

複合型チェックゲートの流量係数の定式化に関する実験的研究

Experimental Study on Formulation of the Coefficient of Discharge of a Check Gate Combining Orifice and Weir

○藤山 宗*・中矢哲郎*

FUJIYAMA So and NAKAYA Tetsuo

1. はじめに

昨今、発展の著しい ICT を活用した、農業用水の需要を考慮した需要主導型の送配水システムの構築が目標とされている。ここでは、開水路系用水路に設置される自動式のチェックゲートと、それを用いた送配水制御手法の開発が必要とされており、これらの課題に対し、底流と越流を用いた水位・流量制御を特徴とするチェックゲート（以降、「複合型ゲート」と称する）の導入が提案されている（藤山・中矢，2019）。本研究では、複合型ゲート模型を用いた水理実験により、流量公式中の流量係数 C の定式化を行うことを目的とする。

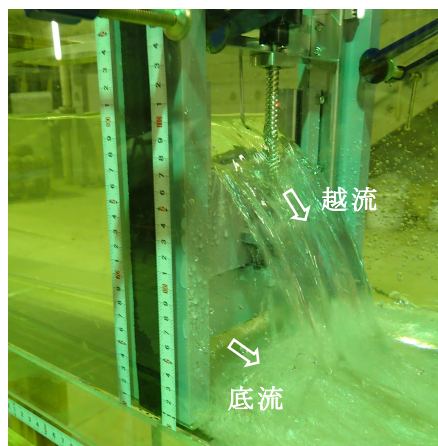


図-1 複合型ゲートの概要
The check gate combining orifice and weir

2. 研究の方法

2.1 複合型ゲートの概要 図-1は、複合型ゲートの概要を示す。本ゲートを用いた水位・流量調整については、スライドゲートの開閉操作に基づくオリフィスを基本とし、流量増加に伴うゲート上流の水位上昇時には、越流セキを併用することを想定している。

2.2 水理実験による流量係数 C の算定方法 実験水路は、水路延長 10m、水路側壁高 0.3m、水路幅 0.25m、水路勾配無しのアクリル製の長方形断面開水路である。実験条件は、ゲート開度 $d=0.02\text{m}$ を固定し、オリフィスとセキの離隔 w を 0.14m, 0.15m, 0.16m および 0.17m に変化させた 4 ケースとした。対象とするゲート下流の流況は自由流出であり、流量の範囲は $0.005\sim 0.007\text{m}^3/\text{s}$ である。また、オリフィスとセキの流量係数 C は、それぞれ式 (1)、式 (2)（椿，1973）を用いて算出した。

$$Q = C \cdot b_1 \cdot d \cdot (2 \cdot g \cdot h_1)^{1/2} \quad (1)$$

$$Q = C \cdot b_2 \cdot h_0^{3/2} \quad (2)$$

ここで、 Q ：流量 (m^3/s)、 C ：オリフィス、セキの流量係数、 b_1 ：ゲート幅 ($=0.21\text{m}$)、 b_2 ：セキ越流幅 ($=0.11\text{m}$)、 d ：ゲート開度 (m)、 g ：重力加速度 (m/s^2)、 h_1 ：ゲート上流水深、 h_0 ：セキ越流水深 (m) である。 C の定式化に際しては、セキについては四角セキの C の実験式として広く用いられている板谷・手島の式（椿，1973）を参考にした。

*農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, National Agriculture and Food Research Organization キーワード：開水路，チェックゲート，水理模型実験

3. 結果と考察

図-2は、オリフィスとセキの離隔 w と流量係数 C の関係を示す。オリフィスの流量係数 C は、 w の増減に関係無く、概ね一定である。オリフィスのみを対象としたケースで得られた C が 0.56 であるのに対し（本稿では図示していない）、複合型で得られた C は 0.58～0.63 であり、一般的なスライドゲートからの自由流出時の流量係数 $C=0.5$ ～0.6 の範囲（椿，1973）と比較しても、大きな差は見られない。一方、セキの C は、 w が小さくなるにつれて大きくなる。セキのみを対象としたケースで得られた C が 1.59 であるのに対し（本稿では図示していない）、複合型で得られた C は 1.17～2.02 であり、複合型の C の変化はセキにおいて顕著に現れることが示唆された。また、セキの C が変化する要因は、オリフィスの流れに起因する速度水頭の変化であることが推察され、この知見は Naudascher (1991) と一致した。なお、本実験における四角セキの寸法は板谷・手島の式の適用範囲外であるため、あくまで参考となるが、本式に基づき算定したセキの C は 1.83～1.91 であり、 w が大きくなるにつれて、実験値との差が大きくなっている。

そこで、板谷・手島の式を修正することによる、複合型 ($d=0.02\text{m}$ ，セキ越流高 $H=0.16$ ～0.19m) におけるセキの C の定式化を試みた。板谷・手島の式は 5 つの項から成り、修正する項を極力少なくすることに留意し定めた修正式が式 (3) である。

$$C = -8.07 + \frac{0.00295}{h_0} + 0.237 \frac{h_0}{H} - 0.428 \sqrt{\frac{0.14h_0}{0.25H}} + 7.48 \sqrt{\frac{0.25}{H-d}} \quad (3)$$

板谷・手島の式に基づく主な修正箇所は、右辺第 1 項の定数を 1.785 から -8.07 への変更と、右辺第 5 項の分母における変数 d の追加である。また、右辺第 2～4 項の変更はないが、セキの形状に関するセキ越流幅や水路幅については第 4 項、第 5 項にてあらかじめ本実験条件を代入している。修正式 (3) を用いて算定した C は 1.14～1.99 であり、図-2 に示すとおり、複合型のセキの C の実験値と概ね一致した。

4. おわりに

今後は、ゲート開度 d を変化させた場合における水理特性の把握と複合型のセキの流量係数 C の定式化に取り組む予定である。なお、本研究は、農研機構生研支援センター「生産性革命に向けた革新的技術開発事業」の支援を受けて実施したものである。

【参考文献】1) 藤山宗，中矢哲郎 (2019)：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 (水工学)，75 (2)，I_457-I_462. 2) 椿東一郎 (1973)：水理学 I，森北出版，188-200. 3) Naudascher, E. (1991)：HYDRODYNAMIC FORCES, HYDRAULIC STRUCTURES DESIGN MANUAL, Vol.3, 247-257.

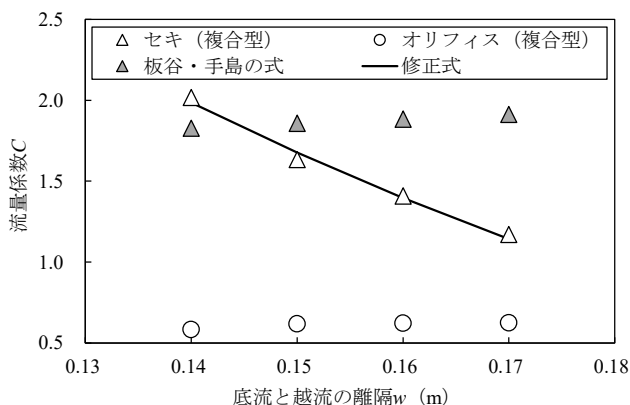


図-2 オリフィスとセキの離隔 w と流量係数 C の関係

The distance w between the underflow gate and overflow weir and the coefficient of discharge C