

栃原砂防堰堤における音響法による掃流砂観測での課題

日本工営株式会社 ○橋本 憲二・川瀬 遼太・松岡 暁・伊藤 隆郭

関東地方整備局 富士川砂防事務所 藤平 大・野坂 隆幸※1・唐木 理富※2

京都大学名誉教授 藤田 正治, 京都大学 宮田 秀介, 信州大学 堤 大三, 筑波大学 内田 太郎

※1: 現 関東地方整備局 河川計画課

※2: 現 関東地方整備局 利根川下流河川事務所

1 はじめに

掃流砂の観測には主にハイドロフォンが用いられており、上流に大規模崩壊地の七面山を有する栃原砂防堰堤では、砂礫の衝突に強く変形しにくいプレート型ハイドロフォンが2020年10月に設置された。また、栃原砂防堰堤ではこれまで合成音圧方式を用いて掃流砂量を算出してきたが、パルス式でのデータ取得体制を整え、2023年9月より2つの解析手法による常時観測が開始された。

合成音圧方式は従来、パイプ型用に開発された解析手法であり、プレート型に適用する際にはプログラムを設定し直す必要があると思われる。また、両解析手法ともにパイプ型における計測実績は多く存在するが、プレート型への適用事例は少なく、実際の山地河川の出水で観測された掃流砂を直接的に比較した事例は少ない。

そこで本稿では、2023年11月に記録された降雨による両解析手法の掃流砂量データを比較し、合成音圧方式をプレート型に適用した際の課題を抽出した。

2 観測概要

2.1 観測箇所

掃流砂の観測は、富士川流域の早川右支川「春木川」に位置する栃原砂防堰堤右岸で実施した(図1)。プレート型ハイドロフォンによる掃流砂の観測のほか、水位・濁度の計測、インターバルカメラによる河川状況の記録を行っている。

2.2 観測方法

栃原砂防堰堤の観測機器の配線模式図を図2に示す。合成音圧方式は、プレート型ハイドロフォンによって取得される音響信号を音響変換機「IHC-2」で増幅させ、データロガー「NR-600」で記録している。合成音圧方式は15分間隔でデータを記録し、計測サンプリングは20kHzで設定している。パルス式は、音響信号をパルス変換機「HT-HP6」によって増幅・波形処理を行い、その音響信号をデータロガー「CR-1000X」で記録している。パルス数を掃流砂量に変換するキャリブレーション式には、過年度の現地水路実験で構築した式(パルス数64倍)を採用した(図3)。実験水路に投入した給砂量の時間平均を縦軸、ハイドロフォンのパルス数(5分積分値)を横軸として実験結果を整理し、実験結果の近似直線からキャリブレーション式を作成した。

$$Q_b = 1.01 \times 10^{-7} \times P_{64} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 Q_b :掃流砂量 ($\text{m}^3/\text{s}/0.5\text{m}$)、 P_{64} :パルス数64倍 (回/5分/0.5m) とする。

