

円弧水路の横越流公式の開発に関する研究

山口大学 正会員 ○河元 信幸
山口大学 学生会員 水井 将大
山口大学大学院 正会員 朝位 孝二

1. はじめに

河川氾濫に対するソフト対策として、洪水ハザードマップの作成・配布が有効視されている。洪水ハザードマップの作成には、河川堤防の一部を破堤させるシミュレーションによって氾濫流量の算定を行う等の氾濫解析によって得られたデータを基に行われている。氾濫流量算定式には堰公式が用いられ、一般に本間の正面越流堰公式(本間の修正堰公式)が適用されている。この本間の修正堰公式では、蛇行等の曲がりによる影響を考慮していない。

本研究は、過去に本研究室で行われた直線、円弧水路における横越流実験の結果を用いて、両水路において汎用性の高い横越流流量算定式を確立することを目的とする。

2. 実験装置・実験条件・実験内容

実験装置の概略を表1に示す。実験は、直線、円弧水路の2水路とし、円弧水路では曲率半径の異なる3水路で行った。また、実験に用いた各水路幅は10cm、河床勾配は0に固定している。

本研究で使用する横越流堰の概略図を図1に示す。流入流量を Q_{IN} 、横越流流量を Q_{LAT} 、流出流量を Q_{OUT} 、水路幅を B 、横越流堰高を W 、横越流堰幅を L 、水路中央水深を H 、水路中央水深の内横越流部中央水深を h 、この横越流部中央水深から横越流堰高を引いたものを h_1 とする。また、河床勾配を I 、曲率半径を R と定めた。

実験条件を表2に示す。実験は、各水路で横越流堰形状、流入流量のもと、水路中央水深を水路全面にわたって一定間隔で計測した。円弧水路では遠心力効果を確認するため、円弧部の内外壁位置での水深も計測した。また、横越流部で横越流流量 Q_{LAT} 、水路下流部で流出流量 Q_{OUT} を測定した。

3. 解析結果

本研究では、横越流流量算定式に着目し、既往の本間の修正堰公式、流量係数を堰形状、曲率半径、水理量の関数として評価した場合の流量計算手法、および接近速度水頭の観点からの3つの手法から横越流流量を算出した。本研究で使用了計算式を以下に示す。

①本間の修正堰公式(河床勾配0)

$$Q_{LAT} = C_{HON} \cdot C_I \cdot h_1 \cdot \sqrt{2gh_1} \cdot L \quad (1)$$

ここに、 C_{HON} は本間の流量係数で 0.35 の一定値である。また C_I は正面越流流量を横越流流量に変換する補

表1 実験装置

	曲率半径 $R(\text{cm})$	全長(cm)		
		直線区間	円弧区間	直線区間
円弧水路	50	190.0	157.1	100.0
	70	150.0	219.9	100.0
	90	150.0	282.7	100.0
直線水路	∞	200		

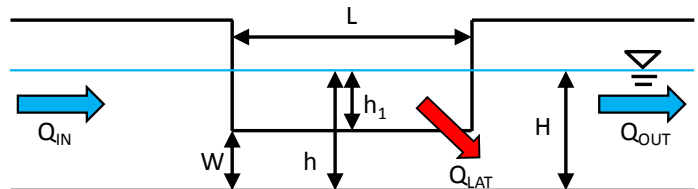


図1 横越流堰の概略図

表2 実験条件

横越流堰形状		流入流量 $Q_{IN} (\text{cm}^3/\text{sec})$
$L(\text{cm})$	$W(\text{cm})$	
5	0,2.5	1000,1500,2000,2500,3000

正係数で河床勾配の関数である．本実験では河床勾配は 0 であるので $C_I=1$ となる．

②流量係数を各種パラメータの関数とした横越流流量算出法

$$Q_{LAT}=C_X \cdot h_1 \cdot \sqrt{2gh_1} \cdot L \quad (2)$$

ここに， C_X を次式のように与えた．

$$C_X = C_0 \left(\frac{L}{B} \right)^\alpha \cdot \left(1 - \frac{W}{L} \right)^\beta \cdot Fr^\gamma \cdot \left(1 - \frac{B}{R} \right)^\omega \quad (3)$$

