

東洋大学 工学部 学生員 田中 勉

東洋大学 工学部 学 生 泊り真司・古屋茂人

東洋大学 工学部 正 員 福井 吉孝

はじめに

治水の面からは、流量カットのため、利水の面からは（必要水量の）取水のための設備として横越流堰は古くより使われてきている。そのために、流量公式については多くの研究者によって理論的・実験的に研究されて来た。DeMarchiは、一様な長方形断面水路に横越流堰が設置された場合に水路内のもつ比エネルギーが一定という仮定のもとに次のような水面形方程式を導いた。

$$X = \frac{3B}{2C} \left\{ \phi\left(\frac{h}{E}\right) - \phi\left(\frac{h_u}{E}\right) \right\} \quad (1,1) \quad \phi\left(\frac{h}{E}\right) = \frac{2E-3W}{E-W} \sqrt{\frac{E-h}{h-W}} - 3 \tan^{-1} \sqrt{\frac{E-h}{h-W}} \quad (1,2)$$

但し、B：水路幅，E：比エネルギー，C：越流係数，W：堰高，h：水深

これは、堰の越流公式(2)を併用することによって、堰区間の水面形及び、越流量を同時に解析できる。

$$q = \frac{2\sqrt{2g}}{3} \cdot C \cdot (H-W)^{3/2} \quad (2)$$

但し、q：単位長越流量

DeMarchiの式は、

1) 水位は満足するが越流量に関しては十分とはいえない。

2) また、越流係数は、堰の規模、構造、水理量等に依存し一義的に定まるものでない。

と指摘されている。

我々の今回の研究は、特に、堰下流部の水深がその下流の影響を受けて堰上げられ等流水深になっていない場合を想定し、流下流量 Q_1 、堰下流端水深 h_0 を入力として、常流状態の流れを計算しようとするものであり、上記1), 2)の点に考慮を払い、より適確に水位、流量を算出することを目的とした。

1. 実験装置及び実験方法

実験は、水路幅 $B=10\text{cm}$ 、水路長 5.2m 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 2.5m 上流に堰高 $W=3.5\text{cm}$ 、堰長 $L=10, 20, 30, 40\text{cm}$ の亚克力製の刃型(45°)堰を使用した。水路内の水位調節は、水路末端に水位調節堰を設けて行い堰区間では、 5cm ごとの区間越流量 q_s を測定した。流量表示は、流下流量 Q_1 、堰下流端流量 Q_2 、総越流量 Q_3 とそれぞれ定義する。

2. 計算値と実験値の比較

2-1 水位について

$L/B=1$ 以外は計算値と実験値が良く合っており、本計算式で水位を適確に予測出来る。その一例を図-1に示す。

2-2 流量について

$L/B=1, 2$ では実験越流量 Q_{3E} に対する計算越流量 Q_{3C} の比 $Q_{3E}/Q_{3C} < 100\%$ で適合性は悪い(図-2)、 $L/B=3$ では $Q_{3E}/Q_{3C}=90\sim 110\%$ の範囲内で良く合っているが、単位長越流量 q は必ずしも実験値と一致しているとはいえないが、(図-1)増減が相殺し合った結果として適合している。 $L/B=4$ では $Q_{3E}/Q_{3C}=120\sim 140\%$ になってしまうケースもあ

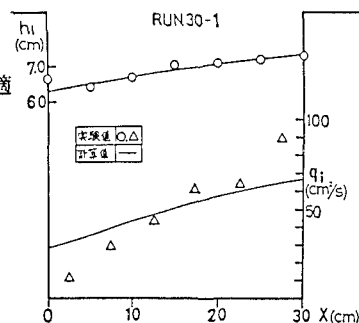


図-1 実験値と計算値の比較

り、適合性が良い場合と悪い場合が混合している。以上の結果は、既往の研究結果と類似している。

3. 水理特性の検討

L/B=3, 4にしぼって越流量に影響をおよぼす次の項目について考える。

3-1 $q \propto (h-W)^{3/2}$ について

区間越流量 q_{si} と $(h-W)$ の関係は図-3の通りであり、L/B=3とL/B=4との違いは、前者は、堰区間全長にわたってほぼ3/2乗を満足しているのに対し、L/B=4 では堰上流端で3/2乗との隔りが大きいことである。しかし、堰上流端近くは越流量も小さく計算への影響を考慮に入れても、L/B=3, 4双方とも $(h-W)^{3/2}$ の形の堰の公式、式(2)を適用できると考える。

