

BOTDR 方式による橋梁モニタリング用小型センサの開発

NTT 正会員 ○馬場進、NTT東日本 小松宏至

(株)東電通 山口 晋

NTTインフラネット(株) 前田泰男

1. はじめに

橋梁のモニタリングは設備劣化等の日常管理の面だけでなく、地震等の異常時には交通の確保の面からも道路管理者にとって重要なテーマとなっている。しかし、橋梁の数は膨大であり、また複数の橋梁を一度に面的に把握するためには、コストが安く、信頼性、耐久性、施工性に優れたセンサとモニタリングシステムが求められている。光ファイバセンシングは期待される技術の一つであるが、本稿はBOTDRを利用した小型光ファイバセンサを使った橋梁監視システムの開発概要を紹介する。

2. 橋梁モニタリングの概要

橋梁の変状を監視するためには、センサを橋梁構造物の各所に配置しなければならない。橋桁には橋軸、鉛直、水平方向を基本として橋桁両端に径間の数だけ配置するため、1橋だけでも十数個のセンサが必要になる。

(図1)



図1 橋梁設置イメージ

3. 光ファイバセンサの概要

3.1 BOTDR 方式

BOTDR方式は後方散乱光(ブリルアン散乱光)を測定分析し、光ファイバの歪みの変化をとらえる技術であるが、ファイバに沿って連続的に歪を計測することができるため、

Key Word : 光ファイバセンシング、変位計、BOTDR

連絡先: 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 Tel.029-868-6240 Fax.029-868-6259

雷や磁気対策が不要、配線がシンプル、センサ部に給電が不要など光センシングの共通の特徴以外に線的・面的計測が可能、長距離計測が可能等といった利点を有しており、橋梁においては、一本のファイバ上に多数のセンサを配置できる。

3.2 橋梁センサ機構

センサは橋梁の限られたスペースに設置するため、極力小型軽量化しなくてはならないが、小型化には以下の2つの課題があった。

1つ目は、BOTDRの距離分解能が1mであることから安定した計測を行うには、最低3mの光ファイバをセンサ内に収納しなくてはならない。

2つ目は、橋梁の実変位を圧縮し、ファイバの限界伸張長の範囲で変位をファイバに変換させなければならない。

以上の課題に対し、光ファイバの束に一定の歪を発生させる構造を考案した。これにより安定計測に必要なファイバ長をセンサ内に確保した。また、定率で実変位を低減させるメカニカルな機構を考案することにより、センサの小型化が可能となった。(図2・表1)



図2 小型光ファイバセンサ(試作品)

3.3 橋梁センサ諸元

試作を実施したセンサは地震時の大変形を捕らえることを目的としており、「測定範囲: 10cm、目標精度: ±3mm」と設定した。

項目	仕様
長さ	150mm(センサ本体) 285mm(ロッド含) 365mm(最大変位時)
幅	74mm
高さ	75mm
重さ	1.0kg(試作品、暫定)
計測可能変位	100mm
精度	±3mm
適用温度	0～40

表1 小型光ファイバセンサ仕様

4. 基礎検証実験

センサ構造の妥当性及び測定精度を確認するために、試作品の検証実験を行った。実橋梁にセンサを設置する場合には、かなり大きな温度変化の影響を受けることが想定されるため、各温度条件において検証実験を行った。実験は大型の恒温恒湿を利用し、湿度一定下で温度を変化（0～40）させてひずみ測定を行った。実験の結果を図3、図4に示す。

図3に示すように、ひずみと変位の関係は比例関係にあり、安定した計測結果が得られた。この関係により近似直線の傾きを求め、本センサにおけるひずみを変位置に変換する補正係数とした。

補正係数より測定誤差を求めた結果を図4に示す。0 から+40 までの測定ひずみから求めた変位置の誤差は、若干の誤差を含むものの、目標とした精度±3mmは十分にクリアしており、所定の温度条件下においては実用性に耐え得ることが確認できた。

