

Ⅲ－14 光ファイバ歪センサによる斜面崩壊検知システムの開発

○岩手大学大学院	学生員 本間 正崇	斜面保全協同組合	佐々木徳次
NTT情報流通基盤総合研究所	正会員 倉嶋 利雄	北海道大学大学院	正会員 三田地利之
㈱藤森測量設計	平賀 成正	岩手大学	正会員 大河原正文

1. はじめに

次世代の歪計測機器として注目されている光ファイバ歪センサ(B-OTDR)¹⁾は、光ファイバ自体をセンサとし光ファイバ全長すべてが受感部で測定対象を「線」あるいは「面」として測定することができる。今回、本センサをベースに新たに光ファイバの斜面敷設技術を開発するとともに、現場計測時の最適測定条件を決定することで斜面監視システムへの適用を可能にした。

2. 光ファイバ歪センサの特徴

光ファイバ歪センサ(B-OTDR)は、通信用光ケーブルの保守監視を目的とした歪計測機器として NTT により開発された。本センサは、光ファイバの長さ方向に発生した歪の大きさとその発生位置を測定することができる。

B-OTDR の特徴を以下に示す。

- ①センサ全長すべてが受感部で、電磁誘導を受けない。
- ②歪測定精度： $\varepsilon = \pm 1 \times 10^{-4}$
- ③リアルタイムに近い状態で計測が可能である。

3. 光ファイバ歪センサの適用範囲

本システムは、次のような斜面安定問題への適用が期待される。

- ・斜面崩壊の前兆発見（亀裂の微小変位検知）
- ・地すべりのすべり面判定
- ・土石流危険渓流沿いの広範囲な監視（地すべり、斜面崩壊等による河川流入土砂の早期発見）
- ・道路建設時の法面崩壊などの二次災害防止
- ・対策工の効果判定

4. 光ファイバの斜面敷設方法

今回、光ファイバの敷設方法として点固定方式と線接着方式の2つの方式を考案した。

- ①点固定方式・・・光ファイバを任意の間隔で被測定対象に敷設することにより、被測定対象の変位を複数区間ごとに計測
- ②線接着方式・・・光ファイバ全体を被測定対象に直接接着することにより、被測定対象の長さ方向の変位を

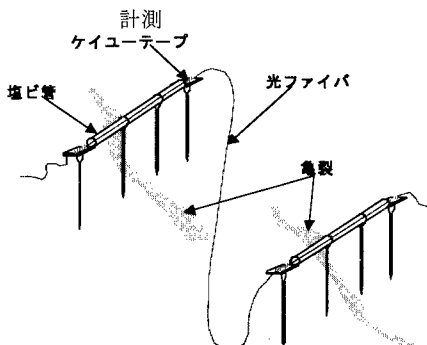


図1 点固定方式敷設概略図

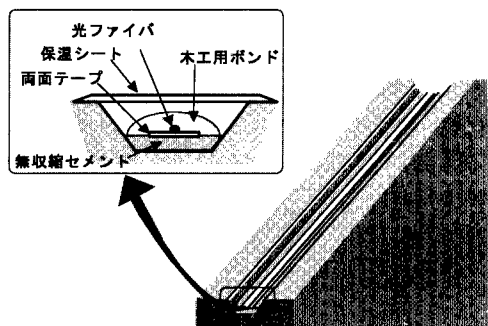


図2 線接着方式敷設概略図

5. 測定条件の最適化実験

光ファイバ歪センサを用いて歪を計測する際に重要な測定条件は、パルス幅と周波数間隔である。パルス幅は距離分解能と歪測定精度に影響し、周波数間隔は歪測定精度と測定時間に影響する。今回の実験目的は、光ファイバ歪センサを斜面崩壊検知システムとして適用するために、被測定対象の長さに応じたパルス幅と周波数間隔を決定することである。

5. 1 実験方法

1本の光ファイバを10m間隔で、1m、2m、5mの長さで固定する。固定した光ファイバの片端に1mm、2mmと変位を与え歪を加える。このとき、パルス幅20nm、50nm、周波数間隔2MHz、5MHz、10MHzと測定条件を変更して歪計測を行う。歪計測により得られた歪波形より最適な測定条件について検討する。

