

ロングゲージ FBG センサの高感度化に関する研究

茨城大学 学生会員 西丸 公太
茨城大学 正会員 呉 智深

1. はじめに

近年、構造物の老朽化が進んでいることから構造ヘルスマニタリングへの期待が高まっている。そこで注目されているのが光ファイバセンサである。中でも、高精度かつ動的計測が可能である FBG センサに期待が集まっている。FBG センサは、本来点での計測を行うセンサであるが、ロングゲージ化を行うことにより分布計測が可能になり、又、高感度化により、ロングゲージ化による感度低下をカバーすることが可能になる。本稿においては、ロングゲージ化、高感度化がセンシングに与える影響について論ずる。

2. ロングゲージFBGセンサの高感度化手法

点センサである FBG センサをロングゲージセンサ化するためには、プリテンションを入れ定点接着することが必要である。それにより、定点接着の間のひずみ分布が一定となりロングゲージ化が可能になる。ロングゲージセンサにおける問題として、局所的なひずみを計測する際に、ゲージ長により感度が低下してしまうということがある。この問題を解決するために、渡辺らにより高弾性率の FRP を用いて保護部と非保護部をつくることで、意図的にひずみ集中をおこし高感度化する手法が提案されている。以下に概略図を示す。



図 1 ロングゲージ FBG センサ図

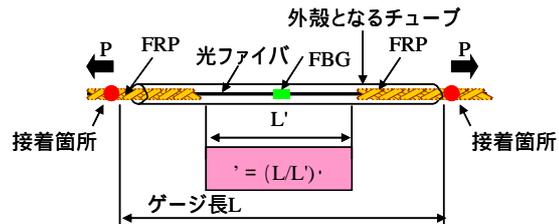


図 - 2 高感度化ロングゲージ FBG センサ図

図 1, 図 2 における FRP チューブというのは、FRP を編みこみ中空にしてあるものである。

図 2 に示されるのが高感度化センサであるが、このチューブと FRP 部の間には多少の摩擦が生じており、この摩擦がセンシングに影響を与える可能性がある。

3. 高感度化ロングゲージFBGセンサの実橋梁敷設による性能試験

3.1 試験概要

本試験は茨城県水戸市にある川根大橋に敷設することにより、高感度化ロングゲージ FBG センサの性能試験を行うものである。感度 4 倍のセンサと 2 倍のセンサを作成し、既設してあるロングゲージセンサ (1 倍) と比較した。センサは、平行して敷設した。

3.2 試験結果

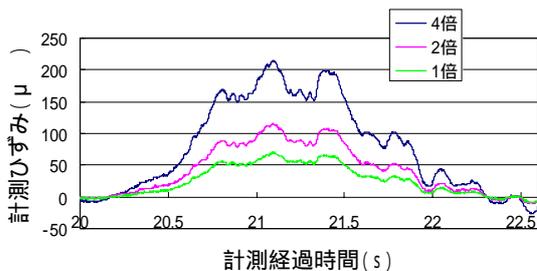


図 3 感度倍率の変化による計測ひずみの変化

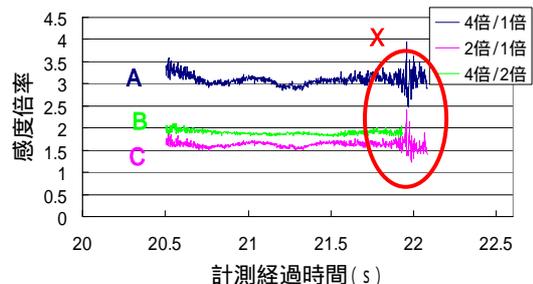


図 4 感度倍率の変化

Keywords : 光ファイバセンサ, FBG, ロングゲージ, 高感度化, FRP,

連絡先 : 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL.0294-38-5247

図 3 は各センサのトラック通過時の計測ひずみの変化である。図 4 は図 3 における感度倍率の変化を示している。見て分かるように新たに敷設したすべりが確保された高感度化センサ同士の比較である B のグラフにおいては感度倍率がほぼ一定であることが分かる。それに対し、A と C のグラフにおいては、摩擦対策をとっていない以前敷設したロングゲージセンサと比較しているため、ロングゲージの場合に外殻となる FRP チューブとセンサ間に多少の摩擦が生じ、感度倍率に多少の変動が見られる。このことから計測物との一体化を防ぐチューブと、センサの間に生じる摩擦が計測精度に影響を与えることが分かる。

