

広頂堰の流量公式の再検討

山口大学 学生会員 ○芹川 知寛 フェロー会員 羽田野袈裟義
 建設技術研究所 正会員 多田羅謙治
 佐賀大学 正会員 Pallav Koirala

1. 結論

堰を有する河川の水利計算では堰地点で堰水利を用いて水位の境界条件を与える。洪水時には頻りに潜り堰状態となるが、完全越流は潜り越流の基本となる。従来の広頂堰の流量公式¹⁾は堰高 15cm (本間式) あるいは堰高 30cm 程度 (Govinda Rao らの式) の低い堰で、しかも 17.5cm (堰高の 2/3) 以下の限界水深で得られており、このような条件の実験結果を現実の洪水時の流れに適用することに疑問が残る。

本研究では、広頂堰に関する Govinda Rao らの実験データ²⁾に加え堰高と限界水深の範囲が広い Bazin の実験データ³⁾を、運動量の定理が示唆する無次元パラメータにより整理し、従来公式の課題を検討した。

2. 従来の広頂堰公式について

Govinda Rao らは、流量 Q 、越流水深 h 、越流幅 B として堰高 30cm 程度の実験結果から次の流量係数 C

$$C = Q / (Bh^{3/2}) = C \cdot B \cdot h^{3/2} \quad (1)$$

を $m \cdot s$ 単位で図-1 のように整理し、実験式を与えた。

Govinda Rao の公式の適用範囲は、堰厚を L 、堰高を h_d として、 $0 < h/L \leq 2$ 、 $0 < h/h_d \leq 1$ とされている。図-2 は

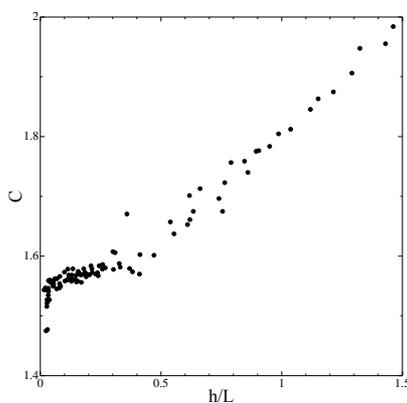


図-1 Govinda Rao の公式の図

Govinda Rao らの公式を彼らの実験データに加え、適用範囲外の Bazin の実験データに適用した結果を示す。図より、Govinda Rao らの公式は彼らの実験の範囲： $0 < h/L \leq 3.0$ 、 $h/L \leq 2$ では程よい一致を示すが、それ以外の範囲では誤差が大きく $h/L \geq 2$ の部分では形状比による系統的な誤差があり、広範囲の条件への適用には改善の余地があるとみるべきであろう。

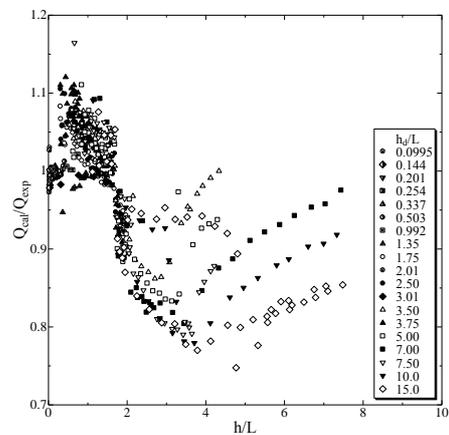


図-2 Govinda Rao の式の適用結果

3. 運動量の定理による無次元パラメータ導出

ここで運動量の定理に基づき、広頂堰上の完全越流について、堰高、水位、流量の間の関係に關与する無次元パラメータの導出を試みる。水の密度 ρ 、重力加速度 g 、単位幅流量 q の慣用記号を用いて、図-3 の断面①と②の間の流水を検査体積とし、堰頂上に限界流 (水深 h_c) が生じるとして、水流方向の運動量の定理を適用すると、式(2)が得られる。

$$\rho \left(\frac{q^2}{h_c} - \frac{q^2}{h_d + h} \right) = \frac{1}{2} \rho g (h_d + h)^2 - F_D - f \frac{1}{2} \rho \left(\frac{q}{h_c} \right)^2 L \quad (2)$$

