

常願寺川における水・流砂の連続的な把握とシャッター砂防堰堤の効果的な操作検証

北陸地方整備局 立山砂防事務所 野呂 智之, 吉村 明 宮下 優
日本工営(株) ○長山 孝彦, 古谷 智彦, 中西 隆之介, 伊藤 隆郭
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式シャッターを設置し試験運用を開始, 積極的な土砂流出の制御に取り組んで 5 年が経過した。一方で立山砂防事務所では, 河川に縦断的に流水・流砂計測機器一式(ハイドロフォン・濁度計・底面流速計・水位計)を設置, 流砂観測のデータをリアルタイムに砂防事務所を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, データ管理も行っている¹⁾。

シャッター砂防堰堤では, この 5 年間で複数回の出水が発生し, 試験運用(開閉操作)を行った。これらの試験運用では, 閉操作タイミングを同一とし, 開操作を 1 出水中の時期をずらして操作を行っている。またこの時, 前述の縦断的に設置した流砂観測機器のうち, 妙寿堰堤を挟む上下流の堰堤(空谷砂防堰堤・七郎砂防堰堤), さらにその下流側(津之浦下流堰堤・本宮堰堤)にて, 土砂調節効果に関するデータを得ている。実際に得られたこの操作成果より, シャッター操作に関する知見を得たため, これを報告する。

2. 妙寿砂防堰堤のシャッター操作

2.1. 期待するシャッター堰堤の効果と試験運用ケース: 妙寿砂防堰堤におけるシャッターの試験運用(閉操作)は, 出水時後半のスリットからの急激な土砂流出の抑制, 及びコントロールを期待して, 出水ピーク後の水位低下中の水位が水通し断面の位置で実施している。この操作に関しては, 水理模型実験によって得られている水深-流量の関係を元に設定している。他に水位情報を元にした理由は, シャッター操作を行う際に水位計情報の他に CCTV 映像にて直感的に確認できる手法であることや, 妙寿砂防堰堤位置での降雨-流出の関係が, 降雨観測点数が少なくまだ十分な予測精度を持たないことなどもあげられる。

シャッター堰堤への改築完成以後 5 年間で, シャッター未操作での検証, 出水中の閉操作→開操作を, 3 段階の水位で試行検証した。シャッター操作は図-1 中の①→④のイメージである。一方, シャッターを操作しない場合は, 固定横棧とスリットによる水位のせき上げ効果のみが現れており, 図-1 であれば②→④へ遷移するイメージである。

次に実施した各試験運用の操作タイミングを図 2 に示す。それぞれの操作時の出水の特徴を以下に示す。

2.2 2018.7.5 出水: 本出水ではシャッターは未操作である。出水期間中は常に開状態を維持。水位低下が開始した直後は堰堤水通し天端と同程度の高さまで, 堆砂数が形成され, その後水位低下と共に堆砂敷内の土砂がほぼ全て流出した(図-3)。

2.3 2020.7.8 出水: シャッターを水位低下後固定横棧 2 段目で開操作。水中での土砂堆積が観測されたが, 水位低下と共に全て流出した(図-4)。

2.4 2017.7.4 出水: シャッターを水位低下後固定横棧最下段で開操作。シャッター閉操作後に土砂が妙寿砂防堰堤に多く捕捉されたのち, シャッター開操作以降に堆積した土砂の一部が下流に流出した。上下流の流砂観測成果, 測量成果より, 最終的な土砂収支は, 15,688m³の土砂(空隙込み)が堆砂敷に残ったと推定された(図-5)。

