

光ファイバセンサ（B-OTDR 法）を用いたトンネルの挙動計測

エヌ・ティ・ティ・インフラネット（株） 正会員 ○ 上野 和章
正会員 鳥越 寿彦

1. はじめに

光ファイバは、大容量の電送媒体として広く用いられているが、その特性を利用したセンサの研究が盛んに行われている。その中でも、コンクリート構造物の変状や変形を広範囲に検査する手法として注目されている。光ファイバセンサの特徴として、電氣的誘導や落雷などの影響を受けない、長距離伝送が可能、高耐久性等の特徴があり、これらの特徴を生かした計測手法の開発が進められている。

本論文では、光ファイバセンシング技術の1つである Brillouin Optical Time Domain Reflect meter（以下 B-OTDR という）手法を用いた都市トンネルの挙動計測結果について報告する。

2. B-OTDR 計測原理

現在、光ファイバセンシングには、B-OTDR、FBG、OTDR 及びラマン散乱光等の応用センサがある。その中で、光ファイバ自体をセンサとし、そして長距離を高精度に計測できるのは、B-OTDR 計測技術である。

B-OTDR の計測原理は、光ファイバに光パルスを入射し、発生するブリルアン散乱光の周波数シフト量を計測する事により、光ファイバの歪み量を計測する技術である。この時の周波数シフト量より歪み量を算出する事ができる。ブリルアン散乱光は非常に弱い光であるため、散乱光の範囲を適正に把握するためのレンジ幅及び精度を向上させるための平均化に時間が必要になるため、計測時間を要する。また、分解能が1mの平均歪みであるため、ピンポイントの計測と言うよりは、面的な挙動の把握に適した計測手法と言える。

3. 計測方法

本工事は、大規模近接施工に伴う地下トンネル構造物（電力・通信企業者間共同溝）の挙動計測である。全長約350mの範囲内において、SMWを始めとした工事が実施された。この影響区間内において、図2に示すように軸方向センサと内空変位センサに分けて光ファイバセンサを布設した。軸方向センサはトンネルの目開き及び段差を、内空変位センサはトンネルの上下左右方向の変形を計測する目的で布設した。計測で使用した光ファイバセンサは通信用の4心テープ心線の両端にステンレスの鋼線を配置したもので、あらかじめ0.15%の圧縮を与えることにより0.7%までの計測を可能にしている。（図3参照）

一般的な都市トンネル内の温度は年間を通じてほぼ一定で

キーワード 光ファイバセンサ, B-OTDR 法, 計測

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 2-4-11 NTT インフラネット関西支店（株）TEL06-4705-7595 鳥越 寿彦

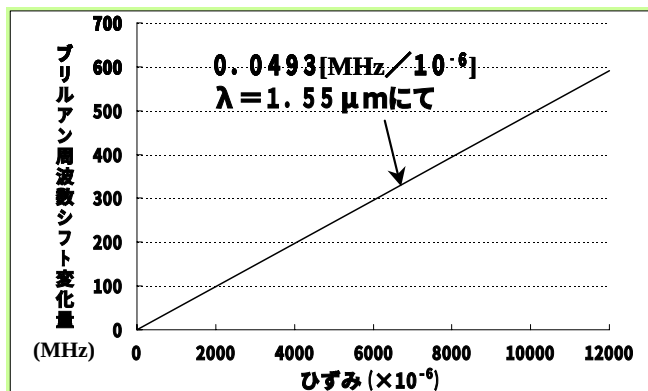


図1 ブリルアン周波数変化量とひずみの関係

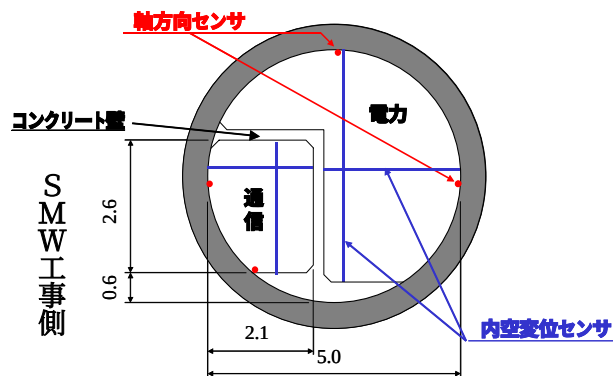


図2 センサ設置状況(単位m)

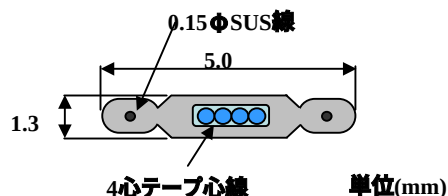


図3 光ファイバセンサ断面図

あるが、今回のトンネルは片側に換気口があり、事前計測においても $5 \sim 8^{\circ}\text{C}$ の格差があったため、温度補正装置を9台設置し、温度変化による計測値の影響を極力低減させる事にした。図4にセンサ設置状況を示す。



