舟通し魚道における流れ場の特性と排砂機能に関する実験的研究

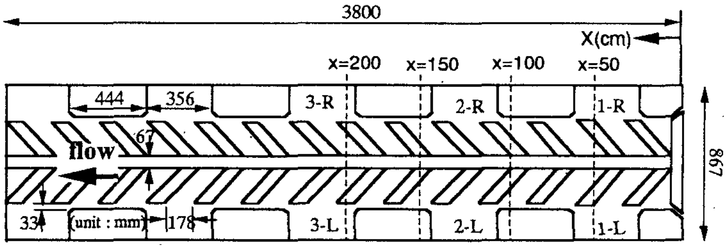
岐阜高専　専攻科建設工学専攻　学生員　○高原 良将
岐阜高専　環境都市工学科　　　正会員　　和田　清

1．はじめに　ストリーム型魚道は，流れに広範囲の流速分布を生じさせて魚類に遡上可能な経路を提供するものであり，舟通し型などは人工早瀬風の河川景観を創出して，土砂や流木などが混入しても致命的な遡上障害が生じにくい構造形式といわれている[1)]．本研究では，この舟通し魚道を基本形として，遡上経路の連続性をより確保するために，阻流材の両側岸にスリットの導入，経路に隣接するユニットごとの休憩プールなどの修正を加えた魚道「修正ラリーニア型舟通し魚道」を取り上げて，水理実験によって土砂の堆積状況と排砂機能を流量との関係で明らかにしようとするものである．

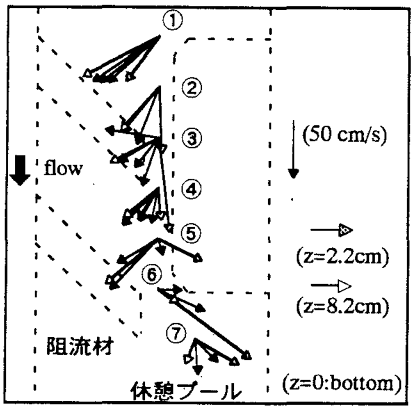
2．実験の概要　実験は，岐阜高専の水理実験室内において，アルミと木製（阻流材：6.7 ㎝角）の魚道ユニット（幅 87 ㎝×高さ 20 ㎝×長さ 80 ㎝）を並列に 5 組連結し，勾配 1/10，全長 3.8mに設置して行った．その平面図を示せば**図－1** のようである．定常流中において魚道出口（x＝0m）の上部から土砂（粒径：9.52～15.9 ㎜，重量：2.41±1.26ｇ）を投入し，安定した堆砂状況が保持できるように徐々に流量を減少させて最終的な堆積分布の測量を行いつつ，デジタルカメラとビデオカメラ（2台）を用いて堆積状況を把握した．実験中，土砂を上部から一様に並べて投入することにより均一に流下するように工夫を凝らした．なお，流量は 2 種類（0.0215，0.0397 m^3/s）であり，それぞれ 3 回ずつ繰り返して行い，舟通し魚道の土砂排除効果と土砂堆積分布の再現性の確認を行った．

3．結果および考察　**（1）3次元的な流れの構造**　**図－2** はスリット部において鉛直方向 2 cm 間隔で計測された流速値を重ね合わせた平面図であり，白抜き矢印はそれぞれ底面（z=2.2cm）と水面付近（z=8.2cm）を示している．同図から，上流側の休憩プールからの流れは，斜め阻流材に向かって流下し（図中①②の地点），阻流材のスリット部を通過する場合には側壁に沿う底部の速い流れが生じていることがわかる（図中③)．さらに，スリット部を通過した後，底部では側壁に斜めにあたる強い流れが発生しており（図中⑤)，スリット部と側壁端の間（図中⑥）の底部では下流側の休憩プールに進入する強い流れが生じている．休憩プール内では穏やかな流れの状態となっている.また，①から⑤の地点の水面付近では，斜め阻流材にほぼ直交する共通した流れがあり，阻流材に直交する流れが卓越することがわかる．同地点における鉛直断面図を示した**図－3** から，上述したスリット底部を通過する速い流れ（図中③⑥）や，側壁に斜めにあたる流れが強い上昇流を伴っていることがわかる（図中⑤）．一方，斜め阻流材の間における主流速（U）と２次流（V,W）の分布を示せば**図－4** のようである．斜め阻流材の天端では，1 m/s を越える速い主流が生じている．その背後の段落ち部では底面に近づくにつれて緩い流れとなっている．さらに，２次流の分布を見ると，流れに平行な中央の阻流材に近づくほど斜め阻流材の背後では下向きの強い流れが生じており，スリット側の底部では側壁へ，水面付近では逆に中央に向かう,流下方向に対して時計回りの２次流が形成されている．主流の分布には空間的な偏りが生じているので，この２次流は斜め流下方向に回転した螺旋渦流となって，斜め阻流材の間で発達していることがわかる．

