

II-305

堰の抵抗に関する研究

山口大学工学部 正員 羽田野袈裟義
建設技術研究所 正員 〇吉崎 恭隆
建設省 正員 瀬戸口 忠臣
岡山県 岸野 嵩行

1. はじめに

堰水理についてはこれまで流量係数を中心に数多くの研究がなされており、多くの有用な知見が得られている。しかしながら、堰に作用する流水抵抗についてはあまり検討されていない。この問題は、たとえば橋脚に流木がひっかかってせき止めた時の作用力の見積もりなどで重要である。本研究は、刃形堰と0gee堰についてのGlen Cox¹⁾の実験データを用いて堰に作用する流体力の評価を試みたものである。

2. 流体力の評価式

堰の上流と下流の河床は水平であるとする。堰高を h_d 、堰頂からはかった上流水深を h_1 、下流水深を h_2 とする。単位幅流量を q 、堰に作用する単位幅あたりの力を F_D とし、堰上流と下流の水面高さ測定位置での圧力が静水圧であると仮定する。このとき、運動量補正係数を1として2断面に運動量の定理を適用すると、

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

ここで、係数 K_P を用いて F_D を次式: $F_D = K_P \cdot 1/2 \rho g h_d^2$ (2)

でとくと、 K_P は次のように表現される。

$$K_P = \left[\left(1 + \frac{h_1}{h_d} \right)^2 - \left(1 + \frac{h_2}{h_d} \right)^2 \right] - \frac{2q^2}{g h_d^3} \left[\frac{1}{1 + h_2/h_d} - \frac{1}{1 + h_1/h_d} \right] \quad (3)$$

上式において $q^2/g h_d^3 = (h_c/h_d)^3$; (h_c は限界水深)であるから、上式は K_P を3つのパラメータ h_c/h_d 、 h_2/h_1 および h_1/h_d により表現していることになる。

3. 実験データによる検討

Glen Coxの実験データを用いて検討する。Glen Coxの実験は堰高0.35m~1.8mで変化させて刃型堰と0gee堰(上流面が鉛直と傾斜)の3タイプについて行われている。まずパラメータ h_c/h_d 、 h_2/h_1 および h_1/h_d の関係を調べた。なお、Glen Coxの実験は特定の堰に対して、流量をコントロールした状態で下流水深を種々変化させて行われている。そこで、 h_c/h_d と h_2/h_1 による h_1/h_d の変化を調べた。図-1はその結果の一例を示したものである。図より、同一の h_c/h_d に対するプロットは一本の線上に乗っている。図中同一の記号のデータに多少のばらつきが見られるが、これは実験時の流量制御が完全でなかったことによるものである。このように、3つのパラメータのうち独立なものは2つで残りひとつは従属量である。これはたとえば、堰高、上流水深、下流水深を与えたら流量が決まるのと同じ事情

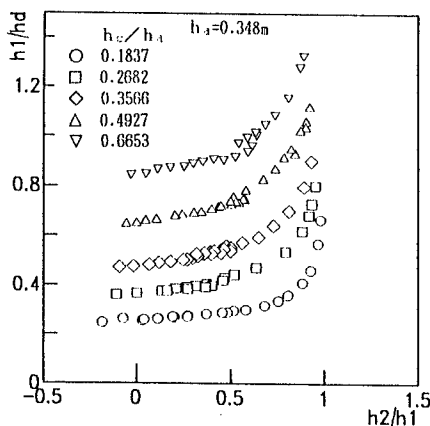


図-1 h_1/h_d と h_2/h_1 の関係

である。

次に、 h_c/h_d と h_2/h_1 による K_P の変化を調べた。その結果の一例を示したのが図-2である。図より、 K_P はいずれの h_c/h_d でも h_2/h_1 の増加により単調減少し、また h_c/h_d が大きいほど大きな値を示す。図のプロットは、 $h_2/h_1=1$ で $K_P=0$ となる2次曲線で近似できるようである。そこで、次式

$$1 - h_2/h_1 = AK_P^2 \quad (4)$$

とおき、各堰につき h_c/h_d ごとに最小自乗法により A を求めた。図-3は、 A と h_c/h_d の関係を示したものである。両者は、両対数紙上で堰タイプによらずほぼ同一の直線上にプロットされる。両対数紙上の切片を B 、傾きを C とすれば、 K_P は次式で表現される。

$$K_P = \left[\frac{1 - h_2/h_1}{e^B (h_c/h_d)^C} \right]^{1/2} \quad (5)$$

Glen Cox のデータに平均的な値は、 $B=-2.159$ 、 $C=-2.054$ である。

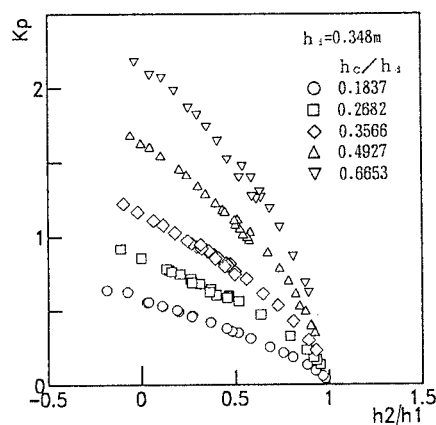
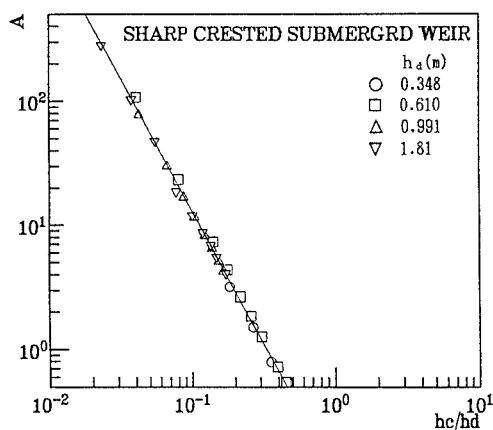
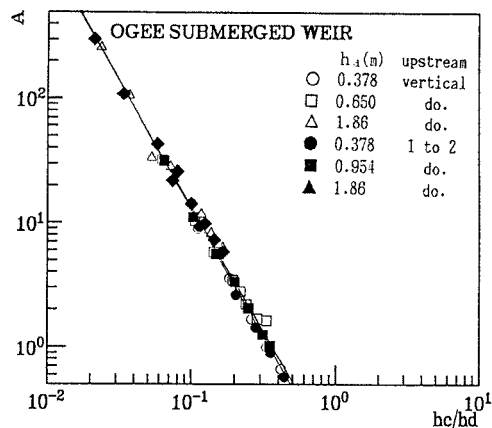


図-2 K_P と h_2/h_1 の関係



(A)



(B)

図-3 A と h_c/h_d の関係

4. 結語

以上、運動量の定理により堰の抵抗力を評価した。その結果、刃型堰と2種類のOgee堰に対して、式(3)の流体力係数 K_P が式(4)の特性をもつこと、および式(4)中の A が3タイプで同一の B と C を用いて式(5)で表現されることを示した。今後新しいタイプの堰公式としても検討したい。

参考文献

- 1) Glen Nelson Cox(1928): The submerged weir as Measuring device, Bulletin of the University. of Wisconsin.