

芝浦工業大学工学部

正会員 勝木 太*1

芝浦工業大学工学部

正会員 矢島哲司*1

住友電気工業(株) 電力システム技術研究所 藤枝敬史*2

1. はじめに

従来の電気式ひずみ計測システムは、電磁誘導の影響を受けること、またスパークの恐れがあること、電源や情報伝達装置などが大掛かりなシステムとなってしまうことなどの欠点が挙げられる。そこで近年、光ファイバセンサーがひずみ計測のため注目されてきた^{1), 2)}。光ファイバは、その主成分が石英であるため、温度変化や電磁誘導、腐食などの物理的・化学的要因による外的作用に対して影響が少ない。また光ファイバ計測システムは、ファイバ自体がセンサーおよび伝送路となることから、点計測ではなく線または面といった広範囲の計測が可能となるなどの特徴を有する。

そこで本概要では、コンクリート構造物の維持・管理用ひずみセンサーとしての光ファイバの性能を明らかにすることを最終目的とし、ひびわれ模擬供試体および梁曲げ供試体を用いて基礎的な実験を行った結果について報告した。

2. 測定原理

光ファイバひずみ測定原理は、ファイバがひずむことによってファイバ中の密度がゆらぎ、そのゆらぎから生ずる後方散乱光の周波数変化量がひずみと比例する関係(1)式を利用したものである。

$$\lambda' = \lambda \cdot (1 + K \cdot \epsilon) \Rightarrow \lambda' - \lambda = K \cdot \epsilon \quad \cdots (1)$$

λ' : ひずみ後の後方散乱光周波数

λ : ひずみ前の後方散乱光周波数

K : 比例定数

ϵ : ひずみ

またひずみ測定位置は、後方散乱光の戻る時間を計測することによって判定される。なお、ひずみ測定には安藤電気(株)製品の光ファイバひずみ/損失アナライザ(AQ8602)を、光ファイバは住友電工(株)製品のナイロン被覆型のものを使用した。

3. 実験概要

図-1 にひびわれを模擬した引張試験の概要を示す。供試体長手方向には光ファイバを配置しており、供試体の両端部 30cm 区間を接着し固定した。また、試験は供試体中央部を開口することにより光ファイバに引張力を負荷し、そのときの中央部の開口変位を π 型ゲージにて計測した。図-2 に梁曲げ試験の概要を示す。供試体は、スパン 800cm の単純梁のもの(1)と、スパン 400cm の連続梁のもの(2)の 2 種類とした。なお、梁の材質は合板であり、供試体下面をアラミド繊維シートで補強した。また、アラミド繊維シート表面(供試体長手方向)に光ファイバを全面接着するとともに、50cm

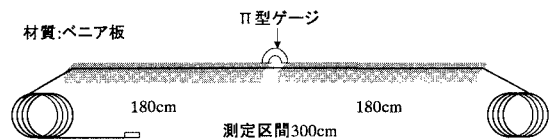


図-1 引張供試体概要

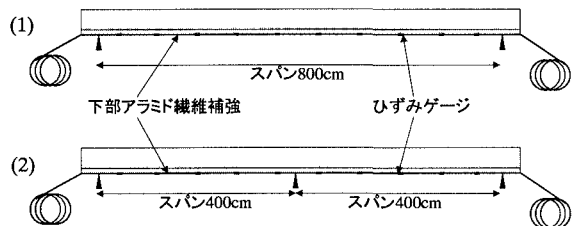


図-2 曲げ供試体概要

キーワード : 光ファイバ, 非破壊検査, 曲げ, 引張り

*1 : 〒108-0023 港区芝浦 3-9-14

*2 : 〒554-0024 大阪市此花区島屋 1-1-3

間隔には従来のひずみゲージを貼り付け、光ファイバから得られるひずみ量と比較検討した。

4. 実験結果と考察

図-3 に引張試験結果を示すが、実験結果は π 型ゲージから得られる開口幅と光ファイバから得られる測定区間の平均ひずみの関係である。なお、図中には理論値として π 型ゲージより測定された開口幅を測定区間で除した値も示した。図より理論値と光ファイバによる測定値はほぼ近似しており、光ファイバによって開口幅をほぼ精度良く測定できることが分かった。しかし、光ファイバの温度変化によるひずみ測定誤差は $0.002\% / ^\circ\text{C}$ であり、今回のような室内実験では 0.3mm 以下の微小開口幅まで評価できるが、屋外（特に寒暖差の激しいところ）においては誤差が生じてくる可能性がある。

