

運動量の定理に基づく広頂堰の水理検討

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理計算では堰地点で堰水理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。従来の広頂堰の堰公式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、Govinda Raoら²⁾の実験データに加え広範囲の堰高と限界水深の条件で行われたBazin³⁾の実験データを、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、新たな流量評価の定式化を試みた。

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。

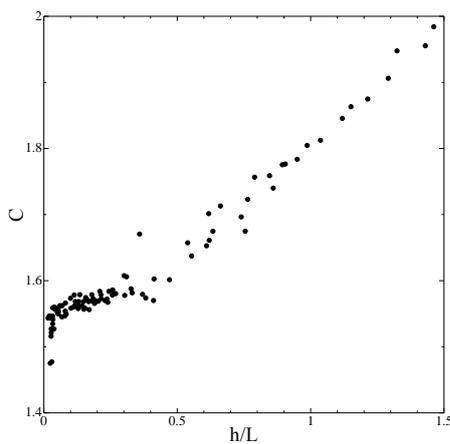


図-1 Govinda Rao の公式の図

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： $h_d/L \leq 3.0$ 、 $0 < h/L \leq 2$ では程よい一致を示すが、それ以外の条件では誤差が目立ち、特に $h/L \geq 2$ の部分では堰高/堰厚比による系統的な誤差が認められ、広範囲の条件への適用には修正が必要である。

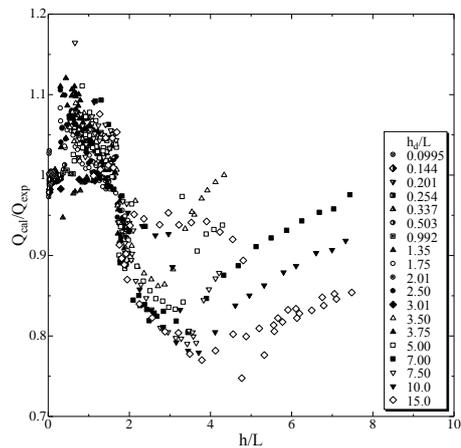


図-2 Govinda Rao の適用結果

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、流量の間の関係に関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。

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

キーワード 広頂堰, 運動量の定理, 堰水理

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

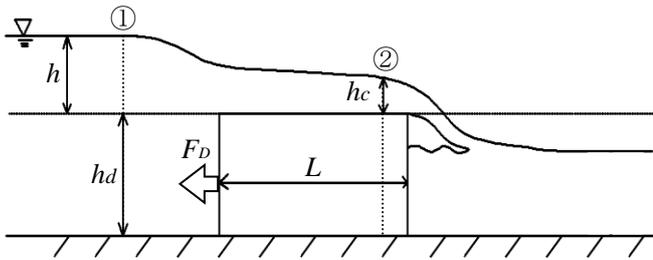


図-3 広頂堰を越える流れの模式図

ここで、 F_D は流れに直角方向の単位長さ当たりの堰の流水抵抗、 f は堰頂面での摩擦応力の係数である。流体力係数 K_D を導入して $F_D=K_D \cdot 1/2 \cdot \rho g h_d^2$ と置くと、

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

ここで、 $h_c=(q^2/g)^{1/3}$ は限界水深である。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 らの実験及び広範囲の条件で系統的に行われた Bazin の論文の実験データを用いて行う。前述のパラメータを用い、流量評価式は、 $h_c=(q^2/g)^{1/3}$ を分子にした無次元量を従属変数とする。そして $h_c/h \sim h/h_d$ 、 $h_c/h \sim h/L$ ； $h_c/h_d \sim h/h_d$ 、 $h_c/h_d \sim h/L$ の4通りの図の中で最適な組を定式化する。

5.検討結果

上の4通りについて堰のアスペクト比(h_d/L)毎にデータをまとめた。その中で図-4の $h_c/h_d \sim h/L$ の関係が最も系統的かつ明確な変化を示した。第一段階として、原点を通る直線でこの関係を近似した。図-5は直線の傾き A と堰の形状比 h_d/L の関係を示す。両者の関係は図中の単純な式で表現される。ゆえに、

$$h_c/h_d = 0.683(h_d/L)^{-0.944} \times (h/L) \quad (4)$$

図-6は上式の関係から流量公式を導き、Govinda Rao らおよび Bazin の実験に適用した結果である。結果は図-2に比べて誤差が大きいが、図4のデータの系統性と回帰式の単純さ、図-5の系統性を考えると、方針の妥当性が示唆される。

6.結語

以上、完全越流の広頂堰の水利を運動量の定理の示唆に基づいて検討した。その結果、図-4に示す $h_c/h_d \sim h/L$ の関係が系統的に得られた。また第一段階として式(4)の関係を導いた。今後は図-4の定式化をさらに工夫する必要がある。

参考文献

- 1)土木学会編：水力公式集,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.

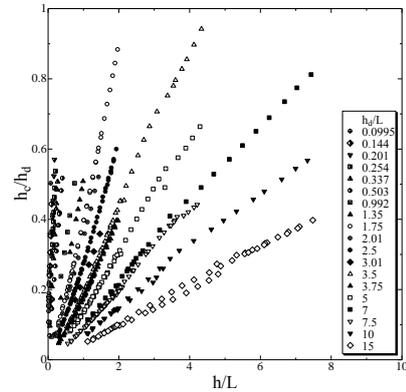


図-4 $h_c/h_d \sim h/L$ の関係

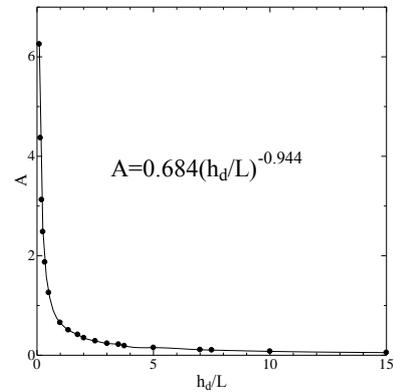


図-5 $h_c/h_d \sim h/L$ の近似直線の傾き

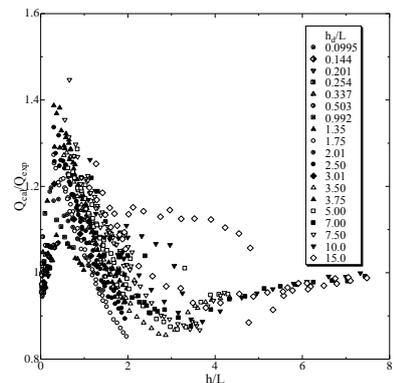


図-6 本提案の式の適応結果