

ダムの排砂バイパストンネル運用のための流入土砂動態把握手法の高度化

京都大学大学院 学生会員 ○三浦 爽
 京都大学大学院 正会員 小柴 孝太
 京都大学大学院 正会員 角 哲也

1. はじめに

日本のダムでは、計画堆砂量を設けているが、中部地方を中心に急速に堆砂が進行している。堆砂対策には、貯砂ダムと組み合わせた掘削や浚渫、スルーシング等がある。その一つである排砂バイパストンネル (Sediment Bypass Tunnel 以後 SBT) は、流入土砂の迂回により堆砂量の抑制に貢献している。SBT の運用上の課題は、利水容量の回復操作と、バイパス運用操作の切り替えをいかに効率的に行うかであり、そのためには上流河道の土砂動態の把握が不可欠である。

長野県の小渋ダム上流部では、土砂動態の把握のために、流入する小渋川と支川の鹿塩川にプレート型とパイプ型のインパクトセンサー (ハイドロフォン) や濁度計などが設置され、連続的な流砂観測が行われている。本研究では、複数の洪水波形に伴う流入土砂の動態を明らかにし、下流に位置する排砂バイパストンネルの効率的な運用操作に活用するための知見を整理することを目的としている。

2. 観測概要

小渋ダム上流は本川の小渋川と支川の鹿塩川に分かれており、この2か所で観測している (図-1)。大河原地点は、流域面積 134.8 km²、川幅 60 m、河床勾配約 1/70、また、鹿塩地点は、流域面積 52.3 km²、川幅 31.7 m、河床勾配約 1/31 である。2016 年から 2019 年現在まで 1 分間隔で流砂観測が行われている。大河原では掃流砂観測のために、左岸・中央・右岸側の 3 か所にインパクトセンサーが設置されており、右岸がプレート型で、中央・左岸はパイプ型である。鹿塩川はパイプ型 1 基で計測が行われている。パイプ型は土砂流出が激しい場合パイプが破損するが、プレート型はパイプ型よりも大きい強度を持ち、変形しにくい。観測機器設置時に現地水路実験を行って作成したキャリブレーション式を用いて掃流砂量へ変換済みのデータを入手している。計測項目は、掃流砂量、水位、流速、濁度である。



図-1 観測地点の概要

3. パイプ型とプレート型による掃流砂観測の比較

図-2、図-3 にピーク流量が約 25 m³/s、約 100 m³/s の出水のそれぞれパイプ型 (左岸)、プレート型 (右岸) による掃流砂観測値を示す。パイプ型は、ピーク流量が約 25 m³/s の出水規模では、流量と掃流砂量の波形は一致しており、出水後の減水に従って掃流砂量も減っている。一方ピーク流量が約 100 m³/s の時は、流量と掃流砂量の立ち上がりは一致しているが、流量のピークや減水期は反映されておらず、計測値が頭打ちとなり、掃流砂量の過小評価を招いた可能性が考えられる。一方プレート型は、ピーク流量が約 100 m³/s の時は、パイプ型同様に流量ピーク時の掃流砂量はやや頭打ちとなっているものの、良好に計測できている。

4. 掃流砂の履歴と Q-Qs 式の提示

図-4 に大河原における 2018 年の 2 出水 (融雪期、梅雨期) を抜き出した流量と掃流砂量の関係 (Q-Qs 関係式) を時系列 (青→赤) で示す。Q-Qs 関係式から、洪水履歴が把握でき、ヒステリシスループは反時計回りとなり、減水期のほうが多くの土砂が流れていることが確認できる。一般に、ウォッシュロードは、増水期に土砂濃度が高く、減水期に低くなる時計回りのヒステリシスループが見られることが多い。これに対し掃流砂は、すでに河道内に土砂があるか、河岸などから削れてくるかといったように、どこに土砂があるかといった土砂供給のプロセスでループは変わってくる。

キーワード プレート型・パイプ型インパクトセンサー、掃流砂計測、排砂バイパストンネル、

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 TEL0774-38-4040

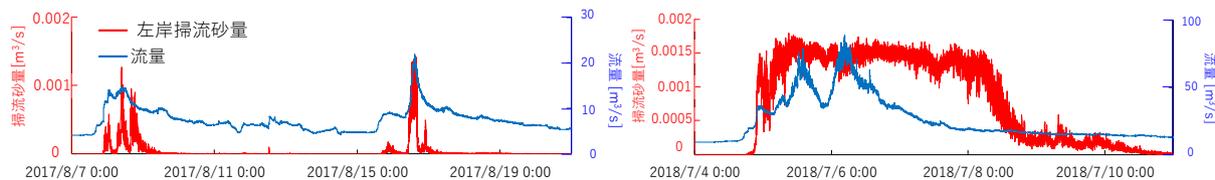


図-2 パイプ型による掃流砂計測 (左: ピーク流量 25 m³/s, 右: ピーク流量 100 m³/s)

