

土砂災害の警戒避難支援のための斜面崩壊検知センサ実用化に向けた検討

○柳町年輝、佐久間剛、能和幸範（株式会社拓和）
内田太郎、伊藤洋輔、田村圭司（土木研究所）

1. はじめに

土砂災害に対する警戒避難の判断基準は、降雨量を指標として運用が進んでいるが、事前に避難が勧告された事例が少ないのが実態である。この警戒避難支援の為に地域周辺で土砂災害が発生し始めているといった危険情報を早く入手できれば、行政も住民も自らの危険として認識し、避難行動につながりやすいと考えられる。

そこで、土砂災害の警戒避難支援のための斜面崩壊検知センサーの実用化に向けた検討を実施した。

2. 斜面崩壊検知センサーの特徴

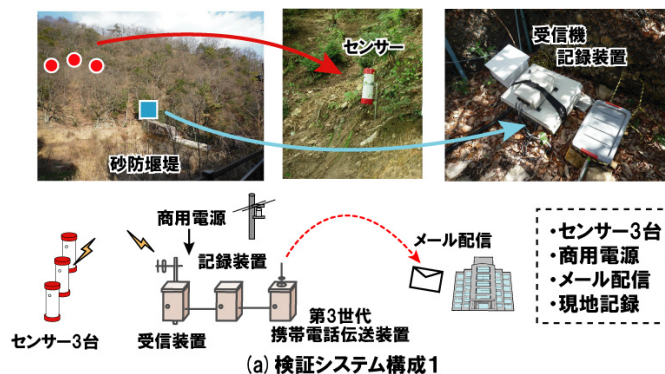
このセンサーは、斜面の崩落を検知するためのセンサーで、事前に崩壊の危険のある斜面に設置し、斜面崩壊とともにセンサー自体が傾く事で崩壊を検知する。崩壊検知の信号はセンサーに内蔵されている無線装置でセンサーが検知したとほぼ同時に通信し、受信機まで伝送される。そのため、ケーブル等の敷設がいらず、設置工事が容易で安価、落石等による断線の心配がない。また、センサーは構造が単純で壊れにくく、メンテナンスが容易で、小型・軽量なので斜面の設置や複数のセンサーを人力で運搬する事も可能であり、かつ内臓電池で動作し、ほぼ検知したときのみ電気を使う仕組みで電池動作寿命が長い。さらに受信機に既設通信回線（光ケーブル、テレメータ無線等）や携帯電話伝送装置に接続すれば、事務所、県、市町村等に即座に崩壊検知情報が伝達可能である。また、サイレンや回転灯を接続すると現場での警報も可能である。センサー外観・仕様を図－１ 表－１に示す。



図-1 崩壊検知センサー外観
および動作イメージ

表-1 崩壊検知センサーの主な仕様

(1) センサー	(2) 受信機
1) 検知機能	1) 受信機能
①検知方式：転倒（傾斜）検知方式	①受信方式：前傾検知センサー（センサー部）からの検知信号を無線受信
②検知角度：センサーが30度以上傾いた時に検知（ただし任意に検知角度は変更可能）	②無線方式 特定小電力無線
③検知方向：上、下、左、右 4方向	③検知信号入力数 最大6入力 ※1
2) 信号出力（通信機能）	2) 出力機能
①伝送方式：特定小電力無線伝送	①出力方式 接点出力
②送信データ：前傾検知信号およびセンサー番号	②出力数 最大6出力 ※1
③伝送期待距離：屋外見通し400m以上（ただし、周囲の環境により短くなる場合がある）	③表示機能 検知信号の受信、出力確認LED点灯
④動作電源電圧 DC3V（リチウム電池）	④動作電源電圧 DC12V
4) 電池動作寿命 5年以上（ただし、周囲の環境により短くなる場合がある）	5) 環境条件 周囲温度 -10℃~40℃ 相対湿度 30%~90%
5) 環境条件 周囲温度 -10℃~50℃	※ 寸法 200W×300H×120D (突起部は含まない)
6) 寸法 φ83×H240 mm程度	7) 質量 4kg以下
7) 質量 約2kg/個	※1 ただしオプションで増設可能



3. 実用化に向けた検討

開発を行っている斜面崩壊検知センサーを平成20年3月末から実際の斜面（2箇所）において実用化に向けた検証試験を行っている。検証試験におけるシステム構成を図-2(a),(b)に示す。また、検証試験で確認された事項、問題点、改良点・対応策等整理し、表-2に示す。

