

横越流堰の改良型とその流量係数に関する研究

九州工業大学工学部 学生員 ○河東 礼
 九州工業大学大学院 学生員 木田 宜慶
 九州工業大学工学部 正員 浦 勝

1. はじめに

都市河川の氾濫防止策の一つに洪水調節池がある。これは河道側岸に横越流堰を設けて河道ピーク流量の一部を調節池に一時的に貯留するものである。ところで横越流堰は一般に堰の法線方向と河道主流方向のなす角が 90°となるように設置されている。このため堰を越流する流れが主流に引きずられ 90°とならないこと、および堰始端に剥離が起こることなどにより、主流の Froude 数が増加すると流量係数が低下し、分流効率が悪くなる。よって本研究ではこれらの問題の解決策として横越流堰の法線方向を 90°以下とし、さらに堰前面に斜面を設ける構造を考えた。そしてこの改良型横越流堰の流量係数を実験的に定式化した。

2. 実験装置および方法

本実験に用いた改良型越流堰の概要を図-1 に示す。水路は長さ 600cm、水路の底面幅 $B=11.5\text{cm}$ 、水路床勾配 $i_0=1/833$ の矩形断面水路である。改良型横越流堰は①'-②' に堰頂があり、これから①'-②' にかけて斜面を形成した堰で堰高 $W=3\text{cm}$ 、堰長は $L \sin \theta$ である。堰上流端流量 Q_1 は四角堰を越える越流水深をもとに、堰下流端流量 Q_2 は量水枡の水位上昇速度をもとに算出した。越流量 Q_w は $Q_w = Q_1 - Q_2$ として求めた。堰始端および堰終端の水深 y_1, y_2 は超音波変位計を用いて測定した。実験条件は、堰角度 $\theta=90^\circ, 80^\circ, 70^\circ, 60^\circ$ の各場合についてそれぞれ堰区間長 $L=10, 15, 20\text{cm}$ 、堰上流端水深を $y_1 = 5.0, 7.0, 9.0\text{cm}$ 、堰上流端

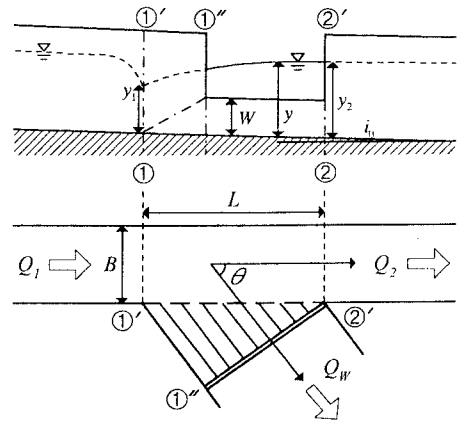


図-1 改良型横越流堰概要図

Froude 数 $F_1 = Q_1 / \sqrt{gB^2 y_1^3} = 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ と系統的に変化させて行った。

3. 流量公式

流量係数 C_M の値は実験によって得られた数値を用いて式(1)~(3) の De-Marchi の式により求めることにする。ここで下付き添字 $i=1, 2$ はそれぞれ堰始端と堰終端における値を示す。

主流に対して角度を有する横越流堰の流量係数の算定式は浦ら¹⁾によって式(4)の関係が導かれている。木田ら²⁾は堰長の効果を入れ式(5)~(7)のように補正している。ただし $\eta = W/y_1$ とする。

$$L = \frac{3B(\phi_2 - \phi_1)}{2C_M} \tag{1}$$

$$\phi_i(y_i, E_i) = \frac{2E_i - 3W}{E_i - W} \sqrt{\frac{E_i - y_i}{y_i - W}} - 3 \tan^{-1} \sqrt{\frac{E_i - y_i}{y_i - W}} \tag{2}$$

$$E_i = y_i + \frac{Q_i^2}{2gB^2 y_i^2} \tag{3}$$

$$C_{M0} = 0.577k \left[1 + \frac{\alpha F_1^2}{2(1-\eta)} \right]^{\frac{3}{2}} \left(\cos \theta \sqrt{\frac{3\gamma^2 F_1^2}{2 + F_1^2}} + \sin \theta \sqrt{1 - \frac{3\gamma^2 F_1^2}{2 + F_1^2}} \right) \sin \theta \tag{4}$$

$$C_M = C_{M0} \left(1 - 0.582 \left(\frac{L}{B} \right)^{-1} \cdot F_1^2 \right) \quad (5)$$

