H3-11

潜り跳水中の偏向流れの制御に関する実験的検討

Experimental investigation on artificial control for periodically deflected flow in submerged hydraulic jumps

○豊田健治 [1]，安田陽一 [2]
*Kenji Toyoda[1]，Yoichi Yasuda [2]

Abstract: In submerged hydraulic jumps with a large submergence, a periodically deflected flow is formed when the main flow below a sluice gate begins to lift to the water surface form the channel bottom. In this case, most of swimming fishes might lose their upstream migration route by the formation of the periodically deflected flow, even if the fish passage facility has been installed. In this report, the installation of baffle at the downstream of sluice gate was proposed as an artificial control. The experimental results yield that the main flow was not deflected by installing a baffle at 70 % of jump region, and the installation of baffle might be helpful for the upstream migration of swimming fishes.

1.　まえがき

防潮堰や可動堰など湛水側の水位を調整するためにゲート下部からの潜り流出する場合がある跳水の形成が利用される[1]．特に被りの大きい潜り跳水の場合，主流が底面から水面に向かって上昇し始めた段階で主流の流向が不規則に左右に偏向するようになる（ここでは不安定偏向流れと呼ぶ）[2]．河川内に生息する水生生物の生態系保全の観点から連続性を確保するために整備された魚道 [3]からの流れが遡上する遊泳魚にとって感知せず，不安定偏向流れによって迷入する場合が想定されるがその対策は現時点では確立されていない．ここでは，バッフルを利用した偏向流れの制御を提案し，制御の前後の流速場に着目して，バッフル設置位置周辺の流速場について実験的検討を行った．

2.　バッフル設置による不安定偏向流れの制御の提案

潜り跳水中において形成される不安定偏向流れを制御するために，バッフル(Photo 1)の設置を提案し，その特長を以下に示す．

・潜り流出によって不安定偏向流れが形成される流量の上限値を対象に主流が底面から水面に向かって上昇し始める箇所（遷移長の 7 割）に，バッフルを設置する．
・バッフルに作用する流体力において，鉛直下向きの成分が得られるように台形型としている．このことによって，バッフルの安定性を高めることが可能となる．
・バッフルを設置した状態でも，跳水上下流端の水深間の関係および水面形の変化があまり生じないようにしている．

3.　実験概要

幅 B=0.80m, 上流部高さ 1m, 下流部高さ 0.6m, 全長 L=15m の長方形断面水平水路を用いて実験を行った．スルース・ゲート開口高さ a, スルース・ゲート直上流側の水深 h_u，スルース・ゲート下流側の水深（跳水が形成されている場合は終端水深）h_4, および流量 Q を変化させ，**Table1** に示す実験条件のもとで検討した．偏向流れを制御するため，バッフル（高さがそれぞれ 2 cm，3 cm, 5 cm，底面幅が 20 cm を有する台形断面形状）を設置した．潜り跳水の流況観察およびポイントゲージを用いた水深測定を行った．ゲート直下の水深 h_3 については鋼尺を用いて計測した．流速の測定には，ケネック社製 I 型 2 次元電磁流速計を用いた（計測時間 120 秒，採取間隔 40ms）．

4.　バッフル設置位置周辺の潜り込み跳水内の流速分布とそのスペクトル解析結果

バッフル設置位置周辺の流下方向(x 方向)成分の流速の水深方向(z 方向)変化を Figure 1, 2 に示す．バッフル設置位置(x/Lsj≈0.702；Lsj:遷移領域の長さ)の直上流側の位置(x/Lsj≈0.67)では，Figure 1 に示されるように，バッフルの設置有無による流速分布の違いは小さい．一方，バッフル直下流側の位置(x/Lsj≈0.81)では，バッフルによって主流が水面に向かって上昇させているため，バッフルの設置有無によって流速分布が異なる．また，Figure 2 に示されるように，バッフルの高さが小さい場合，バッフル設置有無による違いは小さく，設置高さが大きくなるほど，流線が曲げられるため，主流が上方に位置することが確認される．なお，流況観察から，バッフル高さが高い方(S/a=0.307, 0.511)が不安定な偏向流れは制御されやすい状況となっている．

