

斜面崩壊検知センサーを用いた斜面監視の実施

内田太郎* 秋山浩一** 田村圭司*** 松下一樹****

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必ずしも多く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ている¹⁾。一方、その地域周辺で土砂災害が発生し始めているといった情報をリアルタイムで入手できれば、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。特に、斜面崩壊は土砂災害の中でも、比較的小規模な降雨でも発生することがあり、検知することは警戒避難体制の高度化のために有効であると考えられる。

しかし、土砂災害の発生に関する情報は基本的には目視による確認によってのみ得られており、リアルタイムで入手するのは困難な状況にある。そのため、土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チームでは、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開発を行ってきた。開発は、土木研究所と有限会社 秋山調査設計、坂田電機株式会社、株式会社 拓和、中央開発株式会社、日本工営株式会社による共同研究により実施した²⁾。

斜面崩壊検知センサーは、従来のセンサーに比べて、安価でかつメンテナンスの労力は軽減され

てはいるものの膨大にある崩壊のおそれのある斜面を全て監視するためには依然として多大な費用・労力を必要とする。これに対して、土木研究所では、簡易貫入試験を用いた表層崩壊発生危険度評価手法の開発を行ってきた³⁾。そこで、同手法を用いて崩壊のおそれが相対的に高い場所に優先的にセンサーを設置することができれば、より効率的・効果的に土砂災害の発生を監視することができると思われる。

すなわち、ある崩れやすい斜面で崩壊が発生したということは、その周辺の斜面の崩壊発生の危険性も高まっていることを示していると考えれば、表層崩壊発生危険度評価手法と斜面崩壊検知センサーを組み合わせることにより、地域の「土砂災害の切迫性」を、「崩れやすい斜面の崩壊発生」という形で情報提供できる可能性が考えられる(図-1)。そこで、土木研究所と国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所は連携し、土砂災害に関する警戒避難技術の高度化を目指し、表層崩壊発生危険度評価手法と共同研究により開発された斜面崩壊検知センサーを組合せ、新たな監視技術の検討を行った。

2. 崩壊発生危険度による監視斜面の抽出

2.1 危険度評価の実施

表層崩壊の発生危険度評価はH-SLIDER法⁴⁾を用いて実施した。H-SLIDER法は、実測の地形、土層厚等を入力し、①間隙水圧が定常状態、②地下水の流れはダルシー則に従う、③無限長斜面安定解析で安全率が1.0となった時点で表層崩壊が発生する、④地表流による侵食現象は生じない、と仮定し、表層崩壊が発生する可能性がある最小の降雨強度(r_c)を算出し、 r_c の大小で表層崩壊の危険度を評価する手法である。なお詳細は参考文献⁴⁾を参考にされたい。

本研究では、広島西部山系内の宮内地区を対象とし検討を行った。同流域内には、1999年6月に発生した表層崩壊が3箇所存在する。まず、簡易貫入試験を実施し、土層厚の分布を求めた。その



