

プール式魚道における空気混入分布に対する側壁勾配の影響

Effect of Side Wall Slope on Air-Concentration Distribution in Pool-Type Fishway

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員 ○大久保 雄治
日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一

まえがき

水生生物が広い範囲で生息できるように河川横断構造物に魚道を設置することが積極的に取り組まれている。魚道は遊泳魚を対象としたものがほとんどであり、矩形断面のプール式魚道が多い。この場合、遊泳魚は跳躍して遡上することが多く、甲殻類や底生魚類の遡上・降河が困難になっている。最近、安田らによって遊泳魚や底生魚が遊泳しながら遡上できるように、かつ甲殻類や底生魚類の遡上・降河が可能になるようにプール式台形断面魚道が提案されている^{1), 2)}。台形断面魚道において甲殻類が水際近くの側壁側を遡上することが確認されている^{1), 2)}。また、実験結果から側壁勾配 m が 0.67 より大きくなると、プール内の流れの三次元性が強くなり、側壁斜面上では多様な流速場が形成されることが分かり、遡上観察から台形断面魚道の場合側壁側の流れを利用して遡上することが確認されている⁹⁾。しかしながら、側壁勾配の傾きによってプール内の空気混入の分布がどのように影響されるのか不明である。ここでは、表-1 に示す実験条件のもとでプール式台形断面魚道内の空気混入率が側壁勾配によってどのように変化するか実験的検討を加える。

実験

実験条件、魚道模型の中央縦断面図をそれぞれ表-1、図-1 に示す。表の dc は限界水深である。 $m=1.0$ 及び 0 の魚道模型を設置した。プール内の空気混入状況(ここでは空気通過率)を知るために透過光型ボイド計(発光区間:10mm, LED 発光プローブ内径:4mm)を用いた。また測定時間については、台形断面魚道模型プール内の空気混入率が不規則に変化することを考慮し、一定値に収束する 30 秒間とした。計測位置について、横断方向ではプールの中央部、プール水平面と側壁との接合部 ($m=0$ の場合、側壁部)、プール中央と接合部の中間部であり、縦断方向では上流部(接合部付近)、中央部、下流部(隔壁付近)である(図-2、図-3)。

プール内の空気混入量の分布

魚道プール内の時間空気混入(ここでは空気の通過率)の分布($dc/s=0.51$, 第4 プールの場合)を図-4,5,6,7 に示す。図中の流下方向(x 方向)および底面から鉛直上方向(z 方向)の長さの座標を示す。

側壁勾配が $m=1.0$ の場合、縦断方向の変化に着目すると、流下方向に進むにつれて空気混入量が減少する傾向を示す(図-4)。これはプール内部で発生する渦の影響でプール下流部付近まで気泡が運ばれないためと考えられる。なお、上流部の中央では順流から逆流に変わるあたりの高さで空気混入率が最も高くなっていった。横断方向の変化に着目すると、中央から側壁部に向かうにつれて空気混入量が少なくなることがわかる(図-6)。これは隔壁を越流した流れがプール中央に向かうため空気を含んだ流れがプール中央部に集中するので、側壁側では空気混入率は少なくなったものと考えられる。その結果、遊泳魚の休息場として下流部の接合部付近を利用していたことが裏付けられる。また、空気混入が少ないことから視界が利き、上流に向かう行動に移しやすかったものと推定される。なお、前報の結果⁹⁾から明らかになったことであるが、下流部の接合部付近では流速の大きさは小さい。

側壁勾配が $m=0$ の場合、縦断方向の変化に着目すると、 $m=1.0$ の場合とは異なり、上流部と中央部の分布と大きさがほぼ同じである(図-5)。これは、主流の減勢がほとんどなく、壁面噴流的な性質が続いたためと考えられる。横断方向の変化に着目すると、中央部の測定断面において、側壁付近を除いて中央から中間までの空気混入の分布と大きさがほぼ同じである(図-7)。これは、矩形断面の場合、横断方向に変化していない領域が存在するためと考えられる。また、側壁付近では中央から中間までの空気混入量より大きく、分布が異なる。このことから、側壁付近に沿って遡上行動する魚類等にとって空気混入の存在により視界が遮られやすく、遡上しにくい環境となっているものと推定される。

流速測定の結果⁹⁾を合わせてみても矩形断面($m=0$ の場合)に比べて台形断面($m=1.0$ の場合)にした方が遊泳魚の遡上環境に適しているものと考えられる。

