

ロングゲージFBG センサモニタリングによる実橋梁の劣化損傷評価に関する研究

茨城大学	学生会員	○渡邊 智則
茨城大学	正会員	吳 智深
株式会社 KSK	正会員	石沢 孝
株式会社 構造計画研究所	正会員	楊 克儉

1 背景・目的

わが国では、1950年代中頃からの高度経済成長期に多くの社会基盤設備が整備され、耐用年数の超過による老朽化や劣化、損傷が生じ、安全性に問題が生じている。構造物の状態を直ちに診断するシステムの構築と実現が求められているが、現況の点検方法では人的関与が大きく構造物の状態を直ちに診断することが困難であり、効率よく維持管理することが難しい現状である。構造物を安全に使用し、効率的に維持管理するためには、構造物全体のデータを瞬時に取得することが必要である。そこで連続・分布的に構造物の状態を把握することが可能である光ファイバセンサが注目されている。

本研究では、光ファイバセンサの中でも特に高精度であり、動的計測が可能なFBG (Fiber Bragg Grating) センサを用いた。FBG センサは、もともと点での計測を行うセンサであるが、本研究室において渡辺ら¹⁾によって発案されたロングゲージFBG センサを用いて、実橋梁構造物に対するモニタリングを行った。本研究はロングゲージFBG センサモニタリングによる実橋梁の劣化損傷評価を目的とし、研究を行った。

2 FBG センサ

2.1 計測原理・特徴

FBG センサは照射されたレーザー光をセンサ内で反射し、反射してきた光の波長の変化量からひずみや変形を計測する原理である。また、照射した光が回折格子で特定の波長のみが反射されるため、波長の違うFBG センサをつなげることで、多点計測が可能である。また、電気的ノイズに強く、耐腐食性があり、電子部品を使用せず故障が少ないなどの特長も有している。

2.2 ロングゲージFBG センサ

ゲージ長20mmであるFBG センサに引張ひずみを与え、さらに定点接着することで、非接着区間のひずみが一定になる。以上より、計測区間を広げることができFBG センサのロングゲージ化が可能である。

3 実橋梁におけるロングゲージFBG センサの性能評価

3.1 実験概要

研究対象の橋梁は40年間経過した橋長300mの4径間連続PC箱桁橋である。本実験では、現況の耐荷力を評価するため静的載荷実験と走行実験を行った。図-1にロングゲージFBG センサの配置図を示す。

静的載荷実験では、橋梁の損傷状況を考慮し妥当な測定精度が得られる最低限の荷重として、20t荷重車を6台使用し合計120tの載荷とした。計測の際は決められた位置に停車させ2回ずつ計測を行った。走行実験では、同荷重車を1台走行させ、静的載荷実験と同様に2回計測した。荷重車の走行位置は、横断方向の構造中心位置とし、走行速度は、時速60kmで行った。

ロングゲージFBG センサによる計測データのサンプリング周波数は、全て200Hzに設定した。また今回の計測は、ロングゲージFBG センサの優位性を示すためひずみゲージの結果との比較も行った。

3.2 計測結果

本実験では静的載荷実験2回の計測の平均値を用いた。静的載荷実験では、各センサの載荷時の値と無載荷時の値の差からひずみを算出した。

図-2, 3に静的載荷実験及び走行実験でのロングゲージFBG センサとひずみゲージの結果の比較を示す。グラフを見てみると、敷設したひずみゲージはセンサ長60mmで局所的なひずみを計測するものであり、橋梁などの長大な構造物全体の挙動を把握することが困難なことが分かる。このことからロングゲージFBG センサの優位性を示した。

キーワード FBG, 橋梁, モニタリング, ひずみ

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部 TEL : 0294-38-5004 FAX : 0294-38-5268

4 有限要素解析

4.1 解析概要

本研究の解析は、汎用でありコンクリートのひび割れ進展解析に優れていることから TNO DIANA 社の解析ソフト DIANA を使用し、有限要素法を用いた解析を行った。解析には有限要素としてソリッド要素を用い、節点数 10793、要素数 5444 の 3D モデルを使用した。また、要素単位で弾性係数を変化させることで損傷を考慮し、計測で得られたロングゲージ FBG センサのひずみ分布を再現した。各パラメータはヤング率 21.8 GPa、ポアソン比 0.2、荷重 1177 kN(120 ton)とした。損傷追加モデルは、PC ケーブル破断状況と計測で得られたひずみの値をもとに損傷部を検討し弾性係数は 10%~90%低下させた。また、ソリッド要素をトラス要素に変更させることで微小なひび割れを再現した。

4.2 解析結果

図-4 に損傷追加モデルの解析結果とロングゲージ FBG センサの計測結果を比較したグラフを示す。ロングゲージ FBG センサのゲージ長は 1 m であるため、解析結果のひずみ値はセンサ敷設範囲における要素のひずみの平均値と、センサ長の中心値を用いてグラフを作成した。図-5 にロングゲージ FBG センサで計測されたひずみから算出したたわみと、解析結果、実測で得られたたわみの比較をしたものを示す。

