H3-4

# 常流中の横越流堰の分配流量および上・下流端水深間の関係の推定に関する検討

**Experimental investigation on controlled discharge and up – and downstream depths of side weir**

○細川康司[1]，安田陽一[2]

*Kouji Hosokawa[1], Youichi Yasuda[2]

Abstract: This report presents the prediction for controlled discharge and the relationship between up-and downstream depths of side weir. The experimental results yield that the discharge coefficient, the controlled discharge ratio, and the water surface slope could be approximated by experimental equations. Further, the relationship between up- and downstream depths of side weir could be predicted by using the experimental equations in theoretical approach.

## １．はじめに

近年，急激に都市化が進み，流域内の保水能力が大幅に低減したため，都市河川の氾濫が多発している．この対策として，河道断面の拡幅が挙げられるがそれが困難である場合，横越流を利用した洪水調節池を設置することが有効である[1][2][3]．洪水調節池は，河川の水位が上昇した際に，流量の一部を河道の側岸に設置された横越流堰から越流させ，貯留することで本川の流量を低減させるものである．このように，河川の流量調節をする方法として横越流が利用されている．

従来，常流中の横越流区間における流量係数については Subramanya and Awasthy[4]によって次元解析が行われた．しかしながら，主要水路幅 B と越流堤頂長さ L との比 L/B が 0.3～1 を対象とする検討が多く，L/B が大きい場合の検討がない．さらに，横越流区間の水面勾配および流量分配比に注目し検討しているものはほとんどない．これは横越流区間の比エネルギーを一定と仮定することで流量係数の実験式を用いて流量分配比や水面勾配を推定しているためと考えられる．従来の研究では横越流区間での上下流端の水深間の関係を明らかにしていない．

本研究では横越流堤頂長さを 3 パターンに変化させ，1.9≤L/B≤4.5 の範囲を対象に流量規模を変化させた実験を行い，流量配分および水深間の関係について推定可能にするための検討を行った．

## ２．実験方法

実験は，水路幅 0.80m，長さ 15m，高さ 0.60m を有する長方形断面水路に横越流模型を設置し，**Table 1** に示す実験条件のもとで行った．主要水路を右岸側に横付けするように設け，主要水路上流端から 2m 下流側の左岸側に越流天端厚さ 3cm の横越流部を設けた．越流堤長 L を 1.8 m，1.3 m，0.8 m に変化させて，各横越流堰長 L において $d_c$/L（$d_c$：総流量 Q から定義した限界水深）を **Table 1** に示す範囲で変化させた．横越流部下流側の主要水路内の流量 $Q_m$ を主要水路下流端に設置したポータブル刃型堰の越流水深を測定することにより求め，全流量 Q から $Q_m$ を引くことにより，横越流量 $Q_s$ を算定した．横越流部上下流端の水深およびポータブル刃型堰の越流水深はポイントゲージを用いて測定した．

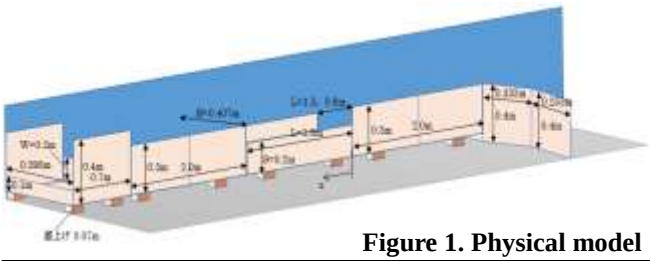

**Figure 1. Physical model**

**Table 1.** Experimental conditions

| 横越流堤長 | L/B | dc/L | 主要水路幅B(m) | 堰上げ高さS(m) |
|---|---|---|---|---|
| 1.8 | 4.42 | 0.013～0.082 | 0.407 | 0.2 |
| 1.3 | 3.19 | 0.013～0.098 | 0.407 | 0.2 |
| 0.8 | 1.97 | 0.022～0.139 | 0.407 | 0.2 |

