

シャッター型砂防堰堤での透過部およびシャッターによる土砂調節効果

北陸地方整備局 立山砂防事務所 三輪 賢志^{*1}, 長谷川 真英^{*2}, 川合 康之^{*3}^{*1}国土交通省大臣官房 ^{*2}国土交通省北陸地方整備局 ^{*3}国土交通省北陸地方整備局利賀ダム工事事務所
日本工営(株) 長山 孝彦, 伊藤 隆郭, ○古谷 智彦, 朝原 康貴
京都大学名誉教授 水山 高久 京都大学大学院防災研究所 藤田 正治

1. 結論: 妙寿砂防堰堤に可動ゲートを有する可動式シャッターを設置し、積極的な土砂流出の制御に取り組んでいる¹⁾。また立山砂防事務所では、流砂観測のデータをリアルタイムに砂防事務所に集めて集中管理すると共に、山地河川における流水と流砂の不連続性、豪雨等に起因した災害発生の予警報システムへの応用、および流域内の妙寿砂防堰堤に設置された可動式シャッターの将来的な運用を見据えた、河川に縦断的に設置した流水・流砂計測機器一式のデータ管理も行っており、今後のシャッター運用との関連性について試験運用を行っている。シャッターを効果的かつ能動的に運用する手法の確立により、出水中の土砂流出を平滑化する効果が期待され、流域の保安全管理、土砂・洪水被害の対策、下流域の治水維持管理に寄与すると考えられる。

2021年8月14日には、妙寿砂防堰堤のスリット高を越える出水が発生、また2022年8月20日には若干小規模ではあるが出水がそれぞれ発生しており、出水期間中シャッターを開操作としたまま、スリット及びスリット上部の固定横桟による土砂調節機能に関するデータを得た。また、過年度の別出水においては、シャッター操作を実施した場合の比較データを取得しているため、別途後述する。

2. 妙寿砂防堰堤のシャッター操作

2.1 シャッター堰堤の効果: 妙寿砂防堰堤におけるシャッターの運用は、出水ピーク後の水位低下中に実施する開操作と、十分な水位低下後に実施される開操作の2段階の操作を設定しており、スリットからの土砂の急激な流出の抑制及び、出水後半の土砂流出のコントロールが期待される。一方、シャッターを操作しない場合は、固定横桟とスリットによる水位のせき上げにより、土砂流出が制御される。

2.2 2021年出水: 出水時のシャッターの運用は2018年の出水と同様、常に開状態を維持した。堆砂敷内に設置したLVP(荷重)センサーにより、水位低下中に荷重が上昇、低減する傾向が繰り返し確認され(図-1)、堆砂敷に一時的に貯留された土砂がその後流出していることが示唆された。最大で3m以上河床が上昇したと考えられるが、最終的には堆砂敷での貯留土砂はすべて下流へと流出したと考えられる(図-2)。

2.3 2022年出水: 2021年の出水と同様に、シャッターは開状態を維持した。2021年出水中にLVPセンサーが停止したため、同位置かつ垂直方向に設置した複数の光電センサーを用いた砂面計の結果のみ(図-3)に示す。出水全体の規模は小さく、比較的短期間のうちに水位が低下し始めているが、河床は一時的に2~3m上昇している。全体の傾向としては2021年出水と同様の傾向がみられ、貯留土砂が下流へ流出したことが観測された。

2.4 シャッター操作と土砂捕捉機能: シャッター堰堤ならびに周辺堰堤には、種々の流砂観測機器が設置されている¹⁾。スリット及びシャッター効果の確認のため、上記の各出水期間中に観測されたデータを時系列で整理した(図-1, 図-3)。妙寿砂防堰堤には水位計、堆積土砂の水中荷重計測用のLVPセンサー(荷重、圧力計のみ使用)、堆砂高を検知する光電センサーが設置されている。これにより、シャッターを操作しない場合の堆砂敷の形成・流失過程が明らかになりつつある。つまり、2021年、2022年の出水の両方で、水位が約3.5mを下回ったタイミングで堆砂敷の河床高が低下してお

