

コンクリート構造物用の光ファイバ（FBG）埋め込みセンサの開発

NTT アドバンステクノロジー（株）

同上

（株）東京測器研究所

同上

（株）東亜測器

○菅井栄一

吉田幸司

会員 山下裕康

渡部清昭

会員 藤田清一

1．はじめに

近年コンクリート構造物の監視に光ファイバセンサが注目されている。このような計測の例としてはブリルアン散乱光を用いた歪み計測（BOTDR）[1]やファイバブラッググレーティング（Fiber Bragg Grating、以下 FBG）による歪み計測が注目され、光ファイバの低損失性を生かした長距離監視性、無誘導（電磁ノイズなし）、電氣的絶縁不良がない等が特長となっている。しかしながら光ファイバによる計測、特に FBG は応用例の報告[2]が少ないこともあり、あまりよく知られていないのが現状である。

本報告ではコンクリート中の歪み計測用に FBG を用いた埋め込みセンサを開発し、コンクリート軸圧縮試験を行い、FBG によりコンクリート中の歪み計測を行ったので報告する。

2．FBG を用いた歪み計測

2.1 測定原理

FBG は通信用の光ファイバのコアの一部に（長さ 10mm 程度）紫外線による加工で屈折率の周期的変化をもたせたスリット状の構造となっている（図 1）。光ファイバに連続的な波長の光を入力すると、FBG のスリットのピッチ Λ に応じた特定波長（ブラッグ波長） λ が反射がされる。歪みや温度変化が加わるとピッチ Λ が変化し、これに相当するブラッグ波長 λ も変化するため FBG 歪み測定システムにて出力として歪み量を計測することができる。

電氣的な歪みゲージと同様の検定試験を行った結果[3]から、歪みゲージ計測と同様の線形性が得られること、クリープ性がないことなどが明らかになっている。

2.2 光ファイバセンサ（FBG）の特徴

FBG は電氣的な歪みゲージとは異なり、複数の FBG に加わる歪みを一本の光ファイバを用いて測定できること、また長距離の測定が可能であることが特徴である。その特徴をて表 1 に示す。

表 1 FBG センサの特徴

	FBG	BOTDR	歪みゲージ
ゲージ長	～ 10mm	連続（距離分解能 1 m 程度）	数 mm（多種）
点数 1 ラインあたり	10 点 （ $\pm 1000 \mu \varepsilon$ 相当）	連続	1 点
歪み分解能	$1 \mu \varepsilon$	$50 \mu \varepsilon$	$1 \mu \varepsilon$
計測範囲	数 km （場合により数 10km）	数 km （場合により数 10km）	数 10m
コスト比	中	大	小

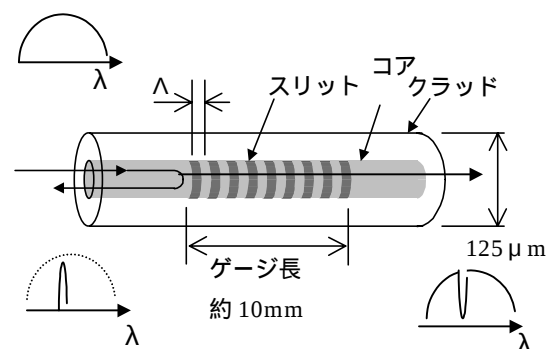


図 1 FBG の構造

キーワード：歪み計測、光ファイバセンサ、FBG、コンクリート

連絡先 〒181-0013 東京都三鷹市下連雀 3-35-1 ネオシティ三鷹ビル 14F TEL0422-47-7701 FAX0422-47-7703
 〒224-0044 横浜市都筑区川向町 1310-1 TEL045-473-9001 FAX045-473-9090
 〒220-0051 横浜市西区中央 1-27-13 吉村ビル TEL045-321-1653 FAX045-321-1652

3．FBG 埋め込みセンサ

図2に埋め込みセンサの形状を示す。埋め込みセンサ部にはコンクリートの掴みをよくするためフランジ部を設け、フランジ部間の長さを標点とした。両端の光ファイバケーブルにあたる部分は SUS 管によって光ファイバを保護し、接続部となる端子は SC 型光コネクタを使用し、多段接続が可能としている。なお、SUS 管およびセンサ部の唾間の部分は柔らかい樹脂を用いてコンクリートにかかる歪みを受けないようにした。

