

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

九州産業大学 フェロー会員 ○羽田野 袿裳義
 松江工業高等専門学校 正会員 荒尾 慎司
 第一復建(株) 松尾 晃

1. はじめに

スルースゲートからの自由流出の流量係数 C は式(1)で定義され、縮流係数 C_c と式(2)で関係づけられる。

$$C = \frac{q}{a\sqrt{2gh_0}} \quad (1); \quad C = \frac{C_c}{\sqrt{1+C_c a/h_0}} \quad (2)$$

ここに、 a :ゲート開度、 h_0 :ゲート上流水深である。

しかし、信頼できる C_c の評価式がないため上式を用いる従来方法には限界がある。著者ら¹⁾は C_c を用いず、運動量の定理を用いて鉛直ゲートの流量と上流水深の関係づけを行なった。その結果、 h_0/a と h_c/a (h_c :限界水深)の関係は、ゲート開度やゲート上流水深によらずほぼ一本の線(2次曲線)に沿う普遍的なものとなった。

本研究では、ゲートの傾斜角度を変えて実験を行い、既報と同様 h_0/a と h_c/a の関係を求めその特性を調べた。

2. 研究方法

(1) 実験装置

実験は、松江工業高等専門学校の水理実験室に設置された長さ 10.3m、幅 30cm の可変勾配水路に所定の傾斜角度でスルースゲート形式の水門を設置し、この水門の開度 a を順次変化させて行った。水路底面とゲートとの角度を 60° と 45° にした。水路下流端には、流量を測定するための流量柵が設置されている。写真1, 2, 3はそれぞれゲートの傾斜角度 90° , 60° , 45° のときの流れの状態を示す。

(2) 実験方法

ゲートの傾斜角度を 45° , 60° として、開度 a (cm)を設定して水路に任意の流量で水を循環させる。次に、ゲート下流側における最小水深、ゲートから最小水深までの距離、跳水がある場合はゲートから跳水までの距離、ゲート上流側の 1cm, 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 50cm, 100cm, 200cm, 300cm における水深を測定する。このとき水深測定の基準位置は水面が傾斜ゲートに交差する位置としている。以上の手順を流量と水門の開度を順次変化させて実験を行った。なお、水門の開度 a は 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 6cm, 7cm, 8cm, の7種類とした。



写真1 ゲート傾斜角度 90°



写真2 ゲート傾斜角度 60°



写真3 ゲート傾斜角度 45°

3. 実験結果と考察

傾斜角度 45° でゲート開度 2cm のときの水深の測定結果を図1に示す。

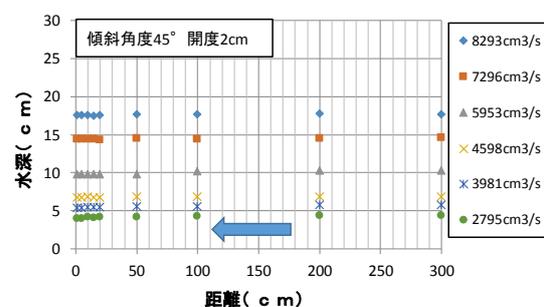


図1 ゲート上流側での水深測定例 (傾斜角度 45°)

図2は開度3cmで傾斜角度60°と45°のゲート上流側の水深を比較した例を示す。この図から流量が多いほど傾斜角度45°の方が水深がより低下することがわかる。

図3と図4に、傾斜角度を60°と45°としたときの h_0/a (h_0 はゲートから上流へ10cmの位置で測定したものを採用)と h_c/a の関係を示す。これらの図からいずれの傾斜角度においてもゲート開度 a によらず、 h_0/a と h_c/a の関係が1本の曲線で表現できることがわかる。

図5は傾斜毎の h_0/a と h_c/a の関係を2次曲線で近似させたときのものである。図5に示すように、任意の一定

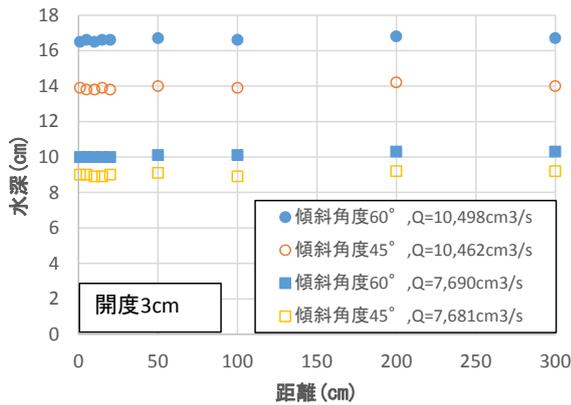


図2 ゲート上流側の水深と距離の関係 (60° と 45°)

