横越流堰区間の流動特性

大阪大学工学部　正員　室田　明
福井大学工学部　正員　福原輝幸
昭和電工（株）　正員　鋤田義浩
鹿島建設（株）　正員○内田典男

1．はじめに；　横越流堰は遊水池等の分水機能に広く用いられているが、堰区間の流れの水理学的性状に関する基礎的考察は未だ十分であるとは言えない。本文は、従来の一次元漸変流方程式から得られる水面形の問題点を検討するとともに、越流特性を考慮した水面形方程式を構築するための基礎資料を得ようとするものである。

2．実験方法；　幅0.5m，長さ20m のアクリル樹脂製矩形断面水路を、仕切板で幅0.2m の主水路と0.284mの越流路に分割して実験を行った。横越流堰にはアクリル製45度刃型堰を用い、水路勾配は1/1500とした。

3．基礎方程式と越流水束の持つ運動量の評価；　運動量解析により次の基礎方程式が得られる。

$$\frac{dQ}{dx} + q = 0 \tag{1}$$

$$\frac{dh}{dx} = \frac{s - \frac{Q^2}{C^2RA^2} + \frac{\beta Q^2}{gA^3}\frac{\partial A}{\partial B}\frac{dB}{dx} + \frac{\beta pqQ}{gA^2}}{1 - \frac{\beta Q^2}{gA^3}\frac{\partial A}{\partial h}} \tag{2}$$

$$p = 2 - \frac{u_w}{\beta \bar{u}} \tag{3}$$

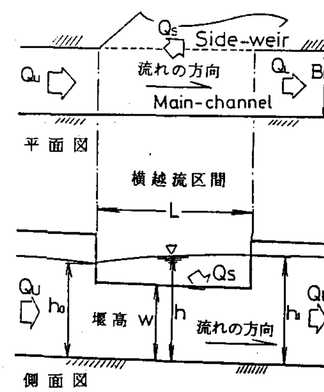


図-1　流れの模式図

ここでu_wは堰上での流下方向流速、$\bar{u}$は主水路の断面平均流速、pは越流による運動量の変化の大きさを表す係数である。従来は、越流に伴う運動量の損失を無視するp＝2（u_w＝0）、あるいは、$u_w = \bar{u}$とするp＝1の計算法が用いられてきた。しかしながら、この二つの方法は越流の状態を考慮することなく導かれている。そこで、図-2に示す越流角θを用いて越流水束のモデルを考える。流出量に関する連続条件も満たすように、

$$q \cdot \delta x = v \cdot \cos\theta (h' - W) \cdot \delta x \tag{4}$$

（h'-W: 堰上の越流水深，v：越流代表流速）

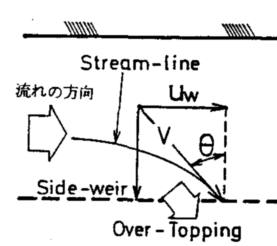


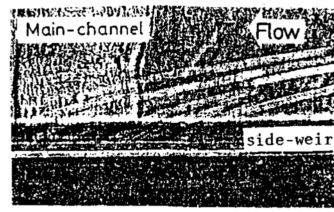
図-2　越流角θ（平面図）

と表すことによりu_wを求める。ここで問題となるのが、h'-Wとθの評価である。h'-Wについては、堰上で近似的ではあるがフルード数が1という仮定から、vとh'-Wの関係を導くことができる。θについては以下に考察する。

4．越流角θに関する考察；　越流水は写真-1に示すごとく鋭角に堰を横切ることがわかる。この写真は水表面での越流を表しているが、越流角は同一x地点でも水深方向にか

Akira MUROTA, Teruyuki FUKUHARA, Yoshihiro SUKITA and Norio UCHIDA

なりの変化が見られる。そこで、図-3に示すように水表面の越流角θ_Sと堰高さ近傍の越流角θ_Bを測定し、その平均値を各x地点のθと考える。図-4にθの流下方向変化の例を示す。θ_Sは堰上下流端付近を除くとほぼ一定であるが、θ_Bは上流端付近と下流端付近で15～20度程度の差が生じる。そのためθにも流下方向変化が生じるのであるが、その変化を統一的に表すのが困難であること、および計算の簡便さより、ここでは、θの堰区間平均値を代表値として計算に用いた。



写真－1（平面図）

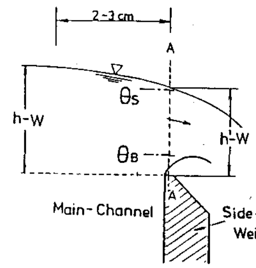


図-3　堰近傍の流れの模式図

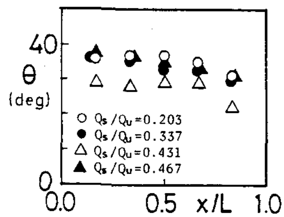


図-4　θの流下方向変化

5．結果および考察；　図-5に実際の水面形と計算により求めた水面形の比較の例を2種類示す。越流量公式は通常の堰公式

$$q = \frac{2\sqrt{2g}}{3} Cw(h - W)^{1.5} \qquad (5)$$

を採用し、流量係数Cwは実測値を用いている。図面（a），（b）はそれぞれ、Qs／Qu（Qs：総越流量，Qu：上流流量）の大きい場合と小さい場合である。丸印が実測で、実線が本計算モデルで、破線がp＝1で、一点鎖線はp＝2で計算した水面形である。p＝2では、堰区間を通じて実測より下側に現れる。p＝1では、Qs／Quが大きい場合、堰上流端付近で上側に堰下流端付近で下側にずれ、ほぼ直線変化している。実際に、実測の水面勾配と越流量を用いてpの値を求めた結果が図-6である。図中、直線は本モデルによる計算値である。図-6より、pの値は堰区間を通じて1で一定というわけではなく、上流側で1より大きく下流側で1より小さくなるような傾向にある。このような従来の計算法に比べて、本計算モデルは、水面形およびpの値ともにその定性的特徴を良く再現していることがわかる。以上、計算例の少ない段階の議論ではあったが、越流水束の有する運動量についての精度が、越流区間の水面形、ひいては越流量の精度に反映することが示されたと言える。なお、現在、θを実用的に基礎式に組み込むべく、その特性を検討中である。

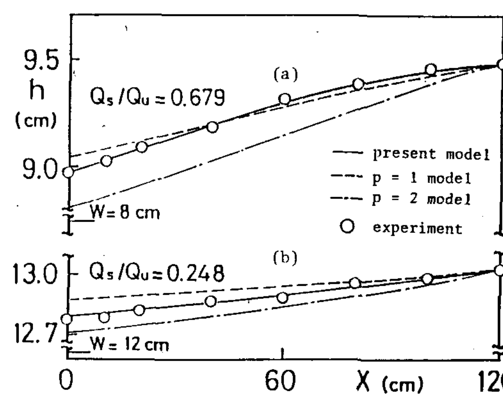


図-5　堰区間の水面形の計算例

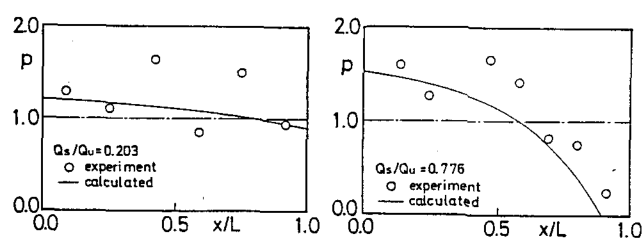


図-6　pの流下方向変化

（参考文献）　1）中川ら；横越流堰の越流特性について，京大防災研年報第11号B，pp.249～265