

階段式魚道における落下流と魚の跳躍について

九州工業大学・工学部 正員 浦 勝
 九州工業大学大学院 学生員 山口秀和・山田弘明・河東礼
 日鉄鉦コンサルタント K.K 正員 藤井智也

1. はじめに

階段式魚道においてプール間水位差が設計値より大きくなった場合、魚は水中遊泳による遡上が困難となり跳躍を強いられる。跳躍遡上率の悪い魚道において、その原因を知り、対策を考える目的で流速分布の測定を行なった。幸いにも流速観測時に小型魚（体長 15cm 程度のオイカワ）の跳躍をビデオ撮影することができた。跳躍の状況と流況との関係を示すとともに、遡上率を向上するための検討を試みた。

2. 測定魚道の現状

河口より 33km 地点に、農業用水と都市上水の取水を目的として設置された落差 3.6m の可動堰（鋼製転倒ゲート 3 門）がある。この右岸側には、河川管理者によって生態系の保全に配慮して、幅 2.0m、プール長 2.0m、プール間落差 0.2m の交互切欠き型階段式魚道が、プール数 18 個、全長 38m で設置されている。かんがい期（5 月 20 日～10 月 5 日）には、貯水位 H_0 は 23.0m に保持されており、出水時には $H_0 = 23.1m$ となるように転倒ゲートで調節されている。非かんがい期は $H_0 = 22.5m$ に下げられる。魚道の上流側 4 個の隔壁部分(W1～W4)の平面および縦断面図を図-1 および図-2 に示す。切欠き部の幅は 0.7m、深さは第 3 隔壁以下は 0.2m である。ただし第 1 隔壁と第 2 隔壁の切欠き深さはそれぞれ 0.6m と 0.4m であり、厚さ 5cm の角落し板が入られ、貯水位低下に対応できるようになっている。貯水位 $H_0 = 23.0m$ のとき、もし角落し板が第 1 隔壁の切欠き部に 22.76m まで、第 2 隔壁の切欠き部には 22.6m まで入れられれば、プール間落差 $\Delta H = 0.2m$ 、越流水深 $h = 0.15m$ の魚道として機能することになっている。しかし現実には、かんがい期の貯水位を $H_0 = 23.0m$ 以上に保持することが強く要求され、第 1 隔壁の切欠き部には角落し板が 23.0m まで入れられる。かつ、第 1 隔壁には潜孔が無いいため、貯水位が降雨によって 23.0m 以上に上昇したとき以外は魚道には水が流入しない。

3. 現地測定

3 次元電磁流速計を用いた予備測定を非かんがい期に行い、かんがい期の出水を待った。前日からの降雨が上がった翌朝、現地に発電機を運び、3 次元流速計により図-1、2 に示した W1 と W2 間の第 1 プール内の左半分を流水方向 6 点、水深方向 5 点、横断方向 4 点、計 120 点において、サンプリング間隔 0.33 秒、データ収録時間 169 秒で 12 時間の観測を行なった。第 1 隔壁の切欠き部には高さ 23.02m まで厚さ 5cm の角落し板が入れられており、第 2 隔壁の切欠き部は 22.6m まで厚さ 4cm の角落し板を入れ、第 2 隔壁の潜孔は塞いだ。各プールの水位は $H_0 = 23.098m$ 、 $H_1 = 22.724m$ 、

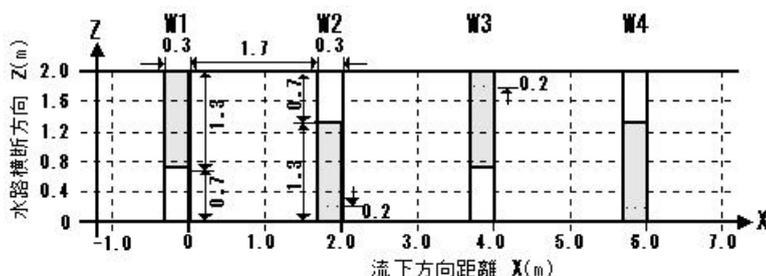


図-1 魚道平面図（第 1～第 4 隔壁間）

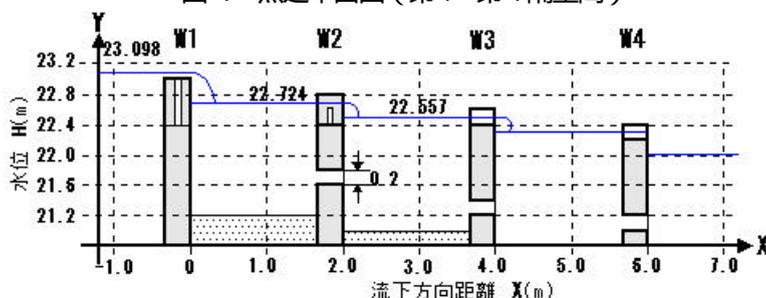


図-2 魚道縦断面図（第 1～第 4 隔壁間）

キーワード：階段式魚道、魚の遡上、魚の跳躍、プール内流速分布

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学・工学部・建設社会工学科

TEL：093-884-3125 又は 3116 FAX：093-884-3100

$H_2=22.557\text{m}$ 、プール間落差はそれぞれ $\Delta H_1=0.374\text{m}$ 、 $\Delta H_2=0.167\text{m}$ である。このときの魚道の水の流れは第1隔壁の全幅から流入し、第2隔壁は切欠き部からの越流、第3隔壁以降は切欠き部と潜孔からの流下である。魚の跳躍状況は第1プールと第2プールにおいてビデオカメラで撮影した。

