

湾曲した矩形断面水路の横越流に関する実験的研究

山口大学大学院 学生会員 ○馬場園寛徳 五洋建設 重森良太
山口大学工学部 河元信幸 山口大学大学院理工学研究科 朝位孝二

1. 緒論

我が国では、河川の氾濫について様々な対策がされてきた。その一つとして、ハザードマップの作成が挙げられる。このハザードマップを作成するにはコンピュータを用いた氾濫解析が行われる。

氾濫解析では河川の堤防を一部破堤させるが、このときに堰公式が用いられる。堰公式は直線河道を対象とした横越流公式、もしくは正面越流公式が準用される。しかし、実際の河川は蛇行しており、従来の公式の適用に問題がある。また、蛇行した河川に対する横越流公式はまだ提案されていない。

本研究では、蛇行した河川の横越流公式を提案することを目的として、一様矩形断面水路の直線水路と一定曲率の湾曲水路の模型を製作し、流量・堰幅・堰高を系統的に変えて横越流実験を実施する。

この実験結果から、両水路の比較・検討を試み、蛇行性を含む水路の水理特性を考察する。加えて、与えられた実験条件の範囲で堰公式を提案し、その精度を検証する。

2. 実験概要

実験水路には水路勾配(i)=1/1000 のアクリル製水路を用いる。直線水路・湾曲水路ともに水路幅(B)=10cmとする。直線水路については図-1、湾曲水路については図-2に示すとおりである。堰の形状は図-3、4に示すとおりである。

測定にはポイントゲージを用いて水路内と堰上の水深を計測した。このとき、横越流流量(Q_s)もあわせて計測した。実験条件は表-1に示すとおりである。

3. 実験結果と考察

3-1 水面形の計測結果

測定した水路内の水深データを用いて水面形を作成した。両水路を比較すると、同流量時において湾曲水路内の水深の方が深くなることが確認できた。これは水路形状による湾曲効果からだと考えられる。また、この湾曲効果は水路横断面にも影響を及ぼし、円弧外側に向けて水面形が高くなっていく傾向がみられた。

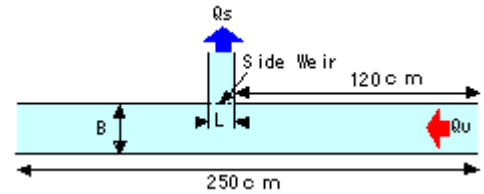


図-1 直線水路図

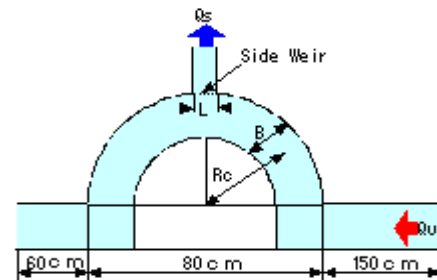


図-2 湾曲水路図

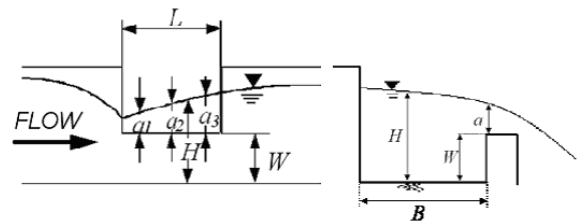


図-3 横越流堰正面図

図-4 立面図

表-1 実験条件

	流入流量 Qu (cm³/sec)	横越流堰形状	
		堰幅 L (cm)	堰高 W (cm)
直線水路	3500, 4000 4500	5, 10, 20	0, 2, 4, 6, 8
灣曲水路		5, 10	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
		20	0, 5, 10

3-2 横越流流量と堰形状の結果

横越流流量と堰高の関係を図-5に示す。横軸に流量配分比(Q_s/Q_u)、縦軸に水深堰高比(堰高と、堰がないときの水深の比(W/H_0))を用いる。

図-5から、流量配分比の増加量は直線水路・湾曲水路ともに堰高や堰幅に影響されることがわかった。特に湾曲水路ではその影響を大きく受けており、堰幅が5cmから10cmに拡張したときの流量配分比の増加量は直線水路の約2倍であることが確認できる。また、

湾曲水路について堰幅が10cmから20cmに拡張したとき、流量配分比に大きな差異は認められなかった。したがって、横越流流量の割合は流入流量の6割程度が限界値と考えられる。

