

富士山大沢川におけるハイドロフォンと自動開口式ピット掃流砂計測装置を用いた掃流砂観測

国土交通省 富士砂防事務所 吉柳 岳志 (現 内閣府沖縄総合事務局開発建設部), 鈴木豊, 竹内昭浩 (現 沼津河川国道事務所)
アジア航測株式会社 臼杵 伸浩, 佐野 寿聡, 江口友章, ○西村 直記
京都大学大学院農学研究科 水山 高久

1. はじめに

河川を流下する土砂の量・質を把握する手法として、ハイドロフォンを用いた観測が各地で実施されている。ハイドロフォンによる計測では、出水ごとの掃流砂量とハイドロフォンパルス数との間に相関関係が認められており、掃流砂量の相対的な把握に有効であることが報告されている。一方で、掃流砂の絶対量や粒径を十分に測定することは困難であるため、これを補足するため直接的に土砂を捕捉するピット掃流砂計測装置などをハイドロフォン装置の直下流に設置することが望ましい。しかし、多くの河川に設置されている小規模なピット掃流砂計測装置では、比較的規模の大きい出水が発生した場合、出水のピーク前に満砂状態に達し、出水ピーク時および出水後期の掃流砂量とハイドロフォンパルスとの関係性を確認できない問題が生じる可能性がある。

潤井川水系大沢川の大沢川橋観測所では、河床に設置した鉄パイプに衝突する砂礫の音から流砂量を計測する音響法を採用したハイドロフォンと掃流砂観測枡が設置されているが、上述したように、出水後期のデータが計測できない状況が確認されている。そこで、掃流砂の直接計測装置について、小規模な計測装置を用いて出水ピーク時の掃流砂量を計測することを目的として、大沢川に自動開口式ピット掃流砂計測装置を設置した。

2. 大沢川における掃流砂観測と課題

潤井川水系大沢川は富士山に源を発する土砂生産の活発な河川である。富士砂防事務所では流域の総合的な土砂管理を目的として 2003 年に掃流砂観測枡を、2006 年にはハイドロフォンを大沢川橋観測所に設置し、流下土砂の継続的な観測を実施している。

大沢川橋観測所に設置されている掃流砂観測枡は、 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m} \times 0.9\text{m}$ で約 2m^3 の土砂を捕捉でき、土砂の流入口はスリット幅が 20cm となるように 2 枚の鉄蓋が設置され、掃流砂観測枡の底面にはロードセルと水温計が併設されている。また、同観測所には超音波水位計と、水位をトリガーとして作動する自動採水器が併設されており、出水時のデータ計測を行っている。なお、大沢川における掃流砂観測枡は、降雨時を除き普段は流水のない流路工内に設置されている。

既往観測事例より、大沢川における掃流砂観測枡では、比較的小規模な出水時のハイドロフォンパルスと掃流砂観測枡により観測される堆砂圧の間には明瞭な関係性が認められている。一方で、規模の大きい出水では、出水のピーク前に掃流砂観測枡が満砂もしくは吸上げにより堆砂が進まない状態に達してしまい、十分なデータ蓄積が行えない問題が生じている。図-2 に示す事例では出水ピーク後にも土砂が流下している（ハイドロフォンパルスが増加している）にもかかわらず、堆砂圧が変化していない。既往報告および大沢川における観測より、出水のピーク前後で流下土砂量の変化が推定されることから、出水ピーク時およびピーク後のデータ蓄積が重要である。そこで出水途中から掃流砂観測枡のスリット部を開口し、出水ピーク時およびピーク後のデータを取得できるよう、既設の掃流砂観測枡の改良を行った。

3. 掃流砂観測枡の改良

出水途中に採砂を開始するために、水位データをトリガーとした自動開口式への改良を行った。

出水のピーク時およびピーク後のデータを観測するためには、出水規模がある程度大きくなるまで掃流砂観測枡のスリット部を塞いでおき、出水中に開口する必要がある。そこで、スリットを設けるために設置した鉄板の下部にスリットを塞ぐよう

