

II - 129

全段面魚道の流況に関する実験的研究

技研興業（株）	正員	赤坂祥孝
技研興業（株）	正員	河野茂樹
（愛媛大学大学院博士後期課程生産工学専攻）		
愛媛大学工学部	正員	柿沼忠男

1. まえがき 近年、生態系への配慮が社会的に要請される中で、魚類などの遡上路を確保するために魚道を設置するケースが増えている。これに伴って、従来の魚道に見られた問題点が数多く指摘され、改良も進んでいる。筆者らは、流量の過大・過小、入り口が発見されにくいといった問題に対処する方法として、コンクリートブロックにより斜面を被覆した緩傾斜型落差工タイプの全段面魚道の構築方法を提案した（赤坂ほか、1994）。本研究では魚類の遡上により配慮した形に改善したブロックを用い、流量の変動幅を大きくして水理模型実験を行うことにより、本方法の全段面魚道としての適用性を確認する。

2. ブロック形状 実験に用いたブロックの形状は、中央に切り欠きのある突起をブロック上面に有するものと、上面が平坦なものの2種類である（図-1）。魚類は突起のない平坦なブロック上を泳いで遡上することを想定しているが、突起を越える必要が生じることも考えられる。そこで、突起を構成する斜面は、ブロックを水平面上に設置した場合に水平面となす角度が 45° となるように設定した。このブロックを1/10勾配に設置したとき、流水が突起の下流側斜面に接したまま流れ、ブロックと流水の間に空気層ができないことを予備実験で確認している。したがって、魚類は突起の斜面部分を泳いで遡上することが可能である。しかし、流量の過不足などにより突起斜面を泳いで遡上できないことも考えられるため、突起の高さを現地量で30cm、突起中央の切り欠き底部までの高さを15cmとした。これは障害物をジャンプして飛び越える習性のある魚類であれば、容易に飛び越すことが可能な高さである。

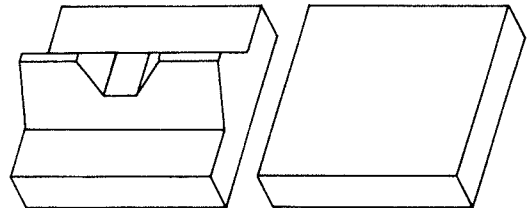


図-1 ブロック形状

に設定した。このブロックを1/10勾配に設置したとき、流水が突起の下流側斜面に接したまま流れ、ブロックと流水の間に空気層ができないことを予備実験で確認している。したがって、魚類は突起の斜面部分を泳いで遡上することが可能である。しかし、流量の過不足などにより突起斜面を泳いで遡上できないことも考えられるため、突起の高さを現地量で30cm、突起中央の切り欠き底部までの高さを15cmとした。これは障害物をジャンプして飛び越える習性のある魚類であれば、容易に飛び越すことが可能な高さである。

3. 実験方法 水理模型実験は幅50cm、長さ30mの開水路を用いて、フルードの相似則により1/30の縮尺で行った。全段面魚道の実験模型は、図-2に示すように整流装置から十分離れた下流側に粒径 $\phi=5\text{mm}$ 程度の碎石で1/10勾配

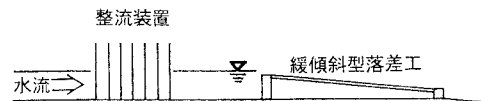


図-2 実験断面

の斜面を作成し、その上に図-1に示したモルタル製ブロックを設置した。ブロック模型の寸法は平面的に見て4.5cm四方、厚さ1.3cm、突起部の高さは1.0cm、切り欠き部で0.5cmである。突起のあるブロックは、斜面の横断方向中央部に設定した滞筋位置に流水を集中させるため兩岸から水制状に配列した。本実験では、流量を $Q=0.0005\sim0.003\text{m}^3/\text{s}$ の範囲で5段階に変化させた。この流量を現地量に換算し単位幅流量として表すと $q=0.16\sim1.0\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ となる。したがって、小流量時から大流量時までの流量比を約6倍と想定していることになる。流量年表より、平均33年間にわたって収集された全国の流量データを解析した結果、日本の河川における渇水流量と豊水流量との流量比が約3倍であったことから、ここで設定した流量変動幅は十分に大きいといえる。以上の条件で、斜面上の流水の流速ならびに水深の測定を行った。流速の測定は、直径1mmの発泡スチロールビーズを斜面全域に流下させてビデオ撮影し、単位時間当たりの流下距離を画像から読み取った値を流速値に換算することにより行った。水深の測定は、各ブロック中央部でゲージを用いて直接読み取った。なお、ブロックの突起部分で水面形が不連続とならないように、突起がないブロックの上面と同一平面を基準として水面までの斜面法線方向の距離を水深として表した。

