

通信網とセンサ光ファイバを直結させた インフラセンシングネットワークによる遠隔ひずみ計測

鹿島建設(株) 正会員 ○岡本圭司 今井道男

フェロー会員 川端淳一 瀬尾昭治

東日本電信電話(株) 山下明希 椎野直樹 伊藤靖之

1. 背景および目的

分布型光ファイバ計測技術は、構造物や地盤岩盤に光ファイバ（センサ光ファイバ）を実装することで、ひずみや温度の分布を長距離にわたり高空間分解能かつ高精度に測定する手法である。センサ光ファイバに組み込まれる光ファイバは、通信に用いられる光ファイバと同様の汎用的なシングルモード光ファイバであるため、これらは容易に直結できる。そのため、市中に張り巡らされた公衆通信網や、事業者が独自に保有管理する自営通信網と組み合わせ

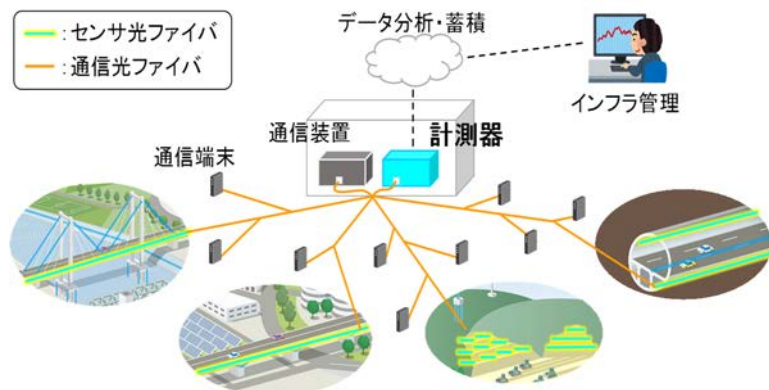


図-1 インフラセンシングネットワークの概念図

ることで、複数の対象物や遠隔にある対象物を、効率的かつ一元的にモニタリングできるアーキテクチャ「インフラセンシングネットワーク」（図-1）の構築が可能と考えられる。

先の報告¹⁾では、ラボ環境において15km超の光ファイバを介したひずみ計測性能を確認した。本稿では、建設現場に実装されたセンサ光ファイバと通信網を直結させ、実際にインフラセンシングネットワークを構築し、遠隔からのひずみ計測試験を行ったので、その結果について報告する。

2. 試験概要

インフラセンシングネットワークの実現可能性を確認するため、実通信網を介したセンサ光ファイバのひずみ計測を行った。図-2に試験系の概略図を示す。工事事務所に引き込まれた通信光ファイバ（空き回線）と、地中変位監視用に埋設したセンサ光ファイバをコネクタで接続し、インフラセンシングネットワークを構築した。レイリー式ひずみ計測器²⁾をNTTに設置、該当の通信光ファイバに接続し、現場に設置されたセンサ光ファイバのひずみ分布を計測した。センサ光ファイバには試験区間と地中埋設区間を設け、以下の検証を行った。

検証1) センサ光ファイバの試験区間（長さ0.9m）において、ケーブル引張試験器を用いて、50, 100, 150μのひずみを段階的に付与。ひずみゲージとの比較により結果の妥当性を評価。

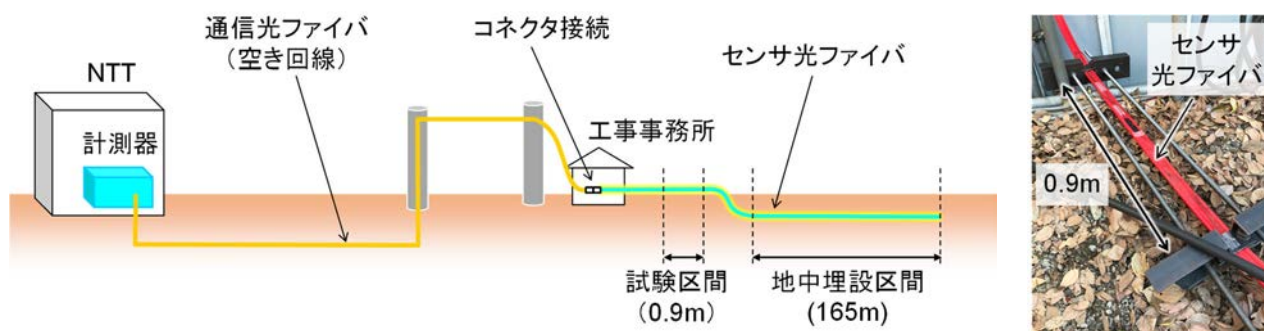


図-2 通信網と直結させたセンサ光ファイバの概略図（左図）とケーブル引張試験器を設置した試験区間（右写真）

キーワード 分布型光ファイバ計測、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

検証 2) センサ光ファイバの地中埋設区間（長さ 165 m）において、16 時の測定を初期値として 17 時から翌 7 時まで 1 時間間隔のひずみ変動を定期計測。計測の安定性と継続性を確認。