図-1 斜面崩壊検知センサーを用いた土砂災害に対する警戒避難のイメージ

上で、表層崩壊跡地内については、周辺の地表面地形から崩壊前の地表面地形を推定し、実測の基

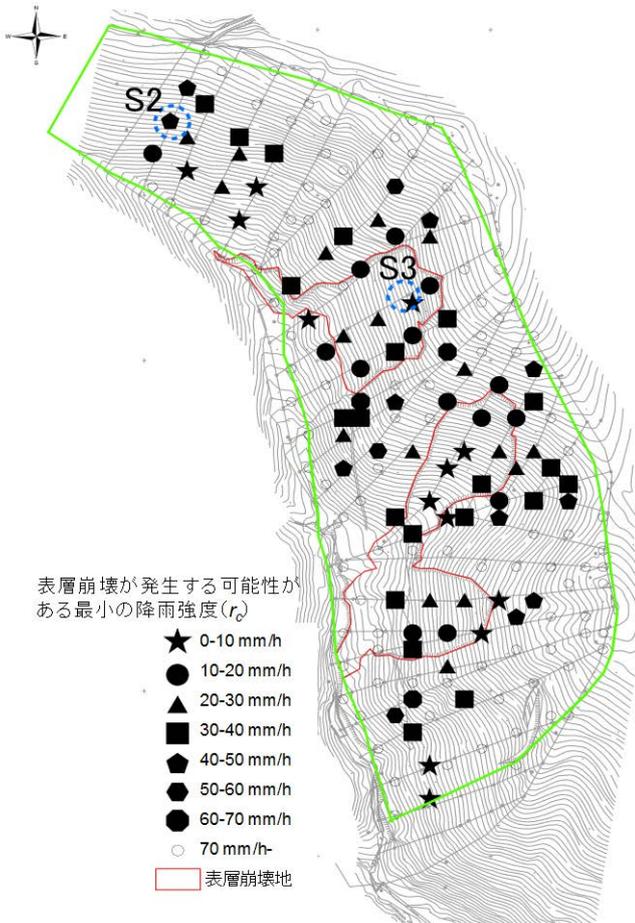


図-2 宮内地区における表層崩壊発生危険度評価結果 (r_c の算出結果)

岩面地形を用いて、崩壊前の土層厚を算出した。 r_c の算出結果を図-2に示す。図に示したとおり、崩壊地内の r_c の値は崩壊地外に比べて概ね小さく、崩壊の危険度を評価できていることを確認した。

2.2 監視候補斜面の抽出

図-2に示した r_c の算出結果より、1999年に崩壊が発生していない斜面のうち、図-2に破線で示した範囲の r_c が小さくこの範囲を監視候補斜面とした。さらに、崩壊地内は依然として不安定な土砂が堆積しており、図-2に点線で示した範囲に比較的厚く不安定な土砂が堆積していたことから、この範囲も監視候補斜面に加えた。

3. 斜面崩壊検知センサーの設置

3.1 無線通信試験の実施

次に、崩壊検知センサーの無線通信可能距離は、伝搬経路上に存在する植生、地形などの状況によって大きく左右されるため、宮内地区において無線通信試験を実施した。試験には、転倒検知方式で特定小電力無線(1mW)を用いた斜面崩壊検知センサー(詳細は参考文献2)参照)を用いた。試験は、図-3に示す通り、監視候補斜面のS2、S3に加えて、無線機能の確認のため、図-3に示す計5地点で実施した。試験では、センサーから発する無線信号の受信強度を測定した。

試験結果を図-3に示す。S1-Aは、受信強度が-140.4~-139.1dBmと小さかった。これは、フレネルゾーン(センサ~受信機間を結ぶ、無線伝搬範囲を示す回転楕円体)内における遮蔽面積

