

光る斜面崩壊センサ杭の開発

清水建設（株） 正会員 ○宮田 和
清水建設（株） 正会員 芳岡 良一 長谷川 悦央
（株）リプロ 伊藤 栄 小西 哲也
（株）テスコム 佐藤 隆秀 永井 一郎

1. はじめに

斜面の変状を知らせるシステムは数多くあるが、計器自体が判断してその場で警報を知らせる仕組みは数が少ない。既存のシステム¹⁾は一度データを転送後サーバー等で管理値を超えているかどうか判断し、超えた場合は現場にフィードバックして警報を鳴らす仕組みになっている。短時間で崩壊が生じる斜面災害では、現場の作業員にすぐに避難ができるようにリアルタイムで警報を知らせる必要がある。そこで、設置直後から計器で捉えた変状をその場で視覚的に知らせる仕組みを開発した。本報文では光る斜面崩壊センサ杭の概要と試験導入を行った結果について報告する。

2. 光る斜面崩壊センサ杭の概要

光る斜面崩壊センサ杭は無線センサ端末とLED回転灯とその電源をプラスチック杭と一体化した構造（図-1 参照）となっている。杭の傾きを無線センサ端末で連続的に計測し、ある閾値以上の変化があった場合、杭の頭部に設置した回転灯が図-2の通り作動する。光る斜面崩壊センサ杭の特徴は以下の通りであり、急斜面地や急勾配切土での現場作業の安全性の向上を図ることができる。

- ①杭に無線センサ端末、回転灯（警報装置）、電源が一体となっているため、特別な配線工事や設置工事が不要である。図-3の通り視認性を向上させるために回転灯を分離すること（分離型）もできる。
- ②「変状発生時（閾値を超えた場合）」の判定は4秒間に1回行う。
- ③斜面の変状を視覚でリアルタイムに作業員に知らせることができる。
- ④杭の設置は岩の場合削孔し杭を建て込みモルタルで固定する。土砂の場合は掛矢による打ち込みだけで、すぐに計測を開始できる。

- ⑤複数本配置した場合、どこで変状が発生しているかすぐに分かる。
- ⑥電池を交換することで、何度でも、長期間にわたり使用できる。
- ⑦無線センサ端末の電源は2年間以上連続稼働する。

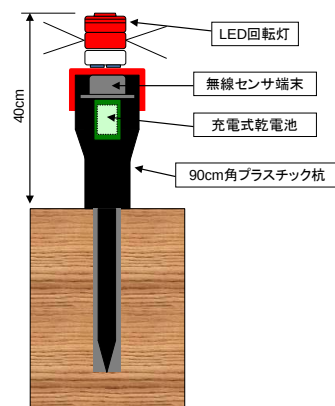


図-1 光る斜面崩壊センサ杭（一体型）

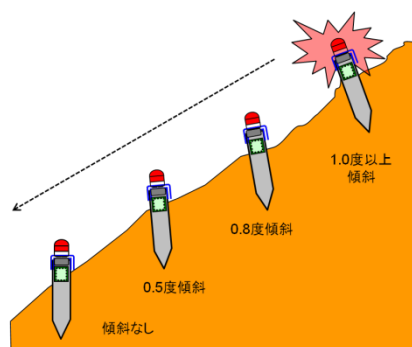


図-2 LED回転灯点灯の仕組み

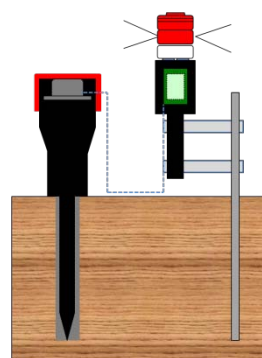


図-3 光る斜面崩壊センサ杭（分離型）

キーワード 斜面崩壊、警報システム、リアルタイム、加速度センサ、無線通信

連絡先 〒541-8520 大阪府大阪市中央区本町3丁目5-7 清水建設（株）関西事業本部土木技術部 TEL 06-6263-2814

- ⑧回転灯用の電池は充電可能で繰り返し使用できる。
(～6ヶ月連続稼働)
- ⑨無線センサ端末は加速度センサ、温度センサを内蔵し、角度、温度を測定する。
- ⑩閾値の判定はX方向とY方向の合成角度で行い、閾値を超えた場合、信号を送り回転灯を点灯する。
- ⑪上部にφ90mmの回転灯を設置し、視野角360度・視認距離50mを確保している。
- ⑫無線センサ端末に511個の計測データを保存可能である。
- ⑬モバイル受信機とパソコンで、無線センサ端末のデータを無線で収集できる。
- ⑭閾値の変更や回転灯のON/OFFはモバイル受信機とパソコンでいつでも行える。
- ⑮温度の影響を受け難くするためにプラスチック杭の表面に断熱セラミック塗装²⁾を行っている。

