

階段式魚道におけるセイシュの発生

中部学院大学

岐阜大学応用生物科学部

○ 宮園 正敏

戸松 修

はじめに

規則的な形状・規模が連続する階段式魚道は、セイシュ（横波、縦波）が発生しやすい。紀ノ川の堰に設置された魚道、千曲川の宮川ダムの魚道で大きな波が発生した事例があり、規模は小さいが砂防えん堤の魚道でもみられる。堰とプールが規則的に長く連続する水路のセイシュ発生状況を現地観測したので、ここに報告する。

1. 魚道の概要

セイシュの発生がみられた魚道の概要を図-1、2に示す。魚道延長約 $L=140.0\text{ m}$ 、魚道勾配 $1/10$ 、魚道幅 $B=1.0\text{ m}$ である。隔壁とプールとが連続する一般部は4ブロックに分かれ、魚類が休息するために設置されるプールが5ヶ所ある。この魚道は岐阜県長良川水系の左支川に平成18年5月設置された。隔壁はアイスハーバー型の2次製品ブロックを用いている。

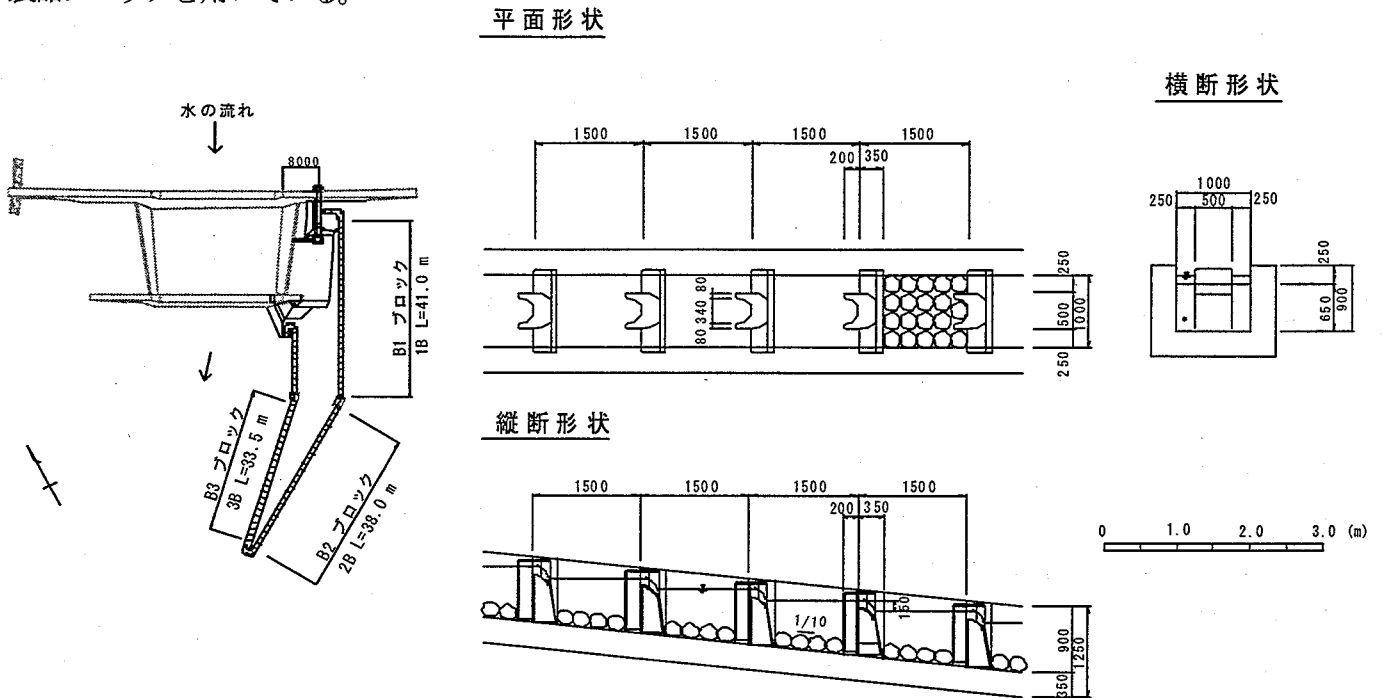


図-1 平面図

図-2 構造図

2. 測定方法

セイシュ発生状況の写真を図-3に示す。縦断方向に流下していくほど波の規模は大きくなり、波長が魚道幅2倍の単節セイシュ¹⁾がみられる。各プールの水面変動をビデオカメラで魚道流下方向に撮影し、画像データに変換し、波の峰と谷の差分をもって波高とした。側壁の両側で求め、その平均振幅の変化を測定する。測定箇所は図-1に示す魚道一般部を上流からB1、B2、B3ブロックの3つを測定した。なお、魚道の構造諸元が明確であるため、波の波高は魚道一般図の構造諸元をもとに推定した。

