

## プール間落差が大きい階段式魚道の流況と対策

九州工業大学大学院 学生員 ○藤井 智也  
 九州工業大学工学部 正 員 浦 勝  
 九州工業大学工学部 学生員 山口 秀和

### 1. はじめに

河道を横断する取水堰には階段式魚道が設置されることが多い。上流側の水位変動に対して調節装置が考えられているが、十分な対応がとれず上流端プールにおける水位落差が大きく、かつ水面付近の流況が乱れることがあり、魚が方向性を失い、遡上効率を著しく低下させていることがある。本研究は交互切欠型階段式魚道において上流端水位差が大きい場合に魚の跳躍状況調査と水位・流速測定を行い、問題点を明らかにした。また、その改善案として隔壁越流部にスロープ設置を提案するとともに、縮尺模型による水理実験を行い、スロープによる効果の検証を行った。

### 2. 現地測定および実験概要

図-1に魚道上流部の3個の隔壁 W1, W2, W3の縦断面位置及び正面図を示す。幅2.0m, プール長1.7m, 隔壁厚さ0.3mの交互切欠型階段式魚道であり、W3以下はプール間落差 $\Delta H=0.2m$ である。上流端水位 $H_0$ の変化に応じてW1, W2の切欠部に斜線で示したような角落しを入れることで $\Delta H$ を調節できるようになっている。ただし、灌漑期は水利権の関係からW1の切欠部が全面閉塞され、W1の $\Delta H$ が0.4m近くとなる。今回この状態の第1プールにおいて鮎の遡上観測と流速の3次元測定を行った。さらに室内実験は、現地魚道の1/4の模型を幅50cmの水路に50cm間隔で設置して行った。座標軸は流下水平方向にx軸、鉛直上方向にy軸、水路横断方向にz軸をとり、それぞれ図-2に示したメッシュ間隔で流速、水面変動測定を行った。流速測定はx, y, z方向の流速をu, v, wとし、3次元電磁流速計を用い、 $\Delta t=0.33sec$ 、1測点512個のデータを収録した。水面変動量 $h'$ 、時間平均水深 $h$ は、容量式波高計を用い、 $\Delta t=0.3sec$ 、1測点256個のデータを収録した。表-1に実験条件を示す。実河川に設けられた魚道を再現した実験Case2と第1隔壁に図-2に示すような45°の粗面スロープを設置したものをCase6として実験を行い比較検討した。

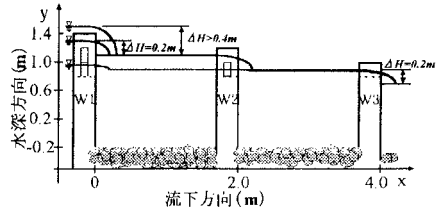


図-1(a) 魚道縦断面図

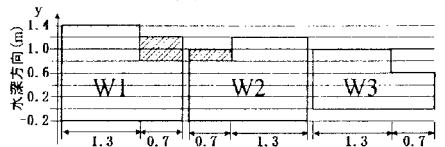


図-1(b) 魚道隔壁正面図

表-1 実験条件 (原型寸法に換算)

| Case No.     | 現地       | 2     | 6          |
|--------------|----------|-------|------------|
| スロープ         | なし       | なし    | 45°        |
| 越流水深(cm)     | 9.8      |       |            |
| 越流部(x=0cm)   | z=0~2.0m |       | z=0.7~2.0m |
| 流量 Q(m³/sec) | 0.122    | 0.079 |            |
| 水位差 ΔH(cm)   | 37.4     | 32.8  | 32.4       |

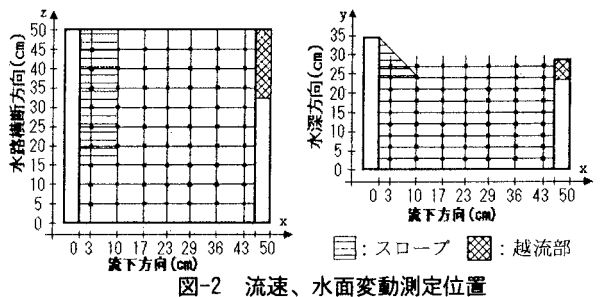


図-2 流速、水面変動測定位置

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 流速分布

現地測定によるx-y平面の流況を図-3に示す。これはz=1.7m断面の平均値である。図中の○×印は12秒間に13尾のアユ(体長6cm程度)が水面から跳躍したx座標とその方向を示すもので、○は上流方向、×は下流方向である。×印はもちろんのこと、○印の場合もx方向の距離が足りずW1を遡上できなかった。落下流は鉛直と $27\pm 3^\circ$ の方向で最大2.6m/s、水面下0.3m程度で約1.0m/sの流速をもつ。そして、x=0.4mの水面では上流側に向かう循環流があり、魚

