

氏名	うえだひろき 上田宏樹
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3875号
学位授与の日付	平成17年11月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	モード歪エネルギー法を用いた積層・複合構造の減衰特性に関する研究

論文調査委員	(主査) 教授 松久 寛	教授 吉村 允孝	助教授 宇津野 秀夫
--------	-----------------	----------	------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、制振構造に対するモード歪エネルギー法による減衰特性解析の計算効率を向上させる手法とその応用例で構成された全7章からなる。

第1章は緒論であり、本研究の背景、目的、従来の研究および本研究の概要を述べている。

第2章では、積層制振構造を対象とし、制振材料の減衰が大きく複素剛性の虚数部の影響によるモードの変化が無視できない場合の損失係数の計算精度を向上し、かつ、制振材料の材料特性の周波数依存性に起因する繰り返し計算の効率を向上する手法について述べている。すなわち、積層制振構造において、制振材料の減衰が大きい場合の振動モードの変化を考慮するための補正ばねを加えたマスーばねモデルを仮定する。そして、制振材料の2つの周波数でのせん断弾性係数を用いた実固有値解析から得られる歪エネルギー分担率からモデルの各ばねの比率を同定する。そして、各ばねの比率と固有振動数の関係式を用いて制振材料の周波数依存性に起因する繰り返し計算を行い、各ばねの比率と制振材料の損失係数から全体系の損失係数を求める手法(感度解析型モード歪エネルギー法)を提案している。制振材料の周波数依存性に起因する繰り返し計算をマスーばねモデル上の関係式で行うことにより飛躍的に計算効率を高め、振動モードの変化を考慮したモデルにより計算精度を向上した。

第3章では、第2章で示した感度解析型モード歪エネルギー法を用いて、2枚の金属板の間に樹脂が点在して挿入された構造[マルチコーン“Multi-cone”構造]の損失係数を効果的に高めるための樹脂特性の最適設計を行っている。250～600 Hz 付近の固有モードを対象に、本手法を用いて構造全体の減衰を向上する樹脂のヤング率を求め、その結果を加振試験から実証した。

第4章では、一様断面の一方向繊維強化複合材について、成形条件の変更に対する減衰の計算手法について述べている。一方向繊維強化複合材を広義の意味での拘束型制振構造として捉え、樹脂のせん断変形を利用するために損失係数の大きな樹脂を用いることを提案した。曲げ変形について、繊維の引っ張り剛性と樹脂のせん断剛性が直列に構成されたマスーばねモデルを仮定し、樹脂のせん断剛性を複素剛性で与えることにより全体系の損失係数の関係式を導いた。そして、樹脂のヤング率に対する固有値の感度と歪エネルギー分担率との関係を用いて各ばね定数を決定し、複合則により樹脂のせん断ばねを補正して樹脂の材料特性の周波数依存性に起因する繰り返し計算を行う手法を提案した。

第5章では、第4章で示した一方向繊維強化複合材料における感度解析型モード歪エネルギー法を旋盤での切削時のびびり振動(自励振動)の抑制が重要であるボーリングバーの動的設計に適用している。一方向繊維強化型の炭素繊維強化複合材料(Carbon Fiber Reinforced Plastics)をボーリングバーに適用した。まず、第4章で示した感度解析型モード歪エネルギー法を用いて、一方向繊維強化CFRP単体での固有振動数と減衰を最も高める成形条件を決定する。そして、びびり振動の発生限界に対する固有振動数と減衰の設計目標値を設定し、複合則でモデル化した有限要素モデルにモード歪エネルギー法を適用し、設計目標値を満足するボーリングバーの構造を決定する。最後に、従来の鋼製ボーリングバーおよび超硬合金製ボーリングバーとバー突き出し量に対するびびり振動の発生限界を比較し、一方向繊維強化CFRP製ボーリングバ

ーが他のボーリングバーに比べてびびり振動の発生が少なくなり、結果的に切削性能が優れていることを示した。

第6章では、非拘束型制振構造について、制振材料の材料特性と貼り付け位置の変更に対する減衰計算手法について述べている。構造物の面内と面外の歪エネルギー分担率を分離することで、制振材料の材料特性の周波数依存性に起因する繰り返し計算を効率的に行い、さらに、制振材料の効果的な貼り付け位置を決定する有効な手法を提案している。

第7章は総括であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、金属板と粘弾性体との積層構造および一方向繊維強化複合材料の減衰特性を論じたもので、感度解析型モード歪エネルギー法を提案し、少数回の実固有値解析と簡便な感度計算を行うだけで減衰特性の解析が可能となること理論的に示し、種々の積層構造供試体に適用して手法の有効性を実験で検証し、以下の研究成果を取りまとめたものである。

- 1) 感度解析型モード歪エネルギー法を提案し、同手法を拘束型制振材料の減衰特性の解析に適用して解析精度を検証した。提案する方法は、有限要素法で実固有値解析を行い、モード毎に等価質量と等価ばね係数を算出し、制振材料の複素ヤング率に対応する実固有値の感度と歪エネルギー分担率の関係をを用いて等価モデルの値を修正する方法である。提案する方法の妥当性を検証するために、拘束型制振構造の一種であるマルチコーン補強構造の減衰特性を計算し、最適値を具現化する試作品を作成して振動評価を行い、解析と実験を比較することで手法の有効性を示している。
- 2) 一方向繊維強化複合材を広義の意味での拘束型制振構造として捉え、複合材料の複合則に感度解析型モード歪エネルギー法を適用できるように改善し、樹脂材料のせん断弾性係数と繊維強化複合材料の損失係数との関係を解析する手法を提案した。同手法を適用して、一方向繊維強化複合材料製のボーリングバー（中ぐり切削工具）を設計し、超硬合金製ボーリングバーに優るびびり振動抑制効果があることを実験で確認している。
- 3) 自動車車室の騒音低減などに用いられる非拘束型制振構造に対して、構造物の面内と面外の歪エネルギー分担率に着目して、制振材料の効果的な貼り付け位置の決定に有効な手法を提案し、実験で検証している。

以上のように、本論文は感度解析型モード歪エネルギー法を提案し、積層・複合構造の減衰特性解析に適用し、実験でその妥当性、有効性を実証したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年10月31日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。