

インフラセンシングネットワーク構築に向けた レイリー式光ファイバひずみ分布計測技術の長距離性能検証

鹿島建設(株) 正会員 ○岡本圭司 吉村雄一 青鹿弘行 藤原航太郎 今井道男
フェロー会員 川端淳一 瀬尾昭治

1. 背景および目的

レイリー散乱光を用いた分布型光ファイバ計測技術は、光ファイバに加わるひずみや温度を長距離にわたり高空間分解能かつ高精度に計測可能である。これらの特長を活かすことで、複数の構造物を効率的、一元的に見守ることができる光ファイバセンシングならではのアーキテクチャが構築可能である。我々はこれをインフラセンシングネットワークと呼んでいる(図-1)。インフラセンシングネットワークは、ひずみや温度を計測する対象物に実装された光ファイバ(センサ光ファイバ)

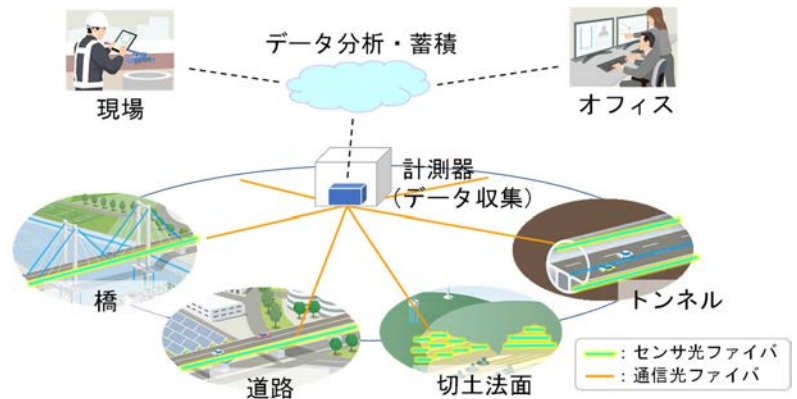


図-1 インフラセンシングネットワーク

を、試験光や後方レイリー散乱光を伝搬させる光ファイバ(通信光ファイバ)と接続し、監視拠点に設置した一式的計測器から複数の対象物をモニタリングする構想である。センサ光ファイバや通信光ファイバは一般的なシングルモード光ファイバが使用されており、これらは容易に直結することができる。一方で、通信光ファイバが長距離に及ぶ場合、光ファイバの伝送損失の増加等による計測性能の劣化が懸念される。

本稿では、インフラセンシングネットワーク構築に向けた基礎検討として、試験体を5, 10, 15 kmの3種類の長尺な通信光ファイバと接続し、レイリー式光ファイバひずみ分布計測器を用いて空間分解能5 cmでひずみ分布計測を検証した結果について報告する。

2. 試験概要

試験の構成概要を図-2に示す。試験体にはステンレス鋼の梁を使用した。梁の表面にはひずみを計測するため、センサ光ファイバとして直径0.9 mmの光ファイバ心線を長さ約2 mの区間に貼り付けた。通信光ファイバには、一般的に通信で使用されるシングルモード光ファイバ(伝送損失: 約0.2 dB/km)から成るポビン巻きの光ファイバを使用した。試験体の3点曲げ試験を行い、レイリー式光ファイバひずみ分布計測器¹⁾を用いて、通信光ファイバを介した試験体のひずみ分布を測定した。計測器の設定パラメータを、表-1に示す。

計測手順は、まず事前確認として計測器と試験体のセンサ光ファイバを5 mの光ファイバで接続し、荷重

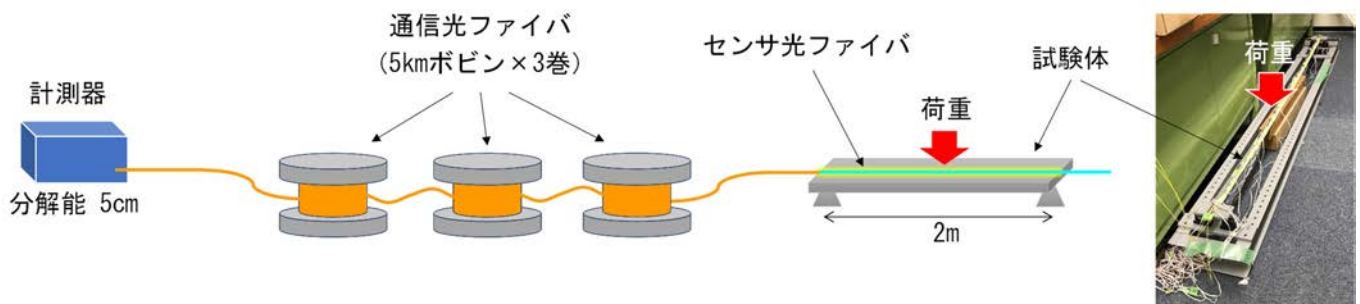


図-2 試験の構成概要

キーワード 光ファイバセンサ, レイリー散乱, インフラセンシングネットワーク, ひずみ測定
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

を与える前の状態で初期値を測定した。次に、続いて梁の中央部に荷重を与え再度測定を行った。その際に、荷重を加える前後のレイリースペクトルを比較して周波数シフト量を算出し、ひずみ変化量を求めた。続いて、5 km のポビン巻き光ファイバを計測器と試験体センサ光ファイバの間に接続し、前述した手順で荷重を加える前後のひずみ変化量の分布を測定した。その後、ポビン巻き光ファイバを 5 km ずつ延長しながら 10, 15 km についても同様の測定を行った。伝送損失については都度パワーメータを用いて測定し、通信光ファイバと試験体に貼り付けられたセンサ光ファイバ全長での損失値を確認した。

