

群馬工業高等専門学校 ○永野 博之
群馬工業高等専門学校 高田 光

1. はじめに

近年、土石流流下時の振動波形の解析と特性の評価が精力的に行われている^{例えは1)}。我が国には地震観測網が整備されていることから、それらの観測網を活用した土石流検知システムの構築が、今後の土砂災害における被害防止技術の向上を促すことが期待されるが、土石流による振動の特性と流動特性との間の関係は不明瞭なところが多く、土石流の発生はもとより、どの程度の規模の土石流が流下するかを評価できるには至っていない。著者らの一人は、加速度センサを用いた室内水路実験を通じて、土石流流下時の振動特性について検討を行ったが、土石流の特性を評価するには、データの蓄積がいまだ不足している。

本研究は、彼らの研究の延長上にあり、地震観測網等、加速度センサを活用した土石流予警報システムの構築を目指すことを最終的な目的に、土石流の流動特性と振動波形の特性を結びつけることを試みるものである。

2. 実験方法

2.1 実験装置の概要

実験に用いた水路の縦断図を図-1に示す。水路は幅 40cm、側壁高 40cm、水路長 4m の長方形断面水路であり、側壁および底面素材はアクリルである。本研究では、水路勾配を 15° に設定した。下流端には高さ 50mm の板を設置し、下流端から 3.0m の位置まで、厚さ 5cm で土砂を敷き詰めた。既往研究²⁾では、水路内に堰板を設け、堰板を引き上げることで堰板の上流側に貯留した水を一気に流下させたが、堰板の引き上げ速度を実験ごとに一定に保つことが困難であったため、本研究では水路の上流端（下流端から 4.0m）の地点には、地下ピット中の水中ポンプからくみ上げられた水を水路に供給する 2 つの吐水口が設置し、全ての実験ケースでほぼ一定の流量

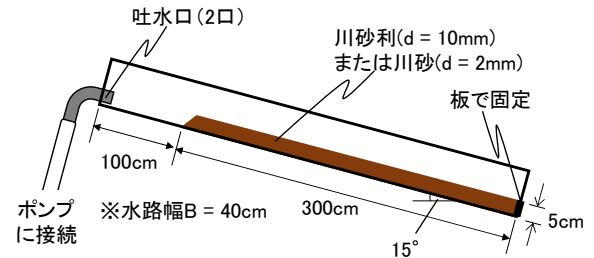


図-1 実験水路の縦断図

表-1 実験ケース

ケース	平均粒径	供給流量	流路床勾配
CASE1-1	10mm	3.55	15°
CASE1-2			
CASE1-3			
CASE2	2mm		

となるようにした。実験前に水路内に土砂がない状態で清水のみを供給した事前実験を行い、水路に供給される清水流量を計測している。

2.2 実験条件

本研究では、平均粒径 10mm の川砂利(Case1)と平均粒径 2mm の川砂(Case2)を河床材料とした 2 ケースの実験を行った。実験ケースを表-1に示す。振動は圧電型の 3 軸型加速度センサ（TEAC 製 7.0ZT）を用いて計測した。センサは下流端から 1.5m 地点における水路底面の外側に直接貼り付けた。また、水路側方からデジタルカメラ 1 台とデジタルビデオカメラ 2 台を用いて、下流端から 0～1m、1m～2m、2～3m の区間の流下状況を撮影した。水路側面にはテープ尺が貼られており、実験終了後、撮影動画から土石流流下時の水深と平均的な流速を判読した。

3. 実験結果

3.1 加速度時刻歴およびスペクトル解析結果

紙面の都合上、図-2に CASE1-1における加速度時刻歴の計測結果を一例として示す。横軸の 0 が通水開始時刻である。振幅の最大値は、CASE1-1 および CASE1-3 で約 0.4m/s^2 、CASE1-2 で約 0.3m/s^2 であり、

CASE2 では約 0.1m/s^2 であった。事前の流量検定時における振幅の最大値は約 0.1m/s^2 であり、CASE2 とほぼ同程度の振幅である。CASE1-1～CASE1-3 では、給水開始から約 6 秒後に土石流の先端がセンサの位置に到達し、CASE2 では、約 3 秒後に土石流の先端がセンサの位置に到達した。計測波形の振幅は CASE1-1～CASE1-3 の全てにおいて、センサ位置への土石流先端到達以降に増大傾向を示した後、最大となった。CASE2 では、土石流の先端がセンサの位置に到達した時刻とほぼ同時刻に最大となった。

