

## 42 振動センサーを用いた土砂移動計測に関する基礎的研究

建設省土木研究所砂防研究室 ○海原 莊一 南 哲行  
建設省北陸地方建設局北陸技術事務所 井良沢 道也 竹本 勉 目黒 信雄

### 1. はじめに

平成 9 年度に開かれた河川審議会総合土砂管理小委員会では、土砂の生産源である山腹から海岸域までを含む土砂の移動領域（以下、流砂系という）で生じている河床上昇やダムへの堆砂、河床低下による構造物基礎の洗掘、海岸線の後退等の土砂問題に対し上下流の各領域が一体となった総合的な土砂管理が必要であるという方針が出された。

流砂系での総合的な土砂管理を行うためには、まず土砂の量と質（粒径）、時間・場の連続性を考慮した土砂移動実態を把握しなければならないが、そのためには、河床変動測量や河床材料調査などの出水前後の調査に加え、出水中の土砂移動実態も明らかにする必要がある、出水中の土砂移動観測手法の開発が望まれている。

当研究では、山地河川における掃流砂を対象として、土砂移動時に発生する振動から土砂量・粒径分布が計測可能な間接的観測手法の開発を目的として基礎的な実験を行い、移動土砂量や移動土砂の粒径と振動特性の関係を明らかにすることとした。

### 2. 実験の概要

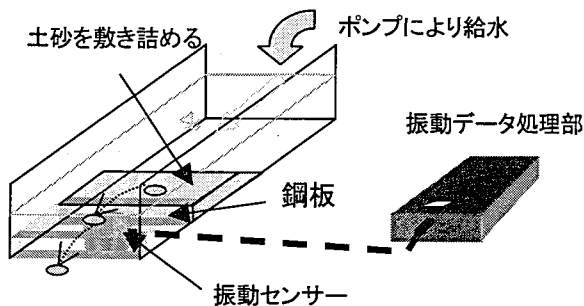
#### 2.1 実験の目的

今回の実験では、流送土砂とその振動特性に関する室内実験から、①卓越周波数と移動する礫の大きさの関係、②移動土砂量と加速度振幅の関係、③礫の大きさ毎の卓越周波数を用いて混合土砂の粒径分布が推定できるか、を明らかにすることとした。

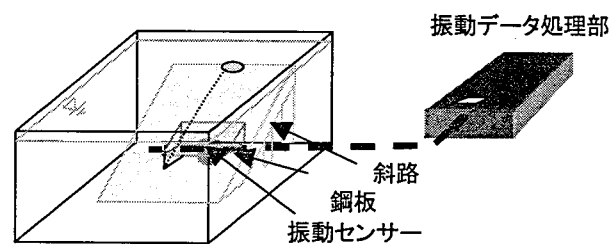
#### 2.2 実験方法

当実験で用いた土砂は $\phi 2.5\text{mm} \sim 250\text{mm}$ の粒径のものである。礫径が大きくなると、実験水路（図一1）では礫を流せないため $\phi 50\text{mm}$ 以上の礫については、水槽内に設けた斜路（図一2）を転動する時の振動を計測する事とした。水路実験では給砂は行わず、振動計測時に水路下流で土砂を採取する事で流砂量を計測した。水中斜路の実験では礫は1つずつ転動させた。

実験ケースは、粒径毎の振動特性を明らかにすることを目的とし①単一粒径の土砂を使うケースと、②混合土砂の土砂を用いるケースを設定した。



図一1 水路実験装置



図一2 水中斜路実験装置

### 3. 実験結果

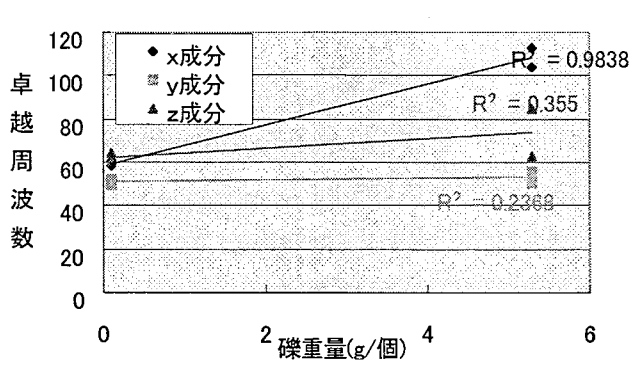
実験で得られた振動データはフーリエ解析を用いて周波数スペクトルを求め、移動土砂量・土砂の粒径と振動特性について以下のような結果を得た。なお、今回の実験では、X成分（流下直角方向）、Y成分（流下方向）、Z成分（鉛直方向）の3成分の振動を計測した。

#### 3.1 土砂の粒径と振動特性の関係

図一3に  $5\text{g}/\text{個}$  ( $\phi 10 \sim 30\text{mm}$ , 平均粒径 $\phi 16\text{mm}$ )以下の単一粒径の土砂を用いた実験で得られた振動の卓越周波数と土砂1個当たりの重量の関係を示す。この図からは、Y（流水方向）とZ（鉛直方向）成分の $5\text{g}/\text{個}$ （平均粒径 $\phi 16\text{mm}$ ）以下の流送土砂における振動の卓越周波数の差はほとんどないことがわかる。

一方、 $0.18 \sim 22.8\text{kg}/\text{個}$  ( $\phi 50 \sim 250\text{mm}$ )の礫を用いた水中斜路実験で得られた振動の卓越周波数と礫重量の関係（図一4）では、どの成分においても礫重量と振動の卓越周波数の間に相関関係が認められる。

