

光ファイバ分布センサを用いた長大斜張橋モニタリング

(長期モニタリングにおける温度較正と安定性・耐久性の検討)

清水建設 正会員 ○岩城 英朗

1. はじめに

光ファイバをセンサ素子として活用するセンシング技術は、長期にわたる安定性・耐久性を期待され、多くの社会基盤への適用が行われてきた。その一方で、実際に長期にわたる安定性・耐久性を検証した例や、長期モニタリングの際に課題となる温度較正に対する検討が行われた例は少ない。そこで本報では、長大 PC 斜張橋に大規模適用した光ファイバ分布センサ (B-OTDR) の長期モニタリング¹⁾を通じて構築した、光ファイバセンサの温度較正法を示し、あわせて安定性・耐久性に関する検討を行った結果を報告する。

2. 温度較正と安定性・耐久性

(1) 光ファイバ分布センサによる温度較正

B-OTDR 方式の光ファイバ分布ひずみセンサは、ひずみ変化のみならず温度変化にもセンサが感応する特徴がある²⁾。このため、長期モニタリングを行う際には、かならず温度較正を考慮する必要がある。

本報では、光ファイバをアラミド繊維とポリエチレン樹脂で保護被覆した光ファイバひずみセンサと、光ファイバをステンレス細管に内挿した光ファイバ温度センサを、それぞれモニタリング対象に並行敷設し、それらの温度ひずみ特性の違いを利用して温度較正を行う方法を採用した。両センサをコンクリート試験体に埋設して恒温槽中で温度変化を与え、温度変化に伴うひずみ値の変化を B-OTDR 計測器で取得した。センサ単体と、センサをコンクリート試験体中に埋設して温度変化を与えたひずみ値の計測値に回帰を行った結果を、図-1 の点線と直線で示した。光ファイバひずみセンサは、コンクリート試験体に埋設した場合はコンクリートにセンサが拘束されているため、単体の温度ひずみ特性と異なる結果となった。一方、光ファイバ温度センサはコンクリート試験体に埋設した状態でも温度ひずみ特性は変化せず $21[\mu\epsilon/^\circ\text{C}]$ となった。これらの結果を用いて、光ファイバひずみセンサの温度較正が実現できる。すなわち、モニタリング対象のひずみ計測値から、同一位置の温度センサによる計測値 (温度によるひずみ変化分) を差し引けばよい。

(2) センサおよび計測機器の安定性・耐久性

本報で用いた光ファイバセンサは製造時にスクリーニング試験³⁾を実施しており、使用時に加わる常時ひずみ (許容ひずみ) を 0.2% 以内に抑えることで、20 年間のセンサ寿命が期待できる。また、計測機器の安定性にも留意する必要がある。本報では、B-OTDR 計測機器で取得するひずみ値に加えて、反射光の強度に着目した。すなわち、計測機器に発生する障害は、ひずみ計測値の変化では判断し難いが、反射光強度の変化により判定できると考えられる¹⁾。

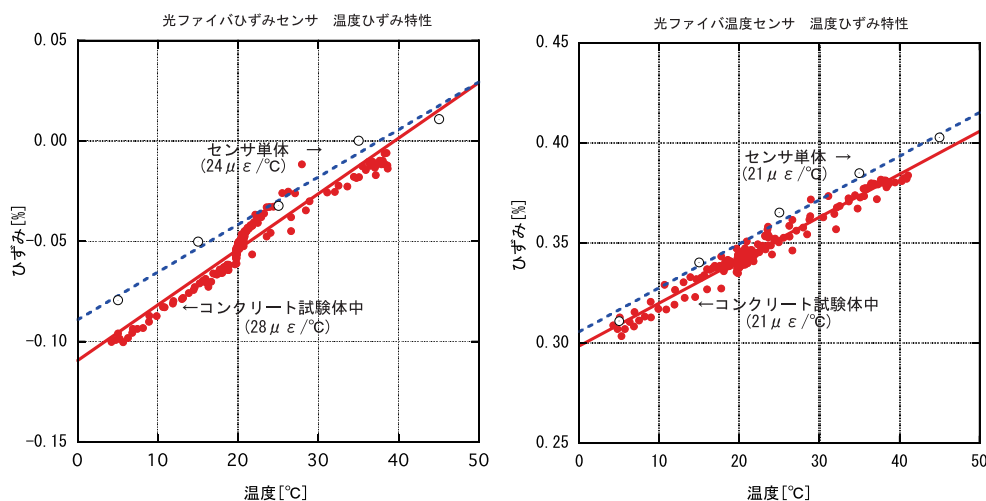


図-1 光ファイバ分布センサの温度ひずみ特性

キーワード: モニタリング, 長大橋, 光ファイバセンサ, B-OTDR, 維持管理

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設 (株) 技術研究所 TEL 03-3820-6512

