

「コンクリート構造診断士」とは、プレストレストコンクリート工学会により認定される技術者資格です。コンクリート構造診断士に期待される役割は、既設の鉄筋コンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物の適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示することです。

このコーナーでは、こうしたコンクリート構造診断士の活動を紹介するため、資格登録更新時に提出される研修報告書のなかから、とくに一般の読者にも有益な情報を与えるとして選出された事例を掲載します。

## 光ファイバーによる PC 橋梁外ケーブルの張力計測



鹿島建設(株) 技術研究所  
曾我部 直 樹

### 1. はじめに

PC 橋梁は、道路、鉄道などの重要な社会インフラを構成しており、施工時における品質の確保や供用中における維持管理は非常に重要である。PC 橋梁の設計では、PC ケーブルを緊張、定着させることで導入される緊張力が前提となるため、施工時には必要な緊張力が確実に導入され、供用中にはその変動が想定される範囲内であることが求められる。これに対して、施工時から供用中まで PC ケーブルの導入張力を任意の位置で直接計測できる「光ファイバーを用いた PC 張力計測技術」が開発されている<sup>1)</sup>。ここでは、PC6 径間連続ラーメン箱桁橋の上部工に配置された外ケーブルに本技術を適用し、その張力分布を計測、評価した事例について報告する。

### 2. PC ケーブルの張力計測技術

光ファイバーは、パルス光を入射した時に観測される後方ブリルアン散乱光の帰還時間と波長を分析することで、その全長にわたるひずみ分布を計測できるという特性を有している。本計測技術では、この光ファイバーを PC ケーブルの製造時にケーブル素線の谷部に組み込み、一体化させた光ファイバー組込み式 PC ケーブルを用いて、図 - 1 に示す計測装置によってケーブル全長の張力分布を計測する。光ファイバー組込み式 PC ケーブルは、図 - 2 に示すように通常の PC 鋼より線の表面に光ファイバーを貼り付けたタイプ(裸線型)と、内部充填型エポキシ樹脂被覆 PC 鋼より線の被覆内に光ファイバーを埋設したタイプ(ECF 型)がある。両タイプとも、PC 鋼より線の素線の谷部に収まるように光ファイバーを配置しており、運搬・挿入時における接触や定着用ウェッジとの干渉による損傷を受けず、通常の PC 鋼より線と同様に緊張・定着が可能である。

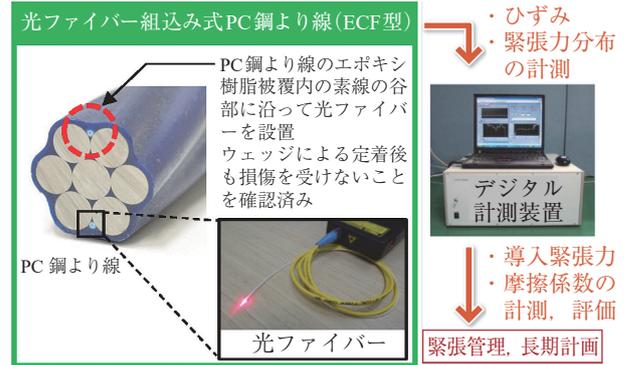


図 - 1 PC ケーブルの張力計測技術の概要

タイプ	裸線型	ECF 型
概要	<p>裸線表面に接着剤で光ファイバーを接着</p>	<p>エポキシ樹脂被覆内に光ファイバーを組み込み</p>

図 - 2 光ファイバー組込み式 PC 鋼より線

### 3. 計測の概要

対象橋梁は、PC6 径間連続ラーメン箱桁橋であり、同橋梁の P2 - P4 間の外ケーブル(延長約 190 m、内部充填型エポキシ樹脂被覆 PC ケーブル、19S15.2、図 - 3)に対して ECF 型の光ファイバー組込み式 PC ケーブルを適用して張力分布を計測した。なお、P2 - P3 径間中央部には、設置個所の張力を計測できる磁歪式センサーを設置し、同時に計測を行った。計測は、同ケーブルの緊張時における定着直後(2016年6月13日)と、緊張後19ヵ月経過した時点(2018年1月16日)で実施した。

