

洪水時における引き込み型魚道が設置された堰下流側の流況特性

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員 ○柴田 潤
日本大学理工学部土木工学科 正員 安田 陽一

1 はじめに

近年、河川の生態系保全に配慮して河川横断構造物に魚道が設置されることが一般的である。魚道の無い既設の固定堰や流路工(床止め工)に魚道を設置する場合、迷入防止策の一つとして、引き込み型魚道を設置する場合がある(写真 1)。魚道設計に関するガイドライン¹⁾および魚道に関する研究²⁾の多くは水生生物の遡上・降河環境を検討する観点から通常時の流量を対象にしていることが多い。洪水時において、魚道設置に伴い堰下流側の流況がどのように変化するかを研究した例³⁾はあまりない。洪水時において魚道設置に伴う堰下流側の流況の変化を明らかにすることは水工設計上重要である。

引き込み型魚道の場合、洪水時には流量増加に伴い魚道に向かって横越流するようになり、魚道に流れが集中する。また、魚道下流端で急拡部を通過する流れとなることから条件によって偏向流況が形成される可能性が示唆される⁴⁾が、洪水時の流況の推定できないのが現状である。

ここでは、引き込み型魚道を対象に洪水時の流況について実験的に検討を行い、洪水時の流況特性を適切に把握し、偏向流況の形成条件および偏向流況の制御方法について提案する。

2 実験

実験は、水路幅 $B = 80\text{cm}$ 、水路長 18m 、水路高さ 60cm (上流部は 1m) を有する長方形断面水平水路に図 1 に示す引き込み型魚道模型を設置し、表 1 に示す実験条件のもとで行った。表の h_c は限界水深 ($h_c = [(Q/B)^2/g]^{1/3}$; Q = 流量) を示す。なお、魚道模型は魚道内に隔壁を設けた場合 (写真 2) と設けていない場合の 2 通りとしている。

3 流況の説明

引き込み型魚道が設置された場合の堰下流側の流況は相対魚道幅 b/B 、魚道設置位置 S_ℓ/S_r 、魚道勾配 i 、相対落差高さ H/h_c 、および相対下流水深 h_d/h_c によって変化する。与えられた b/B 、 S_ℓ/S_r 、 i 、 H/h_c に対して h_d/h_c が小さい場合、落差部下流側で魚道から流出する射流の流れが広がる。魚道から流出した射流の流れが水路側壁に到達した位置に跳水始端が位置した状態から下流水深を大きくすると、潜り込み流れが形成されるようになる。なお、条件によっては落差部下流側で主流が横断方向に偏向する流況が形成される。偏向流況の形成は、引き込み型魚道が設置されたことによるものである。この場合、主流が側岸に沿うようになるか、または衝突するようになることから、水衝部を中心とした護岸の侵食防止策を講じる必要があるものと考えられる。潜り込み流れが形成された状態から下流水深を大きくすると、ある段階で主流が水面に沿う流れが形成される。なお、魚道内に隔壁の設置有無によって魚道から流出する運動量が異なることから、主流の偏向の程度が異なる。

4 水衝部を伴う偏向流況の位置づけ

流況の説明で記述したように、引き込み型魚道が設置された場合、主流が偏向する流況が形成される場合がある。水理条件によって主流の偏向の程度が異なることから、ここでは水衝部を伴う偏向流況として、以下のように判断した。