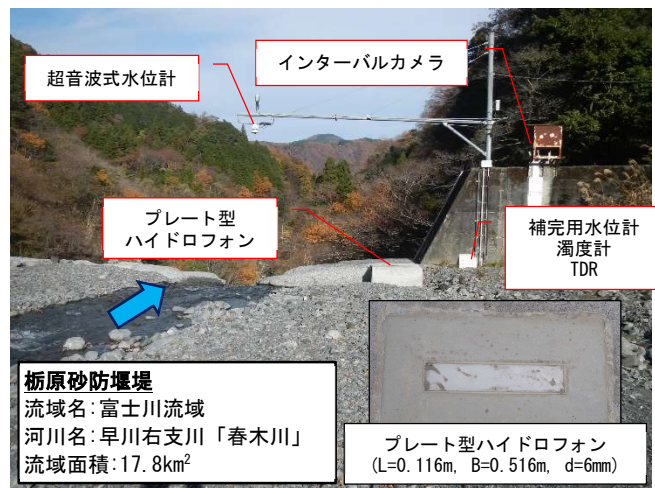


図1 観測機器の現地周辺状況

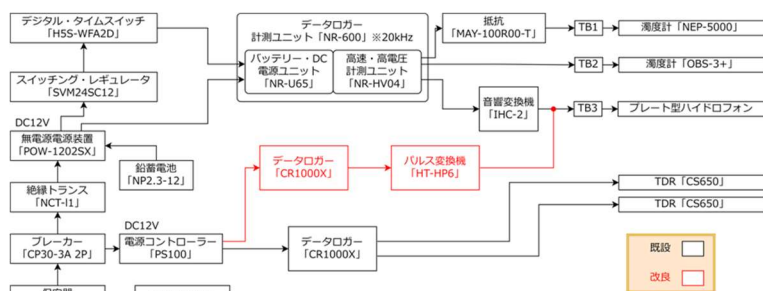


図2 観測機器の配線模式図

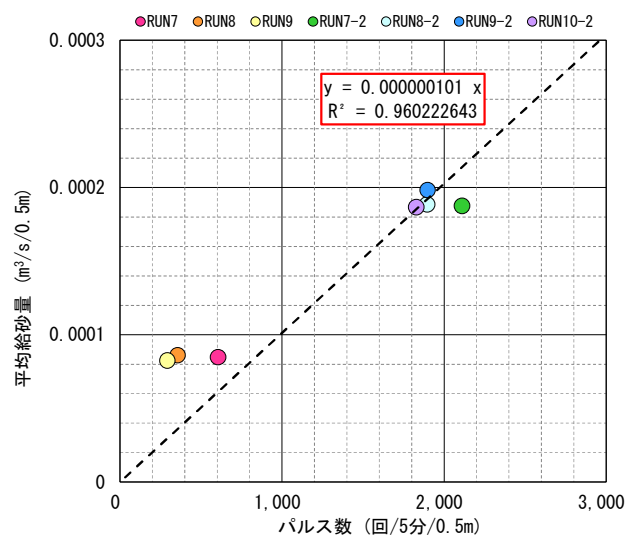


図3 プレート型ハイドロフォンのキャリブレーション式(パルス数64倍)(過年度実施の現地水路実験結果¹⁾より)

3. 対象降雨

データ比較対象の降雨概要を以下に示す。栃原砂防堰堤の超音波式水位計および補完水位計「HOBO U20 ウォーターレベルロガー」で計測された水位と雨量の変化を時系列で整理した(図4)。超音波式水位計の水位がマイナス値を記録しているのは、堰堤天端の切れ欠き部分を計測しているためである。

- ・出水：2023年11月7日の降雨
- ・最大時間雨量(硯島観測所)：8(mm/h)
- ・累積雨量(硯島観測所)：34(mm)

4. 観測結果

2023年11月7日の降雨によるパルス式の観測データを時系列で整理した(図5)。砂礫がハイドロフォンに衝突した際の音響信号はパルス変換機「HT-HP6」によって2倍～1024倍の全10波形に増幅処理される(図5上)。パルス数1024倍や512倍のデータでは、8時以降にパルス数が大きく反応しているが、256倍以下のデータではその反応が見られない。これは1024倍や512倍は感度が高すぎるため、ハイドロフォンの検知限界以下の細粒分や水流を検出したものと考えられる。

キャリブレーション式に採用したパルス数64倍のデータ(赤線)は、7時15分に最大パルス数212(回/5分/0.5m)を記録している(図5下)。超音波式水位計や補完水位計の水位のピーク時刻とも概ね一致しており、ピーク時の掃流砂を記録できていると考えられる。

パルス数64倍のデータとキャリブレーション式により算出されたパルス式の掃流砂量(青線)と、合成音圧方式によって算出された掃流砂量(橙線)の時系列変化を図6に示す。合成音圧方式はプレート型ハイドロフォンに水位が達していない状況でも掃流砂量を僅かに算出し続けており、このノイズを除去する後処理が必要となる。また、掃流砂量の最大値は概ね一致しているが、ピーク時刻に差異があり、合成音圧方式がパルス式と比較して約25分遅く記録されている。6時30分頃に1度掃流砂量が上昇し、ピーク時刻から1時間ほどかけて次第に掃流砂量が減少しており、パルス式で算出された掃流砂量の時系列変化とは傾向が大きく異なっている。