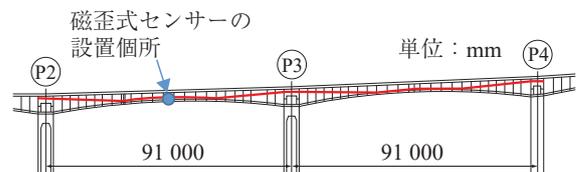


図 - 3 計測対象とした外ケーブル

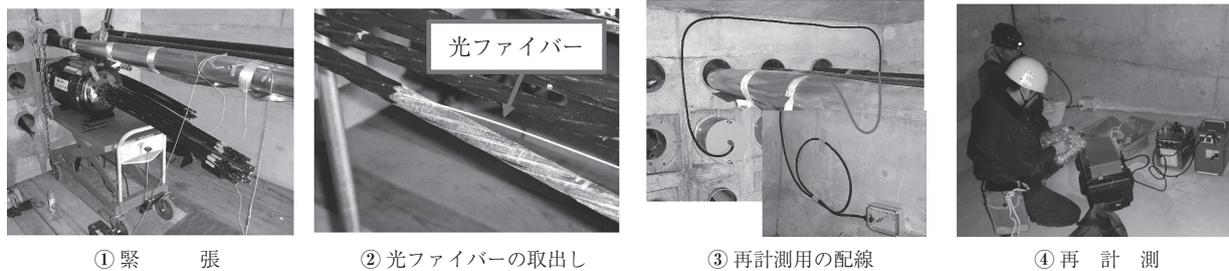


図 - 4 計測状況

#### 4. 計測結果と評価

現場では、光ファイバー組込み式 PC ケーブルを一括してシー管内へ挿入し、通常と同じ手順で定着具、緊張ジャッキを設置した。緊張ジャッキ設置後、ジャッキ端部から延びる余長部分のエポキシ樹脂被覆を除去して光ファイバーを取り出し、その端部に計測用コネクタと計測機器を接続して、緊張、計測を行った（図 - 4 ①, ②）。また、緊張終了後、PC ケーブルの余長部分から光ファイバーを取り出したあと、裸線型と同様に計測用コネクタをグラウトキャップ外へ延長することにより、供用中における再計測を可能とした（図 - 4 ③, ④）。

図 - 5 に施工時に計測した定着直後の計測結果と、橋梁完成後となる緊張後 19 か月経過した時点の計測結果を示す。また、同図には、定着直後とクリープ終了時における設計張力についても示す。定着直後の計測結果から各断面においてその大きさが設計張力よりも大きく、施工時に必要な張力が導入できていることが確認できる。また、緊張後約 19 か月が経過した時点の再計測結果でも、定着直後と同様に全長にわたる張力分布が適正に計測できており、定着直後から最大で 3% 程度、張力が減少している箇所があることが分かる。これは、計測対象とした外ケーブルの緊張後における施工やクリープ、収縮による影響であると考えられる。なお、クリープ終了時で想定されている張力分布に比べると、計測された張力は約 7% 程度大きく、計測時点において外ケーブルとして十分な張力が導入、維持されていると判断できる。

また、図 - 6 に P2 - P3 径間中央付近に設置した磁歪式センサーによる張力の計測値と、光ファイバーによる計測値との比較を示す。同図には、緊張時に段階的に計測した結果と定着直後、緊張後約 19 か月経過時点の計測結果を示すが、両者は良く一致しており、光ファイバーで外ケーブルの張力を精度良く計測できていることが確認できた。

#### 5. まとめ

光ファイバーを用いた PC 張力計測技術を、PC 橋梁上部工の外ケーブルへ適用し、施工時および完成後の張力分布を計測、評価した。その結果、定着直後および緊張後約 19 か月が経過した時点において、外ケーブルとして十分な張力が導入、維持されていることが確認できた。今後も、定期的に計測を行い、供用中における張力分布の変動につ

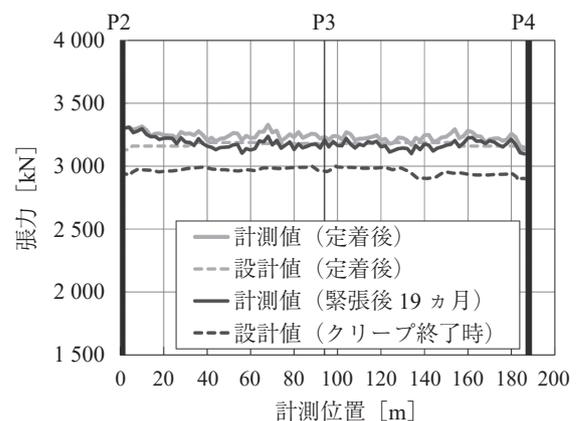


図 - 5 張力分布の計測結果

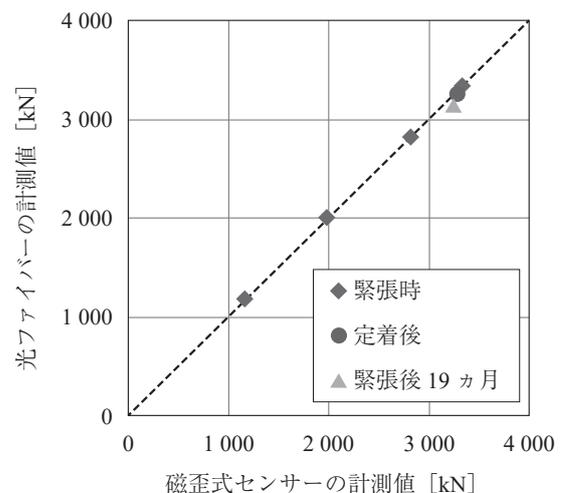


図 - 6 磁歪式センサーによる計測値との比較

いて確認していく予定である。

なお、本計測技術の開発にあたり、ヒエン電気株式会社、住友電気工業株式会社に、多大なご協力をいただいた。ここに深甚の謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) たとえば、大窪、今井、千桐、中上：光ファイバーを用いた PC 緊張力計測技術、第 25 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp.283-288、2016。

【2019 年 4 月 23 日受付】