山地河川における河床変動と魚道の流入土砂量の制御

（独）国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 学生会員 ○橋口 喬太
同上 正会員 和田 清

1. はじめに

山地河川である牧田川には多くの魚道が設置されているが，土砂移動が激しい河川であるため，土砂流入による機能低下が懸念されている．そのために，河道との相互作用を踏まえた観点から，牧田川に設置された魚道の機能評価を行う必要がある．本研究では，田村魚道を対象にして，洪水時における流送土砂の変化量の実態を明らかにし，さらに，数値解析モデルにより洪水流が魚道本体へ及ぼす流れの集中度などについて検討を行い，魚道と河道の相互作用について考察を行った．

2. 研究方法

牧田川は，養老山地を集水域とする揖斐川水系の河川であり，対象魚道は，牧田川の中流部に位置する田村頭首工（川幅50m，落差1.5m，平均河床勾配1/100）である．この右岸に設置された魚道は，越流した流水のエネルギーをプール部で減勢するプールタイプ構造となっている（**図−1**参照）．台風時の洪水規模を把握するために，メモリ式水位計（S&DL mini）を河道の上流左岸側に設置し，大気圧補正計を併設して水位データに換算した（計測間隔：10分）．洪水前後の河床変化量の算定には，UAVによる空撮（Photo Scan Pro，ArcGISによる3次元地形情報化を含む）およびトータルステーション（TS）による地形測量を実施し，魚道プール内の堆積土砂量は自作したフレームにより計測した．下流側の微地形（巨石や凹地など）による河道から魚道への流れの集中度を明らかにするために，洪水時の流況を再現した平面2次元数値解析（iRIC Nays2DH）を行った．上述した地形測量から得られた3次元座標データを数値モデルの地形情報として設定し，計算条件は，マニングの粗度係数：n=0.03，河床勾配：i=1/100などとした．

3. 結果および考察

(1) 洪水履歴および河道の河床変動

大気圧補正を行った台風16号（2016年9月）による洪水前後の水位変化を示したものが**図−2**である．なお，水位の基準点は魚道出口側壁の天端としている．同図から，平水時では10～20cm程度の水深であることに対して，台風16号（930hPa，最大風速50m/s，牧田川下流合流点の文篠橋での最大水位6.87m）の影響により，1.1mの最大水位となり1m程度の増水が把握された．

対象領域の縦断方向100mの範囲で作成した洪水前後の流れ方向の河床断面図を**図−3**に示す．同図から，掃流力増大によって堰上流20mの範囲から河床低下が生じており，堰上流 60mでは約1.0mの河床低下の発生が明らかとなった．一方，堰直上0～10mの範囲，堰直下部から下流に10mの範囲，護床工ブロックから下流10mにかけては河床低下は顕在化しておらず，堆積が見られる箇所も点在した．これらのことから，洪水時の掃流力の増大により上流部で洗堀された土砂の多くは堰下流部に流送され，その一部が右岸側の魚道方向にも流入し，プール内部に堆積したと考えられる．

(2) 魚道内の堆積土砂量の算定

洪水前の8月に各プール部の堆積土砂量の測定を行い，台風16号通過後の10月にも同じく測定を実施した．**図−4**に洪水前後における堆積土砂量の算定結果を示す．洪水後の10月に，No.2～5では0～0.05m^{3}と土砂の堆積はほぼ見られなかった．一方，No.6では急激に土砂量が増加し，No.7,8では再び減少の傾向となった．さらに，No. 9, 10では再び土砂量は増加した．前半のプール部の土砂が減少したことは，洪水により魚道に流入する流量が増大し，魚道プール内の越流水による強力な縦渦流が発生したことが主な要因であると考えられる．この縦渦流の発生がプール部内に堆積していた土砂を巻き上げ，プール内部の土砂を一掃して下流のプール部へと流送したものと推測できる．また，No.6で堆積土砂が急増したのは，河道からの流れの集中などの影響を受けたことが考えられる．つまり，魚道内に発生していた縦渦流が，河道から魚道方向の流れの作用により越