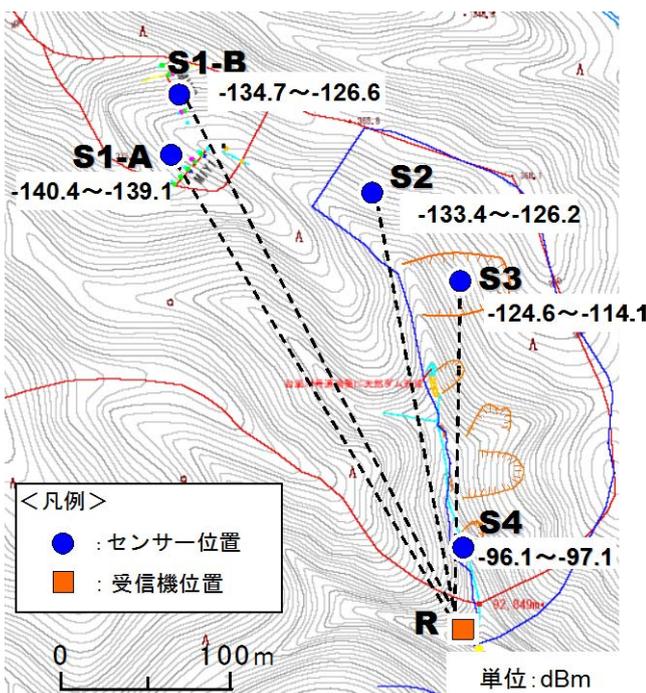


図-3 無線試験の概要

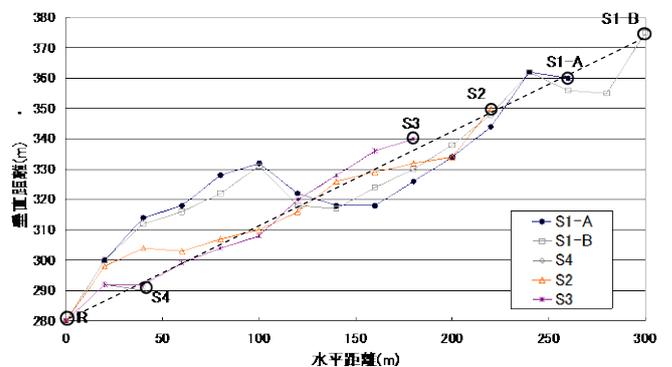


図-4 各センサ~受信機間の地形断面図

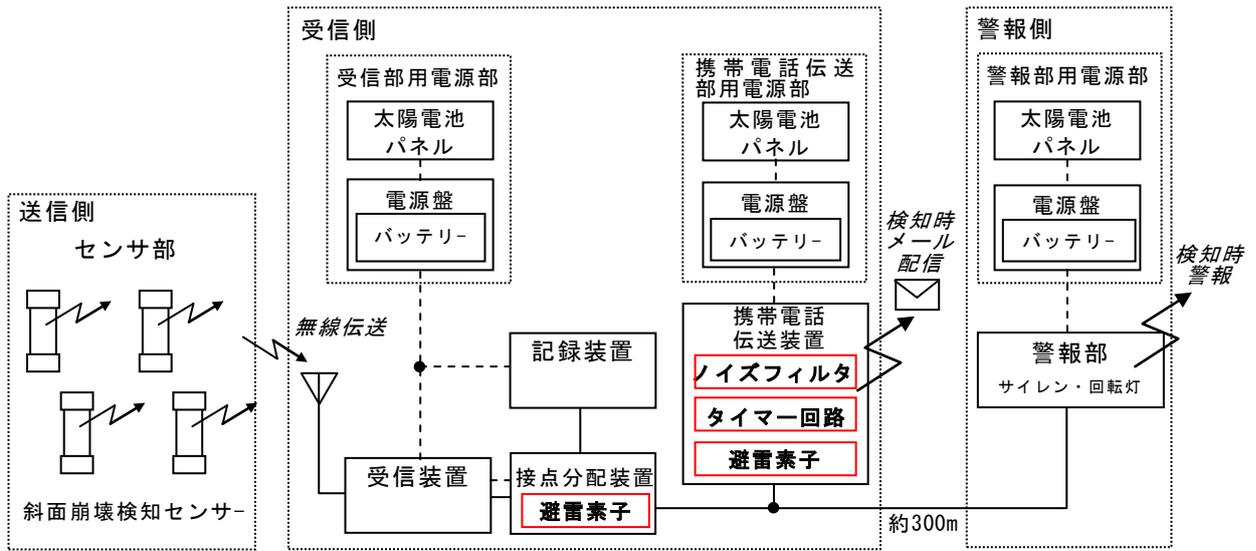


図-5 設置したシステムの概要

(直線見通し上に存する尾根部が相当する)の割合が、図-4に断面図(図-3の破線に沿った側線の縦断面図)を示したように大きいと考えられる。S1-BについてはS1-Aに近い位置条件ながら、標高が高いことなどにより遮蔽面積の割合が小さくその影響を回避できているものと考えられる。S2~S4については大きな地形遮蔽も少なく、高い受信レベルを得られた。これらの結果により、宮内地区の通常時のノイズレベルが-141.4dBm程度であることから、受信レベルが-136.4dBm以上の箇所は通信可能であったとすれば、S1-B及びS2~S4においては斜面崩壊検知センサーの適用が可能であると言える。