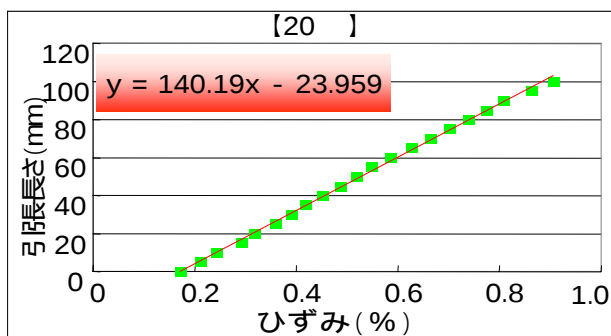


図3 変位置とひずみの関係

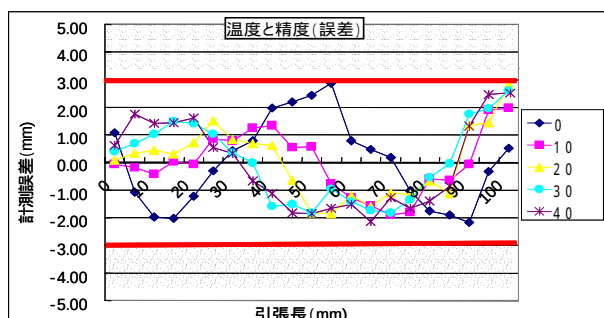


図4 温度特性検証実験 誤差分析

5. 耐振による影響の確認実験

道路橋に設置した場合、センサは車両の通行による震動を常に受けることになる。このため、振動発生装置を使い、車両通行時を想定した耐振基礎実験を行った。設定した周波数は2Hz、振幅0.5cm、振動時間10分間である。実験の結果、振動前後で測定精度に差は見られず、車両の通行による振動に十分耐え得ることが確認できた。

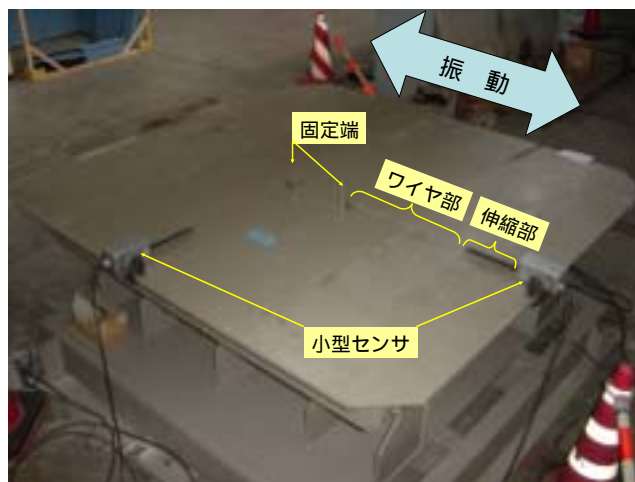


図5 震動実験状況

6. システム化に向けて

橋梁の狭隘なスペースには、センサ設置に制約があるため、図5のようにセンサ伸縮部の先端にワイヤをつなげ、変位を伝達する治具をつくった。今回のセンサは引張に追従するタイプであるが、計測箇所によっては、逆に伸縮部を押し付けることにより追従するタイプのセンサも必要となるため、構造的な見直しも含め、開発中である。

また、橋梁の挙動を把握するためには、センサの適正な配置とセンサの変位を総合的に、ビジュアルに表示するソフトウェアの開発が必要であり、今後開発を進めていく。

7. おわりに

今回開発したセンサは小型化されたことで、橋梁だけでなく、B O T D Rの特長を生かせる計測現場で利用できる。今後は実橋梁を想定した試験を行い、施工性・耐久性等の確認を行い、システム化していく予定である。

8. 参考文献

- 1) 倉嶋、佐藤ら：光ファイバセンサを用いたコンクリート構造物の歪分布測定、電子情報通信学会第19回光センシング技術講演会（pp23-29, 1997.5）