4. 第1プール内の流況と魚の跳躍状況

第1プール内の流下方向(x)、水位方向(y)の流速ベクトル分布を図-3に示す。流速ベクトルのスケールは図の下方に示している。同図は右岸側壁からの距離 $Z=1.0, 1.4, 1.7, 1.9\text{m}$ におけるベクトルを全て記入している。

隔壁から落下する水脈は鉛直方向と約 67° で、第1プールの水面($H_1=22.724\text{m}$)の $x=0.1\sim 0.2\text{m}$ 付近に突入し、流速分布の拡散が少ないため水深 0.5m ($y=22.2\text{m}$)までの間は 1m/s 以上の流速を保持している。この落下流に連行されて、水面付近の $x=0.4\sim 0.7\text{m}$ は主として上流向き(約 0.1m/s 程度)循環流が存在する。

次に流速測定時にビデオ撮影された20秒間に跳躍した14尾の小型魚(体長 $7\sim 20\text{cm}$ 、平均 15cm のオイカワ)の跳躍軌跡を図-3に併記した。さらに跳躍始点に示した印は上流側に、 \times 印は下流側に向かって跳躍したことを表している。体長の大きいものは高くかつ遠くへ跳んでいるが、遡上に成功したものは14尾中1尾のみであった。測定中観測された第1プールからの跳躍魚数は延べ39尾であったが、遡上したものは1尾のみであった。

これらの結果から、第1プールは落差が $\Delta H=0.374\text{m}$ 、突入角度が 67° と大きいいため、魚は跳躍を強いられる。魚は流れに沿って跳躍することが確認されたが、この流れの角度が 67° と鉛直に近いために跳躍高さは十分でも、水平距離が足りない。さらに落下流の流速分布が拡散せず表面近傍の水を下流側から連行するため、落下流のそばのやや緩やかな流速に

沿って助走してくると $x=0.4\sim 0.7\text{m}$ の水面から跳躍することになり、遡上方向とは逆の下流方向に跳ぶことになる(図-3の \times 印で表した跳躍始点の魚がそれである)。また第2プールでは $\Delta H=0.167\text{m}$ と比較的落差は小さいが、越流水脈が角落し板に付着し、流向が鉛直下向きに近く、かつ気泡を多量に連行するため遊泳遡上することができず跳躍を強いられており、その方向は真上に近い。このため、第2隔壁を跳躍したオイカワは延べ53尾であったが、遡上できたものは8尾で成功率は15%にすぎない。

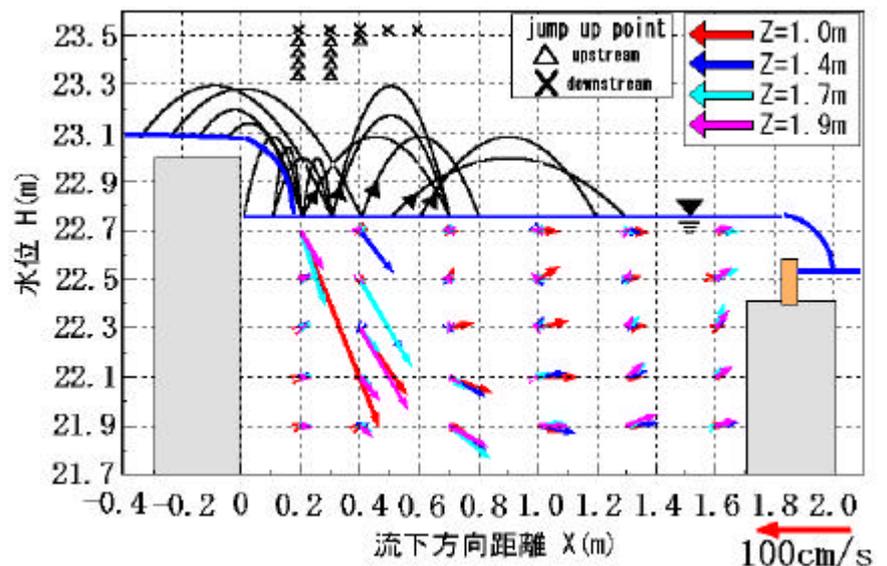


図-3 第1プール内の流速ベクトルと魚(オイカワ)の跳躍軌跡

5. おわりに

以上の結果から、改善策として次のような事が考えられる。

- (1) 遡上率を上げるためには第1隔壁の上流側にもう1枚隔壁を設け、プール間落差を $\Delta H=0.2\text{m}$ 以下とすること。
- (2) 越流部となる隔壁は天端厚 0.3m のうち下流側 0.2m を隅切りし、鉛直と $45^\circ\sim 55^\circ$ 程度とする。これにより落下流の流入角度を減少させることができる。
- (3) 第2隔壁の角落し板にも下流面に 45° の斜面を付けることが必要である。
- (4) 隔壁下流面の隅切り 45° の一部を水中に十分延長すれば気泡の連行を減少させ¹⁾、かつ底生魚の遡上も可能となる。

最後に、現地測定に多大な協力と便宜を与えていただいた国土交通省・遠賀川工事事務所に深甚なる謝意を表す。

参考文献： 1) 藤井・浦・山口：プール間落差が大きい階段式魚道の流況と対策：土木学会西部支部年講，第2分冊 pp.B124-125,2001.3