

実現場に用いた RC セグメントの鉄筋ひずみ計測への FBG センサの適用

NTT インフラネット(株) 正会員 ○藤橋一彦, 前田泰男, 関根一守

東京地下鉄(株) 正会員 大石 敬司

早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

光ファイバによるセンシング技術は、耐腐食性や防爆性に優れ、落雷や迷走電流の被害を受けない、配線がシンプルでセンサ部に給電が不要であるなどの数多くの長所を持っている。筆者らは、RC セグメントを対象にその鉄筋ひずみを長期にわたって計測する手段として、光ファイバセンシング技術が適用可能であると考え、まず、セグメントの単体曲げ試験を行って良好な結果を得たことから、つぎに、実トンネルへの適用を行った。

本報告は、その適用結果について述べるものである。光ファイバセンシングの方式には、測定精度が高く動的計測が可能な FBG 方式を採用した。RC セグメントの鉄筋に FBG センサを設置して、セグメントに設置した土水圧計による計測結果を用いてその適用性の検証を行っている。

2. 計測概要

2.1 対象としたリングおよびセンサの設置位置

計測の対象としたリングは、地下鉄副都心線の単線シールド区間の曲線部に使用された 2 つのリング (450R と 451R) である。FBG センサは、図 1 に示すように、リングの縦断方向の鉄筋と周方向の鉄筋の地山側と内空側に設置し、周方向鉄筋についてはさらに坑口側と切羽側に分けている (450R の周方向の鉄筋は切羽側のみの設置)。また、1 測点につき鉄筋の表側と裏側に 2 センサを設置している。

FBG センサは、まず、異形鉄筋をサンダーおよびヤスリで研磨し、つぎに、エポキシ系の接着剤で鉄筋に直接貼り付け、その硬化後に、ブチルゴムおよび自己融着テープなどで防護している。

2.2 評価項目

周方向の鉄筋のひずみは、坑口側と切羽側とに分けて、それぞれ、軸ひずみと曲げひずみとに分離して評価するとともに、両者の平均値も算出している。縦断方向の鉄筋のひずみについては、地山側と内空側で平均したものをを用いた。

3. 計測結果と考察

計測リングは 450R と 451R の 2 リングであるが、本報告は 451R を対象に鉄筋に発生したひずみについて述べる。また、ひずみの変化は、図 2 に示すように、リングがマシンのテール部を脱出する前後および脱出時の 3 段階に分けて検討した。縦断方向の鉄筋については、併せてリング施工後の経時的なひずみ変化についても考察した。

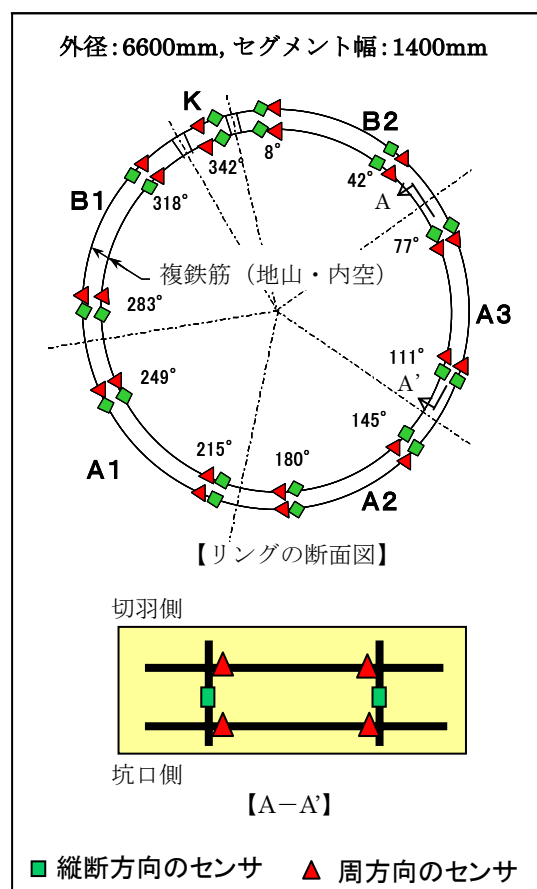


図1 451R センサ設置位置

テール部脱出前	テール部脱出時	テール部脱出後(裏込後)
テールブラシ シールドマシン 計測リング(451R)	テールブラシ	後続リング(452R)