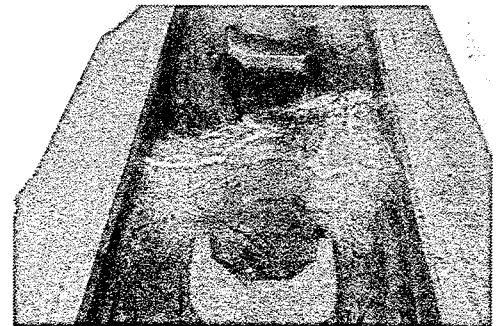


図-3 セイシュの発生

3. 測定結果

B1、B3ブロックの各プールに発生した波の平均振幅の変化を図-4に示す。縦軸に波高を示す平均振幅、横軸に上流からのプール位置を示す。魚道の隔壁間の長さが1.5 mであるので、プール位置を1.5倍すると上流端からの距離となる。図-4(a)がB1ブロックの変化を、図-4(b)にB3ブロックを示す。セイシュの発生がなければ、流下方向に平均振幅はゼロとなり一定を示すが、流下するにつれ大きくなっている。B1ブロックに比べ、B3ブロックの波が最初から発生している。B1ブロックの上流端部は90度曲がっているが静穏な状態であった。一方、B3ブロックは魚道折返しプールが上流端にあり、上流B2ブロックからの波が折返しプールに伝播していた。下

流に位置するB3ブロックはこの影響をうけている。水理模型実験⁴⁾でも下流に流れるほど振幅が大きくなる現象を確認したが、今回の実験でも図-4に示すように振幅が大きくなっている。