表-1 実験条件

側壁勾配	1:m=1:1.0, 1:0.0
相対落差	$dc/s=0.51$
相対プール深さ	$H/s=1.86$
隔壁間の落差高さ	$s=0.133m$
魚道勾配	1:7
隔壁上流面の高さ	$H=0.248m$

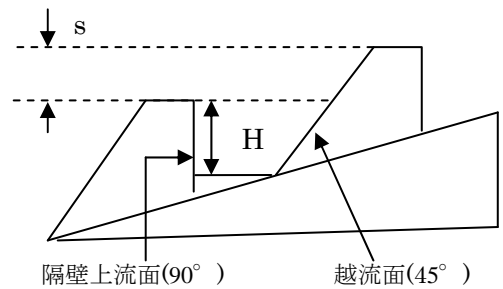


図-1 模型断面図

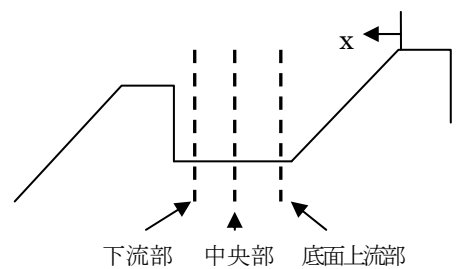


図-2 縦断方向の流速測定位置

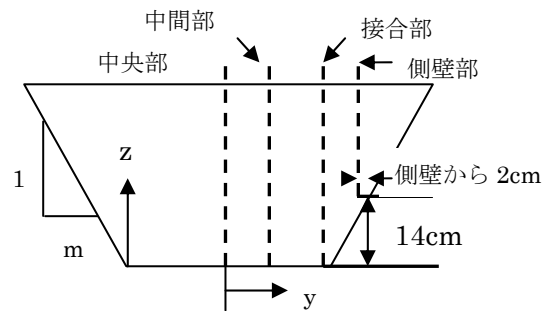


図-3 横断方向の流速測定位置

キーワード：プール式魚道，台形断面，側壁勾配，局所流，遡上経路

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14; Tel&Fax03-3259-0409; E-mail: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

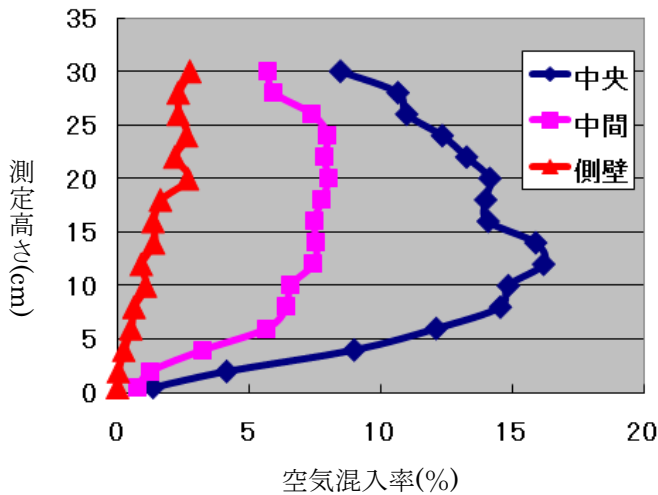


図-4 縦断方向中央部における
空気混入率
($m=1.0$, $dc/s=0.51$)

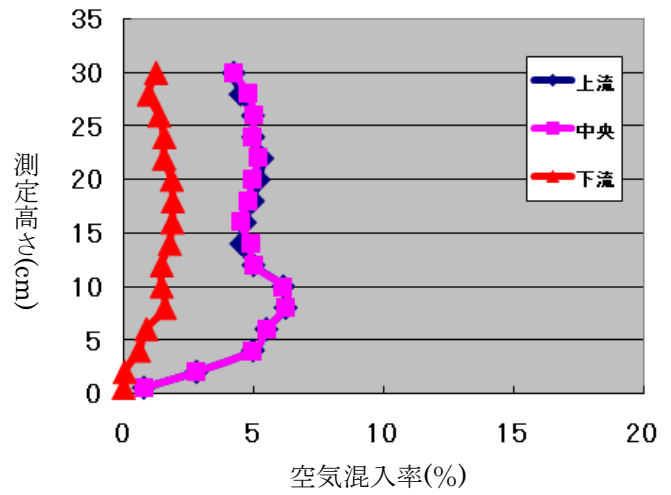


図-5 縦断方向中央部における
空気混入率
($m=0$, $dc/s=0.51$)

