

無給電傾斜センサを活用した落石監視システムの開発

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○中村 大輔
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 齊藤 岳季
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 栗林 健一

1. はじめに

斜面管理の将来像として、定量的なデータを効率的に収集する斜面モニタリングシステムの構築が求められている。定期的に斜面の各点の変化量をモニタリングすることにより、急激な斜面の変化を把握できることはもちろん、そのデータを蓄積することにより変化の兆候を把握することが可能になると考えられる。しかしながら、斜面モニタリングの実現のためには、斜面に伸縮計や傾斜センサを設置し、さらに電源ケーブルや伝送装置を敷設する必要があるため、高額なコストが必要である。したがって、多数存在する斜面すべてに対してモニタリングを実施することは困難であるのが実状である。

JR東日本の斜面管理においては、特に落石のおそれのある斜面について「落石重点監視箇所」と定め、2年に一度の全般検査で斜面の踏査をおこない、対象となる岩・石の変位や傾斜等を測定している。落石重点監視箇所は急傾斜に位置することが多いため、その検査には多大な労力がかかる上に、危険な作業となっている(図-1)。



図-1 落石斜面検査

そこで、低コストで落石斜面モニタリングを実現し、かつ落石斜面検査の労力を軽減するために、外部供給電源不要で、無線伝送により効率的にデータを収集することが可能な落石監視システムの開発を行ったので、ここに報告する。

2. 落石監視システムのプロトタイプ

今回開発する落石監視システムでは、斜面の傾斜を常時計測するとともに、そのデータを効率的に回収する必要がある。それらを実現するため、①岩盤斜面や浮石に設置する傾斜センサ、②傾斜センサのデータを集約して蓄積する中継機、③中継機から効率的にデータを回収する親機からなる、落石監視システムのプロトタイプを開発した(図-2)。以下にその詳細について述べる。



傾斜センサ
(12.5cm×9cm)

中継機

図-2 開発したプロトタイプ

(1) 傾斜センサ

斜面に設置してその傾斜を計測する傾斜センサは、長期的な使用に耐えられるように、10年間無給電で動作することを目標とした。傾斜センサ内には、傾斜量を定期的・定量的に測定する加速度センサと、大きな傾斜や揺れを感知する機械式傾斜センサ・感震センサを内蔵している。通常時は、加速度センサにより30分に一回傾斜角データを中継機へ無線で送信する。データの取得・送信を低頻度とすることにより、電力の消費量を抑えている。また、異常時(機械式傾斜センサ・感震センサ作動時)には、緊急で中継機へデータを送信する機能を付加した。なお、使用する無線電波の周波数帯は、遠距離伝送が可能な920MHz帯を採用した。

キーワード 斜面モニタリング, 落石, 傾斜センサ, 無線伝送

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 J R 東日本研究開発センター TEL 048-651-2552

(2) 中継機

中継機は、傾斜センサから受信したデータを蓄積し、後述する親機に対してまとめて送信する機能を有する。また、一つの中継機に対して15個の傾斜センサからのデータを受信することが可能である。

(3) 親機

親機は、中継機に接近する際にデータを送信するよう無線で指示し、その指示を受けた中継機から送信されたデータを回収する機能を有する。列車上から前頭巡回の際にデータを回収することが可能で、タブレット端末で操作できる。

3. プロトタイプの実地試験

開発したプロトタイプを実際の落石斜面に設置し、耐久性や無線の伝送能力の試験を実施した。

事前に平地で確認していた無線伝送可能距離は約800mである。今回試験地では相当の高度差があり、完全に見通せないほど植生があったものの、最大約300mの距離で無線伝送の状況は概ね良好であった。これは、草木が繁茂する時期でも同様であった。しかし、図-3に示すセンサ①のように、落石防護ネット（金属製）に完全に覆われている箇所では、無線の伝送が不安定であった。また、雪により完全に埋没した状況では、同じく伝送が不安定となった。



図-3 傾斜センサ設置状況

中継機については親機からの通信を待ち受ける機構で消費電力が大きいため、ソーラー電池併用としたが、天候によっては稼働できなくなるおそれがある。また斜面ごとに中継機の設置が必要となり、コスト増の要因となる。

また、大きな傾斜を検知した際の異常時伝送については、中継機に携帯電話網を活用する仕様を検

討していたが、落石のおそれのある斜面は携帯電話網が未整備の箇所も多いという課題がある。

4. 落石監視システムの改良

上記の課題を踏まえ、無線伝送方式と傾斜センサのアンテナ形状の改良を行った。

無線伝送方式では、LPWA（Low Power Wide Area）の一種である「Sigfox」を採用した。Sigfoxは、条件がよければ数十km程度の通信が可能で、当初採用した方式と同様、バッテリーのみで10年駆動が可能である。中継機と同様の役割を持つ「基地局」を駅等に集約することができ、そこから携帯電話通信網を活用してデータを伝送することが可能である。Sigfoxの採用により、先述の課題を解決することが可能となった。当該斜面における伝送試験では、5km程度離れても安定した伝送能力を確認できた。

アンテナの形状については、積雪や防護ネットの影響を排除するため、センサとアンテナ部を分離して設置できるよう改良した。

図-4に改良後の落石監視システムの概要を示す。

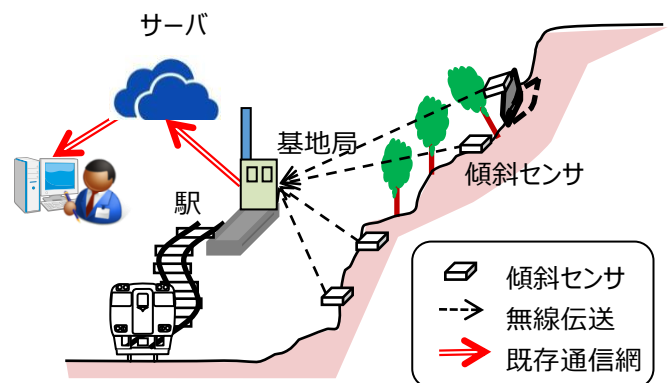


図-4 改良後の落石監視システムの概要

5. まとめと今後の課題

無給電・無線伝送によりケーブル不要な傾斜センサを製作し、低コストで整備可能な落石監視システムを開発することができた。今後はユーザーインターフェースの開発、および傾斜センサをより設置が容易な形状へと改良を図って落石斜面への導入を推進することにより、落石検査作業の軽減と安全性の向上を図っていきたいと考えている。