

Ogee 堰水理の刃形堰との対比に着目した検討

(株) 建設技術研究所 正会員 ○多田羅謙治

山口大学 フェロー 羽田野袈裟義、正会員 李洪源、非会員 泉卓樹

1. 結論

堰を有する河川の水利計算では不等流計算と堰水利を組合せるが、現地の堰に多い Ogee 堰の水利については、洪水時に問題となる潜り越流に関する既往の検討が不十分で全く手つかずの状態である。

本研究では、Ogee 堰の水位と流量の関係を、刃形堰の普遍的関係との対比の形で分析する。

2. 運動量の定理に基づく刃形堰の水利検討の結果

著者らは運動量の定理に基づいて堰水利¹⁾を検討しており、刃形堰については、完全越流と潜り越流の両方で普遍的な関係を与えた。具体的には、

刃形堰の完全越流：越流水深／堰高比 h/h_d と限界水深／堰高比 h_c/h_d の間に堰高によらない次の一義的な関係が確かめられている。

$$h_c/h_d = \alpha(h/h_d)^2 + \beta(h/h_d) \quad (1)$$

ここで、 $\alpha=0.0552, \beta=0.6981$ である。これは流量評価に用いる。逆に流量から越流水深を求める場合には式(1)を h/h_d に関する 2 次方程式として解いた次式を用いる。

$$\frac{h}{h_d} = \frac{-\beta + \sqrt{\beta^2 + 4\alpha(h_c/h_d)}}{2} \quad (2)$$

刃形堰の潜り越流： h_1 と h_2 を堰頂基準の堰上流水位と堰下流水位、 h を完全越流の越流水深として、

$$h_1/h = A(h_2/h_c)^2 + B(h_2/h_c) + C \quad (3)$$

ここで、 A, B, C は h_2/h_c の範囲に応じて次の値

- ① $0 \leq h_2/h_c \leq 1.5$; $A=0.135, B=0.047, C=1.0$
- ② $1.5 \leq h_2/h_c \leq 2.5$; $A=0.131, B=0.006, C=1.072$
- ③ $2.5 \leq h_2/h_c \leq 5.5$; $A=0.014, B=0.542, C=0.460$

が与えられている。

式(1) (または(2)) と(3)は堰高 0.3m 以上、越流水

流水深 0.03m 以上の刃形堰の Schoder & Turner の全実験データに対してほぼ普遍的に成り立つもので、堰水利検討の基準となると考えて良いであろう。

本研究では式(1)~(3)を普遍的な関係とみなしてこれらを基準にして Ogee 堰のデータを解析する。

3. Ogee 堰の実験データの解析

データ解析は堰高が 3 ケース、堰上流面が鉛直と勾配 1/2 の傾斜の両ケースに対して、流量と下流水位を系統的に変えて行われた Glen Cox²⁾ の実験データを用いて行った。実験に用いた Ogee 堰の諸元は、堰高を h_d 、堰頂部の曲率半径を R として、次のようである：

A: $h_d=1.24\text{ft}$, $R=0.3938\text{ft}$; B: $h_d=2.13\text{ft}$, $R=0.3938\text{ft}$
C: $h_d=6.211\text{ft}$, $R=0.4437\text{ft}$

(1) 完全越流

$h_c/h_d \sim h/h_d$ の関係： 図 1 は堰上流面が鉛直の結果を示す。図から明らかなようにこの関係は刃形堰の場合の関係と同様で右上がりの曲線である。また、同一の h/h_d に対して堰が高いほど同一の h/h_d に対して大きい h_c/h_d を与えることが認められる。ただこの図では堰上流面が 1/2 勾配の場合との差異が認識されにくい。

