

BOTDR 方式によるひずみ測定 of 温度補正方法に関する一考察

NTT インフラネット(株) ○正会員 藤橋 一彦

NTT アクセスサービスシステム研究所 出口 大志

(株)東電通 江田 晃一

1. はじめに

BOTDR 方式では、光ファイバセンサそのものの温度変化及び作用するひずみ変化の両方に対して、ブリルアン散乱光の周波数はシフトする。したがって、精度良くひずみを測定するためには、この光ファイバセンサの温度変化に対する影響を補正する必要がある。一般的な補正方法としては、ひずみ測定区間の近傍に設けた、ひずみが作用しない区間の測定値を用いて補正する。すなわち、ひずみ測定区間の測定値は、温度とひずみの合計であるため、その値から、温度のみの影響を受けている区間の測定値を減ずることで補正を行う。しかしながら、光ファイバセンサに使用されている心線以外の部材(被覆、テンションメンバ)も温度により線膨張し、その伸縮は張力の有無により光ファイバ心線に異なった影響を与えるので、この補正方法では完全に温度の影響を補正することはできない。そこで、より精度良く温度補正できる方法を確立することを目的として、筆者らは2種類の光ファイバセンサに対して温度特性実験を行った。本報文は、この結果と考察について報告するものである。

2. 実験方法

実験風景を図1に示す。高低温実験室内に据えた2つのH鋼材(400×400×600)間に初期張力を変えたひずみ測定用光ファイバセンサを敷設し、ヒートサイクル実験を行った。測定には、新型 BOTDR・N8510(アドバンテスト社製)を使用した。

2.1 実験に用いた光ファイバセンサと初期張力

実験には薄肉4芯光ファイバセンサ(ナイロン被覆)とABSガラスFRP光ファイバセンサ(コンクリート埋め込み型:外径2mm)の2種類を用いた。ここでは、それぞれをAセンサ、Bセンサとする。負荷した初期張力(初期ひずみ)は、Aセンサは0.5%,0.3%,0.1%,0%の4パターン、Bセンサは0.2%,0%の2パターンである。さらに、比較用として、それぞれの心線のみを同時に設置した。

2.2 ヒートサイクル方法

図2に示すサイクルで温度を変化させ計測した。
①温度変化サイクル:+20℃→+40℃, +40℃→-10℃, -10℃→+15℃を1サイクルとした2サイクル実施
②温度変化量:1ステップにつき5℃ずつ変化させ、十分な時間保持
③計測回数:各ステップでパルス幅10nsおよび20nsについて、それぞれ連続して3回ずつ計測した値を平均

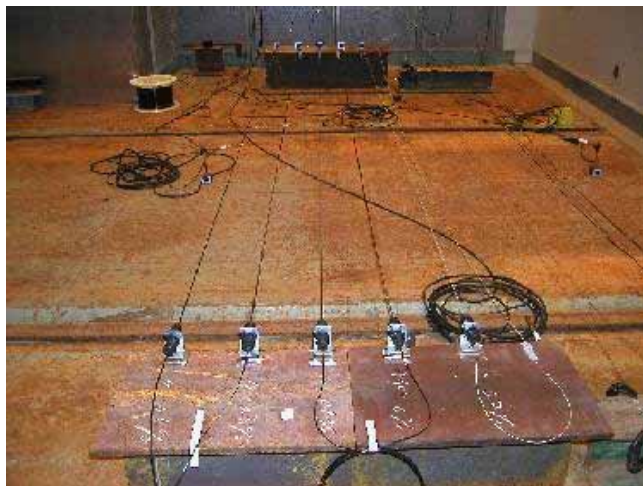


図1 光ファイバセンサ敷設状況

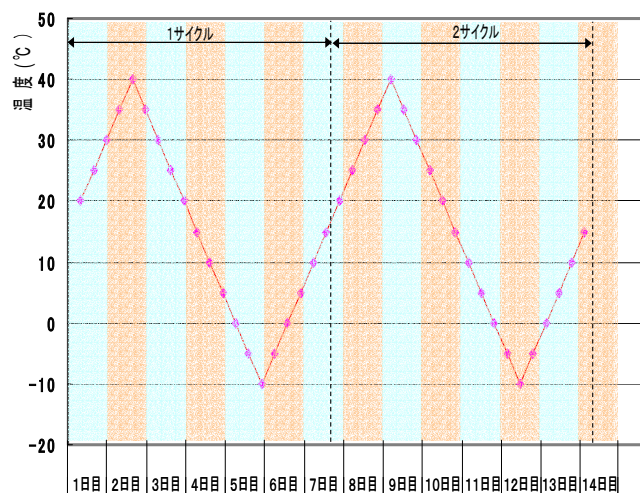


図2 ヒートサイクル

Key Word : 光ファイバセンサ, BOTDR, ひずみ測定, 温度補正

連絡先 : 〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町 2-31-1 浜町センタビル 15F Tel. 03-5643-5301, Fax. 03-5643-5745

3. 実験結果と考察

3.1 A センサ (薄肉 4 芯光ファイバセンサ)

図3にヒートサイクル試験で得られた温度と測定値(ひずみ)の関係を示す. 無張力(初期ひずみ 0%)の傾きは 0.049-0.050 であるのに対して, 有張力の傾きは 0.026-0.027 と明確に異なっていることがわかる. さらに, 有張力と心線(4心テープ)の傾きがほぼ等しい値となっている.

