

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

清水建設 正会員 ○岩城 英朗 稲田 裕 若原 敏裕

1. はじめに

筆者らは、長大 PC 斜張橋の施工時管理から完成後の維持管理まで一貫して担うことが可能な構造ヘルスマニタリングシステムとして、光ファイバ分布センサ (B-OTDR) の大規模適用を行い、これまでに施工時管理に有用な結果が得られたことを示した¹⁾。本報では、同システムによって得られた施工時計測データの詳細分析を行い、あわせて完成供用時の維持管理への適用性を検討する。

2. システム概要

既報¹⁾および図 1 に示すとおり、長大 PC 斜張橋 (バイチャイ橋) 主桁上下床版のコンクリート中に、光ファイバ分布ひずみセンサおよび、コンクリート中のひずみを受けないようにステンレス管で保護した光ファイバケーブル (光ファイバ分布温度センサ) を橋軸方向に沿って敷設した。両センサともに同一の B-OTDR 方式の計測器 (横河電機 AQ8603) に光スイッチを介して接続し、光ファイバ全域のひずみ・温度分布測定を連続 (2 時間毎) に行う設定とした。

3. 施工時データの分析・検討

3.1. 主桁延伸部の施工モニタリング

図 1 の位置 (a) (主桁 BL15S (上床版)) 延伸時における、張出し工法を用いた一連の工程サイクル (配筋、コンクリート打設、養生、PC 緊張、型枠移動など) を通したひずみ、温度の計測結果を図 2 に示す。なお、ひずみ計測値 (点線) に対して温度センサを用いて補正 (実線) した結果を併せて示した。

温度計測記録から、コンクリート打設後、コンクリート内温度が上昇 (最高 42°C) し、数日を経過した後安定する履歴が確認できた。また、図 2 中のひずみ計測記録に示すとおり、温度補正を行わない場合は、コンクリート打設後の温度上昇などがひずみ計測値に悪影響を及ぼし、工程ごとのひずみ変化が不明確だが、補正の結果、PC 緊張および型枠移動時などのひずみ変化を明確に検知できることがわかった。

これら一連の結果は、同位置における主桁延伸の施工記録として有効に活用できる。また、次節以降の延伸工程サイクルにおいては、延伸部では本節と同様に延伸工程サイクルに沿ったひずみ、温度の計測記録が得られる。さらに、本システムは光ファイバセンサ全域の計測を一括して行っているため、既設部においても次節以降、各々の延伸工程サイクルに沿ったひずみ、温度の記録を蓄積できる。

3.2. 主桁の線形管理

図 1 の位置 (b) (主桁 BL15) の延伸工程サイクルにおいて、上下床版の光ファイバセンサから得たひずみ分布を用い、前節延伸工程サイクル (BL14) 完了時を基準とした主桁たわみ曲線を求め、測量結果と併せて図 3 に示した。さらに、同位置における光ファイバセンサから求めた主桁たわみ量と、測量結果の推移を図 4 に示した。

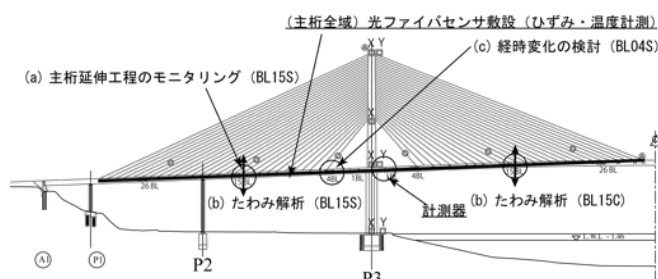


図 1 システム概要図および本報の示例

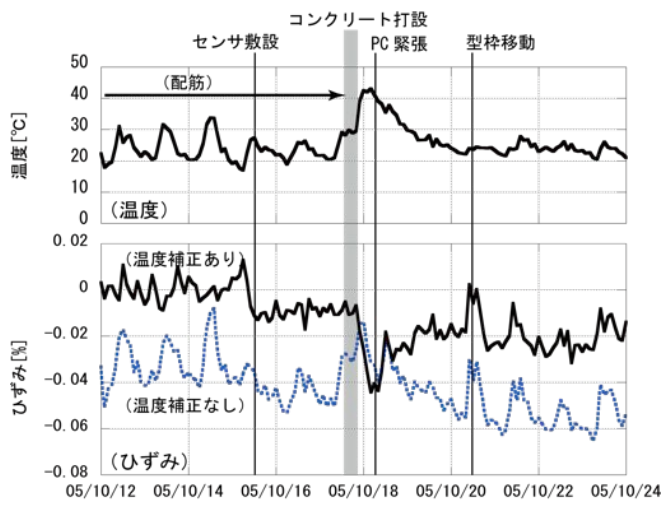


図 2 主桁延伸部の施工モニタリング

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3に示すように各々の工程において、光ファイバセンサから求めた主桁たわみ曲線は、主桁全域にわたって測量値と良好な相関を示している。さらに、図4で示すように、延伸部のたわみ量と測量レベルの比較においても、両者の差は小さい。さらに、本システムでは連続計測を行っているため、気象条件や測量の妨げになる作業の有無にかかわらず、主桁線形を随時求めることができる特長がある。

その特長から、主桁延伸工程において重要な、型枠セット高の調整や、斜材張力の調整などの作業時に、測量結果に加えて本システムによる主桁線形を随時反映させることが可能となる。