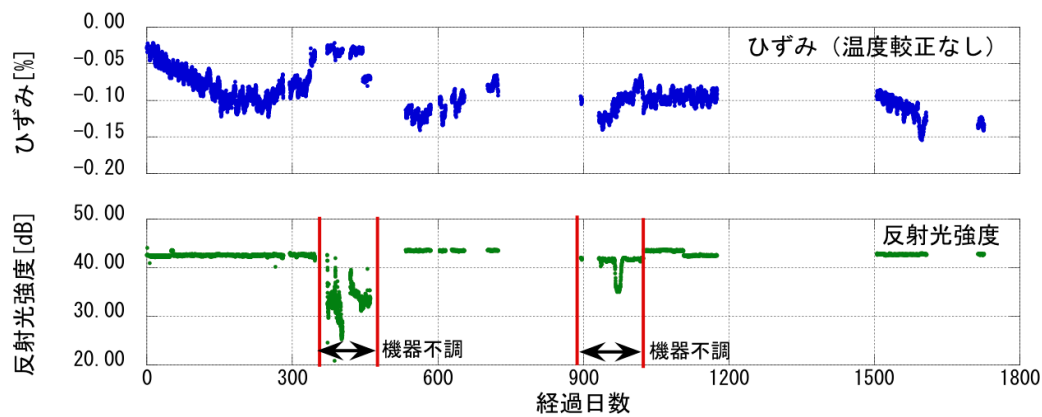


図-2 長大PC斜張橋のモニタリング経過例(温度較正なし)

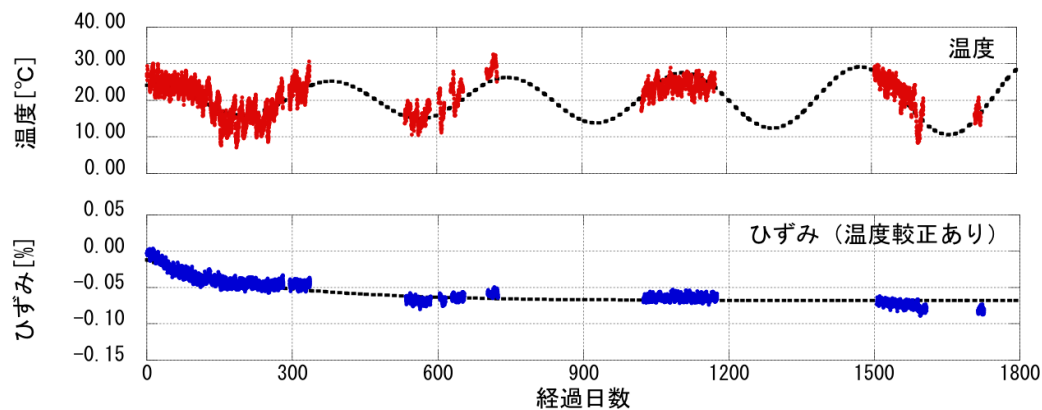


図-3 長大PC斜張橋のモニタリング経過例(温度較正あり)

3. 長大PC斜張橋への適用と検討

長大PC斜張橋の主桁上下床版コンクリートの橋軸方向に沿って、上述の光ファイバひずみセンサと光ファイバ温度センサを並行敷設し、設置後、施工期間中から完成後(供用中)の約6年にわたる長期モニタリングを行った¹⁾。

図-2は、主桁下床版の一箇所のひずみ推移を示している。ひずみ値には温度変化の影響が加わっており、計測機器の点検などにより、データが一部欠落している。さらに反射光強度が著しく低下している期間は機器不調とみなすことができ、モニタリング記録から除外した。図-3に、図-1の温度ひずみ特性を用いた温度モニタリング経過と、温度較正を行ったひずみ値のモニタリング経過を示した。これら図-3から、施工期間中のひずみ変化を経て安定に至る傾向(図中の点線)を見いだすことが出来る。なお、モニタリング期間全般にわたり、ひずみ値はスクリーニング試験の許容ひずみ以下であり、破断などの障害はなかった。

4. まとめ

長大PC斜張橋に設置した光ファイバセンサの約6年にわたる長期モニタリング経過を通じ、センサの安定性、耐久性のいずれにも問題は生じていないことを確認した。その一方で、計測機器の不調は、今後光ファイバセンサを用いる長期モニタリングを展開する上で課題となる。

また、本報で示した温度較正法により、主桁下床版のモニタリング経過において、施工時のひずみ変化を経て安定に至る傾向を見いだすことができた。今後も同対象への長期モニタリングを通じて、外的環境、あるいは構造体の変状の兆候として本報で見いだした傾向が指標となる可能性を検討する所存である。

参考文献

- 1) 岩城英朗, 光ファイバ分布センサを用いた長大斜張橋モニタリング, 土木学会第64回年次学術講演会, pp211-222, 2009.09
- 2) 清水薫, 堀口常雄, 小山田弥平, 倉嶋利雄, 自己ヘテロダイナミクス検波法を用いたブリルアン OTDR と光ファイバ歪分布/温度分布測定への応用, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. CS93-26, pp.9-16, 1993.05
- 3) 満永豊, 勝山豊, 小林敬和, 石田之則, スクリーニング試験による光ファイバ強度保証法, 電子通信学会論文誌 Vol. J66-B, No.7, pp.829-836, 1983.07