# 傾斜ゲートの自由流出におけるゲート上流水位の評価

#### 1. はじめに

本研究は前報<sup>1)</sup>に続き治水対策の基礎として傾斜ゲ ートからの自由流出の上流水深の評価を試みる.まず鉛 直なスルースゲートからの流出<sup>2)</sup>と同様に運動量の水 平成分に関する式による取扱いが可能であることを示す. また,流量とゲート上流水深の関係がゲートの傾斜角度 ごとに異なる実験者による結果で共通であることを示す と共に,導入された流体力係数の特性を推定した.

#### 2. 運動量の定理の適用

傾斜ゲートをすぎる流れを図1のようにモデル化する. 水の密度をρ,水路の単位幅あたりの流量をq,重力加速 度をgとしてゲート上流の一様な水深と流速の断面とゲ ート直下流の縮流断面の間の水に運動量の水平成分の収 支式をつくると,図中の記号を用いて,

$$\rho \left( \frac{q^2}{C_c a} - \frac{q^2}{h_0} \right) = \frac{1}{2} \rho g h_0^2 - \frac{1}{2} \rho g (C_c a)^2 - F_D \qquad (1)$$

ここで、 $C_c$ は縮流係数、 $F_D$ はゲートに作用する全水圧の 反作用としてゲートが水を押す力の水平成分である.ま た縮流断面では静水圧分布がほぼ成立するという事実を 踏まえている。名合<sup>3)</sup>を参照して前報<sup>2)</sup>と同様に $F_D$ を 次式で仮定する.

$$F_{D} = K_{D} \frac{1}{2} \rho g \left\{ h_{0} + \frac{1}{2g} \left( \frac{q}{h_{0}} \right)^{2} - a \right\}^{2}$$
(2)

このとき無次元の係数 Ko は次式 (3) で表される.



九州産業大学 フェロー会員 ○羽田野 袈裟義 松江工業高等専門学校 正会員 荒尾 慎司 第一復建(株) 金守 幸吉

ここで $h_c = (q^2/g)^{1/3}$ は限界水深である. レイノルズ数が ある程度大きいと縮流係数  $C_c$ はほぼ一定であること がわかっている 4. ゆえに式 (3) から特定の  $K_D$ の値 に対して次の関係が成立する.

$$\frac{h_0}{a} = F\left(\frac{h_c}{a}\right) \tag{4}$$

### 3. 実験データを用いたパラメータ間の関係の検討

図2は松江高専で行われた実験、Gentilini<sup>3</sup>、および名 合<sup>3)</sup>の実験でえられた $h_0/a \ge h_0/a$ の関係図を示す。図2 よりどの傾斜角においても $h_0/a \ge h_0/a$ の関係は3つの実 験についてほぼ同じ関係となることがわかる。比較的デ ータが揃っている傾斜角について、図2の関係の回帰式 を求めた結果は、 $X=h_0/a$ 、 $Y=h_0/a$  と置いて式(3)で与 えられる。

 $00 \not \gtrsim 1 - 4.0792 \Lambda + 4.9957 \Lambda + 2.0571$ 

 $45 \not{\text{g}}: Y = 4.0011X^2 - 5.6769X + 3.3206$  (5c)

$$30 \notin : Y = 4.4934X^2 - 7.9848X + 5.2024$$
 (5d)





図2 種々の角度での $h_0/a$  と $h_0/a$ の関係





図3 上流水深の実験値と計算値の比

図 3 より式 (5) によるゲート上流水深 h<sub>0</sub>の計算値は割 合良好に h<sub>0</sub>の実験値を表現することがわかる.なお,式 (5) は基本的に次の形である.

$$\frac{h_0}{a} = A \left(\frac{h_c}{a}\right)^2 + B \left(\frac{h_c}{a}\right) + C \tag{6}$$

図には示さないが流量は次式により求められる 2).

$$\frac{h_c}{a} = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4A(h_0 / a - C)}}{2A}$$
(7)

最後に式(2)に導入された流体力係数*K*<sub>D</sub>の値を式(5) と式(3)を組み合わせて求めた.その結果を図4に示す. *h*<sub>0</sub>/a が小さいと*K*<sub>D</sub>には傾斜角の影響が出るが,*h*<sub>0</sub>/a が大 きいとその差が減少する.後者は傾斜面に作用する静水 圧の水平成分と同じ傾向で式(2)の妥当性が示唆される.



図4 傾斜角度と流体力係数 KD との関係

## 4. 結語

以上,本研究では傾斜ゲートからの自由流出を検討した.主要な結果として、いずれの傾斜角でも*ho/aとhda*の関係がゲート開度*a*によらずほぼ一本の2次曲線で表される,ゲートの傾斜が水平に近いほど鉛直ゲートとの比較で無次元上流水深*ho/a*の減少が著しいことを明らかにした.今後、現地への適用を試みる.

#### 参考文献

 羽田野,荒尾,松尾:傾斜型スルースゲートの自由流出に おける傾斜角度の影響,土木学会西部支部研究発表,2020.
羽田野,荒尾,李,天野:スルースゲートをすぎる流れの 運動量の定理に基づく検討,山口大学工学部研究報告, 68(2),2018.

3) 名合:開水路底流型水門の流出機構に関する水理学的研究, 京都大学博士論文, 1973.

4)羽田野,荒尾:実験データの分析によるスルースゲートをす ぎる流れの縮流係数のレイノルズ数依存の検討と流量係数の評 価,農業農村工学会論文集,310,2020.

5) Gentilini,B.:Ecoulement sous les vannes de fond inclineess ou a secteur, La Houille Blanche, France, 3<sup>rd</sup> year, 1947.