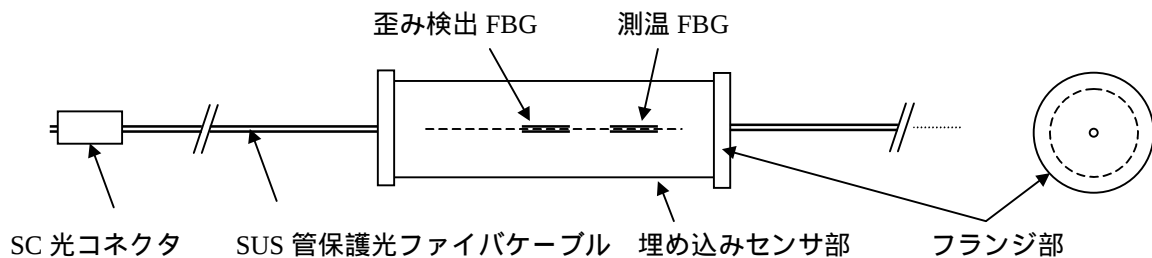


図2 埋め込みセンサの構造

4．コンクリート圧縮試験

コンクリート一軸圧縮試験においての試験体は直径 150mm、長さ 300mm を円柱状にコンクリートを固め、ほぼ中央に円柱に添う形でセンサを配置した。ここでは大きめの試験体を使用し、センサ両端の光ケーブルにおける曲げ直径 60mm を確保した。ここで曲げ直径 60mm とは伝送に関わる光強度の劣化を防ぎ、かつ光ファイバの信頼性を確保するための基準である。

試験の方法はアムスラー試験機に試験体を設置し、一軸で圧縮した。荷重は 0kN→10kN→0kN→20kN→0kN と変化させ、FBG 埋め込みセンサの圧縮に対する評価は試験体円柱側面にはりつけた接着ゲージと試験体の圧縮による変位量を計測することでを行った。



図3 圧縮試験

5．試験結果

試験では光ファイバは損傷することなく良好なデータが得られた。図4に結果を示す。結果より 10kN/mm² まではほとんど FBG の歪み量と貼り付けゲージによる歪み量は合っていることがわかる。20kN/mm² への再載荷において歪み量が大きいことが図中よりみてとれるが、これは表面においてはポアソン比により多少の膨張があり、それが引張として圧縮とは逆の要因として働いたためと推測される。

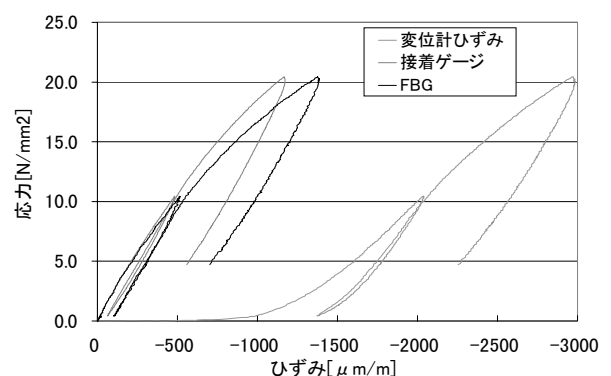


図4 圧縮試験結果

6．まとめ

光ファイバセンサとして FBG 歪み計測について説明した。また FBG を用いたコンクリート埋め込みセンサを開発し、コンクリート中の歪み計測において光ファイバに損傷を与えることなく、埋め込みセンサとして良好な計測できることを示した。今後は、センサ寸法の極小化と分解能の向上を計り、構造物に適用し多点計測を行う予定である。

参考文献 [1]倉嶋他、電子情報通信学会秋季大会、B-852, 1994, [2]加藤、田村、菅井他、光ファイバーを利用した杭体の損傷制御技術の検討（その1 光ファイバーを埋め込んだ PHC 杭の曲げ試験） 第 35 回地盤工学会投稿中, [3] 鈴木、菅井他 電子情報学会信学会秋期大会、C-3-91, 1999