# 橋梁の点検・診断における光ファイバセンサの適用性に関する検討

NTT アクセスサービスシステム研究所	正会員	奥津	大	正会員	藤橋	一彦
独立行政法人土木研究所	正会員	村越	潤	正会員	麓興	₽ <b>─</b> 郎
同上	正会員	高木	伸也	正会員	次村	英毅

#### 1. はじめに

近年、長年に渡って整備してきた社会資本の維持コストが 増大する一方、新規の整備が困難な状況となっており、既存 インフラを適正に維持し、有効に活用することが重要な課題と なっている。本文では、橋梁の点検・診断への光ファイバセン シング技術の適用性について、試験橋梁を用いた実験結果 を踏まえて述べる。

## 2. 光ファイバセンシング技術の概要

光ファイバセンシング技術とは、光ファイバにレーザー光を 入射し、その反射光または透過光を受光し、その特性を分析 することによりひずみ、温度、損失等を計測する技術である。 光ファイバセンシング技術にはいくつかの方式があるが、 NTT は BOTDR(Brillouin Optical Time Domain Reflectometer) 方式を開発・実用化してきた。この方式では、光ファイバに光 パルスを入射した時に発生する後方散乱光のひとつであるブ リルアン散乱光の周波数分布が光ファイバの軸ひずみに比 例してシフトするという特性に利用して、光ファイバに沿って 連続的にひずみを計測する。なお、光ファイバ上の任意の測 定点のひずみは、その点から空間分解能(パルス幅によって 決まる)と等しい区間の平均値である。

## 3. 実験概要

土木研究所構内の試験橋で載荷実験を行い、光ファイバセ



ンサの適用性を検証した。なお、変状が発生した場合の各部材 の応力等の変化を把握するために、試験橋の拘束条件等を変 化させて各ケースについて計測を行った。図-2 に試験橋の概 要、センサ設置位置及び載荷位置を示す。載荷には20t 荷重車 (前軸:5.2t、後軸 14.8t)を用いた。なお、右車輪が G1 桁上にく る場合を第 1 レーンとした。表-1 に試験橋の構造状態のケース を示す。



図-2 試験橋概要

表1 試験橋の構造状態

構造状態	内容
変状無し	試験橋に何も手を加えないそのままの状態(正常時)
支承拘束	支承に対して、腐食等による機能損失を想定し、全支承(8 箇所)の回転及び移動をボルトを用いて妨げた状態
横構取外し	横構に対して、腐食による断面欠損、地震時の座屈による機 能損傷を想定し、G1-G2 桁間全パネルの横構を拘束してい る高力ボルトを緩めた状態

今回の実験では光パルスの周波数帯幅 0.0300GHz を 0.0010GHz ピッチで、各周波数につき2×10<sup>13</sup>回計測し、一回の 計測に約 5 分を要した。実験に用いた光ファイバセンサ、固定 具及び固定台座は NTT の通信用トンネル(とう道)の変状を監 視するのに用いているものを使用した。そのため、橋桁により 適した固定方法等を開発すればさらに高精度な計測が可能で あると考えられる。

4. 実験結果

Keywords 橋梁、診断、点検、光ファイバ、BOTDR 方式 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 TEL.029-868-6240 FAX.029-868-6259



図-3 光ファイバセンサとひずみゲージの計測ひずみ分布

図-3(a)~(f)に G1 桁下フランジにおけるひずみの計測結果 の一部を示す。図にはひずみゲージ及び光ファイバセンサの 計測結果を併せて示している。なお、(a)~(f)の構造状態及び 載荷位置の組み合わせは表2 に示す通りである。

表-2	載荷ノ	ペタ-	->
-----	-----	-----	----

	変状無し	支承拘束	横構取外し
第1レーンL/4	(a)	(c)	(e)
第1レーンL/2	(b)	(d)	(f)

BOTDR 方式では、ひずみを光ファイバに沿って連続的に計 測することが可能だが、これらの図では便宜的に固定点間の中 点の両側0.5m 区間の平均を中点にプロットしている。

#### 5. 考察

今回の計測では、BOTDR の計測精度(±0.0030%)に対して 発生ひずみが比較的小さく、適用性を評価するには必ずしも条



件が適切とは言えない面もあるが、ひずみゲージの計測デー タと光ファイバセンサの計測データは比較的良い一致を示した。 ひずみゲージと光ファイバセンサの計測値の関係を図4 に示 す。図中の実線は、両者の関係を直線近似した線であり、その 上下の破線は BOTDR の計測精度の幅を示している。この図よ り、光ファイバセンサの計測データはひずみゲージの計測デ ータを基準としたとき、その計測精度の幅に収まっており、良好 な計測が行われたと言える。なお、近似曲線の傾きが1をやや 下回っているのは、前述した BOTDR 方式の計測原理の特徴 によるものと考えられる。

# 6. まとめ

試験橋を用いた実験により、既設橋梁の点検・診断への光フ ァイバセンシング技術の適用性について検討した。静的載荷実 験の結果、ひずみゲージとの対応は良好であり、適用の可能性 を確認できた。光ファイバセンサは長距離を連続的に計測する ことができるため、1 本の光ファイバで複数の主桁や横桁、ある いは複数の橋梁を対象とした大規模な計測に適していると言え る。なお、引き続き試験橋を用いて温度応力の長期計測を実施 中であり、別の機会に報告する。

#### 参考文献

出戸、大河原、岩崎、倉嶋:光ファイバを用いたひずみ分布計測の既設 鋼橋への適用、構造工学論文集、Vol.47A、2001.3 橋本、高塚、藤橋、奥津:光ファイバセンサを用いたトンネル構造監視 について、第56回年次学術講演会概要集 -182、2001.10