

湾曲水路と直線水路の横流量係数のフルード数依存性に関する研究

山口大学	学生会員	○金城	海輝
山口大学	正会員	河元	信幸
山口大学	正会員	朝位	孝二

1. はじめに

近年, 都市河川における洪水対策のひとつとして横越流堰を用いて洪水調節池にピーク流量を貯留し, 河道の断面不足を補う方法が用いられている. 横越流堰の流量配分機能の研究は, 河川放水路計画や下水の管渠, ダム余水吐の設計など多くの研究がある. しかし, 多くの研究が直線水路で行われた知見であり, 河川の蛇行を考慮したものは少なく, 既存の流量公式にも改良の余地があると考えられる.

上述の背景より著者らは蛇行部における横越流公式の開発を行っている. 一般に実河川の蛇行では河道の曲率半径が場所的に変化するが, 本研究では問題を簡略化するために曲率半径が一定である円弧水路(ここでは湾曲水路と称す)を対象として実験的研究を行ってきた. しかしながら, フルード数と横越流量の関係に関する考察, 直線水路との比較検討は不十分であった. そこで, 本研究では, 流入流量と横越流堰高を固定し, フルード数を系統的に変え, 流量係数に与える影響について実験的に検討を行った.

2. 実験装置と実験方法

実験装置は直線水路, 湾曲水路ともに, 貯水槽・水路部・量水槽で構成されている. 水路部は河床勾配を水平にしたアクリル製の開水路である. そのうち, 湾曲水路は水路部が直線部と湾曲部で構成されている. その平面図を図1に示す. 湾曲水路, 直線水路ともに水路幅は $B = 0.20\text{m}$ である. 湾曲水路の湾曲部は曲率半径 $R = 0.50\text{m}$ あり, 横越流堰は最も遠心力効果が働くことが期待できる横越流堰設置位置 $\theta = 90^\circ$ の位置に設置する.

横越流堰の概略図を図2に示す. 流入流量を Q_{IN} , 横越流流量を Q_{MEA} , 流出流量を Q_{OUT} , 横越流堰高を W , 横越流堰幅を L , 横越流堰上流端中央水深を h と

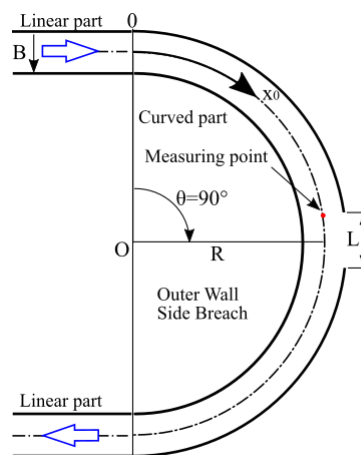


図1 水路部の平面図

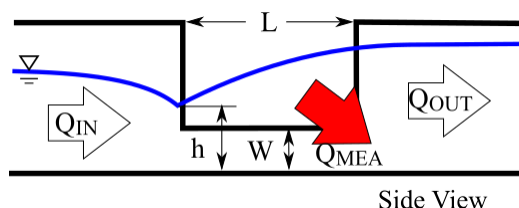


図2 横越流堰の概略図

する. 本研究の実験条件は流入流量を $Q_{IN} = 0.0043\text{m}^3/\text{s}$ とし, 横越流堰高を $W = 0.000\text{m}, 0.0025\text{m}$ の2種類, 横越流堰長は直線水路では $L = 0.10\text{m}, 0.14\text{m}, 0.20\text{m}$, 湾曲水路では $L = 0.20\text{m}$ の条件で実験を行った. また, 横越流部で横越流量 Q_{MEA} , 水路下流部で流出流量 Q_{OUT} を測定した. なお, 実験はすべて完全越流の条件で行う. 流量係数の算出式を以下に示す.

$$C_D = \frac{Q_{MEA}}{L\sqrt{2g}(h-w)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

ここでは, C_D は流量係数, g は重力加速度を表している.

