

(Ⅱ-40) 横越流堰を有する流れについて

東洋大学 工学部 学生員 田中 勉
東洋大学 工学部 学 生 荒木 茂
東洋大学 工学部 正 員 福井 吉孝

はじめに

河川の治水、利水のため、開水路での流れを分配する構造物の一つとして横越流堰がある。最近では他の種々の構造物、方法が考えられるようになってきているが、依然として構造が単純であり、維持管理が比較的容易であるという横越流堰は広く利用されている。この堰の流量、水位は一次元解析によって比較的簡単に算出できる。しかし、前報¹⁾でも報告したように流れが常流であるにも拘らず、数値計算するにあたって堰上流端でのフルード数が、例えば0.7位で流量、水位を求めることができなくなるケースが生ずることが判った。そこで、本報では、そのようなケースを詳細に吟味して解決法を考えたので報告する。

1 計算式及び計算方法

計算に用いた式は、次に示すような運動量式(1)と堰の越流公式(2)を組み合わせることで数値解析することによって求めることができる。

$$\frac{dh}{dx} = \frac{i - (n^2 Q^2 / R^{4/3} A^2) - (Qq / g A^2)}{1 - (Q^2 B / g A^3)} \quad \text{----- (1)} \quad -q = \frac{2\sqrt{2}g}{3} C (h-w)^{3/2} \quad \text{----- (2)}$$

但し、 n ：粗度係数 Q ：主流量 R ：径深 g ：重力加速度 A ：流水面積 B ：水路幅

q ：単位長越流量 C ：越流係数 h ：水深 W ：堰高

私たちの対象とした流れは、図-1に示すように堰下流端の水深 h_d が、その下流の影響を受けせき上げられ等流水深になっていない場合を想定したものであり、計算するに当たっての入力は流下流量 Q_1 と堰下流端水深 h_d である。

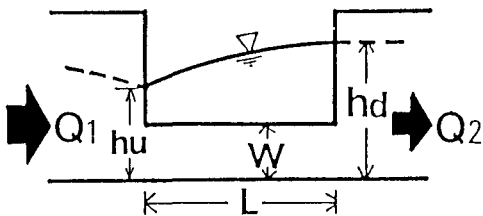


図-1 水路概略及び記号説明

Run	Q_1 (cm^3/s)	W (cm)	L (cm)	Q_{2e} (cm^3/s)	Fr_w	C'	h_{u1} (cm)	h_w (cm)	h_d (cm)
1	3333	3	30	3069	0.71	0.51	4.84	6.07	6.84
2	2333	3	30	1557	0.72	0.49	3.82	4.77	5.58
3	3050	3	30	2265	0.80	0.48	4.56	5.31	6.22
4	2333	3	40	1740	0.84	0.49	3.82	4.29	5.35
5	2333	3	40	1832	0.74	0.50	3.82	4.62	5.46

表-1 実験緒元

2 実験装置及び方法

実験は、水路幅 $B=10\text{ cm}$ 、水路長 5.2 m の亚克力製循環可変勾配水路を用いた。横越流堰は、水路末端より 2.5 m 上流に堰高 $W=3\text{ cm}$ 、堰長 $L=30、40\text{ cm}$ の亚克力製の刃形堰(45°)を使用した。堰区間では、 5 cm 区間の区間越流量を測定し区間越流係数 C_i を求めた。流量表示は流下流量 Q_1 、堰下流端流量 Q_2 、総越流量の実験値 Q_{2e} 、計算値 Q_{2c} とそれぞれ定めた。なお、予備実験をした結果、水路の粗度係数 n は 0.008 となった。なお、実験緒元を表-1に示す。

3 計算できないケースの特色

計算できないケースにおいて、堰下流端での実測の流量 Q_2 を用いて計算してみたのが図-2である。実

際の流れは常流であるにも拘らず、計算で求めた水深は、水面勾配 dh/dx が大きくなってしまい、ある点で限界水深と交わり計算が収束しないことが判る。

常流状態の流れでは、河床勾配や摩擦抵抗の影響は小さいため無視することができる。そこで、式(1)において、 $i=(n^2Q^2)/(R^{4/3}A^2) \approx 0$ と考慮して、式(2)を代入し整理すると次のようになる。

$$dh/dx = \frac{2\sqrt{2}}{3B} C \frac{(h-W)^{3/2}}{\sqrt{h}} \frac{Fr}{1-Fr^2} \quad \text{---- (3)}$$

