

長期暴露された光ファイバ組込み式 PC 鋼より線の計測性能の検証

住友電気工業(株) 正会員 ○中上晋志 及川雅司
 鹿島建設(株) 正会員 大窪一正 今井道男 山野辺慎一 曾我部直樹
 ヒエン電工(株) 小林俊之

1. はじめに

プレストレストコンクリート（以下、PC）構造物の供用期間中には、コンクリートのクリープや乾燥収縮、外力の作用などによって PC 張力が変動することが知られているが、必要な構造性能を維持するためには、その変動が設計で想定された範囲内であることが重要である。筆者らは、PC ケーブル全長にわたる張力の分布を計測可能な技術として、光ファイバセンサを組み込んだ PC 鋼より線を用いる PC 張力分布計測技術（図-1）を開発している¹⁾。光ファイバはロードセルなどの一般的なセンサに比べて高耐久であるとされ、PC 橋梁のひび割れ検知を目的として 10 年間の長期計測が行われた事例²⁾があるものの、PC 鋼より線に組み込んだ状態で長期間経過した時点での計測性能については未だ確認されていない。そこで本研究では、光ファイバ組込み式 PC 鋼より線を用いた PC 梁試験体を長期間屋外環境に暴露し、長期的な計測性能について検証を行った。

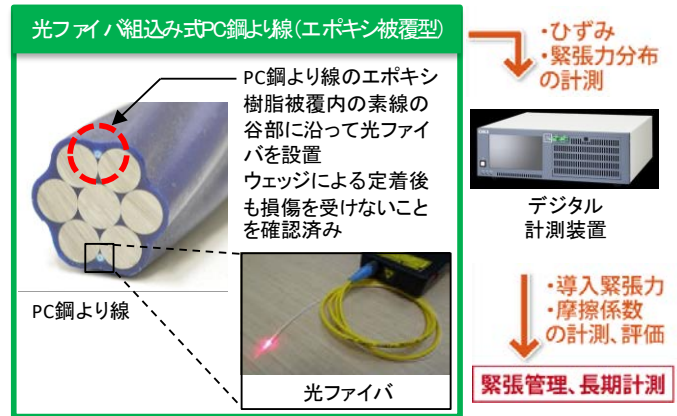


図-1 光ファイバを用いた PC 張力分布計測技術

2. 試験概要

対象とした試験体は、内ケーブル 1 本、外ケーブル 2 本によってポストテンション方式でプレストレスを導入した T 形断面 PC 梁である（図-2）。引張鉄筋には SD345, D16 を 2 本、圧縮鉄筋には SD345, D13 を 4 本、せん断補強鉄筋には SD345, D10 を 100mm ピッチでそれぞれ配置した。PC ケーブルはいずれも 7 本より PC 鋼より線 1 本を用いたシングルストランドケーブル（1S15.2）で、内ケーブルは裸線、外ケーブルは内部充填型エポキシ樹脂被覆線（ECF）とした。3 本のケーブルをそれぞれ目標張力 200kN で同時に緊張した後、梁端部に定着してプレストレスを導入した。プレストレス導入量の計算値は、試験体下縁で 12.4N/mm²、上縁で 0.0N/mm² である。プレストレス導入時のコンクリートの圧縮強度は 62.6N/mm²、弾性係数は 38.2kN/mm² である。内ケーブル用のシース管には、プレストレス導入後にグラウトを充填した。

コンクリート外に暴露される外ケーブルの 1 本に、光ファイバ組込み式 PC 鋼より線（0.2% 耐力: 1,741 N/mm²、断面積 140.7mm²、弾性係数 195kN/mm²）を用い、緊張・定着中の各段階、および定着から約 1 ヶ月、3.5 ヶ月、

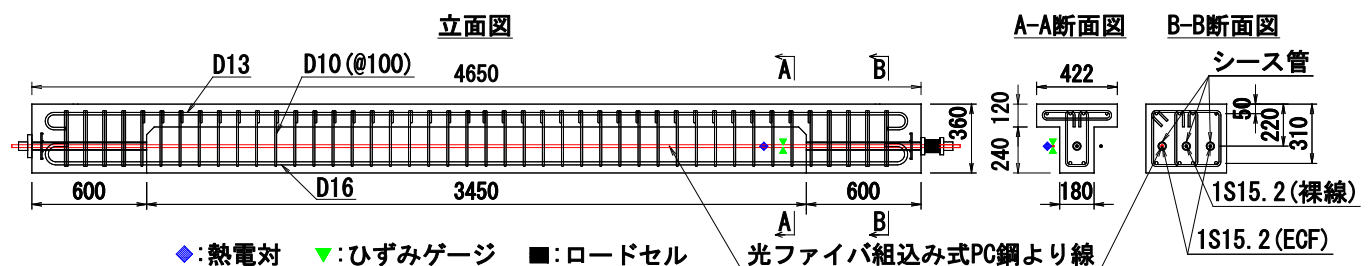
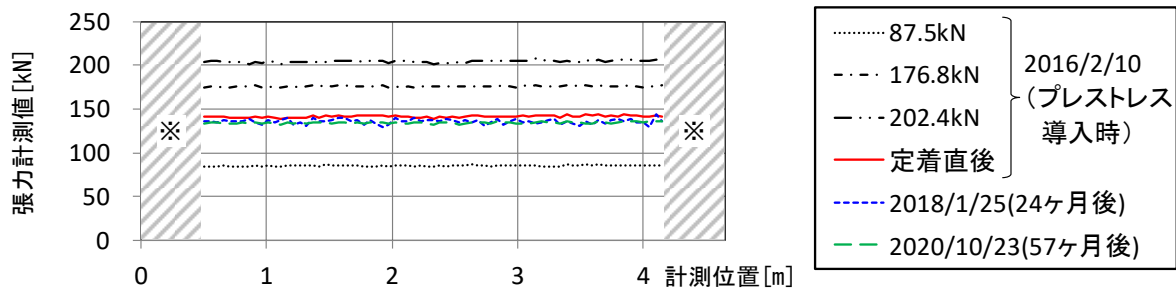


