

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

NTT インフラネット(株) ○正会員 藤橋一彦, 前田泰男

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長所を数多く持っている。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、その適用性に関する実験を行った。光ファイバセンシングの方式は、測定精度が高く動的計測が可能なFBG方式を採用し、RCセグメントの鉄筋にFBGセンサと従来型の電気式ひずみゲージを貼付し、セグメントの単体曲げ試験における両者の比較を行った。

2. 実験方法

RCセグメントの単体曲げ試験は、セグメント1ピースに破壊まで荷重を加えコンクリートおよび鉄筋のひずみ、セグメントの変位などを測定して所定の断面性能を有しているかを確認するものである。このうち鉄筋ひずみの計測において、主鉄筋に設置したFBGセンサと電気式ひずみゲージのデータを比較し、FBGセンサの性能確認を行った。また、FBGセンサの設置に関する施工性についても確認した。

2.1 実験に用いたセグメントおよびセンサの設置方法

使用したセグメントは、地下鉄13号線、高田A線工区に使用されるRCセグメントのA型セグメント（幅1600mm、外面周長3949mm）である。セグメント中央部の内側にある異形鉄筋(D16)にFBGセンサと電気式ひずみゲージを、図1に示すように貼付した。FBGセンサは、異形鉄筋をサンダーおよびヤスリで研磨し、油分を取った後にエポキシ系の接着剤で貼付し、それが硬化した後にブチルゴムおよび自己融着テープで防護した。配線の光ファイバはコンクリート打設時に破損しないために、フレックスな金属管に挿入して、鉄筋の下側に設置した。

2.2 载荷および計測方法

ひび割れ発生前は10kN ピッチで、後は20kN ピッチで破断荷重まで载荷して各種の計測を行った（写真1）。計測項目は、ひび割れの発生状況、中央部と支承部の変位、鉄筋のひずみ、破壊荷重、破壊状況の確認などである。FBGセンサのセンシングは250Hzで、計測にはFBGアナライザ(MICRON 製 si425)を用いた。

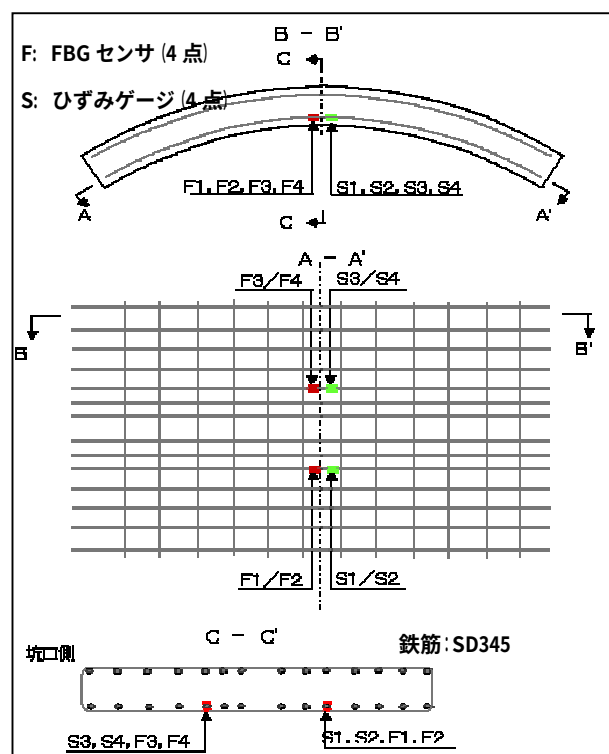


図1 センサの設置位置



写真1 セグメントへの载荷状況

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 浜町セシビル 15F Tel. 03-5643-5301, Fax.03-5643-5745

3. 実験結果と考察

3.1 静ひずみの測定結果

図2はひずみ-荷重曲線を示した図である。FBG センサの測定値とひずみゲージの測定値は、塑性ひずみ領域に入る 0.2% までは比較的良く一致していることがわかる。

①初期ひび割れの発生まで (荷重: 0~160kN)

初期ひび割れが発生するまでのFBGセンサによるひずみの計測結果はひずみゲージによるものに比べて、15%程度大きな値となっている。計測点4点の平均値はいずれも線形性を保持していた。ひずみが50 μ を超えると、計測位置によって両者の差が大きくなったが、これは鉄筋の周辺にひび割れが発生したこと、そのひび割れ位置と両方のゲージの貼付位置との関係が忠実に表現されていること、両者のゲージ長が異なること、などが原因として考えられる。

②初期ひび割れの発生以降 (荷重: 170~550kN)

