

水中での高精度変位計測を想定した光ファイバーセンサの試作と基礎的研究

神戸大学大学院

学生会員

○富安ひとみ

神戸大学

正会員

芥川真一

1. はじめに

本研究室では、光を利用した簡易な装置を用いて変状を把握し、その場で分かりやすく表示すること等による安全管理体制の強化を目指しており、光ファイバーを使用した、視覚に訴え危険を知らせることのできる装置や、安全であることをリアルタイムで確認できる装置の開発を行うと共に、新しいモニタリング手法の提案を行ってきた。現在までに、数 mm オーダーの変位量を計測可能である装置の開発に関する研究が進められ、その成果が得られている。しかし、斜面崩壊の前兆現象のような微小な挙動を計測するためには、新たなセンシング手法を必要としている。そこで本研究では、そのような微小な挙動を計測するために、 10^2 mm オーダーの変位量を計測可能なセンシング手法の開発を目的として光ファイバーセンサの試作を行った。

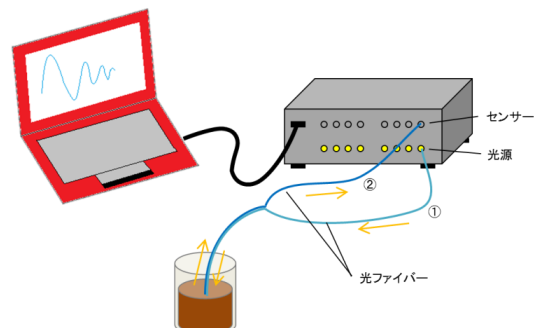


図1 LS³/digital 方式による計測イメージ

本研究では Light State Sensor System (あらゆる視覚的情報を精密な光センサーで読み取りデータとして記録することによって光の状態をセンシングする方法論の総称、以下 LS³ と称す) に基づき、センサーと光源を有した計測装置と PC を用いる LS³/digital 方式 (対象物に生じた変状を光の強さや色合いとして記録し、モニタリングすることができる)^{1),2)}によって実験を行った。

2. 試作した計測装置の概要

外径 13cm, 長さ厚み 5mm のアクリルパイプ内部に、計測部を取り付けた木板を接着剤で固定した。

光源側ファイバーから受光側ファイバーへ光を送り、計測センサーへつないで受光量の計測を行う。金属棒に計測対象物の変状が伝わると金属板が光を遮断していき、受光量が徐々に減少していくといった仕組み。受光量の変化から計測対象物の変状の読み取りを行う。

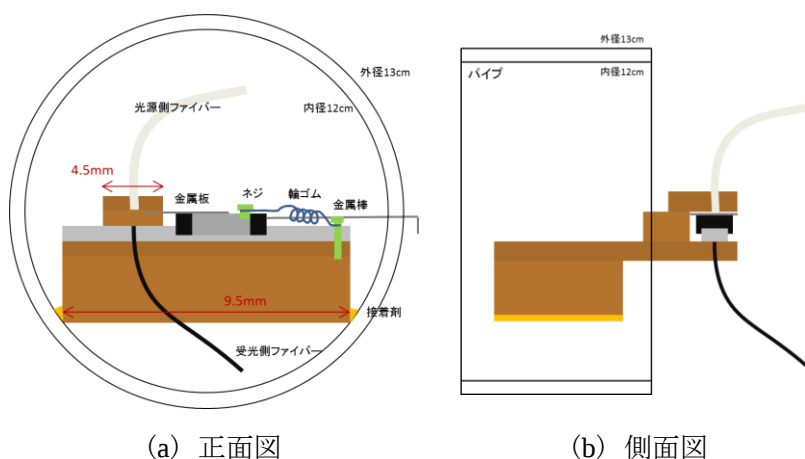


図2 試作した計測装置

3. 実験の背景、概要

放射性廃棄物処理場の建設計画が進められているある場所で、建設予定地の地層深くに断層が変動した際に処理場に影響が出るかを知るために、断層の動きをモニタリングする必要がある。断層中を削孔し装置を埋設することで、その断層の変位を計測し、モニタリングを行うことを想定して実験を行った。