図2 ひずみ計測時のリングの位置

Key Word : 光ファイバセンサ, FBG, セグメント

連絡先 : 〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町 2-31-1 浜町センタービル 15F Tel.03-5643-5629, Fax.03-5643-5745

3.1 周方向鉄筋のひずみ

図3に示すように、軸ひずみはテール部脱出時に曲線の外側で大きく圧縮側に増加し、テール部脱出後の裏込注入時には全体的にさらに圧縮側に増加している。曲げひずみは、図4に示すように、テール部脱出時にリングを縦方向の楕円状に変形させる曲げが発生している。テール部脱出後には、 42° と 77° の位置で変化が確認できるが、そのほかの位置では大きな変化はない。

図6に示す土水圧計の計測結果をみると、テール部脱出時には、曲線の内側よりも外側で大きな圧力が発生していることがわかる。テール部脱出後には、全体にさらに大きな圧力がリングに作用しており、土水圧計の計測結果は前述の軸ひずみの変化を裏付ける結果となっている。

また、テール部脱出時に曲線の内外で軸ひずみに差が見られるのは、計測リングが曲線部であるために、発生するテールクリアランス量が異なることによるものと考えられる。テール部脱出後に、軸ひずみが圧縮側に大きく増加するのは、土水圧の増加と裏込注入圧の影響と考えられる。

3.2 縦断方向鉄筋のひずみ

図5に示すように、縦断方向鉄筋のひずみは、 283° から 8° の範囲では、ほとんど発生していない。これは、計測リングが曲線部でかつ上り勾配であるため、ジャッキ推力の偏りによるものと考えられる。図7はひずみの時系列変化を示したものであり、シールドの掘進時にひずみが大きく変化し、裏込注入時に最大となっていることがわかる。施工後のひずみは、図8に示すように、ほとんどの位置で大きく圧縮側に増加している。このひずみの大きさは、施工後約1年半経っても維持されていることから、コンクリートの乾燥収縮によるものと考えられる。

4. まとめ

施工時荷重や土水圧、コンクリートの乾燥収縮の影響によるRCセグメントの鉄筋に生じるひずみは、光ファイバセンサを用いて計測することができた。今後も定期的な計測を実施していく予定である。最後に、計測および本報告のまとめにあたって、日本シビックコンサルタント(株)には、多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する次第です。

