

ラジアルゲートからの自由流出のゲートリップ角による水理諸量の評価式

徳山工業高等専門学校 正会員 ○宇根 拓孝
第一復建（株） 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

1. 目的

ゲートの水理は流量評価とともに上流水深の評価が不可欠である。ラジアルゲートからの自由流出を図-1のようにモデル化すると、ゲート上流水深と限界水深（流量）は、ゲート開度で無次元化した場合、2次式の関係があることが示された^{1),2)}。しかし、両者の関係は任意のゲートリップ角に対して定式化されていない。本研究は、ラジアルゲートからの潜り流出の上流水深と流量の評価を最終目的として、任意のゲートリップ角への対応を検討する。さらに、潜り流出の計算に不可欠な縮流係数の評価を試みる。

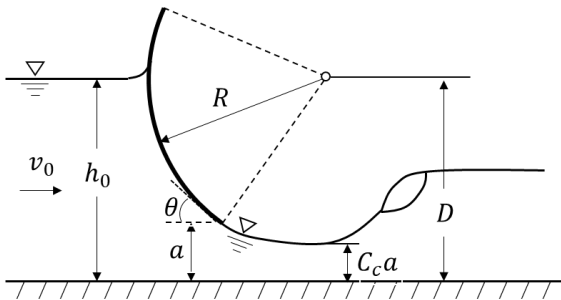


図-1 ラジアルゲートをすぎる流れの模式図

2. 実験データを用いたパラメータ間の関係の検討

図-2 は Gentilini³⁾の論文に与えられた流量係数 C_d と h_0/a の対のデータから単位幅流量を求めて整理し、 h_0/a と h_c/a の関係として示す。図には Toch⁴⁾の実験データを黒で併記している。個々の実験者のデータに注目すると、ゲートリップ角 θ ごとに h_0/a と h_c/a は2次曲線で近似される一定の関係を示すことがわかる。すなわち2つの無次元パラメータは次式で関係づけられる。

$$\frac{h_0}{a} = \alpha \left(\frac{h_c}{a}\right)^2 + \beta \left(\frac{h_c}{a}\right) + \gamma \tag{1}$$

式(1)の中の係数 α 、 β および γ の値はゲートリップ角 θ いて示すと表-1 のようである。

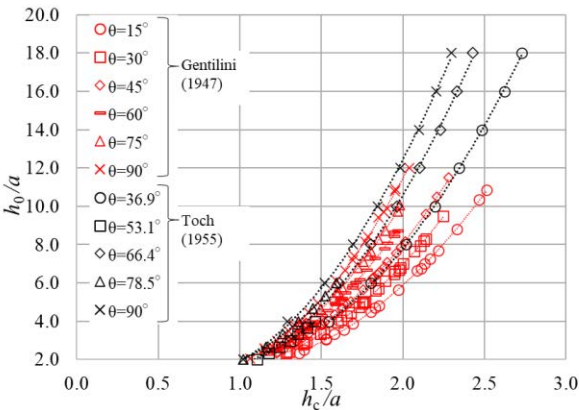


図-2 h_0/a および h_c/a の関係図

表-1 回帰式の係数

θ	15°	30°	45°	60°	75°	90°
α	3.605	3.706	4.522	4.845	5.609	5.914
β	-6.678	-5.726	-7.310	-7.131	-8.533	-8.117
γ	4.824	3.605	4.570	4.049	4.835	4.045

3. ゲートリップ角の関数としての表現

ここでは、表-1 に示す α 、 β および γ をゲートリップ角の連続関数として表現することを試みる。

式(1)の2次関数を標準形に変換する。 $x = h_c/a$ 、 $y = h_0/a$ とおくと、式(1)は次のように表記される。

$$y = ax^2 + \beta x + \gamma = f_1(\theta)\{x - f_2(\theta)\}^2 + f_3(\theta) \tag{2}$$

式(2)から、 α 、 β および γ と新たに導入された関数 $f_1(\theta)$ 、 $f_2(\theta)$ および $f_3(\theta)$ の対応関係は次のようになる。

$$f_1(\theta) = \alpha, \quad f_2(\theta) = -\frac{\beta}{2\alpha}, \quad f_3(\theta) = \gamma - \frac{\beta^2}{4\alpha} \tag{3a}$$

すなわち、

$$\alpha = f_1(\theta), \quad \beta = -2f_1(\theta)f_2(\theta),$$
$$\gamma = f_3(\theta) + f_1(\theta)f_2^2(\theta) \tag{3b}$$

図-3 によると、 $f_1(\theta)$ 、 $f_2(\theta)$ および $f_3(\theta)$ はいずれも θ の1次関数として度数表示で次のように近似できる。

$$f_i(\theta) = A_i\theta + B_i, \quad i = 1\sim3 \tag{4}$$

式(4)の回帰式の A_i と B_i の値を表-2 に示す。

図-4 は $x = h_c/a$, $y = h_0/a$ とおき Gentilini³⁾の実験値から決定された $f_1(\theta)$, $f_2(\theta)$ および $f_3(\theta)$ の関数形を用いて $\{y - f_3(\theta)\}/f_1(\theta)$ を $x - f_2(\theta)$ に対して図示したものである. 図には計算値を曲線で, Gentilini³⁾の実験値を黒のプロットで, そして Toch⁴⁾の実験値を黒のプロットで示している. 同図では図-2 において顕著であった両方の実験データの相違がかなり収まっていることがわかる. このことから図-4 はラジアルゲートの多様なゲートリップ角 θ に対する流量と上流水深の関係を規格化したものといえる.