4. 実験結果および考察 本実験で設定した流量の内、 $Q=0.0005, 0.002\text{m}^3/\text{s}$ （現地量で単位幅流量 $q=0.16, 0.66\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ ）の2ケースについて実験結果を図-3, 4に示す。図中の格子はブロックの配列を表し、ハッチ部分が突起のあるブロックである。まず、図-3に示す流量 $Q=0.0005\text{m}^3/\text{s}$ の場合、斜面の横断方向中央部分にある滞筋部分で $20\text{cm}/\text{s}$ （現地量で約 $110\text{cm}/\text{s}$ ）を越える流速が生じている。しかし、左右両岸で $10\text{cm}/\text{s}$ （現地量で約 $55\text{cm}/\text{s}$ ）以下と非常に小さい流速値を示す範囲が広がっている。水深については、ほとんどの突起位置での水深値が 10mm 以下であることから、突起頂部が干出していることがわかる。滞筋以外の場所では水深が約 3mm （現地量で約 9cm ）と浅いが、滞筋部の流速では遡上できない小型魚種の遡上には問題のない水深である。次に、図-4に示す流量 $Q=0.002\text{m}^3/\text{s}$ の場合、滞筋部分で $30\text{cm}/\text{s}$ （現地量で約 $160\text{cm}/\text{s}$ ）を越える高流速が生じているため、この部分を遡上できる魚類は少ない。しかし、左右両岸で $20\text{cm}/\text{s}$ （現地量で約 $110\text{cm}/\text{s}$ ）以下の範囲が斜面の上流側から下流まで通して広がっており、両岸に近づくほどその値も小さくなっている。水深については、斜面のほぼ全域で 5mm （現地量で 15cm ）を越えている。また、ほとんどの突起で、流水はその頂部を越流していた。上記のことから、左右両岸に近い部分であれば魚類はそれぞれの遊泳能力に適した流速の分布域を選択して遡上することが可能であると考えられる。なお、実験を行った流量の内最大である $Q=0.003\text{m}^3/\text{s}$ とした場合には、流速が斜面のほぼ全域で $20\text{cm}/\text{s}$ （現地量で約 $110\text{cm}/\text{s}$ ）以上であった。したがって、アユと同等以上の遊泳力を有する魚類であれば遡上可能であると考えられる。すべての実験ケースで滞筋部下流側に最大流速が生じた。このため、斜面長が長い場合には突起付きブロックを平坦なものに入れ替えて、下流ほど滞筋の幅が広くなるようにすることで、下流側の流速増大を避けることが可能である。さらに、ブロック表面に模様をつけるなどの方法で粗度を増加させて斜面部全体の流速低下を図ることも考えられる。

5. 結論 上面に突起のあるブロックと平坦なブロックの2種類を水流が流路の中心部に集中するように配列した緩傾斜型落差工の全断面魚道としての機能を確認した。単位幅流量が現地量に換算して $q=0.16\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ の条件では、水流は斜面横断方向の中央部に集中し、この部分を魚類が遡上可能である。一方、単位幅流量が現地量に換算して $q=0.66\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ の条件では、斜面横断方向の中央部に集中した水流は流速が大きすぎ、この部分の魚類の遡上は困難であるが、左右両岸付近で流速、水深ともに遡上可能な部分が連続的に出現している。したがって、ここで設定した流量の範囲内で魚道として十分機能することが確認できた。

5. 結論 上面に突起のあるブロックと平坦なブロックの2種類を水流が流路の中心部に集中するように配列した緩傾斜型落差工の全断面魚道としての機能を確認した。単位幅流量が現地量に換算して $q=0.16\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ の条件では、水流は斜面横断方向の中央部に集中し、この部分を魚類が遡上可能である。一方、単位幅流量が現地量に換算して $q=0.66\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ の条件では、斜面横断方向の中央部に集中した水流は流速が大きすぎ、この部分の魚類の遡上は困難であるが、左右両岸付近で流速、水深ともに遡上可能な部分が連続的に出現している。したがって、ここで設定した流量の範囲内で魚道として十分機能することが確認できた。

参考文献 赤坂孝孝・河野茂樹・野口統正 (1994) : 全断面魚道の構築方法に関する実験的研究,

土木学会第49回年次学術講演会講演概要集, 2-A, pp. 220-221

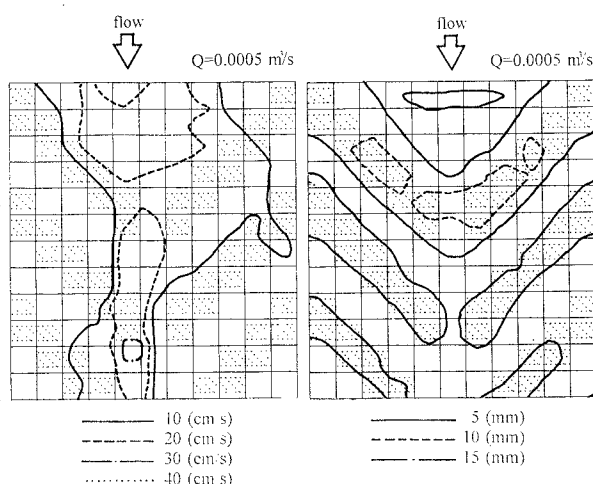


図-3 実験結果（流速・水深） $Q=0.0005\text{m}^3/\text{s}$

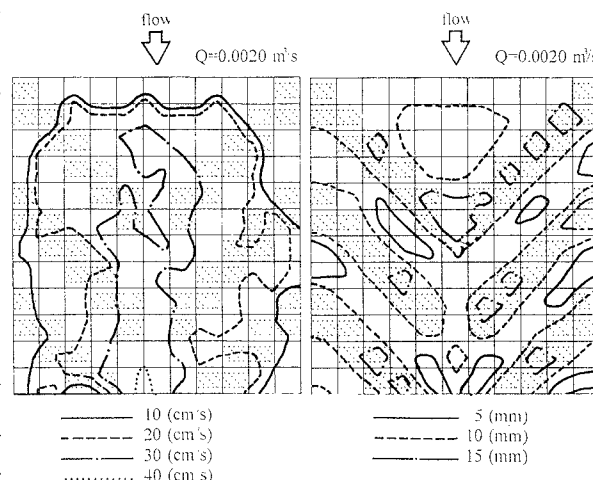


図-4 実験結果（流速・水深） $Q=0.002\text{m}^3/\text{s}$