

簡易かつ長期計測を目標とした崩壊検知センサーの開発

(独) 土木研究所 ○柳町年輝 桜井亘 栗原淳一
 坂田電機株式会社 和田博治
 株式会社拓和 佐久間剛
 日本工営株式会社 下村幸男

1. はじめに

土砂災害に対する警戒避難は、降雨量を指標として運用が進んでいるが、思うように避難に結びついていないのが実態である。その理由の一つとして、降雨量を指標とした場合、切迫性を感じにくいという背景がある。逆に、その地域周辺で土砂災害が発生している情報を入手できれば、行政も住民もその危険性をより身近なものとして感じ、避難行動につながることを考えられる。

近隣地域で土砂災害が発生していることを知る具体的手法として、住民から消防等に入る第一報を防災部局に伝達してもらうことが考えられる。これについては別の場で議論することとし、ここではその他の手法として、安価で簡易に崩壊を検知できるセンサー開発について検討した。なお、これは全国で発生する全ての斜面崩壊を検知するためのものではなく、例えば自治体ごとに崩れやすい斜面をモデル的に幾つか選定し、このようなセンサーを設置したらどうかという提案である。崩壊前に斜面がパラパラ崩れるといった前兆現象を検知して避難につなげることの重要性も指摘されており、前兆現象を把握できるセンサー開発も必要になっている。今回の検討結果を応用し、検知技術が幅広く進むことも本研究の狙いとしている。

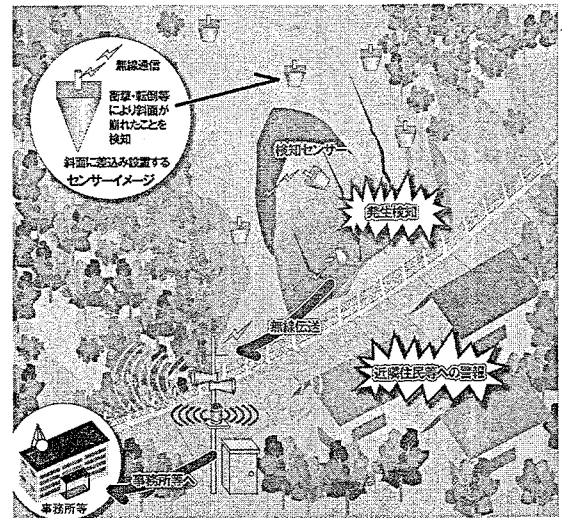


図-1 崩壊検知システムイメージ

2. 崩壊検知センサーの開発


前述したようにここで検討するセンサーの機能としては、①発生を検知だけに限定する、②多数設置することを可能とするために安価で長期間メンテナンス不要とする、③容易に設置できる、を目標とした。このうち、発生検知の具体的方法としては、センサーが転倒する、あるいは一定の角度以上に傾いた時点で崩壊したと判断することとし、これを基本にセンサー設計を行った。^{1),2)}

この他に以下の性能規程条件を設定し、表-1に示す3種類の崩壊検知センサーを具体的に試作した。

<性能規程条件>

- ①勾配が概ね30度以上の急斜面に設置し、崩壊した事だけを検知する。
- ②耐用年数：約10年間
- ③電源：バッテリー駆動（電池寿命5年以上）
- ④検知出力：デジタル出力
- ⑤伝達方式：無線通信（100m以上伝送可能）
- ⑥目標価格：全国に多数設置することを目標にセンサー1台数万円程度
- ⑦設置条件：容易かつ人力で設置可能
- ⑧耐環境性：気象条件（降雨・雪、落雷）や環境（立木、寒冷地）などにより機能障害が生じない

表-1 開発中の斜面崩壊検知センサー一覧

方式	傾斜検知方式		
	転倒検知方式	地上設置型	埋設型
設置方法	地上設置型	地上設置型	埋設型
外観			
概要	地上に設置したセンサが崩壊により転倒もしくは傾く事により崩壊を検知	地上に設置したセンサが崩壊と共に傾く事により崩壊を検知	地中に埋設したセンサが崩壊と共に傾く事により崩壊を検知
特徴	安価・メンテナンスが容易・構造が簡易	安価・メンテナンスが容易・構造が簡易	土中に埋もれても通信が可能な通信装置
通信方式	微弱無線	特定小電力無線(予定)	地中通信(微弱無線)
通信可能距離	最大200m程度	数百m程度	現在は10m
電源(寿命)	電池(5年以上)	電池(5年以上)	電池(5年以上)
価格	3万円程度	5万円程度	7万円程度
サイズ・重さ	約φ60×H150mm, 200g程度	約150×150×250mm, 400g程度	約φ46×H51mm, 185g
現状での課題	耐久性・環境性(防水等)の向上 データ伝送精度の向上	耐久性・環境性(防水等)の向上 データ伝送方式の付加	通信距離の延長

3. 開発センサーの屋内検証実験

センサーの基本動作を確認するため、小型の人工斜面を製作して斜面崩壊を発生させ検証実験を行った（移動速度が遅い地すべりタイプではなく、突然崩壊が発生するがけ崩れタイプ）。

実験は、傾斜角度が自由に調節できる傾斜台の上に土砂収納容器 (W179×H50×D90.5cm) を設置し、その容器内に土砂を堆積させ、ある一定角度に傾斜させて斜面模型を作成した後、開発中のセンサーを地表面または土中に設置した。そして、人工降雨装置及び背面からの給水 (地下水位の上昇) により土砂を崩壊させ、その崩壊を正しく検知したかどうかの検証を行った (図-2 参照)。