キーワード 光ファイバー LS³/digital 方式 モニタリング

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科

図 3 に断層と計測装置（簡略化して描いた）の位置関係を示す。青色で示す四角形が断層の一部分を表している。断層をまたいで削孔した地層のうち一方を地層 A 側、もう一方を地層 B 側とすると、A 側に計測装置の土台を固定し、B 側の動きが金属棒に連動するようにすることで、受光側ファイバーへの光が遮断されていくようなセンシング手法を提案する。本実験では簡略化の為、試作した計測装置の亚克力パイプが地層を削孔した際の周辺環境を模擬するものとし、断層の動きは手動で 3 秒毎に 0.01mm ずつ金属棒を押すことで与えるものとした。

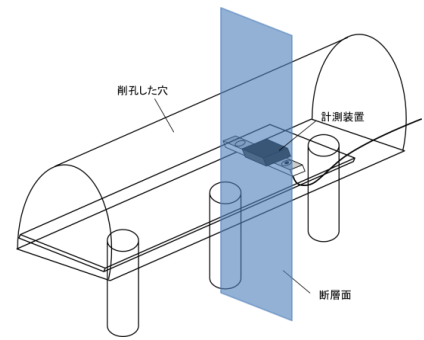


図 3 断層と計測装置の位置関係

4. 実験結果

図 4 に実験結果を示す。実験は 3 回行い、縦軸に合計強度、横軸に経過時間を取り表示している。

光源として用いたファイバーは 1～3 回目全てにおいて同条件であったが、1 回目のみ全体的に合計強度が低くなっている。これは 1 回目実験時における、光源側ファイバーの計測器光源へのつながりが不十分であったためであると考えられる。水中での実験であったため木材に変形が生じたため、傾きが大きく変化する点の表れる位置にも違いが生じているが、各実験ともに、ファイバーへ入射する光が半分以上遮断された時点でこの変化点が生じたことが確認できた。すなわち、ファイバーへ入射する光を徐々に遮るように変状が発生すると仮定した場合、入射光を半分遮断する地点まで変状が進んだ時点で傾きに大きな変化が見られるという結果が得られた。

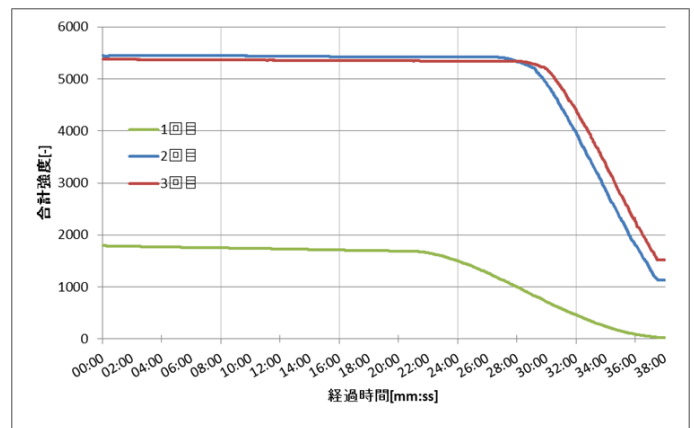


図 4 実験結果

さらに、2, 3 回目の実験結果より、およそ 28:00～38:00 の 10 分間に合計強度が約 4000 変化している。3 秒毎に 0.01mm の変位を与えたため、およそ 2.00mm の変位が生じる間に 4000 の強度変化が生じたということである。これは 1.00mm の間に強度変化 2000 を感知できる可能性を示している。これまで 10^{-2} mm の変位オーダーでの計測を目指していたが、それ以上の精度、1/1000mm の変位オーダーでの計測も行うことができる可能性も得られた。

5. まとめ

本研究では、微小な挙動を把握するために、 10^{-2} mm オーダーの変位量を計測可能なセンシング手法の開発を目的とし、水中での計測を想定した光ファイバーセンサの試作と実験を行った。試作した計測装置は、ある一軸方向の微小変位の計測が可能であることが確認されたため、同じ装置を複数個、別々の軸方向に設置することで 2 軸以上での変位計測も可能になると考えられる。また、計測部の周辺環境をより現場に近づけた上で計測の精度を確認する必要があるが、1/1000mm オーダーでの計測が実現する可能性も得ることができた。これについては更に検証を進める必要がある。

参考文献

- 1) 特許第 5607185 号「自然および人工構造物変状検知装置」
- 2) Akutagawa, S., Nishio, A., Matsumoto, Y., Takahashi, A. & Machijima, Y. [2014]
 “A new method for reading local deformation of granular material by using light,” Proc.
 48th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium, ARMA 2014-7723.