

音圧データを用いたハイドロフォンによる掃流砂観測手法の現地適用性について

国土技術政策総合研究所 ○鈴木 拓郎（現砂防地すべり技術センター）、内田 太郎、岡本 敦
天竜川上流河川事務所 蒲原 潤一、中島 一郎、福本 晃久

1. 背景及び目的

ハイドロフォンを用いた掃流砂の観測手法が検討されている。筆者ら¹⁾はガラスビーズを用いた水路実験結果に基づいて、音圧データを用いた掃流砂量への換算手法を提案した。本手法は、現地に適用した事例については定量的な検証はされていない。そこで本研究では、与田切川中流部の坊主平砂防堰堤において、流砂観測施設を用いた直接観測とハイドロフォン観測を同時に実施し、両者を比較する事でハイドロフォン観測の現地適用性を検証した。

2. 流砂観測施設を用いた直接観測の概要

本観測施設は、砂防堰堤の袖部に設けた取水口から流砂を直接採取して流砂量を計測する装置²⁾である。垂直方向の3箇所（上・中・下段）に取水口を設けている(写真－1)。本研究では掃流砂を対象としているため、下段で捕捉されたデータが掃流砂に対応しているとして、解析対象とした。

直接観測は平成 23 年台風 12 号、台風 15 号を対象として実施した。観測頻度は 1 時間に 1 回であり、観測期間中にそれぞれ 20 回程度実施した。

3. ハイドロフォンの解析手法の概要

ハイドロフォンデータは、次式のような音圧値と流砂量の関係式を利用した筆者ら¹⁾の手法によって解析する。

$$Sp = \alpha Qs \cdot R \cdots \cdots (1) \quad R = f(N) \cdots \cdots (2)$$

ここで Sp は音圧平均値、 α は比例係数、 Qs は流砂量、 R は検出率、 N は単位時間当たりの粒子衝突個数である。検出率 R は砂礫が集散的に衝突し、衝突波形同士が重なり合うような場合に生じる音波の相殺的干渉の影響を表したものである。 R は N のみに関する減少関数であり、個別波形を重ね合わせるモンテカルロシミュレーションによって算出可能である。

α 及び式(2)を算出するための現地実験を、観測に先立って実施した。ハイドロフォンの金属管の上流側に簡易水路を設置して、上流側から砂礫を投入した。直径約 6、9、12、17mm の砂礫をそれぞれ数十回程度個別に衝突させた。得られたデータから砂礫体積と音圧値の関係を整理し、近似直線の傾きを α ($= 0.00109891$) とした (図－1)。また、17mm の波形を用いて、鈴木ら¹⁾の手法により式(2)を算出した (図－2)。

実際の観測では上記のように算出した α と式(2)を用いて、鈴木ら¹⁾の手法により観測データから掃流砂量に換算した。掃流砂量の算出は 1 分に 1 回の頻度で実施した。

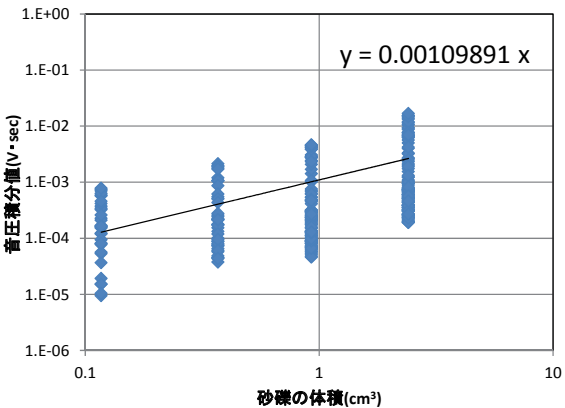
4. 観測結果の比較

図－3 に台風 12 号時の観測結果を、図－4 に台風 15 号時の観測結果を示す。それぞれ時間雨量（黒覆山のデータ）、水位、流砂観測施設による掃流砂量観測結果（直接観測結果）、ハイドロフォンによる掃流砂量解析結果を示している。掃流砂量については単位幅当たり（1m 当たり）の掃流砂量を示している。流砂観測施設による観測は観測回数に限界があるため、台風 12 号時の観測はピークに達する前の水位が緩やかに上昇する期間のデータしか得られなかった。台風 15 号時については水位ピーク付近のデータが得られた。

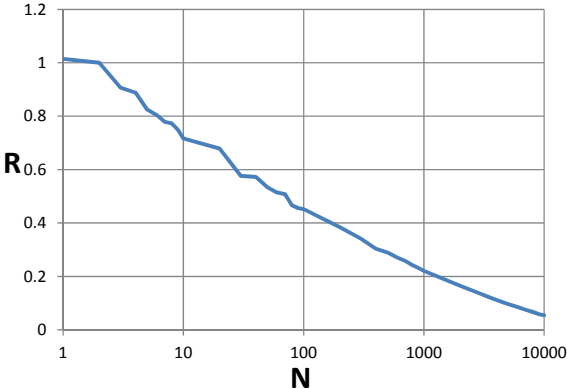
直接観測結果とハイドロフォン解析結果を比較すると、全体的に良好に一致しているものの、9 月 2 日（台風 12 号時）では、ハイドロフォン解析結果が直接観測結果の数倍となっている。これはハイドロフォンの解析では水の音の影響を



写真－1 取水口とハイドロフォンの位置



図－1 砂礫の体積と音圧積分値の関係



図－2 砂礫個数と検出率の関係

完全に分離できないためであると考えられる。掃流砂が発生していない時でも単位幅掃流砂量の解析結果は0とならず、だいたい $10^{-7} \sim 10^{-6} (\text{m}^3/\text{m}/\text{sec})$ となり、この値がハイドロフォン解析限界と言える。なお、この値は数 mm 程度の砂礫が1秒あたりに1個通過する程度の量である。

