

魚道設置による河川横断構造物周辺の流れに与える影響

日本大学大学院理工学研究科 学生員 ○山村 剛央
 日本大学理工学部 正 員 高橋 正行
 日本大学理工学部 正 員 安田 陽一
 日本大学理工学部 正 員 大津 岩夫

河川において生息する水生生物に配慮して河川横断構造物に魚道が設置されている。しかし、魚道を設置することによって出水時の河川横断構造物周辺の流れがどのように変化するのか不明な点が多い。本研究では、堰幅に対する魚道幅の割合、魚道設置位置を変化させ、堰下流側における流況を明らかにし、流況特性に対する魚道規模および魚道設置位置の影響を示した。

実験条件

実験は水路幅 $B=0.800\text{m}$ の長方形断面水平水路に図 1 に示す模型を設置し、表 1 の条件のもとで行った。なお、ここで用いた魚道模型は 15% 勾配としている。

流況

固定堰に突出した状態で設置された魚道周辺の流況は魚道相対幅 b/B 、魚道設置位置 s/B 、魚道勾配 H/B 、固定堰越流勾配 $\tan \theta$ 、相対落差高 H/h_c および相対下流水深 h_d/h_c によって変化する。写真 1～6 に示される流況が形成される(記号は図 1 参照)。与えられた b/B 、 s/B 、 H/L 、 $\tan \theta$ 、 H/h_c に対して h_d/h_c が小さい場合、堰下流の水叩き上で射流が形成され、その下流側で跳水が形成される(写真 1)。この状態から下流水深が増加すると、ある段階で不安定な流況が形成される(写真 2)。すなわち、跳水始端が安定した位置に留まらず主流の側壁に衝突する箇所が時間変化に伴って前後に偏向する。写真 2 の状態から下流水深が増加すると、堰直下流側で安定した跳水が形成される(写真 3)。この状態からさらに下流水深が増加すると、写真 4 に示す潜り込み流れが形成され、ある段階で主流が水面に沿う流況(写真 5)へと変化する。なお、魚道を側壁に沿わして設置した場合と中央に設置した場合以外では、堰直下流側で跳水が形成される場合において写真 6 に示されるように一部露出射流が生じる場合がある。この場合、不安定流況となる。

各流況の形成条件

写真 1～6 に示される各流況が形成されるための水理条件を明らかにするために、(1)の関係で整理したものを図 2～7 に示す。

$$h_d/h_c = f(b/B, s/B, H/h_c) \quad (1)$$

ただし、 $H/L=0.152$ 、 $\tan \theta=1.00$ としているため、(1)の関係には H/L 、 $\tan \theta$ は含まれていない。

・不安定流況が形成されるための水理条件

不安定流況(写真 2 および 6)の形成領域について、魚道を水路側壁に沿って設置した場合、側壁と中央との中間に設置した場合、中央に設置した場合に分けて図 2～4 に示す。図中の実線は不安定流況が形成される下流水深の上限を示し、一点鎖線は不安定流況が形成される下流水深の下限を示す。図に示されるように、魚道設置位置によって不安定流況が形成される領域が異なり、魚道中央に設置した場合の不安定流況の形成領域(図 4)が他の場合に比べて小さい。これは魚道を中央に設置することによって対称な流況が形成されやすく、安定しやすいものと考えられる。また、魚道を中央に設置した場合を除いて b/B が大きくなるほど不安定流況の形成領域が大きくなる。これは魚道幅の占める割合が大きくなるほど魚道と堰との接合部近くから形成される衝撃波による流況の非対称性が高まり不安定流況が形成されやすくなったものと考え

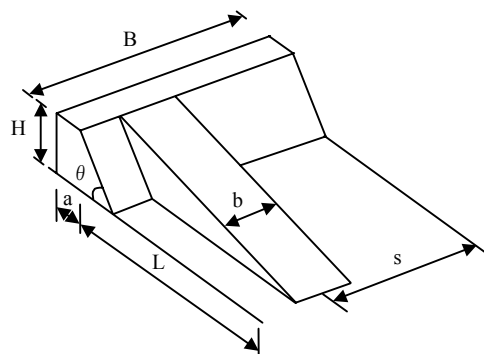


図 1 定義図

表 1 実験条件

a (m)	0.050	B (m)	0.800	H (m)	0.150
L (m)	0.990	θ (deg.)	45.0		
b (m)	0.100		0.200		0.400
s (m)	0.750	0.575	0.400	0.700	0.550
	0.400	0.600	0.500	0.400	
$11.7 \leq Q (\ell/s) \leq 63.7$			$2.80 \leq h_c (\text{cm}) \leq 8.65$		



