

斜面防災を想定した光ファイバー式モニタリングの低コスト化に関する研究

神戸大学大学院工学研究科 正会員 芥川 真一
神戸大学大学院工学研究科 学生会員 ○井上 雅之

平成 30 年 7 月に発生した豪雨にみられるように土砂災害による被害は毎年のように発生している一方で、土砂災害防止に対して直接的なモニタリングによる情報が提供されているケースはまれである。本研究ではプラスチック光ファイバー(plastic optic fiber, 略称 POF)を用いた低コストモニタリングシステムを開発することを目的とし、モニタリングに必要な計測項目における基礎実験、計測システム¹⁾について検討した。

1. 計測項目とモニタリングのコンセプトについて

本研究では光ファイバーを用いることにより、傾斜変化や変位といった土砂災害発生時における初動的な地面変動、土砂災害発生の前兆として変化がみられる地下水位の上昇や表面流濁度の増加を評価できるような計測を行う。また、排水溝目詰まり等を計測することで排水設備の健全度におけるモニタリングを行う。

モニタリングのコンセプトとしては、図 1 のように各計測対象物に変化が生じた際に、光ファイバーから届けられる光が変化することで対象者に表示する。

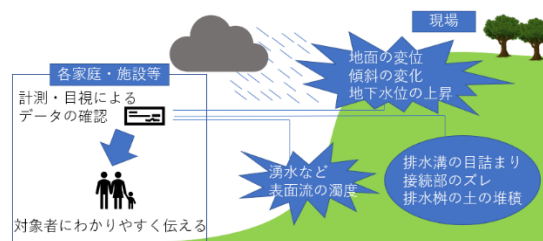


図 1 モニタリングの構想図

2. 主要計測項目における計測方法と性能実験

・傾斜計測①

傾斜計①では下げ振り式の傾斜計を作成し、計測を行う。図 2 のように初期状態において光源側光ファイバーと受光側光ファイバーを向かい合うように振り子を設置することで、傾斜が発生した際に光強度の変化がみられる。

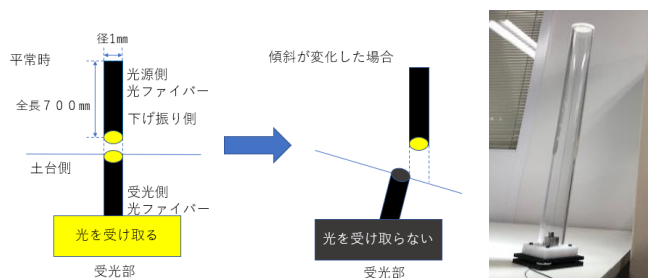


図 2 傾斜計測①の概要と計測装置

性能実験としては 1/700 の精度での計測を想定した計測装置を作成し、上方から光を照射し変化がない状態を計測 1、傾斜を徐々に変化させていった場合を計測 2 として光強度の計測を行った。光強度はセンサーがとらえた光の 3 原色の基本強度を R(Red), G(Green), B(Blue)から、

$$(\text{光強度}) = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2}$$
と表せる。その結果、傾斜の変化に伴い光強度の低下が確認できた。計測精度に関しては、光強度がほぼ 0 となった時点における傾斜の変化は 1/500 であった(図 3)。

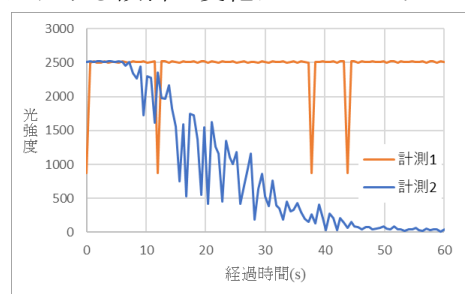


図 3 傾斜計①における性能実験の結果

・傾斜計測②

傾斜計測の二つ目の計測手法として、光ファイバーの先端にパイプを接続することで受け取る光の範囲を限定し、小さな傾斜の変化に対しても受光部に届く光に変化が生じるようになっている。

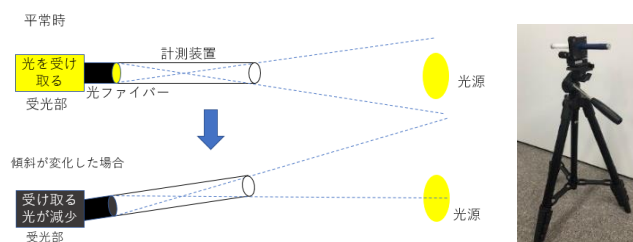


図 4 傾斜計測②の概要と計測装置

性能実験では受光部にレーザポインターを照射した

キーワード 斜面防災, モニタリング

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科芥川研究室 TEL080-3136-2985

状態において、傾斜計①と同様に変化がない状態を計測 1、傾斜を徐々に変化させていった場合を計測 2 として計測を行い、図 5 のように光強度の低下を確認した。傾斜計②においては光強度が低下し一定値となるのに要した傾斜は 1/240 程度であった。

