

横越流堰における流量式および流量係数に関する研究

九州工業大学工学部 学生員 ○常松智博  
 九州工業大学工学部 正会員 浦 勝 秋山壽一郎  
 九州工業大学工学部 正会員 鬼束幸樹  
 九州工業大学大学院 学生員 河東礼

1. はじめに

都市河川の氾濫防止対策として、横越流堰を用いた洪水調節池が挙げられる。これまで、横越流堰に関する流量式および流量係数は経験的に求められたものがほとんどである<sup>1)</sup>。本研究では、流れが常流の場合の横越流堰における流量式および流量係数を、2つの仮定を用いて理論的に求め、堰高がゼロの場合の流量係数について検討した。

2. 理論的考察

横越流堰近傍の概要を図-1に示す。ここに、 $L$ は堰長、 $B$ は主水路幅、 $y$ は水深、 $\theta$ は越流する流れの方向と主水路との角度である。添字の1, 2,  $W$ はそれぞれ流入断面、流出断面、堰上の断面の諸量である。堰高 $W$ がゼロで接近流が常流の場合の単位幅当たり越流量 $q_*$ は次式で与えられる。

$$q_* = y_c v_c \sin \theta = 2/3 \times \sqrt{2g} y^{3/2} \times C_M \quad (1)$$

比エネルギーが一定と仮定(仮定1)すると、ベルヌーイの定理より、次式が成立する。

$$v_c^2 = 2/3 g y_1 (Fr_1^2/2 + 1) \quad (2)$$

$$h_c = 2/3 y_1 (Fr_1^2/2 + 1) \quad (3)$$

ここに、 $Fr_1 \equiv v_1 / \sqrt{g y_1}$ は流入フルード数である。また、越流時の流速の流下方向成分が流入断面1のものと同しいというSubramanya & Awasthy<sup>2)</sup>の仮定(仮定2)を用いると、次式となる。

$$\sin \theta = \sqrt{(1 - Fr_1^2) / (Fr_1^2/2 + 1)} \quad (4)$$

となる。式(1)~(4)より $C_M$ が理論的に得られる。

$$C_M = \frac{1}{\sqrt{3}} \left( \frac{y_1}{y} \right)^{3/2} \left( \frac{Fr_1^2}{2} + 1 \right) \sqrt{1 - Fr_1^2} \quad (5)$$

3. 実験装置および実験条件

式(5)より $C_M$ は $Fr_1$ のみの関数となっている。一方、Subramanya & Awasthy<sup>2)</sup>は $W = 0$ の場合の支配パラメーターが、 $Fr_1$ 、 $y_1/L$ および $L/B$ だとしている。そこで、支配パラメーターおよび用いた2つの

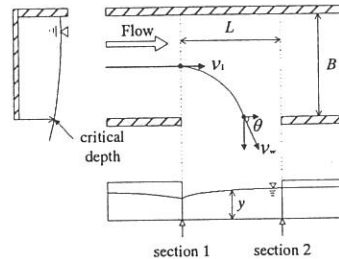


図-1 横越流堰の概要

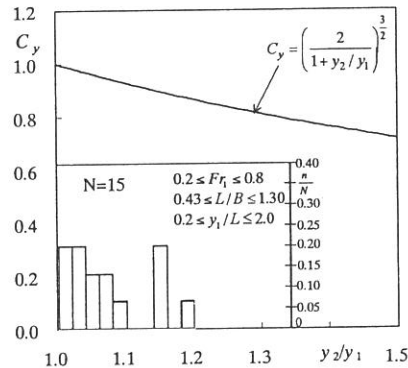


図-2  $C_y$  と  $y_2 / y_1$  の関係

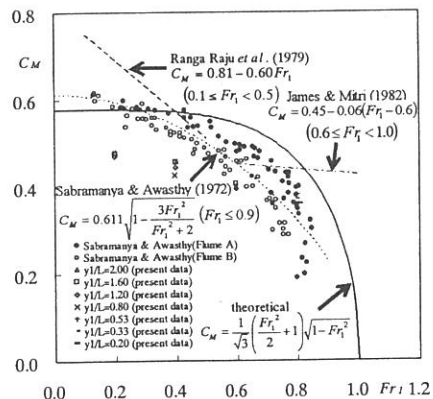


図-3 流量係数

仮定の妥当性を検証するために、 $Fr_1$ 、 $y_1/L$ および $L/B$ を変化させて実験を行った。実験は全長 5.7m、高さ 25cm、水路幅 11.5cm、水路床勾配 1/850 の矩形

