

ひずみ・超音波・AEを一つのセンサで計測・検出

# 光ファイバ構造体健全性評価システムの開発

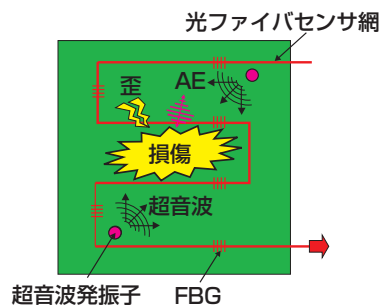
近年、エネルギープラントにおいて破損事故が相次ぎ、構造体健全性評価技術の重要性が再認識されている。これらの評価においては変形量の測定、つまりひずみ計測が最も基本的なパラメータであり、ほかに欠陥検出に利用される超音波の検出、破壊時に発生する弾性波(アコースティック・エミッション: AE)の検出が必要とされる。従来の技術では、これら三つのパラメータ(ひずみ、超音波、AE)を別々のセンサで計測していた。このため大型構造物の評価では、センサが膨大な数になるなどの問題があった。

当研究部門では光ファイバセンサの一種であるファイバ・ブラッグ・グレーティング(FBG)センサを用いて、図1に示すような構造体健全性評価システムの開発を進めている。FBGは光ファイバの導光路であるコア部に紫外線レーザー光を照射して周期的な屈折率変化をもたせたもので、広帯域光を入射したときはその周期に対応する波長(ブラッグ波長)を中心とする狭帯域光を反射する性質がある。このブラッグ波長は、FBGが受けるひずみや温度によって変化するので、FBGはひずみセンサ、または温度センサとして利用されている。

従来のFBGを用いたひずみ計測装置は数百Hz程度のサンプリング速度であったが、我々は数MHz程度までのひずみ変化、つまり超音波・AEまでも計測可能なシステムを構築した。このシステムはFBGセンサ一つで構造体健全性評価において重要な三つのパラメータを計測することが可能なことや電磁波非干渉のほか、波長変調した信号を出力することから波長分離技術の適用により一本の光ファイバ上に複数のセンサを設けることができ、実用上大きな利点を有する。

FBGセンサを用いて、衝撃損傷を与えた繊維強化複合材料に超音波を利用した欠陥検出を行った結果を図2に示す。従来、超音波による欠陥検出に利用されてきた圧電センサは、応答周波数帯域が狭いことや寸法が大きいため、欠陥が小さい場合は検出が困難になるという問題があった。FBGセンサは直径250 $\mu$ mの大きさで、応答周波数特性が広いことから超音波欠陥検出用センサに非常に適している。

現在、超音波・AE検出に関しては特性データを収集する基礎的研究の段階にあるが、できる限り早期に実構造物の健全性評価実証試験を行い、システムが実用化されるよう努めている。



- 光ファイバセンサの特徴
- 1) 小型・軽量
  - 2) 電磁波非干渉
  - 3) 優れた耐食・耐久性
  - 4) 多重化可能

- ・ひずみ計測：構造体の負荷状況を監視
  - ・AE計測：破壊発生検知
  - ・超音波計測：欠陥検出
- 一つのセンサで3つのパラメータを監視

図1 光ファイバセンサ網による構造健全性評価システムの概念図

構造体に光ファイバセンサ網を張り巡らせ、ひずみ・AE・超音波の三つのパラメータを計測する。これまで各パラメータごとに別々のセンサを用いていた。また、各センサごとにケーブルがあるため、大型構造物の健全性評価システムは非常に複雑になっていたが、光ファイバセンサシステムはこれらの問題を解決できる。

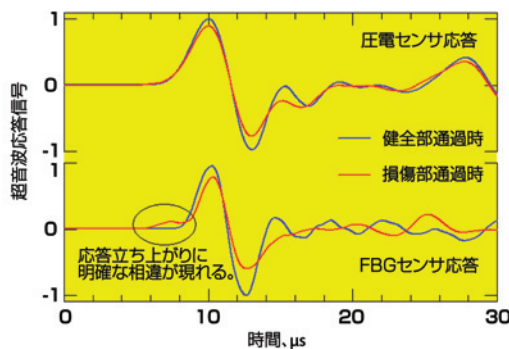
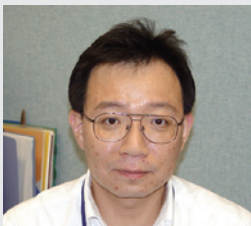


図2 超音波を利用した欠陥検出の例

健全部と損傷部を通過した超音波に対する圧電センサ、FBGセンサの応答を示す。従来、超音波検出に多用されてきた圧電センサでは、超音波伝搬領域の相違により応答信号には振幅と周期変化のみが現れる。一方、FBGセンサでは応答立ち上がり挙動に明確な相違が現れ、容易に欠陥を検出することが出来る。



つだ ひろし  
津田 浩  
hiroshi-tsuda@aist.go.jp  
計測フロンティア研究部門

関連情報

- 津田浩, 高坪純治, 遠山暢之, 卜部啓: 非破壊検査, Vol. 53, 419-425 (2004).
- H. Tsuda, N. Toyama, K. Urabe, J. Takatsubo: Smart Mater. Struct. Vol. 13, 719-724 (2004).
- 特願 2003-172321 (津田浩), 特願 2004-145880 (津田浩).