

光ファイバを用いた長大橋のPCケーブルのヘルスマonitoringシステム

鹿島建設(株) 正会員 ○山口統央 曾我部直樹 大窪一正 今井道男
 沖電気工業(株) 有賀清隆

1. はじめに

徳島南部自動車道吉野川サンライズ大橋（以下、本橋とする）は、吉野川河口部を跨ぐ橋長 1,696.5m、最大支間 130.0m のプレストレストコンクリート（以下、PC）15 径間連続箱桁橋である（図-1）¹⁾。本橋は橋長が長く、さらに大部分の橋脚が河川内にあり点検に時間を要することが想定される。特に、PC 橋梁の性能を確保する上で重要となる PC ケーブルのひずみ、張力について、供用期間中における経年変化、地震による変動の有無やその大きさを長スパンにわたって把握することは、従来技術では困難である。そこで筆者らは、長スパンにわたるひずみ分布の計測が可能である分布型光ファイバひずみセンサを本橋の PC ケーブルに組み込み、施工時に計測されたひずみ分布からケーブルに導入された張力の分布を評価するとともに、供用期間中にも同センサを用いて連続的に計測するヘルスマonitoringシステムの導入を計画している²⁾。施工中から供用期間まで同一のセンサによって一貫した計測を行うことにより、施工中に生じたひずみや張力も踏まえた適切なモニタリングが可能となる。

本論文では、計画中のヘルスマonitoringシステムについて、その概要を紹介するとともに、健全性評価における計測結果の活用の方針について報告する。

2. ヘルスマonitoringシステムの概要

本橋の PC ケーブルの内、全 15 径間の左右（上流側および下流側）それぞれ 1 本ずつの外ケーブル（計 30 本）を計測の対象とした。計測対象とした外ケーブルは 19S15.7 のマルチストランドケーブルであり、エポキシ樹脂による防錆被覆が施された内部充填型エポキシ被覆 PC ストランド (ECF ストランド) を使用している。各ケーブル 19 本のストランドの内の 1 本に、光ファイバ組込み式 PC ストランド (ECF タイプ) を適用した。同ストランドには、エポキシ被覆内の素線の谷部に沿って光ファイバが組み込まれており（図-2）、光ファイバを傷つけることなく通常と同様の施工が可能である。

