

複数門直下の潜り跳水中の不安定流れの制御

Artificial Control against Unstable Flow in Submerged Jump below Multiple Gates

安田陽一¹, ○檜崎慎太郎²

Youichi Yasuda¹, *Shintaro Narazaki²

Abstract: For the formation of submerged hydraulic jump with a large submergence, a high velocity flow below a sluice gate is located near the bottom. When the main flow lifts to the water surface from the channel bottom, in some cases, the main flow is periodically deflected. In this case, it might be difficult for swimming fishes to migrate upstream through the hydraulic structure. In this study, the installation of baffle blocks with asymmetrical length was proposed in order to disappear a periodically deflected flow in submerged hydraulic jump. The experiments yield that the periodically deflected flow can be disappeared.

1. はじめに

水門直下で被り水深の大きな潜り跳水が形成される場合、水理条件によっては主流が周期的に偏向する^[1]。周期的な偏向流況が形成されると、正の走流性を持つ遊泳魚が水門直下に迷入する原因となる。したがって、遊泳魚を魚道へ誘導するためには、周期的な偏向流況を制御したうえで、魚道が設置されている河岸側に主流を寄せる必要がある。

最近、著者らの研究^{[2],[3]}から、水門一つあたりに対して、バッフルブロックを左右対称に設置することで周期的な偏向流況の制御が可能となることを示し、左右非対称に設置することで主流を河岸側に寄せられることを示している。しかし、実河川においては、横断方向に複数門設置されていることがほとんどであるため、複数門から流出する流れを全体的に制御する必要がある。本研究では、複数門（ここでは、三門）を対象に、左右対称および左右非対称なバッフルブロックを組み合わせることで、周期的な偏向流況が形成される範囲で水理条件を変化させて、実験的に検討を行った。

2. 実験

実験は水路幅 $B = 0.80$ m、長さ 15.0 m、高さ 0.60 m の矩形断面水平開水路を使用して行った。記号の定義図を **Figure 1** に示す。既往研究^[1]から、潜り跳水中の流況は縮流部のフルード数 F_0 ($F_0 = V_0 / \sqrt{gh_0}$, V_0 : 縮流部の断面平均流速, g : 重力加速度, h_0 : 縮流部の水深), 相対下流水深 h_4/h_0 および相対上流水深 h_u/d_c (d_c : 限界水深) によって変化することが示されており、ここでは、周期的な偏向流況が形成される水理条件として、**Table 1** に示す 2 ケースを対象とした。バッフルブロックの設置条件は、**Table 2** に示すように、スルースゲートからの相対距離 x_b/b 、設置角度 φ およびスロープ θ

を一定とし、通水幅に対するバッフルブロックの投影幅 $w_{bL}/b, w_{bR}/b$ (添え字 L, R はそれぞれ左岸側, 右岸側) を設定し、左右対称 (Type-1), 左右非対称 (Type-2) の設置条件の中で、魚道が左岸側河岸に設置されていることを想定し、主流を左岸側へ寄せることを試みた。なお、いずれの条件においても、通水幅に対してバッフルブロックが占める割合 ($w_{bL} + w_{bR})/b$ は、 $0.30 (= 30\%)$ で一定としている。測定器具として、流速は 2 次元電磁流速計 (計測時間 120 sec, 計測間隔 0.05 sec), 水深はポイントゲージと剛尺を用いた。

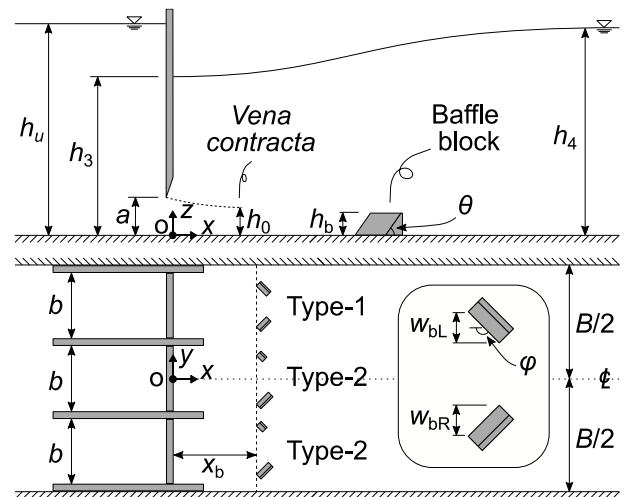


Figure 1. Definition sketch

Table 1. Hydraulic conditions

Case	Gate	F_0 [-]	h_4/h_0 [-]	h_u/d_c [-]
1	三門	2.86	10.1	7.72
2		1.81	9.14	7.72

Table 2. Installation of baffle block conditions

Type	x_b/b	φ	θ	w_{bL}/b	w_{bR}/b	$(w_{bL} + w_{bR})/b$
1	1.05	135°	45°	0.15	0.15	0.30
2				0.10	0.20	0.30