## ３．横越流に関する理論的アプローチ

横越流量および横越流部上下流端の水深の関係について考える．主要水路の流れは常流とする．横越流堰を通過するときの水路内の流量 Q とすると，横越流する単位長さ当たりの流量 q は次のように示される．

$$-\frac{dQ}{dx} = q = C\frac{2}{3}\sqrt{2g}h^{\frac{3}{2}} \qquad (1)$$

ここに，C は流量係数，h は任意な位置 x における越流水深である．比エネルギーE は次式で示される．ただし，横越流区間では水路内の流れの比エネルギー E を一定としている．

$$E = h + S + \frac{Q^2}{2gB^2(h+S)^2} \qquad (2)$$

横越流区間の水面を直線近似し，次式に仮定する．

$$H = h + S = H_1 + (H_2 - H_1)\frac{x}{L} \qquad (3)$$

(3)を(1)に代入し積分し，境界条件を用いると，横越流堰からの横越流量 $Q_s$ が次のように示される．添え字 1 は横越流区間の直上流部の位置を示し，2 は直下流部の位置を示す．

$$Q_s = \frac{4}{15}C\sqrt{2g}\frac{L}{H_2 - H_1}\left[(H_2 - S)^{\frac{5}{2}} - (H_1 - S)^{\frac{5}{2}}\right] \qquad (4)$$

また，比エネルギーE が一定より，次式が得られる．

$$H_1 + \frac{Q^2}{2gB^2{H_1}^2} = H_2 + \frac{(Q - Q_s)^2}{2gB^2{H_2}^2} \qquad (5)$$

(5)式は理想流体と仮定して横越流部上下流端の関係を示したものである．

１：日大理工・学部・土木，２：日大理工・教員・土木

## 4．実験結果

流量係数 C について，C=f($d_c$/L，L/B)の関係で整理したものを **Figure 2** に示す．図に示されるように，C は L/B によらず，$d_c$/L により変化し，(6)式で近似される．

$$C = 0.555 - \frac{0.00014}{\left(0.024 + \frac{d_c}{L}\right)^{2.25}} \qquad (6)$$

適用範囲：1.9≦L/B≦4.5, 0.01≦dc/L≦0.14

横越流部より流れる流量 $Q_s$ と横越流下流側の主要水路を流れる流量 $Q_m$ との流量分配比 $Q_s/Q_m$ について $Q_s/Q_m$=f($d_c$/L，L/B)の関係に従って整理したものを **Figure 3** に示す．$Q_s/Q_m$ は $d_c$/L が大きくなるほど数値が小さくなり，L/B が大きくなるほど流量分配比が大きくなる．L/B が大きくなることによって横越流の排水能力が高まり，$Q_s/Q_m$ が大きくなったと推定される．$Q_s/Q_m$ は，次式で近似される．

$$\frac{Q_s}{Q_m} = \left(18.9\frac{L}{B} + 12.72\right)\left(\frac{dc}{L}\right)^2 - \left(4.65\frac{L}{B} + 5.45\right)\left(\frac{dc}{L}\right) + 0.686\frac{L}{B} + 0.905 \qquad (7)$$

適用範囲: 1.97≦L/B≦4.42, 0.0136≦$d_c$/L≦0.139

水面勾配 Δh/L(Δh(=$H_1 - H_2$))について Δh/L=f($d_c$/L, L/B)の関係に従って整理したものを **Figure 4** に示す．Δh/L は $d_c$/L が大きくなるほど負の方向へ大きくなり，L/B が大きくなるほど水面勾配 Δh/L は負の方向へ大きくなる．これは，$Q_s/Q_m$ が大きくなり，Δh/L が上り勾配になりやすくなったものと推定される．水面勾配 Δh/L は次式で近似される．

$$\frac{\Delta h}{L} = -\left(0.0847\frac{L}{B} + 0.244\right)\left(\frac{d_c}{L}\right)^2 + \left(-0.0146\frac{L}{B} + 0.0327\right)\left(\frac{d_c}{L}\right) - 0.00102\frac{L}{B} + 0.00601 \qquad (8)$$

適用範囲: 1.97≦L/B≦4.42, 0.0136≦$d_c$/L≦0.139

(6),(7),(8)式を関数形で表示したものを(9),(10),(11)に示す．また，(4),(5)式を無次元化したものを(12),(13)式を示す．

$C=f_1(d_c/L)$ (9)

$Qs/Qm = f_2(d_c/L, L/B)$ (10)

$\Delta h/L=f_3(d_c/L, L/B)$ (11)

$$\frac{Q_s}{Q_m} = C\,\frac{4}{15}\sqrt{2}\,\left(\frac{L}{d_c}\right)^{\frac{3}{2}}\frac{L}{B}\left(1 + \frac{Q_s}{Q_m}\right)\frac{L}{\Delta h} \times \left[\left(\frac{H_2 - s}{L}\right)^{\frac{5}{2}} - \left(\frac{H_1 - s}{L}\right)^{\frac{5}{2}}\right] \qquad (12)$$

$$\frac{1}{2}\left(\frac{d_c}{L}\right)^3\left(1 + \frac{Q_s}{Q_m}\right)^{-2}\left(\frac{H_1 - s}{L} + \frac{B}{L}\cdot\frac{s}{B}\right)^{-2} = \frac{\Delta h}{L} + \frac{1}{2}\left(\frac{d_c}{L}\right)^3\left(\frac{H_2 - s}{L} + \frac{B}{L}\cdot\frac{s}{B}\right)^{-2} \qquad (13)$$