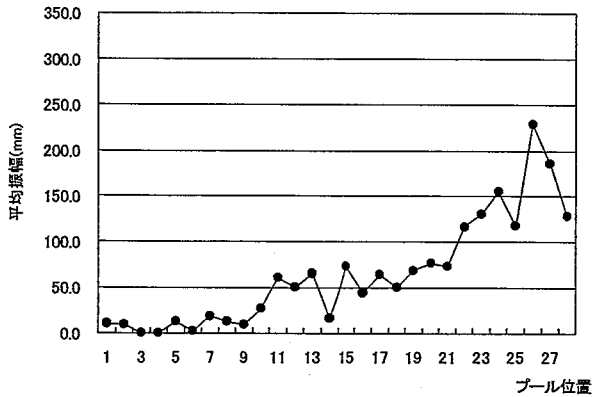


図-4(a) B1ブロックの波高変化

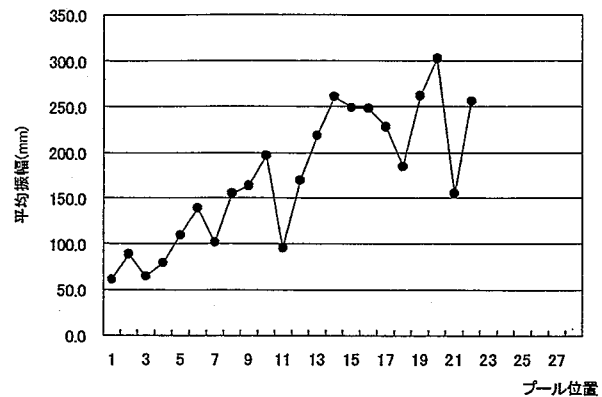


図-4(b) B3ブロックの波高変化

4. まとめ

数は少ないがこれまでセイシュが発生した魚道を整理する。双節セイシュがみられたのは紀ノ川の魚道（プール長 $L=1.7\text{m}$ 、幅 $B=5.0\text{m}$ 、プール水深 1.5m ）²⁾、信濃川の宮中ダム魚道（プール長 $L=3.15\text{m}$ 、幅 $B=10.0\text{m}$ 、プール水深 1.5m ）である。後者は流量が少ないと発生しない³⁾。単節セイシュは砂防えん堤魚道（プール長約 1.6m 、幅 $B=1.5\text{m}$ 、プール水深 0.6m ）で発生している^{5) 6)}。水理模型実験⁴⁾にて魚道幅 B が大きくなるほどセイシュが発生しやすいことを確認し細長い魚道構造の採用を提案した。これらの魚道はこの条件に該当し、横長の魚道形状である。しかし、今回セイシュがみられた魚道はプール長約 $L=1.2\text{m}$ 、幅 $B=1.0\text{m}$ 、プール水深 0.6m のやや縦長の魚道であり、しかもセイシュが発生しにくいとされるアイスハーバー型隔壁が使用されている。なお、魚道の流量を変えると、越流水深 7cm 以上でセイシュが発生し、流量の少ない越流水深 3cm では発生しない。

急峻な地形にある砂防施設に設置される魚道一般部の延長は一般に短い。本魚道のように延長の長い魚道の設置事例は少なく、セイシュの発生に対し新たな知見が得られた。

- ①セイシュを発生させる起因があれば、流下するにつれセイシュの規模は大きく成長していく
- ②振幅が大きくなると流下方向にも段波が発生する（縦振動も発生する）
- ③隔壁間落差が 15cm と小さく、落水による圧力変動を受けやすい
- ④プール長は $L=1.2\text{m}$ と短く、プールの減勢規模が小さい
- ⑤アイスハーバー型隔壁は波の発生を抑える機能を果たしていない（突起等の規模が小さい）
- ⑥セイシュ発生を抑える L/B はこの事例を踏まえ、 1.5 以上とることが好ましい

階段式魚道は、魚類の遡上刺激となる適切な流れが必要で、越流水深は $10\sim 15\text{cm}$ 程度が好ましい⁷⁾。この水深では魚道にセイシュが発生する。セイシュの発生を防ぐには、波の成長を抑えるため一般部の総延長を短くし、休息プールで波を減勢させることが考えられる。図-4(a)から20プール、約 $20\sim 30\text{m}$ 程度を最大延長とすべきではないかと思われる。経験的に魚類の休息を考えて 25m 程度の長さを採用してきたが、これを裏付けるものである。ところで、セイシュ発生は波の峰で水位差がなくなる。これは魚類が遡上しやすくなる可能性も考えられる。波発生は構造物に疲労破壊などの悪影響を及ぼすが、魚類にとって遡上効率がどうなるのか不明である。

土砂流出の多い砂防溪流は魚道内に土砂が堆積する。土砂が堆積するとプール水深が確保されず、波は発生しにくいと考えられる。土砂堆積を前提にプールの深さを小さく、越流水深を小さくした経済的な階段式魚道が考えられる。今後は、この魚道を用い流量ごとの水理状況を細部に測定し、できれば魚類を用いた遡上実験の実施から魚類の遊泳行動とセイシュの関係を解明していきたい。また、数年後に魚道に土砂が堆積した状態でセイシュ発生状況を観認する予定である。

参考文献

- 1) 本間仁・安芸岐一 (1978) : 物部 水理学, P483-484
- 2) 中村俊六 (1995) : 魚道の話, P46-49
- 3) 森田賢治 (2004) : 信濃川・宮中取水ダム魚道の遡上環境改善について、全国魚道実践研究会議 2004 in 岐阜, P21-26
- 4) 原 義文、松田均、近藤努、宮本邦明、宮園正敏 : 階段式魚道における横波の発生特性について、平成 9 年砂防学会研究発表会、P104-105
- 5) 片桐 陸、佐野滝雄、真鍋秀樹、宇野真也 : 階段式魚道で発生した横波の抑制に関する一方策、平成 10 年砂防学会研究発表会、P146-147
- 6) 平野貴之、北原一平、奥原寿隆、宇野真也 : 複数の階段式魚道における静振抑制実験、平成 11 年砂防学会研究発表会、P10-11
- 7) 原 義文、高橋 進、松田 均、和田吉弘、笹島佳子、宮園正敏 : 急勾配な階段式魚道を用いたアユ遡上実験、平成 7 年砂防学会研究発表会、P109-112