4. 維持管理に向けた検討

図1の位置(c) (主桁 BL04S) において、施工中から完成後供用中を通した、ひずみ、温度の計測結果を図5に示した。なお、ひずみは前項と同様に温度補正を行った。また、一部の期間のデータが欠落しているが、橋面工に伴うセンサ配線の一部変更や、計測機器に対する工事用電源から本設電源への切り替え等によるものである。

図5中に示す通り、主桁の温度変化はおおむね周期的に推移している。図中の実線は施工中(図5の期間(A))の各計測値から回帰した曲線であり、これを用いて供用中のコンクリート内部温度をおおむね推定できることが分かる。また、ひずみ値においては、施工中の計測値からの推定に対して、供用時には上下床版ともにひずみが圧縮側に推移していることがわかる。これは、橋面工によるアスファルト、設備機器などの重量増が主桁ひずみに影響した結果である。以降のひずみ推定では、これを反映してモデルを更新する必要がある。

すなわち、本システムで継続したモニタリングを行い、蓄積される計測値を用いて、推定モデルの更新・見直しを繰り返し行うことで、構造体の状況を、よりの確に推定することができる。さらに今後の維持管理において本システムは、構造体の異常な兆候や変化などをいち早く推定し、点検計画の策定などに寄与する有用なツールとなりうると考えられる。

参考文献

- 1) 岩城英朗, 稲田裕, 若原敏裕, 光ファイバ分布ひずみセンサ(B-OTDR)を用いた長大斜張橋施工時モニタリング, 土木学会第62回年次学術講演会, pp805-806, 2007. 09

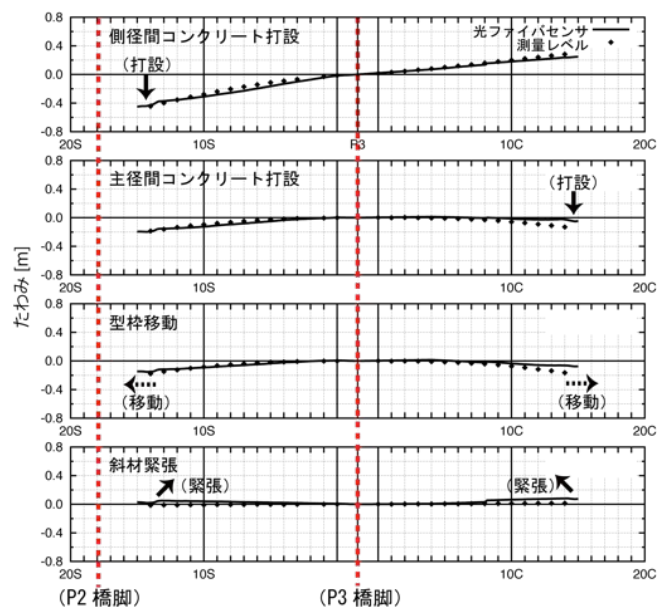


図3 主桁たわみ曲線の推移・比較

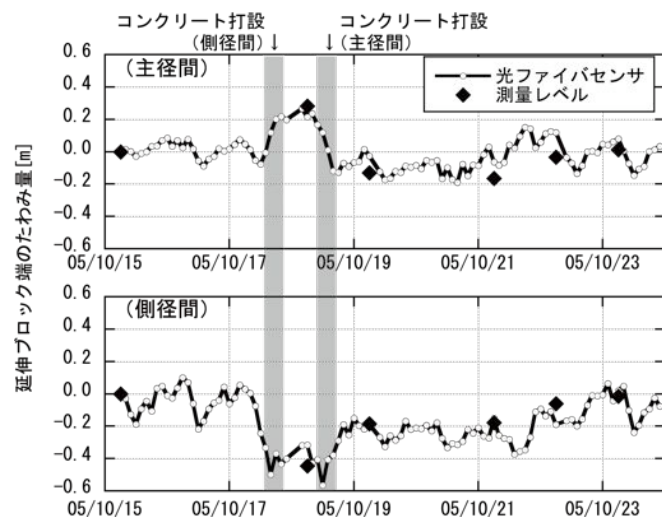


図4 主桁延伸部たわみ量の推移

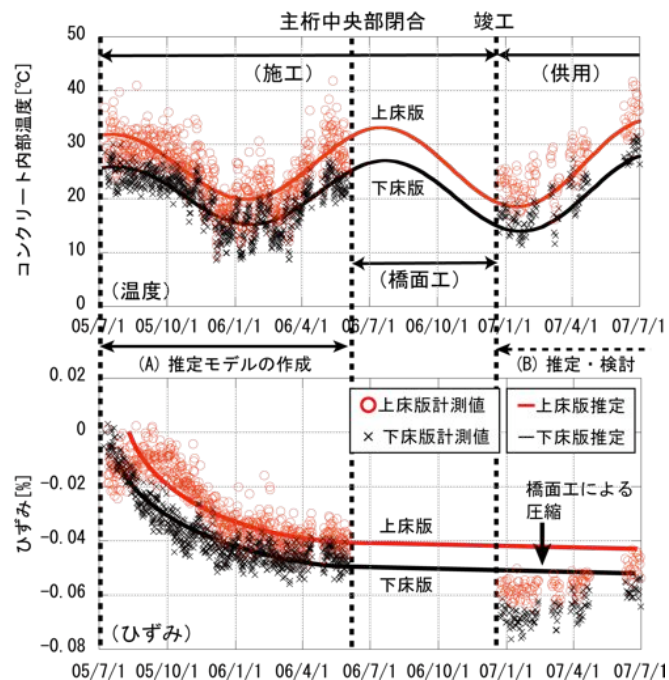


図5 主桁ひずみ・温度の経時変化