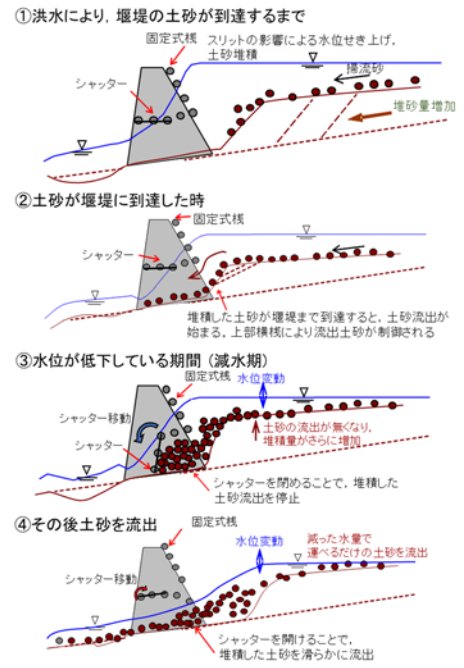


図-1 各シャッター操作時の土砂流出イメージ

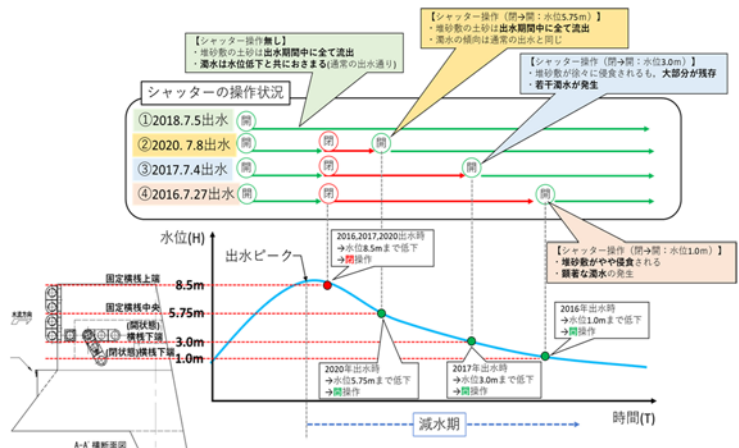


図-2 各シャッター操作時のタイミング



図-3 2018.7.5 出水(シャッター未操作)



図-4 2020.7.8 出水(シャッター閉→水位 5.75m→開操作)

2.5 2016.7.27 出水: シャッター閉操作後、水位が通常水位に戻った段階で開操作を行った。この際は、堆砂敷の一部が滯筋に沿って流出したものの、ほぼ土砂は堆積したままとなった(図-6)。

2.6. シャッター砂防堰堤の効果的な操作検証: 緒論で述べたように、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。出水期間中に観測されたデータを時系列で整理した事例を示す(図-7)。妙寿砂防堰堤堆砂敷には水位計及び堆積土砂の水中荷重を計測するLVPセンサー(荷重、圧力計のみ使用)が設置されている。これにより、シャッターを操作しない出水時における堆砂敷の形成・流失過程が明らかになりつつある。図-6は、2020年出水時における水位と堆砂敷の水中荷重を示している。水位とLVP両方の時間変化に注目すると、水位が約3.5mを下回った時間帯に堆砂敷の荷重が減少(流失)している特徴が認められ、この時の水位がスリット部の固定横棧の設置高さと同様一致していることが確認された。このことから、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につれ、堆積から浸食へと傾向が徐々に変化していくと考えられた。

シャッター操作に対する効果についてこのLVPセンサー、縦断的に配置された流砂観測機器からの情報より以下の通りに総括できる。

(1) シャッター操作を未実施の場合、減水期において、LVPセンサー上の堆砂面の急激な低下が確認された。その後、出水前とほぼ変わらない程度まで堆砂面は低下した。また、CCTVカメラによる観測では、一旦捕捉されていた土砂が水位低下に伴い侵食を受けていることが確認された。

下流側に位置する空谷堰堤に設置したハイドロフォンの観測結果によると、ピーク時と低水位時でのパルスデータの傾向の変化が小さいことが分かった。これは、妙寿堰堤のスリット効果が機能した結果、空谷堰堤の土砂流出のピークが平準化されたものと考えられる。

(2) シャッター操作を実施し、水位が5.75m程度まで低下したときに開操作を実施した場合、増水期における条件はシャッター操作未実施時と変わらないため、掃流砂の挙動も類似したものとなっている。また、一旦捕捉した土砂が、減水期において急激に流出している点も、未実施の場合と共通している。