具体的実験条件としては、土砂の堆積厚: 50cm、傾斜角度 40°、土質: 佐原砂 (土粒子密度: 2.733g/cm³、砂分: 96.9%、透水係数: 1.18×10⁻²cm/s)、降雨強度: 100mm/h を約 45 分間降らせた後、背面から給水した。その結果、降雨開始約 50 分後、背面給水約 7 分後に崩壊開始、10 秒程度で全体が崩壊した。

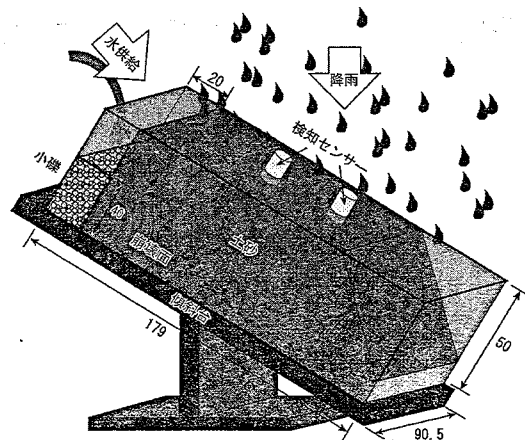


図-2 検証実験イメージ

4. 検証結果

検証項目は、センサーの検知方式、通信方式に関しての2項目において検証を行い、検知方式は個々のセンサー自身が発する検知ランプが点灯することで確認し、通信方式は無線受信機に記録される検知データにより確認を行った。表-1の3種類 (12個) のセンサーに対し検証試験を行った結果、検知方式に関しては、傾斜・転倒検知方式のいずれの方式においても崩壊発生の検知が正しく行われ (12個すべて検知)、適用性が確認された。検知は崩壊と同時に発生しており、時間的な遅れは生じなかった。通信方式に関しては、地中通信方式では正しく通信が行われ、土砂に埋没した状態においても通信が確保されていた。しかし、微弱無線方式では、混信等により通信が不可能であったケースがあり、検知信号の送信タイミングの変更、個々のセンサーを識別受信する等の改良の必要性が判明した。

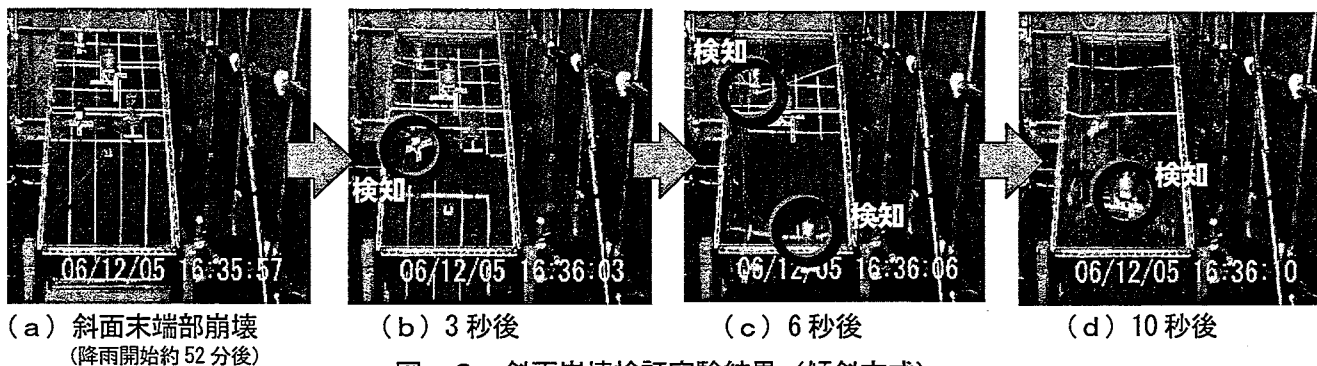


図-3 斜面崩壊検証実験結果 (傾斜方式)

5. まとめと今後の課題

斜面崩壊危険箇所での検知観測を目的として、安価なコストで長期間検知可能なセンサーを試作し、屋内で斜面模型を用いて斜面崩壊検証実験を行った。その結果、検知機能に関しては適用性が確認されたが、通信機能に関しては、一部の通信方式に対して改良の必要性が判明した。

今後は、現場の運用 (実際の使用環境下) を考慮した以下の課題についても検討を加え、実証的なセンサー開発を行う。

- ①設置方法 (埋設型か地表型か、設置位置は斜面の上部か下部か、その際積雪や人為的な転倒リスクも考慮する)、②耐久性向上 (センサーのケース・部品の経年劣化対策、気温や防水性などの外的な環境に対する対策)、③センサーが稼働しているか否かを確認する方法、④ノイズ対策 (他の機器や落雷等から発生するノイズ)、④通信方式の信頼性向上 (泥水中でも通信が確実かなどの確認)、⑤長距離データ伝送手法の検討。

なお、今後は屋外現場での長期間検証試験も実施する予定である。

6. 参考文献

- 1) 建設省: 建設省総合技術開発プロジェクト、災害情報システムの開発報告書、災害情報システムガイドライン (案)
- 2) (独) 土木研究所他: 光ファイバセンサを活用した道路斜面モニタリングに関する共同研究報告書「光ファイバセンサを活用した斜面崩壊モニタリングシステム導入・運用マニュアル (改訂版)」