

光ファイバセンサによる UFC 製橋梁主桁の 15 年次計測

鹿島建設(株) 正会員 藤原航太郎 今井道男 平 陽兵 ○小泉恵介 フェロー会員 川端淳一
越後交通工業(株) 太田伸之
リテックエンジニアリング(株) 早坂洋太 高梨大介

1. はじめに

構造物の長期的な安全性を確認する手段として、光ファイバセンサを用いたモニタリング技術の開発が盛んである¹⁾。筆者らは、供用中の支間長 26m の Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete (以下、UFC) 製の歩道橋に、光ファイバセンサを供用直前の 2007 年 8 月に設置した (写真-1~2)。UFC は設計上、ひび割れを許容しておらず、万が一発生したとしてもひび割れ幅が非常に微細で、目視による点検が困難であるため、光ファイバセンサによるひび割れ検知が出来れば有用である。これまで、供用開始から 10 年間にわたって光ファイバモニタリングによって定期的にひずみ計測を行い、その結果からひび割れがないことを確認してきた^{2),3)}。

今般、供用開始から 15 年が経過したことから、あらためてひずみ分布計測を行った。本稿では、ひび割れ検知と併せて、実環境下における光ファイバセンサの長期的な耐久性について確認したので報告する。

2. 対象構造物の概要

対象構造物は、橋長 30.5m、有効幅員 3.5m の 3 径間連続 PC ラーメン橋で、上部構造に 5 分割された UFC のプレキャスト部材を使用した外ケーブル構造の歩道橋である。供用直前の 2007 年 8 月には、主桁下面に光ファイバ (外径 250 μ m、紫外線硬化樹脂被覆) をエポキシ樹脂により全面固定 (固定長約 26m) した。図-1 に示すように、光ファイバ端部には接続コネクタを取付けて収納 BOX に収納し、定期的なモニタリングを実施する際に計測器と接続できる構成とした。



写真-1 歩道橋全景



写真-2 光ファイバ敷設箇所

3. 分布型光ファイバセンサによるひずみ計測

分布型光ファイバセンサは、光ファイバに光を通過させた際に生じる散乱光を利用し、光ファイバ全長に亘るひずみ分布計測を行うものである。捉える散乱光によっていくつかの計測方式が存在し、本計測ではひび割れによって局所的に大きなひずみ変化が生じても計測可能なブリルアン方式を採用した。

コンクリート表面にひび割れが発生した場合、計測箇所のひずみは、理論的には無限大となる。しかし、分布型光ファイバセンサでは、光ファイバの被覆や敷設時に使用する接着剤などが緩衝材となるだけでなく、ゲージ長に相当する空間分解能による感度低下の影響によって、ひび割れ発生が局所的な引張りひずみとしてあらわれる²⁾。参考文献²⁾では、今回の条件下 (外径 250 μ m の紫外線硬化樹脂被覆をエポキシ樹脂で固定) で、20 μ m 幅のひび割れで 300 μ 相当の局所的なひずみ変化が生じることが報告されている。

光ファイバセンサは、ひずみ変化だけでなく温度変化にも感度を持つ。そのため、定期計測時には対象構造物の温度を別途計測し、温度補償を行ったうえで評価を試みた。

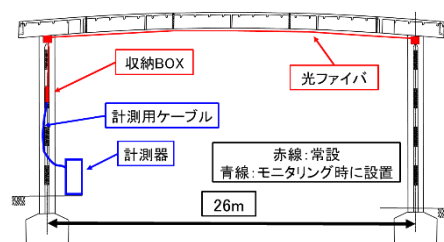


図-1 計測時の配線状況

キーワード モニタリング, 光ファイバ, 超高強度繊維補強コンクリート

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-485-1111

4. 計測結果

供用開始から15年時にひずみ分布を計測した結果を図-2に示す。縦軸がひずみ、横軸が主桁の左側橋脚からの位置を示している。図にはこれまでに計測した結果も併せてプロットしている。いずれの計測においても赤外線温度計で主桁表面の温度を計測し、温度補償実施済みである。今回の計測結果は、前回最後に計測した9年次とほぼ変化がないことが分かる。また、前述したひび割れ発生時特有の局所的な300 μ 相当のひずみ分布変化が、いずれの位置においても現れていないことから、供用開始から15年経過しても主桁下面に少なくとも幅20 μ m以上のひび割れが発生していないことと推察できる。ひずみ分布が不連続な箇所が17mや21m付近に見られるが、これはプレキャスト部材間の場所打ち部の影響と考えられる。