(3) シャッター操作を実施し水位が3m及び1m程度まで低下したときに開操作を実施した場合には、減水期における土砂流出の傾向としては、妙寿堰堤の堆砂敷に土砂がある程度残存していること、及び下流の空谷堰堤における掃流砂量がシャッター操作未実施の時と比較して減少していることが確認された。

2.7. シャッター堰堤の効果的な操作に関する考察:

これまでの試験運用に合わせた研究成果より、シャッターの閉操作を固定した場合、開操作を行う水位で土砂流出特性が異なることが明らかとなった。すなわち、貯留した土砂を貯めたままにしておくことを主体とするのか、また一連の出水中にピーク流出量を遅らせつつ全量を流下させる事を主体とするのか、開操作タイミングを替えることで対応可能となる。例えば上流域で大規模崩壊等発生するなどして、急な土砂流出を抑えたい場合は、閉操作を水位3m以下にすることで可能となり、一方で総合土砂管理の観点や平常時の流路・貯砂容量確保等の観点から、流下土砂の一時貯留をすると共に、時間を遅らせて下流河道へ土砂を流下させる場合には、水位5.7mよりも高い範囲で操作する。

3. 結論: 常願寺川において、縦断的な流砂観測システムを用いたシャッター砂防堰堤の効果検証を進め、妙寿砂防堰堤のシャッター操作や、スリットによる土砂流出抑制の効果などがある条件(1波・閉操作時を固定)の場合には目標に応じた操作則を示すことができた。一方で、複数波や閉操作時を変化させた場合の影響などについては、下流域への土砂流出・捕捉・遅延効果などについては検討されておらず、検証の余地が残されている。妙寿堰堤を縦断的に挟む流砂観測システムを活用し、シャッターの試験運用により、土砂移動の監視及び積極的な土砂流出のコントロールを進めていく予定である。

参考文献: 1) 三上幸三ら:砂防学会誌, Vol.66, No.5, p.42-48, 2013. 2) 長山孝彦ら:平成30年度砂防学会研究発表会概要集,p.196-197,2018. 3) 田方智ら:平成26年度砂防学会研究発表会概要集(B),p.34-35,2014.



図-5 2017.7.4 出水(シャッター閉→水位 3.0m→開操作)



図-6 2016.7.27 出水(シャッター閉→水位 1.0m→開操作)

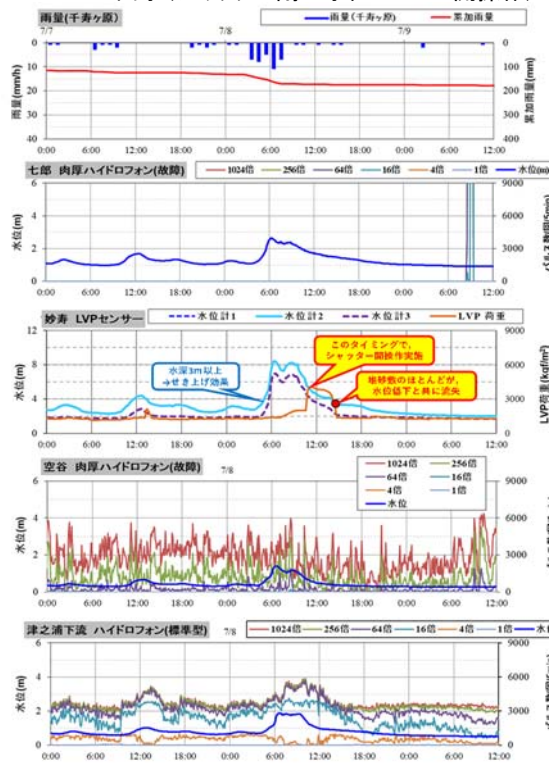


図-7 2017.7.8 出水(水・流砂の適切な観測事例)