

鉛直ゲートで同時生起する底流と越流の流量の個別評価について

松江工業高等専門学校 正会員 ○荒尾 慎 司
 第一復建(株) 野田 誠
 第一復建(株) フェロー会員 羽田野袈裟義

1. はじめに

用水路の流れの制御構造物はスルースゲートと越流堰に代表される。スルースゲートは大流量の調整に適するが、小流量の調整に不向き、浮遊物の捕捉、およびゲート扉体の上下動に要する大きな動力が課題である。越流堰は堰上げによる上流水路内の大きな貯留効果で有利であるが、大きい流量の放流に不向き、ゲート上流の土砂の堆積が課題である。

藤山・中矢¹⁾はスルースゲートと越流堰の利点を活かし弱点を減ずる方法として、スルースゲート扉体上部に切り欠き状の越流部を設け、この切り欠き深さの調整により水位・流量の制御を行なう方式を提案している。この方式は流域治水の点からも合理的とみられ実用化が期待される。

本研究では、この形態の構造物の水理に関する藤山・中矢の実験の流量計算を試みた。計測の精度が不十分と考えられるため底流と越流の流量を個別に既往の提案式から見積もることを試みる。

2. 実験の概要¹⁾

実験は幅 0.21m の長方形水路に図 1 に示す堰板を設置して、ケース 1 (底流)、ケース 2 (越流)、ケース 3 (底流+越流) で行われている。ケース 1 と 3 のゲート開度 a は 0.02m で共通、堰高 h_d はケース 2 で 0.14m、ケース 3-1~3-4 でそれぞれ 0.16m、0.17m、0.18m、0.19m である。実験は底流が自由流出について行われており、水路流量、ゲート上流水位が測定されている。ケース 3 では [堰越流部の直上流 1cm 範囲の通水断面中心部 1 点でプロペラ流速計で計測した流速] と [越流水深と堰越流幅から算出した通水断面面積] の積を用いて越流量の概略値が得られ、この越流量を水路流量から差し引いて底流の流量が見積もられている。越流量の評価が正確でないことが藤山・中矢¹⁾の評価結果に影響を及ぼしていることが後出の図 4 (a) から示唆される。

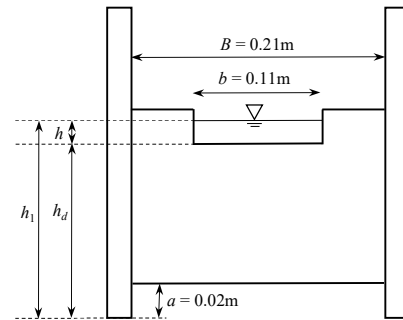
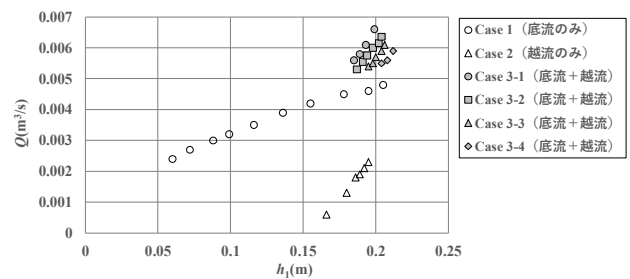


図 1 水路断面と構造物の図

図 2 流量 Q と h_1 の関係の再現図

3. データ解析

データ解析は藤山・中矢¹⁾の論文中の図を再現した図 2 を基本データとして行った。まず、底流のみのケース 1 および越流のみのケース 2 について最も適切と思われる次の既往の式を用いて流量を計算した。

$$\text{底流}^2): \quad \frac{h_c}{a} = \frac{-\beta + \sqrt{\beta^2 + 4\alpha(h_0/a - \gamma)}}{2\alpha} \quad (1)$$

$$\alpha = 5.162, \beta = -6.173, \gamma = 2.921 \quad (2a)$$

$$(0.647 \leq h_c/a \leq 1.663; 1.09 \leq h_0/a \leq 6.93)$$

$$\alpha = 7.728, \beta = -13.183, \gamma = 7.481 \quad (2b)$$

$$(1.663 \leq h_c/a \leq 3.039; 6.93 \leq h_0/a \leq 38.8)$$

ここに、 h_c は限界水深 (底流量)、 $h_0 = h_1$ である。

$$\text{越流}^3): \text{四角堰} \quad Q_W = Kbh^{3/2} \quad (3)$$

$$K = 1.785 + \frac{0.00295}{h} + 0.237 \frac{h}{h_d} - 0.428 \sqrt{\frac{(B-b)h}{h_d B}} + 0.034 \sqrt{\frac{B}{h_d}} \quad (3a)$$

キーワード ゲートの水理、底流・越流の共存場、個別流量評価、運動量の定理、堰公式

連絡先 〒812-0006 福岡市博多区上牟田 1-17-9 第一復建(株) 野田 誠 TEL 092-412-2234

図3はケース1(底流のみ)とケース2(越流のみ)についてそれぞれ式(1)および(3)による流量の計算値を用いて実測値との比を図示したものである。なお、実験は四角堰の堰公式の適用範囲外である。図によると、底流の流量評価式はかなりの精度で実測値を再現するが、越流の流量評価式は過大評価となる。堰の流量公式の適用で注意すべきこととして、図1のように堰板の下に開口がある場合でも、堰高は水路底と堰頂との高低差を使用しなければならない。