なお、敷設した光ファイバには剥がれや接着剤のひび割れといった外観上の変化は見られなかった（写真-3）。ひずみ分布計測結果と併せ、実環境下において15年間の耐久性を有することを確認した。

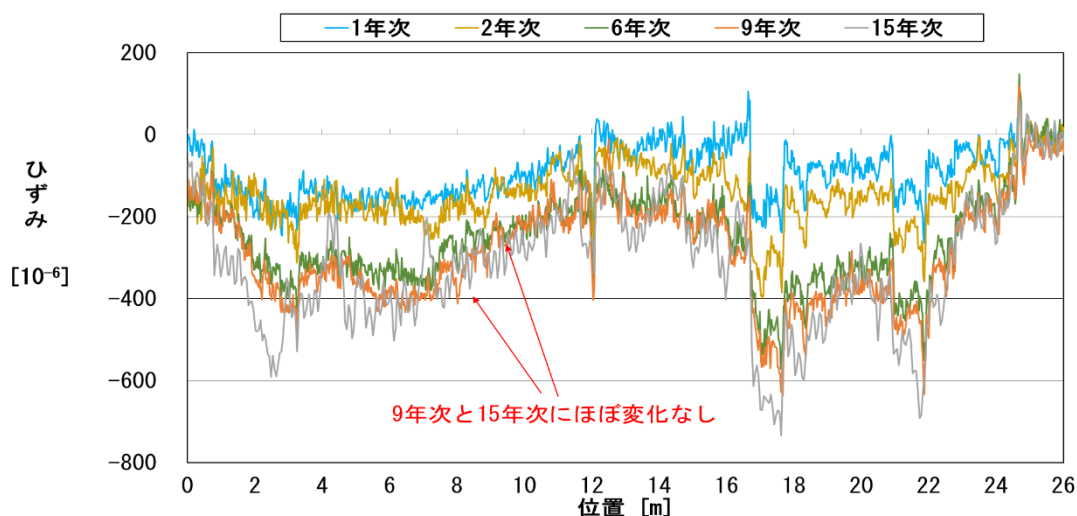


図-2 計測結果

5. まとめ

UFC 製歩道橋の長期モニタリングを目的に光ファイバセンサでひずみ分布を計測し、供用開始から15年が経過しても主桁下面にひび割れが生じていないことを確認した。また、光ファイバセンサ自体の耐久性に問題がないことを確認した。光ファイバセンサは耐久性が高いとされるが、実環境下での長期計測の事例の報告は稀有である。今後も定期的に計測を実施することでひび割れの有無および光ファイバセンサ自体の健全性に関して長期的な検証を行い、長期的にバックデータの蓄積を進めていく。

光ファイバセンシングによれば、近接目視をせずにひび割れの有無などを確認することが出来る。こうしたモニタリング方法が具現化できれば、点検作業者の負担軽減や交通規制を不要にするなどの点で維持管理に資することができる。さらに、近接目視の点検頻度を大幅に上げられるなどの点で新たなインフラ維持管理の将来像を示せる可能性がある。



写真-3 主桁下面の様子

参考文献

- 1) Leung ほか, Review: optical fiber sensors for civil engineering applications, *Materials and Structures*, Vol. 48, No.4, pp.1-36, 2015.
- 2) 今井ほか, 光ファイバセンサによる10年間のPC橋梁ひび割れモニタリング, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学), pp.17-25, 2019.
- 3) 平ほか, 分布型光ファイバセンサによるコンクリート構造物のモニタリング, コンクリート工学 2022年9月号 pp.809-814, 2022.