ここで、 F_D : 単位幅の堰の流水抵抗、 f : 堰頂面での摩擦応力の係数である。流体力係数 K_D を用いて

キーワード 広頂堰, 運動量の定理, 堰水利

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL0836-85-9353

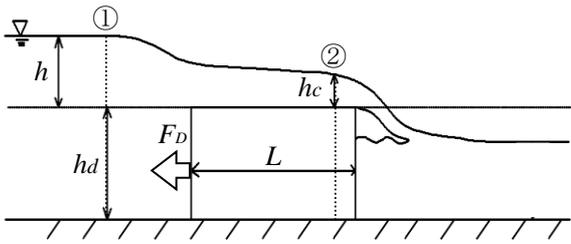


図-3 広頂堰を越える流れの模式図

$F_D = K_D \cdot 1/2 \cdot \rho g h_d^2$ と置くと、式(2)は次のようになる。

$$K_D = -\frac{2h_c^2}{h_d^2} + \frac{2h_c^3}{h_d^3} \frac{1}{(1+h/h_d)} + (1+h/h_d)^2 + \frac{h_c}{h_d} f \frac{L}{h_d} \quad (3)$$

式(3)より、広頂堰上の完全越流の問題では、 h_d , L , h , h_c の間の関係が重要であることがわかる。

4.流量評価式の検討

データの検討は Govinda Rao らおよび Bazin の論文の実験データを用いて行う。完全越流のデータを取扱うが、著者らが提示している $h_c/h_d \sim h/h_d$ の関係を刃形堰との比較で検討した。図4 はこの関係を Schoder & Turner⁴⁾のデータで示す。この関係は $x = h/h_d$, $y_s = h_c/h_d$ として次式で近似される。

$$y_s = 0.0552x^2 + 0.6981x \quad (4)$$

5.検討結果

図-5 は Govinda Rao ら及び Bazin の広頂堰の実験の h_c/h_d の値 y_B と式(4)で与えられる刃形堰の想定値 y_s との比をとり $y_B/y_s \sim h/h_d$ の関係を示したものである。図より、 y_B/y_s の値は堰の形状比 h_d/L により 1 との大小関係が異なり、 $h_d/L < 1.5$ では y_B/y_s は 1 より小さく、 $h_d/L > 1.5$ では $y_B/y_s > 1$ となる h/h_d の値の範囲が存在し、 $y_B/y_s \sim h/h_d$ の関係が形状比 h_d/L により系統的に変化する。この原因を分析する。 $h_d/L < 1.5$ の領域では堰頂上の摩擦抵抗の効果が大きい。そのため同一の越流水深では刃形堰に比べて流量が小さい。一方、 $h_d/L > 1.5$ の領域では刃形堰の流れに近くなるが、堰頂平坦部が水流を導く役割を果たし、このため、刃形堰に比べて流量が大きくなる h/h_d の範囲が存在する。したが

って、形状比の効果を無視して、 h/L の増加と共に流量係数が単調増加して刃形堰の値に近づくとする Govinda Rao らの公式は修正されるべきである。

6.結語

以上、完全越流の広頂堰の水理を運動量の定理の示唆に基づいて検討した。そして、 $h_c/h_d \sim h/h_d$ の関係を刃形堰と比較し、Govinda Rao らの公式の矛盾を指摘した。今後は図-5の関係のを定式化することが必要である。

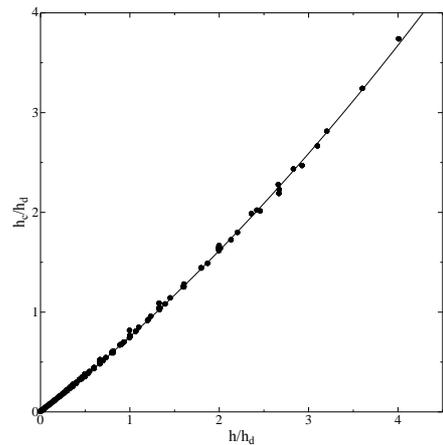


図-4 刃形堰の $h_c/h_d \sim h/h_d$ の関係

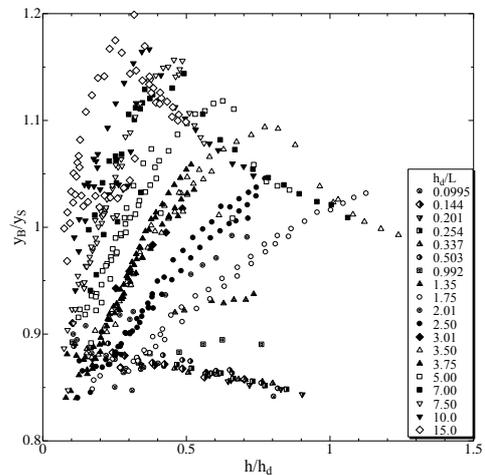


図-5 $y_B/y_s \sim h/h_d$ の関係

参考文献

- 1)土木学会編：水理公式集,昭和46年版,1971.
- 2)Govinda Rao ら：LaHouille Blanche,No.5,Aout,p.537,1963.
- 3)Bazin H.E.:Memoires et documents,Ser.6.Vol.16,1888.
- 4)Schoder & Turner: Transaction of ASCE, 1929.