

主流方向に角度を有する横越流堰の分流率に関する実験的研究

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
九州工業大学工学部	学生員	木田宜慶	

1. はじめに

横越流堰は都市河川における洪水調節池への分流工として多く採用されているが、堰を越流する水流の方向が堰の法線方向と角度を有するため、分流効率は良いとはいえない。本研究は、主水路から横越流堰へ分流する際の流向に着目し、横越流堰を河道に対して角度をつけて設置する構造を提案するとともに、この角度が越流量にどう影響を与えるかを実験的に検討した。

2. 実験装置および方法

実験装置の概要を図-1 に示す。本実験で使用する水路は全長 5.5m、水路底面幅 $B=11.5\text{cm}$ 、平均水路床勾配 1.2‰、横断面形状が矩形の木製水路である。地下タンクよりポンプで高架水槽に送られた水は、流量調節用バルブによって所定の流量となり、水路上流端の量水槽に下部から流入する。その後、接続部を経て水路に流入するが、量水槽にはステンレス製の四角堰が設置されており、この四角堰を越流する際の越流水深を測定することで水路への流入量を確認できるようになっている。水路へ流入した水は、水路中央部の河道右岸側に設置されている横越流堰によって、流量の一部が越流して調節池へ、残りは河道を下流側へ流下する。流下した水は量水枡を経て地下タンクに、横越流堰で越流した水は調節池内の排水パイプによって地下タンクに還元される。

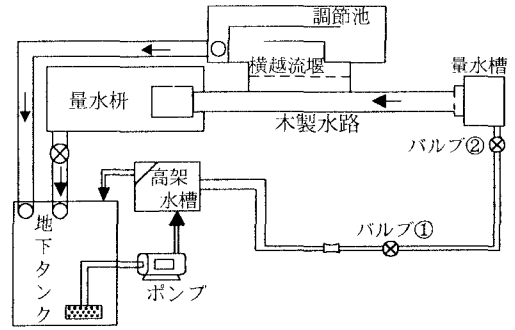


図-1 実験装置の概要

横越流堰近傍の概要を図-2 に示す。本実験で用いる横越流堰は厚さ 3.0mm、先端を 45° に尖らせて頂点を水平に加工した刈型堰である。分流支川の始端は、本川入口から 350cm の地点に設置されている。また、本川と分流支川とは角度 θ で接続されており（以後、この角度を堰角度と呼ぶ）、横越流堰は分流支川の側壁に対して直角に設置されている。これにより堰長 L' は、 $\theta=90^\circ$ のときの堰長（以後、これを堰区間と呼ぶ）を L とすると以下ようになる。

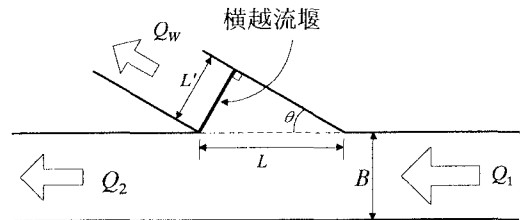


図-2 堰の形状 (x=350cm 地点)

$$L' = L \cdot \sin \theta \quad (1)$$

本実験における変化パラメータについて ¹⁾、堰角度 $\theta=40^\circ \sim 90^\circ$ 、堰上流端水深 $y_1=5, 7, 9\text{cm}$ 、堰上流端 Froude 数 $F_1=0.4 \sim 0.8$ 、堰区間 $L=15, 20\text{cm}$ とそれぞれ系統的に変化させて実験を行った。堰上流および下流端の水深は超音波式変位センサーを用いることで測定した。また上流側流量は四角堰を越える越流水深を基に、下流側流量は量水枡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. 実験結果および考察

図-3 に、堰区間 $L = 20 \text{ cm}$ 、堰上流端水深 $y_1 = 5 \text{ cm}$ での堰角度 θ (deg.) と分流量 Q_w/Q_1 の関係を示す。この図において、横軸に堰角度 θ を、縦軸に分流量 Q_w/Q_1 をとり、堰角度の変化が分流量にどのような影響を及ぼすのかを検討した。この図を見ると、どの上流端 Froude 数でも、堰角度 $\theta = 90^\circ$ のときより $\theta = 60 \sim 70^\circ$ 近辺の方が分流量 Q_w/Q_1 が大きくなっている。また分流量が最大となる点は、上流端 Froude 数が大きくなるに伴い、堰長の小さくなる方向にずれていることが読みとれる。