4. 堰公式の提案

本研究で用いた堰形状は四角堰である。この場合、越流流量は越流水深の $3/2$ 乗に比例する。そこで、式(1)のような越流流量公式（本間の堰公式）を提案し、その適用性を検証する。

$$Q_s = C\sqrt{2g}L(\bar{a})^{3/2} \quad (1)$$

$\bar{a}$: 図-3に示す越流水深 a_1, a_2, a_3 の平均

まず、式(1)を変形し、測定した越流流量と越流水深を代入して流量係数(C)を求めた。この結果を完全越流状態の条件でデータ整理し、図-6に示す。

湾曲水路では、堰高と水路幅のアスペクト比(W/B)が大きくなるほど、ばらつきが大きくなり、このまま堰公式に適用することは困難であると考えられる。そこで、湾曲水路ではW/Bについて以下のような条件を設けて流量係数の定式化を試みた(図-7参照)。

$$C = 1.15\frac{W}{B} + 0.476 \quad \frac{W}{B} \leq 0.4$$

$$C = 0.936 \quad \frac{W}{B} > 0.4$$

なお、直線水路では本間の堰公式 $C=0.35$ を用いる。定式化して求めた流量係数を式(1)に代入し、導出した横越流流量の理論値(Q_t)と実験値(Q_s)を比較したところ、図-8のような結果が得られた。直線水路と比較して、湾曲水路では精度が低いことが確認できた。

5. 結論

湾曲水路の水理特性として、水路内の水深は深くなり、さらに湾曲効果により水面形は不安定となる。また、横越流流量の増加量は堰形状と密接な関係にあり、特に湾曲水路でその影響が大きい。

堰公式への適用については、直線水路では良好な精度が得られた。一方、湾曲水路では流量係数に条件を設けて定式化することである程度の精度が得られた。しかし、実用化するためには更にパラメーターを増やして解析する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 椿東一郎著：基礎土木工学全書6水理学I

- 2) 室田明、福原輝幸、鋤田義浩：横越流堰の越流流量の評価に関する研究

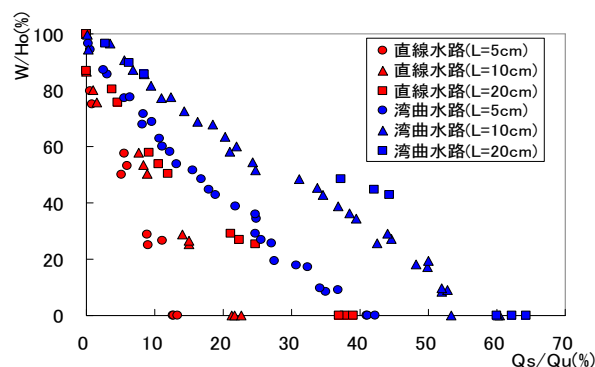


図-5 流量配分比と堰高の関係

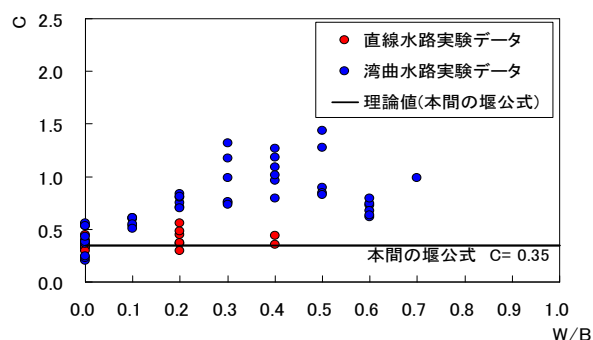


図-6 流量係数

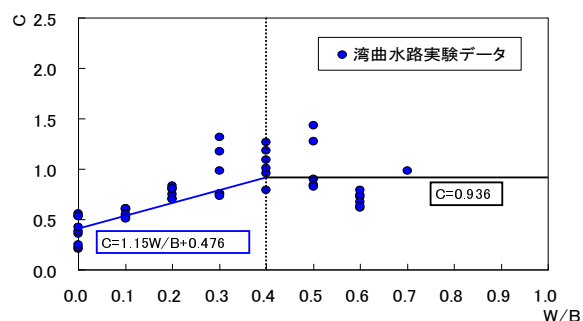


図-7 流量係数の定式化(湾曲水路)

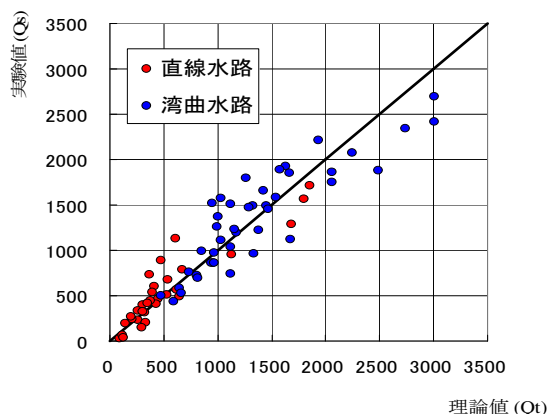


図-8 越流公式の理論値と実験値の比較