

## 52 階段式魚道における横波の発生特性について

建設省越美山系砂防工事事務所 原 義文、松田 均  
 近藤 努  
 鳥取大学 宮本邦明  
 (株)建設技術研究所○宮園正敏

### はじめに

プールが連続する階段式魚道は、越流水深が小さいとプールで減勢され落下流（潜り流）を示すが、越流水深が大きくなると表面の流れが卓越し水は勢いよく流れてしまい、魚類は遡上困難となる。しかし越流水深の小さい落下流状態でも水面が振動（セイシュ）して大きく流況が乱れることがある。本実験は1/10縮尺の階段式魚道模型を製作して落下流や表面流の流況ならびに落下流の状態が発生する水面振動を確認する実験を実施したのでここに報告する。

### 1. 実験施設および実験ケース

隔壁間落差15cm、魚道勾配1/3、総落差60cmの実物大魚道を用いたアユの遡上実験では高い遡上率を示した。このため総落差3m、魚道延長9mと実際に設置される魚道とほぼ同じ実物大魚道を製作し再度遡上実験を実施してみた。しかしその実験結果は越流水深6.5cmにて流況が大きく乱れる水理現象が確認され、遡上率も低い結果となった。本実験は、この水理現象を再現するために図-1に示すような縮尺1/10の簡易魚道模型を3種類（魚道勾配1/10、1/5、1/3）製作した。各模型施設は隔壁間落差を同一の1.5cm（実物では15cm）とした。このためプール長はそれぞれ15cm、7.5cm、4.5cm（実物では1.5m、0.75m、0.45m）と異なっている。

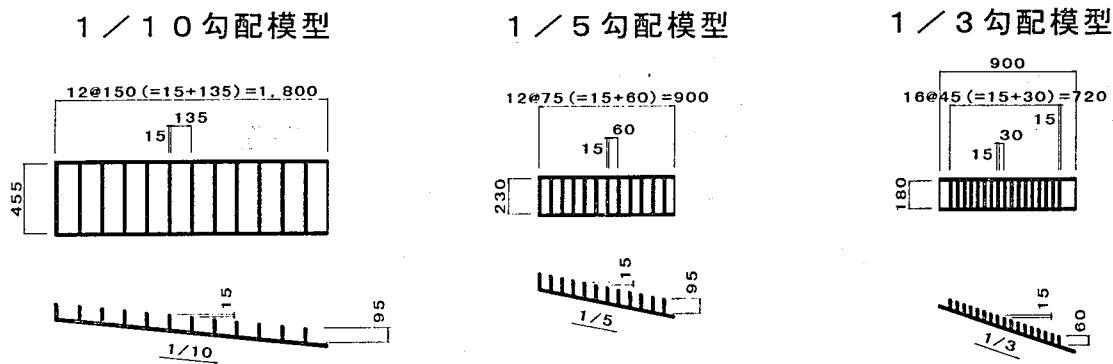


図-1 1/10縮尺魚道模型の概要

実験は魚道勾配、魚道幅、越流水深を以下のとおり組み合わせて実施した。

実験ケース 魚道勾配（3タイプ）×魚道幅（4タイプ）×越流水深（4ケース）

### 2. 実験結果

簡易魚道の水理模型実験から図-2に示すように落下流と表面流の境界が判明した。クレイ氏は階段式魚道において落下流と表面流の2つの流れがあることを示している。今回の水理模型実験でそれが確認できた。図-2では魚道勾配1/5そして1/3と急勾配となるにつれ表面流が生じる越流水深は低くなっている。模型施設は隔壁間落差を同じとしたため、急な勾配ほどプール長は短くなる。プール長が短いと隔壁を落下する流れはプールで十分減勢されず、表面流が発生するものと考えられる。

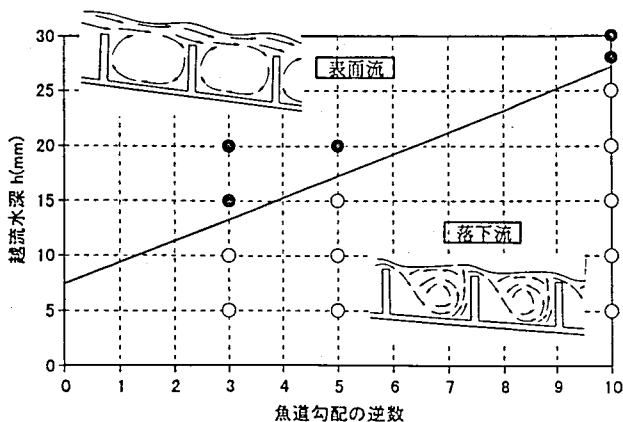


図-2 落下流と表面流

表面流の発生にはプールの規模（長さ、深さ）が関連しており、一般的な魚道勾配1/10の場合でも越流水深は図-2から25cm以下にしないと表面流が卓越し魚類は遡上しにくくなる。このように水位上昇とともに表面流が発生することから、階段式魚道は落下流の状態になるような工夫が必要である。

しかし落下流の状態でも図-3に示すように水面が振動し流況が乱れることがある。魚道勾配 1/5 の場合では越流水深 1.5cm 以下でも、魚道幅が広くなるにつれ水面が大きく振動している。