損傷追加モデルの解析で求めたひずみ分布は、端部でロングゲージ FBG センサのひずみの分布形状と値が大きく違う点が見られたが、同様の形状になった。図-5 から、ロングゲージ FBG センサで計測されたひずみから算出したたわみと、解析値、実測で得られたたわみの値は概ね同様な値となったことから、解析モデルの有用性を示した。

5 結論

- 1) ロングゲージ FBG センサの計測結果から、解析における損傷追加モデルを提案した。
- 2) 解析結果から、剛性の変化位置を示した。
- 3) ひずみゲージによる局所的な計測は、橋梁などの長大な構造物全体の挙動を評価できないため、ロングゲージ FBG センサの優位性を示した。

参考文献

- 1) 渡辺匠, 呉智深, 高橋貴蔵: ロングゲージ FBG センサの分布化による微小ひずみ測定技術に関する研究, 土木学会関東支部第 34 回技術研究発表会, 土木学会関東支部, V-041, 2007.3
- 2) 小野 勇人: 橋梁構造物の健全性モニタリングに対するロングゲージ FBG センサの適性に関する研究, 修士学位論文, 2012.3

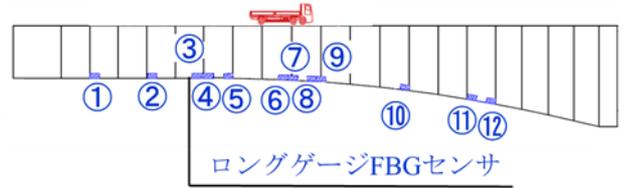


図-1 ロングゲージ FBG センサ配置図

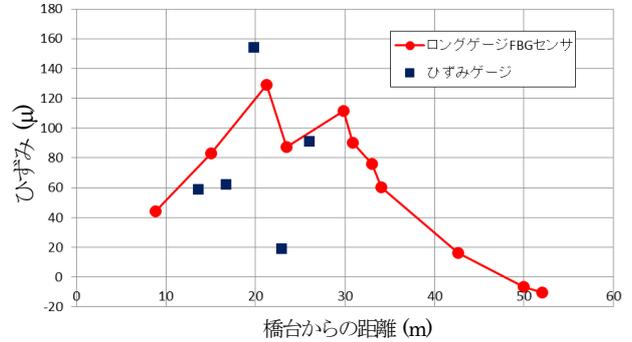


図-2 载荷実験結果

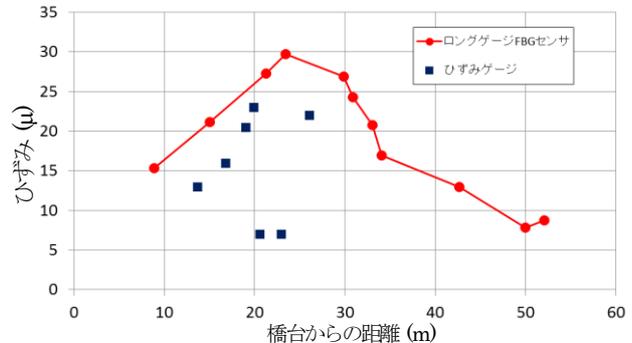


図-3 载荷実験結果

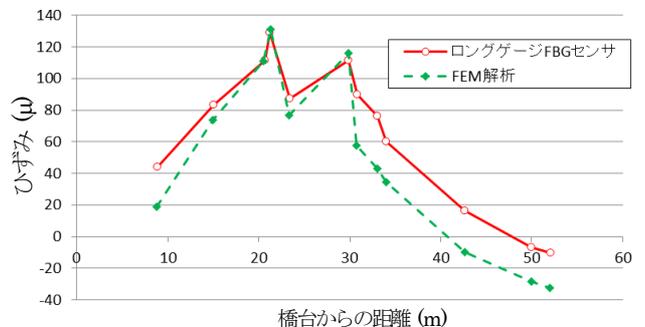


図-4 解析結果との比較

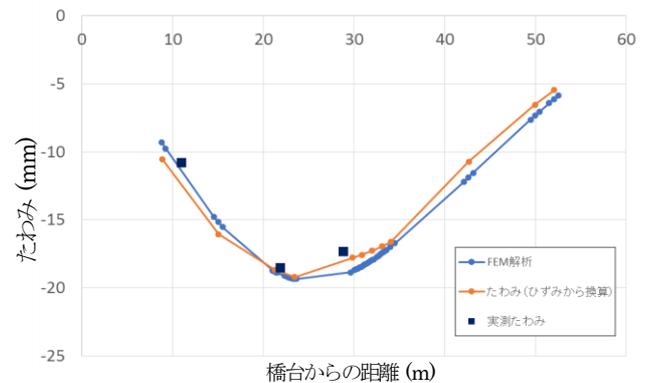


図-5 载荷実験 たわみ