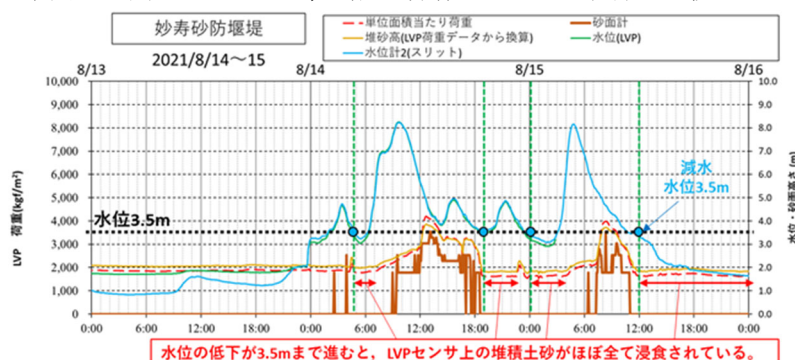


図-1 水位変化と堆積・侵食傾向の関係(2021/8/14)(※シャッター操作無し)

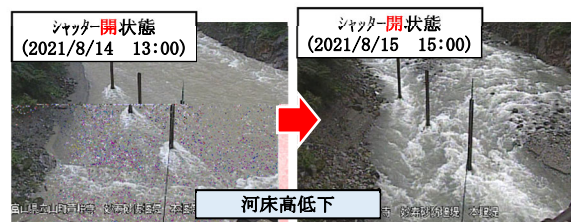


図-2 出水後半の土砂流出状況 (2022年出水時は夜間画像なし) (類似事例の2021年出水を掲載)

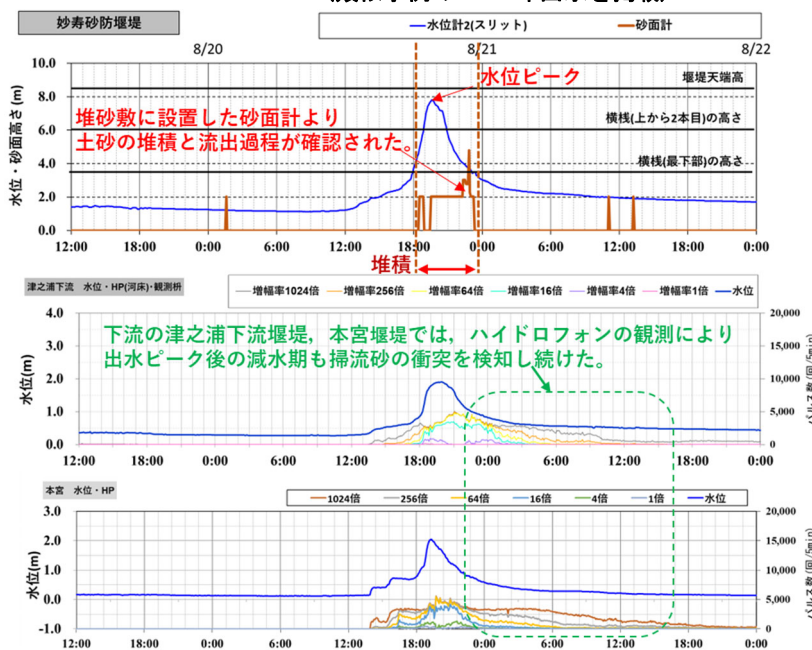


図-3 水位変化と堆積・侵食傾向の関係(2022/8/20)(※シャッター操作無し)

り、この時の水位はスリット部の固定横棧の高さとはほぼ一致していた。従って、減水期においては、水位 3.5m 以上の範囲で土砂の堆積が進み、固定横棧による水位のせき上げ効果が得られなくなる。3.5m 未満まで水位が下がると、堆積から侵食へと傾向が変化すると考えられる。

比較として、水位低下時にシャッターを稼働させた事例の観測データを図-4 に示す。

2017 年 7 月 4 日出水では、シャッターを閉めた後、水位が 3.0m(固定横棧下部からスリット底までの純間隔相当)以下となつてから開操作を行った。この時の堆砂数の観測結果では、出水終了後まで堆砂数に土砂が貯留されたままとなっている。このことからシャッター操作の有無により、堆砂数へ土砂が貯留させるかどうか、選択的に操作することが可能であることが示唆される。

2.5 掃流砂の応答:

妙寿砂防堰堤下流における水深とハイドロフォン・ルス(掃流砂)のヒステリシスループを図-5 に示す。

空谷砂防堰堤(2018 年出水)ではループは左回りとなっており、特に 2018/7/6 6:00 以降において水位に対する流砂量が大きくなる。これは、妙寿砂防堰堤において最大限に貯留された土砂の大部分が短時間のうちに侵食され、空谷堰堤へと流下したためと考えられる。このことから、ループが左回りを示している場合は、妙寿砂防堰堤の土砂調節機能の効果が現れていると評価できる。

