

Quantitative health monitoring using piezoceramic actuator-sensors

(圧電セラミックスをアクチュエータかつセンサとして利用する定量的ヘルスマニタリング)

Ritdumrongkul Sapon

リトゥダムロンクル ソポン

圧電セラミックス (PZT) をアクチュエータかつセンサとして利用する非破壊評価手法により、構造物の損傷を効率的に検出することが可能である。本手法では、PZT を構造物に貼り付け、アクチュエータかつセンサとして機能させる。PZT を貼り付けた構造物の機械的なインピーダンスに関係している電気的インピーダンスを計測することにより、損傷に基づく構造物の特性変化を検出することが可能である。本研究では、構造物の損傷を定量的に評価する構造ヘルスマニタリングにおいて、数理モデルに基づいた方法論と共に PZT をアクチュエータかつセンサとして利用する手法を提案する。計測される電気的インピーダンスは高周波数領域であるため、構造物の数理モデルを高周波数まで高精度にモデリングすることが可能なスペクトル要素法 (SEM) により定式化を行う。本手法をボルト接合構造におけるボルトの緩みおよび梁のき裂という二種類の構造物の損傷に対して適用を行った。

ボルトの緩みを検出するために、ボルト接合構造物に対して実験を行った。その結果、ボルトに緩みが生じると、電気的インピーダンスに変化が生じることが確認された。ボルト接合構造物をシミュレーションするために、圧電素子が貼り付けられた梁およびボルト接合部のスペクトル要素を SEM による定式化を行った。数理モデルを利用することにより、損傷の発生位置および度合いを検出することが可能である。解析結果から、損傷の度合いが大きい場合には、損傷の同定は非常に正確であるものの、損傷の度合いが中程度の場合は、誤差が生じることが明らかになった。提案する SEM モデルは、モーダルパラメータの変化を利用した他のヘルスマニタリングにおいても適用することが可能である。本研究では、SEM モデルを多くのヘルスマニタリング手法に適用することが可能であることを示した。

損傷部を有する梁に対しても実験を行った。実験結果から、き裂の存在によりインピーダンスの位相のピークに関して変化が現れることが示された。き裂を有する梁のモデル化は、ティモシェンコ梁に基づいたスペクトル要素による定式化を行った。数理モデルを用いることにより、き裂の長さおよび位置を正確に同定することが可能であるが、き裂の幅に関しては誤差が生じることが明らかとなった。

本研究では、実務的な問題に対する検討も合わせて行っている。具体的には、インピーダンス計測に対する外部からの加振ノイズや温度変化の影響を検討している。外部からの加振ノイズは計測結果に影響を与え、温度変化は PZT の材料特性に影響を与えることが確認された。しかし、これらの影響は、周波数領域や加振レベル、PZT の特性を選択することで避けることが可能である。