写真-1 斜面崩壊検知センサー

3.2 斜面崩壊検知センサーの設置

以上の結果より、2009年5月に監視斜面候補のS2、S3を含むS1-B及びS2~S4の4箇所斜面崩壊検知センサーを設置し(写真-1)、図-3のR地点に受信機を設置した(写真-2)。その上で、検知情報を事務所及び工事関係者へ伝達するために検知信号をサイレン・回転灯及び携帯電話伝送装置に入力するようにした(写真-2,3)。また、同地区は商用電源がないため、ソーラーパネルおよびバッテリーで稼働できるようにした。図-5にシステムの設計図を示す。

3.3 設置後の問題とその対応

設置後、実際には崩壊が発生していないにもかかわらず、崩壊検知情報が携帯電話伝送装置からメール配信されるいわゆる誤検知の問題が2009年7月に生じた。調査の結果、崩壊検知センサー受信機において検知信号を受信・検知出力した記録は残っていない、記録部の回路が雷の影響と思われる故障があった事などから、携帯電話伝送部が雷等の影響によるノイズによりメール配信されたものと考えられた。実際、誤検知のタイミングと宮内周辺の落雷の時刻はほぼ同時であり、落雷によるノイズが携帯電話伝送部の誤作動を起こしたと推測するものであった。

以上の経験を踏まえ、これまで接点信号が入力されると短い時間でもメール通報するような構造になっていたのに対し、接点入力部にタイマー回路を追加することで約5秒間、接点信号が継続した場合のみメール通報するようにした。これによ



写真-2 受信部及び携帯電話伝送部



写真-3 警報部

り、雷など瞬間的なノイズにより伝送装置による誤発報が発生しないように改良した。同様に回路内に避雷素子及びノイズフィルターを追加して落雷対策やノイズ対策を強化した(図-5)。

4. おわりに

ここでは、斜面崩壊の発生情報をメール等によ

り、斜面崩壊の発生直後に得られるシステムを構築した。このシステムにより得られる斜面崩壊発生リアルタイム情報は、これまでの情報に比べ切迫感のある情報として体感でき、行政や住民が避難に必要なタイミングを今まで以上に適切に判断することが容易になることが期待される。特に、ここで示した表層崩壊発生危険度評価手法などを用いて斜面の崩壊危険度を評価し、一連の降雨の比較的早い時刻に崩壊が発生すると考えられる崩壊発生危険度の高い斜面に、斜面崩壊検知センサーを設置することができれば、より効果的な情報が得られるようになると思われる。

今後は、本稿で示したような取り組みを広げていき、センサーの安定性向上、各種の環境における耐久性の確認を進めていく必要がある。また、同時に、土砂災害発生時刻に関するデータの蓄積をはかるとともに、土砂災害に対する警戒避難における土砂災害発生情報の有効性の検証を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 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
- 2) 柳町年輝・内田太郎・田村圭司・伊藤洋輔：簡易かつ長期間計測を目標とした斜面崩壊検知センサーの開発(その2)、土木技術資料、第50巻、第9号、pp. 16-19、2008
- 3) 内田太郎・盛 伸行・田村圭司：表層崩壊に起因する簡易な土石流発生危険度調査・評価手法、第50巻、第9号、pp. 20-25、2008
- 4) 田村圭司・内田太郎・秋山浩一・盛 伸行・寺田秀樹：表層崩壊に起因する土石流の危険度評価マニュアル(案)、土木研究所資料No.4126、2009

内田太郎*



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 主任研究員
Taro UCHIDA

秋山浩一**



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 交流研究員
Koichi AKIYAMA

田村圭司***



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 上席研究員
Keiji TAMURA

松下一樹****



国土交通省中国地方整備局
太田川河川事務所 調査設計第二課長
Kazuki MATSUSITA