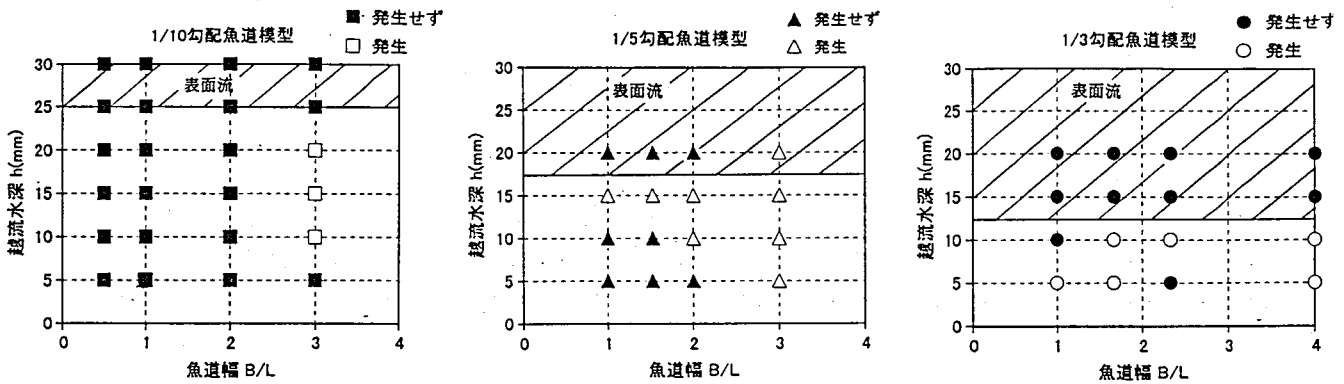


図-3 模型水路でのセイシュ発生状況 (B: 魚道幅 L: プール長)

発生原因の理論的裏付けは十分ではないが、水面付近の逆流や壁の影響などにより図-4に示すような波が流水直角方向に生じるものと推測される。この波が魚道側壁の反射などにより増幅され波長、周期、振幅ともに等しい正・負方向の波となったとき、波形は振幅が常に0である節 (node) と節と節の間に腹 (loop) のみられる定常波 (セイシュ) が発生する。この現象は湖水や入り口の狭い湾などでよくみられる。

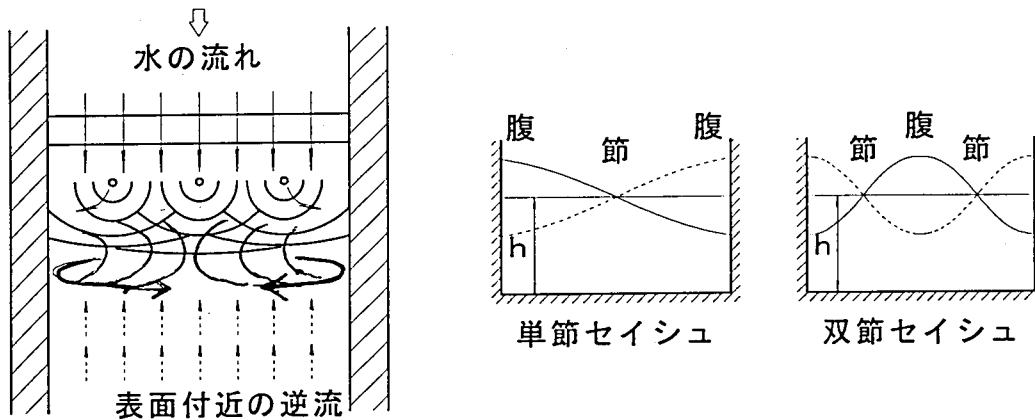


図-4 セイシュ発生原因の推測

### 3. 実験結果のまとめ

急峻な地形にある砂防施設に適した魚道のあり方を検討してきた。多種多様な魚類の遡上に最適な魚道構造は階段式魚道である。しかし階段式魚道は水位の上昇とともに魚道内の流況が乱れるという欠点がある。今回縮尺 1/10 の水理模型実験からこの点を確認することができた。この実験をとおして階段式魚道は次のような点に配慮した施設計画を考える必要がある。

- ① 隔壁を越流する最大越流水深は魚が最も遡上したくなるような刺激を与え、しかも落下流の流況となるように  $h=15\text{cm}$  程度とする。このための工夫としては魚道出口での水位調節や複数の魚道进行を設けることが考えられる (表面流の発生防止)
- ② 魚道はなるべく直線とする。曲線部等を設ける時は十分減勢させ水の流れに直角方向の流れが発生しないようにする (水面振動の発生防止)
- ③ 魚道幅 (B) はいたずらに広くしないで、流水方向に長いプール長 (L) として  $L/B$  を 1 以上とする (水面振動の発生防止)
- ④ 魚道側壁部の高さを低くして水面振動のエネルギーを発散させたり、魚道側壁内側の壁にオーバーハング状の壁を突出させ水面振動を押さえることが考えられる
- ⑤ 非越流部を有するアイスバー型魚道についても実験したが水面振動は少ないことが判明した。
- ⑥ この水面振動はプール水深 (h) が深く関係している重力波と考えられるので、振動発生防止のひとつとしてプール水深を一部浅くすることも考えられる。

### 参考文献

- 1) 魚道及び降下対策の知識と設計 (財)リバーフロント整備センター P42
- 2) 物部 水理学 本間 仁、安芸皎一 P483