

# 堰流下方向に勾配を有する広頂堰の水理特性

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

## 1. はじめに

堰などの河川横断工作物には魚の遡上・降下のために様々なタイプの魚道が設置されている。魚道タイプの一つの粗石付魚道(河川全幅型)は一般に、自然石を埋め込んだもので堰横断方向に勾配が変化している<sup>1)</sup>。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、山形県寒河江市に位置する昭和堰頭首工に設置された粗石付魚道は、河川幅 100m に対し河川中央付近に 22m 設置されている。Fig.1 のように流下方向に勾配が一定で、魚道横断方向に対し 1/63 の勾配(左右岸の高低差 0.349m)を有しており、水寄せ機能を有している。このような構造の事例は少ないようである<sup>2)</sup>が、今後の施工例は増えると予想される。本研究では粗石を除いた形状を、魚道機能を有した広頂堰と呼ぶこととする。基本的な形状として横断方向が水平な広頂堰の水理基礎実験と流況の解析を行い、今後の魚道設計などでの参考に資することを目的とした。

## 2. 堰横断方向が水平な場合(Aの場合)の実験

(1)実験装置 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。堰流下方向の勾配(以下、床勾配: $I$ )を4種類入れ替え、実験流量7.5, 15, 25, 35l/sとした。

(2)勾配などに関する因子 Fig.3は実験による水深( $h$ )と堰頂部からの水平距離( $x$ )をそれぞれ $H(H=1.5hc$ 、 $hc$

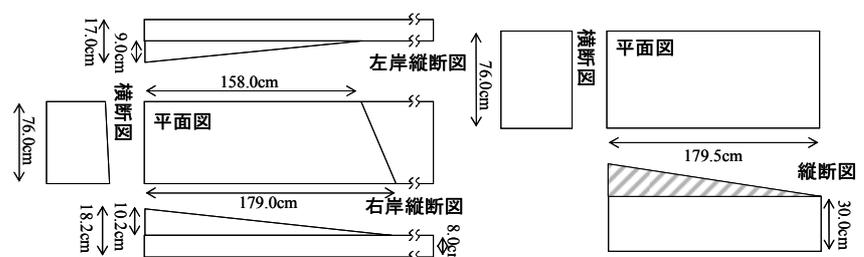


Fig.1 堰横断方向に勾配を有する広頂堰

Fig.2 Aの場合の実験装置

は限界水深)で割った値を示したものである。さらに、本実験と同様の実験を行ったWoodburn<sup>3)</sup>の実験値(seriesDD: $I=1/250$ , seriesDE: $I=1/38.46$ )を示した。Woodburnの値は論文中の図(縦約2.5cm×横約4.5cm)を縦約13cm×横約22cmに拡大し、読み取った値を用いた。Fig.3によると、 $h/H$ と $x/H$ は顕著な相互関係がみられ、各床勾配の実験ごとにおよそ1つのラインで表される。また、 $h/H$ と $x/H$ の関係は床勾配によって異なり、床勾配が急になるに伴って $h/H$ の値は小さくなる傾向がある。次に、床勾配に関するパラメータを検討する。A.FathyとMahmound Shaarawi Amin<sup>4)</sup>は段落ちの流れについて限界勾配( $I_c$ )と $I$ で整理している。落ち口付近で限界水深が生じるので、エネルギー勾配を限界勾配で代用させている。これを本実験の流れに応用する。Fig.4は縦軸に $h/H+(I-I_c)$ をプロットした。床勾配の緩いseriesDDを除くと、横軸の $x/H$ とは顕著な相互関係がみられる。対象としている流れの関与因子と思われる $I-I_c$ については、開水路定流の基礎方程式<sup>5)</sup>からA.Fathyら<sup>4)</sup>が示した(1)式が求まり、(1)式より水面変化は $I-I_c$ 、 $h/hc$ のパラメータで表現できることが分かる。