3. 試験結果

試験体のひずみ分布計測結果を図-3に示す。縦軸はひずみ変化量、横軸は測定距離を表す。縦軸のひずみ変化量は引張が正、圧縮が負となる。(a)~(d)はそれぞれ通信光ファイバ 5 m, 5, 10, 15 km を接続して測定した結果である。なお、通信光ファイバ 5, 10, 15 km を接続した場合の伝送損失は、それぞれ 1.2, 2.3, 3.3 dB であり、試験体への荷重付与による損失増加は見られなかった。

(a)~(d)いずれの結果においても、試験体上面に貼られたセンサ光ファイバに圧縮が作用したことが確認できた。ひずみ分布は中央部に近づくにつれて圧縮ひずみが大きくなり、中心付近で約-100 μ の変化量が観測された。測定距離が長くなるにつれてひずみ分布のばらつき(標準偏差 σ) が大きくなり、測定結果(d)15km では 3.3 μ となった。これは光ファイバの損失増加によるものと考えられ、入力光パワーや平均化回数を増やすことにより改善が期待できる。また、今回の条件では、長距離光伝送において懸念される波長分散によるパルス拡がり(空間分解能の劣化)は計測に影響ないほど小さいことが確認できた。

4. まとめ

光ファイバ計測技術を用いてインフラ群を効率的に見守るインフラセンシングネットワーク構想を紹介し、その構築に向けた基礎検討結果を報告した。試験ではレイリー式光ファイバひずみ分布計測器を用いて、長尺な通信光ファイバと接続した試験体のひずみ分布計測を検証した。5, 10, 15 km の通信光ファイバを介して、空間分解能 5 cm で妥当なひずみ分布が得られることを確認した。今後、市中の既設通信光ファイバを活用した本構想のフェージビリティを検証する。

参考文献

- 1) 岸田欣増・李 哲賢・西口憲一・山内良昭・Artur Guzik : SMF におけるひずみと温度が識別できるハイブリッド分布測定システムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告, 信学技報, OFT2012-59, pp.37-42, 2013.

表-1 設定パラメータ

項目	設定値
測定波長 (nm)	1550
空間分解能 (cm)	5
サンプリング間隔 (cm)	2.5
出力光パワー (dBm)	25
平均化回数 (回)	2 ¹⁰
周波数掃引幅 (GHz)	400
周波数ステップ (MHz)	250

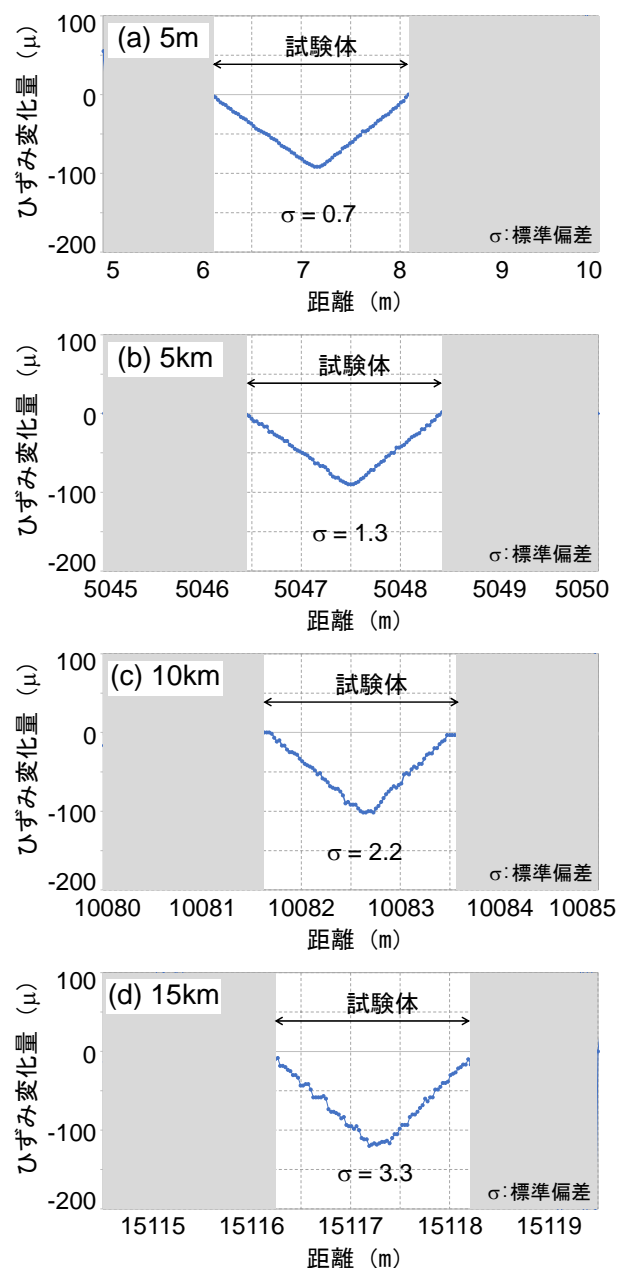


図-3 試験結果