土木学会第53回年次学術講演会（平成10年10月）

II－209

無次元パラメータに着目した潜りogee堰の上流水位評価法

山口大学工学部　正員　羽田野 袈裟義　　山口大学大学院 ○ 今川　崇
建設技術研究所　正員　多田羅　謙治　　若築建設(株)　　衣笠　泰広

1.緒言

日本の河川には治水上の問題となる取水用の堰が多く設置されている。洪水時の水面形計算では不等流計算と堰水理を組み合わせるが、従来の堰水理は潜り堰の研究が十分とはいい難い。特に取水堰として多く採用されている ogee 堰については、潜り堰状態の水位と流量の間の関係を求める公式が与えられておらず、河川計画の大きな障害となっている。

本研究では刃形堰についての最近の研究 [1] にならい、潜り ogee 堰について水位と流量の間の関係を支配する無次元パラメータに着目し、それらの関数関係を定式化することにより堰上流水位を算定する方法を試みる。

2. 流量と水位の関係に関する無次元量

堰の上・下流の断面に運動量の定理を適用し、水位と流量の関係を支配するパラメータを検討する。堰高を h_d、堰頂を基準として上流水位を h_1、同じく下流水位を h_2、単位幅流量を q、堰による単位幅当たりの抵抗を F_D とすると、運動量の流下方向成分の式は、次のようである。

$$\rho q^2 \left(\frac{1}{h_d+h_2}-\frac{1}{h_d+h_1}\right) = \frac{1}{2}\rho g(h_d+h_1)^2-\frac{1}{2}\rho g(h_d+h_2)^2-F_D \qquad (1)$$

ここで無次元係数 K_p を用いて、F_D を式(2)のようにおくと、K_p は、$Z=h_2/h_1$ を用いて、式(3)のように与えられる。

$$F_D = Kp\cdot\frac{1}{2}\rho g h_d{}^2 \qquad (2)$$

$$Kp = \frac{h_1}{h_d}(1-Z)\cdot J \qquad (3)$$

$$J = 2+\frac{h1}{h_d}(1+Z)-2\left(\frac{h_c}{h_d}\right)^3\cdot\frac{1}{(1+Z\cdot h_1/h_d)(1+h_1/h_d)}$$

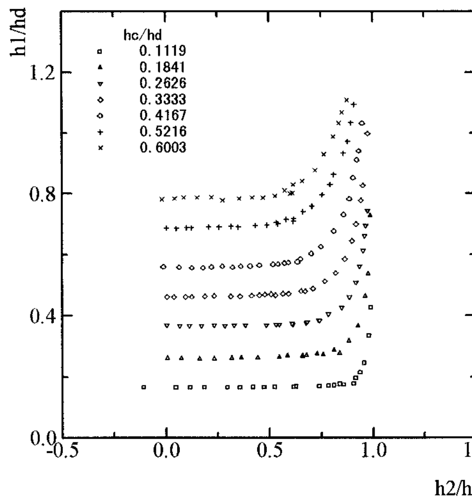

図-1　無次元パラメータの関係

表-1　実験条件

	堰高(m)	曲率半径(m)	hc/hd
No.25	0.377	0.361	0.112～0.601
No.26	0.649	0.361	0.064～0.349
No.27	1.862	0.415	0.024～0.165
No.33	0.377	0.361	0.112～0.607
No.34	0.649	0.361	0.066～0.352
No.35	1.862	0.415	0.021～0.166

ここで $hc=\sqrt[3]{q^2/g}$ は限界水深である。このように、抵抗の係数 K_p は 3 つのパラメータ h_c/h_d、h_2/h_1 および h_1/h_d により表現される。図-1 はこの関係について Glen Cox の実験データ(No.25)を用い表した 1 例である。表-1 に実験条件を示す。異なる堰高で得た図-1 を重ねると、h_1/h_d と h_2/h_1 の関係は堰高によらず h_c/h_d のみによって決定されることがわかる。

以上のより、上記の 3 つの無次元パラメータのうち、独立なものは 2 つで残り 1 つは従属であることがわかる。

ｷｰﾜｰﾄﾞ：ogee 堰、完全越流、潜り堰、無次元量
連絡先：〒775－8611　山口県宇部市常盤台 2557　TEL 0836-35-9442　FAX 0836-35-9429