写真 1 魚道直下流での跳水



写真 2 不安定流況



写真 3 堰直下流での跳水

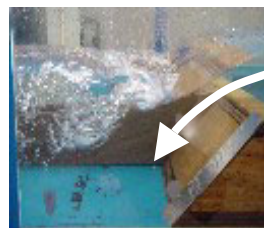


写真 4 潜り込み流れ

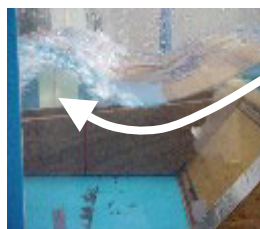
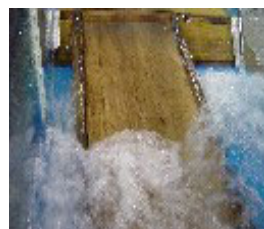


写真 5 水面に沿う流れ

写真 6 一部露出射流を伴った跳水
(不安定流況)

キーワード：跳水、局所流、魚道、魚道設置位置、魚道幅

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8; Tel.&Fax.: 03-3259-0409; E-mail: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

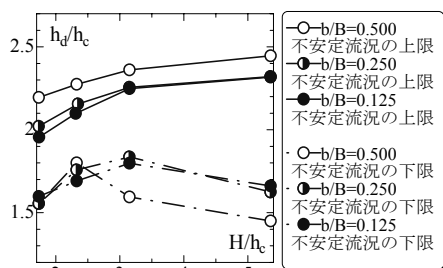


図2 魚道を水路側壁に沿って設置した場合の不安定流況の形成領域

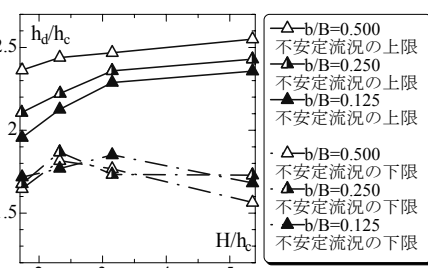


図3 魚道を水路側壁と水路中央の中間に設置した場合の不安定流況の形成領域

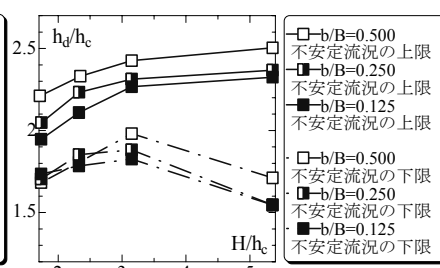


図4 魚道を水路中央に設置した場合の不安定流況の形成領域

られる。さらに、与えられた b/B および魚道設置位置(または s/B)に対して、相対落差高 H/h_c が大きくなるにつれて、不安定流況の形成領域が大きくなる。なお、不安定流況の形成領域の下限を示す下流水深より小さくなると、写真1に示す水叩き上で射流が形成される流況となる。

・堰直下側で跳水が形成されるための水理条件

写真3に示されるように露出射流が形成されることなく堰直下流で安定した跳水が形成されるための必要下流水深を図5に示す。図に示されるように、与えられた b/B 、 s/B に対して相対落差高 H/h_c が大きくなるにつれて相対下流水深 h_d/h_c の値が大きくなる。これは堰から越流する流れの運動量が大きくなり、跳水の対応下流水深が大きくなったものと考えられる。また、堰全体幅に対して魚道幅の占める割合 b/B が大きくなるほど、与えられた H/h_c 、 s/B に対して h_d/h_c の値は大きくなる。これは魚道から越流する流量が大きくなり、跳水部に流入する運動量が大きくなったため対応下流水深が大きくなったものと考えられる。さらに、同一の b/B に対して、魚道を水路側壁に沿って設置した場合と魚道を側壁と中央との中間に設置した場合とを比較すると、与えられた H/h_c に対して側壁に沿って設置した場合の h_d/h_c の値が最も小さくなることが示される。また、水路側壁と中央との中間に魚道を設置した場合の h_d/h_c の値は中央に設置した場合、水路側壁に沿って設置した場合より大きくなる。

