

FBG 加速度計の感度向上に役立つテフロンパッチ

ファイバブラッググレーティング (FBG) 加速度計は橋梁を初めとする建築構造物の歪みや、岩盤の地殻変動を測定することが可能な、小形で、頑強で、電磁干渉 (EMI) が無いデバイスだが、単純な改良によってその感度が3倍に高められた。改良の詳細として有限要素解析を使ったモデリングと実験による裏付けが、2012年の11月2日から3日にインドのバンガロールで行われたCOMSOLカンファレンス・インディアにおいてカルカッタの科学産業研究評議会 (CSIR) 中央ガラス・セラミック研究所の研究チームから提案された。

標準的な加速度計は一端の近くにFBGが取り付けられ、他端にマスを搭載したフレキシブルなカンチレバーから成る。デバイスに運動が加えられると、カンチレバーはビームのたわみ方向の加速度に比例して曲がる。結果として生じた歪みが加速度に比例する波長シフトとしてFBGによって測定される。

一般に変位が非常に小さく、周波数も低い地殻変動 (発生した変位に対する加速度は周波数に比例) を測定するには高い感度が必要になる。このFBGセンサをカンチレバーの中立軸から遠ざければ、より高感度になる。

単純なパッチは複雑である

CSIRの研究チームは、FBGとカンチレバーとの間に材料パッチを置くことによって、FBGを中立軸から遠ざかる方向に移動させた。しかし、この方法で感度を高めることができる範囲は限ら

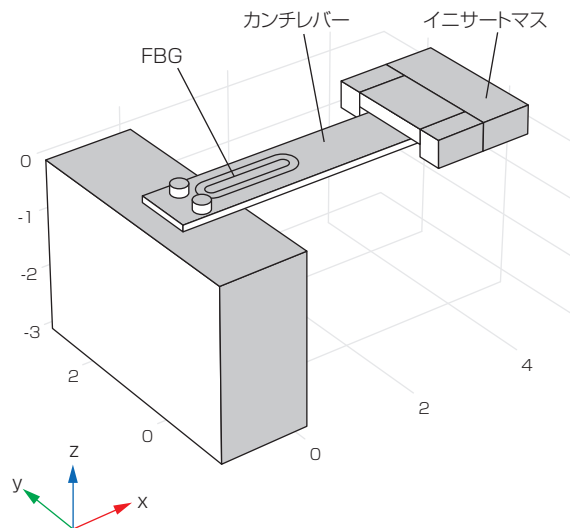


図1 標準的なFBG加速度計はカンチレバー、マス、およびFBG本体から成る。シミュレーションと実験は、FBGとカンチレバーとの間に置かれた1mm厚みのテフロンパッチが感度を3倍向上させることを示した。

れている。第一に、パッチそのものが完全な剛体ではなく、また厚すぎる場合はFBGへの歪み伝達効率が低下する。第二に、パッチによるビームのたわみ量低減は避けられず、その低減幅はパッチ形状に依存する。

最適パッチ形状に近づけるために、上記2つの効果をバランスさせることを、最初に米COMSOL社のマルチフィジックス有限要素解析ソフトウェアを使って実施した。追加の利点であるカンチレバーの曲げ周波数関数も感度として最適化された。モデルカンチレバーはサイズが40×10×0.32mmのステンレス鋼製であり、アルミニウムブロック上に搭載された (図1)。FBGは150μm直径のポリマ被覆シリカファイバの

長さ4mm部分を占め、カンチレバー搭載点から5mmの位置に置かれた。

パッチのモデルは3つの材料、テフロン、ポリイミド、アルミニウム (ヤング率はそれぞれ0.5、2.5、70GPa) で作製された。パッチ厚は接着剤の厚み10μmも加えて、最高2200μmまで変化させた。このモデルの曲げ周波数は最高10Hzである。シミュレーションの結果、FBG感度はある厚みまではパッチ厚とともに増加し、厚みをさらに増すと減少に転じることが明らかになった。周波数10Hzと加速度1gの場合、テフロンが最も高い歪みシミュレーションを実現し、ポリイミド、アルミニウムがそれに続いた。

最適FBG配置のモデリング

このモデルは、カンチレバーが最大に歪む位置を最適配置としたとき、FBGに沿った歪み分布が対称的な逆放物線になることを示した。この最適配置からのいかなる変位も、放物線中心を移動させ、感度低下をもたらした。

1000μm厚のテフロンパッチを持つ加速度計の実験の感度は1062pm/gであった。これはパッチのない同様なデバイスに比して3倍高い。CSIRの研究チームは、彼らの実験結果の詳細を近々論文として報告する予定である。

(John Wallace)

参考文献

- (1) N. Basumallick et al., "Finite Element Analysis of a Fiber Bragg Grating Accelerometer for Performance Optimization," Proc. 2012 COMSOL Conf., Bangalore, India.