次にケース3(底流+越流)について、底流の流量 Q_0 を式(1)、越流の流量 Q_w を式(3)により個別に計算して評価した結果を図4に示す。図には藤山・中矢¹⁾が全流量と1点でのプロペラ流速計による流速測定から見積もった越流量を用いて求めた底流流量と越流流量を併記している。図4(a)の解釈で重要な

ことは、ケース3の実験がすべてゲート開度0.02mで行われていることである。ゆえに、ゲートからの自由流出の流量 Q_0 は、水理的には堰高の如何に関わらず、ゲート上流水深 h_1 により一義的に定まるはずである。式(1)による評価結果はこの関係を表現しているが藤山・中矢¹⁾による流量 Q_0 の評価結果はこの原則と矛盾する。ゆえに、両方の比較では式(1)と(3)による流量評価がより妥当といえる。

次に、上の結果を受けて式(1)による底流の流量評価値と(3)による越流の流量評価値の比 Q_0/Q_w とゲート開度と堰高の比 a/h_d の関係を調べた。その結果を図5に示す。図によると、 a/h_d の増加とともに Q_0/Q_w が減少する傾向が認められる。ただ同一の a/h_d の値でも Q_0/Q_w の値がかなり変動しており、 Q_0/Q_w の値を決定する要因が他にあることを示唆している。

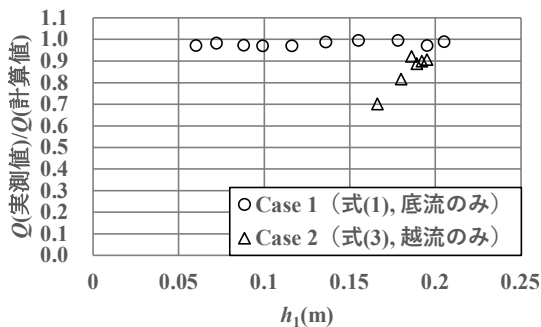


図3 $Q(\text{実測値})/Q(\text{計算値}) \sim h_1$ の関係

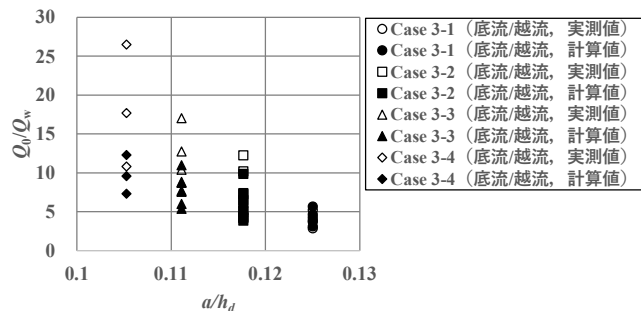
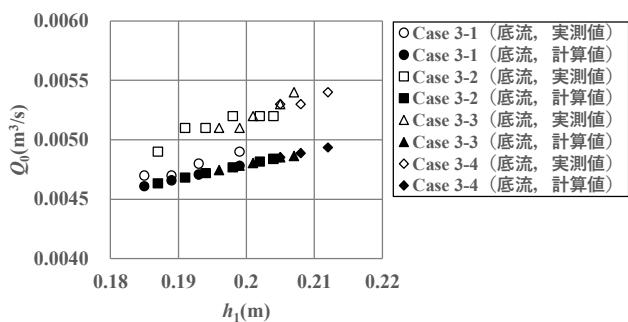
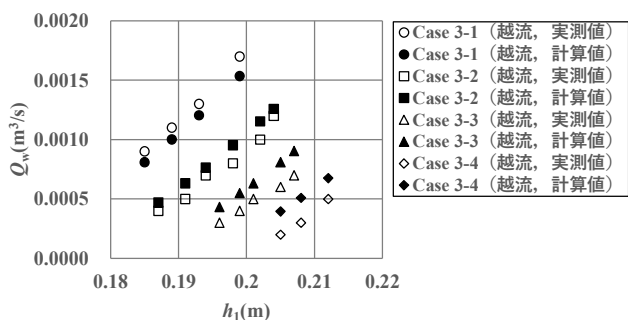


図5 Q_0/Q_w と a/h_d の関係



(a) 底流



(b) 越流

図4 底流と越流の流量の評価結果

4. 結語

以上、鉛直ゲートで同時に生起する底流と越流の機構の将来性に着目し、既往実験結果を用いてそれぞれの流れの流量を対応する既往の流量評価式から個別に算定することを試みた。その結果、流量計算は実験結果を良好に再現した。今後は他の実験データへの適用を試みるとともに、現実の場面でより頻繁に遭遇すると想像される潜り流出や潜り越流を対象に検討する予定である。

参考文献

- 1) 藤山・中矢：底流と越流が複合したチェックゲートの水理特性に関する実験的研究，土木学会論文集 B1，2019.
- 2) 羽田野・荒尾・金守：スルースゲート上流水深の評価式の提案，農業農村工学会論文集，2021.
- 3) 土木学会：水理公式集，平成11年版.