

FBG 方式の光ファイバ亀裂計の開発とその適用例

エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社

宮本三智也

エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社 正会員

佐々木理

大成基礎設計株式会社

平田洋一

大成基礎設計株式会社 正会員 ○大丸修二

1. はじめに

光ファイバセンシングとは光ファイバを用いた計測方法であり、特徴としては、耐腐食性・防爆性に優れ、落雷被害を受けない、配線がシンプル、センサ部に給電が不要など屋外に設置する計測システムとしての長所を数多く持っている¹⁾。また、信号の長距離伝送によって遠隔測定が可能である。この光ファイバセンシングには様々な方式があり、またセンサ部も種々開発されてきているが、歪ゲージに代表される電気式センシングに比べて、実用化されたセンサ部の種類が少ない現状である¹⁾。そこで、局部的に高精度な歪計測が可能であるFBG(Fiber Bragg Grating)を利用して、亀裂等の微細な変位を測定するセンサ（以下、FBG 亀裂計）を開発した。本稿では、この開発概要と光ファイバ亀裂計を用いた計測事例について紹介する。

2. 光ファイバ亀裂計の概要

亀裂計の測定原理としてFBG方式を用いた。FBGは入力光のうち、特定の波長（Bragg波長）だけを反射するものである。FBGに歪や温度変化が生じた場合、Bragg波長が変化する。変位計測にはこの関係を用いて測定波長から変位を算出する。

FBG 亀裂計は写真-1に示す本体と、写真-2に示す保護ケースで構成している。本体と保護ケースの測定対象への固定にはアンカーボルトを用いる。センサ本体は亀裂に対して直交方向に固定する。固定点間が変位した場合、センサ本体がたわみ歪が生じる。この歪をFBGの波長変化に変換し、亀裂変位を求める。FBGはセンサ本体中央部の表裏に各1本ずつ固定しており、温度補償が可能となる。そのため温度計を必要としない構造となっている。

FBG 亀裂計の基本仕様を表-1に示す。本センサは箱型の変位計としては軽量、小型、高精度であることが特徴である。

測定波長帯は、FBG測定機器が一般的に対象としているCバンド（1530-1565nm）を選んだ。現時点では直列接続台数は最大3台である。

表-1 FBG 亀裂計仕様

項目	仕様
寸法(mm):L×H×D	170×60×95
重量(g)	300
測定範囲(mm)	±5mm
測定分解能	0.01mm
測定精度	±0.5%FS(±0.05mm)未満
適用温度	-10~50℃

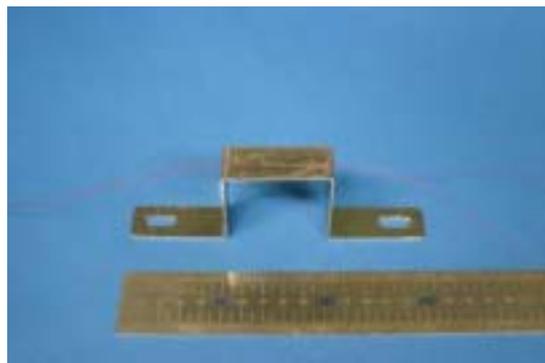


写真-1 センサ本体

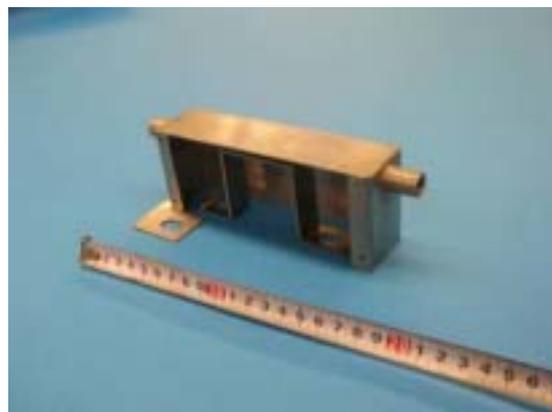


写真-2 保護ケース

Key Word : 光ファイバセンサ、亀裂計、FBG

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 Tel103-5643-5301

3. 室内試験結果

FBG 亀裂計の性能を検証するために性能試験を実施した。試験方法は、亀裂計に任意の変位を与えたときの出力波長を測定するものである。この出力波長は表面FBGと裏面FBGの2データであり、この2データの波長差を測定値とした。図-1に試験結果を示す。この試験結果から亀裂計の較正係数を求め、測定波長から変位量を算出した。表-2に較正結果を示す。また、測定波長と実変位の関係を図-2に示す。測定誤差は±0.5%未満であった。

