

## FBG センサを使用した長期モニタリングシステムの開発

株式会社 IHI 検査計測 正会員 ○西土 隆幸  
株式会社 IHI 検査計測 今川 峻

### 1. 背景

2014 年度より、5 年に一度の近接目視による点検が実施されている<sup>1)</sup>。その結果、Ⅱ 予防保全段階、Ⅲ 早期措置段階では、5 年後の次回の点検までの間に目視以外の点検が必要になる場合もある。目視点検時にセンサ等の設置を行い、無線でその状態を知ることができれば、遠隔地の架設場所や、測定のために足場が必要となる場所では、移動時間やコストなどの削減が可能となる。しかし、その場合には、長期間計測できるセンサや計測装置の常設が必要となるため、高価なセンサや装置を使用しなければならないという欠点がある。そこで、このような問題点を解決するために FBG センサによる無線システムを開発した。

### 2. FBG センサについて

光ファイバセンサの一種である FBG (Fiber Bragg Grating) センサは、コア内部に屈折率の異なる層を作りこみ、反射鏡のような役割をする回折格子(グレーティング)を形成する。広帯域の光源から光がファイバに入射されると、ブラッグ波長と呼ばれる特定の波長を反射し、他の光は透過する<sup>2)</sup>。図 1 に FBG センサの構成を示す。FBG 部に外力や温度が加わるとファイバは伸縮する。回折格子の間隔も変化するため、反射するブラッグ波長も変化する。この特性を活かして、ひずみや温度変化を計測する。また、FBG センサがひずみゲージと比較して以下のように優れている点がある。

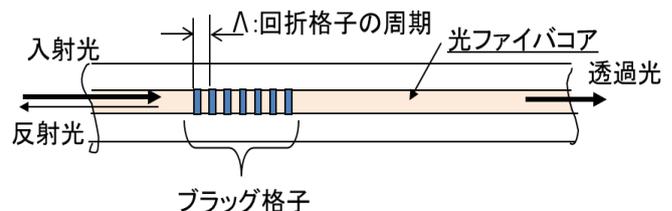


図1 FBG センサの構成

- (1) 耐久性に優れている。
- (2) 電気的影響を受けない。
- (3) 1本のFBGセンサで複数点の計測が可能である。

### 3. モニタリングシステム

市販されているFBGセンサ用の計測器は、機能面において優れているが高価である。そこで、計測系の構成機器である、光源、サーキュレータ、光電変換器を個別に選定、購入して組み合わせることで、費用を抑えることができる。本システムの光源、光電変換器は、Bay Spec社製のものを使用した。

計測の無線化については、計測データをリアルタイムで受信するため、無線通信方法を検討した。通信機器には、Sim内蔵型Virtual Private Network(以下VPN)ルーターを使用して、仮想プライベートネットワークを構築した。VPNとは、インターネットに接続されている利用者間に仮想的な通信トンネルを構成したプライベートなネットワークのことであり、遠隔地との通信を行うことができる。図2に選定し、購入した機器を用いて開発したモニタリングシステムの構成を示す。本システムでは、遠隔地からFBGセンサによる対象構造物のひずみ計測をリアルタイムで行うことが可能である。計測したデータをインターネット経由で受信し、保存やPC画面での状態監視が可能となる。

開発したシステムを用いて1週間モニタリングを実施し、その有効性を確認した。試験は室内で行い、気温の変化に伴うブラッグ波長からひずみの変化を計測した。計測間隔は、1時間に1回としている。図3にモニタリングした結果を示す。回線の不具合等はなく、データ収集をスムーズに実施できた。得られた結果から、

キーワード FBG センサ, 長期モニタリング, 無線通信, 支承, ひずみ

連絡先 〒236-0004 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-6-17 株式会社 IHI 検査計測 研究開発センター

TEL : 045-791-3522 E-mail : t\_nishido@iic.ihc.co.jp, s\_imagawa@iic.ihc.co.jp

気温の上昇する昼間と低下する夜間の影響（波長がシフトしている）を確認することができた。また、本システムは、ひずみゲージと同等の精度でひずみ計測を行うことができる。