初期ひび割れが発生し、設計破壊荷重を超えて最終破壊に至るまでのFBGセンサとひずみゲージとの計測値 (全平均) は、よく一致していた。ひび割れが進行し、ひび割れ数が多くなり、その間隔も密になるにつれて、鉄筋に発生するひずみは貼付位置によるバラツキが少なくなってくると考えられ、結果として、計測点4点の平均をみると、ひずみゲージとFBGとはよく一致している。ひずみが0.2%を超えると、ひずみ-荷重の関係は両者とも線形性が失われ、鉄筋 (SD345) が塑性域に入っていたことがわかる。

3.2 動ひずみの測定結果

FBGセンサによるひずみの測定は、サンプリングタイム 1/250 秒間隔で実施した。図4は初期ひび割れが発生した荷重 160kN (载荷 260 秒後) の前後におけるひずみの増加の状況を示したものである。横軸は経過時間である。微細なひび割れの発生状況とその進展状況とが、明確に観測されていることがわかる。このことはEBGセンサが、材料の破壊の進展状況を把握するのに有効なセンサである可能性を示している。

4. まとめと今後の予定

FBG センサは、従来のひずみゲージと遜色なくひずみ計測に適用できることが確認できた。センサの設置作業は、従来のひずみゲージに比べて作業時間は多少多くなるが、配線が大幅に減らせるという利点も確認できた。今後は、実現場で使用される RC セグメントに FBG センサを設置して、施工荷重や土水圧により生じるひずみの計測を実施する予定である。最後に本実験にあたり多大な御協力をいただいたジオスター(株)、熊谷組 JV の皆様方に感謝の意を表します。

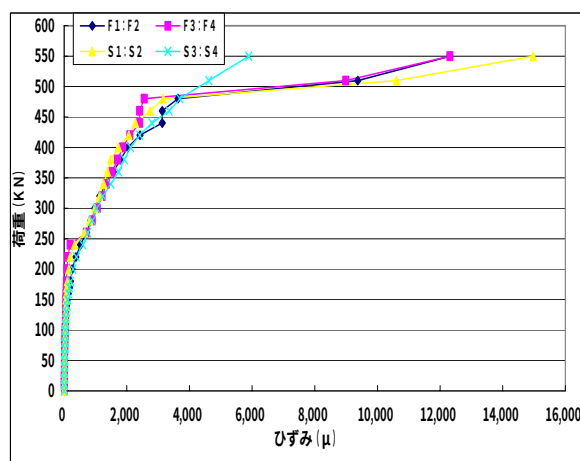


図2 ひずみ-荷重曲線 (破断荷重まで)

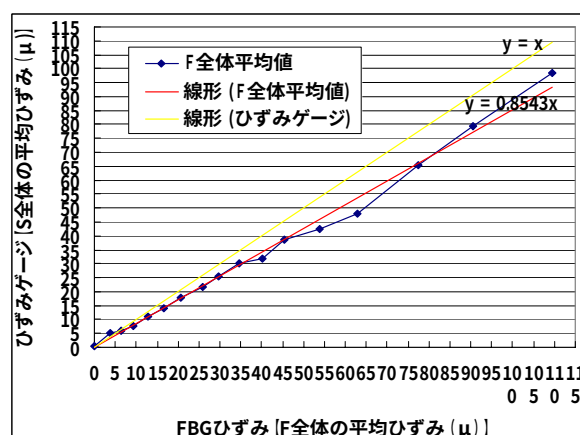


図3 ひずみ-荷重曲線 (荷重 0~160kN)

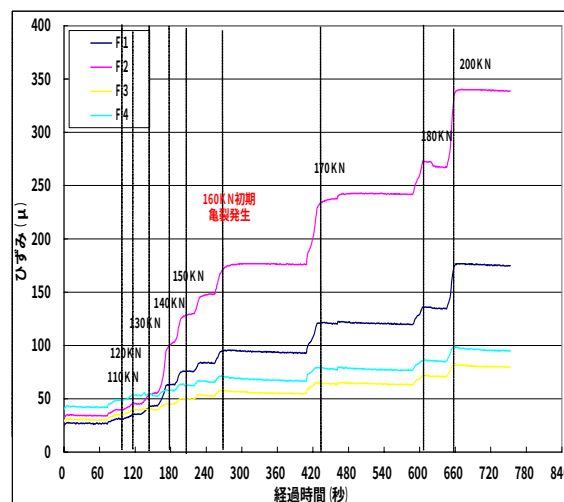


図4 ひずみの経時変化 (0~200kN 間)



写真2 ひび割れの発生状況