図4 センサ設置状況

4. 計測結果

電力および通信トンネル軸方向センサの不動点データを図5に示す。季節変動の傾向を若干表しているが、およそ $\pm 50 \sim 60 \mu$ の範囲内で推移していることがわかる。この結果から、年間気温変化最大 8°C （約 160μ ）が温度補正装置によりキャンセルされ、計測機器の誤差範囲を表示していることがわかる。

次に通信トンネル内空変位センサの結果を図6に示す。

図2より、SMW 設置工事がNTT側から施工され、その後、掘削が実施された。SMW 施工時にトンネル側方荷重が作用してトンネルが縦方向に変形し、その後、地盤変形が安定に向かい、掘削により上部の荷重が除去されたため、さらにトンネルが縦方向に変形した状況が計測できた。近接施工工事によりトンネルはこうに変形しているが、トンネル自体の耐力的に

は問題はなく、施工は安全に実施されている。今回、掘削時にトンネル内を遠隔監視できる光ファイバ WEB 監視カメラを設置し、施工状況をリアルタイムに監視する計測システムを採用した。

5. まとめ

本論文は、全体工事の一部分の結果報告であるが、光ファイバ計測でのトンネル挙動把握が的確にできていたと考える。今後は、本計測を続けていく事により、その計測結果からより良い計測方法の提案と計測システムの確立を図っていきたいと考える。

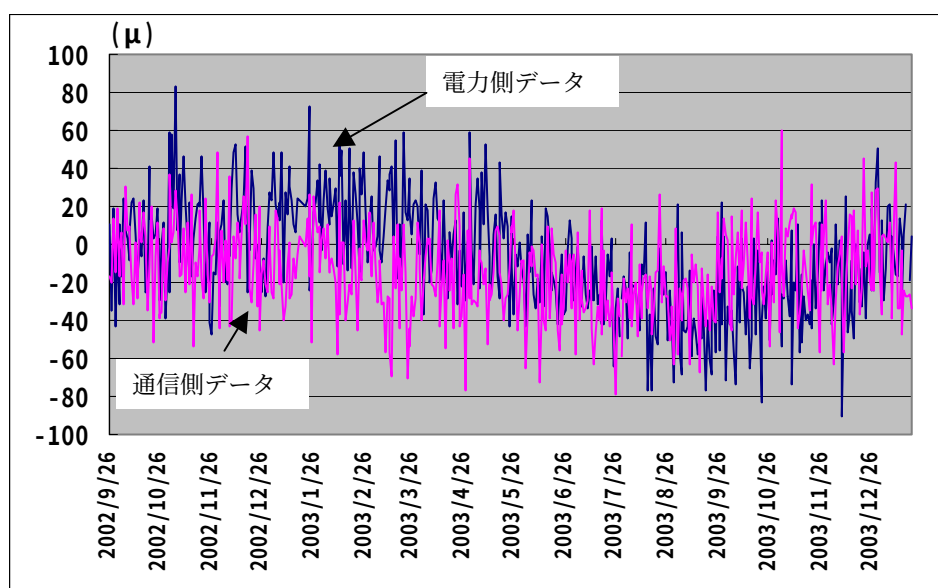


図5 軸方向センサ不動点計測結果

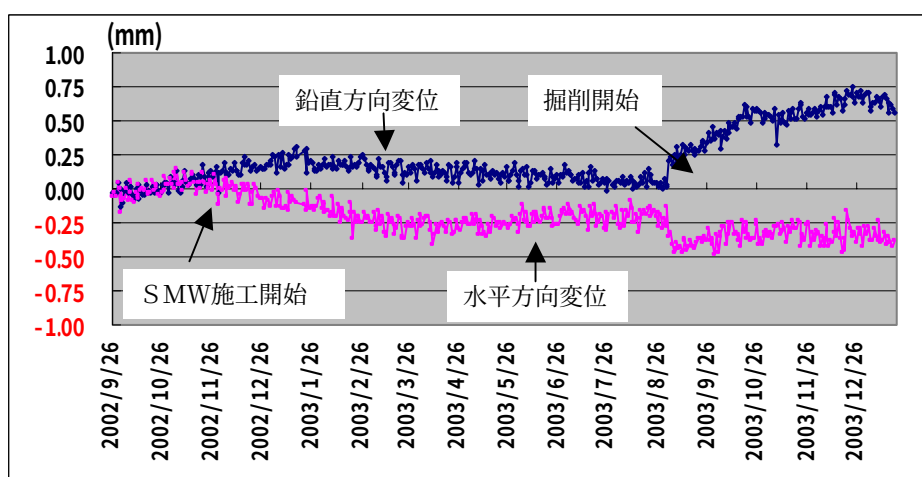


図6 通信トンネル内空変位計測結果