

光ファイバを用いたトンネル内空変位計測システムの開発

東電設計（株） 正会員 松本 正浩
 東京電力（株） 田尻 功
 前田建設工業（株） 正会員 ○福山 雅典， 笹倉 伸晃
 共和電業（株） 根本 勇

1. はじめに

トンネル内空変位は、施工時に設置した岩盤変位計によって計測するのが一般的であるが、センサー部に電気抵抗式のひずみ計を用いているため、耐水性や耐雷性が低下して数年で欠測になることが多い。これに対して、光ファイバでは、電気信号を用いないため耐久性が高く、長期的なモニタリングに適している。そこで、著者らは光ファイバを用いた表面設置型の内空変位計測システムを開発することとした。これまでに BOTDR を用いた同様の計測システムに対して検証実験を行ったが、施工性、計測精度にやや問題があった¹⁾²⁾。そこで、新たに FBG を利用した2種類の変位計を製作してトンネル内空変位計測システムの検証実験を行った。

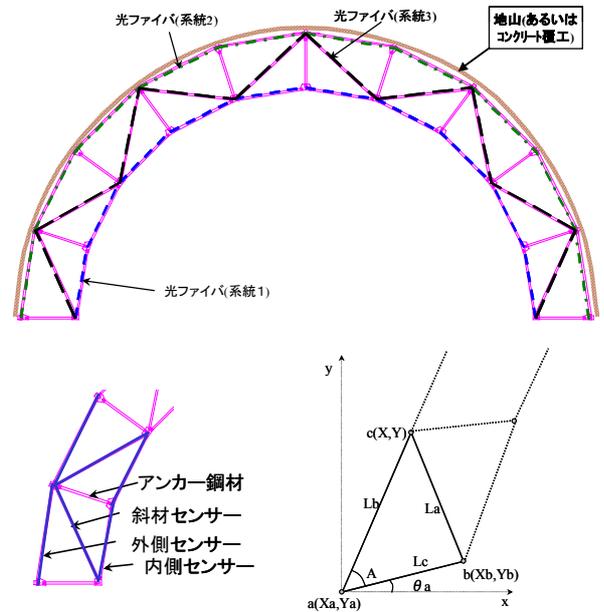


図-1 トンネル内空変位計測システム

2. トンネル内空変位計測システムの概要

トンネル内空変位計測システムは、アーチ部に内接するトラスフレームと光ファイバで構成されており（図-1）、地山の変位をトラス節点の座標変化として検出するものである。トラス節点変化は、トラスの辺長変化余弦定理を用いて計算する。なお、この計測システムには高い耐久性の他に下記の利点がある。

- ・ 表面設置型なので、後施工が可能である。また、メンテナンスも容易である。
- ・ 1本のケーブルで6つのセンサーが接続できるので、接続ケーブルの収まりがよい。

3. FBG を用いた変位計の製作

BOTDR を用いた計測システムの問題点を踏まえ、精度が高く、経済的にも有利な FBG (Fiber Bragg Grating) 方式の光ファイバセンサー（以下 FBG）を利用して2種類の変位計を試作することとした。2種類の FBG 変位センサーは、現場環境の多様性に対応できるように、棒状変位センサーと箱型変位センサーとした（図-2）。

4. 検証実験の概要

トンネル模型は、内径 8.0m の半円型の H 型鋼(100×100×6×8) で製作し（写真-1）、油圧ジャッキで

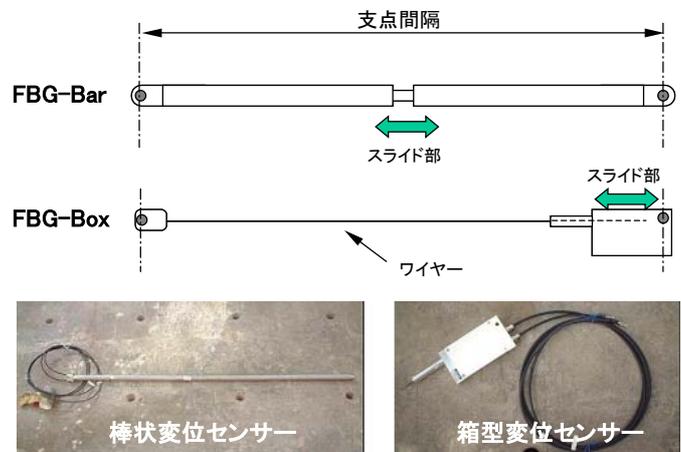


図-2 FBG を用いた変位計の概要

キーワード 光ファイバ, BOTDR, FBG, トンネル, 内空変位

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町1丁目39番16号 前田建設工業（株）技術研究所 TEL 03-3373-0391