これに関して, Aセンサを構成する心線以外の線膨張係数 α の異なる部材, SUSテンションメンバ($\alpha=17 \times 10^{-6}$), ナイロン被覆($\alpha=10.4 \times 10^{-5}$)の伸縮が心線に影響を与えていると考えられる. センサに張力が作用した場合, 上記部材の線膨張の影響が極めて小さくなり, 温度によるブリルアン散乱光の周波数シフトが支配的となるため, 傾きが小さくなったものと考えられる.

3.2 B センサ (FRP 光ファイバセンサ)

図4に温度と測定値(ひずみ)の関係を示す. Aセンサと異なり, 張力の有無および心線のみのもいづれについても傾きの差は殆どないことが分かる. Bセンサの場合, 製造段階で初期張力を負荷した状態でFRP被覆していることから, 被覆の線膨張の影響が極めて小さいと考えられる.

3.3 温度補正方法

温度の影響を適切に補正するためには, 光ファイバセンサごとに温度特性を把握することが必要である. 図5にAセンサの温度補正の一例を示す. 有張力区間の測定値から無張力(初期張力 0%)区間の測定値を単純に減じて補正した場合, 温度の影響を補正しきれていない. 一方, 3.1 で説明した無張力の傾きに対する有張力の傾きの比率を, 無張力区間の測定値に乗じて, その値を有張力区間の測定値から減じて補正した場合, 温度の影響をほぼ補正できている.

4. まとめと今後の予定

BOTDR ひずみ計測技術は, 従来の電気計測では実現できない分布型ひずみ計測ができる特長を有しているが, なかなか普及が進まない 現状である. その理由としては, 温度補正方法が確立されておらず使用者の試行錯誤で実施していることも大きな要因の一つと考えられる. 本報文が, BOTDR でひずみ計測を行う際の参考となれば幸いである. 今後は, 温度計測を目的に開発されている各種光ファイバセンサを用いて, BOTDR による温度計測の精度評価を行う予定である.

参考文献

- 1) 小松、藤橋、奥津、江田：光ファイバセンサを利用した積雪計及び路面温度計の開発、土木学会第 58 回年次学術講演会 (VI-185)

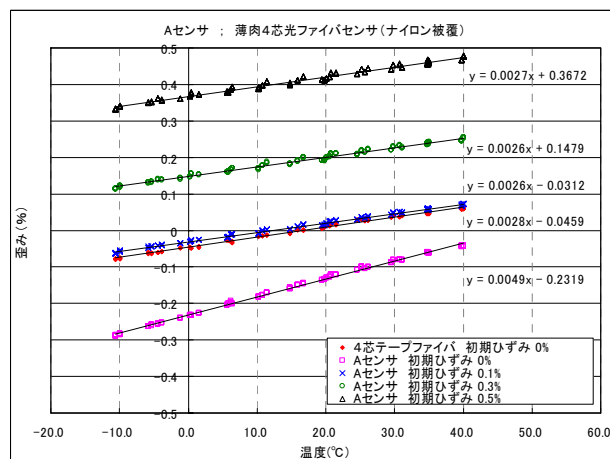


図3 A センサの温度とひずみの関係

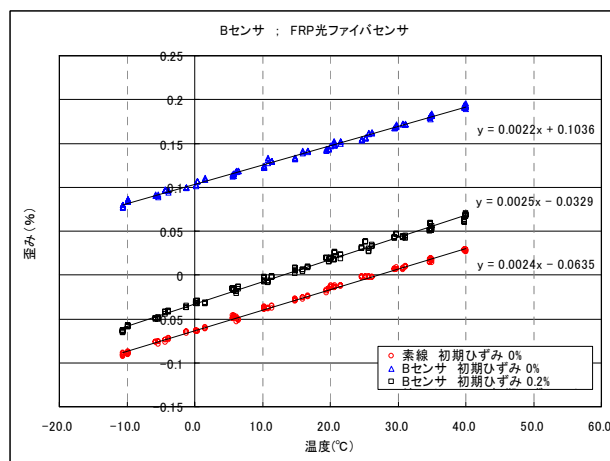


図4 B センサの温度とひずみの関係

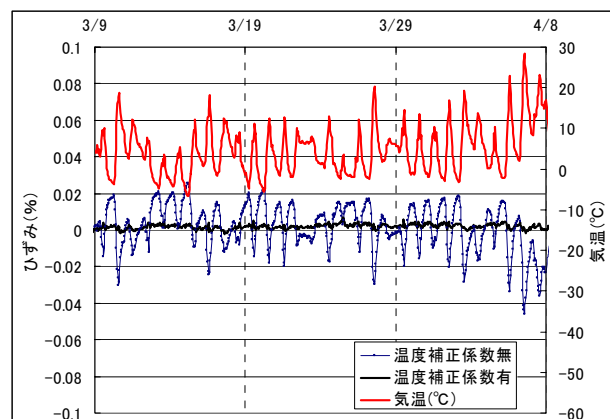


図5 計測データの温度補正結果