5. 2 実験結果と考察

それぞれの測定条件で得られた歪波形を図3～図8に示す。5mで固定した光ファイバの歪が検出されているのに対して、2mと1mで固定した光ファイバの歪が検出されていないのは、20nmの時の距離分解能が2m、50nmの時の距離分解能が5mで、被測定対象の長さが距離分解能よりも短かったためと思われる。このことより、光ファイバを敷設する際は、距離分解能以下での敷設はさけるようにする。5mで固定した光ファイバの歪で、20nmの歪より50nmの歪の方が小さいのは、得られた歪波形は距離分解能の長さの区間で平均された歪になっており、50nmの歪波形では、平均した歪の中に無歪区間の歪も含まれて歪が小さくなったと思われる。50nmの歪波形に対し20nmの歪波形のばらつきが大きいのは、20nmの歪測定精度が $\pm 2 \times 10^{-4}$ 、50nmの歪測定精度が $\pm 1 \times 10^{-4}$ で、50nmのほうが歪測定精度が高いためであるが、測定区間の歪は装置の歪測定誤差($\pm 1 \times 10^{-4}$)の範囲内であり、50nmの歪よりも20nmの歪の方が理論値に近い値となっている。よって、被測定対象の長さに応じてパルス幅を使い分けて測定する。また、周波数間隔の違いによる歪の明確な違いは見受けられなかったことから、周波数間隔を決めると測定数が増え計測に時間がかかるため、周波数間隔は5MHzもしくは10MHzで測定する。

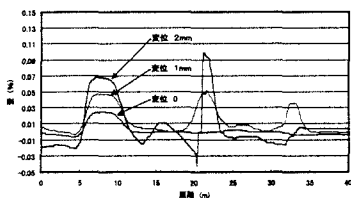


図3 2MHz, 20nm 時の歪曲線

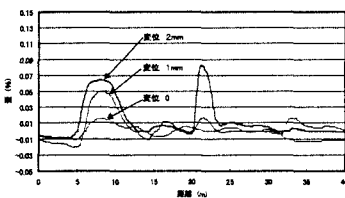


図4 5MHz, 20nm 時の歪曲線

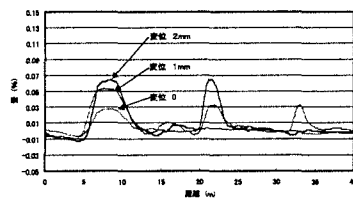


図5 10MHz, 20nm 時の歪曲線

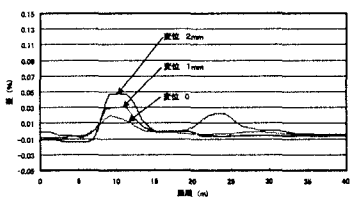


図6 2MHz, 50nm 時の歪曲線

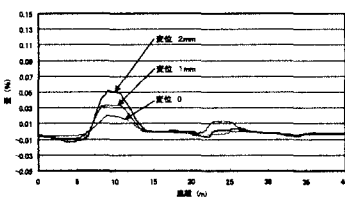


図7 5MHz, 50nm 時の歪曲線

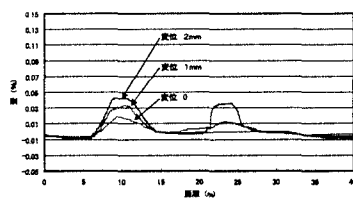


図8 10MHz, 50nm 時の歪曲線

6. まとめ

今回、斜面計測監視システムへの適用を図る目的で、斜面敷設方式の考案ならびに測定条件の最適化実験を行った。今回の実験より、歪測定精度と距離分解能を左右するパルス幅の決定方法が重要であることがわかった。光ファイバを敷設する現場の状況にあわせて測定条件を設定することにより、本センサを斜面計測検知システムとしての適用が期待できる。

(参考文献) 1) 倉嶋利雄：歪・損失統合型 OTDR の開発と地盤変形センシングへの適用、NTT 技術ジャーナル R&D レポート、1997.6