・潜り込み流れと水面に沿う流れとの境界を示す水理条件

鉛直または急斜面を有する堰の場合、潜り込み流れと水面に沿う流れとの境界は一般に下流水深の増加、減少の方向によって異なる。すなわち、履歴効果が生じる¹⁾。図6は下流水深が増加することによって潜り込み流れから水面に沿う流れに遷移する直前の下流水深を示す。図7は下流水深を減少させることによって水面に沿う流れから潜り込み流れに遷移した直後の下流水深を示す。図中、魚道が設置されていない場合の実験値も含まれている。図に示されるように、下流水深の増加、減少に伴う境界の違いは認められるものの、魚道設置および魚道幅の影響は本実験範囲内ではほとんど認められない。このことから図6に示される相対下流水深よりも下流水深が大きくなると、写真5に示す水面に沿う流況が形成され、図7に示される相対下流水深よりも下流水深が小さくなると、写真4に示す潜り込み流れが形成される。なお、図5および図7に示す相対下流水深を知ることによって、潜り込み流れの形成領域が決定される。

以上図2～7の結果から、魚道相対幅 b/B 、魚道設置位置 s/B 、相対落差高 H/h_c を与えることによって写真1～6に示される各流況が形成される相対下流水深を知ることができ、魚道を設置した場合の堰下流側の水工設計に有効に役立つものと考えられる。

謝辞

本研究を実施するにあたって、財)長崎県建設技術研究センターから平成15年度委託研究を受けた。ここに記して謝意を申し上げる。

参考文献

- 1) Ohtsu, I. and Yasuda, Y., "Transition from supercritical to subcritical flow at an abrupt drop," Journal of Hydraulic Research, IAHR, Vol.29, No.3, 1991, pp.309-328.

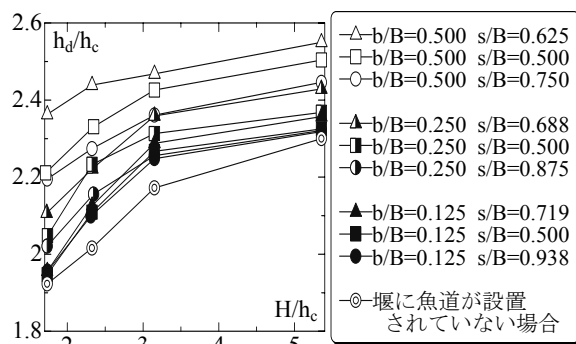


図5 堰直下流で跳水が形成されるための相対下流水深

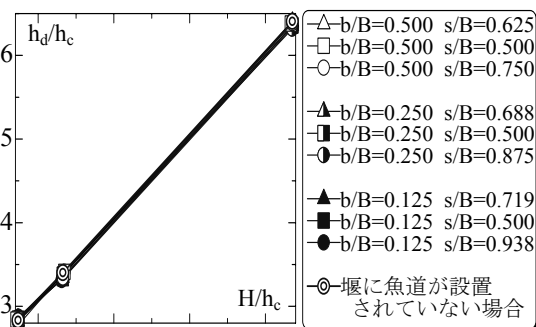


図6 下流水深を大きくすることによって潜り込み流れから水面に沿う流れに遷移する直前の相対下流水深

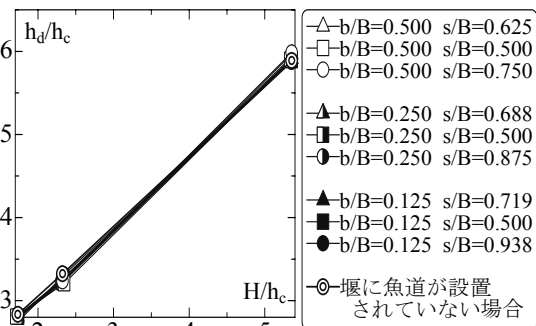


図7 下流水深を小さくすることによって水面に沿う流れから潜り込み流れに遷移した直後の相対下流水深