

新型振動検知式土石流センサーの開発および実用化に向けた検討

○柳町年輝、能和幸範（株式会社拓和）

武澤永純、山越隆雄、石塚忠範（土木研究所）

1. はじめに

住民の警戒避難や工事現場の作業員の安全管理において、土石流の発生を迅速かつ確実に把握する為に検知センサーが活用されている。一般的に多く用いられているワイヤーセンサーは、ワイヤーが一度切断されると張り直すまで土石流を検知できない、動物や落石等により切断され誤報に至る場合等などの問題点がある。一方、土石流が発生する振動を捉えて発生検知を行う振動検知式土石流センサー（以下振動センサー）は、土石流を連続して検知できる等のメリットがある反面、ワイヤーセンサーに比べ価格が高い、振動の大きさのみの検知の場合、落石等他の振動ノイズにより誤検知することが考えられる。

そこで本研究では、従来指摘されてきた問題点を改善した振動センサーを開発し、かつ検知センサーとしての適用可能性を評価するものである。

2. 新型振動センサーの特徴

新型振動センサーは以下のコンセプトに基づき開発を行った。

- ①小型・軽量なため、容易に持ち運び迅速に設置・観測が可能
- ②省電力設計で商用電源がない場所においても太陽電池・バッテリー等で動作が可能
- ③センサー部を土石流検知に必要な精度に限定し、それに適した静電容量型 MEMS 振動センサーを選定・使用し、機器の価格の低廉化を実現した
- ④振動の強さおよび振動の継続時間の 2 種類の検知基準により判定し、検知精度の向上を行った
- ⑤土石流の検知レベルは、5 段階まで任意に設置が可能とし、かつ継続時間の設定も任意に設定が可能とした。これらの検知信号により概略の土石流規模の推定を可能とした
- ⑥国土交通省で使用されているデータ伝送装置であるテレメータ伝送装置に直接接続可能とした



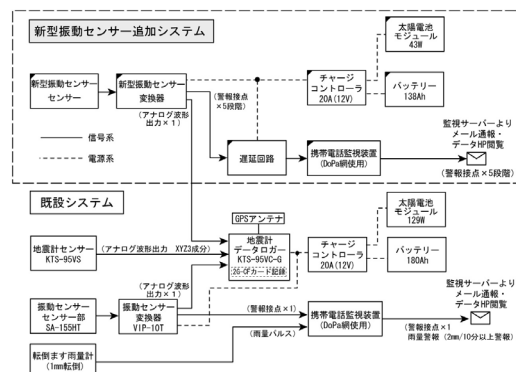
図－1 新型振動センサー
（左：センサー、右：変換器）

3. 実用化に向けた検討

開発した新型振動センサーの実用化検討を行うため、実際の土石流発生の可能性が高いと考えられる国土交通省大隈河川国道事務所管内桜島野尻川 8 号砂防堰堤右岸巻き止め護岸上に設置し現地観測を行った。また比較検討の為、以前から土石流振動の観測・データ解析を行っている従来型の振動センサー・地震計の設置場所にシステム増設・併設を行った。設置状況を図－2、システム構成を図－3 に示す。



図－2 新型振動センサー設置状況



図－3 新型振動センサーシステム

（1）機器の特性評価および土石流観測データでの比較検討

観測した土石流振動データから既設の地震計・振動センサーとの比較検討を行った（図－4 比較波形参照）。

土石流の振動は 16:20 分頃から大きくなり 16:50 分程度まで続いている。地震計、従来の振動センサー、新型振動センサーともほぼ同様な波形形状（振動レベル・ピーク位置・継続時間等）の記録がされており新型振動センサーの土石流観測は従来のセンサーと比べても同等な観測・記録が可能であることが確認された。

また、常時ノイズにおいては従来の振動センサーが $\pm 0.03\text{gal}$ 以下と精度が高く、新型振動センサーは $\pm 2 \sim 3\text{gal}$ 程度と従来の振動センサーよりも常時ノイズが大きい、表-1 に示す新型振動センサーが検知した土石流の加速度は $2 \sim 3\text{gal}$ を超過していることから、土石流検知という運用面からは、 $2 \sim 3\text{gal}$ の常時ノイズは支障ないことが確認できた。

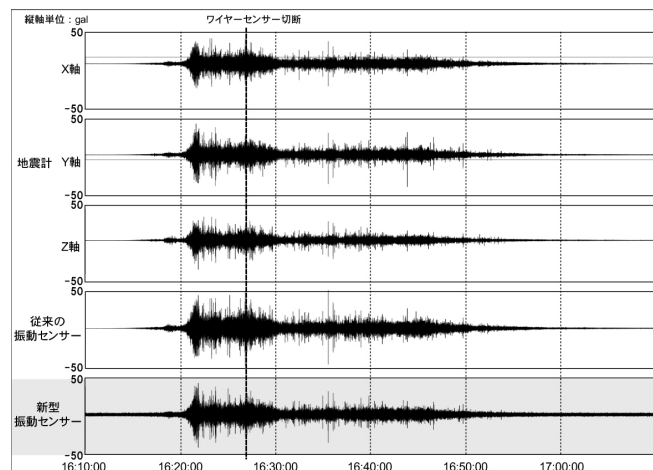


図-4 既設センサーとの比較波形 (H22.10.24 土石流)