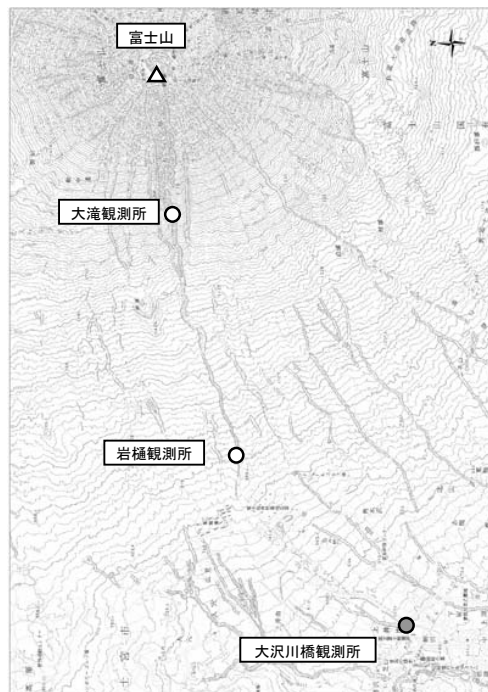


図-1 大沢川橋観測所位置図



写真-1 大沢川における掃流砂観測施設の概要

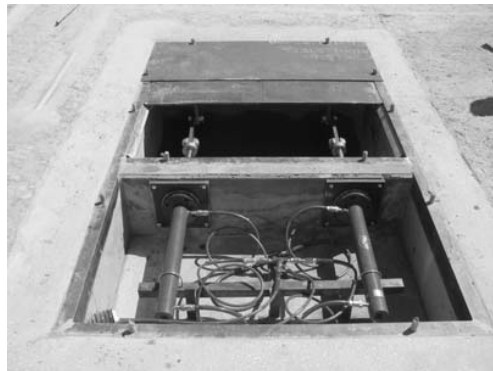


写真-2 油圧ジャッキの設置状況

にスライド可能な蓋板（以下、スライド板と呼ぶ）を新設し、油圧ジャッキを用いてスライド板を引くことにより、スリットを開口させる方法とした。スライド板を引く油圧ジャッキは既設の掃流砂観測柵の右岸側に新たな設置スペースを設け、仕切りの壁に穴をあけ、ジャッキの稼動部を既設柵へ通してスライド板と接続した。油圧ジャッキは電動ポンプにより作動するため、出水時に自動稼動させるためには、電動ポンプの電源を自動で入れることができればよい。そこで、超音波水位計により観測される水位が、あらかじめ設定した任意の水位に達した場合に電動ポンプへ通電を開始し、スリット部が十分に開口する時間が経過した後、通電を終了するシステムを適用した。これにより、出水途中から観測を開始することが可能となった。

4. 計測結果

改良を行った2011年3月から2012年2月までに、観測柵の観測柵が自動開口される10cm以上の水位を観測した出水イベントは計3出水あった。図-3に水位と堆砂圧との関係を示す。これを見ると、観測柵の自動開口のトリガーとなる水位10cmを越える前は堆砂圧にほとんど変化はみられず、観測柵への土砂流入を防いでいる状況が確認された。また、水位が10cmを超え、自動開口された時点から堆砂圧が増加していることが確認された。いずれのイベントにおいても水位が10cmを上回った時点から堆砂圧に変化が見られることから、改良した装置が正常に動作し、出水途中からの観測が可能であることが示された。

また、図-4に観測柵改良後の2011年11月19日に観測されたデータと、改良前の2008年12月5日に得られたハイドロフォンパルスと堆砂圧との関係を示す。2出水を累積のハイドロフォンパルス数で比較すると、出水規模は11月19日の方が概ね2倍大きかったが、水位のピーク直後から土砂流出が収束するまでの一連のデータを観測することができた。11月19日の出水では水位ピーク後にハイドロフォンパルス数が急に増加しており、両出水では若干傾向が異なるものの、ハイドロフォンパルス数が徐々に減少していく期間では概ね同様の挙動を示しており、今後のデータ蓄積により出水後半でのハイドロフォンパルスと堆砂圧との関係性が明らかになることが期待される。

観測柵を自動開口式に改良することにより、上述した新たな観測結果が得られた一方で、自動開口のトリガーとしている水位を大きく上回る規模の出水が発生した場合、出水初期に観測柵が開口し、過年度と同様に出水ピーク時やピークの有用なデータが観測されないといった課題が示された。