図-4, 5 に曲げ供試体(1), (2)の実験結果を示す。本実験では 2.0m の最小光パルス光ファイバに注入した後方散乱光を測定しているため、図中のあるポイントのひずみ測定量は前後 2.0m の平均ひずみとして評価される。図-4 の曲げ供試体(1)の結果より、ひずみゲージの測定値と光ファイバによるひずみ測定値はほぼ近似していることから、従来のひずみゲージ同様、光ファイバによって曲げ引張ひずみを評価できることが分かった。また、図-5 の曲げ供試体(2)の結果より、中間支点部に生じる圧縮ひずみも光ファイバによって評価できることがわかる。これまで光ファイバの機能上、圧縮ひずみを測定することは困難であったが、今回、事前に光ファイバに緊張力を負荷し貼り付けることで、圧縮による緊張力の減少量を利用し、圧縮ひずみを評価した。なお、両者の曲げ試験結果において、従来のひずみゲージの値にばらつきが生じている。これは試験体が合板でできていることからねじりを生じやすくなっており、その影響が出ているものと考えられる。

5. まとめ

本実験では、ひずみセンサーとしての光ファイバの特性・可能性について実験的に検討した。実験から、光ファイバセンサーによって、開口変位および曲げ引張ひずみを評価できることが分かった。また、圧縮ひずみのおいてもあらかじめファイバを緊張することで評価できることも分かった。今後の課題として、光ファイバは破断しやすくハンドリングを慎重に行わなければならないこと、また凹凸部の激しい個所における光ファイバの定着方法などの問題があげられる。

【参考文献】

- 1) 倉嶋, 薄他: 光ファイバセンサを用いたコンクリート構造物の歪み分布測定, Proceedings of 19th Meetings on Lightwave Sensing Technology, 1997.3
- 2) 倉嶋, 田中他: 光ファイバを用いた歪み分布計測, 土木学会, 岩盤力学に関するシンポジウム 72, pp.378 - 362, 1997

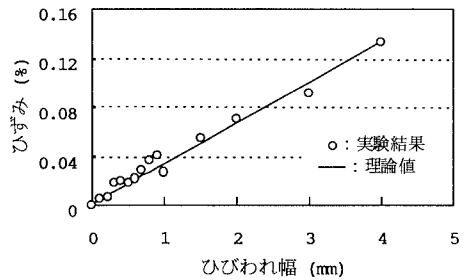


図-3 引張試験結果

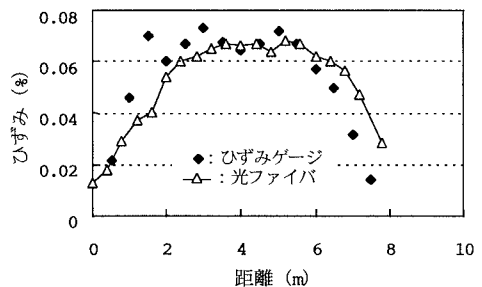


図-4 曲げ供試体(1)の実験結果

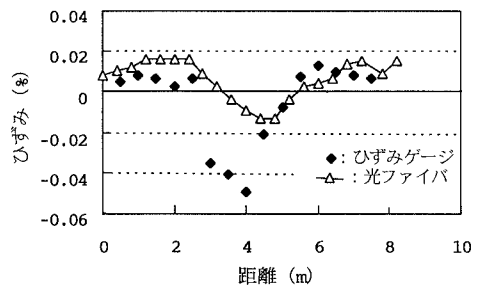


図-5 曲げ供試体(2)の実験結果