

泥流の振動検知に関する実験的研究

寒地土木研究所 ○藤浪 武史

寒地土木研究所 伊波 友生

寒地土木研究所 矢部 浩規

1. はじめに

泥流の発生を検知するためにワイヤセンサが流下想定渓流に設置されている。ワイヤセンサは設置が簡易で検知原理が単純であり、災害復旧工事の安全管理にも多用されている。さらに、土砂流下状況は、上流から下流にかけて配置することで把握することが出来る。一方で、積雪によるワイヤの切断や老朽化、動物や落石による誤検知も多い。また、一度切断すると再度接続する必要がある、積雪寒冷地ではワイヤセンサの管理に多大な労力が必要である。

そこで、ワイヤセンサに代わる新たな泥流検知手法として振動センサに着目した。振動センサはワイヤセンサと異なり非接触型の検知センサであり、積雪・動物による影響の低減が可能である。一方で、泥流流下時の振動検知の実績は少なく、またそれらの関係性は依然として明らかになっていない。著者らは実験室スケールでの振動感知に関して一般的な地震計や 3 軸 MEMS 加速度センサなどで構成する自作の安価なセンサを用いて振動を検知できることを確認しているが、現地スケールでの振動検知に関して明瞭でない点が多く、性能の照査が必要であると考えられる^{1,2)}。

以上の背景から泥流および土石流の振動検知実験を行った。

2. 実験の概要

実験に用いた実験水路斜面を図-1 および写真-1 に示す。実験水路斜面は高さ約 2.6 m、幅約 0.5 m、斜度約 20° 、斜面長約 7.6 m である。泥流および土石流流下の振動が斜面地盤を伝達する点を踏まえ、自然状態の地山で行った。加えて、泥流および土石流が流下する河床が水分で飽和状態であることを模擬するためにブルーシートを河床上に敷設した。

泥流は土砂を 25 %、土石を 75 % 混合して実験水路斜面に 5 cm 厚で敷設し、材料の上から散水することで模擬した。土石流は土石単体を実験水路斜面に 5 cm 厚で敷設し、材料の上から散水することで模擬した。3 成分速度型地震計 (CDJ-S2C-2, Chongqing Geological Instrument Factory, 中国) と加速度センサを実験水路斜面の下流端から 1.5 m 上方の実験水路中心に埋設した。埋設深は実験水路斜面下約 40 cm である。地震計センサのサンプリング間隔は周波数分析も意図して 2 ミリ秒とした。加速度センサのサンプリング間隔は長期使用を意図して 500 ミリ秒とした。