3. 実験結果

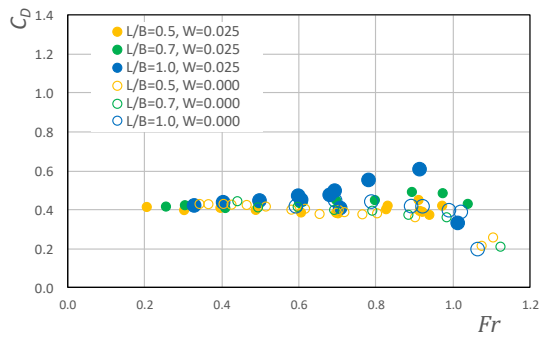
(1) 直線水路の流量係数

図3(a)は直線水路におけるフルード数と流量係数の

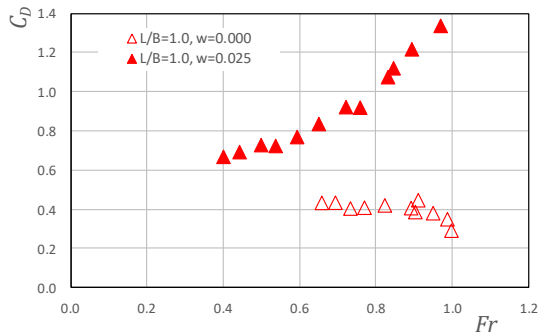
キーワード 横越流, 湾曲水路, 直線水路, フルード数

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科

T E L 0836-85-9319



(a) 直線水路



(b) 湾曲水路

図3 フルード数と流量係数の関係

関係を示している。横軸には横越流上流端水深を用いたフルード数 Fr を、縦軸には流量係数 C_d を用いて、相対堰長 (L/B) と横越流堰高ごとに示している。

図から、フルード数が $Fr = 0.6$ 以下の場合、横越流堰高の有無にかかわらず流量係数は $C_d = 0.4$ 程度の値をとることがわかる。また、フルード数が $Fr = 0.6$ 以上の場合、横越流堰がない場合 ($W = 0.000\text{m}$) では、常流域では流量係数は $C_d = 0.4$ 程度の値をとり続け、射流域において流量係数は低下する。横越流堰がある場合 ($W = 0.025\text{m}$) は、常流域で流量係数は微増し、射流域で横越流堰がない場合と同じように低下する傾向が見受けられる。また、流量係数の微増は相対堰長が大きい条件で顕著に見られる。

(2) 湾曲水路の流量係数

図3(b)は、湾曲水路におけるフルード数と流量係数の関係を示したものである。図から、横越流堰がない場合では、常流域で流量係数 $C_d = 0.4$ 程度から、射流域で流量係数は低下し、直線水路と同様であることがわかる。ただし、射流域の流量係数の低下は、フルード数 $Fr = 0.9$ 付近であり直線水路よりフルード数の小さい条件で低下することがわかる。これは、横越流堰上流端水深から算出されたフルード数が常流であ

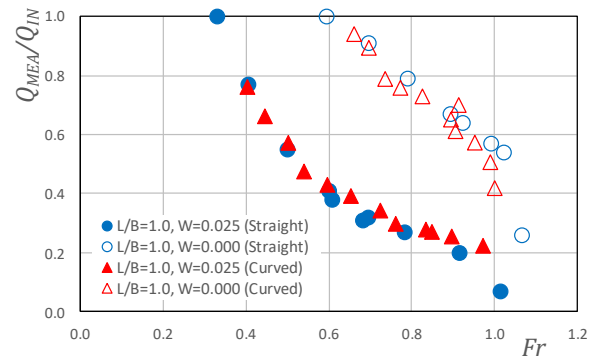


図4 フルード数と横越流量流入流量比の関係

っても、水面観察から横越流堰区間で跳水現象を伴う射流流れが観察されており、直線水路と差異があることが推察される。横越流堰がある場合は、フルード数の増加に伴い流量係数は増加していく傾向がみられ、直線水路よりも大きいことがわかる。

(3) 横越流量流入流量比

直線水路と湾曲水路でフルード数ごとに比較した場合、流量係数に差異が見られた。その理由を(1)式における横越流量と考え、フルード数ごとの流入流量に対する横越流量比を見たものが図4である。横軸には図3と同様にフルード数を、縦軸には流入流量における横越流量の比（以下、横越流量流入流量比）を用いている。なお、図中の描点は相対堰長 (L/B) と横越流堰高ごとに示し、直線水路と湾曲水路を比較している。図から横越流堰がない場合は、直線水路はフルード数の増加に伴い、横越流量流入流量比は直線的に低下し、射流域で急低下する。湾曲水路は直線水路と比較してフルード数 $Fr = 0.9$ 付近から低下しており、図3と同様の傾向が見られる。横越流堰がある場合は、フルード数 $Fr = 0.6$ 以上で湾曲水路は直線水路より横越流量流入流量比が小さくなる。

4. おわりに

本研究では、直線水路と湾曲水路を同条件で実験を行い、流量係数におけるフルード数の依存性について比較した。得られた知見は以下の通りである。

- ・横越流堰がない条件では同程度の流量係数を示し、本実験条件下で $Fr = 0.9$ 付近では異なる。
- ・横越流堰がある条件では湾曲水路の流量係数は直線水路のものより大きくなる。
- ・横越流量流入流量比で比較した場合、 $Fr = 0.6$ 以上で湾曲水路は直線水路より横越流量流入流量比が小さくなる。