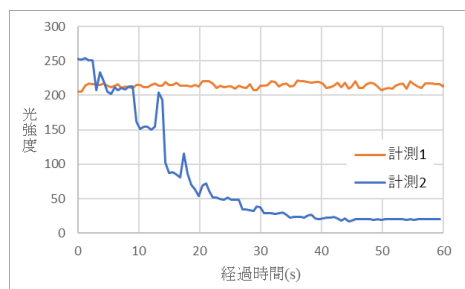


図 5 傾斜計②における性能実験の結果

・地下水位計測

地下水位の計測手法としては、光源側光ファイバーと受光側光ファイバーを並びあうように固定しそれぞれの先端を 45°にカットした RR センサー²⁾を用いる。このセンサーでは先端に水が付着することで光強度が低下するという特徴がある (図 6)。

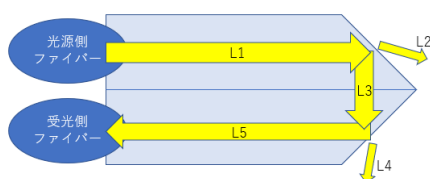


図 6 RR センサーの模式図

性能実験では、土中に RR センサーを挿入し水を滴下していくと、図 7 のように観測点への水の到達に伴って光強度の低下が確認できた。

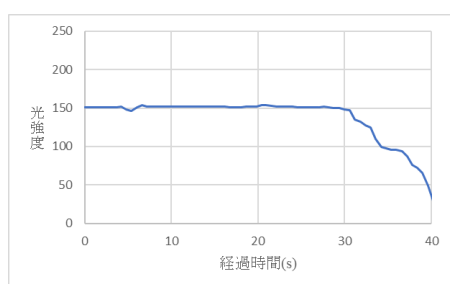


図 7 RR センサーを用いた計測結果

・排水溝目詰まり計測

排水溝の基準点に光ファイバーを設置することに

より、光強度の変化からファイバー先端での堆積物の有無を検知することが可能である。

野外にある排水溝の側面に光ファイバーを設置し、人為的にはあるが先端の堆積物の有無に従って光強度の変化が明瞭にみられた。図 8 のグラフでは 11:00 頃に計測点に落ち葉を堆積させている。

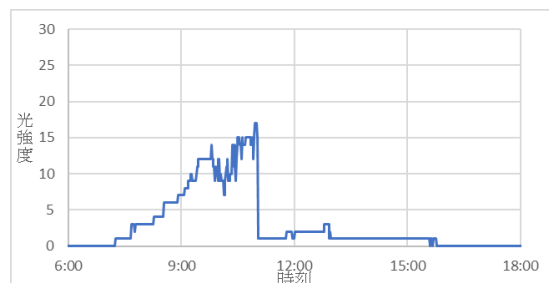


図 8 排水溝目詰まり計測における野外実験の結果

3. 結論

各計測項目で計測対象を変化させた際に光強度という形で観測点において変化を確認できたことから、光ファイバーを用いることでの計測が可能であるということが確認できた。また、計測装置における費用の算出を行ったところ費用が大きく下回ったことから、計測システムなどの運用方法次第では低コストでのモニタリングシステムの実現が可能であると考えられる。

課題点としては、傾斜計①では想定された計測精度を実現できなかったことや、濁度計測や排水溝目詰まり計測では計測対象物の変化を定量的に計測するに至らなかったこと、野外現場での運用を想定した際に安定した計測を行うことができるようにする必要があるなど計測装置の改良やさらなる考察が必要である。また、現在使用している計測システムにおいても、スマートフォンやタブレットを用いるなど特別な計測装置を必要としないような計測システムを開発することがモニタリングシステム普及の必須条件であると考えられる。

これらのことを考慮し、今後はモニタリングシステムの完成を現実的なものとしていきたい。

参考文献

- 1) 井上雅之：斜面防災を想定した光ファイバー式モニタリングの低コスト化と高度化に関する基礎的研究，卒業論文，神戸大学市民工学科，2019
- 2) Akutagawa, S., Machijima, Y., Sato, T. and Takahashi, A. 2017. Experimental characterization of movement of water and air in granular material by using optic fiber sensor with an emphasis on refractive index of light, Proceedings of the 51st US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, ARMA 17-313, San Francisco.