3.上流水位算定式の定式化

完全越流では、h_2/h_1 は意味を持たず、図-1 の関係が h_1/h_d と h_c/h_d の 1 対の対応関係となる。このことに着目し、完全越流の上流水位算定式を検討する。Glen Cox の完全越流における ogee 堰実験データを用い、2 つの無次元量 h/h_d(完全越流においては h_1=h)と h_c/h_d の相互関係を $X=h_c/h_d$、$Y=h/h_d$ として最小自乗法により 2 次曲線近似した。

次に、潜り ogee 堰の上流水位算定式の定式化を検討する。前述の 3 つの無次元量の関係より、上流水位を算定する式の定式化を検討したところ、困難であったため、無次元量の組み合わせの変更を検討した。上記３つの無次元量のうち h_1/h_d と h_2/h_1 は次のように変換される。

$$\frac{h_1}{h_d}=\frac{h_1}{h}\cdot\frac{h}{h_d}=\frac{h_1}{h}f_1(h_c/h_d) \tag{4}$$

$$\frac{h_2}{h_1}=\frac{h_2}{h_c}\cdot\frac{h_c}{h_d}\cdot\frac{h_d}{h}\cdot\frac{h}{h_1}=\frac{h_2}{h_c}\cdot\frac{h}{h_1}f_2(h_c/h_d) \tag{5}$$

以上により上記 3 つの無次元量の組み合わせは、h_1/h、h_2/h_c、h_c/h_d、または h_1/h、h_2/h_1、h_c/h_d の組み合わせに変換される。これら 2 つの組み合わせについて Glen Cox の実験データを用い検討を行った。その結果 h_1/h、h_2/h_c、h_c/h_d の組み合わせの方がデータの縦軸方向の散乱が小さく、h_1/h を定式化するのに適切であると判断される。図-2 は h_1/h、h_2/h_c、h_c/h_d の組み合わせの関係を示したものである。この図で、$Y=h_1/h$、$X=h_2/h_c$ とし領域区分し最小自乗法により 1 次近似し、次式を得た。

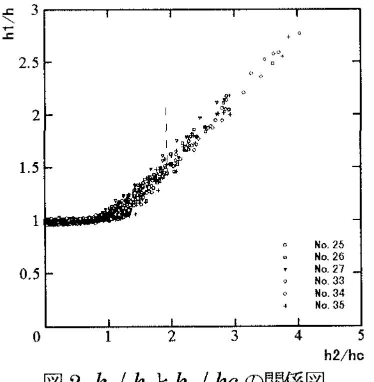

図-2 h_1/h と h_2/hc の関係図

$$Y=1.0 \qquad (X<1.27)$$

$$Y=0.545X+0.409 \qquad (X\geqq 1.27) \tag{6}$$

式(6)と完全越流 ogee 堰の流量公式を組み合わせることにより、潜り ogee 堰の上流水位を算定することが可能となる。

4. 適合性の検討

式(6)の適合性を検討するため、Glen Cox の実験データについて上流水位の計算を行った。Glen Cox の実験データは設計水頭が与えられているため、完全越流の式として岩崎の式[2]を用いた。図-3 は以上により得られる上流水位の計算値 h_{1cal} と実験値 h_{1exp} の比を h_2/h_c に対して描点したものである。図において、h_2/h_d<0.8 のとき誤差が大きくなっている。図-2 では、この範囲においてのデータの散乱は±5%以下であるので、この誤差の第 1 の原因は、完全越流の流量公式によるものと考えられる。

4. 結語

以上 ogee 堰について、潜り状態では完全越流に比べ堰上流水位がどのように上昇するかを既往データを用い検討し、無次元パラメータの関係として定式化を試みた。得られた式と完全越流の流量公式を組み合わせることにより、流量と下流水位から上流水位を簡単に算出することができる。その結果は許容できる適合性を示した。

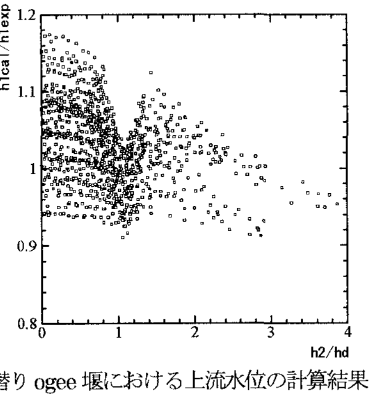

図-3 潜り ogee 堰における上流水位の計算結果

【参考文献】1) 羽田野ら：無次元パラメータに着目した刃形堰の一考察（第 3 報），第 52 回土木学会年講概要集 pp232～233、1997 2) 土木学会編：水理公式集、pp291～292