C_0 は定数， α ， β ， γ ， ω は各無次元パラメータのべき定数である．これらは直線，円弧水路実験値から逆算して求めた．

③接近速度水頭の観点から，横越流量を算出する方法

$$Q_{LAT}=C'_X \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot (h_1 + \varepsilon)^{3/2} \quad (4)$$

ここに， C'_X を次式のように与えた．

$$C'_X = C_0 \left(\frac{L}{B} \right)^\alpha \cdot \left(1 - \frac{W}{L} \right)^\beta \cdot Fr^\gamma \quad (5)$$

C'_X は直線水路の実験値だけで評価しており，曲率の影響は ε が受け持つことになる．

本研究では，汎用性の高い越流式公式を開発することを目的としており，円弧水路の計算を行う際，以下の 2 通りの計算方法から評価を行った．

case I：直線水路の結果に，遠心力効果 ω を付加させる．

case II：直線水路の結果に，各曲率半径ごとの ε を算出し，その平均値(図 2)を用いて横越流流量を算出する．
なお，直線水路は，曲率半径が ∞ として考えられ，結果から曲率半径が大きくなると 0 になることが推測される．

図 3 に case I と case II の結果を示す．実験値との差の絶対値の和を誤差量として比較した場合，case II の方が良好な結果となった．

次に，一般に氾濫流量算定式に用いられている本間の堰公式と比較を行い，有効性を検討する．

図 4 に本研究で開発した手法(case II)と本間の修正堰公式での結果を比較した．この図から，本間の修正堰公式よりも本研究で開発した手法(case II)が理想値をとる部分が多いことが確認できる．

4. おわりに

本研究は，本間の修正堰公式の改善に着目して直線，円弧水路における汎用性の高い横越流流量算定式を確立することを目的とし，実験データを基に変数分離法と接近速度水頭の観点からの評価を行った．

その結果，接近速度水頭による横越流流量算定が最も良いものであった．開発した横越流算定式は式(5)とし，各曲率半径ごとの ε は図 2 の値を用いるものとする．

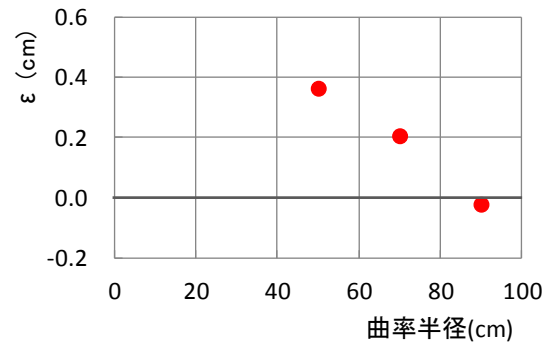


図 2 曲率半径と ε の関係

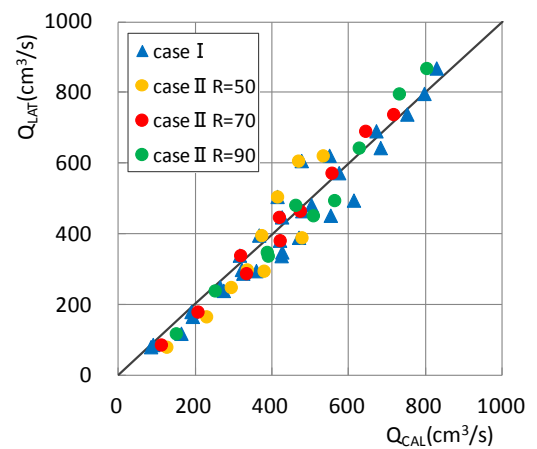


図 3 case I と case II の比較

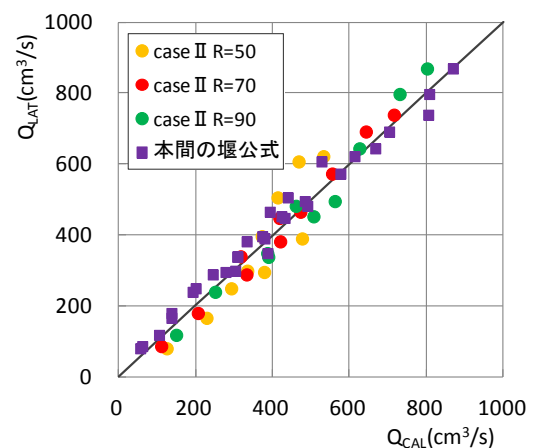


図 4 case II と本間の堰公式の比較