2022 年出水においては、水位上昇から低下までが 10 時間前後と短期間の観測データであっても左回りのループが確認されており、土砂調節機能の効果が表れていると考えることができる。ただし 2022 年のデータは、観測箇所について妙寿砂防堰堤の近傍にあたる空谷砂防堰堤(不透過型堰堤)ではなく、下流の津之浦下流砂防堰堤(スリット堰堤)を代用しており、堰堤型式や流下条件の違いによる影響が含まれることから、比較結果は定性的な評価である。

図-6 には過年度に観測された出水において、異なるタイミングでシャッター操作を行った際の、出水後の堆砂数の堆積状況を整理した。堆砂数の形成や流出過程においてシャッターの操作や堰堤スリット、固定横棧がどのように影響を与えるか、データが蓄積されつつある。

3. 結論: LVP センサや光電センサを配置することで、シャッターによる土砂調節機能を時系列的に評価可能なデータが観測されるようになり、局所的ではあるがスリット効果と堆砂数の変動についての知見が示唆された。今後は堆砂数内における縦断的、横断的な土砂の移動についても包括的に検討を進める予定である。

参考文献: 1) 三上幸三ら:砂防学会誌, Vol.66, No.5, p.42-48, 2013.

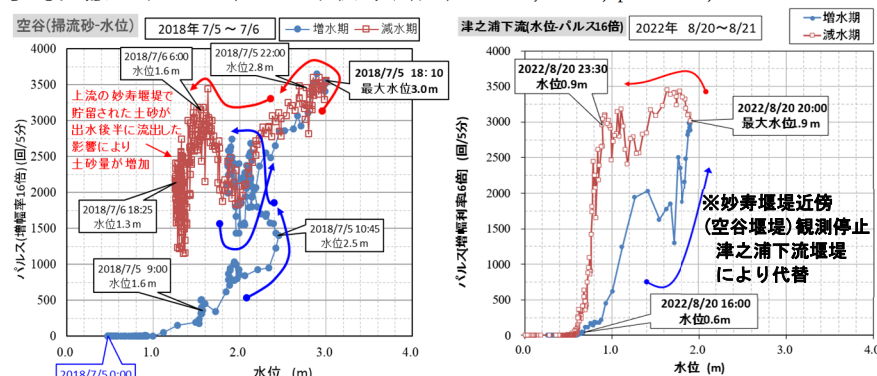


図-5 水深・ハイドロフォン・ルス(掃流砂)のループ
(左:2018 年出水(空谷), 右:2022 年出水(津之浦下流))

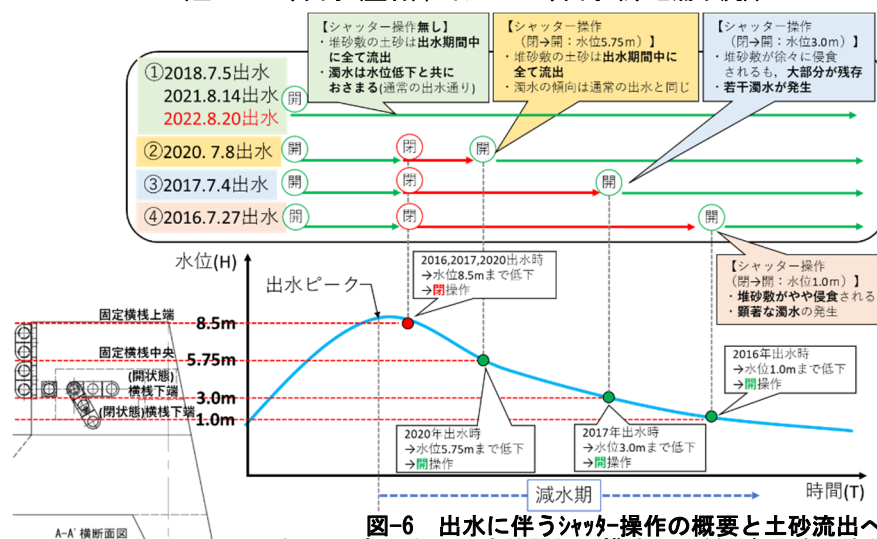


図-6 出水に伴うシャッター操作の概要と土砂流出への影響
(左:スリット部における水位関係の模式図) (右:各出水発生後の堆砂数の状況)



堆砂数

堆砂数