

光ファイバセンシング技術を用いたデジタルロードの取り組み

鹿島建設(株) 正会員 ○川端淳一 永谷英基 那須郁香
今井道男 吉村雄一 辻 良祐

1. はじめに

国土交通省では、2022年8月に「2040年道路政策ビジョン」を発表し¹⁾、人、モノ・サービスの移動の効率性、安全性、環境性、快適性等を極限まで高め道路の景色を変えていくと謳っている。このビジョンのロードマップではデジタル技術をフル活用し、「自動運転への道路側の支援」、「次世代 ITS の実現」、「デジタル道路の構築とデータの利活用」の推進が掲げられ、道路の維持管理の自動化や災害対策に貢献できる道路構築の実現などを目指すとしている。筆者らは、革新的な分布型光ファイバセンシングを駆使して、施工管理から維持管理までの一気通貫なインフラ DX の実現を目指し、図-1 に示す様々な土木構造物への適用展開を図っている。道路舗装は、長大な線形構造物であり、長距離計測が可能な光ファイバセンシングの適用性は高いと考えている。本稿では、デジタルロードの実現に向けた取り組みについて報告する。



図-1. 光ファイバによるインフラセンシング

2. 分布型光ファイバセンシング技術

分布型光ファイバセンシングは、光ファイバの端部から入射した光（レーザ光）が、ケーブル内を進行する際、ケーブルに生じたひずみに応じて、ある周波数スペクトルを持つ後方散乱光を発する性質を利用し、これを受光してケーブル上のひずみや温度、振動の連続的な分布を計測する技術である。近年の DX 革命により従来計測技術（ラマン計測、ブリルアン計測）に加えて、レイリ散乱の原理を活用した高精度ひずみ計測や長距離での振動分布計測が可能な DAS（Distributed Acoustic Sensing）計測の実用化が進んでいることから、多様な計測手法のラインナップでインフラ DX に対する適用性の拡大が期待される²⁾。

3. デジタルロード技術の実証フィールド

道路インフラに対する光ファイバセンシング技術の利活用について、図-2 に示す試験舗装フィールドを造成した。20m×10mの交差点も加味した形状とし、舗装構造の各層に光ファイバケーブル（以下光ファイバ）敷設している。また、図-3 に示す自動車専用有料道路「熱海ビーチライン」の事業権を取得し、試験舗装フィールドで検証した新技術の社会実証・実装を行う実フィールドも確保した。



図-2. 試験舗装フィールド（鹿島技術研究所）



図-3. 熱海ビーチライン

4. 道路舗装への実装と計測事例

まず図-2 示すフィールドで道路舗装への光ファイバの実装技術について検討した。舗装の新設時あるいは打ち換え時においては、溝を設けて光ファイバを敷設し、埋設した上で舗装材のローラー転圧を行った。結果として高温なアスファルト材による温度変化やローラーによる転圧の影響はほとんどなく、様々な深度

キーワード 分布型光ファイバセンシング, 舗装, 維持管理, 交通流動監視
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 042-489-1111

で計測可能な光ファイバを敷設することができた(図4.1)³⁾。既設舗装に対してはカッターを入れて光ファイバを敷設し、セメント系材料で充填する手法や、区画線上に光ファイバを接着して表面をテープで保護する簡易な手法を考案した(図4.2)。この方法は DAS 用途に対応している。

図-5 にレイリ OFDR 方式を用いたひずみの計測事例を示す。深さ 5 cm の基層に設置した光ファイバを用いて、舗装上を人間が走行しセンサ設置位置上を踏んだ際に生じた時点でのひずみ分布の結果を図-5(右図は左図を拡大したもの)に示す。足の大きさの 1/10 以下の分解能でひずみ分布の確認ができ、歩行者とその特徴を検知することも可能であることを確認した。

図-6 に海沿い道路における高波による越波が舗装に与える振動をバケツ(10L)で放水することで再現し、既設舗装に実装した光ファイバを用いて DAS による振動計測を実施した結果を示す。放水した場所での明瞭な振動が観測された。この振動データでの周波数分析結果を図-7 に示す。卓越周波数は 5Hz 以下の帯域であり、予め越波の振動特性を把握しておけば、その道路における越波の発生を天候や昼夜によらずモニタリングできる可能性があることがわかった。