式(3)より、フルード数の大きな流れでは、 $Fr/(1-Fr^2)$ が非常に大きくなってしまふことや、実測の越流係数 C' が計算で用いた0.623よりかなり小さいこと(図-3)などから、結果的に水面勾配 dh/dx を大きくしてしまったと考えられる。

4 係数の検討

上述のケースにおいて計算を可能とするための簡単な方法として式中の係数を操作してみた。式(3)において、越流係数 C に小さな値を用いることは、水面勾配の急激な曲がりを抑えられることが考えられる。そこで、図-3に示される実測の越流係数 C' (=0.504)を用いて計算したものが図-4である。これより実測の越流係数を用いることによって堰上流端まで計算できるようになった。しかし、単位長さ当りの越流量 q_i をみると計算値と実験値は合致しているとはいえない。これは越流係数一定として計算することが、水深算出にはあまり問題ないが、越流量算出には大きく影響することを示している。そこで、実験で求めた堰区間5.0mごとの区間越流係数 C_i (=0.041~0.950)を用いて計算したのが図-5である。これより越流係数を一定とせず流下方向に変化させることによって単位長さ当りの越流量 q_i も実験値と似通った形となった。

5 まとめ

実河川の横越流堰ではフルード数の大きな流れはあまり存在せず、このような計算上の問題は直接的に影響しない感もあるが、式中の係数等を検討することによって一次元解析法でも満足する結果が得られると思われる。

<参考文献> 1) 田中、福井ら：横越流堰の流れについて(常流の場合)，第43回年次講演会

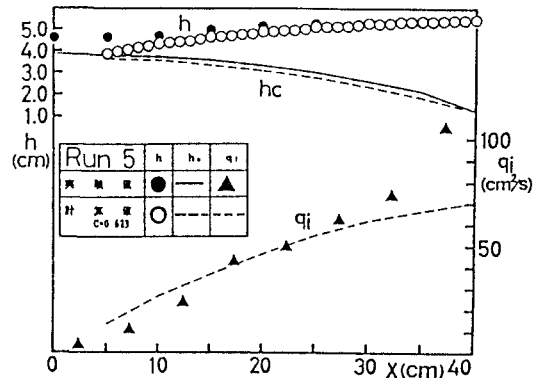


図-2 実験値と計算値の比較

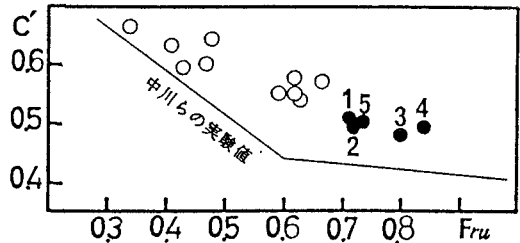


図-3 フルード数と実測の越流係数

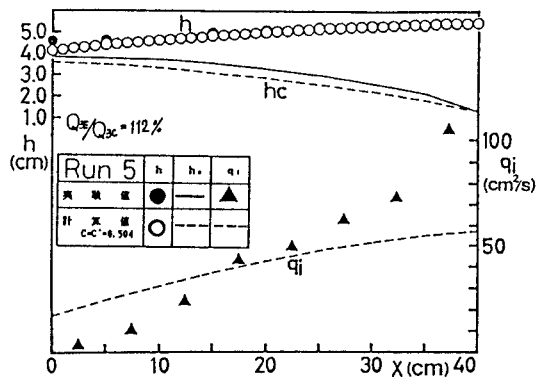


図-4 実験値と計算値の比較

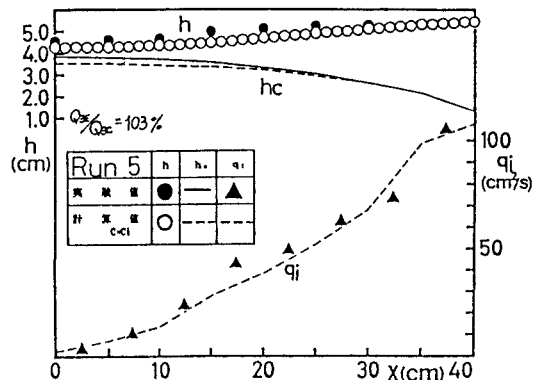


図-5 実験値と計算値の比較