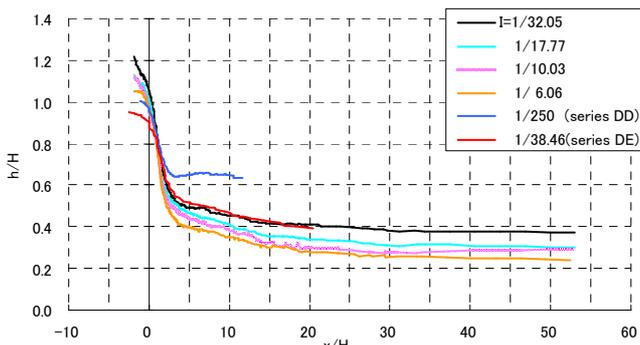


Fig.3  $h/H$  と  $x/H$  の関係

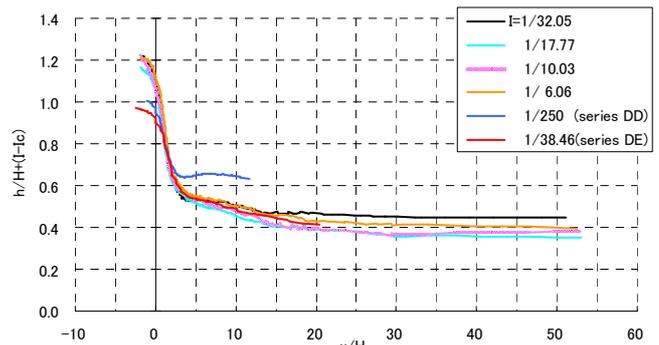


Fig.4  $h/H+(I-I_c)$  と  $x/H$  の関係

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

(3)流量係数 水理設計の際、越流係数(K)の値は重要である。流量係数を  $Q = KBH^{3/2}$  で表し、K値の関与因子を  $I-I_c$  と  $h/h_d$  ( $h$ :越流水深,  $h_d$ :堰高)とすると、実測値のKは(2)式で求められた。Fig.5は(2)式での計算値と実測値を比べたもので、両者はおよそ一致する。

$$K = 2.193 \left(\frac{h}{h_d}\right)^{0.0664} (I - I_c)^{0.1005} \dots\dots(2)$$

### 3. 堰横断方向に勾配を有する場合(Bの場合)の実験

(1)実験装置 Bの場合の実験装置はFig.1のような形状である。横断勾配( $I_t$ )が  $1/63.33$  で  $I=1/17.57$  の場合と  $I_t=1/30.40$  で  $I=1/18.73$  の場合の2パターンである。実験流量は7.5, 15, 25, 35l/sである。

(2)観察結果 水面形状は左右岸で比較すると、越流部では水面はほぼ等高となっており、その後の水位は右岸側が左岸側に比べて一時高くなってから漸次水位が小さくなるという傾向がみられた(Fig.6)。また、流向は全体的に左岸側へ偏流する様子が観察された。

(3)Aの場合の結果の応用 ここでは、Aの場合に求めた流量係数Kの実験式をBの場合に応用する。Bの場合の越流式を(3)式のように表す。ここで、

$$C = \frac{3}{2\sqrt{2g}} K$$

である。(3)式に実験流量を与えて越流水深(計算値)を求め、実測の越流水深と比較したものがFig.7である。両者の値はほぼ一致した。

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{8}{15} C \tan \theta \sqrt{2g} \{h^{5/2} - (h-z)^{5/2}\} \dots\dots(3)$$

次に左右岸実測水深を元に単位幅流量(左右岸各1cm)を求め、無次元化を試みた。結果をFig.8に示す。  $x/H=5$  程度まではAの場合とおよそ一致しているが、  $x/H>5$  以降は値がばらつく。

### 4. むすびに

本研究では魚道機能を有する広頂堰の模型実験を行い、流況特性を調べた。その結果、流下方向での急変流の諸詳細を把握することができた。特に、堰越流部において実験式を得ることができた。これを用いて、堰横断方向に勾配を有する広頂堰の水深等の推定が可能であった。

