

防犯システムを活用した斜面変状通報システムの開発

(独)土木研究所 田村圭司 内田太郎 伊藤洋輔

日本工営(株) 下村幸男 小原大輔 沼尾信二 上野雄一

1. はじめに

斜面崩壊に起因する土砂災害は、崩壊のメカニズムが複雑なため、予知技術については未だ十分ではない。そのため、崩壊の確認は巡視による方法が行われているが、危険箇所の多さのため全てを巡視することは難しく、夜間や豪雨時には巡視の危険性が増すため情報収集が少ないのが実態である。また、アクセスが悪い山間部では崩壊発生の連絡は更に遅れる¹⁾。防災対策として崩壊の予知が難しいため、事前の的確な対応が難しく、何らかの減災対策が現時点の最善の対応になる。平成19年台風9号の豪雨により発生した53箇所のうち21箇所(約40%)は同一市町村内で30分以上前に別のがけ崩れが発生している¹⁾。従って、がけ崩れの発生を通報することにより、30分程度で避難をすれば現状の40%程度は減災のための情報として意義をもつ。本研究では、防犯用無線通報システムを活用して、安価な角度検知センサーを搭載することにより崩壊の発生を直ちに通報するシステムを開発し、その性能を検証した。

2. 開発したセンサーと通報システム

2.1 センサー本体と受信機

開発したセンサーおよびセンサーから信号を受信する無線受信機の外観を図-1に示す。また通信システムの概略仕様を表-1に示す。送受信機を含む通信システムは防犯用に既に稼動している無線システムであり、送信機に角度検出センサーを内蔵している。角度検知センサーは、ある勾配に達するとスイッチが入る構造であるため、平常時には電力消費がない長所をもつ。また、センサー自体は、車両の傾き検知など既に広い分野で用いられているものである。

今回の検証では、土砂崩壊を検知することに着目して閾値を30°とした。



図-1 開発した斜面崩壊検知センサーと無線受信機

2.2 検知信号情報の通報機器

センサーの検知信号情報は、情報伝達機器を通して、付近住民や管理事務所等に通報することが可能である。情報伝達の概要図を図-2に示す。現場での警報機による発報も可能である。また、現場状況に応じ、インターネット網や携帯電話網、固定電話回線網を介し通報が可能である。また、プライベートには、既設の防犯システムに組み込むことも可能である。

表-1 通報システムの仕様概要

センサー	検知の方向性	全方位検知型(最大2台まで傾斜センサを増設可)
	検知角度・精度	標準品で30°(10°、20°など変更可)、検知角度±5°
	無線方式・周波数	特定小電力無線(免許不要)・429MHz帯
	送信出力	10mW
	伝送可能距離	500m(見通し直線上のノイズが微小な場合)
	応答時間	3秒以内(センサ検知から無線伝送まで、中継器含まず、厳寒地除く)
	送信信号内容	時刻(年月日時分)、センサID番号
	信号送信間隔	平常時: 1日1回(動作確認情報) 平常時のバッテリー低下時: 電池電圧2/3以下を検知後直ちに通信
	電池・期待寿命	リチウムイオン電池、5年程度(但し、通常待機状態にて)
	使用温度範囲	-10°C ~ +50°C
受信機	使用湿度範囲	85%以下(但し結露時を除く)
	保護等級	IP65
	外形寸法・材質・重量	Φ100×140H mm・ポリカーボネイト樹脂製 等・約600g(電池込み)
	取付方法	地盤に打設する杭(別途手配)等への取付
	無線方式・周波数	特定小電力無線(免許不要)・429MHz帯
	受信信号内容	時刻(年月日時分)、センサID番号
	出力信号	特定小電力による信号送信
	出力信号内容	時刻(年月日時分)、センサID番号
	電源	AC100V(DC12Vでも稼動可)
	使用温度範囲	-10°C ~ +50°C
オプション機能	使用湿度範囲	85%以下(但し結露時を除く)
	筐体材質・外形寸法・重量	電気亜鉛メッキ鋼板、ABS 等・419W×200D×88H mm・約2300g
	無線中継器	無線中継器を使用することで500m毎に送信距離を延長することが可能
	ソーラーバッテリーシステム	商用電源の取れない現場ではソーラーバッテリーシステムの使用可能
インターフェイス	インターフェイス	遠隔地へのインターネットを介したデータ伝送やメール通知が可能
	コンバーター	

