

第 I 部門 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

(株) 共和電業	○正会員	柏谷 英樹
(株) 日本工業試験所	正会員	山上 哲示
(株) 日本工業試験所	正会員	Luiza H. Ichinose
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、その対策として維持管理メンテナンスサイクルが着目されている (図-1)。この維持管理メンテナンスサイクルにおいて重要と考えられるのが、点検結果をいかに診断に役立てるのか、いかに点検の有効な情報を次のサイクルである評価・診断に伝達するかであり、その中で注目されてきた方法の一つが常時モニタリングである。常時モニタリングの目的として考えられるのが

- ①点検データを継続的に蓄積する
- ②過去からの挙動の変化を追跡する
- ③その間の異常・変状を把握する
- ④異常・変状を構造物の全体挙動の微妙な変化として評価する
- ⑤これらの情報を補修方法の検討や、予防保全に活用する、等等。

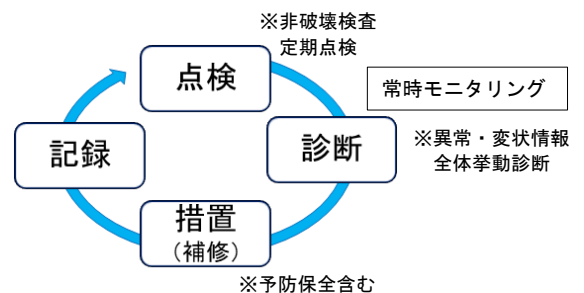


図-1 維持管理メンテナンスサイクル

しかしこれらは長期間の計測となるため計測システムが定常的に機能しておく必要があり、このことが常時モニタリングの一つの課題であった。この課題を解決するために今回着目したのが、光ファイバーセンサの採用であった。

2. 光ファイバーセンサの常時モニタリングへの適用

一般的に光ファイバーセンサを活用するメリットとしては

- ①光ファイバーに耐久性があること、②光ファイバーの維持が容易であること、③光ファイバーセンサは長期間安定していること等を考慮し、光ファイバーは長期間モニタリングに適していると考えた。

光ファイバーセンサのインフラ構造物への適用については、産業インフラへの適用としては、プラント機器・設備の制御、プラントの維持・管理のための監視などに適用されており、一方で社会インフラへの適用としては、インフラ構造物 (橋梁など) の現状の応力状態の把握や、インフラ構造物全般の防災・防犯管理等に適用されてきた。

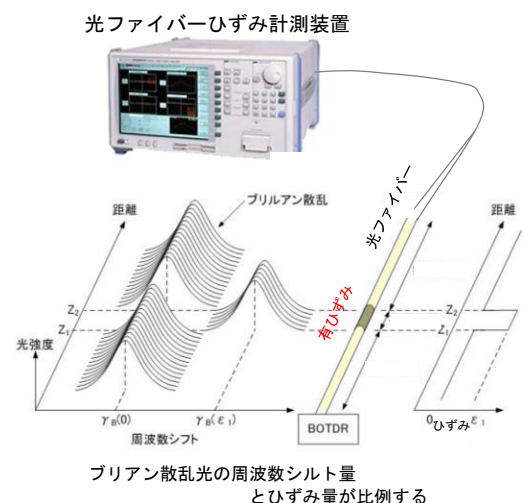
ここでは少し長期的視点に立って、インフラ構造物の長期的挙動・変状を光ファイバーセンサの特徴を生かして把握着目しようとしたもので、それを報告する。

3. 光ファイバーの方式とその特徴

光ファイバーセンサとして使用されている光ファイバー方式としては、代表的なものとしては分布型センサである BOTDR 方式と、ポイント型センサである FBG 方式が挙げられる。

(1) BOTDR 方式 (図-2)

この方式は、光ファイバーに沿ってパルス光を入射し、光ファイバー全体より連続的に得られるブリルアン散乱光を検出し、その周波数の変化よりひずみ量を検出する方式。その特徴としては光ファイバーに沿っての平均的なひずみが遠くまで計測できる特徴があるが、散乱光の光ファイバー全長に渡っての平均処理が必要のため、その処理時間を考えると静的ひずみ計測に限定され、またその計測精度は±数十 μ 程度と言われている。

図-2 BOTDR 方式¹⁾

(2) FBG 方式 (図—3)

この方式も光ファイバーに沿って広帯域光源を入射するが、光ファイバー全長ではなくファイバーの途中に設置されているフィルター加工部 (これを FBG という) からの反射光の波長の変化よりひずみ量を計測する方式。その特徴としては、フィルター加工部を特定して計測でき、光ファイバーも必要とするフィルター加工部までの長さで良く、また反射光の平均処理が不要のため計測に時間がかからず、そのため動的ひずみ計測が可能とされている。またその計測精度は $\pm 1\mu$ と言われ、ひずみゲージと同じ精度とも言われている。