バッフル設置有無による流速の時系列変化を比較するために，バッフルが設置されていない場合の主流の位置付近(z/h ≈ 0.2)の流下方向(x 方向)成分および横断方向(y 方向)成分の時系列変化を Figure 3 に示す．図に示されるように，バッフル設置有無による時系列変化の違いが見られる．変動の特性を検討するためにスペクトル解析した結果を Figure 4 に示す．ただし，紙面の都合で x 方向成分を解析した結果を示す．図に示されるように，バッフルが設置されていない場合，低周波の振幅が卓越する傾向がみられる．その一方で，バッフルを設置した場合，設置していない場合に比べて卓越周期が多様化していることが確認される．

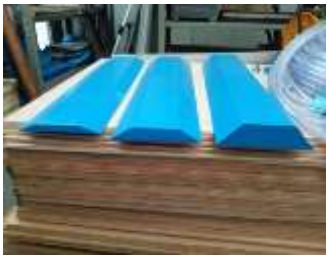


Photo 1. Baffle models

Table 1. Experiment conditions

Case	Q(m³/s)	h_u(cm)	h_3(cm)	h_4(cm)	a(cm)	b(cm)
Case1	0.1127	70	42.7	48.52	9.78	0
Case2	0.1127	70	42.7	48.52	9.78	2
Case3	0.1127	70	42.7	48.52	9.78	3
Case4	0.1127	70	42.7	48.52	9.78	5
Case5	0.0553	70	38.5	41.95	4.5	0
Case6	0.0553	70	38.5	41.95	4.5	2
Case7	0.0553	70	38.5	41.95	4.5	3
Case8	0.0553	70	38.5	41.95	4.5	5

記号の説明
a:ゲート開口高さ
b:バッフルの高さ
h_3：被り水深
h_4：遷移終端水深
h_u：ゲート直上流側の水深
Q：流量

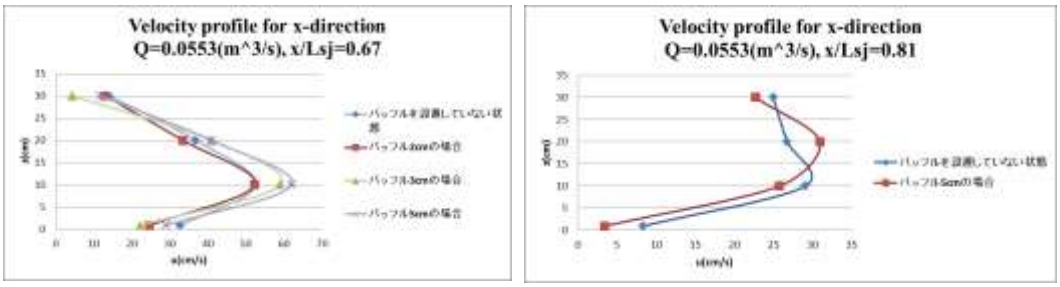
1: 日大理工・教員・土木　2: 日大理工・学部・土木

6. 参考文献

［1］建設省河川局監修，改訂新版　建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編［Ⅱ］，技法堂出版，1999

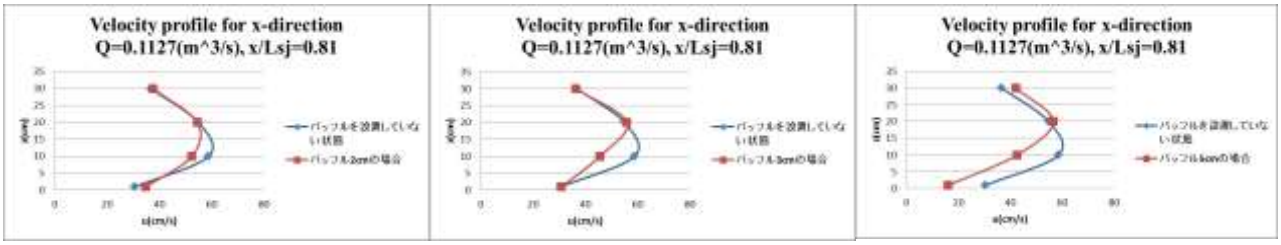
［2］安田陽一，冨田麻理子，矩形断面水平水路における潜り跳水の水理特性，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.71, No.4, pp.534-540, 2015.

［3］安田陽一，技術者のための魚道ガイドライン−魚道構造と周辺の流れからわかること−，コロナ社，2011.