3. 試験結果

検証 1) に関して、センサ光ファイバの試験区間に 50μ の引張ひずみを付与したとき、NTT からセンサ光ファイバ遠端までの光ファイバ全長において観測されたひずみ分布を図-3 に示す。距離 0～3400, 3400～3580m がそれぞれ通信光ファイバ区間、センサ光ファイバ区間となる。センサ光ファイバ区間内には、3413m 近傍に試験区間 (0.9m) と、地中埋設区間 (3415～3580m) がある。

図-4 は、センサ光ファイバの試験区間において、引張ひずみを段階的に付与したときに観測されたひずみ分布の測定結果である。レイリー式ひずみ計測器は、空間分解能 10cm に設定した。ひずみの読取精度は、 1.7μ (理論値) である。距離 3413m 近傍の長さ 0.9m 区間において想定通りの引張ひずみ分布が観測され、その変化量はセンサ光ファイバの中心部に設置したひずみゲージの測定結果とほぼ一致した。

検証 2) に関して、定期計測した地中埋設区間のひずみ分布結果を図-5 に示す。17 時から翌 7 時まで 1 時間間隔で観測されたひずみ変動において、最大引張ひずみと最大圧縮ひずみをプロットしたものである。いくつかの地点で $\pm 10\mu$ 程度の僅かなひずみ変動が見られたものの、計測に由来した不安定な挙動は起こっていないと考えられ、地盤の安定性を継続してモニタリングできることを確認した。

以上の検証結果から、実通信網を介したセンサ光ファイバの計測においても、ひずみの定量評価、計測の安定性や継続性に問題がないことが確認でき、インフラセンシングネットワークの実現に見通しが得られた。

4. まとめ

インフラセンシングネットワークを実際に構築し、通信光ファイバ（空き回線）と直結させたセンサ光ファイバによる遠隔ひずみ計測を実証した。筆者が知る限り、このようなアーキテクチャの構築と計測は初めての試みであり、光ファイバ網を活かした、効率的なインフラモニタリングシステムの可能性を拓いた。今後、複数対象物の長期間モニタリングに適用し、インフラ維持管理への実用性を立証していきたい。

参考文献

- 岡本ら：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，土木学会第 77 回年次学術講演集，CS9-47，2021。
- 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。

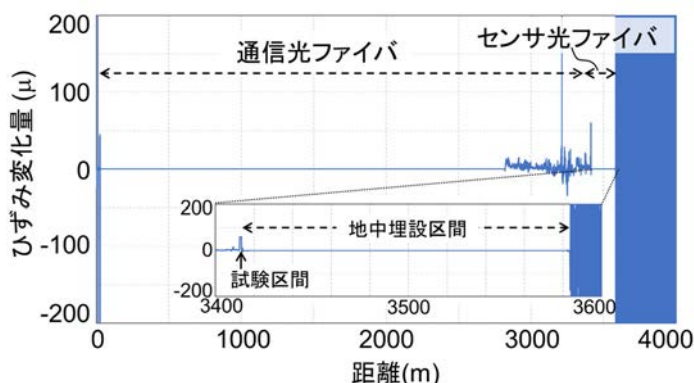


図-3 光ファイバ全長のひずみ分布

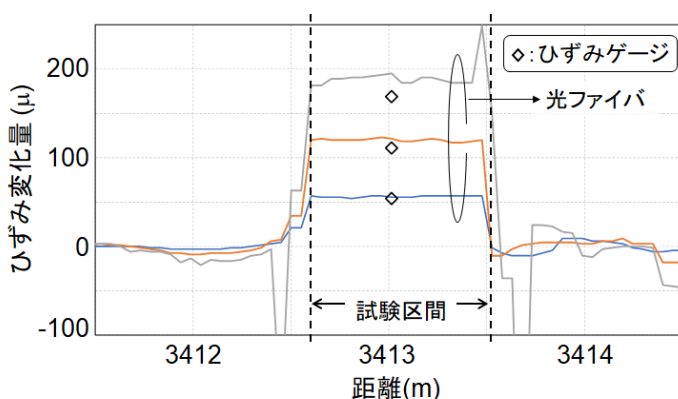


図-4 試験区間のひずみ分布測定結果

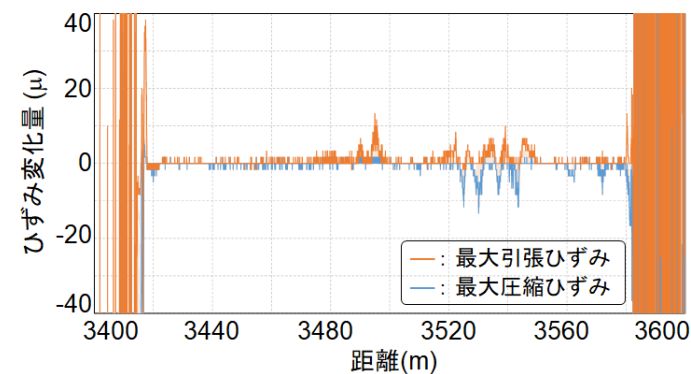


図-5 地中埋設区間の定期計測結果