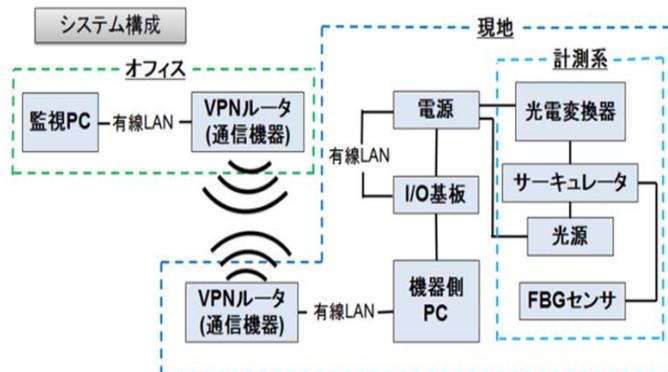


図2 無線監視システムの構成

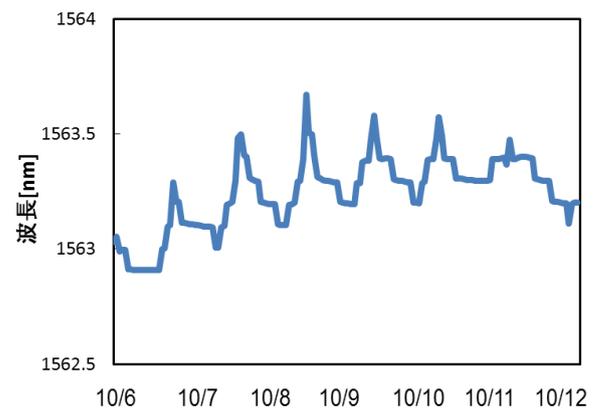


図3 モニタリング結果

#### 4. 適用先

適用部位の一例として、支承のヘルスマonitoringが挙げられる。支承は、温度変化による主桁やコンクリート床板の伸縮の吸収を目的としている。また、上部構造の荷重を下部構造（橋台や橋脚）に伝達する役割を担っている。図4に計測箇所の1例を示す。計測箇所にセンサを貼り、ひずみ計測を実施する。支承が正常に機能すれば、移動や回転などの動作をするので、ひずみは発生しない。しかし、機能が低下した場合、支承は拘束されるため、ひずみが発生する。支承の発生ひずみを継続的にモニタリングすることにより、異常を検知することが可能であると考えられる。

支承のひずみ計測の有効性を確認するため、鋼単純合成床板全体に加え、支承部をモデル化し、有限要素解析を行った。図5に解析結果を示す。この解析では、支承の機能が低下したと仮定（移動、回転を拘束）した温度から、コンクリート床板、鋼桁が共に20℃上昇した状態を再現している。図に示すように斜材の中央部に大きな応力（100Mpa）が発生していることが分かる。このことから、図4に示すように支承にFBGセンサを貼り、ひずみを計測することで、支承の機能低下を検知することが可能になると考えている。今後、実橋梁にて開発したシステムを用いて支承のモニタリングを実施する予定である。

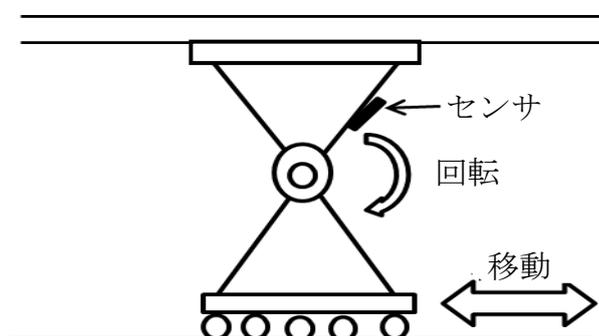


図4 支承の計測箇所の1例

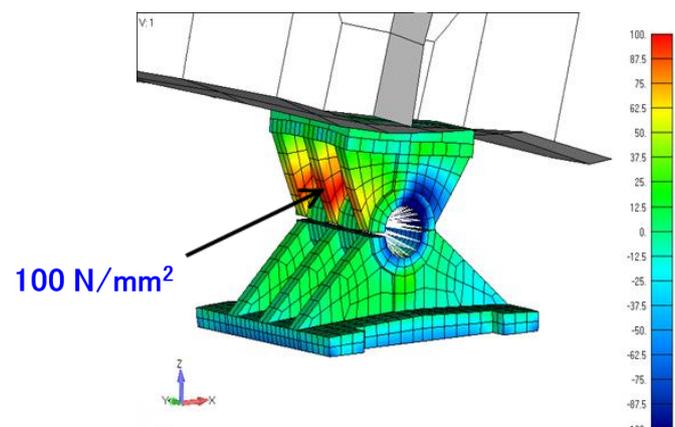


図5 解析結果

#### 参考文献

- 1) 道路メンテナンス年報 国土交通省 2017.8
- 2) HBM ホームページ FBG 光ファイバ式センシング：  
<https://www.hbm.com/jp/4596/what-is-a-fiber-bragg-grating/>