図-2 PC 梁試験体概要（単位：mm）

キーワード プレストレストコンクリート，維持管理，光ファイバ，張力分布，長期計測

連絡先 〒

TEL



※ 計測時の空間分解能=1mであり、ケーブル両端部0.5mの範囲は定着部より外側の影響を受けるため評価対象外。

図-3 張力分布計測結果

24ヶ月、57ヶ月経過時点で計測を実施した。光ファイバによるひずみ分布の計測は、BOTDR方式の計測装置(表-1)を用いて行い、計測値にPCケーブルの弾性係数と断面積を乗じて張力に換算した。比較のため、PC鋼より線表面に設置したひずみゲージ、および定着部に設置したロードセルによる計測も併せて行った。なお、BOTDR方式による計測は温度変化の影響を受けるため、熱電対による温度計測結果に基づいて補正¹⁾を行った。

3. 試験結果

図-3に、緊張・定着時から暴露期間中における張力分布計測結果の一部を示す。計測対象とした外ケーブルは、摩擦の影響を受けないため定着部間の張力が一定となるが、各段階における計測値もほぼ一定値となっている。また、屋外に暴露されている期間中においても、張力の大きな増減や局所的な乱れなどが生じていないことが確認された。

緊張・定着時にロードセルで計測した作用張力と、光ファイバおよびひずみゲージによる計測値との比較を図-4に、各センサによる計測値の定着後の履歴を図-5に示す。なお、光ファイバの計測値はケーブル全長における平均値、ひずみゲージの計測値はひずみを張力に換算した値としてプロットした。これらの結果より、緊張時から、定着後57ヶ月にわたって屋外に暴露されている状況においても、光ファイバによる計測結果が他のセンサによる計測結果と良く一致しており、長期にわたって計測性能を保持していることが示された。

4. まとめ

本研究では、屋外に暴露されたPC梁試験体を対象として、光ファイバ組込み式PC鋼より線による張力計測技術の長期的な計測性能を検証した。その結果、外ケーブルに適用した光ファイバ組込み式PC鋼より線が、57ヶ月(5年弱)屋外に暴露された後も緊張時と同様の計測性能を保持していることが確認された。

参考文献

- 1) 大窪一正, 他: 緊張管理・維持管理に適用可能な光ファイバを用いたPC張力分布計測技術の開発, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.76, No.1, pp.41-54, 2020.
- 2) 今井道男, 他: 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, Vol.75, No.1, pp.17-25, 2019.

表-1 BOTDR方式ひずみ分布計測の仕様

計測精度	約±50 μ
計測時間	約3分/回
計測ピッチ	51mm
空間分解能	1m
計測範囲	～数km

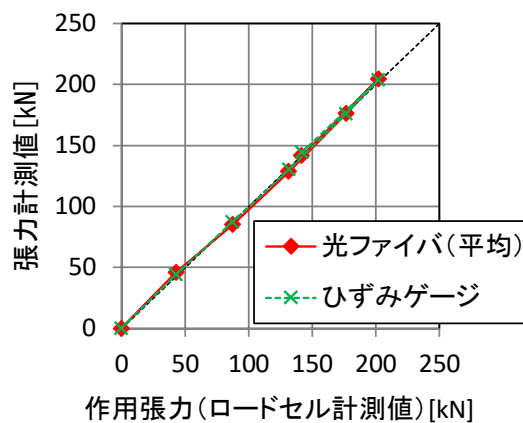


図-4 作用張力と計測値の比較(緊張・定着時)

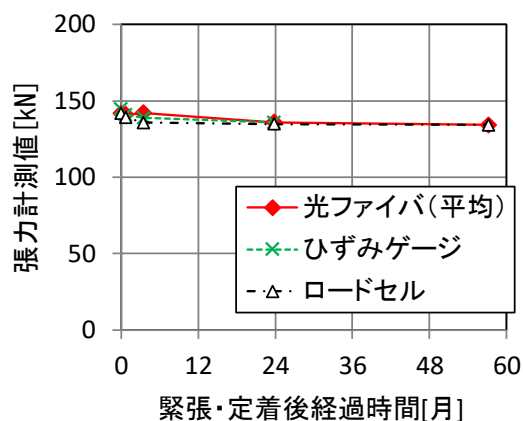


図-5 張力変化の履歴(緊張・定着後)