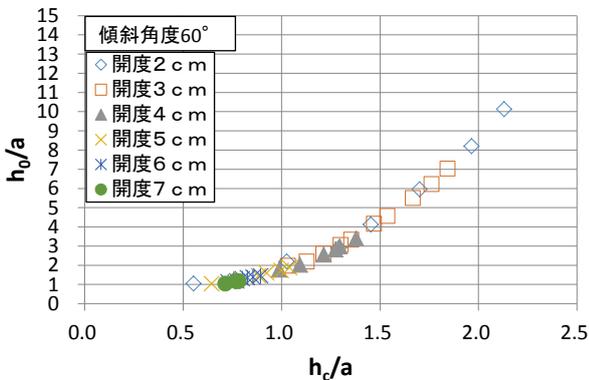


図3 h_0/a と h_c/a の関係 (60°)

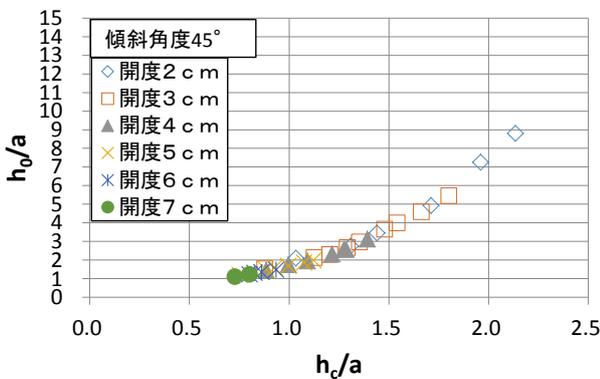


図4 h_0/a と h_c/a の関係 (45°)

の h_c/a 値に対して傾斜角度が90°から60°、45°と緩くなると無次元上流水深 h_0/a が減少する。図5より求めた2次方程式を使って h_c/a から h_0/a を求めることができる(表1参照)。表2は傾斜ゲートの鉛直ゲートからの h_0/a の減少率を表す。 $h_c/a=2.1$ において、対鉛直ゲートの上流水深の減少は傾斜角度60°で約23%、傾斜角度45°で約34%である。同一流量でゲート上流の水位を下げることは治水安全度を増し、この結果は注目に値する。

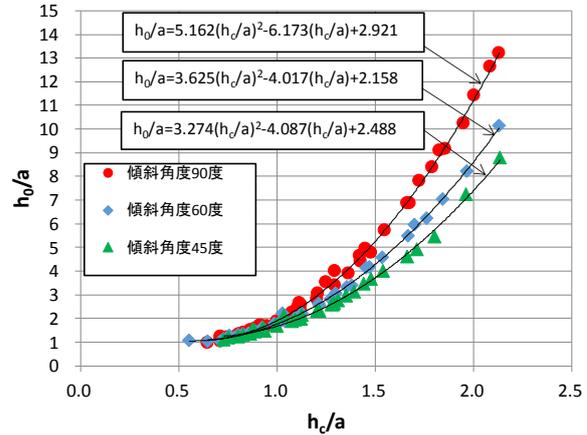


図5 傾斜角度90°、60°、45°の比較

表1 h_0/a と h_c/a の関係

h_c/a	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
h_0/a (90°)	1.55	2.95	5.28	8.53	12.72
h_0/a (60°)	1.48	2.56	4.29	6.67	9.71
h_0/a (45°)	1.46	2.30	3.72	5.74	8.34

表2 傾斜角度90°に対する h_0/a の減少率

h_c/a	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
h_0/a (60°)	4.4%	13.2%	18.7%	21.8%	23.7%
h_0/a (45°)	5.5%	22.0%	29.4%	32.8%	34.4%

4. 結語

以上、本研究では傾斜したスルースゲートからの自由流出を実験的に検討した。その結果、いずれの傾斜角でも h_0/a と h_c/a の関係がゲート開度 a によらずほぼ一本の2次曲線で表されること、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 h_0/a の減少が著しいことがわかった。緩傾斜のゲートでゲート上流水深が減少することは治水安全で有効であるが従来研究ではこの点に言及がみあたらない。今後、本研究結果が現地に適用されることが期待される。

参考文献

1) 羽田野袈裟義, 荒尾慎司, 李洪源: スルースゲートの上流水深と流出流量の関係を規定する無次元パラメータの導出, 日本流体力学会 2019.