5. おわりに

2023年11月7日の降雨による観測データを基に、実際の山地河川における両解析手法で算出された掃流砂量の比較を行った。プレート型ハイドロフォンに合成音圧方式を適用した際の課題として、平常時でも掃流砂量が僅かに算出されるノイズの発生や、パルス式とのピーク時刻の差異および掃流砂量の時系列変化の大きな違いを確認した。比較に使用した観測データが出水規模としては比較的小さかったため、今後もデータを蓄積し、出水規模の大きい観測データで比較を行うことが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 橋本ら(2022), 現地土砂・流水を用いたハイドロフォン応答試験のための現地水路実験, 令和4年度砂防学会研究発表会概要集, p.299-300.

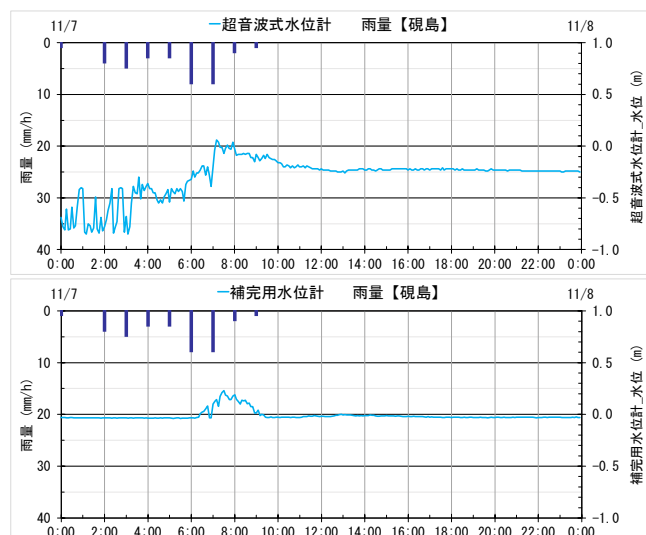


図4 2023年11月7日の降雨の雨量と水位

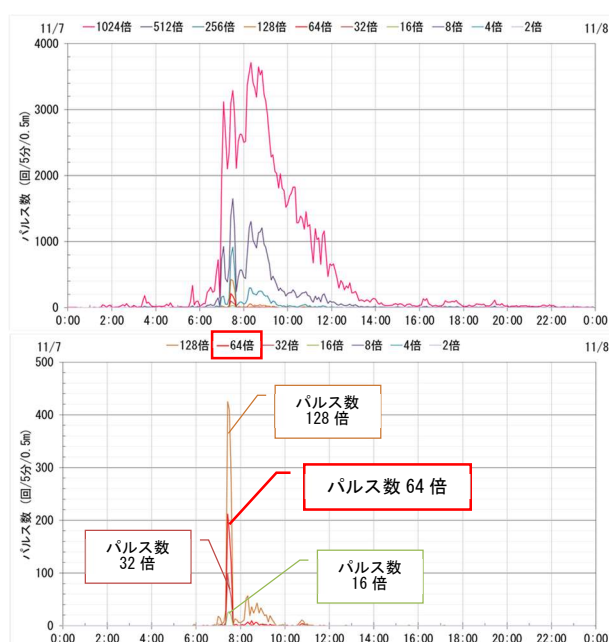


図5 パルス数全倍数の観測データ(上図)とパルス数64倍周辺の観測データ(下図)

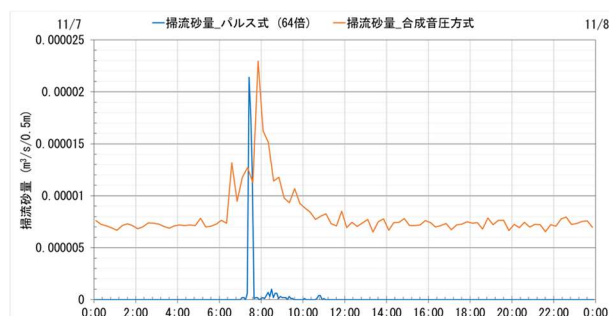


図6 合成音圧方式とパルス式の掃流砂量比較