

第 I 部門 光ファイバーを用いたケーブル張力計測の現地試行

- | | | |
|-------------|-----|--------------------|
| (株) 日本工業試験所 | 正会員 | ○Luiza H. Ichinose |
| (株) 日本工業試験所 | 正会員 | 山上 哲示 |
| (株) 共和電業工業 | 正会員 | 柏谷 英樹 |
| 神鋼鋼線工業 (株) | 正会員 | 榊 一平 |
| 阪神高速技術 (株) | 非会員 | 野村 真介 |

1. はじめに

社会インフラ構造物の老朽化が進み、その対策の必要性が唱えられている中、ケーブルを有する橋梁構造物においても、構造物全体の安全性確認のためケーブル点検の重要性が注目されている。従来の電気的なひずみセンサなどを用いた構造ヘルスマニタリングには膨大な数のセンサと莫大な時間と費用が必要であり、モニタリング自体の効率化及びコスト削減を実現するための効率的なセンシング技術として、光ファイバーセンサに注目した。

既設橋梁のケーブル張力計測については、現在、ケーブル張力を直接計測することが困難なため、振動法による間接的に計測を行う方法が主流となっている。そこで、動的計測に適した光ファイバーの特性に着目し、ケーブル張力計測システムの開発¹⁾²⁾を試みた。本稿は開発を目的とした一連の試験について報告するものである。

2. 光ファイバーを用いたケーブル張力計測システム

図-1 に光ファイバーを用いたケーブル張力システムの概念図を示す。本システムは、ケーブルに沿って配置された光ファイバーセンサを用いて、ケーブルの振動によるケーブルひずみの変動を計測し、その周期性からケーブルの固有振動数を評価した後、理論式を用いてケーブルの張力に換算するものである。

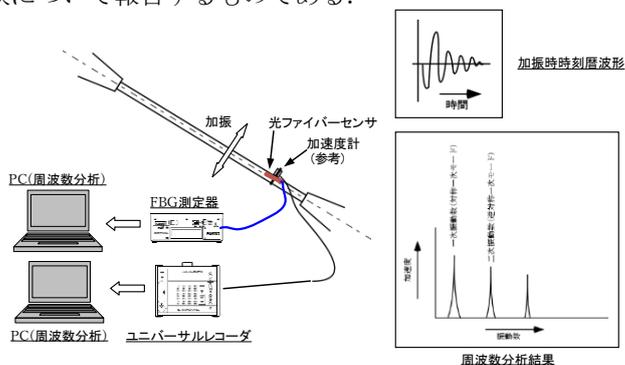


図-1 計測システム概念図

3. 室内試験及び現地試行

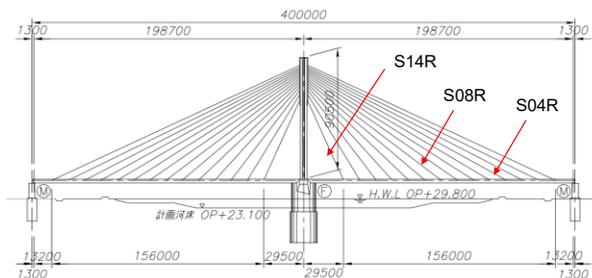
光ファイバーを用いたケーブル張力システムの開発を目的として、一連の試験を現地予備試験、室内試験及び現地試験の3つの段階によって行った。

(1) 現地予備試験

光ファイバーセンサの選定及び光センサをケーブルへ取付けるための適切な固定方法の検討をするために、実橋で予備試験を実施した。

対象橋梁の側面図と計測対象ケーブルの諸元を図-2 に示す。

対象橋梁は、橋長 400m、幅員 20.7m の 2 面ファン型マルチケーブルの 2 径間連続 PC 斜張橋である。計測対象ケーブルとして図-2 に示す3つのケーブル (S14R=77m, S08R=130m, S04R=173m) を選定した。ケーブルに加速度計及び光ファイバーセンサを設置し、常時微動、ハンマリング試験及び強制加振によるケーブル振動を計測した。現場での取り扱いを考慮し、振動センサとして用いられているワイヤーセンサ及び、GFRP (ガラス繊維補強樹脂) で被覆され、引張強度が優れている GFRP センサの2種類を用いた。



ケーブル名	L (m)	W (kN/m)	A (mm ²)	E (kN/m ²)	I (m ⁴)	θ (deg)
S14R	77.087	0.7581	9275	1.96E+08	7.58E-06	70.0
S08R	130.76	0.8983	10891	1.96E+08	1.04E-05	50.3
S04R	173.89	0.9561	11584	1.96E+08	1.18E-05	38.7

図-2 対象橋梁側面図および計測対象ケーブル諸元



図-3 センサの設置状況

(2) 室内試験

現地予備試験の結果を踏まえて、GFRP センサの FGB 取付け板への固定方法及びワイヤーセンサをケーブル表面にテーピング固定する方法の検証を行った。さらに、光ファイバーセンサの適切なプリテンションの検討を行った。

(3) 現地試験

室内試験で検証した光ファイバーセンサの固定方法を用いて光ファイバーセンサをケーブルに取付け、常時微動、ハンマリング試験及び強制加振によるケーブル振動の計測を行った。計測対象ケーブルは、S14R 及び S04R とした。