(9),(10),(11) 式を (12),(13) 式に代入し，($H_2$-S)/L = f(($H_1$-S)/L, L/B)の関係について整理したものを **Figure 5** に示す．図に示されるように，推定結果（図中実線）と実験結果は良い一致が見られ，横越流堰上・下流端の水深間の関係が推定できる．

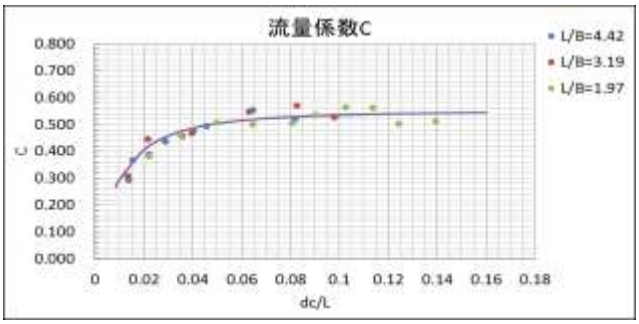


**Figure 2. Relation of C=f($d_c$/L,L/B)**

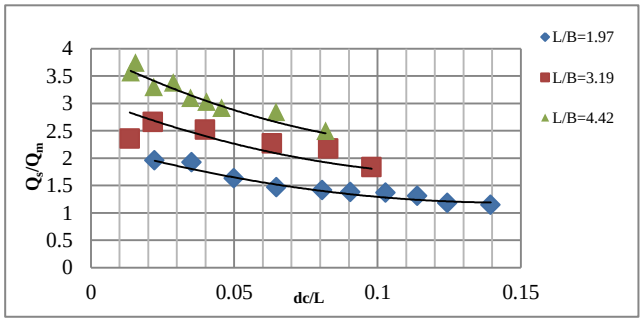


**Figure 3. Relation of $Q_s/Q_m$=f(dc/L, L/B)**

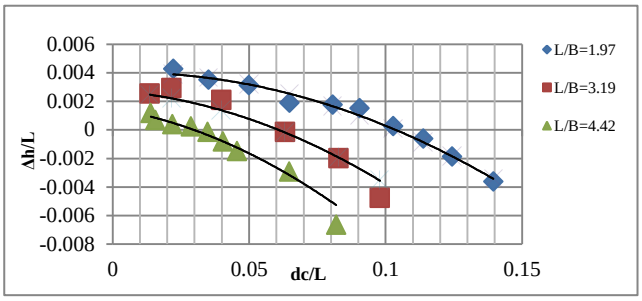


**Figure 4. Relation of Δh/L=f($d_c$/L, L/B)**

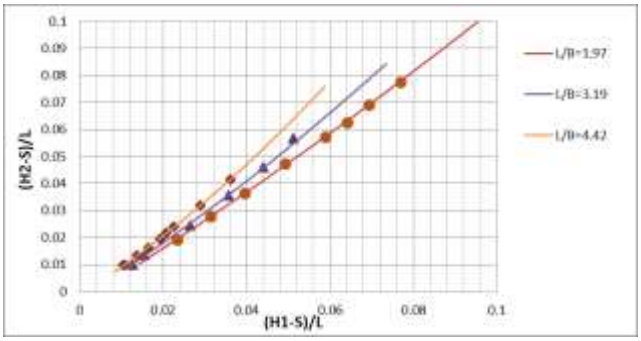


**Figure 5. Relation of ($H_2$-S)/L=f(($H_1$-S)/L, L/B)**

## 5．参考文献

[1]浦勝，木田宜慶，秋山壽一郎，森山宏孝：主流に対して角度を有する横越流堰の流量係数，水工学論文集，第 44 巻，pp. 545−550，2000.

[2]鬼束幸樹・秋山壽一郎・常松智博・俣賀円：相対堰高がゼロで接近流が常流の場合の横越流堰の流量係数 水工論文集，第 49 巻，2005.

[3]鬼束幸樹，秋山壽一郎，常松智博，武田雅俊：接近流が常流の場合の横流出を伴う流量式，水工学論文集，第 48 巻，pp. 529−534，2004

[4] Subramanya, K., and Awasthy, S.C., Spatially varied flow overside weirs, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol.98, No.1, pp.1-10, 1972.