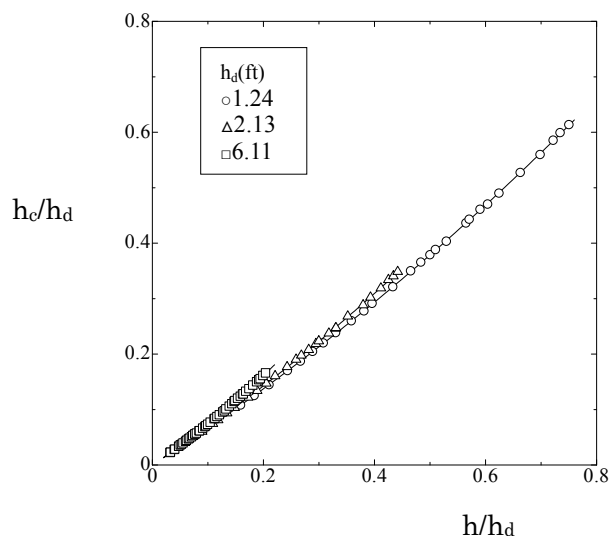


図 1 $h_c/h_d \sim h/h_d$ の関係 (上流面鉛直)

キーワード Ogee 堰、越流水深／堰高比、限界水深／堰高比、刃形堰との関係

連絡先 〒541-0045 大阪市中央区道修町 1-6-7 (株)建設技術研究所 大阪本社 水工部 TEL 06-6206-5594

$h_c/h_d \sim h/h_d$ の関係の刃形堰との比較: $h_c/h_d \sim h/h_d$ の関係では堰による違いが明瞭でないため Ogee 堰の h_c/h_d の実験値 $(h_c/h_d)_O$ を同一の h/h_d に対して刃形堰がとると想定される値 $(h_c/h_d)_S$ で割った値を図 2 に示す。

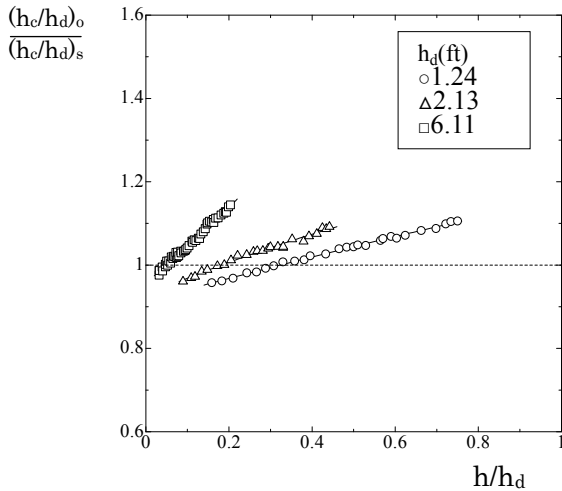


図 2 $(h_c/h_d)_O / (h_c/h_d)_S$ と h/h_d の関係

図によると、両者の関係はほぼ直線近似が可能で、Ogee 堰は h/h_d が小さい範囲では刃形堰に比べて流量が小さいが、 h/h_d が大きい範囲では刃形堰に比べて流量が大きい。また、図は示さないが、同一の h/h_d では上流面が鉛直の堰では 1/2 傾斜の堰より流量が大きい。

$Y = h_c/h_d$, $X = h/h_d$; $F(X) = Y_O/Y_S$ と置いて定式化した結果は

$$F(X) = aX + b \quad (4)$$

となり上流面が鉛直の場合の係数は、

$$A. a=0.2472, b=X+0.9197 \quad ; B. a=0.3465, b=0.9363$$

$$C. a=0.9188, b=0.9537$$

次に、越流水深の評価の必要性から図 2 と逆に、Ogee 堰の h/h_d の実験値 $(h/h_d)_O$ を同一の h_c/h_d に対して刃形堰で想定される値 $(h/h_d)_S$ で割った値を図 3 に示す。

