2 「堰頂部が水平」な場合(Aの場合)の h/H と x/H の関係

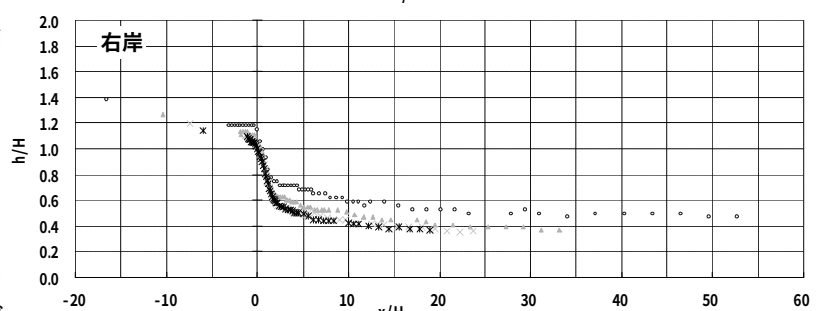
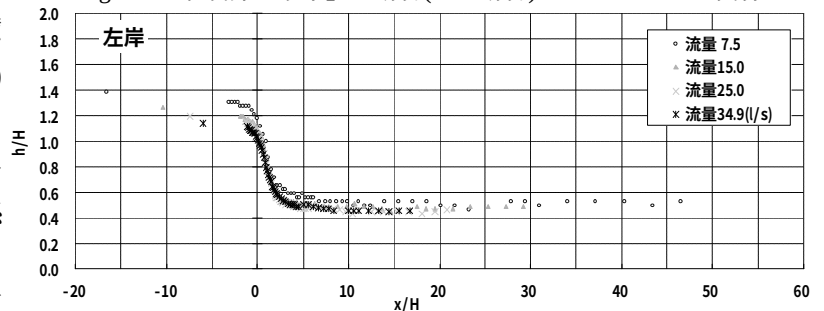


Fig.3 「堰頂部に勾配をもつ」場合(Bの場合)の h/H と x/H の関係

同じであるが、下流にいくに伴い、Aの場合の水深はBの場合の左右岸の水深を平均した程度の値となった。

3. 跳水：下流水深を水路末端に設置された可動堰によって変化させ、堰上に跳水を発生させた。跳水の発生はa:下流可動堰を一定にして流量を変化させた場合、b:流量を一定にして下流可動堰高を変化させた場合等で実験を行った。下流水深が比較的高い場合のa、bでは、左右岸で跳水の発生位置は顕著には変わらなかった。まれな一例を写真1に示した。写真1のように、右岸側では衝撃波的な流れ(波状)であり、左岸側に比べ跳水発生位置が若干上流側であった。

IV. 流量係数

水理公式集¹⁾によると、広頂堰の流量係数は堰の形状ごとに異なるとしている。Fig.5 は横軸に h/L (h :越流水深、 L :堰長)、縦軸に流量係数 C ((1)式)をプロットしたものである。 h/L が大になるに従い、 C は大となる傾向である。A の場合の実験値を●で示した。A の場合での値と B の場合

$$C = \frac{Q}{BH^{3/2}}$$

…(1)式

$$k = \frac{Q}{Bm\sqrt{2gE^{3/2}}}$$

…(2)式

の越流水深の平均値での値は1.4 前後ではほぼ同じ値であった。

ここで、 Q :流量(m^3/s)、 B :幅(m)、 H :越流水深(m)、 $m=0.34$ 、 E :全水頭(m)。Fig.6 は縦軸に(2)式²⁾の k 、横軸に h_2/E (h_2 :下流水深)を示したものである。なお、このデータは流量を一定(14.9l/s)にし、下流水深を変化させた場合のものである。(2)式の k は完全越流のとき $k=1$

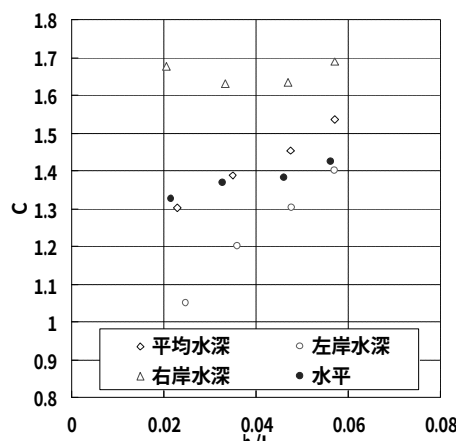


Fig.5 C と h/L の関係

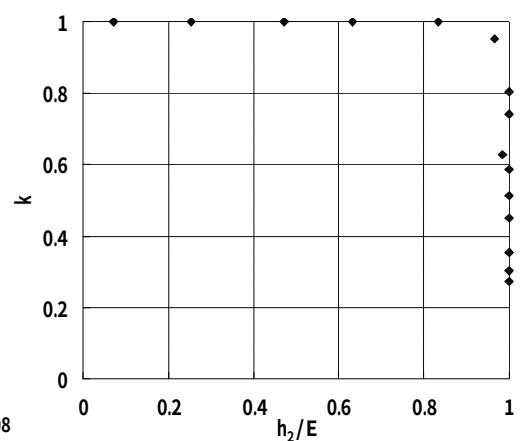


Fig.6 k と h_2/E の関係

である。広頂堰の特徴は他の堰形状に比べ、 k に対する h_2/E の立ち上がりが急である特徴がみられる²⁾。本実験結果も同様に立ち上がりは急であった。

V. むすび

本実験では堰頂部が横断方向に水平の場合と勾配を有する場合を対象にして、水面形状、跳水の発生位置等を概観した。堰上を流下する流水の断面形状は横断方向に水面がほぼ水平で台形状になり、右岸側の水深が順次低くなることが分かった。また、左右岸の跳水発生の仕方等に違いもみられ、右岸側(標高が高い方)から左岸側に向かう流れのベクトルが生じていると思われた。

今後は流速分布の測定、また、広頂堰の流下方向の水路床勾配を変化させるなどの実験を行う予定である。

引用文献

1)水理公式集 昭和38年増補改訂版(1963), 土木学会, pp.173-186

2)本間仁, 安芸皎一(1962): 物部水理学, pp.232-237

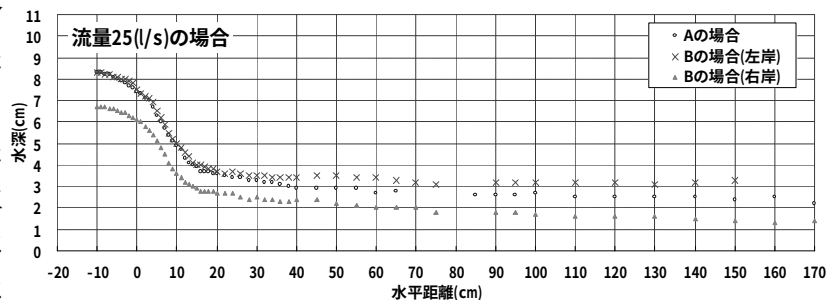


Fig.4 堰頂部が「水平の場合」と「勾配がある場合」の水深の比較

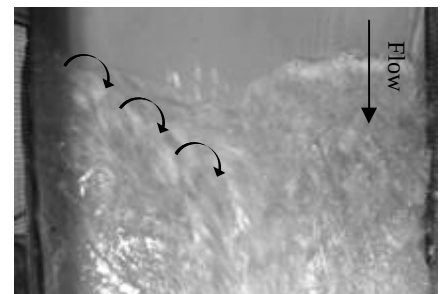


写真1 跳水発生状況
(流量 14.85l/s 下流水位 9.1cm)