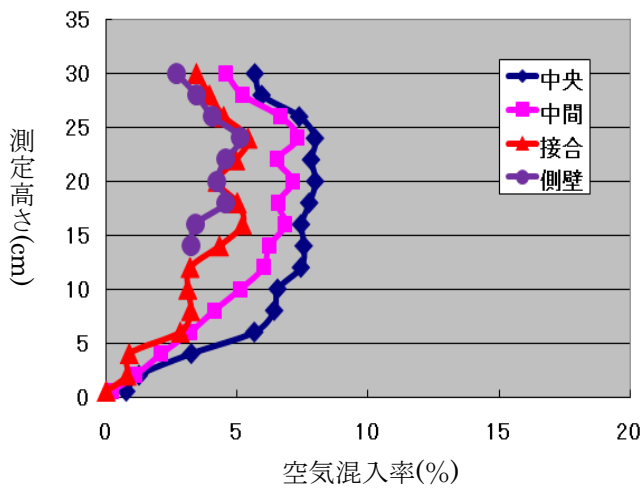


図-6 横断方向中央部における
空気混入率
($m=1.0$, $dc/s=0.51$)

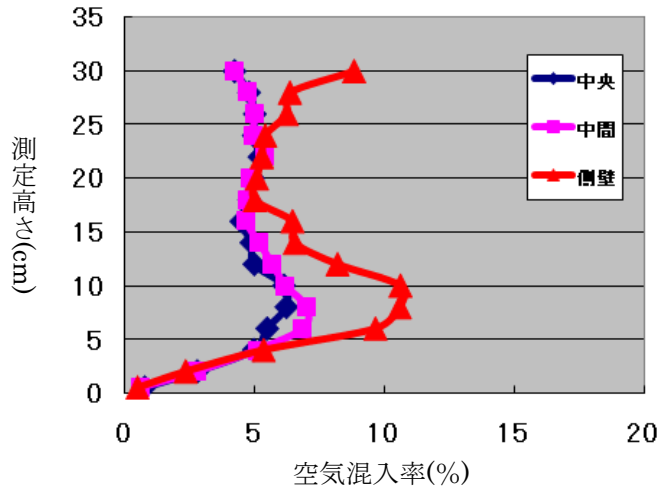


図-7 横断方向中央部における
空気混入率
($m=0$, $dc/s=0.51$)

まとめ

表-1 に示す実験条件のもとでプール式台形断面魚道内の空気混入の分布とその大きさを検討した結果、側壁勾配が $m=1.0$ の場合は主流が中央に向かって流れているため、側壁付近では空気混入量が少なくなることを示した。すなわち、魚類等にとって水際付近の流れを利用して遡上しやすい環境であることを流速ばかりでなく、空気混入状況からも推定することができた。側壁勾配が $m=0$ の場合、空気混入の分布と大きさが縦横断方向に変化があまり見られない領域があることを示した。また、側壁付近では中央部と比べて空気混入量が大きく分布が異なることを示した。すなわち、側壁付近に沿って遡上する魚類にとって環境が良好なものではないことを推定した。

参考文献

- 1) 安田陽一ら他 3 名, 多様な水生生物の遡上・降河に配慮したスリット砂防堰堤に設置する魚道の提案とその効果, 第 9 回河川技術論文集, 土木学会, 2003, pp. 487-492.
- 2) 安田陽一ら他 4 名, 長崎県千綿川に設置された台形断面魚道の特徴と魚道の効果, 第 11 回河川技術論文集, 土木学会, 2005, pp. 435-440.
- 3) Mossa, M., Yasuda, Y., and Chanson, H., "Fluvial, Environmental & Coastal Developments in Hydraulic Engineering," A. A. Balkema Publishers, 2004.
- 4) 大西 貴他 2 名, 第 60 回土木学会年次学術講演会, 土木学会, CD-ROM, 2005.
- 5) 大西 貴ら他 3 名, 第 62 回土木学会年次学術講演会, 土木学会, CD-ROM, 2007.
- 6) 大久保 雄治 2 名, 第 37 回土木学会関東支部, 土木学会, CD-ROM, 2010.