$Y = h_c/h_d$, $X = h/h_d$; $G(Y) = X_O/X_S$ と置き定式化した結果は、

$$G(Y) = cY + d \quad (5)$$

であり、上流面が鉛直の場合について示すと、

$$A. c = -0.2593, d = 1.0620 \quad ; B. c = -0.3961, d = 1.0522$$

$$B. c = -0.9763, d = 1.0321$$

上で得た式(4)と(5)の中の定数の値は特定の堰のものであり、今後の系統的な調査により式中の係数の堰形状や水理量による変化傾向を確認し、定式化する。

(2) 潜り越流

刃形堰で得られた式(3)の関係をヒントに $h_1/h \sim h_2/h_c$ の関係を GlenCox の Ogee 堰のデータで調べた。図 4 はその結果、そして図 5 は刃形堰との対比を h_c/R の範囲

に区分して示す。図では描点が h_c/R の値により系統的に分かれて分布しており定式化が期待される。

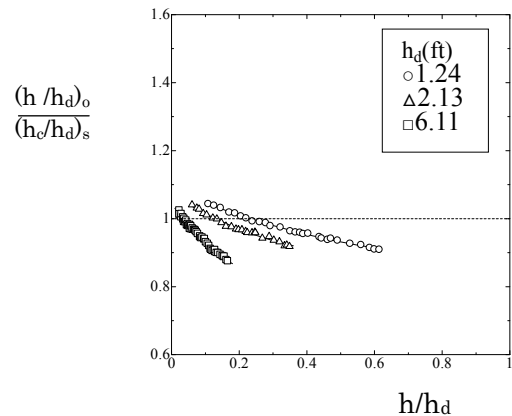


図 3 $(h/h_d)_O / (h_c/h_d)_S$ と h_c/h_d の関係

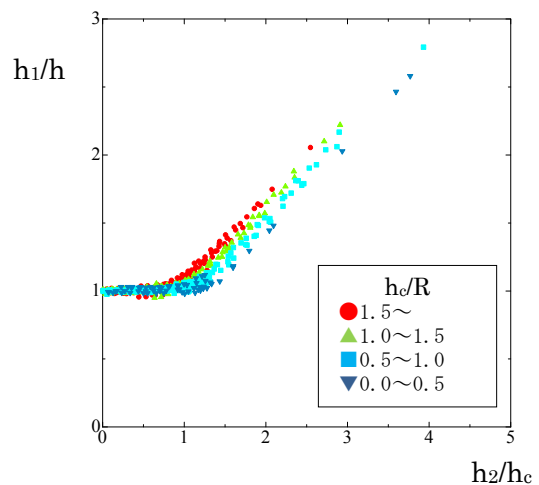


図 4 h_1/h と h_2/h_c の関係

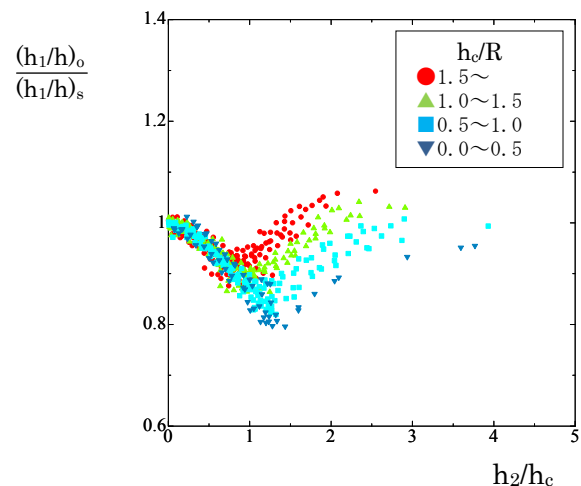


図 5 h_1/h と h_2/h_c の関係の刃形堰との対比

4. 結語

以上、Ogee 堰の実験データを刃形堰水理との関連を調べた。今後は広範囲のデータにより定式化をめざす。

参考文献: 1) 羽田野・多田羅: 土木学会論文集, 2014.

2) Glen N.Cox: Bull., University of Wisconsin, 1928.