3. 実験結果と考察

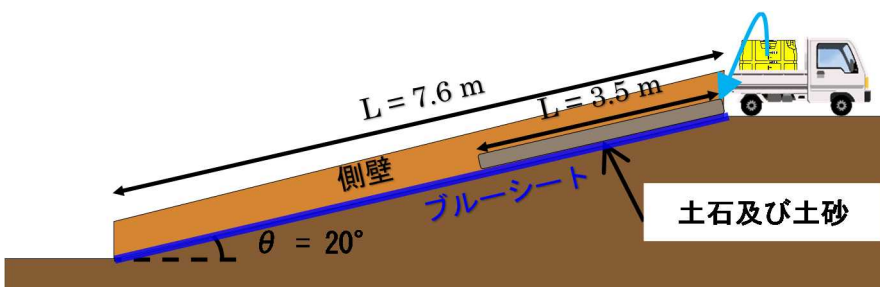


図-1 実験水路斜面 側面図



写真-1 実験水路斜面 全景

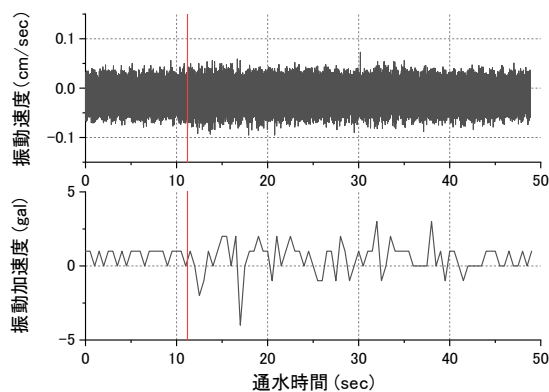


図-2 泥流流下時の振動波形

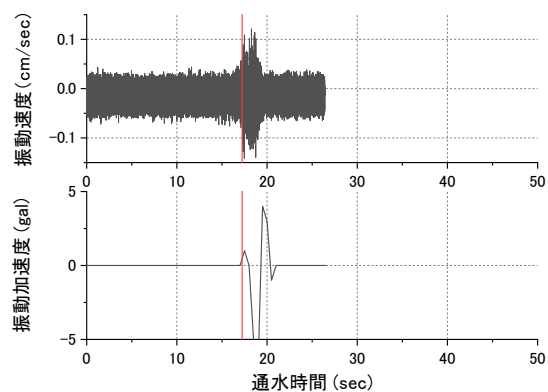


図-3 土石流流下時の振動波形

泥流流下による地震計による振動速度（鉛直方向）と加速度センサによる振動加速度を図-2 に示す。いずれのセンサも泥流がセンサ直上を通過した瞬間（図の赤線部）から波形が現れるとともに、泥流流下中は微弱な振動が長く続く様子が検知された。

土石流流下による地震計による振動速度（鉛直方向）と加速度センサによる振動加速度を図-3 に示す。いずれのセンサも土石流がセンサ直上を通過した後にピーク値を示していることが分かる。これは土石流のフロント部は水分と径の小さな礫によって構成されているため起振力が相対的に小さく、一方で後続の流れは径の大きな礫が連行されるため起振力が相対的に大きいと考えられる。また、振動速度、振動加速度ともに瞬間的に波形が生じ、継続時間が短いことが分かった。

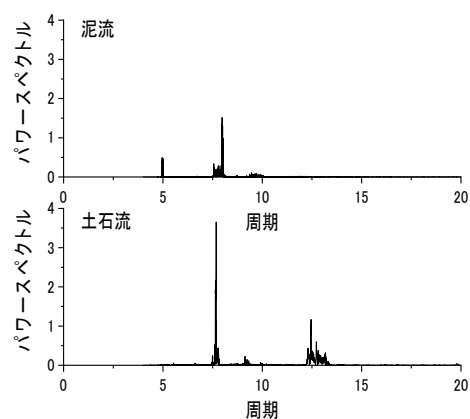


図-4 パワースペクトルの比較

泥流、土石流それぞれの振動速度から算出した振動加速度に対して、周期ごとのパワースペクトルを図-4 に示す。この時泥流のピーク周期は 7.7 秒、土石流のピーク周期は 7.8 秒でありほぼ等しい。しかし、パワースペクトルは土石流の方が大きく、また周期 12.4 秒付近でもパワースペクトルが増加していることが分かった。以上より、泥流と土石流ではスペクトル特性が異なることが示唆された。

4. 結論

自作の安価な加速度センサで泥流および土石流の流下の振動を検知することができた。この時、振動波形やスペクトル特性を用いることで、泥流あるいは土石流を判定できる可能性があることが分かった。これが実現できれば、従来のワイヤセンサなどを用いる方法に対してコスト縮減など維持管理の簡素化の可能性がある。但し、これらは実験水路においての適応性を確認した段階であり、実際の泥流や土石流での振動検知を念頭に置いた実証実験が必要である。

参考文献

- 1)阿部孝章，藤浪武史，船木淳悟（2014）：小型マイコンボードを用いた積雪層上の振動計測のための簡易センサの構築，寒地技術論文・報告集，Vol.30
- 2)藤浪武史，阿部孝章，船木淳悟（2014）：積雪層を介した土砂移動の振動検知に関する実験的研究，第 7 回土砂災害に関するシンポジウム論文集