

分布型センシング技術の安定性評価に関する研究

茨城大学 学生会員 ○宮田 茉実
茨城大学 正会員 吳 智深

1. はじめに

構造物の自己診断を可能としたセンシングセンサにおいて連続的な計測が可能という点から、分布型センサが望ましいとされており、光ファイバセンサやカーボンファイバセンサへの関心が高まっている。

しかしこれらのセンサに関する研究では小ひずみ領域についてのものは少なく、またその為にはセンサの高い精度が求められる。

以上のことを踏まえて本研究では、光ファイバセンサとカーボンファイバセンサを合わせることで、それぞれのセンサを補完することが可能なハイブリッドセンサを作成し、素早い劣化予測を可能とした高度なセンシングセンサの開発を行う。

2. センシングセンサ

2.1 光ファイバセンサ (PPP-BOTDA)

本研究では、10cmの空間分解能を実現したPPP-BOTDA (Pulse-PrePump Brillouin Optical Time Domain Analysis)を使用した。PPP-BOTDAは分布型センサであり、長距離を連続的に測定することが可能という点でも優れたセンシングセンサである。

2.2 カーボンファイバセンサ

炭素繊維に一定電流を流し、繊維のひずみや破断によって起こる電気抵抗の変化を計測することで、構造物に起こる変状を把握することが可能となる。

3. ハイブリッドセンサの引張試験

3.1 ハイブリッドセンサ

光ファイバ素線を埋め込んだ炭素繊維束をエポキシ樹脂で含浸したものをハイブリッドセンサとする。カーボンセンサの電極部分として、炭素繊維束の両端に導電性ペーストであるドータイトを塗布する。

3.2 試験概要

ハイブリッドセンサのモニタリング精度を確認するために引張試験を行った。供試体は、ガラススタブの中央にセン

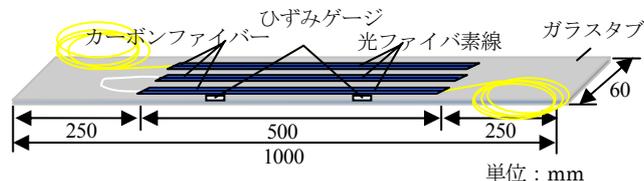


図-1 供試体の概略図

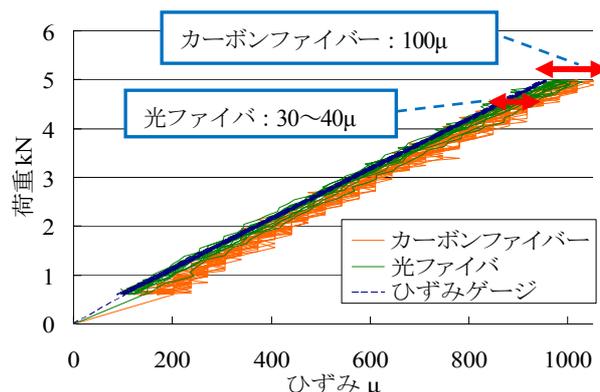


図-2 荷重 - ひずみ関係

サ長 500mm のカーボンファイバと光ファイバセンサ (PPP-BOTDA) を一体化させたものを樹脂で接着した。図-1に供試体の寸法を示す。

万能試験機に供試体を設置し、0.5kN/min の速度で 0.6~5.0kN の範囲において荷重の負荷・除去を行い、ガラススタブのひずみを計測した。安定性を確認するためにこれを 10 サイクル繰り返した。

3.3 試験結果

図-2 のグラフより、光ファイバセンサのばらつきは 30~40 μm 程度、カーボンファイバセンサのばらつきは 100 μm 程度であった。このことから、センシングセンサとして必要な再現性、安定性は共に確認された。

3.4 ハイブリッドセンサの感度試験

更に小ひずみをどの程度正確に計測できるかを把握する為に、最大 200 μm 程度のひずみが生じる 0.15~1.0kN の範囲において 0.1kN/min の速度と、最大 50 μm 程度のひずみが生じる 0.06~0.3kN の範囲において 0.05kN/min の速度で荷重の負荷・除去を繰り返した。

図-3 は最大 200 μm 程度のひずみをかけてサイクルした時のひずみと時間の関係を表わしたグラフである。カーボン

キーワード：分布型センサ、光ファイバ、カーボンファイバ、安定性、精度

連絡先：〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 Tel0294-38-5177

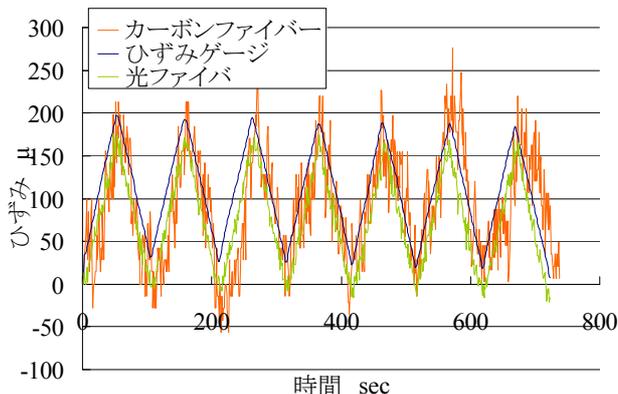


図-3 ひずみ - 時間関係 (最大ひずみ : 200 μ 程度)