① 魚道が堰の中央に設置された場合：

魚道から流出した主な流れが左岸側または右岸側のいずれかに偏向し水路壁に衝突した場合と判断した。

② 堰と水路壁側との中間に魚道が設置された場合：

魚道設置位置が非対称であるため、流況は基本的に非対称である。また、魚道から流出する主な流れが直進せず魚道設置側の水



写真 1 引き込み型魚道の設置事例

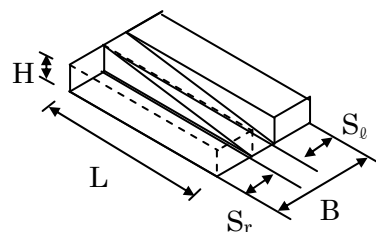
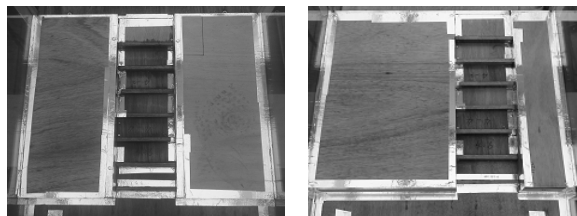


図 1 引き込み型魚道模型の概略図

表 1 実験条件

S_ℓ/S_r	b/B	H/h_c	i
0.333	0.250	1.2, 2.9	1/7.5
1.00	0.125	4.6, 6.3, 8.0	

隔壁を設けた場合 $H = 10\text{ cm}$ 、隔壁を設けていない場合 $H = 15\text{ cm}$

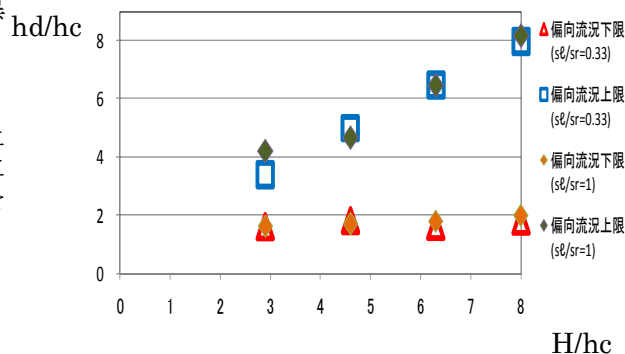


a) $S_\ell/S_r = 1.00$

b) $S_\ell/S_r = 0.333$

($b/B = 0.25$)

写真 2 引き込み型魚道模型



(a) $b/B = 0.25$ 隔壁がない場合

図 2 水衝部を伴う偏向流況の形成領域

路壁に向かって偏向し、主流が水路壁に衝突する状況を確認した場合と判断した。

5. 水衝部を伴う偏向流況の形成領域

図2に水衝部を伴う偏向流況の形成領域を示す。図2(a),(c)は魚道設置箇所に隔壁が設置されていない場合を示す。また、図2(b),(d)は魚道設置箇所に隔壁を設置した場合を示す。

図2に示されるように、相対堰高さが大きくなるにつれて偏向流況の形成領域が大きくなることがわかった。これは、相対落差が大きくなるにつれて、魚道から流出する運動量が大きくなり急拡部下流の偏向流況において主流の偏向程度が大きくなるためと考えられる。

図2(a)～(d)を比較すると、偏向流況が形成される下流水深の下限については隔壁の有無に違いは認められない。その一方、偏向流況の上限については隔壁の有無によって大きく異なる結果となった。これは隔壁設置によって魚道を通る流れが減衰され、魚道下流側の主流の流速が減勢されやすくなったため、偏向流況の形成領域が小さくなったものと考えられる。また、 $b/B=0.125$, $S_0/S_r=1$ においては隔壁があることにより偏向流況の形成は認められなかった。

6. 水衝部を伴う偏向流況の制御方法

引き込み型魚道が設置された場合に偏向流況が形成される要因として魚道内に流れが集中し、急拡部において射流から常流へ遷移することが考えられる。そこで、魚道の導流壁上部に突出部を設けることにより、相対堰高さが大きいときの横越流を軽減し、魚道以外からの越流量を増やすことで偏向流況の制御が可能になるものと考え、図3に示す構造を提案した。その結果、突出部の高さ h_s と堰高さ H との比 h_s/H が0.1程度で、魚道設置箇所に隔壁が設置された場合には偏向流況の形成が見られなくなった。