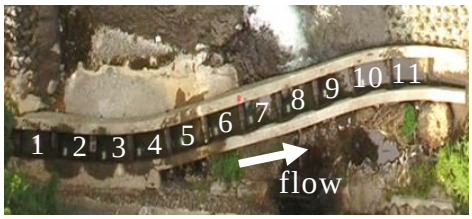

図-1 牧田川の田村魚道

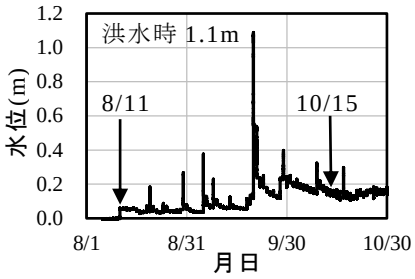

図-2 洪水前後の水位変動

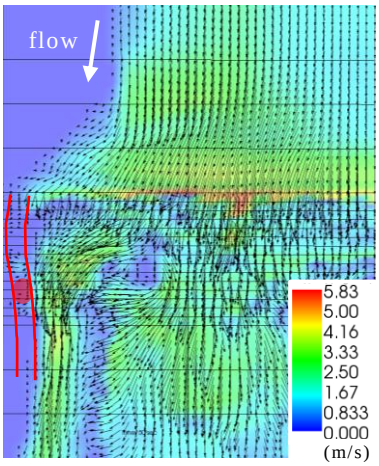

図-5 河道から魚道方向への流れ

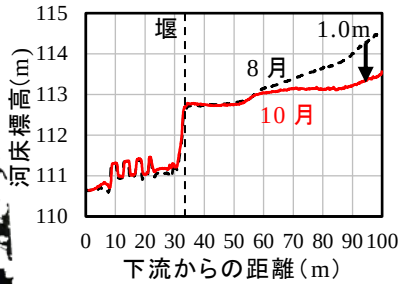

図-3 河川縦断方向の河床標高

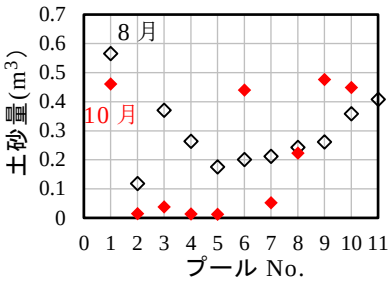

図-4 洪水前後での土砂量

流水のエネルギーが偏向したことなどから，プール上部から流送された土砂がNo.6に堆積したものと推察される．No.6の側壁天端と河床の高低差が約0.8mであることに対して，上流側の洪水水位は1.1mであるため，河道から魚道に向かう流れの影響を受けた可能性が示唆される．No.7,8では再び堆積土砂は減少したことから，河道から付加された流入水と越流水によってプール内の縦渦流が増大化し流送されたと考えられる．No.9,10の側壁天端と河床の高低差は約0.4mと低いため，洪水時には魚道壁を越えて流入し，魚道内に土砂が堆積したと考えられる．なお，魚道プールへの土砂堆積の集中箇所は洪水規模によって依存するものの，周辺の地形条件などからNo.6周辺に集中するものと想定される．

(3) 平面2次元解析による魚道方向への流れ

洪水流と魚道の越流水の相互作用の結果，魚道プール内に土砂が集中的に堆積する箇所が発生している．そこで，洪水時の河道および魚道周辺の流れを模擬し，河道の主流部から偏向する流れの空間分布を把握するために，平面2次元数値解析を行った（**図-5**参照，流量：70m^3/s）．同図から，流れのベクトルに着目すると，堰上流部で河道の主流軸が偏向していることにより，堰上流の流れは堰に対して直交ではなく，魚道方向に流れていることが確認できる．また，洪水流の一部が魚道出口や取水口に流入する傾向が見られ，流送土砂の一部が魚道にも流入する可能性を示唆している．堰下流に着目すると，巨岩に沿って流れが左右に分流し，巨岩の右岸側への流れは魚道方向に偏向して流れている．さらに，巨岩により分流した流れは凹地に向かって流れが集中しており，上述した魚道プール（No.6）の土砂堆積箇所とほぼ一致している．流速3.5~4.5m/sの速い流れとなっていることから，より大きい流体力を魚道構造物に及ぼしていることが推察される．

(4) 土砂流入防止対策

本研究では，河道から魚道出口への土砂流入防止策として，簡易床固工を洪水前の 8 月に試行した．洪水後の 10 月に土砂流入防止策の効果を確認したところ，主流部から外れた魚道出口周辺（取水口直上など）では，隣接した取水口への土砂流入を防ぐなどの効果が発揮された．

4. おわりに

以上，牧田川の中流部に位置する田村魚道において，洪水時の流送土砂の現地調査や，洪水流が魚道本体へ及ぼす流れの集中度などについて数値解析モデルによる検討を行った．今後は，牧田川下流部に新設された鴻ノ巣魚道について，洪水時の安定性と流れの連続性などの観点から機能評価を進める予定である．

【参考文献】 和田 清・橋口喬太：山地河川における河床変動と魚道の流入土砂量の制御に関する研究，土木学会第 45 回環境システム研究論文発表会講演集，pp.341-346, 2017.