ファイバーは、200 μ 程度のひずみ領域で最大値・最小値のずれが生じてばらつきが見られ、50 μ ではひずみの変化を捉えることが出来なかった。光ファイバは50 μ 程度のひずみ領域で安定性が低下し始めるが、ひずみの変化を捉えることが出来ている為、両センサ共に安定性が低下し始めた時点でも一定荷重の下で計測を繰り返せば理論値に近い値が導き出せると考える。

4. ひび割れを想定した切込試験

4.1 試験概要

ハイブリッドセンサの引張試験より、両センサ共にひずみのばらつきはあるが一定範囲内で変化していることがわかった。そこでまずは一定荷重で連続計測を行い、センサの真値を求める。その際に計測回数による真値の違いについても検討する。更に測定対象に損傷が生じた際に、ハイブリッドセンサによってどの程度検知できるかを調べる。

4.2 試験結果

0.6kN, 1kN, 1.5kN, 2kN の荷重においてそれぞれ連続計測を行った。その際に実測値全ての平均をとった期待値を真値とした。それぞれの真値をプロットしていったものを図-4 に示す。

ひずみゲージを理論値とすると、光ファイバ 1 回計測は 10 回計測に比べ安定していない。カーボンの場合も 50 回計測は値のばらつきが目立つが、100 回計測では理論値に近づき安定した。

以上のことより、一定荷重で連続計測を行うことで分布図より真値を求めることを可能とした。

次にガラスタブに 0, 6, 10, 15mm と切込みを入れた。図-5 はカーボンセンサの荷重とひずみ関係を表わしたグラフである。切込み 0mm のカーボンセンサでの誤差がやや大

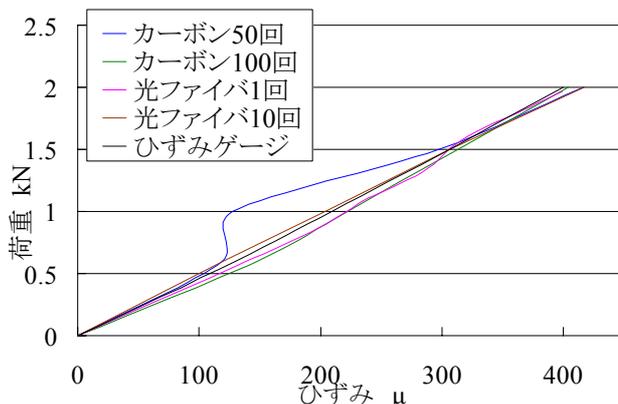


図-4 荷重 - ひずみ関係

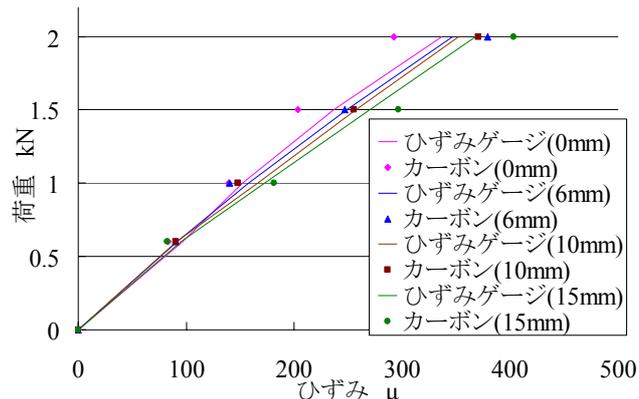


図-5 カーボンセンサの荷重 - ひずみ関係

きく出てしまったが、切込みによるひずみの増加はみられた。またカーボンは 200 回計測を行ったが、1 回、50 回計測に比べグラフが直線的であり、安定した結果となった。光ファイバセンサでも切込み検知と共に切込み箇所の特定制もできた。しかし小ひずみ領域ではひずみ変化が小さく、検知が困難であったため、更なる精度の向上が望まれる。

5. 結論

- 1) PPP-BOTDA 用光ファイバのひずみ誤差は30~40 μ 程度、カーボンセンサは 100 μ 程度のばらつきに収まっており、センシングセンサに必要な再現性、安定性は共に確認された。
- 2) ハイブリッドセンサにおいて、連続計測を行い期待値より真値を求めることを可能とした。
- 3) ハイブリッドセンサでの切込み検知を可能としたが、小ひずみ領域を知るためには精度の向上が望まれる。

参考文献

1) 呉智深, 高橋貴蔵: 光ファイバと複合繊維を用いた混合センサによる損傷検知, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, 2002