

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

○柳町年輝、内田太郎、田村圭司（土木研究所）

秋山健一郎（有限会社秋山調査設計）

金子綾一（坂田電機株式会社）

藤田 哲（株式会社拓和）

王林（中央開発株式会社）

下村幸男（日本工営株式会社）

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は少ないのが実態である。その理由の1つとして、土砂災害は突然発生し災害発生直前まで切迫性を感じにくいといったことがあげられる¹⁾。そこで、その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（図-1）。現在ある斜面変位に関する観測機器（伸縮計等）の多くは、斜面崩壊の初期の微少な変動を精度良く検知することを目的としているため、設置の作業性、メンテナンスの頻度、耐用年数、価格等の問題からごく限られた場所でのみ使用されていない。

そこで、センサーの機能を斜面崩壊の発生検知に限定し、安価かつ長期間メンテナンスなしで、斜面に容易に設置可能な斜面崩壊検知センサーの研究・開発を行うこととした²⁾。

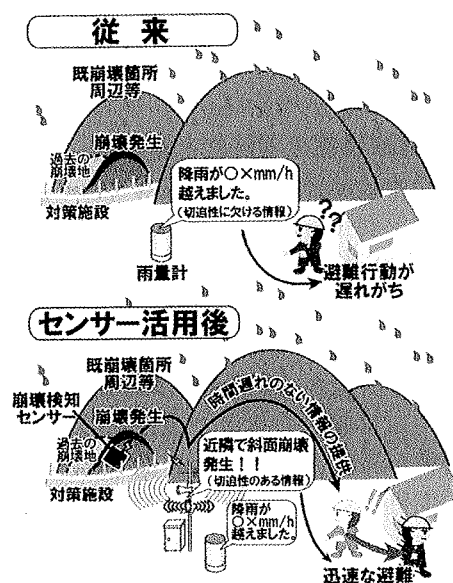


図-1 崩壊検知センサー活用イメージ

2. 崩壊検知センサーの開発

センサーを開発するに際し、表-1の開発目標を設定し、これらの開発目標に基づき実際に表-2に示す検知センサーを5種類開発した。タイプⅠは地盤の変位、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳは崩壊発生に伴うセンサーの転倒、Ⅴは傾斜及び土壌水分を監視し崩壊を検知する。

各センサーの特徴【タイプⅠ】地盤伸縮に応じセンサー自身が伸縮し、鉄球がセンサーから落下する仕組みなので電源が不要である。【タイプⅡ】土中に埋もれた場合でも無線通信が可能である。【タイプⅢ】安価かつ検知情報が無線で長距離伝送可能である。【タイプⅣ】現在一般家庭の防犯用システムと同じシステムを使っており、防犯用システムと併用が可能。【タイプⅤ】斜面崩壊に影響する土壌水分や傾斜角を常時観測し崩壊を検知する。

表-1 開発目標

① 検知機能	勾配が概ね30度以上の急斜面に設置し、崩壊の発生を時間遅れなく検知する
② 通信方式	無線通信（100m以上伝送可能）
③ 電 源	バッテリー駆動（電池寿命5年間以上）
④ 検知出力	デジタル出力
⑤ 目標価格	センサー1台数万円程度
⑥ 耐用年数	約10年間
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

3. 機能と適用性の検討

開発したセンサーの機能と現場適応性を検討するため、以下の機能試験を行った。

1) 室内模型実験によるセンサー検知機能試験

斜面崩壊を再現可能な室内模型実験装置を用い、実際の崩壊に際し各センサーが崩壊に遅れなく検知可能であるか検証試験を行った。タイプⅡ、Ⅲ、Ⅳセンサーを検証した結果、どのタイプのセンサーにおいても崩壊に遅れなく斜面崩壊発生を検知し、検知機能が確認された。また、タイプⅠ、Ⅴにおいては地盤の変位、傾斜角を正しく測定できることを確認した。