3. 閾値の設定例

道路土工切土工・斜面安定工指針³⁾より、表層崩壊は平均崩壊斜面長=17.9m、平均崩壊幅=16.8m、平均崩壊の深さ=1.3m、平均崩壊土量=463m³、全体の95%が勾配30度以上の斜面で発生している。

平均崩壊の深さ+杭の地上高=1.3+0.4=1.7mとなり、不動点より1.7m上で角度を測ることになる。

θ を閾値とすると、図-4に示すとおり杭の変位量の計算は $1.7\text{m} \times \sin \theta$ 、地盤の変位量の計算は $1.3\text{m} \times \sin \theta$ となる。 $\theta=1.0$ 度の場合、杭の変位量は3.0cm、地盤の変位量は2.3cmとなる。

ただし、無線センサ端末は温度変化による影響の他、地盤の揺れ(常時微動)、周辺からの揺れを受けて、変状が発生していない場合も微少な値を感知する。

そこで、バラツキ1.0度を考慮した閾値は1.0度+1.0度=2.0度と設定する。

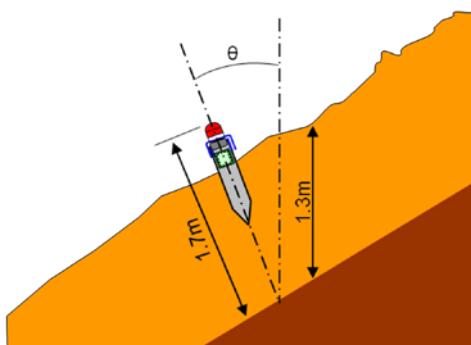


図-4 表層崩壊深さによる角度と変位の関係

4. 試験導入

四国地方整備局山鳥坂ダム工事事務所鹿野川ダムトンネル洪水吐新設工事においてトンネル坑口上方の小段に一体型2本、法面上方の斜面上に分離型3本の計5本の光る斜面崩壊センサ杭の試験導入を行った。その中の一体型の1本の設置状況を写真-1に、平成25年1月末からの1ヶ月間に得られたデータを図-5に示す。温度による影響が若干見られるが、閾値2.0度の対し0～0.5度内のほぼ安定した値を示している。これはその横に設置したターゲットでトータルステーションにより地山変位を観測しているデータと比較しても崩壊を示すような兆候が現れていないことと一致する。

5. おわりに

試験導入により改良を重ねた結果貴重なデータが取得できたので、本格導入に向けて今後展開していきたいと考える。

参考文献

- 1) 例えば斜面崩壊センサ：<http://www.ripro.co.jp/newtech.html>
- 2) 断熱セラミック：<http://gaina.ecocoro.biz/>
- 3) (社)日本道路協会：道路土工切土工・斜面安定工指針(平成21年度版), p. 313, 2009. 6. 30.

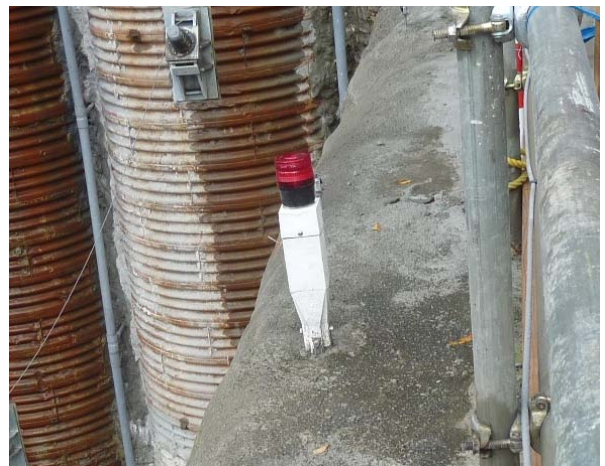


写真-1 坑口法肩に設置した光る斜面崩壊センサ杭(一体型)

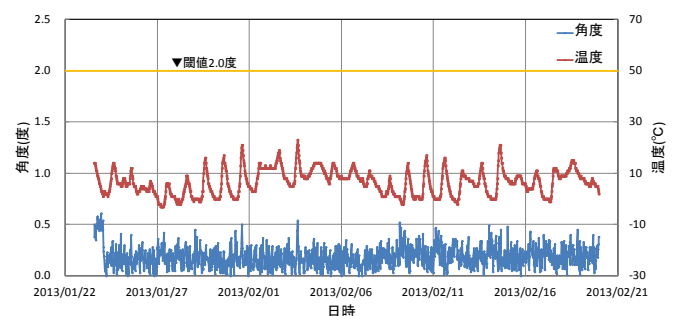


図-5 写真-1の一体型の計測データ(平成25年1～2月)