これらの事から、平均粒径 $\phi 16\text{mm}$ 以下の粒径では、卓越周波数から土砂の大きさを推定することができないが、それ以上の粒径であれば土砂の大きさを推定できる可能性があることを示している。



申-3 移動する碟の重量と卓越周波数の関係(実験1)

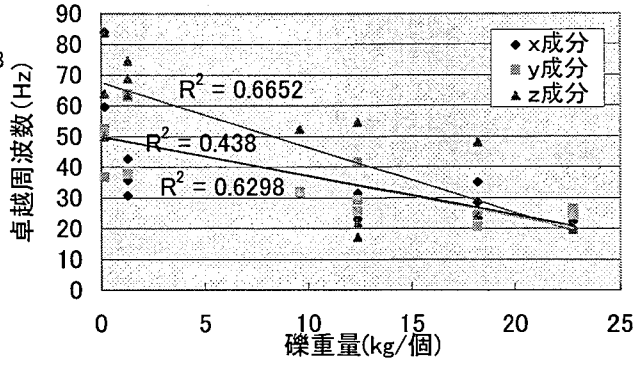


図-4 移動する碟の重量と卓越周波数の関係(実験3)

### 3.2 流砂量と振動特性の関係

図一5に水路実験で得られた流砂量と振動波の最大加速度の関係を示す。両者の間に高い相関が見られ、少なくとも単一粒径という限られた条件下では、振動波形の最大加速度に注目することで、流砂量が計測できる可能性がある事を示している。しかし、今回の実験では、混合土砂や平均粒径φ16mm以上の土砂における流砂量と最大加速度の相関については確認していない。

### 3.3 混合土砂の振動特性と単一粒径の土砂の振動特性の関係

φ250の碟と平均粒径φ16mmの土砂を同時に移動させた水中斜路での実験(Case15)で得られた結果を用いて、当観測手法で混合土砂の粒度分布が推定可能かどうかを明らかにすることとした。Case15で得られた振動の周波数スペクトルとφ237だけ(Case13)の周波数スペクトルと平均粒径φ16mmのみ(Case4)の周波数スペクトルを図一6に示す。

混合粒径土砂の周波数スペクトル(Case15)よりも、混合粒径土砂の一部を構成しているCase13の加速度の方が大きくなっており、Case15のスペクトルはCase4とCase13のスペクトルを足し合わせたものとなっていない。このため、混合粒径土砂の周波数スペクトルから粒度分布を推定する事は困難であると考えられる。しかし、混合粒径の卓越周波数(Case15)とφ237mmの卓越周波数(Case13)はほぼ同じであることから混合土砂の最大粒径が推定できる可能性があるといえる。

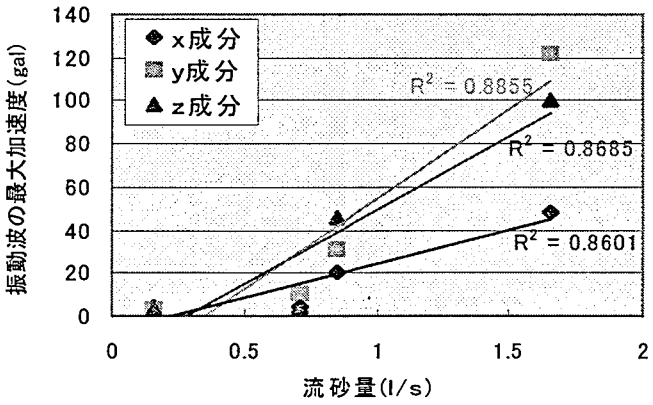


図-5 流砂量と振動波の最大加速度の関係

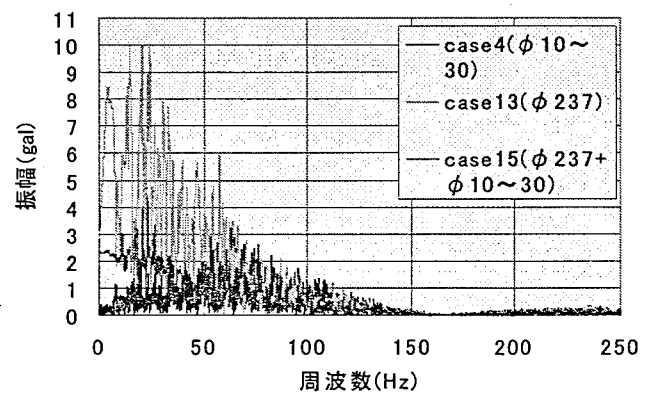


図-6 周波数スペクトルの比較(Z成分)

## 5. まとめ

本研究では山地河川の掃流砂を対象とした土砂移動時に生じる振動を計測する土砂移動観測手法の開発のための基礎的実験を行った。

実験結果からは、①平均粒径φ16mm以下の土砂では振動特性から粒径を推測することはできないが、それより大きな土砂では粒径と卓越周波数の間には相関関係が認められること、②単一粒径の土砂であれば加速度振幅と流砂量に相関が見られること、③振動の周波数分布から混合土砂の粒度分布までは推測できないが、卓越周波数に注目することで最大粒径が推定できる可能性があること、が明らかとなった。

今回の研究はあくまで実験室レベルで実施できる範囲で、土砂移動とその時に生じる振動の関係の基本事項の確認を行ったものであり、実験で捉えた振動も実験施設の振動特性の影響を受けたものとなっている。このため、当観測手法を実用化するには今後現地で振動計測と流砂量観測を行い、現地での移動土砂量・粒度分布と振動特性の関係を把握する必要がある。