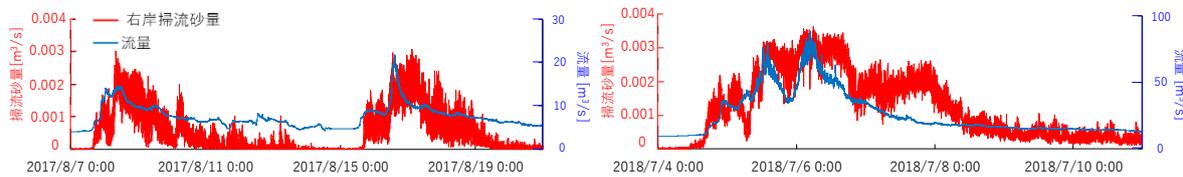


図-3 プレート型による掃流砂計測 (左: ピーク流量 25 m³/s, 右: ピーク流量 100 m³/s)

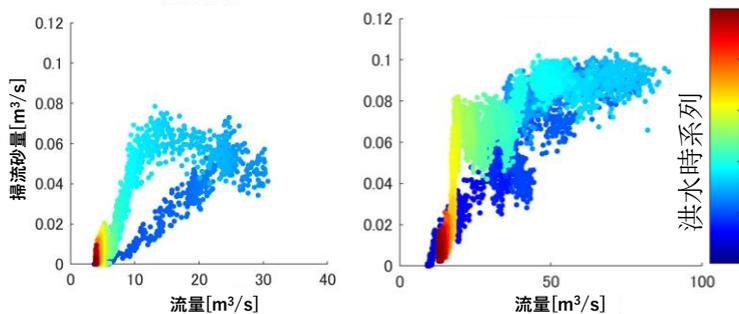


図-4 2018年大河原の洪水履歴 (左: 融雪期, 右: 梅雨期)

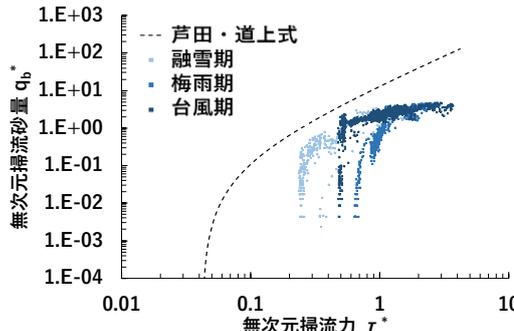


図-6 無次元掃流力と無次元掃流砂量の関係(2018年)

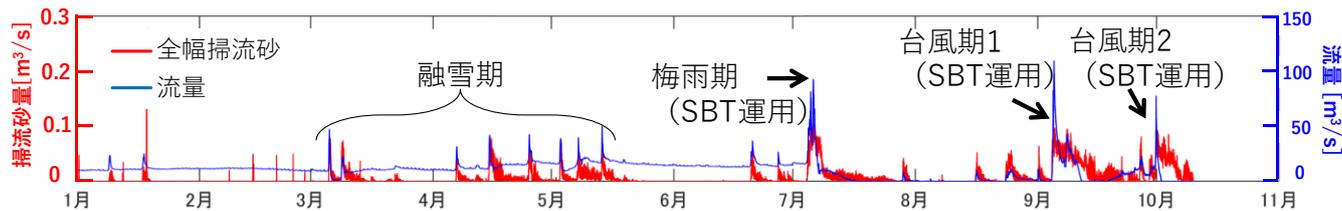


図-5 流量と掃流砂量の関係 (2018年 大河原)

5. 年間の季節変化による流入土砂特性

2018年大河原の掃流砂量と流量の時系列の関係を図-5に示す。一年間を融雪期、梅雨期、台風期に分けることができる。流入土砂量の比率は、梅雨期や台風期の大規模出水時が過半数を占める。また、融雪期の出水は非洪水期であり、小さいピークの連続であるものの、総流入土砂量は年間の約1/4を占めており、洪水期と同程度の無視できない土砂量であることが分かる。

6. 無次元掃流砂量の理論式との比較

大河原地点における流砂量の発生レベルを検討するために、観測した掃流砂量を用いて無次元掃流砂量を算出し、芦田道上式から算出した流砂量式(理論式)と比較した。図-6に2018年における芦田道上式と無次元掃流力と無次元掃流砂量の関係を示す(単一粒径2mmと仮定)。融雪期、梅雨期、台風期いずれも最初の1出水を抜き出したものである。大河原地点における無次元掃流砂量は芦田道上式による理論式と近い値を示しており、大河原地点は掃流力に対して掃流砂量が多いことを示している。2018年は融雪期の出水が最も理論

式と近くなっていることが確認できる。2017年の最後の台風時に流出した土砂や、2017年秋から春までの小出水による生産土砂によって河道内に土砂がたまっており、土砂が流れやすい状況を生み出していたのではないかと考えられる。このような洪水履歴に対する掃流砂の動態把握はダムの土砂管理上重要である¹⁾。

7. まとめ

小洪ダム上流では高度な水文・流砂観測が行われており、本研究では、掃流砂に関するパイプ型とプレート型両方のインパクトセンサーの計測特性、また、季節ごとの掃流砂量の変化、さらに洪水ピークに対する掃流砂の流下特性について検討した。今後、これらのダム上流の土砂動態を踏まえて排砂バイパスの効率的な運用について検討する必要がある。

参考文献

1) 富阪和秀, 山崎友也, 米田格, 小林草平, 竹門康弘, 角哲也, 堤大三: 布目ダム上流におけるハイドロフォン観測による流砂の洪水履歴の検討, 河川技術論文集, Vol.20, pp.43-48, 2014