

現地実験によるプレート型 Hidroフォンとパイプ型 Hidroフォン  
の測定値の適用範囲等に関する考察

株式会社建設環境研究所 ○叶 正興, 富田 邦裕, 重村 一馬  
国土交通省 国土技術政策総合研究所 内田 太郎, 田中 健貴, 井内 拓馬  
関東地方整備局富士川砂防事務所 田中 秀基, 村松 悦由, 樽林 哲也, 渡辺 正彦

1. はじめに

富士川砂防管内の釜無川と早川流域において、平成 22 年から計 8 箇所まで Hidroフォン、濁度計等による流砂量観測が実施されている。しかし、早川の右支川・春木川に設置された観測計器が平成 23 年台風 12 号によりすべて破壊され、観測中止を余儀なくされた。

一方、春木川は、上流域に七面山等の崩壊地が存在し、土砂の生産・流出の多い川であり、春木川の土砂流出の観測は、富士川流域における総合土砂管理または土砂災害防止にとって重要かつ必要である。このため、これまでの経験を踏まえ、平成 26 年に春木川下流で河床勾配の比較緩い栃原砂防堰堤において、従来のパイプ型に比べて頑丈で被災しにくいプレート型 Hidroフォンが設置され、流砂量観測をはじめた (図-1)。しかし、プレート型 Hidroフォンの現場設置は、日本ではまだ実績がなく、その観測結果から流砂量への換算方法や、従来パイプ型観測結果と違い等について不明確なことが多い。本論文は、栃原堰堤に設置されたプレート型 Hidroフォンとパイプ型 Hidroフォンを対象に行った現場実験に基づき、プレート型とパイプ型 Hidroフォンの特性と観測値の適用範囲について考察したので、その結果を報告する。



図-1 実験箇所 (栃原堰堤) 位置図

2. 現場実験の概要

(1) 水路条件

栃原砂防堰堤において、パイプ型 Hidroフォン (L=0.5m, φ=50cm) とプレート型 Hidroフォン (L=0.5m×B=0.2m) が堤体天端に隣接して設置されており、平常時は流水のない状態であるため、実験時は、春木川の滞筋より人工水路を設置し、必要な流量・水深を確保した。

試験は、整備した人工水路において、土嚢の設置替えによりプレート型 Hidroフォンとパイプ型 Hidroフォンが設置された半分を実験水路に切り替え、Hidroフォンの直上流より土砂を直接投入し、データロガーにより土砂通過時の音圧データを時系列に記録した。

また、試験中の水理条件等を把握するため、Hidroフォン設置位置での水深・流速を計測し、堰堤前面 (下流端) で水抜き籠による流下土砂の採取も試みた。

(2) 土砂投入ケース

パイプ型とプレート型の Hidroフォンそれぞれに対して、粒径組成の異なる土砂 3 種類を用いて、投入土濃度の異なる 4 ケース (平均投入速度 83g/s、188g/s、423g/s、865g/s) で合計 12 ケースの土砂投入実験を行った。

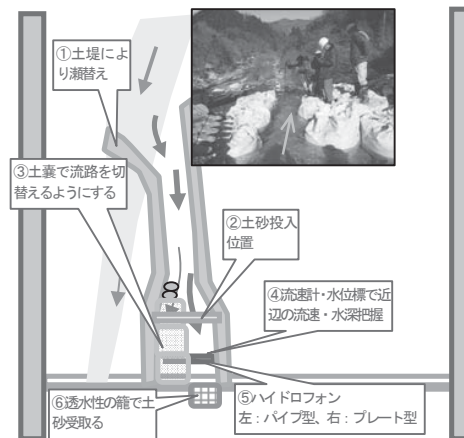


図-2 実験条件イメージ図

表-1 実験ケース一覧

投入粒径	Case	投入土砂量 g	プレート型		パイプ型	
			投入時間 sec	投入速度 g/s	投入時間 sec	投入速度 g/s
3 mm 以下	1-1	16,250	223	72.9	183	88.8
	1-2	39,225	212	185.0	229	171.3
	1-3	94,820	223	425.2	224	423.3
	1-4	94,820	132	718.3	124	764.7
3~20 mm	2-1	17,710	246	72.0	212	83.5
	2-2	43,445	210	206.9	229	189.7
	2-3	104,730	215	487.1	211	496.4
	2-4	104,730	103	1016.8	125	837.8
20~75 mm	3-1	22,810	282	80.9	228	100.0
	3-2	42,645	228	187.0	224	190.4
	3-3	107,640	219	491.5	238	452.3
	3-4	107,640	108	996.7	126	854.3

### 3. 実験結果とその考察

パイプ型とプレート型のそれぞれについて、投入土砂量と粒度組成ごとの音響波形データの計測結果の一例を図-3に示す。図-3の上段は、粒径が同じ場合の投入土砂濃度別による音響波形の違いを、下段は投入土砂濃度が同じ場合の粒径別の音響波形の違いを示している。計測された音響波形データをもとに、鈴木らの方法<sup>1)</sup>により掃流砂量に変換した。なお、鈴木らの方法はパイプ型ヒドロフォンで用いられている方法であるが、プレート型では変換方法について知見がないため、今回は仮に同じ方法を用いた。図-4は各実験ケースの投入土砂量とパイプ型とプレート型それぞれの変換値を比較した結果を、図-5はパイプ型とプレート型それぞれの変換値の相関関係を示している。