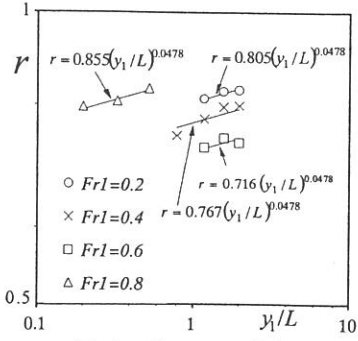


図-4  $r$  と  $y_1/L$  の関係

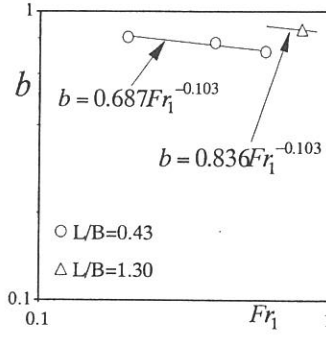


図-5  $b$  と  $Fr_1$  の関係

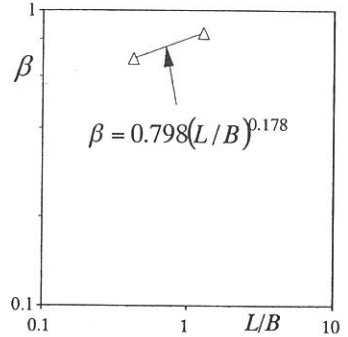


図-6  $\beta$  と  $L/B$  の関係

断面水路で行った。実験条件は、堰長  $L$  が 5cm で、 $Fr_1$  を 0.2, 0.4, 0.6,  $y_1/L$  を 0.8 から 2.0 まで 0.4 刻みで変化させたものと、堰長  $L$  が 15cm で、 $Fr_1$  を 0.8,  $y_1/L$  を 0.2, 0.33, 0.53 と変化させたものであり、水深  $y_1$ ,  $y_2$  と流量  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_W$  を計測した。

#### 4. 実験結果および考察

式(5)の  $(y_1/y)^{3/2}$  には局所水深が含まれており、使いつらい。そこで、断面 1 の情報だけで  $C_M$  を記述することを考える。  $y \approx (y_1 + y_2)/2$  と近似すると  $(y_1/y)^{3/2}$  は  $(2/(1 + y_2/y_1))^{3/2} = C_y$  となる。図-2 に  $C_y$  と  $y_2/y_1$  の関係および  $y_2/y_1$  のヒストグラムを示す。実験値は  $1 < y_2/y_1 < 1.2$  の範囲に限られており、 $0.8 < C_y < 1$  であることが分かる。よって、 $C_y = 1$  と近似する。すると式(5)は次式となる。

$$C_M = 1/\sqrt{3} \sqrt{Fr_1^2/2 + 1} \sqrt{1 - Fr_1^2} \quad (6)$$

図-3 は式(6)と  $C_M$  の実験値を比較したもので、Subramanya & Awasthy<sup>2)</sup>のデータや Ranga Raju *et al.* および James & Mitri の経験式も併示した。理論式は実験値の定性的傾向を示しているが定量的な差違が生じている。これは、用いた 2 つの仮定に適用限界があることや、 $C_M$  のパラメータとして  $Fr_1$  しか用いておらず、 $y_1/L$  や  $L/B$  の影響を考慮していないことが原因と考えられる。ここで、実験値を理論値で除したものを  $r$  と定義する。式(6)において、支配パラメータに  $Fr_1$  を用いているため、 $r$  は  $y_1/L$  および  $L/B$  のみの関数となるはずである。しかし、 $Fr_1$  の増加に伴い、仮定 2 が徐々に成立しなくなり、 $Fr_1 = 1$  では破綻するため、本研究では  $Fr_1$  も  $r$  の関数と考える。 $y_1/L$  と  $r$  の関係を図-4 に示した。 $r$  は  $y_1/L$  と次式の関係があることが分かる。

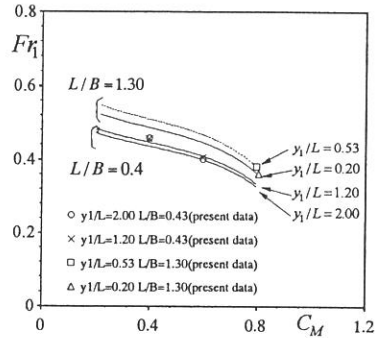


図-7  $C_M$  と  $Fr_1$  の関係

$$r = (y_1/L)^{0.0478} \times b \quad (7)$$

次に  $b$  と  $Fr_1$  の関係を図-5 に示す。同様に次式となることが分かる。

$$b = (Fr_1)^{-0.103} \times \beta \quad (8)$$

$L/B = 1.30$  についてはデータが 1 つしかないため、ここでは  $L/B = 0.43$  と同様な傾向を示すと仮定した。

続いて、 $\beta$  と  $L/B$  の関係を図-6 に示す。両者の関係は次式で近似される。

$$\beta = 0.798(L/B)^{0.178} \quad (9)$$

よって、式(6)~(9)より新しい  $C_M$  の式は次式となる。

$$C_M = 1/\sqrt{3} \sqrt{Fr_1^2/2 + 1} \sqrt{1 - Fr_1^2} \times 0.798(L/B)^{0.178} \times (y_1/L)^{0.0478} \times Fr_1^{-0.103} \quad (10)$$

図-7 に実験値をプロットし、式(10)を曲線で示した。式(10)は実験値を良好に表現することが分かる。

#### 5. おわりに

本研究では、理論と実験に基づき、新しい流量係数式の式(10)を提案した。

#### 参考文献

- 1) De Marchi, G., *L'Energia Elettrica*, Milan, Italy, **11**, 849, 1934.
- 2) Subramanya, A. and Awasthy, S.C., Spatially varied flow over side-weirs, *J. Hydraulics Div.*, **98**, 1, 1972.