摩擦影響を除去したセンサにおいても、X 地点のように小ひずみ状態においては、感度倍率に誤差が生じていた。これはセンサの精度による影響であると考えられるため、ロングゲージセンサの計測精度の試験を行った。

4. ロングゲージセンサの鋼材敷設による静的荷重試験

4.1 試験概要

本試験は、鋼材の底面にゲージ長 60cm のロングゲージセンサを敷設し、載荷、除荷の 7 段階の荷重を与え、14 回計測しセンサの最大誤差を計測したものである。

4.2 試験結果

図 - 5 は、縦軸に 14 回の計測における最大ひずみと最小ひずみの差をとり、横軸に各荷重段階をとったものである。尚「」内は各荷重段階での平均ひずみを示している。

図 - 5 を見ると、ロングゲージセンサにおいて $3.5\mu \sim 6.2\mu$ 程度の誤差が生じていることが分かる。小ひずみ状況では、小さな誤差でも計測ひずみに対して大きな割合を占めることになるため、感度倍率に与える影響も大きくなる。そのため、小ひずみ状況では、計測誤差により感度倍率に変動が生じる。この誤差には、当然計測器による誤差も含まれると考えられるが、そのほかにも摩擦による影響が確認されていることから、摩擦影響を軽減するための新たなセンサ構造が必要であると考えられるため、新構造を以下に提案する。

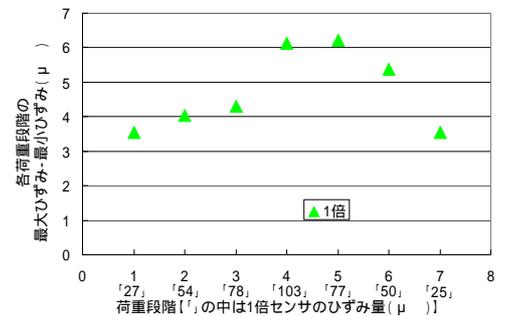


図 5 荷重段階での最大誤差

5. 摩擦影響軽減を目的としたロングゲージセンサの新構造の開発

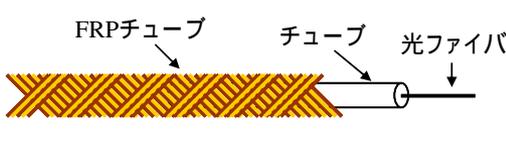


図 6 センサ構造図



図 7 センサ概要図

新構造においては、FRP チューブと光ファイバセンサとの間にチューブをはさむ。これによりセンサの周りに空間を確保することができ、摩擦影響を軽減することができる。さらに、定点接着部においては、センサの樹脂被服をはがし、繊維状の FRP を用い接着することで接着強度を増し、すべりを防ぐ。それにより、より高精度な計測が可能になる。また、センサ作成方法がより簡易なものにすることができる。

5. まとめ

- 1) 実橋梁に敷設した FRP を用いた各センサにより外殻となるチューブとセンサの間の摩擦による影響を確認し、その摩擦を小さくすることで感度倍率の変動が小さくなり、計測精度が向上することを確認した。また、鋼材に敷設した FRP を用いたロングゲージセンサにより、 $3.5\mu \sim 6.2\mu$ 程度の誤差が生じることを確認し、小ひずみの状況では、感度倍率の変動に影響があることを確認した。今後は、摩擦影響をより軽減し、より高精度な計測が可能な新構造のセンサを作成する必要がある。

参考文献：1) 呉 智深, 勝木 太, 柴 慶治 他：コンクリート構造物のヘルスマニタリング技術，コンクリート技術シリーズ No.76 平成 19 年 4 月