

光ファイバセンサを用いた斜面挙動計測の取り組み

エヌ・ティ・ティ・インフラネット（株）関西支店
エヌ・ティ・ティ・インフラネット（株）事業開発本部
大成基礎設計（株）技術研究所

正会員 ○ 鳥越 寿彦
後藤 哲雄
平田 洋一

1. はじめに

自然災害における地滑り、落石、斜面崩壊等による道路交通の遮断や家屋の倒壊が社会問題になっているが、それらを未然に防止するためにはその全長を事前に把握し、その情報をいかに正確に判断し、住民等に伝達するかが課題である。そのためには、災害を事前に把握できるセンサが重要である。電氣的誘導や落雷などの影響を受けない、長距離伝送が可能、高耐久性等の特徴を持つ光ファイバは、大容量の電送媒体として広く用いられているが、その特性を利用したセンサの研究が盛んに行われている。この特徴を生かした計測手法の開発が進められている。

本論文では、光ファイバセンシング技術である Brillouin Optical Time Domain Reflect meter（以下 B-OTDR という）手法と Fiber Bragg Grating（以下 FBG という）を用いた斜面挙動計測の取り組みについて報告する。

2. 光ファイバセンサの特徴

今回、斜面計測に用いた光ファイバセンサ計測方法について以下に示す。

2.1 B-OTDR

B-OTDR の計測原理は、光ファイバに光パルスを入射し、発生するブリルアン散乱光の周波数シフト量を計測する事により、光ファイバの歪み量を計測する技術である。この時の周波数シフト量より歪み量を算出する事ができる。B-OTDR は、光ファイバそのものがセンサとなる計測方法であり、1m の平均ひずみが計測できる能力を持ち、その読み取り分解能は 5cm である。しかし、計測精度を向上させるためには一定の計測時間が必要であるため、リアルタイムの計測には不向きである。今回は、通信用光ファイバを用いた計測用センサを用いたことにより、低コストで広範囲の計測が可能となった。光ファイバセンサの構造を図 1 に示す。

2.2 FBG

FBG は、光ファイバに紫外線を当て、ある特定の波長を反射させ、その波長の変化からそのセンサに発生したひずみ量を計測する方法である。この部分にひずみが加わるとブラッグ波長がリニアに変化し、そのブラッグ波長シフト量を計測することにより光ファイバのひずみを算出することができる。計測時間は最短 0.02 秒であり、リアルタイムな計測に適している。

3. センサ設置状況

センサを設置した現場は、数十年前に大規模な地滑りが発生し、その補修と抑制を目的に吹き付けコンクリートで防護工が施されている。しかし、経年による地滑り挙動の再発と経年劣化によるコンクリートのひび割れが発生しており、斜面全体の挙動監視とすでに挙動が発生してい

キーワード 光ファイバセンサ、B-OTDR 法、計測

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 2-4-11 NTT インフラネット関西支店（株）TEL06-4705-7595 鳥越 寿彦

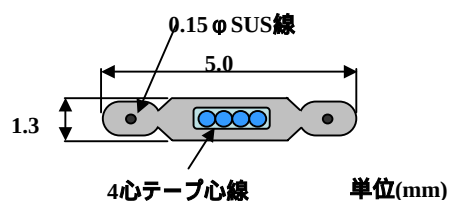


図1 光ファイバセンサ構造

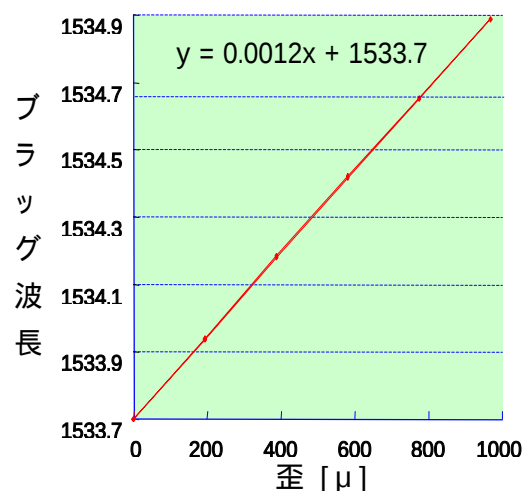


図2 ブラッグ波長とひずみの関係

る部分の監視を行う必要があった。そこで、斜面全体の挙動を監視することを目的に B-OTDR センサを設置した。（図 3 参照）FBG はすでに発生しているひび割れ（部分的な挙動）の詳細計測及び斜面の傾斜を計測することとした。伸縮計を図 4、傾斜計を図 5 に示す。



