

氏 名	あか まつ かつ じ 赤 松 克 児
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3610 号
学位授与の日付	平 成 13 年 11 月 26 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	減衰を有する構造物の音響放射特性の研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 松 久 寛 教 授 久 保 愛 三 教 授 土 屋 和 雄
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、振動放射音対策のために制振材料を付加した構造物のダンピング特性と音響放射特性の関係について論じた結果をまとめたものであって、9章からなっている。

第1章は緒論であり、研究の背景、目的を述べている。とくに、粘弾性制振材料を付加した平板の振動特性と音響放射特性に関する研究の現状と課題を論じている。

第2章では、物体の振動による音響放射の解析方法とその特徴を、音響パワー、音響放射効率、音響変換効率の観点から体系的に整理している。一次元振動に関する Heckl の積分式を二次元振動に拡張し、空間積分変換から音響パワーを求める方法を示し、無限平板上の伝播波、一次元定在波モード、集中加振力を受ける無限平板、二次元定在波モードによる音響パワーの定式化を行っている。

第3章では、構造物の減衰と振動による放射音の関係について把握するために、線加振力が作用する無限平板と、同じ断面を有する両端単純支持有限平板の単位幅音響放射パワーを Heckl の積分式を用いて計算し、無次元音響パワーと音響放射効率の波数比に対する変化を損失係数をパラメータとして示している。その結果、コインシデンス周波数以下では無限平板の音響パワーは損失係数に関係なく Heckl の近似値に等しく、音響放射効率は逆に損失係数によって変化し、コインシデンス周波数以上では音響パワーは損失係数の逆数に比例し、音響放射効率は $\sigma \approx 1$ に収束することを示している。有限平板では寸法が小さい場合、無限平板とは反対にコインシデンス周波数以下の音響パワーは共振周波数で損失係数によって変化するが、音響放射効率は損失係数によってほとんど変化しない。しかし、平板の寸法が大きくなるにしたがって、音響パワーは損失係数に依存しなくなり、音響放射効率に損失係数の影響が現れ、無限平板の特性に近づくことを示している。

第4章では、衝撃加振力を受ける構造物の音響放射に及ぼす減衰の影響を定量的に把握するため、周辺単純支持長方形平板に鋼球が衝突するときの過渡的振動による放射音について検討している。音圧の時間波形は初期変形波、伝播波、疑似定在波で構成されるが、初期変形波のピーク値は平板の減衰に依存せず、疑似衝撃波のピーク値は損失係数の指数に反比例し、初期変形波、疑似定在波のピーク音圧は球の衝突速度に比例することを示している。

第5章では、自動車の車体のような複雑な形状の板材に全面的に制振材料を付加する場合や、制振材料を部分的に付加したり、場所によって厚みを変えて適用した場合の制振特性推定法としてモード歪エネルギー法について検討している。基板と制振材料で構成される非拘束型制振梁の損失係数に関して、モード歪エネルギー法による推定値と Oberst の理論式による計算値を比較し、厚さ比 $0.5 \sim 2.0$ 、ヤング率比 $7 \times 10^{-4} \sim 0.3$ の範囲で両者はよく一致することを確認している。また、制振材料を付加した梁の中央加振インピーダンス法による試験の測定値ともよく一致しており、モード歪エネルギー法の実機への適用性が検証されている。

第6章では、片面に制振材料を付加した複合モデルについて、有限要素法およびモード歪エネルギー法で求めた振動分布のデータに二次元高速フーリエ変換を適用し、表面音響インテンシティと音響パワーを計算した結果を示している。この方法は音源の形状と振幅分布を任意に設定でき、有限バツフル板の大きさは音源寸法の5倍程度で十分な近似精度が得られ、

境界積分法に比べて演算速度が速いので、ランダムな加振力が作用する構造物のオクターブバンドでの平均的な音響放射特性を容易に求めることができることを示している。

第7章では、制振材料を積層した平板の振動と音響放射特性の実験を行い、構造物の振動・騒音に対する制振効果の定量的な評価方法の実用性を検証した。有限要素法とモード歪エネルギー法の組合せにより、制振材料を付加した構造物の固有振動数、モード損失係数、点加振力に対する応答を精度良く予測できること、および、振動解析より得られたデータを用いた音響放射解析により、定常ランダムな加振力が作用する構造物の音響インテンシティ、音響パワーが求められ、制振材料付加による騒音低減効果の定量的な把握が可能であることを実証している。

第8章では、非拘束型制振材料を適用したパレット単体の打撃試験とエレベータ方式立体駐車場設備に搭載して振動・騒音の低減効果を調べた結果を示し、いずれの試験でも明確な振動低減、数デシベルの騒音低減とそれにもなう発生音の音質の変化を確認している。

第9章は結論であり、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、航空機、鉄道、自動車、建設機械などの騒音対策に使用される制振材料の効果とその予測方法について研究したものである。まず、制振材料を付加した構造物の音響パワーの計算方法を示し、ダンピング特性と音響放射特性の関係を理論および実験により検討している。得られた主たる成果は次のとおりである。

1. 有限平板の制振による音響放射の低減効果は、平板の寸法が小さいときは共振周波数で顕著に現れるが、寸法が大きくなるとコインシデンス周波数以下で効果が減少することを示した。
2. 平板に衝撃加振力が作用するときの音響放射に対する制振効果は、初期変形波のピークは減衰に依存しないが、擬似衝撃波のピーク値は損失係数の指数に反比例して減衰することを示した。
3. 任意形状の板材に部分的に制振材料を付加した構造物の減衰特性の推定法として有効と考えられるモード歪エネルギー法が、非拘束型制振構造の損失係数の推定に適用できることを検証した。
4. 制振材料を付加した任意形状の構造物の音響放射の計算方法として、有限要素法とモード歪エネルギー法で求められる振動分布に、二次元高速フーリエ変換を適用する方法を提案し、枠付き平板の供試体の音響放射特性に関してシミュレーションと実験が一致することを確認した。
5. 非拘束型制振材料を機械式立体駐車場のパレットに適用した効果を、単体の打撃試験とエレベータ方式立体駐車場設備の実機に搭載して運転試験を行った。いずれの試験でも明確な振動低減および数デシベルの騒音低減とそれにもなう発生音の音質の変化が認められ、実機の騒音対策に有効であることを確認した。

以上本論文は、構造物の音響放射における制振材料の効果について研究したものであり、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13年9月19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。