7. まとめ

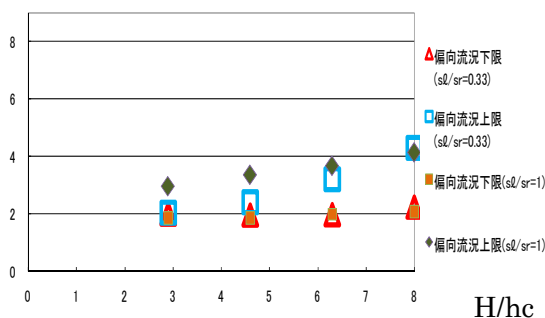
堰や流路工（床止め工）に引き込み型魚道を設置した場合を対象とした洪水時の流況を実験的に検討した結果を以下にまとめる。

- ・引き込み型魚道を堰に設置したことによって、魚道内に流れが集中しやすくなり、条件によって水衝部を伴う偏向流況が形成されることがわかった。
- ・水衝部を伴う偏向流況の形成領域を明らかにし、魚道内の隔壁有無による形成領域の違いを示した。
- ・偏向流況を制御するため、魚道導流壁上部に突出部を設けると有効であることを示し、魚道内に隔壁が設置された場合は突出部の高さ h_s と堰高さ H との比 h_s/H が0.1で制御可能であることがわかった。

参考文献

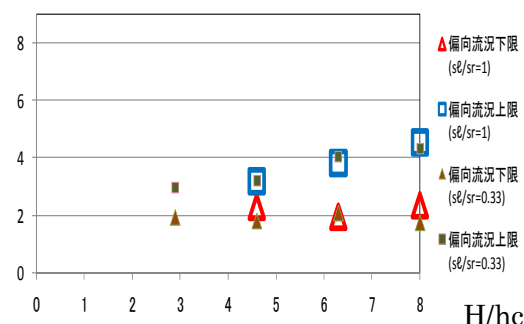
- 1) 国土交通省河川局(2005), 魚がのぼりやすい川づくりの手引き, 160 pages.
- 2) Advance in Fish Passage Technology (2000), Engineering Design and Biological Evaluation, American Fisheries Society.
- 3) 安田陽一(2007), 洪水時における河川横断構造物周辺の流況特性に対する魚道設置の影響, 河川技術論文集, 第14巻.
- 4) Ohtsu, Iwao, Yasuda, Youichi, and Ishikawa, Motoyasu (1999), Submerged hydraulic Jumps below abrupt expansions, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.125, No. 5, pp 492-499

hd/hc



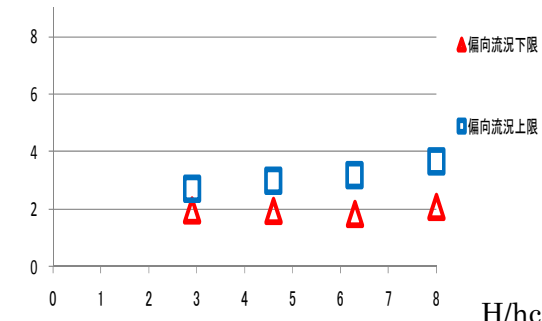
b) $b/B=0.25$, 隔壁がある場合

hd/hc



c) $b/B=0.125$ 隔壁がない場合

hd/hc



d) $b/B=0.125$, 隔壁がある場合
 $S_0/S_r=0.33$

図2 水衝部を伴う偏向流況の形成領域(続き)

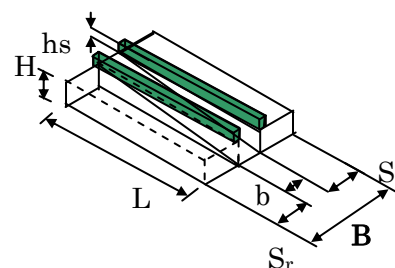


図3 水衝部を伴う偏向流況の形成領域図