

台形断面水路内における横越流堰の流量係数について

九州工業大学大学院 学生員 ○小野博基

九州工業大学工学部 正 員 浦 勝 秋山壽一郎

鹿島建設(株) 正 員 坂本 真

1. はじめに

矩形断面水路内に設置された横越流堰の越流量は De Marchi^{1), 2)}の式によって予測可能であり、このときの流量係数も実験的にかなり明らかにされている。しかし、De Marchi の式は「矩形断面」という条件で導かれたものであり、多くの都市河川に採用されている台形断面水路に対しては厳密には適用できない。そこで本研究では、台形水路において適用できる横越流堰の流量公式を導き、さらに流量係数を実験的に求めた。

2. 実験装置および方法

図-1 に横越流堰近傍の水路横断面図を示す。実験で用いた水路は長さ約 600cm、底面幅 $B=11.5\text{cm}$ 、側壁勾配 $m=0.3$ の木製水路である。横越流堰は、堰高を $W=3\text{cm}$ の刃型堰とし、始端を水路入口から 350cm 地点の水路右岸側とした。堰の長さを $B'=10, 15, 20\text{cm}$ 、流入水深を $y_1=5, 7, 9\text{cm}$ 、流入 Froude 数を $F_1=0.3\sim 0.6$ と系統的に変化させた。堰上流および下流端の水深は超音波式変位センサで測定した。上流側流量は四角堰を越える越流水深を、下流側流量は量水柵の水位上昇速度を容量式波高計を用いることで算出した。

3. 流量公式

横越流堰の流量式は流量係数を C_M とすると、次式で表すことができる。

$$-\frac{dQ}{dx} = q \cdot = \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g} (y - W)^{3/2} \quad (1)$$

ここに、 Q は水路の流量、 x は水路に沿う距離、 $q \cdot$ は単位長さ当たりの越流量である。また側壁勾配 m を持つ台形水路に沿う水面形方程式において水路床勾配と摩擦抵抗の影響は小さいとすると、

$$\frac{dy}{dx} = \frac{QAq \cdot}{gA^3 - Q^2(B + my)} \quad (2)$$

となる。ここに、 A は水路の流水断面積 $(= (B + my)y)$ 、 B は水路床幅である。また、水路に沿って比エネルギー E が一定とすると次式が成立する。

$$Q = (B + my)y \sqrt{2g(E - y)} \quad (3)$$

式(2)に式(1)および式(3)を代入すると次式が得られる。

$$\frac{dy}{dx} = \frac{4}{3} \frac{C_M}{(B + my)} \frac{\sqrt{(E - y)(y - W)^3}}{3y - 2E} \quad (4)$$

式(4)を横越流堰のある x の区間で積分し、堰上流および下流端の添字をそれぞれ 1, 2 とすると式(5)が得られる。

$$x_2 - x_1 = B' = \frac{3}{2} \frac{B}{C_M} \left[(\phi_{a2} - \phi_{a1}) + m(\phi_{b2} - \phi_{b1}) \right] \quad (5)$$

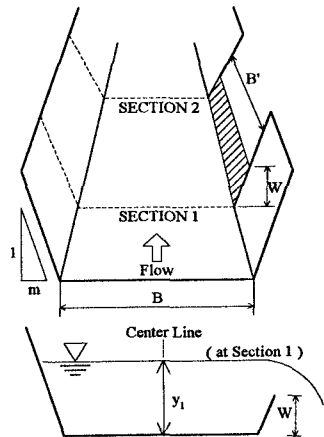


図-1 実験装置

キーワード：横越流堰、流量係数、台形断面水路

〒804 北九州市戸畑区仙水町 1-1

TEL 093-884-3125

FAX 093-884-3100

$$\phi_a = \frac{2E-3W}{E-W} \sqrt{\frac{E-y}{y-W}} - 3 \tan^{-1} \sqrt{\frac{E-y}{y-W}} \quad (5.a)$$

$$\phi_b = \frac{1}{B} \left\{ \left[\frac{1}{2}E - \frac{9}{2}W \right] \tan^{-1} \sqrt{\frac{E-y}{y-W}} + \frac{W(2E-3W)}{B(E-W)} \sqrt{\frac{E-y}{y-W}} - \frac{3}{2B} \sqrt{(E-y)(y-W)} \right\} \quad (5.b)$$

