

○柳町年輝、佐久間剛、能和幸範（株式会社拓和）
内田太郎、秋山浩一、田村圭司（土木研究所）

1. はじめに

土砂災害警戒避難支援のため、切迫性が感じやすい情報と考えられる斜面の崩壊情報を検知する斜面崩壊検知センサーを開発・実用化し、今まで全国に普及・設置を行ってきた。しかし、実際の現場に設置・観測している際に開発における問題点や改良点が洗い出され、それに対する改善状況について報告する。



斜面崩壊検知センサーは、斜面の崩壊を検知する検知センサーと検知センサーからの信号を受信し、警報出力する受信制御装置から構成される

2. 障害状況による原因推測・検証および改善状況

現在全国の現場に設置・観測中である検知センサーにおいてこれまでに検知センサーが誤検知したという障害報告があり、設置環境や誤検知時の周囲状況等により誤検知原因を推測し、検証試験により原因を特定して斜面崩壊検知センサーの改善を行った。

図-1 斜面崩壊検知センサー

2.1 設置環境（衝撃・揺れ）による影響について

誤検知原因を調査したところ設置斜面が裸地・ガレ場等である事や誤検知した日時から、①落石等が検知センサーに接触し、その衝撃による影響の可能性②誤検知した日時が台風の通過時であったことから豪雨・強風による影響の可能性が高いと考えられる事例があった。この原因の検証のために図-2のシステム構成を用い以下の方法で検証試験を行い誤検知原因・条件範囲の特定を行った。

(1) 検証方法・結果

1) 検知センサーに直接ハンマーにより衝撃をあたえた場合の検知の有無を確認した。また衝撃の強さや方向を変化させ誤検知条件範囲の確認を行った。

【結果】検知センサーに垂直・水平に衝撃を加えた場合において、強い衝撃（～5万 gal 以上）を加えた場合でも全く検知はしなかった。

2) 検知センサー自体を揺らし、揺らす周期や強さを変えて、検知の有無・条件範囲を確認した。

【結果】検知センサーを水平に揺らした場合において、数 Hz 程度の周期でかつ 600gal 程度以上の強い揺れが加わった時に検知出力された。

3) 誤検知条件範囲をさらに詳細に検証するため、検知センサー内の傾斜センサー部のみの出力を取り出し上記と同様の試験をした際の傾斜センサー部出力状況の解析・検証を行った。

【結果】垂直、水平の衝撃による傾斜センサー部からの出力は約 0.6msec 幅程度のパルスを 1 パルス出力した。水平に揺らした場合には、パルスが連続して出力される現象が確認され、数十 msec 以上連続する場合もあった（図-3）。

(2) 原因・条件範囲

検知センサー内部の検知認識プログラムにおいて、傾斜センサー部からの出力が 3msec 程度連続した場合検知と判定し、検知信号を無線伝送するプログラムとなっている。このことから衝撃によるパルス出力では 3msec 程度に満たないので検知しなく衝撃の検証結果と一致している。水平に揺らした場合はパルスが連続し 3msec 以上となる場合があり判定基準を満たし、水平に周期が大きく・振動が強く揺れた場合には誤検知出力する事は検証結果と一致している。

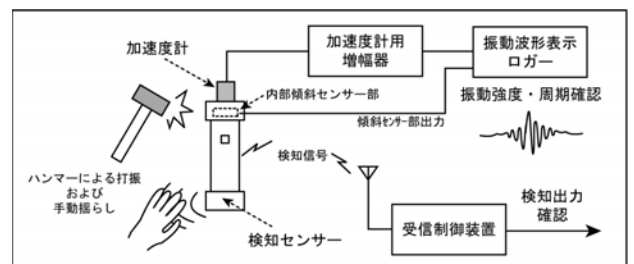


図-2 設置環境（衝撃・揺れ）に対する検証システム図

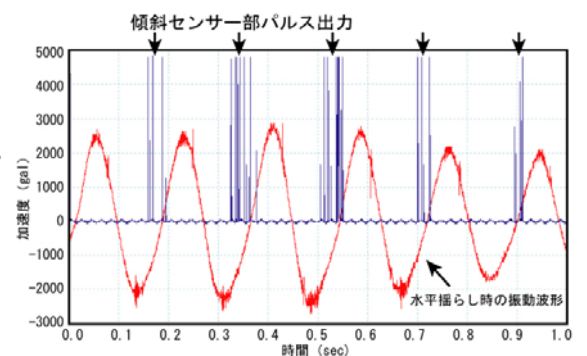


図-3 水平の揺れに対するパルス出力波形

(3) 改善事項・検証確認

検知センサー内部の検知認識プログラムにおいて、判定基準となる検知判定時間を 2 秒間程度と延ばすプログラム変更を行った。変更を行った検知センサーを上記と同じ検証試験を行った所、全く検知はされず改善されていることを確認した。