この分流量の変化について、堰角度 $\theta < 70^\circ$ 程度までは堰長 $L' (= L \sin \theta)$ の変化がそのまま Q_w/Q_1 の変化に起因していると考えられ、堰長が長くなればその分だけ越流量も大きくなる。だが、 $\theta > 70^\circ$ になると L' は大きくなるが Q_w/Q_1 は逆に小さくなっている。この原因について、堰角度が大きい際に堰始端において流れが剥離を起こしていることが考えられる。そこで各堰区間および堰上流端水深における堰角度 θ (deg.) - 分流量 Q_w/Q_1 グラフ (計 6 パターン) から、各 Froude 数において Q_w/Q_1 が最も大きくなると予想される点をそれぞれ読みとった。そして、開水路漸拡流において導いた剥離公式³⁾ (ここに、 $2\theta_0$: 拡幅角, B_0 : 上流水路幅, L_0 : 拡幅長さ, F_{r0} : 上流側 Froude 数)、

$$2\theta_0 = 19.1(L_0/B_0 \times F_{r0})^{-1/3} \quad (2)$$

を参照して、図-4 の両対数グラフにおいて縦軸に $2 \cdot \theta \text{ max (deg.)}$ を、横軸に $F_1 \cdot L/B$ を取り、読みとったデータをプロットした。ここで同図には L の違いを考慮している。よってこの図より、各堰区間 L における剥離公式はそれぞれ以下のように求められた。

$$L = 15 \text{ cm} : 2 \cdot \theta \text{ max} = 132.22 \cdot \left(F_1 \cdot \frac{L}{B} \right)^{-0.1253} \quad (3), \quad L = 20 \text{ cm} : 2 \cdot \theta \text{ max} = 135.33 \cdot \left(F_1 \cdot \frac{L}{B} \right)^{-0.1206} \quad (4)$$

4. おわりに

以上の結果より、横越流堰による分流がどのようなパラメータによって規定されているかがある程度把握できた。そして、河川および水路において分流量と堰上流端 Froude 数を指定すれば、横越流堰に関する堰区間および堰角度が決定できるようになった。このことは、実際の横越流堰の建設に際して最も重要となる、堰の形状を決定するのに非常に有効になると考えられる。

ただ、変化パラメータのひとつである堰区間 L による差が見られるので、 L をさらに変化させて一般化を図りたいと考えている。

参考文献

- 1) 浦 勝, 小野博基, 秋山壽一郎, 坂本 真: 台形断面水路に設置された横越流堰の流量式と係数, 水工学論文集, 第 42 巻, pp.691-696, 1998.
- 2) 鬼束幸樹, 浦 勝, 秋山壽一郎, 坂本 真, 政徳克志: 開水路漸拡流の水利特性量の流下方向変化に関する実験的研究, 土木学会論文集, 545/II-36, pp.43-54, 1996.

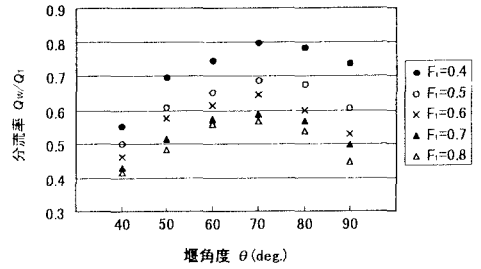


図-3 堰角度 θ (deg.) と分流量 Q_w/Q_1 の関係

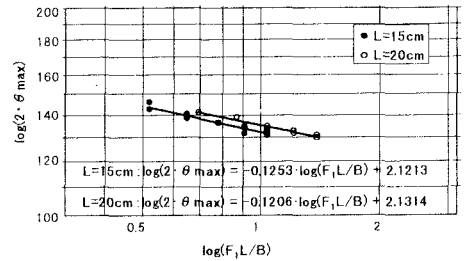


図-4 $F_1 \frac{L}{B} - 2 \cdot \theta \text{ max}$ グラフ (両対数)