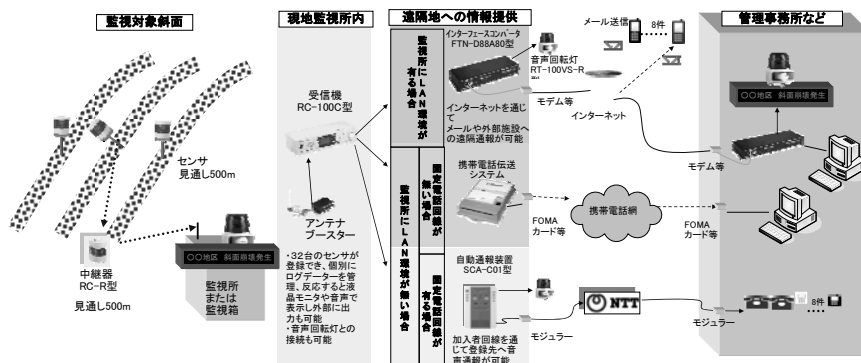


図-2 システムの検知情報通報の概念図

3. センサー機能の検証試験

3.1 傾斜検知試験

検証方法: ウォームギアによって角度可変のプレートにデジタル傾斜計およびセンサー(直径 9mm、高さ 6mm)を置き、静かにプレートを傾けてセンサーが反応する角度を測定した。

傾斜検知精度: センサー本体の直行する2方向で各20回検証した結果、検知角度は $30 \pm 1.5^\circ$ に収まり、製作のバラツキを考慮しても誤差として製品仕様である $\pm 5^\circ$ を満足すると考えられる。

3.2 耐低温試験

検証方法: センサー部は野外に置かれることから、寒冷地での電池および送信器の能力を検証するため、 -30°C の冷凍庫にセンサーを入れ、時間経過ごとに冷凍庫のドアを開き傾けた状態で通信試験を行った。

検証結果: 2個のセンサーに対して行った試験結果は図-3のとおり、冷凍庫から約3mの至近距離であるが、約2ヶ月間の電波強度は殆ど変化がなく、寒冷地での使用に問題はないと考えられた。

3.3 土砂埋没を想定した無線伝達試験

検証方法: 別途行った平坦地での空気中の通信試験では、見通し距離約500mが限界であった。ここでは、斜面の崩壊直後にセンサーが土砂に埋没することを想定して、地表面に置いたセンサー($\phi 150$ 塩ビ管内に設置・両端キャップ)の上に土砂(細粒土混じり砂礫、含水比約11%)を御椀型に盛土(図-4)をし、高さ毎に距離別電波強度を測定した。測定地は平坦であるが、中央に高さ約10m程度の植え込みを2列跨いでいる。

検証結果: 結果は図-5のとおり、埋設深さ約2mの状態、距離125m程度までは空気中測定時の70%程度に電波強度が落ちるものの通信は可能である。しかし、伝達距離は170m程度が限界で、0.5m埋没でも受信できなかった。

3.4 障害物の影響

検証方法: 高さ13m、幅20m、奥行き42m(3階建ビル)の奥行き中央にて、ビルの両側の壁面から距離ごとに通信試験を行った。

検証結果: 結果は図-6のとおり、建造物の壁面部においても通信が可能(電波強度 -128dBm 以上)であった。システムとしては障害物を回避するため中継機を利用できるが、図-6のような状況では中継機は不要となる。

4. まとめ

開発したセンサーを用いた概略試験を行い、システム性能を検証したところ、野外設置に関して特段の問題はないことを確認した。今後は、メンテナンスの利便性の向上や、センサーの多様化を図り、土工などの工事の安全性管理・斜面以外の構造物の安定性モニタリングなどシステムの活用分野を広げていく所存である。

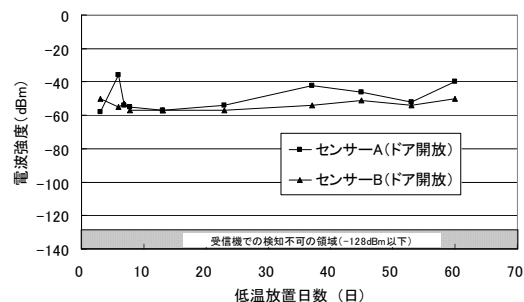


図-3 耐低温試験



図-4 センサーを埋設した盛土(高さ185cm)

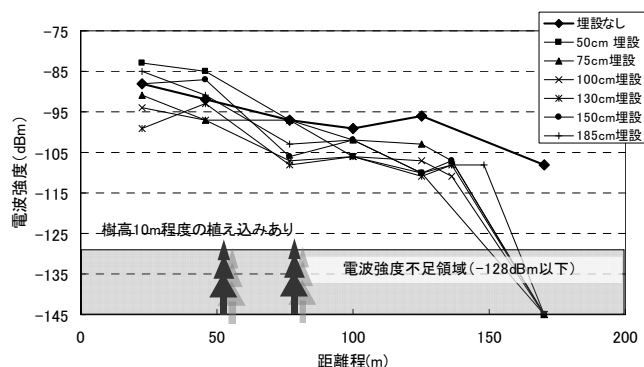


図-5 センサー埋没時の通信試験結果

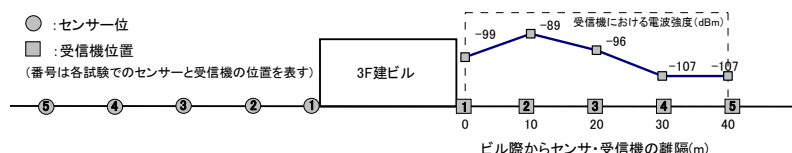


図-6 障害物(建造物)を介した通信試験結果