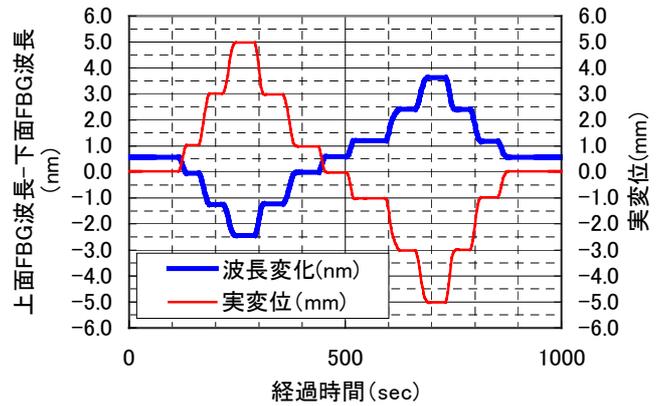


図-1 試験結果

表-2 較正結果

変位量 (mm)	計測値 (nm)	算出変位(mm)	誤差(mm)	精度(%)
0	0.568	0.023	0.023	0.23
1	-0.043	1.028	0.028	0.28
3	-1.253	3.019	0.019	0.19
5	-2.444	4.979	-0.021	-0.21
3	-1.229	2.980	-0.020	-0.20
1	-0.014	0.981	-0.019	-0.19
0	0.595	-0.021	-0.021	-0.21
-1	1.199	-1.015	-0.015	-0.15
-3	2.416	-3.017	-0.017	-0.17
-5	3.630	-5.015	-0.015	-0.15
-3	2.400	-2.991	0.009	0.09
-1	1.176	-0.977	0.023	0.23
0	0.566	0.026	0.026	0.26

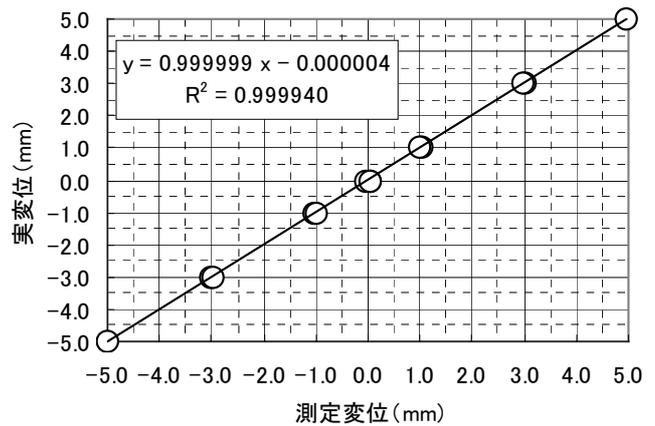


図-2 測定変位と実変位の比較結果

4. 亀裂計測例

FBG 亀裂計を用いてコンクリートクラックの計測を実施した。用いたセンサは亀裂計4台、温度計1台（構造物内温度計測用）であり、ともにFBG方式である。写真-3は亀裂計を設置状況である。亀裂計設置箇所から約200m離れた場所に計測PCを設置し、この計測PCに遠隔地からアクセスすることによってデータを監視した。計測結果を図-3に示す。初期値は亀裂計設置時の亀裂幅である。



写真-3 設置例

5. おわりに

ここではFBGを利用した亀裂計を開発した。現地計測は現在も継続中であり、今後亀裂計による計測値とクラックゲージによる実測値を比較する予定である。

今後は遠隔監視、防爆性、高精度という特性を利用して、通信用トンネル・共同溝・道路トンネル等のコンクリート構造物に加えて石油・天然ガスの地下備蓄坑の微小変位計測に適用していく予定である。

参考文献

- 1) 藤橋ら：BOTDR・FBG・OTDR 各方式の光ファイバ変位計の開発，土木学会第58回年次学術講演会（6-159）

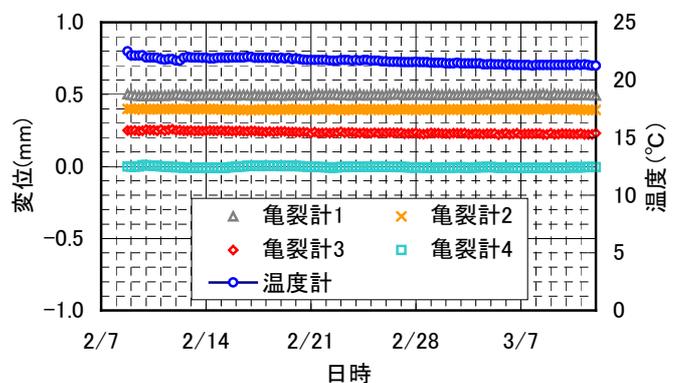


図-3 計測例