表-1 桜島野尻川の土石流の発生と検知状況一覧

土石流発生 (ワイヤーセンサー 検知による)	新型振動センサー							従来型振動センサー						
	月日	時刻	検知 状況	検知時間 (第1報)	最大振幅	閾値以上 継続時間	閾値 設定	遅延 時間	検知 状況	検知時間 (第1報)	最大振幅 (gal)	閾値以上 継続時間	閾値 設定	遅延 時間
1	7月9日	5:00	×	検知なし	11gal	—	5gal	3秒	○	4:58	9gal	2分	7gal	瞬時
2	7月14日	16:12	×	検知なし	27gal	—	7gal	3秒	○	15:51	19gal	39分	7gal	瞬時
3	7月28日	22:08	○	22:05	33gal	12分	10gal	1秒	○	22:05	21gal	19分	7gal	瞬時
4	8月18日	15:24	○	15:17	27gal	11分	15gal	1秒	○	15:17	26gal	15分	7gal	瞬時
5	8月28日	3:34	○	3:32	34gal	21分	15gal	1秒	○	3:31	34gal	26分	7gal	瞬時
6	9月7日	14:58	○	14:58	21gal	7分	20gal	1秒	○	14:55	21gal	20分	7gal	瞬時
7	10月24日	16:27	○	16:21	41gal	24分	5段階	1秒	○	16:21	48gal	29分	7gal	瞬時

(2) 土石流検知状況の検証

国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所¹⁾によると、現地観測を開始した平成 22 年 7 月から平成 23 年 1 月までに土石流は計 7 回発生（表-1 参照）している。

その中で新型振動センサーは 7 回発生中/5 回検知している。7 月 9 日、14 日の土石流の際は継続時間を 3 秒にしていたが、その後継続時間を 1 秒に変更してからは 5 回発生中/5 回すべて検知している。またワイヤーセンサーが検知しない小規模の土砂流出（監視カメラ映像より確認）を 2 回検知しており、小規模な土砂流出も検知可能であった。

一方、9 月 28 日の既設堰堤での除石工事中に誤検知が 1 回確認された。今後最適な設定値等による精度の向上の検討を行っていく予定である。

なお、新型振動センサーは振動レベルに応じて 5 段階の警報が出力され、この出力を伝送装置（本現地観測においてはメール送信）で伝送する事により、遠方でも警報時間・レベルを整理することが可能である。図-5 は桜島の観測において土石流の流量と警報メールから推察できる土石流の定性的な規模について比較したものであり、その大小関係は概ね同様の傾向を示していると言えそうである。本システムを用いることで、概略ではあるもののおよその流出規模の把握が可能であると考えられる。

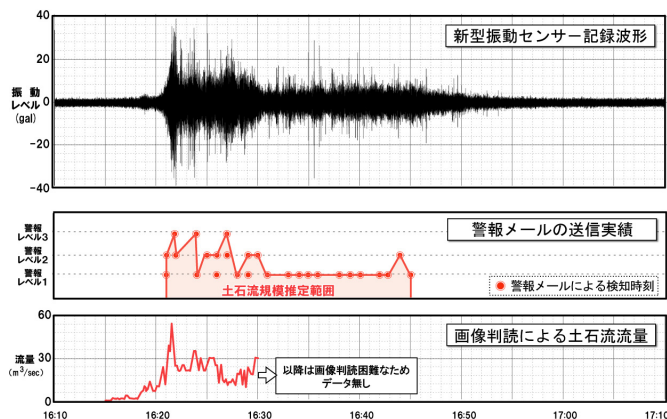


図-5 振動波形・警報メール・流量比較 (H22.10.24 土石流)

4. まとめ

新型振動センサーを開発し、実用化に向けて現地観測を行った。桜島における土石流検知においては、ほぼすべての土石流の発生が検知され、警報 5 段階メールにより概ねの発生規模把握が可能であることが実証された。今後は、試験運用を継続するとともに全国的な普及にも務め、問題点の解消やさらなる改良を行っていくことで、精度の良い信頼性の高いセンサーとしていくことを目指したいと考える。

謝辞：本検討に際し、現地観測場所や貴重な土石流画像等の提供をして頂いた国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所の皆様に深くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所 HP 内、桜島の防災情報、最近の土石流発生状況 (http://www.qsr.mlit.go.jp/osumi/sabo/jyouhou/pdf/doseki_jyoukyou.pdf)