常時微動と各ケースにおける土石流発生から収束までの約 5 秒間の加速度時刻歴を用いて FFT によるスペクトル解析を行った。本実験における加速度振幅のパワ・スペクトルを図-3 に示す。CASE1-2 では 1Hz 以下の低周波数領域で卓越性がみられるがその他のケースでは確認できなかった。また、CASE1 の全てのケースで約 40～100Hz 程度の周波数に卓越性が見られた。CASE2 では約 20Hz の周波数で明確な卓越性が見られた。既往研究²⁾では、約 40～50Hz 程度の領域で卓越性が確認されており、本実験でも概ね同程度であるものの、卓越周波数はバラつく結果となった。FFT 以外の手法による特性の評価が必要になると考えられる。

3.2 土石流の流動特性との関係

永野ら²⁾は、橋本³⁾の提案する高速・高濃度の固液混相流を規定する無次元パラメータ N_h を用いて、土石流の卓越周波数との関係を調べている。本研究でも同様に調べた結果を図-4 に示す。図中には、既往研究の実験結果および 2003 年水無川で発生した土石流に対する大角ら⁴⁾の研究より算出した結果も併せて示した。本実験の結果は、 N_h が小さい領域を補うとともに、既往研究で指摘された無次元パラメータと卓越周波数の間に相関がある可能性を損なっていないようである。今後は、 N_h が 10 より大きい領域のデータの蓄積を行う必要がある。

4. おわりに

本研究では、水路実験における土石流の振動波形を解析し、振動波形特性と流動特性との間の関係について検討した。今後、データが不足する領域を対

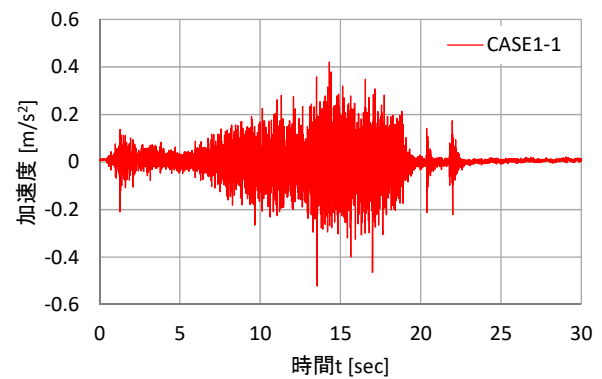


図-2 加速度時刻歴(CASE1-1)

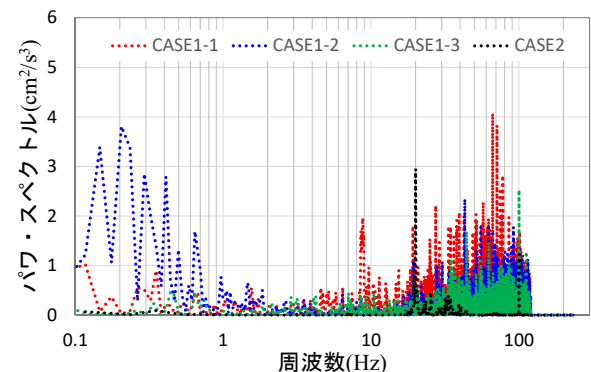


図-3 スペクトル解析結果

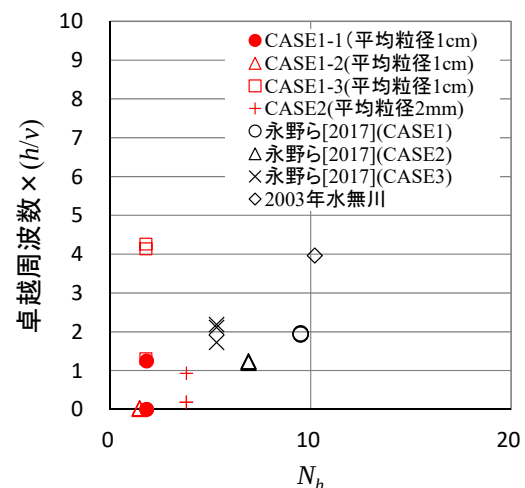


図-4 無次元パラメータと無次元卓越周波数の関係

象にデータの充実化を図るとともに、FFT 以外の手法による土石流振動波形の特徴の評価が課題である。

謝辞：本研究は、平成 29 年度科学研究費（課題番号：16K18160、代表：永野博之）のもとに実施した。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 山田ら(1998)：砂防学会誌，Vol.50，No.5，pp.60-64.
- 2) 永野・須藤(2017)：平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.496-497.
- 3) 橋本晴行(2010)：ながれ，第 29 巻，No.3，pp.193-202.
- 4) 大角ら(2004)：第 2 回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp.17-22.