### 引用文献

1) 中村俊六(1995):魚のすみよい川づくり 魚道のはなし 魚道設計のためのガイドライン, 山海堂, pp.72-77, 2) 水理公式集 昭和38年増補改訂版(1963), 土木学会, pp.173-186, 3) Woodburn.J.G(1930)

:Tests of broad-crested weirs, Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol.96, pp.387-408, 4) A.Fathy and Mahmoud Shaarawi Amin (1955):Discussion of "HYDRAULICS OF THE FREE OVERFALL", Proc. ASCE, Sep. No. 719, pp.17-28, 5) 荒木正夫, 椿東一郎(1962):水理学演習 下巻, 森北出版, pp.1-7

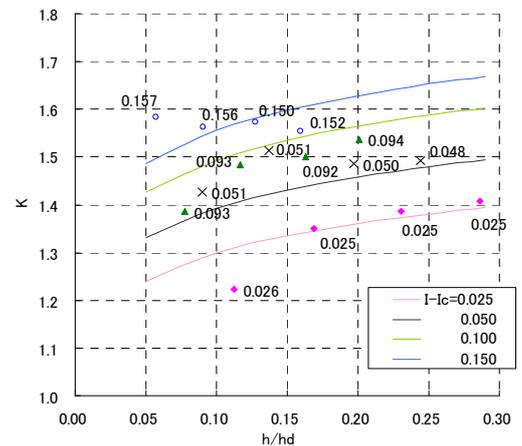


Fig.5 計算値と実測値の比較

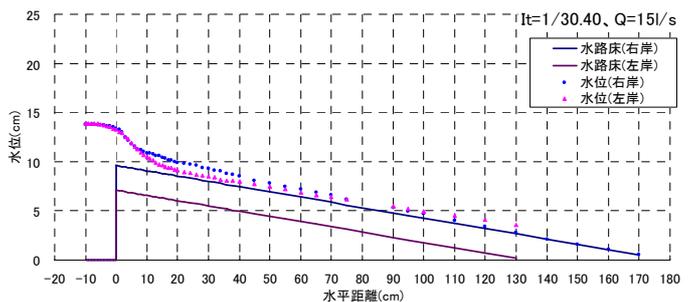


Fig.6 水面形状 ( $I_t=1/30.40$ ,  $Q=15l/s$ )

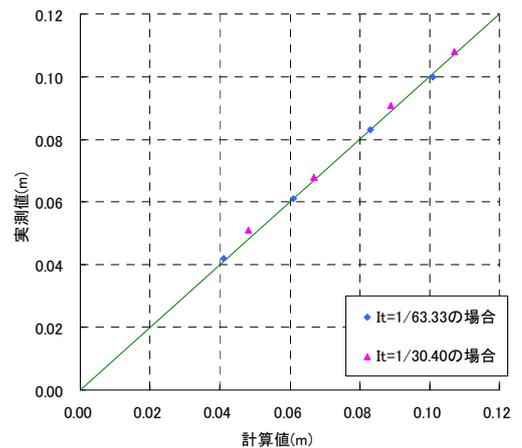


Fig.7 越流水深の検討

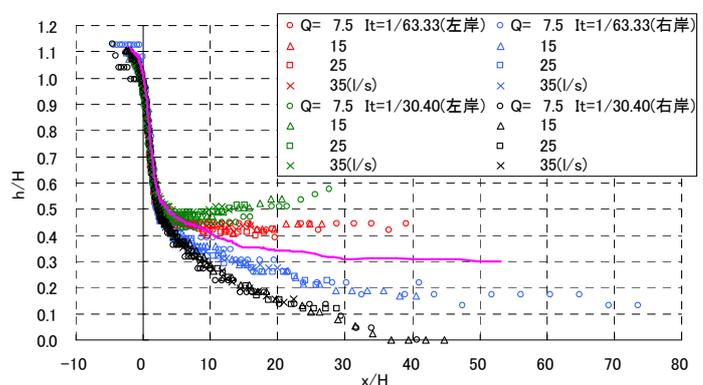


Fig.8 単位幅流量での無次元化