単位幅掃流砂量が約 $10^{-6} (\text{m}^3/\text{m}/\text{sec})$ 以上の領域では、直接観測結果とハイドロフォン解析結果は非常に良好に一致している。特に台風15号時は水位の大小と掃流砂量の大小が必ずしも連動していないが、そのような変化まで良好に一致している事は、ハイドロフォンの適用性の高さを示しているといえる。

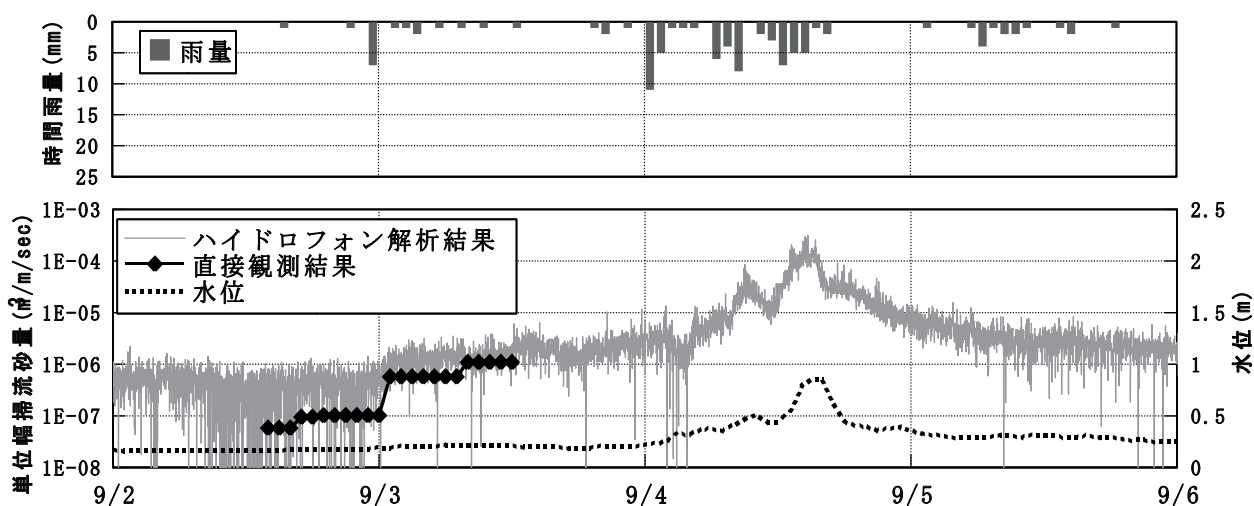
5. まとめ

本研究では、流砂観測施設による掃流砂量の直接観測結果とハイドロフォンによる解析結果を比較し、ハイドロフォンの現地適用性を検証した。直接観測結果とハイドロフォン解析結果は細かな変化まで非常に良好に一致しており、本手法の現地適用性の高さを示すことができた。

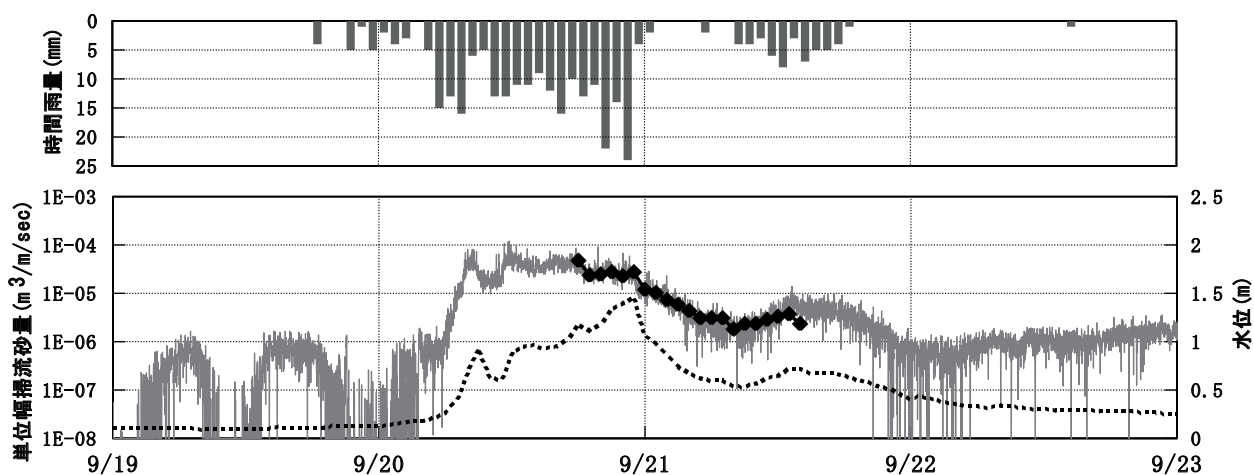
本研究の手法はハイドロフォンに衝突した砂礫の量を換算する手法であるため、実際にはハイドロフォンへの掃流砂の衝突率を考慮する必要がある事が想定されたが、本研究の観測の範囲内ではその影響は小さい事が確認された。本研究の観測では実際に衝突率が高かった可能性もあるが、別の要因が影響している可能性もあるため、今後も観測を継続して検討する予定である。

6. 参考文献

- 1) 鈴木ら：音圧データを用いたハイドロフォンによる掃流砂計測手法に関する基礎的研究、砂防学会誌、Vol.62、No.5、p.18-26、2010
- 2) 伊藤ら：天竜川水系与田切川における流砂計測、砂防学会誌、Vol.61、No.6、p.19-26、2009



図－3 平成23年台風12号時の観測結果



図－4 平成23年台風15号時の観測結果