式(5)が側壁勾配 m を持つ台形断面水路の側壁に設けられた横越流堰の流量公式であり、 $m=0$ とすれば矩形断面の場合も包含することになる。

4. 流量係数

横越流堰の流量係数を規定するパラメータとして Collinge³⁾は流入点の水路 Froude 数 $F_1 (= Q_1 / A_1 \sqrt{g y_1})$ 、相対水深 W/y_1 、相対堰長 B'/B を提案している。すなわち、

$$C_M = f \left[F_1, \frac{W}{y_1}, \frac{B'}{B} \right] \quad (6)$$

図-2 に、本実験で得られた水理諸量を式(5)に代入し、その結果求められた C_M と F_1 との関係を W/y_1 ごとに示した。なお、図中の記号は B'/B により区別した。同図より、次式の関係が近似できると判断される。すなわち、

$$C_M = -0.225 F_1 + f_1 \left[\frac{W}{y_1}, \frac{B'}{B} \right] \quad (7)$$

そこで実験値より、 f_1 と W/y_1 との関係を求めたものを図-3 に示す。同図には B'/B をパラメータとしている。図-3 より B'/B による系統的な依存性が見出せないので次式で近似した。

$$f_1 = 0.070 \frac{W}{y_1} + 0.56 \quad (8)$$

従って流量係数 C_M を規定する関係は次式で表される。

$$C_M = -0.225 F_1 + 0.070 W/y_1 + 0.56 \quad (9)$$

上式の精度は、図-3 で分かるように実験データの 90% が ± 0.04 、60% のデータが ± 0.02 の誤差内に入るといえる。なお、図-2 中の直線は式(9)である。

5. おわりに

台形水路における横越流堰の流量は、式(5)を用いて計算可能となる。また、側壁勾配 $m=0.3$ の台形水路において、 $B'/B=0.87 \sim 1.74$ 、 $W/y_1=0.33 \sim 0.60$ 、 $F_1=0.3 \sim 0.6$ の範囲内で流量係数は式(9)で表すことができる。

参考文献

- 1) De Marchi, G. : Essay on the performance of lateral weirs, *L. Energia Elettrica*, Milan, Italy, 11, pp.849-860, 1934.
- 2) 土木学会編：水理公式集（昭和60年版），土木学会，p.292，1985.
- 3) Collinge, V.K. : Discharge capacity of side weirs, *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, London, Vol.6, Feb., pp.288-304, 1975.

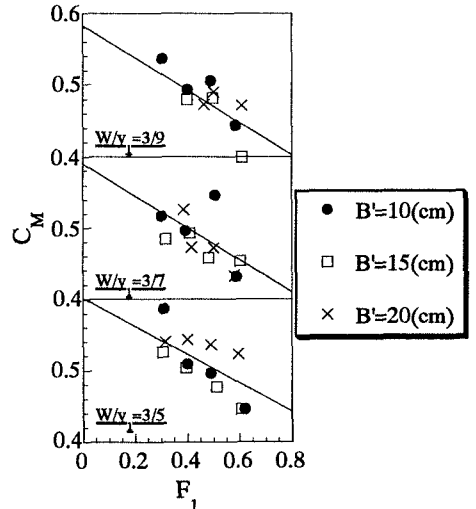


図-2 F_1 と C_M の関係

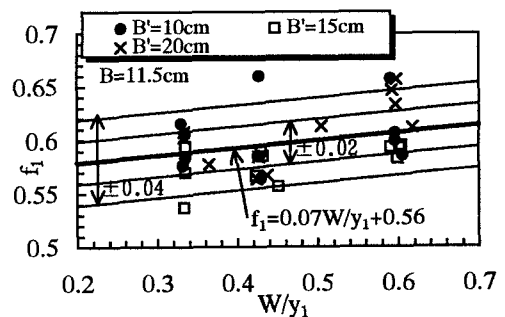


図-3 f_1 と W/y_1 との関係