天端に最大 60mm の強制変位を与えることとした。トンネル模型の内側の各節点座標には、XY 方向に変位計を設置し、計測システムの精度検証を行った。なお、計測システムの設置範囲は模擬トンネルの対象性を考慮して 1/4 円とした。



写真-1 実験状況写真

5. 実験結果および考察

図-3 には天端に 60mm の変位を与えた場合の計測結果である。棒状変位センサおよび箱状変位センサを用いたシステムとも変位計の計測結果と良く一致している。

図-4 は、各荷重ステップの天端部の座標変化の比較である。棒状センサの場合、荷重時と除荷時が一致せず、ヒステリシスを描いている。これは棒状センサのスライド部の摩擦によるものと考えられるが、実用上問題のないレベルの誤差である。一方、箱状変位センサの場合、荷重時と除荷時の計測が完全に一致しているが、計測システムの方が変位計よりもやや大きい結果を与える傾向がある。原因は明らかでないが、棒状変位センサの場合と同様に実用上は問題のないレベルと判断される。

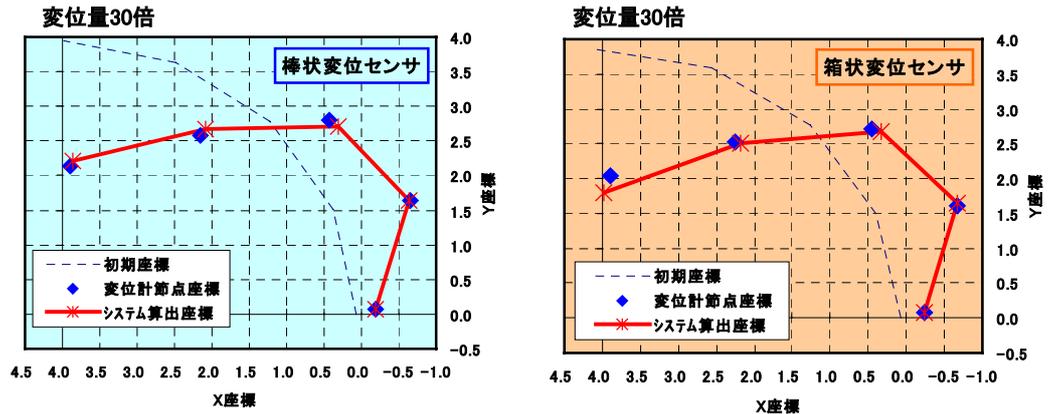


図-3 载荷点変位 60mm の時の変位計測結果の比較

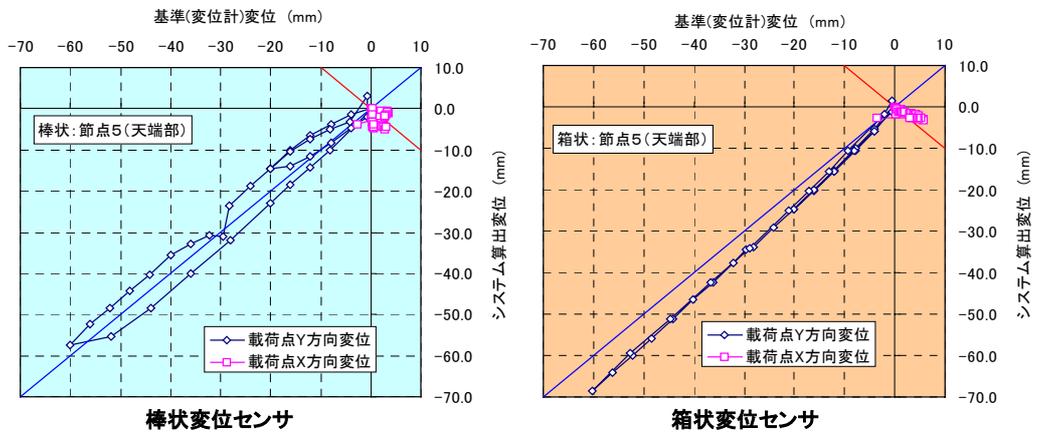


図-4 荷重ステップ毎の変位計測結果の比較

5. まとめ

- ・ FBG を用いたトンネル内空変位計測システムは、実用に耐えうる性能を有している。
- ・ センサ（棒状変位センサ、箱状変位センサ）によって、計測結果の傾向が異なるので、目的に応じてセンサを選定する必要がある。

今後の課題

- ・ 現場実証試験を通じて、耐久性（センサだけでなくシステムとしての）なども検証していく必要がある。
- ・ 適用範囲の拡大を図ることで、計測システムの性能向上を図っていく必要がある。

参考文献

- 1) 福山, 他: 表面設置型トンネル内空変位計測システムの開発, 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集, 2004. 9
- 2) 松本, 他: 光ファイバを用いたトンネル内空変位計測システムの開発, 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集, 2004. 9