-103

プレート型センサの高速流中を流下する礫の計測特性

(国研) 土木研究所 正会員 ○櫻井 寿之、(国研) 土木研究所 正会員 中西 哲 (国研) 土木研究所 正会員 石神 孝之

1. はじめに

筆者らは、土砂バイパストンネル等の高速流(10m/s 程度)中に土砂流下が生じる河川構造物において粒径 2mm 程度以上の礫の通過量を把握することを目的とし て計測手法の検討を実施している。既往の研究¹⁾にて、 実験水路に高速流を通水し、単一の礫を流下させ、プレ ート型センサ²⁾を用いることにより、礫の流下を検知で きることや粒径、流速、プレート型センサ設置角度によ りその検知率が変化することを確認した。また、ある一 定の水理条件において複数個の礫を流下させる実験を 行うことによって、礫の流下量をプレート型センサに よって定量的に計測する手法を検討している。本稿で は、流速と水深の水理量を変化させて、一様粒径の礫を 複数個流下させる実験を実施することによって、プレ ート型センサの計測特性を検討した結果を報告する。

2. 実験方法

実験方法の概要は、給水ポンプからの水流を水路と 等幅の長方形の出口を有するノズルで整流し、高さ 0.5m、幅0.5m、長さ10m、勾配1/50の鋼製水路に通水 を行い、水路の上流端付近から計量した礫を水面付近 から落下させる方法で投入するものである。水路の下 流端に、水路底面と平行にプレート型センサを設置し、 礫が鋼製プレートに衝突した際のセンサからの出力電 圧を記録した。なお実験装置の詳細は文献¹⁾に記載して いる。データは20µ sec 間隔(50kHz)で10秒間記録し た。鋼製プレートは長辺0.5m×短辺0.36m×厚さ15mm であり、センサは、音響センサ(ハイドロフォン)、振 動センサ、ジオフォン(スイスで採用事例がある地盤振 動計測用のセンサ)の3つで構成されるが、本研究で は、音響センサと振動センサの二つを使用した。

実験に用いた礫の材料は小渋ダム土砂バイパストン ネルの流入部直上流付近の河床から採取した土砂をふ るい分けし、表-1に示す6つの一様粒径とした。

実験ケースは、ノズルの出口高と流量と粒径をパラ メータに表-2に示す 18 ケースとした。

3. 実験結果

実験において計測した出力電圧波の振幅は概ね粒径 との相関がみとめられ、音響センサの結果にその傾向 が顕著にみられた。振動センサは、小さい粒径にも反応

表-1 実験に用いた礫材料の諸元

呼び粒径	ふるい目サイズの上限と下限	平均質量	平均体積	平均密度
(mm)	(mm)	(g)	(cm3)	(g/cm3)
2	2.00~2.80	0.019	0.0070	2.72
5	4.75~5.60	0.261	0.0976	2.67
10	9.52~13.20	2.765	1.0308	2.68
20	19.1~22.4	15.591	5.8690	2.66
50	45~63	251.453	94.6839	2.66
100	90~100	1670.423	625.2399	2.67

表-2 実験条件

ケース名	ノズル 高さ (cm)	流量 (L/s)	上流端 出口 流速 (m/s)	呼び 粒径 (mm)	試行 回数 (回)	土砂量 (1試行当り) (個)	土砂量 (試行合計) (個)
Case1-1	20	500	5	2	10	約26,500	約265,000
Case1-2				5	10	約1,900	約19,000
Case1-3				10	10	約360	約3600
Case1-4				20	10	50	500
Case1-5				50	20	20	400
Case1-6				100	40	10	400
Case2-1		1000	10	2	10	約26,500	約265,000
Case2-2				5	10	約1,900	約19,000
Case2-3				10	10	約360	約3600
Case2-4				20	10	50	500
Case2-5				50	20	20	400
Case2-6				100	40	10	400
Case3-1	10	1000	15	2	10	約26,500	約265,000
Case3-2				5	10	約1,900	約19,000
Case3-3				10	10	約360	約3600
Case3-4	10			20	10	50	500
Case3-5				50	20	20	400
Case3-6				100	40	10	400

し感度がよいが、小さい衝撃でも振幅が計測上限値に 達した。

計測した出力電圧波について、出力値を絶対値に変 換し、絶対値のデータから包絡線データを作成しその データに表れた波(以降では「包絡波」と称する)の数 を整理した。この際、ある時刻の絶対値のデータについ て、前後 5000 μ sec の範囲で最大値となるか否かで包 絡波のピークか否かを判定した。ピーク電圧の小さい 包絡波はノイズを示していると考えられたことから、 包絡波のピーク電圧が 0.2V 以上の波について、音響セ ンサについては 0.2V 間隔で、振動センサについては 0.1V間隔で波数を計測し、頻度分布データを作成した。 音響センサと振動センサの包絡波の数について、各ケ ースの試行について合計し礫粒子 100 個当たりに換算 して整理した頻度分布を図-1と図-2に示す。なお、粒 径 2mm の実験の全てのケースにおいて包絡波は音響セ ンサでは検知されなかった。図-1 中には、全てのケー スについて検知した包絡波の合計数の一覧も示す。

図-1 より全体的にピーク電圧が大きくなるほど検知 される包絡波の数が減少しているが、粒径 100mm は 10V

キーワード:プレート型センサ、高速流、礫流下量、粒径、土砂バイパストンネル 連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL:029-879-6783 E-mail:t-sakurai@pwri.go.jp



図-1 音響センサによって計測された包絡波の頻度分布



程度以上の波の数が多く計測上限値を超える衝撃が生 じていると推測される。粒径 2mm と 5mm の包絡波の検 知数はわずかであり、音響センサによる定量的な計測 は難しいと考えられる。粒径 10mm と 20mm では、100 個以下の包絡波が計測されている。粒径 50mm と 100mm では礫粒子数(100 個)以上の包絡波が計測されており、 大きな包絡波によって生じた変動成分やプレート型セ ンサ以外の水路底面への礫の衝突時の反響を検知して いることが考えられる。粒径 20mm 以上では、流速が大 きいほど包絡波の検知数が減少しており、礫粒子の跳 躍距離が流速の増加によって大きくなり、プレートを 飛び越える割合が多くなっていると考えられる。図-2 より振動センサにおいては、粒径 2mm と 5mm の礫でも ある程度包絡波が検知されている。また粒径 10mm 以上 では、計測上限値に達している状況が確認される。

4. まとめと今後の課題

実験により高速流中を流下する礫のプレート型セン サによる計測特性を把握した。音響センサと振動セン サのそれぞれで粒径に関する計測特性が異なっており、 これらを適切に組み合わせて、粒径区分毎の通過土砂 量を定量的に把握する手法を改良し実際の施設への適 用を図っていきたい。

参考文献

- 櫻井寿之・小柴孝太・角哲也・宮脇千晴・石神孝之:プレ ート型振動センサを用いた高速流中を流下する礫の計測 手法に関する研究、土木学会第71回年次学術概要集第Ⅱ 部門、p. 69-70、2016.
- 小柴孝太,角哲也,堤大三:プレート型振動センサを用いた掃流砂量計測手法に関する研究,土木学会論文集 B1(水工学) Vol.72, No.4, I_925-I_930, 2016.