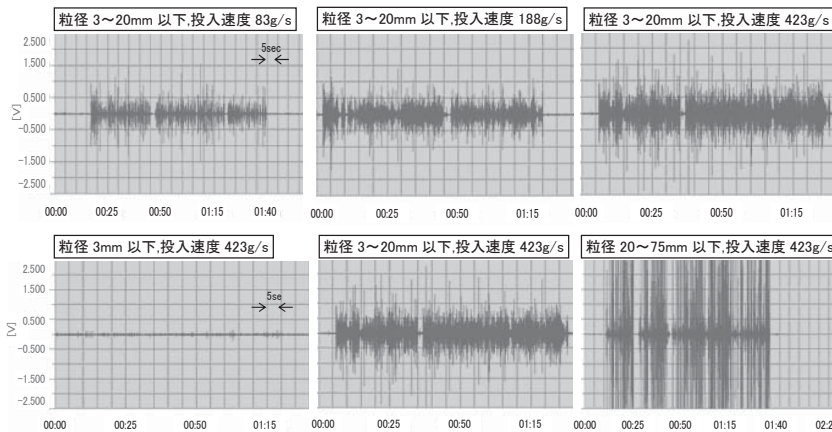


図-3 プレートヒドロフォンによる音響波形データの一例

今回の実験結果より、以下のことが確認された。

- 1) 粒径 20~75mm のケースでは、音響波形の振幅の記録媒体の上限値(4V)を超え、頭打ちとなる（音響波形の増幅率の調整が必要）。
- 2) 投入土砂の粒径が 3mm 以下のケースでは、投入土砂量に比べて、ヒドロフォンによる計測土砂量ははるかに小さくなる。これは、粒径 3mm 以下の衝突はヒドロフォンによる検知が困難であることを示していると考えられる。
- 3) 投入土砂の粒径が 3~20 mm(case2)と 20~75 mm(case3)のほとんど場合は、ヒドロフォンによる計測土砂量の方が、投入土砂量より大きくなる。
- 4) 投入土砂の粒径が 3 mm 以下の場合は、プレート型とパイプ型のそれぞれの換算量の差は小さい。粒径が 3~20mm の場合は、1:1 に近い線形関係がある。

なお、今回得られた上記の結果は、プレート型ヒドロフォンにより得られた音響波形データを、仮にパイプ型ヒドロフォンで用いられている鈴木らの方法<sup>1)</sup>を用いて変換したものであり、今後、ヒドロフォンにより掃流砂量を計測するためには、① 非衝突の影響（パイプ型およびプレート型）、② 複数回衝突（プレート型）の影響、③ 運動量と音圧値に比例関係があるとしたときの傾き（鈴木らの方法<sup>1)</sup>における  $\alpha$ ）がパイプ型とプレート型で違うこと、④ 音響波形の干渉の影響（鈴木らの方法<sup>1)</sup>における  $f$ ）がパイプ型とプレート型で違うこと、⑤ 流水によるノイズの影響（パイプ型およびプレート型）について、検討が必要であると考える。

- 1) 鈴木拓郎・内田太郎・岡本敦・高橋健太・山下伸一郎・小菅尉多・福本晃久：

音圧データを用いたヒドロフォンによる掃流砂観測手法の現地適用性の検証, 砂防学会誌, Vol.66, No.1, pp.4-14, 2013

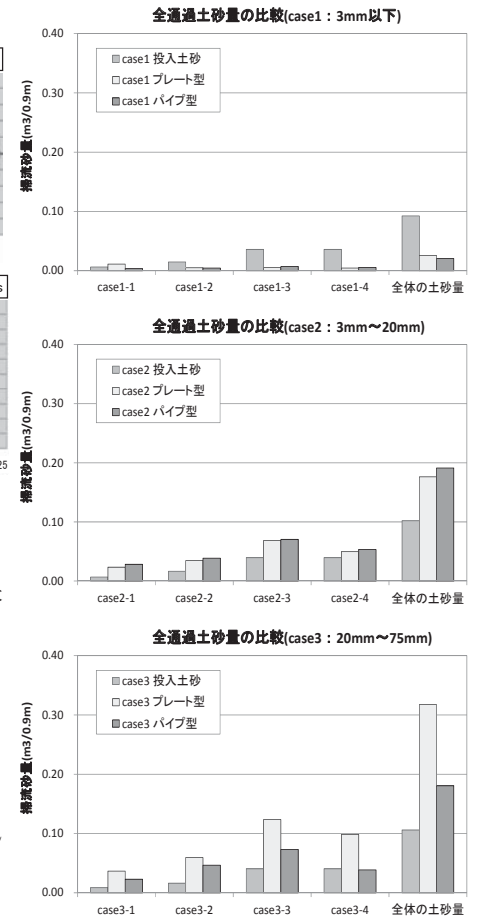


図-4 観測値と投入量の比較

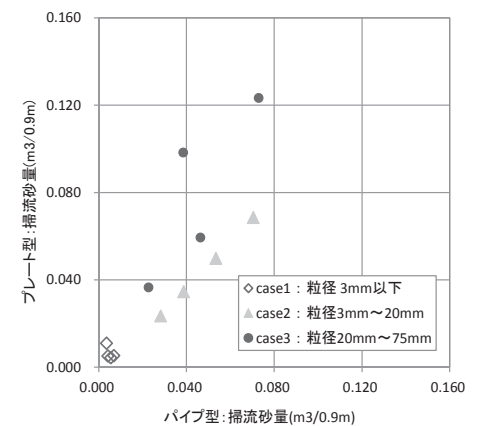


図-5 プレート型とパイプ型の観測値の相関関係