4. 現地予備試験、室内試験及び現地試行の結果

(1) 現地予備試験

図-5 に現地予備試験の計測結果の 1 例を示す。図は、斜張橋ケーブルの強制振動時に光ファイバーセンサによって計測された動的ひずみから得られた固有振動数を示しており、これらを加速度計から得られた固有振動数と比較すると、大まかな卓越振動数の評価ができたが、低次振動数については評価できなかったことを示している。その原因は、光ファイバーセンサとケーブル本体の間に滑りが生じたためであったことが判明し、室内試験において光ファイバーセンサの固定方法を検証することにした。

(2) 室内試験

図-6 に光ファイバーセンサ及びひずみゲージから計測された波形の 1 例を示す。図は、GFRP センサの FGB 取付け板による固定方法及びワイヤーセンサのテーピングによる固定方法による計測値は、ひずみゲージの計測値に追従していることを示している。

GFRP センサ及びワイヤーセンサの波形形状が、ひずみゲージの波形形状とほぼ同じであることから、ひずみゲージと同様にケーブル表面ひずみを計測していることが確認できた。プリテンションの違いによる波形の大きさの差は特に見られなかった。

(3) 現地試験

現地計測結果の 1 例を図-7 に示す。図は、斜張橋ケーブルの強制振動時に光ファイバーセンサによって計測された動的ひずみから得られた固有振動数と加速度計から得られた固有振動数を示しており、センサの固定方法の改善により低次周波数の計測が可能になったことを示している。

5. まとめ

ケーブルひずみの周期性に着目し、光ファイバーセンサを用いたケーブルの張力を計測するシステムの開発の第一歩として基礎的な試験を行った結果、「光ファイバーを用いたケーブル張力計測システム」の可能性を確認した。橋梁振動の影響、計測時間及び時期、センサの取付け位置などの検討すべき課題は残っているが、引き続き開発を進めている。

参考文献

- 1) (NPO 法人) 光ファイバセンシング振興協会：分布型光ファイバひずみセンサ建設分野向けマニュアル，2021。
- 2) 柏谷英樹，山上哲示，L. H. Ichinose，榎一平，野村真介：インフラ構造物の常時モニタリングに対する光ファイバーの適用，土木学会関西土木工学交流発表会（旧年次術講演会講演会）概要集，2023。

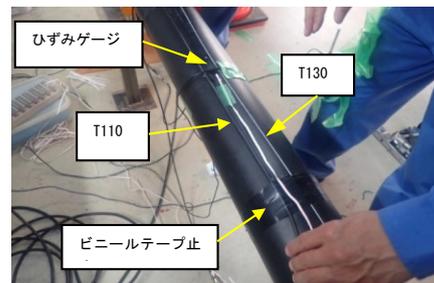


図-4 室内試験の状況

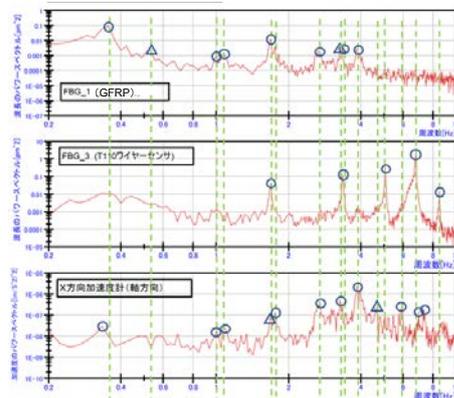


図-5 現地予備試験（強制振動，S14R）FFT 処理結果

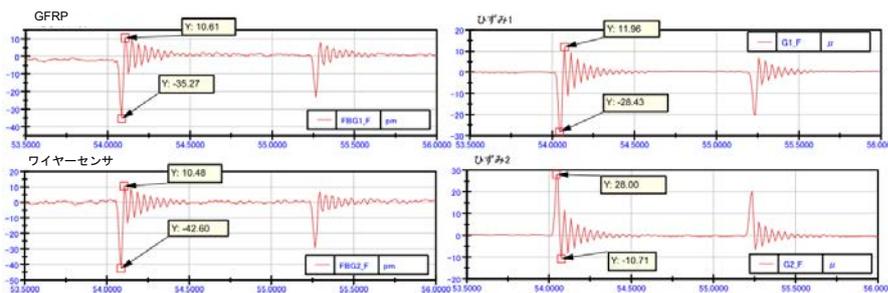


図-6 室内試験結果の例（測定波形図）

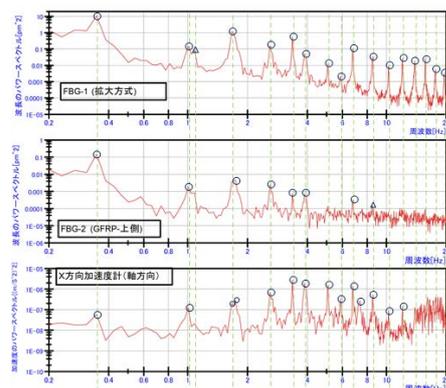


図-7 現地試行（強制振動，S14R）FFT 処理結果