

プール式台形断面魚道における流速特性に対する側壁勾配の影響 Effect of side wall on velocity characteristics in pool type fishway with trapezoidal section

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員○高橋直樹
日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻(株)エイトコンサルタント所属] 正員 大西 貴
日本大学理工学部土木工学科 正員 安田陽一

まえがき 近年、河川に生息する多様な水生生物の遡上・降河に配慮した魚道整備が求められており、安田らは、側壁を傾けた台形断面魚道を提案している^{1),2)}。提案魚道において、遊泳魚ばかりでなく、甲殻類や底生魚が遡上・降河することが確認されている^{1),2)}。魚道内の流況として、流量変化に伴い潜り込み流れ、非定常流れ、射流の状態で流下する流れが形成され、台形断面魚道の側壁勾配および相対プール深さによって各流況の形成条件がどのように変化するかについて明らかにした³⁾。ただし、プール式台形断面魚道内の流速特性が側壁勾配によってどのように影響されるのかについて明らかになっていない。

ここでは、通常時のプール式台形断面魚道内に形成される流況（潜り込み流れ）を対象に、側壁勾配を1:1から1:0まで変化させ、魚道プール内の流速特性が側壁勾配によってどのように変化するかを実験的に明らかにした。

実験 プール式台形断面魚道模型（1/3スケールを想定）の魚道勾配を $i=1/7$ 、隔壁上流面の傾斜角度を 90° 、越流面の傾斜角度を 45° 、隔壁間の落差高さを $s=0.09\text{m}$ とし、相対プール深さについては $H/s=2.0$ とし、側壁勾配 m は $m=1.0, 0.67, 0.5, 0.0$ の4パターンとした。流量は通常時を想定し、隔壁間の相対落差が $dc/s=0.51, 0.77$ となる2パターンとした。模型縦断面図を図-1に示し、実験条件を表-1に示す。また、プール内の流速を計測するため、I型プローブを有する二次元電磁流速計（採取間隔； 0.05sec 、採取時間 40sec ）を用いた。計測場所は、プール中央部および側壁部の3断面（図-2, 3）とした。

流速特性に対する側壁勾配の影響 魚道プール内の時間平均流速ベクトル図（ $dc/s=0.51$ の場合）を図-4に示す。なお、ベクトル図において、流下方向（ x 軸）、横断方向（ y 軸）の座標を隔壁間の落差高さ s で無次元化している。図中の流速の大きさは模型規模で示している。また、 z 軸は底面から鉛直上方の座標を示す。

図-4に示されるように、プール中央部においては、どの側壁勾配 m においても潜り込み流れによって生じる逆流を示す流速ベクトルとなっている。一方、側壁部においては側壁勾配によって流速の大きさおよびベクトルの向きが異なる。 $m=1.0$ の場合、側壁部の水面付近（ $z/H=1.2$ ）において流速ベクトルは流下方向の成分を有している。また、流速の大きさは 30cm/s 程度以下となっている。これは正の走流性を持つ遊泳魚において遡上しやすい状態を示す。 $m=0$ の場合、水面付近では中央部、側壁部ともに逆流となっている。また、 $m=0.5$ においても側壁部の水面付近の流速ベクトルは逆流を示している。すなわち、 m が0.5程度では側壁を傾けたことによる流れの向きを流下方向に向ける効果は見られないことが分かる。なお、 $m=0.67$ の場合、紙面の都合で図示していないが側壁部の水面付近において流下方向成分を有する流速ベクトルが見られるようになる。

魚道プール内中央部1列目における水深方向の流速分布の一例を図-5に示す。図に示されるように、1列目の流速分布においては隔壁から越流する流れが越流面に沿って潜り込むため、噴流のような流速分布となる。この場合、 m による流速の大きさの違いは小さい。

$m=1$ の場合の3列目の水深方向の流速分布を図-6に示す。図に示されるように、プールの設置位置（第1プール、第2プール、第3プール）によって、流速の大きさおよび分布が異なる。これは隔壁を越える流れが次の隔壁に衝突することによって越流水脈の状態がプール設置位置によって異なり、プール内の流速の減衰状況が異なったためと考えられる。

表1 実験条件

側壁勾配 $1:m$	1:0, 1:0.5, 1:0.67, 1:1.0
相対落差 dc/s	0.51, 0.77
相対プール深さ H/s	2.0
隔壁間の落差高さ s	0.09 m
魚道勾配 $1:7$	
越流面の傾斜角度	45°
隔壁上流面の傾斜角度	90° (鉛直面)