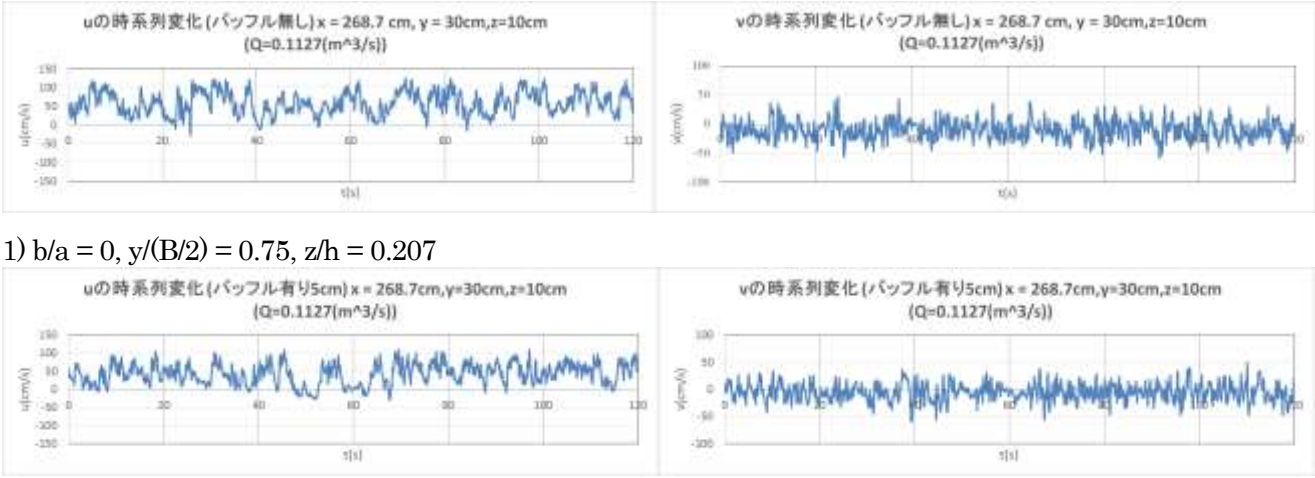
1) x/Lsj=0.67　　2) x/Lsj=0.81

Figure 1. Velocity profile for x-direction (F_o = 3.45, h_3/h_o=11.26, h_4/h_o=12.19, h_u/a=14.58)



1) b/a = 0.204　　2) b/a = 0.307　　3) b/a = 0.511

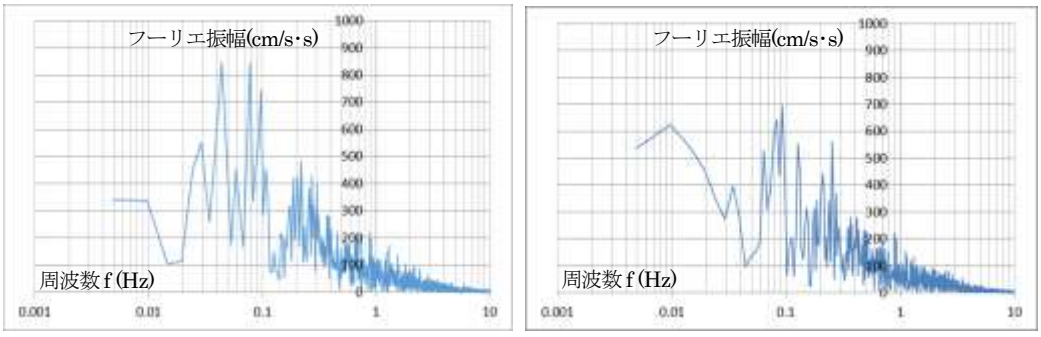
Figure 2. Velocity profile for x-direction (F_o=2.66, h_3/h_o=6.49, h_4/h_o = 7.37, h_u/a=7.16)



1) b/a = 0, y/(B/2) = 0.75, z/h = 0.207

2) b/a = 0.511, y/(B/2) = 0.75, z/h = 0.206

Figure 3. Change of Velocity for x-direction with time-series (F_o = 2.66, x/Lsj = 0.81, h_4/h_o = 7.37)



1) b/a = 0, y/B = 0.75, z/h = 0.207　　2) b/a = 0.511, y/(B/2) = 0.75, z/h = 0.206

Figure 4. Results of spectral analysis (F_o = 2.66, x/Lsj = 0.81, h_4/h_o = 7.37)