表-2 A_i と B_i の値

$f_1(\theta)$	A_1	0.0335
	B_1	2.9425
$f_2(\theta)$	A_2	-0.0026
	B_2	0.9124
$f_3(\theta)$	A_3	-0.0037
	B_3	1.6983

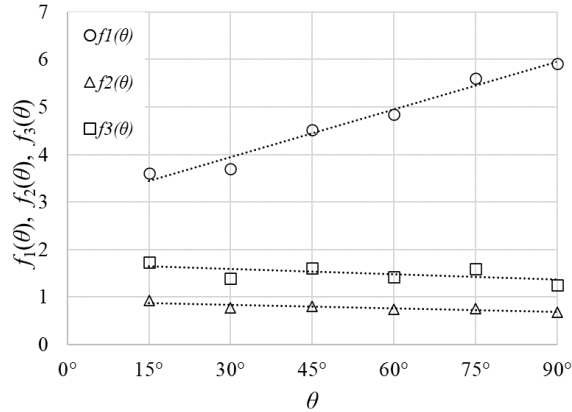


図-3 $f_1(\theta)$, $f_2(\theta)$ および $f_3(\theta)$ と θ の関係

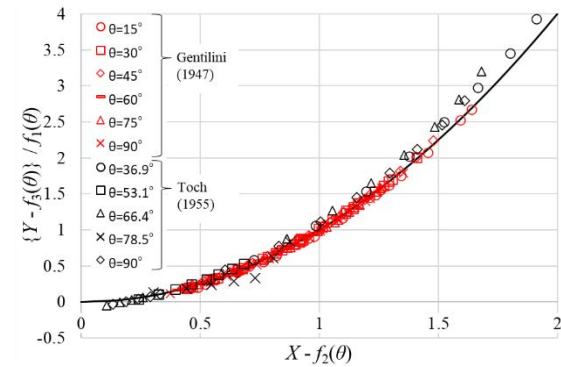


図-4 $\{y - f_3(\theta)\}/f_1(\theta)$ と $x - f_2(\theta)$ の関係

5. ゲートリップ角の関数としての回帰式の縮流係数の再現性検討

前節で検討したゲートリップ角 θ の関数としての回帰式による水量の再現性を調べた結果を述べる. 図-

5 は図-3 の考察からゲートリップ角 θ の関数として与えられる α , β および γ を用いて計算された縮流係数 C_c の計算値と実測値との比を示している. C_c の最大誤差で7%程度と実用上の不都合はないと考えられる.

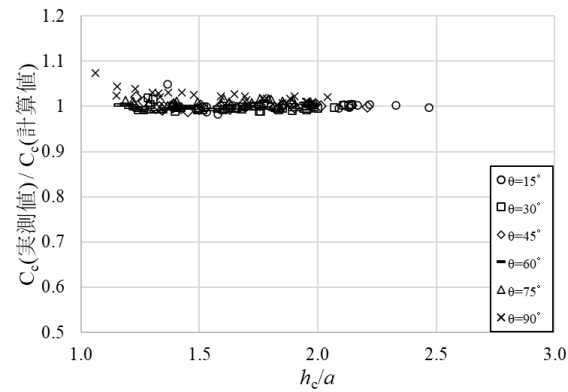


図-5 C_c の実測値/計算値 ($f(\theta)$ 反映) 比と h_c/a の関係

6. 結語

以上, 既往実験資料を用いてラジアルゲートからの自由流出のゲートリップ角の定式化および縮流係数の評価を試みた. 本研究の主要な結果は以下の通りである.

- 1) ゲート上流水深および限界水深 (流量) との関係から得られた 2 次回帰式を標準形に変換し, ゲートリップ角の関数を導入した.
- 2) ゲートリップ角の関数としての回帰式の縮流係数 C_c は, 最大誤差で 7%程度と実験結果を良好に再現した.

参考文献

1)宇根拓孝, 羽田野袈裟義, 荒尾慎司: ラジアルゲートからの自由流出の上流水深との双方向評価, 土木学会第 77 回年次学術講演会講演概要集, II -150, 2022.

2)羽田野袈裟義, 宇根拓孝, 荒尾慎司: ラジアルゲートをすぎる流れの流量と上流水深の相互依存関係ならびに縮流係数について, 農業農村工学会令和 4 年度応用水理研究部会講演集, pp.22-26, 2022.

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

4) Toch, A.: Discharge characteristics of tainter gates, Transaction of ASCE, 120, pp.290-300, 1955.