今回の報告は、この FBG 方式による動的ひずみの計測に着目した事例の報告である。

4. 斜張橋ケーブル張力モニタリングへの適用事例

光ファイバーのインフラ構造物の常時モニタリングへの適用事例として、斜張橋ケーブル張力モニタリングへの適用を考えた。

斜張橋ケーブル張力モニタリングへの光ファイバー適用のシステムフローを図—4に示す。このフローでは、前半のモニタリング部分と後半の評価・診断部分に分かれており、フローの前半のステップ①②が光ファイバーFBG方式の担当で、FBGの特徴である動的ひずみの計測を利用している。

またフローの後半のステップ⑤は常時モニタリングの最大の目的を提供する部分で、前半の光ファイバーから後半の常時モニタリングへ、「点検」から「診断」へ、情報が有効に伝達されている所である。

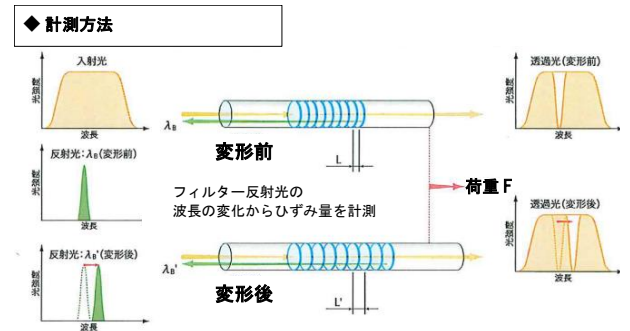
図—5に斜張橋ケーブル張力モニタリングシステムの概要を示す。ここでは FBG センサを所定の位置に配置できるように光ファイバーを斜張橋ケーブルに配置して、ケーブルの振動を動的ひずみとして把握し、その結果からケーブルの固有振動数を評価してケーブルの張力に換算している。また光ファイバーはケーブル端部ソケットまで延長して接続端子を設け、そこから計測機器まで延長して計測システムとして完成させている。

図—6に今までに実施してきた実証試験データの一部を示す²⁾。この結果は斜張橋ケーブルの振動時の動的ひずみを光ファイバーにて計測し、そこから得られた固有振動数を示しており、光ファイバーセンサによっても明確に斜張橋ケーブルの固有振動数を評価できることを示している。

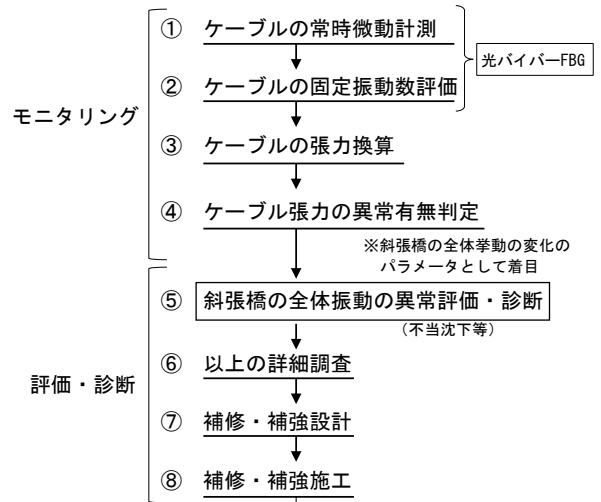
なおこの実証試験の詳細については、別途投稿「光ファイバーを用いたケーブル張力計測システムの開発—現地試行—」を参照願いたい。

参考文献

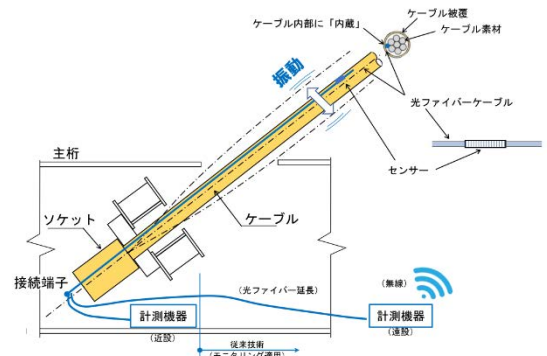
- 1) (NPO 法人) 光ファイバセンシング振興協会：分布型光ファイバひずみセンサ建設分野向けマニュアル，2021。
- 2) L. H. Ichinose, 山上哲示, 柏谷英樹, 榊一平, 野村真介：光ファイバーを用いたケーブル張力計測の現地試行，土木学会関西土木工学交流発表会 (旧年次術講演会講演会) 概要集，2023。



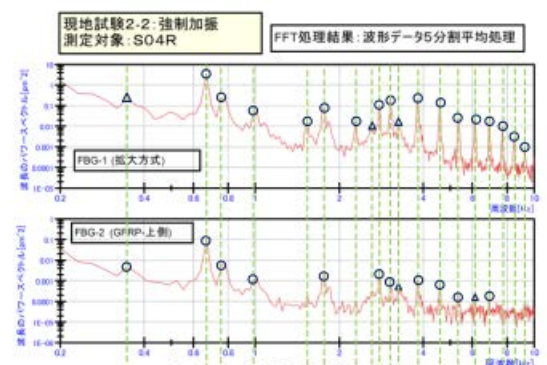
図—3 FBG 方式



図—4 システムフロー



図—5 システム概要



図—6 実証試験データ例