5. 今後の展望

道路舗装への光ファイバの設置により、様々なセンシングが可能になる。舗装に作用するひずみ(応力)分布の計測により舗装上で動く物体(もしくは静止した体)の検知や舗装劣化を把握するためのヘルスマニタリングに適用できる⁴⁾。また、路面温度から降雨や凍結などの情報も取得できる。振動(動ひずみ)計測は越波以外にも、車両や歩行者の走行状態、車重の検知などが可能である。道路に光ファイバを設置すれば様々な情報を得ることができ、ひいては道路自体の可能性の拡大、付加価値の向上が期待される。

参考文献

- 1) 国土交通省：今、道路の景色を変えていく～2040 年道路政策ビジョンへのロードマップ～，2022. 8
- 2) 川端, 永谷, 今井：地盤工学における情報収集・分析・伝達技術開発の最前線 第 4 章 高速・高精度の分布型光ファイバ計測技術を活用した地盤モニタリング技術について，地盤工学会誌講座，2020. 12.
- 3) 永谷, 那須, 川端, 今井, 吉村：革新的光ファイバセンシングの道路舗装への適用, 第 2 回交通地盤工学シンポジウム, 2022. 11
- 4) 那須, 永谷, 川端, 吉村, 今井, 岩永, 伊藤：分布型光ファイバ計測技術を用いた舗装構造の評価, 第 2 回交通地盤工学シンポジウム, 2022. 11

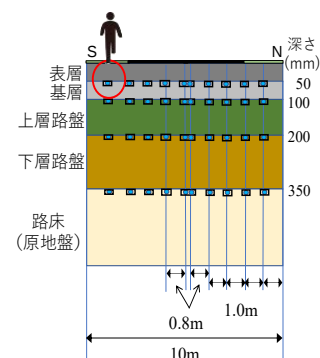


図-4.1 舗装構築時の光ファイバ敷設状況



図-4.2 既設舗装への光ファイバ敷設状況

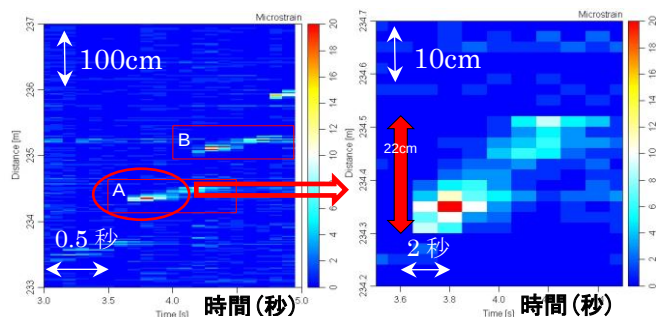


図-5 レイリOFDRによる歩行時のひずみ平面分布(光ファイバ深度 5 cm)

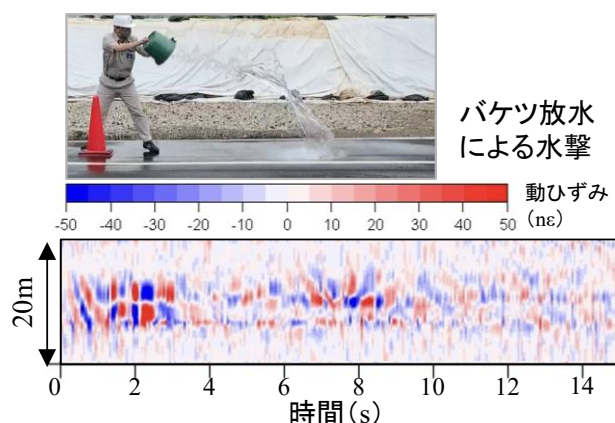


図-6. 越波を模した水撃振動計測結果例

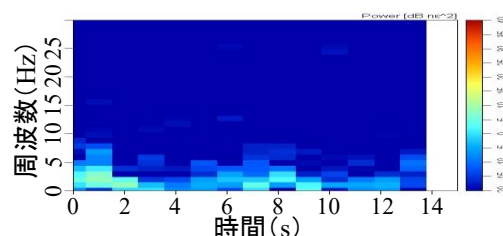


図-7. 水撃振動の周波数分析