

振動式土石流検知センサーのトリガーレベル設定の試み

独立行政法人土木研究所 正会員 ○武澤永純
 正会員 山越隆雄
 田中秀基
 正会員 小山内信智
 西本晴男
 国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所 大井孝輝
 鈴木啓介

1. はじめに

現在、振動式土石流検知センサー（以下、振動センサーという）は全国に 112 基設置されているが、そのうちの多くが火山地域に設置されている。火山地域では、ソフト対策が相対的に重要な位置を占めていること、桜島や焼岳などのように土石流が繰り返し発生する特徴があること等の事情により振動センサーが多く利用されていると考えられる。また、最近の研究では、振動計測値から土石流の規模が推定できることも指摘されており¹⁾、今後も、火山地域において益々普及させるべき土石流センサーの 1 つである。

しかし、これまでのところ振動センサーは当初期待したほどには普及していない。振動センサーは土石流検知のためのトリガーレベルの設定が難しいということが理由の 1 つと考えられる。現時点では、近傍で人が跳躍して起した振動を検知できればよい、など根拠が曖昧な手法がほとんどである。そこで、筆者らは、日本でも有数の土石流頻発溪流である長野県北安曇郡小谷村の浦川に工事安全管理用の振動センサーを設置するために、そのトリガーレベルの設定を試みた。設定にあたっては、なるべく設定根拠を明確にし、合理的なものとするよう留意した。以下、本報ではこの試みの結果について報告する。

2. 本検討で用いる振動の距離減衰式

振動センサーの検知基準となるトリガーレベルは、現地で想定する土石流の振動が、センサー設置位置に伝播したときの振幅が把握できれば、それを参考に決定することが出来る。一方、既往の研究成果から土石流が発生させる振動は、土石流のピーク流量と正の相関があると言われている¹⁾。

本研究では、その関係に基づいて、過去に土石流の振動が計測された桜島野尻川の記録を用いて、現地で想定する土石流の振動の大きさを算出する。また、地盤振動は震源からの距離や地盤の内部構造によって、減衰の程度が大きく変化することから、既往の振動の距離減衰式を変形して、現地で想定する土石流流量、河道とセンサー設置位置の距離、地盤の内部減衰を関数に持つ式を導出し、センサー設置位置で計測される振動の大きさを推定しようとするものである。以下にその式を示す。

$$P = P^* \cdot \left(\frac{Q}{Q^*} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{D}{D^*} \right)^{-n} \cdot e^{-\alpha(D-D^*)} \quad \dots (1)$$

P : 距離 D (m) の地点における振動振幅、 Q : 現地で想定する土石流流量、 D : センサー設置位置と河道との距離、 $n : 0.75$ ¹⁾、 α : 媒質の内部減衰 (0.01 を使用)²⁾

キーワード：振動式土石流検知センサー、トリガーレベル、地盤振動、土石流

〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム

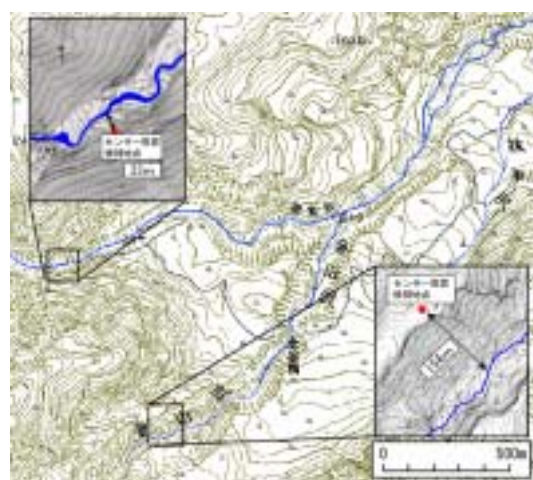


図-1 浦川唐松沢、金山沢の振動センサー設置候補地点
 （国土地理院 数値地図 25000 を引用）

(1) 式に*があるものには桜島野尻川、*のないものには浦川唐松沢、金山沢のパラメータを代入する。

桜島野尻川で平成9年9月16日に発生した土石流は、野尻川5号堰堤でピーク流量 $641\text{m}^3/\text{sec}$ が観測されており、河道から66m離れたセンサーで 0.065kine を計測されている³⁾。このパラメータを参考に浦川での土石流の振動を求める。振動センサー設置候補地点においては、以下の仮定のもとに、想定する土石流流量時の振動速度(加速度)値を算出する。