2. 2 落雷による影響について

誤検知原因を調査したところ、誤検知した日時において必ずセンサー設置近傍に落雷があり、かつ回路が故障していた事より、落雷により誤検知した可能性が高いと考えられる事例があった。またこの時、斜面崩壊検知センサー自身の検知記録には検知情報が記録されていないが、検知情報メールが通報された事からセンサー側よりもシステム構成にある携帯電話伝送装置が検知情報を誤通報した物であると考えられ、図-4 のシステム構成を用い以下の方法で検証試験を行い誤検知原因の特定を行った。

(1) 検証方法

検証試験として、携帯電話伝送装置への入力ケーブルにノイズシミュレータより疑似雷ノイズを印加して誘導ノイズを発生させ携帯電話伝送装置が検知情報を誤通報するかを確認した。また疑似ノイズのパルス電圧や発生回数を変化させ誤通報条件範囲の確認を行った。

(2) 結果・条件範囲

疑似ノイズ発生回数が少ない場合（10～30 パルス）は、パルス電圧 2000V 以上になった時に携帯電話伝送装置から誤通報する事が確認された。また発生回数が多い場合（連続 200 パルス（5 秒間））は 1000V 以上で誤通報する事が確認された。

(3) 改善事項・検証確認

落雷等により入力ケーブルに誘導ノイズが発生すると誤通報する為、その対策として避雷素子やノイズフィルターを追加し避雷対策・ノイズ対策の強化を行い、かつ雷のノイズは一瞬である事から携帯電話伝送装置の入力部前に約 5 秒間検知信号が継続した場合のみ入力部に信号を出力するタイマー回路を追加した。対策を行った後上記と同様の検証試験を行った結果、誤通報しないことを確認した。

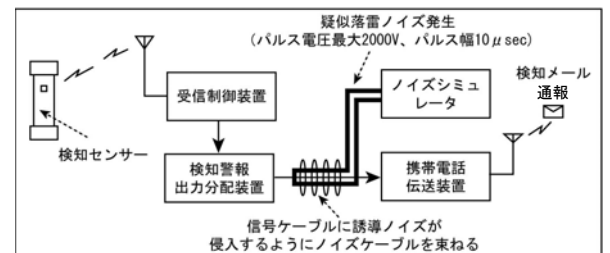


図-4 落雷に対する検証システム図

3. その他実用・普及に向けた改善事項について

(1) 湿気・結露の対策

検知センサーのメンテナンス時に設置場所によっては、内部が結露している場合があり、これらの対策として、湿気が入りにくい構造や乾燥剤を挿入する等の改善を行った。

(2) 機能向上・低コスト化

斜面崩壊検知センサーの検知情報の伝送方法として、既存の砂防観測機器の伝送においてテレメータ無線を用いて伝送している場合が多いため、今後普及に際して既設テレメータに直接接続可能な出力信号の増設を行った。また、従来の装置においては別装置により検知記録を行っていたが受信制御装置内に内部記録およびSDカード出力を増設し、省スペース・低コスト化の改善を行った。

4. まとめ

斜面崩壊検知センサーを開発・実用化し全国に普及・設置を行ってきている中、実際の現場に設置・観測している際に問題点や改良点が洗い出され、設置環境（衝撃・揺れ）による影響、雷による影響等に対し改善を行ってきた。今後も障害状況から原因究明、改善していく中で、さらに精度良く高信頼性のあるセンサーを目指していく予定である。

5. 参考文献

1) 柳町年輝, 佐久間剛, 能和幸範, 内田太郎, 伊藤洋輔, 田村圭司, : 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, 平成 21 年度砂防学会研究発表会概要集 pp. 542-543,