図 3 B-OTDR センサ



図 4 FBG 式伸縮計



図 5 FBG 式傾斜計

4. 計測結果

今回、センサを設置して約 2 ヶ月しかたっていないため、吹きつけコンクリートの変動は発生していない。そこで、気温変化による変動が計測されていることにより本計測方法の有効性を示す。

4. 1 B-OTDR 手法

計測区間にはその変動が把握できるようにおよそ 2,000 μ のプレテンションを与えて敷設している。斜面に変動が発生した場合、初期値から相対変化を検出し、センサ設置間隔から伸縮量に変換することができる。また、今回は特に吹きつけコンクリートに現存しているひび割れを計測できるようにセンサを設置した。

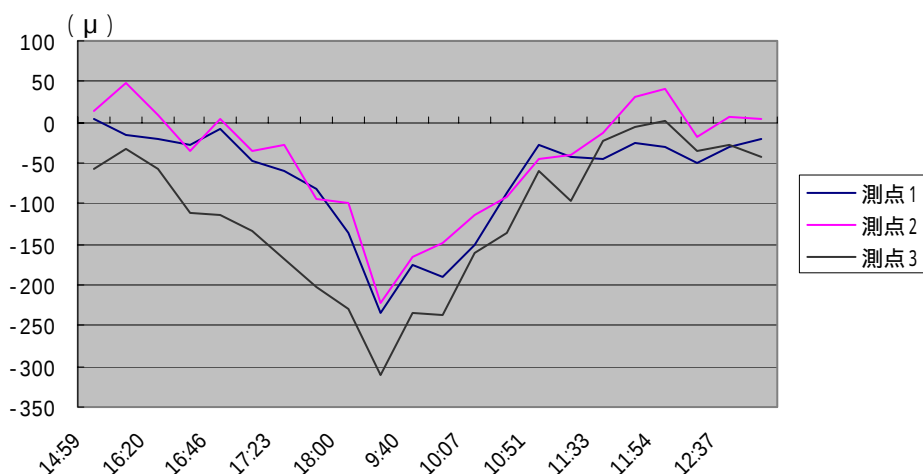


図 6 B-OTDR 気温変化による変動状況

計測機器が表示する計測データには、コンクリートの線膨張伸縮量およびひび割れ幅の伸縮量の両方が含まれるため、前者をキャンセルすることでひび割れの幅の伸縮が計測できる。図 6 は気温変化による変動を表示したものである。この結果から、気温変化による吹きつけコンクリートの挙動が計測されていることがわかる。計測対象日の気温変化量は 18.4 であり、コンクリートの線膨張係数から伸縮量が約 180 μ であるため、B-OTDR の計測誤差 $\pm 50 \mu$ を考慮すると気温変化が正確に把握できていることがわかる。

4. 2 FBG 手法

FBG センサは B-OTDR センサの約 10 倍の精度で計測できる能力を持つ。今回は設置したセンサは計測機器の筐体内部に温度補正用センサを組み込み、自己補正を行っている。紙面の都合上、データは割愛するが、B-OTDR 手法を上回る精度で気温変化の状況が計測できた。

5. おわりに

ある一定の広さを有する面的計測には、B-OTDR 手法が精度よく計測できる可能性を得、FBG 手法はその数倍の精度で計測できることが確認できた。今後は、定期的に計測を実施し、斜面の変動を計測できる 1 手法として確立させていきたいと考える。