【参考文献】

- 1) 藤橋一彦 ほかに3:RCセグメントを対象としたFBGセンサによるひずみ計測の適用性について、第61回年次学術講演会講演概要集、3-107

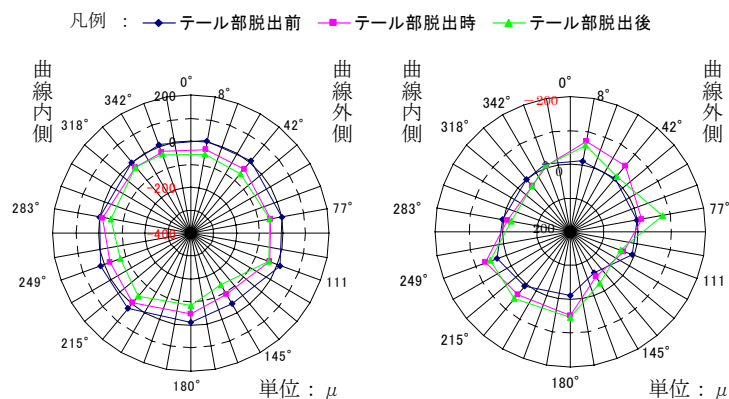


図3 周方向の軸ひずみ

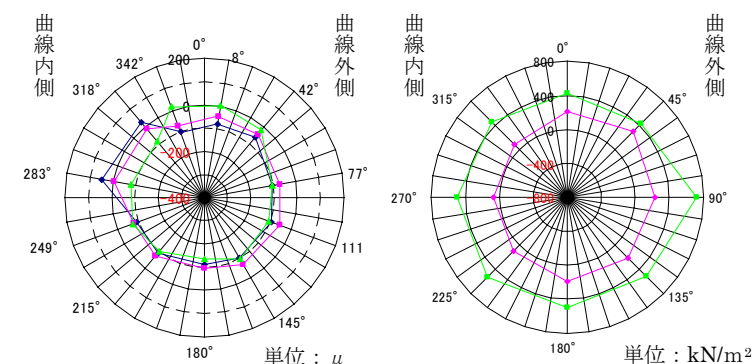


図4 周方向の曲げひずみ

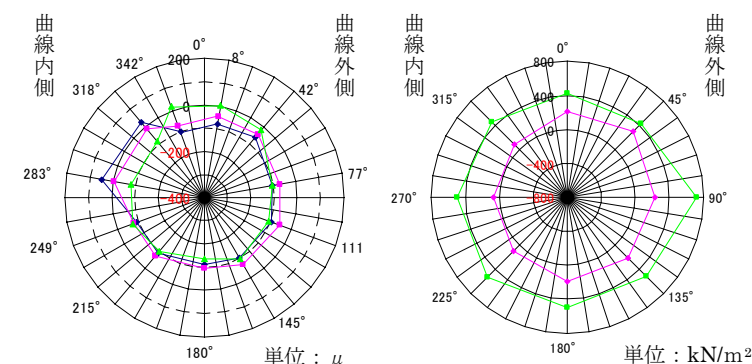


図5 縦断方向のひずみ

図6 土水圧計の計測結果

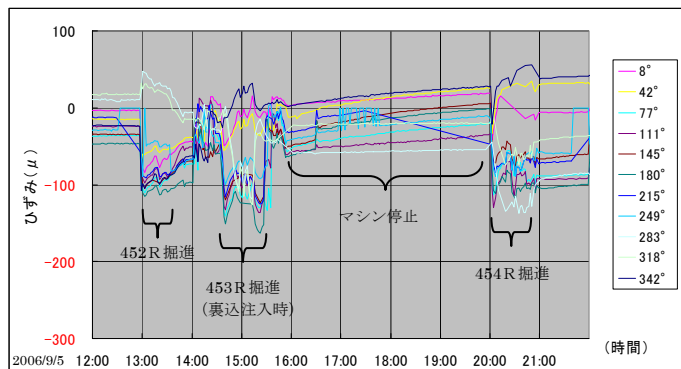


図7 縦断方向のひずみの時系列変化(施工時)

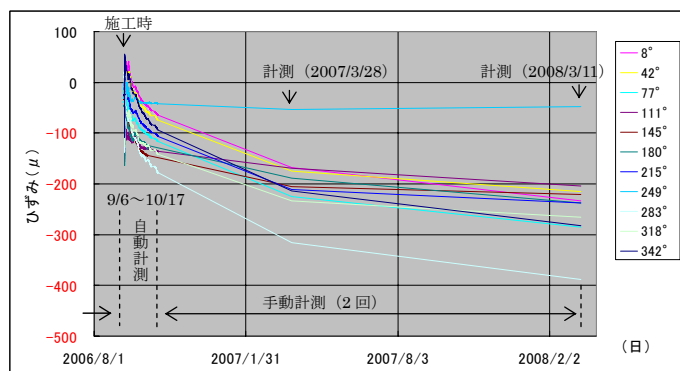


図8 縦断方向のひずみの時系列変化(施工後)