$$k = 1.14 \quad (6)$$

$$\gamma = 1.0 - \frac{3}{5} \cdot \frac{W}{y_1} \quad (7)$$

4. 実験結果および考察

全ての実験結果をもとに、本研究では堰角度 θ 、相対水深 W/y_1 をパラメータとする係数 α を以下のように決定した。

$$\alpha = 0.05(90 - \theta) \cdot (W/y_1 - 0.17) \quad (8)$$

図-2 に式(1)~(3)によって求めた流量係数の実験値 C_{MC} を相対水深ごとに記号を変えてプロットし、併せて式(4)~(7)に式(8)で計算される係数 α の値を代入した計算値 C_{ME} の曲線を記入した。例として堰区間長 $L=10\text{cm}$ 、堰角度 $\theta=60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ について示した。比較のために $\theta=90^\circ$ の従来の横越流堰の流量係数を表すSubramanya & Awasthy³⁾の式(9)を示す。この式は式(4)において $\theta=90^\circ$ 、 $\alpha=0$ 、 $\gamma=1.0$ 、 $k=1.06$ としたときのものである。

$$C_M = 0.611 \sqrt{1 - \frac{3\gamma^2 F_1^2}{2 + F_1^2}} \quad (9)$$

図-3 に流量係数の計算値 C_{ME} と全ての実測値 C_{MC} の関係を示す。これより、式(4)以下によって求めた流量係数の計算値と実測値との誤差は相対水深 $W/y_1=3/5$ の場合を除くとほぼ $\pm 10\%$ 内であることがわかる。 $W/y_1=3/5$ の場合は堰高と越流時の水位の差が小さいため粘性の影響を受けやすく誤差が出やすくなると思われる。また図-2 より従来の横越流堰に角度をつけ、さらに斜面を設けることにより Froude 数の増加による流量係数の低下という欠点がある程度抑えることができる。

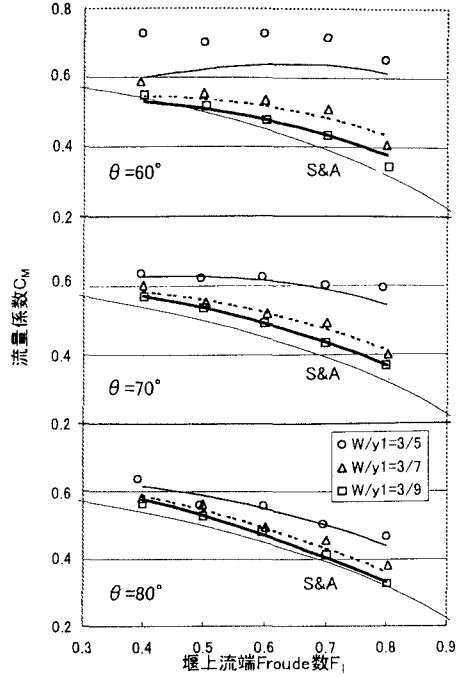


図-2 流量係数と堰上流端 Froude 数の関係
 $L/B=0.870$ ($L=10\text{cm}$)

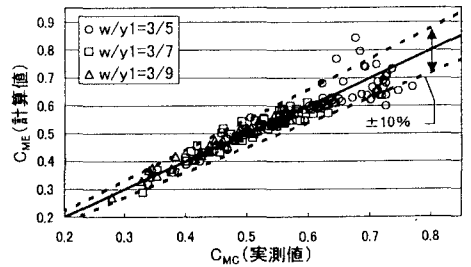


図-3 流量係数の計算値と実測値の関係
 $L/B=0.870, 1.304, 1.739$ ($L=10, 15, 20\text{cm}$)

5 おわりに

以上の結果より、横越流堰に主流に対して角度をつけ堰前面に斜面を設ける構造は、従来の堰に比べ、Froude 数の増加に伴う流量係数の減少を抑えることができる。また堰角度に関しては $\theta=60^\circ$ に近づくと流れ流量係数が大きくなるが、実用としては $\theta=70^\circ \sim 80^\circ$ 近辺にするのがよいと考える。

参考文献

- 1) 浦 勝, 木田宜慶, 秋山壽一郎, 森山宏孝: 主流に対して角度を有する横流堰の流量係数, 水工学論文集 第44巻, pp.545-550, 2000
- 2) 木田宜慶, 浦 勝, 河東礼: 横越流堰の流量係数に及ぼす堰長の効果, 西部支部投稿予定, 2001
- 3) Subramanya, K., and Awasthy, S. C.: "Spatially varied flow over side weirs," *Journal of the Hydraulics Division*, ASCE, Vol.98, No.1, pp.1-10, 1972.