1: 日大理工・教員・土木 2: 日大理工・院 (前)・土木

3. 時間平均流速の平面ベクトル

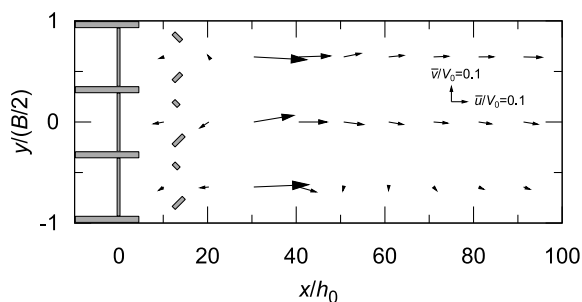
Case-1, Case-2における時間平均した流速 \bar{u} と \bar{v} の平面ベクトルを **Figure 2** に示す。

図に示すように、Case-1, Case-2 いずれの水理条件においても、Type-2 の左右非対称なバッフルブロックを設置したことによって、主流が左岸側に寄ることが示される。また、左岸側へ寄せた流れは、左岸側と右岸側で流速差が生じる程度であり、流線を強制的に曲げるような流れは生じない。なお、掲載している高さ z/h_0 以外においても、同様な傾向が得られた。

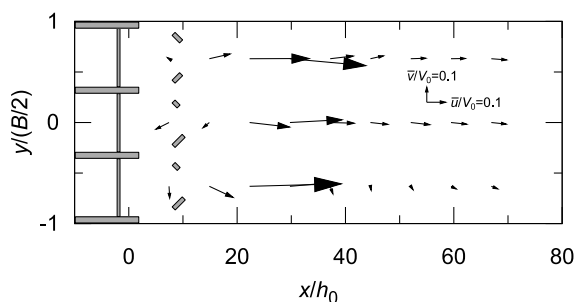
4. 乱れ強度および水面の分布

Case-1 における各水門の流下方向の乱れ強度 $\sqrt{u'^2}$ と水面の分布を **Figure 3** に示す。なお、各水門の中央断面(左岸側水門: $y/(B/2) = 0.64$, 中央水門: $y/(B/2) = 0.00$, 右岸側水門: $y/(B/2) = -0.64$)を対象に測定したデータを掲載している。

図に示すように、バッフルブロックを設置した下流側の $30 \leq x/h_0 \leq 60$ の範囲において、バッフルブロックを設置していない場合と比較すると、全体的に乱れ強度が小さくなることが示される。また、バッフルブロックの有無による水面形の差異は、水深に比べると非常に小さく、バッフルブロックに過剰な流体力が作用することはないと考えられる。



(a) Case-1, $z/h_0 = 5.07$



(b) Case-2, $z/h_0 = 3.72$

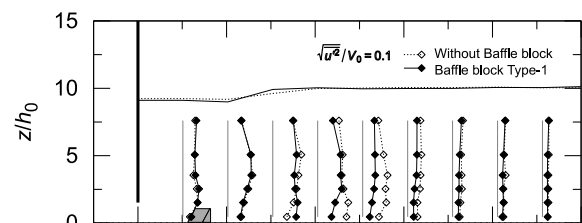
Figure 2. Velocity vector at plan view

5. まとめ

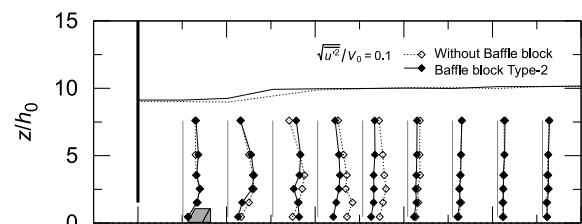
複数門(ここでは、三門)を対象に、左右対称および左右非対称なバッフルブロックを組み合わせることで設置し、不安定流れが形成される範囲で水理条件を変化させて、実験的に検討を行った。その結果、対象とした水理条件において、流れの不安定性を制御したうえで、主流を河岸側に寄せられることが示された。

6. 参考文献

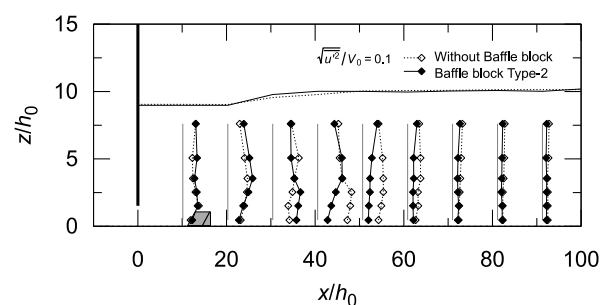
- [1] 安田陽一, 富田麻理子: 「矩形断面水平水路における潜り跳水の水理特性」, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.71, No.4, pp.I_535-I_540, 2015.
- [2] 安田陽一, 檜崎慎太郎: 「潜り跳水中の偏向流況の制御に関する実験的検討」, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.76, No.2, pp.I_949-I_954, 2020.
- [3] 安田陽一, 檜崎慎太郎: 「非対称な長さを有するバッフルブロック設置による潜り跳水中の主流の制御」, 土木学会全国大会第76回年次学術講演会, II-129, 2021.



(a) Left gate (Baffle block Type-1)



(b) Center gate (Baffle block Type-2)



(c) Right gate (Baffle block Type-2)

Figure 3. Turbulent intensity and water surface distribution