

台形断面水路内の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 ○坂本 真
九州工業大学工学部 正 員 浦 勝 秋山壽一郎
九州工業大学工学部 学生員 小野博基 河内俊雄

1. はじめに

矩形断面を有する水路内に設置された横越流堰を越える流量はDe Marchi^{1), 2)}の式を用いることで予測可能である。このとき、その流量係数についてはかなり実験的に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厳密には適用できない。そこで著者らは台形水路でも適用できる横越流堰の流量式を導き、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

実験に用いた水路は長さ約600cm、底面幅B=11.5cm、側壁勾配m=0.3の木製水路である。図-1に横越流堰近傍の水路図を示す。横越流堰の始端は水路入口から350cm地点の水路右岸側に設置し、堰高は=3cmと固定して堰の形状は刃型堰とした。堰の長さをB'=10, 15, 20cm、流入水深をy₁=5, 7, 9cm、流入Froude数をF₁=0.3~0.6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、下流側流量は量水櫛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。

$$-\frac{dQ}{dx} = q_0 = \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g} (y - W)^{3/2} \quad (1)$$

ここに、Qは水路の流量、xは水路に沿う距離、q₀は単位長さ当たりの越流量、yは水深、Wは堰高である。また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、

$$\frac{dy}{dx} = \frac{QAq_0}{gA^3 - Q^2(B + my)} \quad (2)$$

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), (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。

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

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

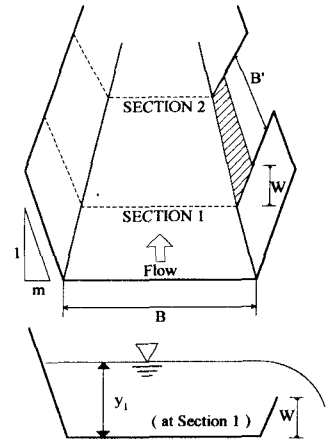


図-1 実験装置

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

式(5)が側壁勾配 m を持つ台形断面水路にある横越流堰の流量公式であり、矩形断面の場合は $m=0$ とすればよい。

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 $F_1 (= Q_1 / A_1 \sqrt{gy_1})$ ，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)に代入して求めた 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、

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

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で次式で近似した。

$$f_1 = 0.070 \frac{W}{y_1} + 0.560 \quad (8)$$

従って流量係数 C_M を規定する関係は次式で表される。

$$C_M = -0.225F_1 + 0.070 W/y_1 + 0.560 \quad (9)$$

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、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.

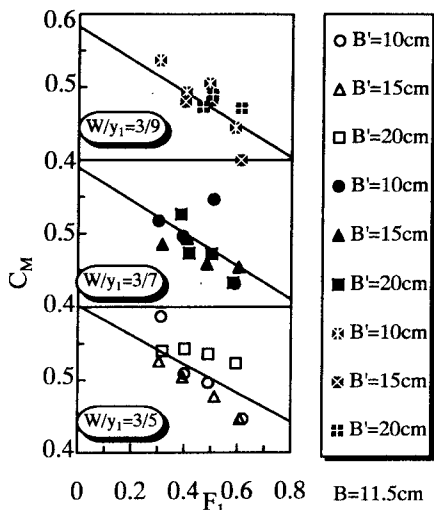


図-2 C_M と F_1 との関係

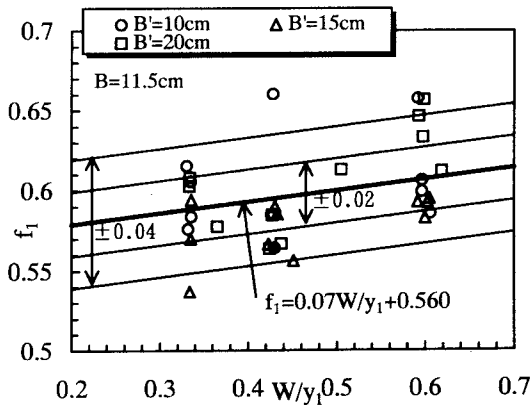


図-3 f_1 と W/y_1 との関係