本システムでは、光ファイバ内で発生する後方散乱光を利用した BOTDR 方式のひずみ計測機（表-1）を

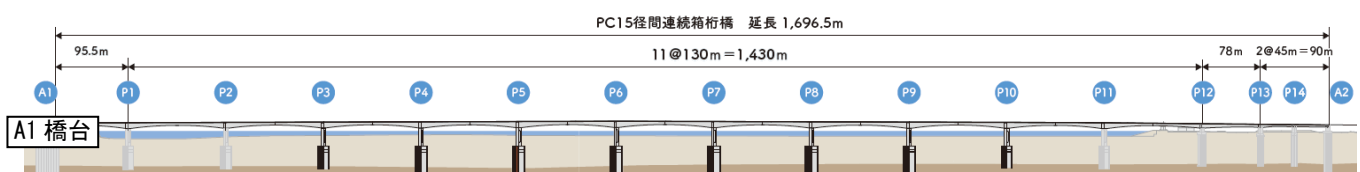


図-1 吉野川サンライズ大橋側面図

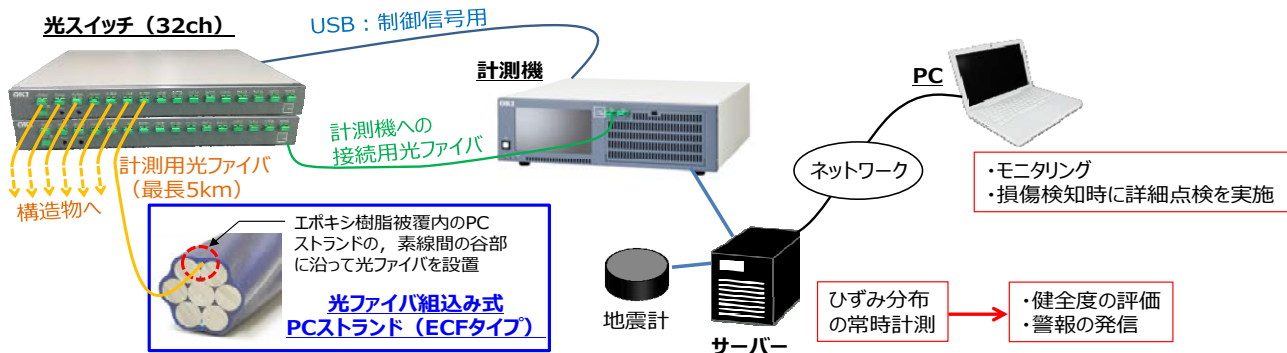


図-2 分布型光ファイバひずみセンサを用いたヘルスマonitoringシステムの概要

キーワード 光ファイバ, PC 張力, ヘルスマonitoring

連絡先 〒760-0050 香川県高松市亀井町 1-3 TEL 087-839-3055

使用する。図-2 に示すように、複数本の光ファイバの接続を切り換えることが可能な光スイッチを介することにより、1 台の計測機で 32 本の PC ケーブルのひずみ分布を、10 分おきに計測することが可能となる。最長 5km までの光ファイバを計測できるため、モニタリング対象の構造物から離れた位置、例えば非常用電源が確保され空調が管理された屋内等に光ファイバを延伸して、システム構成機器を設置することができる。本橋では、図-1 に示す A1 橋台付近に設置される料金所内に、光スイッチや計測機、サーバー等を搭載したラックを設置する。

本システムのモニタリング画面の例を図-3 に示す。ケーブル毎にひずみ分布を計測し、変動の有無や大きさ、管理上の閾値との比較が見える化できる。

表-1 BOTDR 方式によるひずみ計測の仕様

計測精度	±20 μ (1 σ)
位置分解能	約 1m
計測範囲	5km まで
配線	光ファイバの片端に計測機を接続



図-3 ヘルスモニタリング管理画面のイメージ

3. 橋梁の健全性評価に対する計測結果の活用

3.1 経年変化に対する健全性評価

本橋における PC ケーブルのひずみおよび張力は、コンクリートのクリープや乾燥収縮等によって経年変化することが想定されている。このため、設計時にそれらによる影響を計算によって予測し、経年変化が終了した後のプレストレス量が構造上必要な量を満たすように、施工時に導入される張力が設定されている。本システムにおいて、PC ケーブルのひずみ分布の経年的な変化量を計測し、設計値と比較することによって、供用期間中における橋梁の健全性、およびその変化を評価できると考えられる。

3.2 地震後の健全性評価

本システムには、付近に設置された地震計からの信号が取り込まれ、所定の震度以上の地震が計測された際には直ちに計測を行い、地震直前の結果と比較することで、地震前後での PC ケーブルのひずみ分布の変化を自動で評価することができる。本橋では、レベル 2 地震に相当する地震が作用した場合、橋脚基部が塑性化することが想定されているが、基部が塑性化した橋脚では、地震後に残留変位が生じ、それによって上部工に設置された PC ケーブルのひずみ分布にも地震前後で変化が生じると考えられる。これに対し、入力地震動の大きさをパラメータとした地震応答解析やプッシュオーバー解析に基づき、橋脚の損傷度に応じた地震前後での PC ケーブルのひずみ分布の変化量をあらかじめ推定することができれば、地震後に、設計上必要となる張力が保持されているということを確認できるだけでなく、橋梁全体の健全性を定量的に評価できる可能性がある。

4. まとめ

本論文では、吉野川サンライズ大橋で計画している PC ケーブルのひずみ分布のヘルスマニタリングシステムの概要と、橋梁の健全性評価における計測結果の活用の考え方について報告した。

今後、本橋を対象とした計測結果を蓄積、分析することで得られる知見をフィードバックすることで、経年劣化の早期把握や地震発生時の迅速な健全性評価を可能とするモニタリングシステムの実現と、同システムのお他橋梁への展開を図っていきたい。

謝 辞

西日本高速道路(株)の関係者の方々には、実橋梁への適用を想定した本計測システムの検討を進めるにあたり、多大なご理解とご協力をいただいた。ここに深甚の謝意を表す。

参考文献

- 1) 山下ほか：吉野川大橋（仮称）プレキャストセグメント工法への設計変更，土木学会第 74 回年次学術講演会，V-234，2020。
- 2) 山下ほか：分布型光ファイバひずみセンサによる長大橋の PC 緊張力計測とヘルスマニタリングへの適用，土木学会第 76 回年次学術講演会，VI-350，2021。