

## 審査の結果の要旨

本論文は、構造物のヘルスマonitoringを念頭とした損傷同定方法を提案するものである。この方法は、損傷による構造物の動的特性の変化を利用し、局所的な損傷の同定も可能とするものである。構造部材モデルを対象とした理論解析と、板モデルを用いた数値シミュレーションを行い、同定方法の妥当性を検討し、さらに、1/3スケール鉄筋コンクリート構造モデルを用いた震動台実験の結果に同定方法の適用を図る。

本論文に関する審査会の評価は、論文の質に関しては十分博士論文のレベルに達している、というものであった。特に、「共振モードやその空間微分から損傷が同定できるか」という必ずしも明確な決着が付いていない課題に対し、本論文の理論解析によって合理的な回答が導かれたことは評価された。この回答の主要なものは、共振モードは局所的に発生した損傷に鈍感であること、しかし、その空間微分は損傷に対応した箇所ではスパイク状の変化をもつこと、スパイクの高さは損傷発生前の空間微分の大きさに比例するためモードによってはスパイクの高さが小さくなってしまうこと、の3点である。また、本論文の一部が、既にヘルスマonitoringや構造物動的特性の分野の国際雑誌に掲載が決定されていることも評価された。

論文の審議は、主に次の2項目に関して行われた。

### 1) 共振モードの空間微分の有効性

共振モードではなく、その空間微分が局所的な損傷同定に有効であるメカニズムが議論された。これは、損傷によって局所的な剛性が低下する場合、その箇所での断面力や断面モーメントが連続するという条件から、剛性の低下分を補うべくひずみや曲率が局所的に増加することが理由である。前述のように、このひずみや曲率の増加は、モードの空間微分のスパイク状の変化として現れる。この点が理論解析の結果を交えて詳しく説明された。

2次元板モデルを用いた数値解析でも、共振モードの空間微分の有効性が示されたことも説明された。板端部の境界条件によってはひずみや曲率が元々0に近い値をとる場合がある。この場合でも、テンソル量であるひずみや曲率の不変量を用いることで局所的なスパイクが得られることが、種々の損傷のシナリオに対して示された。

### 2) 鉄筋コンクリート構造モデル

震動台実験が行われた鉄筋コンクリート構造モデルに対する損傷同定結果が、さまざまな角度から議論された。入力された震動の特性、1/3スケールの構造モデルの特徴、実験の手順、種々のセンサを用いた測定方法に関して、詳しい説明がなされた。また、実験に試行的に用いられた安価な加速度センサの測定結果も紹介された。

地震動による各階の動的応答には、構造の剛性等に応じた相関があるが、この動的応答の相関を与える伝達関数は測定データから計算することができる。したがって、伝達関数の変化を用いることで損傷の同定が可能であることが考えられている。伝達関数をフーリエ変換することで得られる動的特性の位相差が議論となった。一自由度系モデルに基づく従来の知見との対比が説明された。

以上の2点に関しても、本論文では、現時点での十分な検討がなされていることや、また、将来の課題として明確に問題点を示していることが審査会で示された。

提案された損傷同定方法を用いて局所的な損傷を確実に同定するためには、現時点で利用できるセンサの高精度化・低廉化が必要とされる。したがって、直ちに損傷同定方法が実用される訳ではない。この点は議論の対象となったものの、容易かつ確実なヘルスマニタリングを実現するため、従来よりも洗練された形で動的特性を利用する損傷同定方法の有効性は高く評価されることは確認された。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。