表－2 開発を行った崩壊検知センサー一覧

試作タイプ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅢ	タイプⅣ	タイプⅤ
方式	伸縮落球方式	地中通信方式	簡易長距離伝送方式	防犯対応方式	高性能観測方式
監視・検知項目	地盤の変位・崩壊	センサーの転倒（傾斜）	センサーの転倒（傾斜）	センサーの転倒（傾斜）	土壌水分、傾斜角
特徴	・電源がいらない ・構造が単純 ・誰でも保守メンテナンスが可能	・土中埋設可能 ・雨、雪、霧、植生の影響がない ・メンテナンスフリー	・安価 ・設置が容易 ・長距離通信が可能	・安価 ・設置が容易 ・既存の防犯装置との連携が可能	・安価 ・高性能（傾斜計、土壌水分計観測）
電源	電源無し	内蔵電池	内蔵電池	内蔵電池	内蔵電池
無線通信可能距離	ポリパイプ内の鉄球が転がり情報を伝達	地中30m程度	400m程度	100m程度 （中継器利用で延長可能）	100m程度 （中継器利用で延長可能）
センサー価格	数万円程度	10万円程度	数万円程度	数万円程度	数万円程度
連続使用時間 （電池無交換）	電源がいらないので機械が劣化するまで	10年程度	5年以上	数年～5年程度	10分間隔計測で1年間程度
寸法・重量	φ3cm程度の円筒型 長さ1m程度 重量：数kg	φ10cm程度の円筒型 長さ15cm程度 重量：1kg程度	横25cm、縦10cm、幅10cm程度の箱形 重量：2kg程度	φ6cm程度の円筒型 長さ15cm程度 重量：数百g	横7cm、縦13cm、幅5cm程度の箱形 重量：数百g

2) 見通しの良い平地での無線通信機能試験

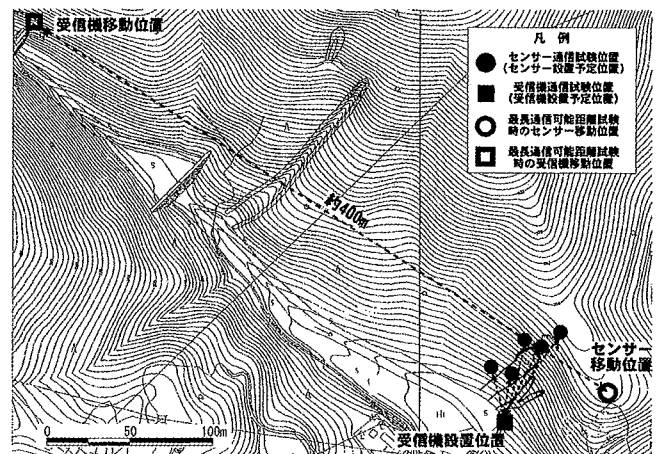
通信可能距離の確認のために、見通しが取れる土木研究所の敷地内で無線通信機能試験を実施し、その結果タイプⅠ、Ⅱを除く各センサーは、300～1000m程度の検知情報の通信が可能であった。また、タイプⅢセンサーにおいては、土中が表面を多少覆う程度埋めた場合、降雨にぬれた草の中に設置した場合においても300m程度の通信が可能であった。

3) 山間地域での無線通信機能試験

六甲山地内の山間地域において、無線通信試験を実施し、その結果タイプⅢ、Ⅳセンサーは、100～400m程度の検知情報の通信が可能であった（図－2）。また、下記適用性試験でセンサー設置を行う地点においても通信試験を行った結果、すべての地点において無線通信による検知情報の通信が可能であった。また、タイプⅢセンサーにおいては、土中が表面を多少覆う程度埋めた場合においても通信が可能であった。

4) 実際の斜面での適用性試験

3) で無線通信試験を行った六甲山地内の山間地域において、現在開発センサーを設置し適用性試験を実施中である。また、実際に設置にかかった時間は、タイプⅠはセンサー1つあたり半日程度、タイプⅢはセンサー3つで1～2時間程度要し、既存の伸縮計等比べ容易に設置が可能であった。



図－2 山間地域での無線通信位置図

4. まとめ

5種類の崩壊等検知センサーを開発した。開発したセンサーの機能検証を行うため、各センサーに対し検知機能試験、通信機能試験を行った結果、開発目標の機能を有している事が判明し、現地へ設置、運用できる用途がたった。

5. 参考文献

- 国土交通省砂防部ホームページ：土砂災害警戒避難ガイドライン検討委員会、第1回説明資料
(http://www.mlit.go.jp/river/sabo/link_dosya-guidelines.html)
- 柳町年輝, 桜井亘, 栗原淳一, 和田博治, 佐久間剛, 下村幸男: 簡易かつ長期計測を目標とした崩壊検知センサの開発, 平成19年度砂防学会研究発表会概要集 pp. 400-401,