はこれを落下流と誤認して下流側へ跳躍するものが約半分ほどいる。 $x < 0.4\text{m}$ の上流では落下流の速くかつ $27^\circ$ 程度の流入角のため、ほとんど真上に近い方向に跳躍し、W1を越えることができない。Case2、6における流況を図-4に、乱れエネルギーを図-5に示す。これらの図より、Case2では第1隔壁からの垂直に近い、強い落下流と循環流が確認され、実河川の魚道で測定された流況とほぼ一致している。Case2での魚の遡上を考えると、魚は流れに向かって遡上しようとするので、 $x = 0.2 \sim 0.7\text{m}$ の水面付近で落下流と循環流による乱れは魚に方向性を失わせ、遡上効率を著しく悪化させている。これに対しCase6ではスロープ延長上にスロープに沿う安定した流れがあり、魚が方向性を失うことはないといえる。また、スロープ延長上で最大流速 $1.8\text{m/s}$ が測定されたが、スロープ延長上から上方に $4 \sim 8\text{cm}$ 離れた領域では流速が $0.6\text{m/s}$ 程度に抑えられ、水面付近の乱れも穏やかであることから、魚はこの領域から $45^\circ$ 程度の方向で跳躍可能であると考えられる。

### 3.2 水面変動

図-6に水面変動強度 $h'/\Delta H$ を%で示し $1.0\%$ 以上に陰をつけた。Case2、6ともに全流量が集中するW2切欠部及び上昇流のあるW2付近で $1.0\%$ 以上となる。Case2では落下流が流入する $x = 0.1 \sim 0.4\text{m}$ で $1.4\%$ 以上の強い変動領域が広く見られるが、Case6の流入部である $x = 0.4 \sim 0.6\text{m}$ では $0.6\%$ 以下の穏やかな領域となる。また、Case2では流入部において多量の気泡が水中に取り込まれるのに対し、Case6ではわずかな気泡しか確認されなかった。気泡の連行は、水面変動を複雑化すると同時に魚の遊泳能力を下げる一因になっていると考えられる。従って、気泡の発生が抑えられることは魚の遡上効率を上げるのに効果的である。

### 4. おわりに

本実験により以下の知見が得られた。

- (1) 落差の大きい魚道隔壁では流入角が鉛直に近くかつ、水脈の幅が狭く、気泡を連行し、循環流が安定しない。このため魚の跳躍の方向性を誤認させ水平距離も小さい。
- (2)  $45^\circ$ のスロープを設置することにより魚の跳躍時の方向性を安定化させることができた。
- (3)  $45^\circ$ のスロープを設置することにより落下流による気泡の発生、水面変動を抑えることができた。

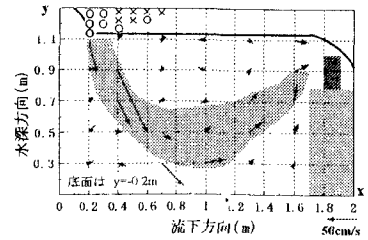


図-3 流況 (現地測定)

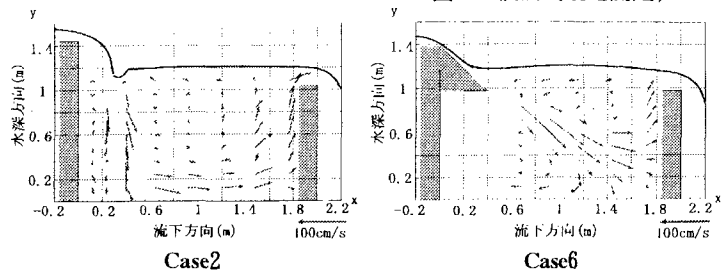


図-4 流況 (模型実験、 $z=40\text{cm}$ )

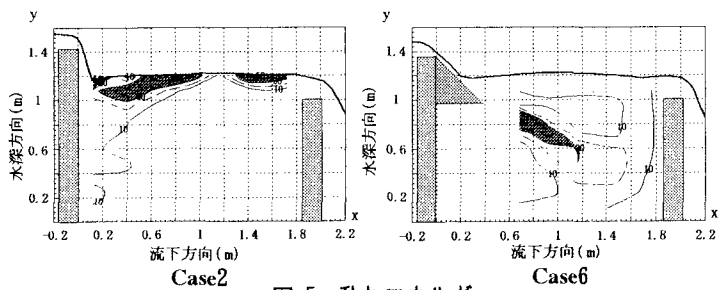


図-5 乱れエネルギー

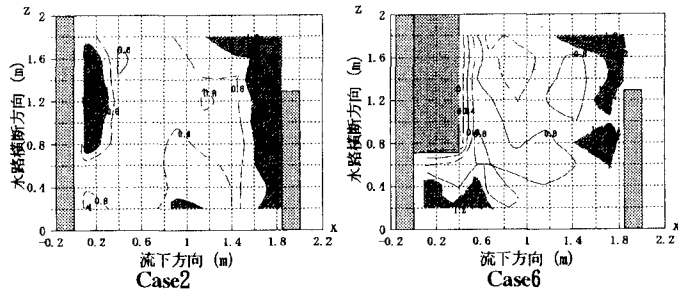


図-6 水面変動強度