仮定1：野尻川と浦川において同じ流量の土石流は同じ規模の地盤振動を発生させる。

仮定2：野尻川と浦川では、振動の距離減衰特性は同等である。野尻川(浦川)の前述した式における内部減衰特性を表す α は、過去の業務の成果から0.01とする。

3. 唐松沢で検知できる土石流の規模の推定

浦川唐松沢でのセンサー設置候補地点は図-2のように、浦川の金山沢と唐松沢の合流地点から1100m程度上流にある浦川唐松沢の第13号谷止工(林野庁中信森林管理署)上流側とする。現地の地形の状況から右岸斜面の小段(河道からの水平距離18m・表面距離23m)に設置するのが適当と考え、そこをセンサー据え付け点とした。表-1に、想定する土石流流量を100、250、500、750、1000、1500 m^3/sec にした時の、唐松沢のセンサー設置候補地点で推定される振動の大きさを示す。トリガーレベルは、振動ノイズの大きさよりも高く、想定流量で計測される振動の大きさよりも低く設定しなければならない。仮にこの周囲で想定される振動ノイズの大きさが 0.05kine 程度であるとする、250 m^3/sec の土石流ではトリガーレベルによる判別が難しいが、500 m^3/sec の土石流であれば比較的容易に判別が可能である。もし、安全管理上、250 m^3/sec の土石流を検知する必要がある場合には、振動ノイズを減少させ、土石流による振動を強く感知できる位置を再度選び直す必要がある。

4. 金山沢で検知できる土石流の規模の推定

浦川金山沢は急峻な地形に加えて溪岸の侵食が著しく、崩壊地も多数分布するため、振動センサーの設置候補地は図-1のように、河道から154m離れた左岸溪岸上にすることとした。表-2に想定する土石流流量における、金山沢のセンサー設置候補地点の振動推定される大きさを示す。唐松沢と比べて、ここに設置するセンサーのトリガーレベルは非常に低い値に設定しなければならない。仮に、唐松沢と同様に 0.05kine 程度の振動ノイズを想定すると、たとえ1500 m^3/sec の土石流であっても振動ノイズと区別が難しいことになる。したがって、さらに土石流の流心に近づけて設置できる位置を選び直す必要がある。

5. まとめ

本報では、浦川に振動センサーを設置するためのトリガーレベルの設定にあたって、なるべく設定根拠を明確にしつつ、合理的な方法で設定を試みた。しかし、設定に当たっていくつか仮定を置く必要があり、ここで定めたトリガーレベルの適用範囲は、これらの仮定が満たされる範囲に限定される。今後は、より多くの土石流による地盤振動計測データを収集し、ここで用いた手法を改良して行きたい。

表-1 唐松沢での計算結果

ピーク流量 (m^3/s)	想定流量で計測される振動の大きさ	
	Kine	Gal
100	0.014	0.85 ~ 2.56
250	0.054	3.37 ~ 10.11
500	0.152	9.53 ~ 28.59
750	0.279	17.51 ~ 52.53
1000	0.429	26.96 ~ 80.88
1500	0.789	49.53 ~ 148.58

表-2 金山沢での計算結果

ピーク流量 (m^3/s)	想定流量で計測される振動の大きさ	
	Kine	Gal
100	0.001	0.06 ~ 0.17
250	0.003	0.22 ~ 0.66
500	0.010	0.62 ~ 1.85
750	0.018	1.14 ~ 3.41
1000	0.028	1.75 ~ 5.24
1500	0.051	3.21 ~ 9.63

加速度の値は算出された速度値に $2 \times \pi \times$ 振動数を乗じることによって求めた参考値。
振動数は土石流の振動数を10-30Hzと仮定して算出している

参考文献：1) 諏訪浩・山越隆雄・佐藤一幸：地盤振動計測に伴う土石流の規模推定、砂防学会誌、Vol.52、No.2、pp.5-13、1999。 2) 石田哲也、浅井健一、浅野広樹、渡正昭、小泉市郎、井上公夫：富士山大沢川で発生した土石流の地盤振動特性、平成15年度砂防学会研究発表会概要集、pp.172-173、2003。 3) 南哲行・山田孝・水野秀明・Richard G. LaHusen・吉川知弘・永田謙三：土石流の流下に伴う地盤振動の減衰特性、平成10年度砂防学会研究発表会概要集、pp.366-367、1998。