3-2 越流係数について

越流係数Cは、DeMarchiによると0.623であるが、実験値を(図-4)みると定数とはならず堰上流端部では、越流係数は小さく、つまり越流量が少なく下流部では、大きくなっている。これは、堰上流部では、流れの直進性が勝り、下流部では水面勾配とのかね合いもあって流線の曲りが大きくなる結果である。L/B=3 でも同じ傾向である。ここで、実測の越流係数C'を用いて計算を行ってみた。(図-5)C=0.623で求めた値よりも矢印で示した分だけ Q_{3E}/Q_{3C} の適合性よくなった。しかし、越流係数を事前に算出することは困難であるので計画に当たっては、DeMarchiの係数をベースにして、それぞれの堰に対する模型実験の結果等を組み合わせることによって式(1)の妥当性が出る。

3-3 その他

水位hの適合性が良いのに、qの適合性が劣るのは、前述のように越流係数の値に問題もあるが、式が $(h-W)^{3/2}$ の形であり僅かなhのずれが、実験値と計算値のずれを各区間毎に生ずると総和した場合、その累積がでて結果として、流量の比 Q_{3E}/Q_{3C} に影響を及ぼしてしまうことも計算値のズレを生じる。又、Fr数の小さい場合には、h, qとも良く再現できることが確認された。しかし、区間Fr数が、特に上流端近傍で0.7~0.8になると常流状態とはいえども実験値と計算値との隔りが生じる。今回の計算法では、そのような場合の精度の良い計算を如何にするかが残された問題である。

【参考文献】

DeMarchi:Saggio di teoria del fuzionamento degli stramazzi laterali, L'Energia Elettrica, Milano

田中, 福井他:横越流堰の流れについて(その2), 第42回年講

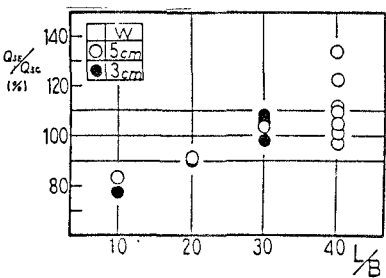


図-2 DeMarchi公式の精度

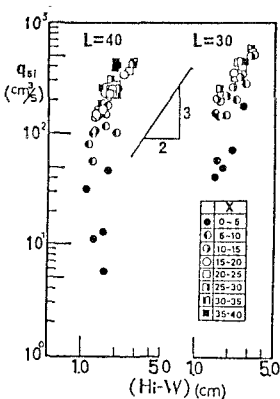


図-3 越流水深と区間越流量の関係

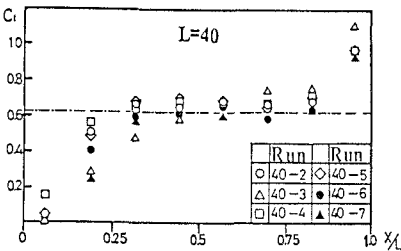


図-4 区間越流係数の変化

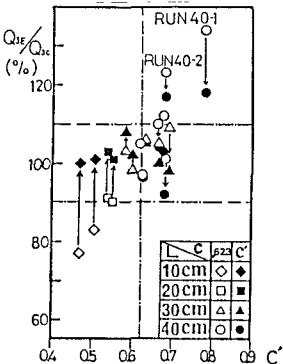


図-5 DeMarchi公式の精度