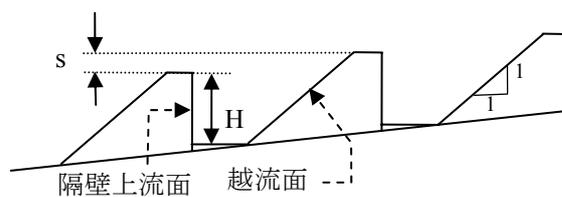


図-1 模型縦断面図

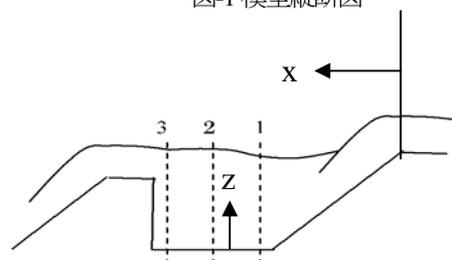


図-2 流速測定縦断面

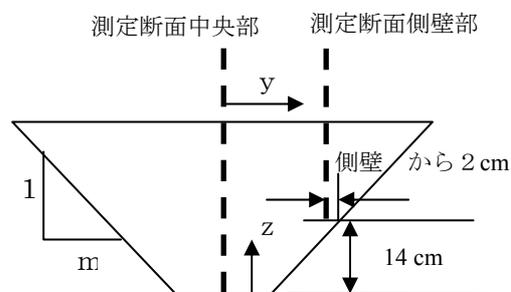


図-3 流速測定横断面

キーワード：プール式魚道、台形断面魚道、側壁勾配、多様な水生生物、流速分布

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8 TEL/FAX 03-3259-0409

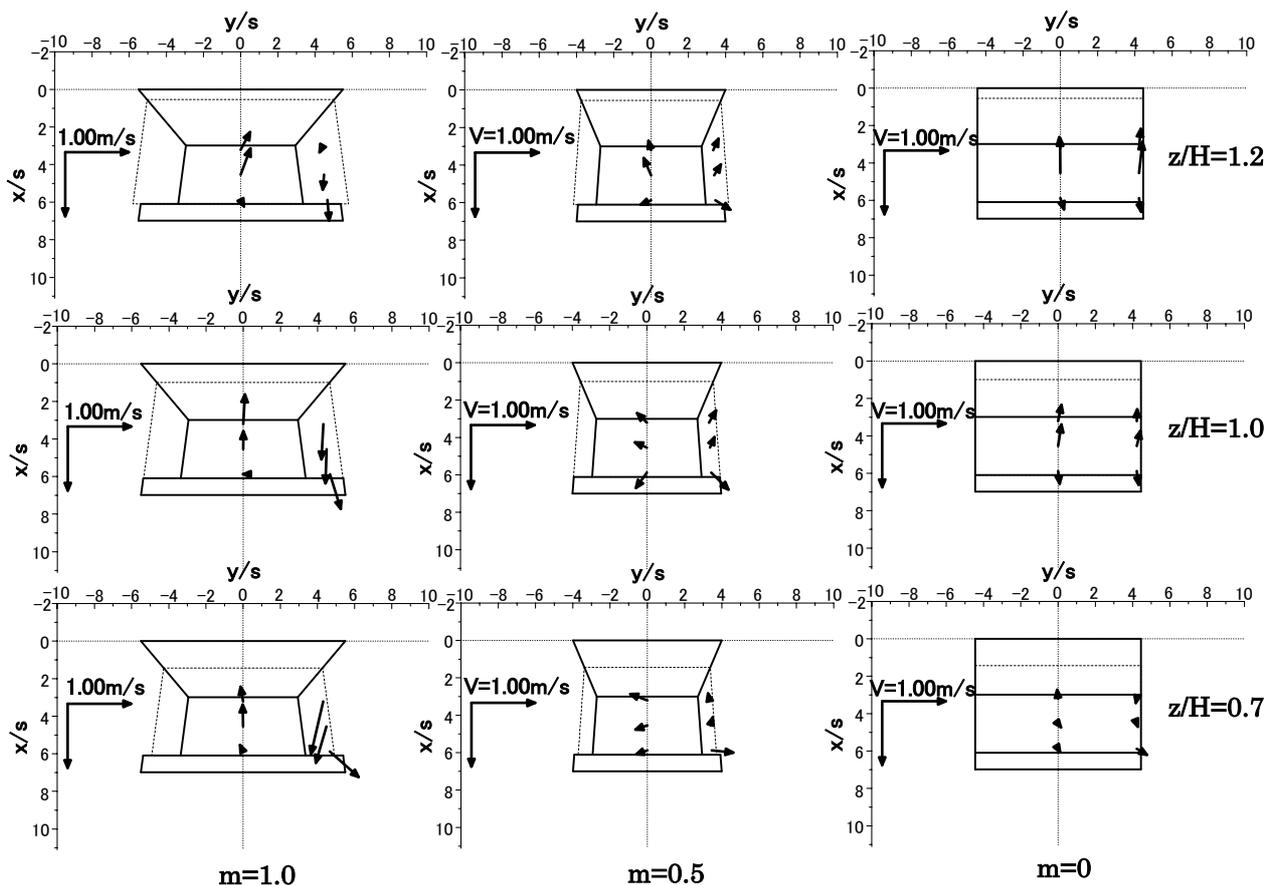


図-4 平面流速ベクトル図

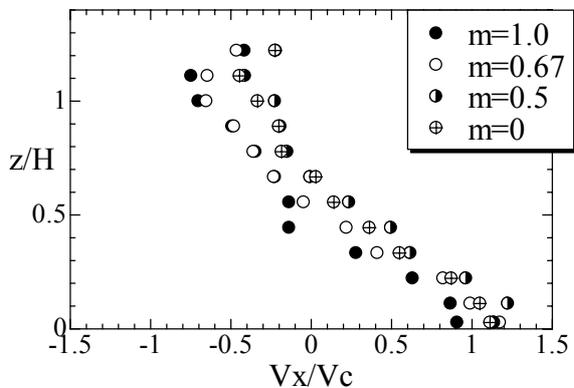


図-5 プール内流速分布

(側壁勾配の比較 dc/s=0.51 プール3)

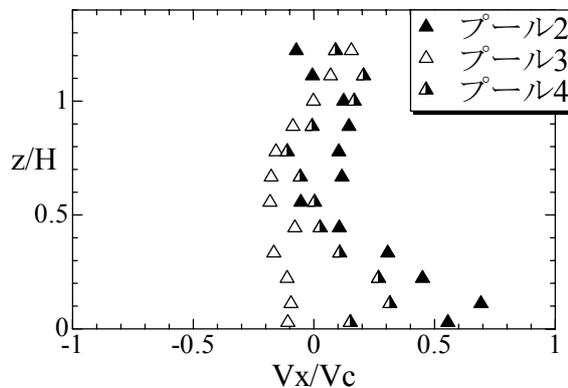


図-6 プール内流速分布

(プール毎の比較 m=1.0 dc/s=0.51)

まとめ 側壁を $m=1.0$ まで傾けることによって側壁部の水面近くの流れの向きが流下成分を含み、実際の流速に換算すると、 $0.15\text{m/s} < V < 0.62\text{m/s}$ 程度となった。この結果、正の走流性のある遊泳魚にとって、側壁部の流れは遡上しやすい流れとなることが推定された。その一方、 m が 0.5 以下の場合、側壁を傾けた効果はほとんど見られず、鉛直側壁の場合($m=0$ の場合)と同様に、中央部も側壁部も水面付近では逆流が形成される。なお、 $m=0.67$ の場合、側壁部の水面付近の流れの向きは必ずしも流下方向成分を持っているとは限らず、遊泳魚の遡上環境を考慮すると、 $m=0.67$ より $m=1.0$ の側壁勾配の方が好ましいことが分かった。さらに、魚道プール内中央部の水深方向の流速分布について、潜り込み始めた断面では噴流の分布形状を呈し、側壁勾配 m による流速の分布とその大きさの違いは小さい。隔壁直上流部の流速分布については、特に $m=1$ の場合、プール設置位置によって越流水脈の流れが異なり、かつプール内の流速減衰状況が異なるため、流速の分布とその大きさが異なる。

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, pp.487-492, 2003. 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, pp.435-440, 2005. 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, 2005. 5) 大西 貴他 3 名; 第 62 回土木学会年次学術講演会, 土木学会, 2007.