センサーにおいては落石や倒木等の衝撃・揺れによる原因と推測される誤動作があり、センサー内部に瞬間的な衝撃・揺れなどを排除する素子を追加・改良を施した。

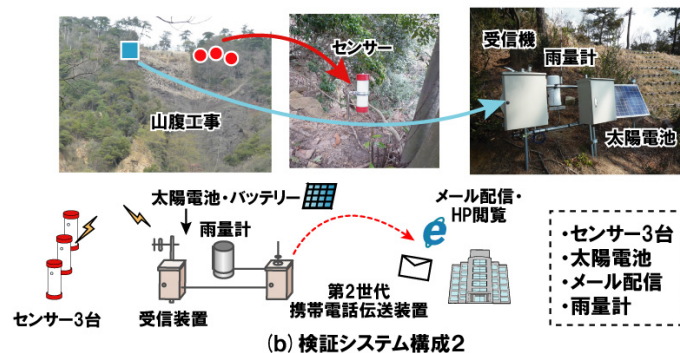


図-2 斜面崩壊検知センサー検証システム構成

受信機においては混信やノイズが原因と推測される誤動作があり、検知信号に誤検知判別信号を付加し改良を施した。これらの対策によりそれ以降現在まで（センサー8ヶ月、受信機4ヶ月間経過）の検証期間において上記の問題はなく動作が確認されている。

表－2 検証試験における問題点・改良点一覧

	センサー	受信機	無線伝送	耐久・環境性		電源		設置方法	メール通報・警報等
				センサー	受信機	センサー	受信機		
問題点	倒木や落石等による揺れ・衝撃による物と推測される誤動作があった	無線受信において混信やノイズによる物と推測される誤動作があった	実際の山間部においての無線伝送の把握	実際には無かったが、箱形収納ケース内に漏水の可能性が指摘された	特に問題なし	電池消耗もほとんど無く、問題なし	特に問題なし	・落石等による影響の懸念 ・設置の不安定	特に問題なし
改良点	センサー部に瞬間的な検知を排除する素子を追加した	送信-受信信号に誤検知判別符号を追加した	山間部において電波通信試験を行った	センサー収納ケースに密封円筒型ポリ塩化ビニル管採用した				・センサーを1/3程度埋設設置 ・設置治具の改良 ・保護カバーの検討	
現 状	対応後現在まで誤検知は無い	対応後現在まで誤検知は無い	フレネルゾーンを確保する見通しが重要	対応後現在まで問題は無い				現在試験・検討中	

無線伝送においては、センサー設置・活用にかかわる山間地の無線伝送の特性を把握するために、検証試験場所周囲の山間地において広範囲に無線通信試験を行った。試験は、検知信号を連続発信するセンサーを図－3に示す経路移動し（A→B→C→D→E→F→G（受信機直上）→F→H→E→D→I）、検証試験を行っている受信機において無線の電波強度を測定した。試験結果を図－3に電波強度が強い場所を◎、通常○、弱い△が受信可能△、受信不可を×および波線経路に図示する。なお、常時のノイズレベル計測より電波強度 220mV 以下は受信不可とした。試験結果よりセンサー-受信機距離が遠いA,B,C 地点においても通信可能であり、A 地点においては 800m程度受信可能であった。また崩壊斜面直下（I 地点）よりも、距離が遠くても見通しのよい地点（図－4 参照：B,C 地点）の方が電波強度が強く、伝送距離より地形的に見通しが取れるかが重要である事が判明した。これは、無線通信は、通信機器間のフレネルゾーン（通信機器間を飛ぶ電磁波の経路の束が占める空間で、電磁波は通信機器間を、複数の経路に分散して伝わり、真ん中が太いラグビー・ボールのような形をしている）を確保することが通信を行う上で重要で、長距離伝送する場合は見通し（フレネルゾーン）を考慮し設計する必要がある。

センサーの検知機能・内蔵電池消耗においては、ほぼ1ヶ月間隔でセンサーの動作試験を行い現在まで（10ヶ月程度経過）問題なく動作し、内蔵電池もほとんど消耗していないことから耐久性や環境性に関して問題がないことが確認された。

4. まとめ

斜面崩壊検知センサーを開発し、実用化に向けた検討を行っている。そこで判明した問題点に対し、センサーは振動・衝撃対策、受信機は誤検知判別信号の付加、耐久性向上のためのケース変更、山間部での無線伝送の確認等の実用化に向けて改良を行い、実際に工事の安全対策として適用され始めている。今後は、さらなる検証試験、実際の使用による問題点への改良や機能・性能の向上、ユーザーに最適なシステム構成の検討を行う予定である。

5. 参考文献

1) 柳町年輝, 内田太郎, 田村圭司, 秋山健一郎, 金子綾一, 藤田哲, 王林, 下村幸男: 土砂災害の警戒避難支援のための斜面崩壊検知センサの開発, 平成 20 年度砂防学会研究発表会概要集 pp. 236-237,



図－3 無線伝送試験位置と電波強度結果



図－4 受信機周辺からの見通し