5. おわりに

自動開口式ピット掃流砂計測装置とハイドロフォンを併用した観測により、出水途中からの堆砂圧観測が可能であることが示された。また、出水ピーク後の堆砂圧とハイドロフォンパルスの関係性を示すデータが得られた。一方で設定したトリガーと出水規模（水位）に乖離が発生すると有用なデータ計測が行えないことから、過去の出水記録等からデータ取得に適切なトリガーを設定する必要がある。出水期間中の堆砂圧変化とハイドロフォンパルスとの関係性を示すデータの蓄積を行うことにより、ハイドロフォンパルスと掃流砂量との関係について把握することができるようになると期待される。また、蓄積したデータ解析をする上で、観測柵のキャリブレーションを行う必要があり、出水途中から土砂流入があった場合や出水後半の比較的土砂濃度が低くなった場合に計測される堆砂圧の変化について把握し、観測データに適した解析を行うことが望まれる。

本稿で対象とした大沢川橋観測所は恒常的に流水のない箇所であるが、ハイドロフォンが設置されている箇所の多くは、常に流水がある山地河川である。このため、日常的に流砂がピット内に堆積し続け、観測対象出水時に必要なデータが取得できない可能性がある。土砂撤去などのメンテナンスが必要な箇所における小型のピット掃流砂計測装置については、今回のような自動開口式とすることで、多くの有用なデータが取得できるようになると期待される。

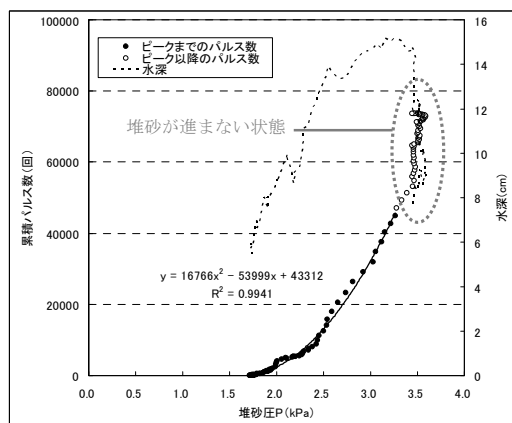


図-2 ハイドロフォンパルスと堆砂圧の関係
(2009年7月24日観測)

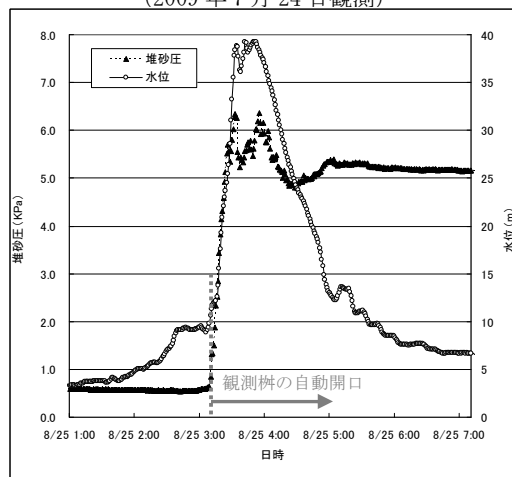


図-3 水位と堆砂圧の関係

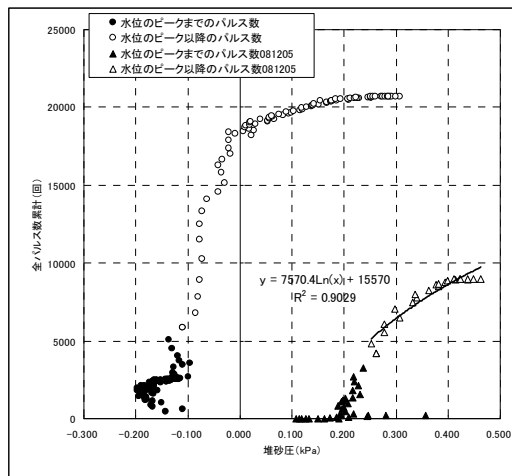


図-4 ハイドロフォンパルスと堆砂圧の関係
(2008年12月5日・2011年11月19日観測)