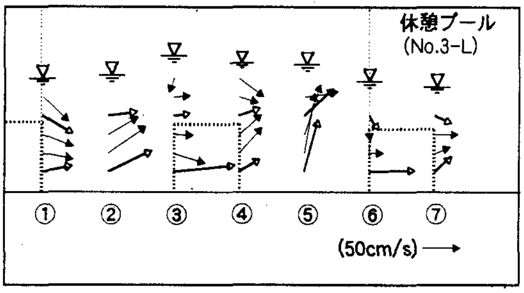
（2）土砂の堆積分布　**図－5，6** は流量 0.0215，0.0397 m^3/s における平面的な土砂の堆積状況を示したものである．それぞれ 3 回繰り返して実験を行ったが大きな差異は見られない．共通点として，流量の大小に関係なく流れ方向に対してほぼ左右対称な堆積分布となっていること，流量が少ない場合には，魚道内のほとんどの休憩プールやスリット部分に土砂が堆積していること，流量が多い場合には，上流で堆積した土砂は掃流されて下流で堆積する様子などがうかがえる．なお，流量が多い場合において下流に堆積する要因は,流量増加に伴って下流側の水位が上昇し，堰上げ背水となって流速が減少し堆積しやすくなったことが



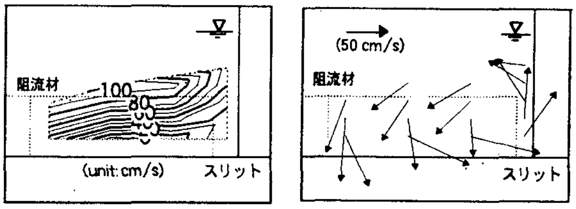
図－1　実験水路（修正ラリーニア舟通し魚道）



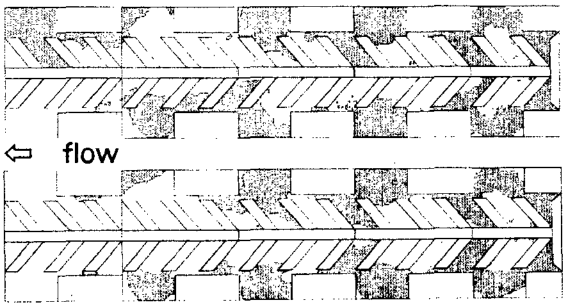
図－2（スリット部）
流速の水平分布



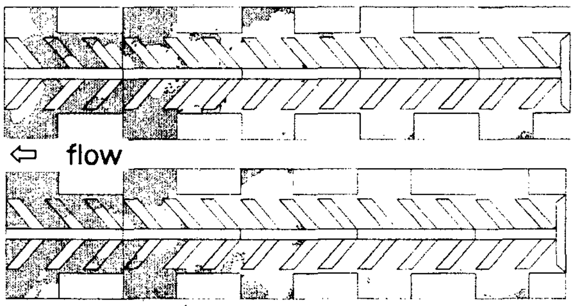
図－3　流速の鉛直分布（スリット部）



図－4　主流速と２次流（斜め阻流材の間）



図－5　土砂の堆積分布（Q＝0.0215 m^3/s）



図－6　土砂の堆積分布（Q＝0.0397 m^3/s）

考えられる．さらに詳細に見ると，休憩プールにおける堆砂分布は流量によって異なり，流量が少ない場合には休憩プールの上流側に堆積，下流側で侵食されやすく，流量が多くなるとプールの下流側で堆積する傾向にある．これは，水路中央から斜め阻流材の間を流下する螺旋渦流の強さと休憩プール内の水深の関係に起因するものと考えられる．すなわち，流量が少ない場合には休憩プールの水深が浅いために下流部に流入した渦流の強さが土砂を堆積しにくい環境となるために洗掘されるが，プールに堆積した土砂を一掃するほどの流れのエネルギーは供給されない．一方，流量が多い場合にはプール内に堆積した土砂を掃流するほどの渦流が流入することになるが，プールの水深が増加しているために下流側の隅角部では一種の澱みとなって土砂が若干堆積する．さらに，斜め阻流材の間にも土砂が堆積している．この場所は休憩プールに接続する部分であり，休憩プールに堆積した土砂の一部がスリット部を流下する際に充填され固定化されることによってプール側へと土砂が連続したものと考えられる．したがって，遡上経路の連続性をより確保するために設定した阻流材の両側岸へのスリット導入は，土砂の粒径によっては填り石となる可能性を示唆しているものと考えられる．なお，今回の実験では，スリット幅の約半分ほどの粒径の土砂を用いており，流量を約２倍ほど増加させることによってスリット部や休憩プールに堆積した土砂を掃流できることが確認された．

4. おわりに　以上，修正ラリーニア型舟通し魚道を取り上げて，休憩プールやスリット部に堆積した土砂の分布について流量との関係で考察して排砂機能の一部を確認した．今後，現地調査を継続するとともに，非定常流や粒径を変化させた実験などを行い，対象魚道の改善をはかる予定である．

謝辞：実験・解析において，環境都市工学科５年三原貞路君の絶大な協力を得た．ここに記して謝意を表します．

【参考文献】1）中村俊六（1995）：魚道のはなし，山海堂，225p..