東急東横線地下化工事光ファイバセンサによる NATM 計測

清水建設(株)土木東京支店土木第一部	正会員	高田英二
清水建設(株)土木東京支店土木第一部		石井利信

- 清水建設(株)技術研究所土木研究開発部 正会員 渡辺浩平
- 清水建設(株)技術研究所構造研究開発部
- 東京急行電鉄(株)交通事業部工務部 正会員 関 聡史

1.はじめに

東急東横線地下化工事においてはNATMによる施工が行われ、第4工区の横浜側約170m区間は補助工法と してAGF工法が採用されている。また、トンネル掘削に伴う支保部材(AGF鋼管、鋼製支保工、吹付けコン クリート)の効果を把握するためB計測が計画されており従来型のセンサに加えて新たに開発した光ファイバ センサを用いて計測を行った。ここでは、AGF鋼管、鋼製支保工、吹付けコンクリート計測用光ファイバセン サによる計測について述べる。なお、今回の計測は、「BOTDR」と呼ばれるブリルアン散乱光に基づく計測技 術を用い、吹付けコンクリート計測用光ファイバセンサは清水建設とNTTで共同開発を行っている「コンク リート埋込み型ひずみセンサ」¹⁾を用いている。また、光ファイバセンサの有効性を確認するため、従来型 センサにより計測した結果と比較検討を行った。

2.計測概要

AGF 鋼管計測用光ファイバセンサは、図 - 1(a)に示す ように光ファイバセンサ(図 - 1 (b)参照)をアルミパイプ⁽ の上下、左右に貼付け、鉛直方向のみならず水平方向の変 位も計測できるようにしたものである。また、AGF鋼管計 測用光ファイバセンサの有効性を確認するために、天端部 分の隣り合う AGF 鋼管に設置した従来型センサの水平傾 斜計と光ファイバセンサによる計測結果との比較検討を 行った。鋼製支保工計測用光ファイバセンサは、図 - 2(a) に示すように鋼製支保工の内空側と地山側のフランジ部分 に沿って光ファイバセンサ(図-2(b)参照)を貼付けたも のであるが、今回は切羽側と坑口側にそれぞれ対になるよ うに取付けた。また、鋼製支保工計測用光ファイバセンサ の有効性を確認するため、上半部の5箇所に取付けたひず みゲージによる計測結果との比較検討を行った。吹付けコ ンクリート計測用光ファイバセンサは、図 - 3(a)に示すよ うに光ファイバセンサ(図 - 3(b)参照)を吹付け厚さ20cm の中央に設置できるように、あらかじめ取付けた金網に 沿って上半の周方向に取り付けたものである。吹付けコン クリート計測用光ファイバセンサの場合、吹付けの際に骨 材によって光ファイバセンサが切断される可能性があった ので、 8 mm 1 本、 6 mm 3 本を往復で取付けて吹付 けを行ったが、断線は起こらなかった。また、吹付けコン



図 - 3 吹付けコンクリート計測用光ファイバセンサ

キーワード:光ファイバセンサ、BOTDR、NATM、支保部材、計測 連絡先: 〒221-0835 横浜市神奈川区鶴屋町1-1 TEL 045-322-4031 FAX 045-290-3733 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL 03-3820-5520 FAX 03-3820-5959

-82-

クリート計測用光ファイバセンサの有効性を確認するため、上半 部の5箇所に取付けたコンクリート有効応力計による計測結果と の比較検討を行った。なお、光ファイバセンサの計測は、すべて 10cm ピッチで行った。

3.計測結果

図 - 4にはAGF鋼管計測用光ファイバセンサ設置場所から切羽 が6m進行した場合の水平傾斜計と光ファイバセンサにより求め たAGF鋼管の鉛直方向のたわみ分布を示した。なお、たわみの 計算において、境界条件としてAGF鋼管の口元と切羽から3m 奥の位置を固定点とした。水平傾斜計の場合は1m毎の傾斜角か らたわみを求めているので折れ線のようになっているのに対して、 光ファイバセンサの場合は測定ピッチが10cmと細かいため滑 らかな曲線となった。また、鉛直たわみの最大値は、水平傾斜計、 光ファイバセンサで、それぞれ、約6mm、7mmとほぼ一致して おり、たわみ曲線の形状も良い対応を示すことが分かった。

図 - 5には鋼製支保工計測用光ファイバセンサ設置位置から切 羽が1 m進行した場合の鋼製支保工の縁応力の計測結果を示し た。ひずみゲージによる縁応力の計測結果を外縁部()と内縁 部()について、また、光ファイバセンサによる結果を外縁部 (実線)と内縁部(破線)について示した。これより、どちらのセ ンサによっても、応力は概ね圧縮となっていること、また、天端 部と肩部で縁応力の大きさが逆転しているという結果が得られた。 また、ひずみゲージと光ファイバセンサにより得られた計測値も 概ね良い対応を示していることが分かった。また、光ファイバセ ンサによると鋼製支保工の全周にわたって応力の変化を求めるこ とができ、局所的な変化もとらえることができることが分かった。

図 - 6には、吹付けコンクリート計測用光ファイバセンサ設置 位置から切羽が1m進行した場合の吹付けコンクリート応力の計 測結果を示した。コンクリート有効応力計による値()と光ファ イバセンサによる値(実線)を示した。なお、光ファイバセンサ は1筆書きになるように往復で取付けているが、ここでは、平均 値を求めて図示した。これより、コンクリート有効応力計と光 ファイバセンサにより得られた計測値は良い対応を示しており、 値も天端部分で約1 MPaとなっている。また、鋼製支保工と同様 に、光ファイバセンサによると全周にわたって応力の変化を求め ることができることが分かった。



図-6 吹付けコンクリート応力分布

4.まとめ

今回、AGF鋼管、鋼製支保工、吹付けコンクリート計測用光ファイバセンサの開発を行うとともに東急東横 線地下化工事において適用し、応力や変形などの測定を行った。また、従来型センサによる計測結果と比較し たところ良い対応を示し、光ファイバセンサの有効性を確認することができた。なお、光ファイバセンサによ ると従来、点として得られていた情報が線として得られるなど有益な情報が得られることが確認できた。 参考文献 1)熊谷仁志ほか:コンクリート構造物用光ファイバセンサの開発と実証、コンクリート工学、 Vol.38、No.7、pp.17 ~ 21、2000.

-83-