

摂南大学工学部 正会員 澤井 健二
 摂南大学大学院 学生員 ○塚田 貴久
 摂南大学工学部 永長 昭彦
 摂南大学工学部 岡田 浩史

1.はじめに

砂礫の流下によって河床が振動し、その振動波形から砂礫の流下量がある程度推定できることが、過去の研究¹⁾により知られている。そこで本研究は、さらに水路床に埋設した振動計を利用して砂礫の流下時に生じる河床の振動を測定し、その振動強度やスペクトルを解析することによって、流出砂礫の量やその粒径を推定しようとするものである。

2.実験装置

実験は長さ5(m)、幅20(cm)、深さ20(cm)、勾配を0～1/5の間で、流量は0～20(l/s)の範囲で調整できる水路を用いて行った。そして、この水路に砂礫を一様に厚さ約10(cm)で敷き詰め、振動計のセンサーヘッドを埋設し、流砂による振動(加速度)を計測した。なお、給砂は上流端で河床が上下しないよう留意しながら行っている。

3.振動計の設置方法

振動計センサーヘッドの設置方法の決定には、上記の実験水路に平均粒径0.5(mm)の砂を敷き詰め、勾配1/200、流量7.67(l/s)、流砂量38.5(g/s)という条件で、センサーヘッドを下流端から1(m)地点に設置し、その向きや深さを変えて検討した。図-1、図-2はセンサーヘッドの設置方向を、表-1はセンサーヘッドの設置位置を示している。この結果、標準偏差の大きいCase H1が振動を測定するのに適していると考えたが、河床面からの距離が近い場合流砂量が多い場合にはセンサーヘッドが露出すると考え、Case H2が設置方法として適していると判断した。

4.実験条件

実験条件は、振動データのサンプリング周波数が5kHzで6秒間の場合、砂礫粒径0.1(mm)、0.5(mm)、1.0(mm)、2.0(mm)、7.0(mm)、30.0(mm)の6種類で、流量は約0～13(l/s)の間で、勾配は1/200～1/5の間で変化させそれぞれの振動の測定を行った(実験Ⅰ)。また、振動データのサンプリング周波数が44.1kHzで6秒間の場合、砂礫粒径0.5(mm)、2.0(mm)、7.0(mm)、30.0(mm)の4種類で、流量は約0～14(l/s)の間で、勾配は1/200～1/8の間で変化させ振動の測定を行った(実験Ⅱ)。

5.実験Ⅰ(5kHz)の結果と考察

はじめに各粒径における振動(加速度)の標準偏差と流砂量の関係を検討した。図-3は横軸に流砂量を、

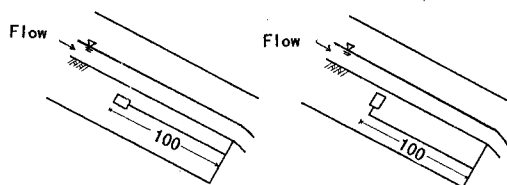


図-1:センサーヘッド設置方法(水平) 図-2:センサーヘッド設置方法(垂直)

表-1:設置条件および振動データの結果

Case No.	向き	河床面からの距離(cm)	加速度の最大値(m/s ²)	標準偏差(m/s ²)
Case H1	水平	1	8.67	0.55
Case H2		2	1.44	0.36
Case H3		3	1.12	0.32
Case H4		4	0.95	0.28
Case H5		5	1.11	0.27
Case H6		6	1.12	0.26
Case H7		7	0.95	0.25
Case V2	鉛直	2	1.28	0.33

縦軸に標準偏差を取り、双方の関係を相関図として表したものである。これによると流砂量と振動の相関関係は、以下の式で表される曲線で近似されることが判った。

$$y = a \cdot x^{0.5} \dots\dots\dots (1)$$

$$a = 0.034d + 0.023 \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 y ：振動(加速度)の標準偏差(m/s²)、 x ：流砂量(g/s)、 d ：砂礫粒径(mm)である。

ただし、この式の関係が認められるのは1.0(mm)以上の粒径であり、それ以下では適用できなかった。これは振動が小さいためにS/N比が悪くなったためと考えられる。また、振動に与える水路勾配の影響は無かった。

次に、各粒径を推定するため振動データをスペクトル解析し、各粒径における特徴が無いかを調べた。しかし、この場合卓越周波数では各粒径における特徴は得られなかった。そこで次に示す実験を行った。

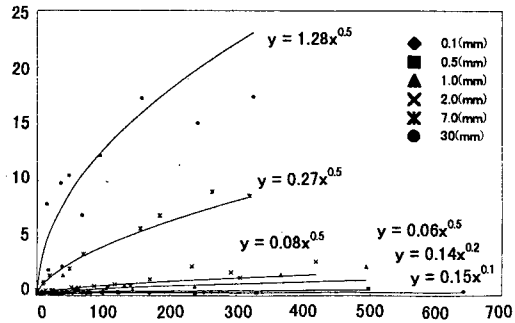


図 - 3:流砂量と振動加速度の関係

6.実験Ⅱ(44.1kHz)の結果と考察

低周波域(2.5kHz 以下)では、卓越周波数による各粒径の特徴が得られなかったため、高周波域(22.05kHz 以下)に着目した。図 - 4 は 2(mm)粒径で流砂量 393.2 (g/s)の加速度スペクトルと流砂量の関係を表したものであり、図 - 5 は 2(mm)粒径で流砂量 56.6 (g/s)の場合を表したものである。これによると実験Ⅰと同様に流砂量が増えると加速度が増えているが、粒径によって卓越周波数の相異が現れている。このことは高周波域のスペクトルを調べることにより粒径の推定が可能であると示唆している。

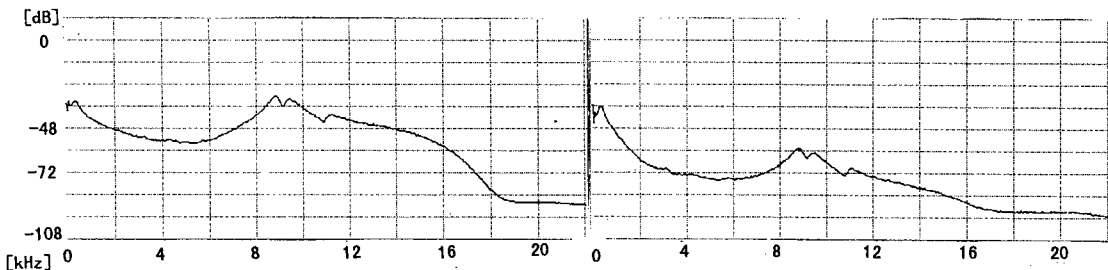


図 - 4:加速度スペクトル

図 - 5:加速度スペクトル

7.まとめ

単一粒径において流砂量と振動(加速度)の間に明らかな関係があることがわかった。また、加速度をスペクトル解析することにより、粒径の推定を行える可能性が示唆された。今後、高周波域での計測を数多く行い、卓越周波数に再現性があるかの検討を行うとともに、広範囲の粒径にわたってスペクトルの特徴を調べる必要がある。また、混合砂においてそれらの識別ができるかどうかの検討を行う必要がある

参考文献

1)Maximo A. PEVIANI : Bed Load Transport Measurements in Gravel-Bottomed Streams by Means of Geophones, Draft of ISMES Report, 1995.