

氏名	北原 篤
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	理工博 第178号
学位授与の日付	平成27年3月25日
課程・論文の別	学位規則第4条第1項該当
学位論文題名	中周波数帯域における構造振動の特性把握に関する研究
論文審査委員	主査 教授 吉村 卓也 委員 教授 長谷 和徳 委員 准教授 小口 俊樹 委員 教授 山崎 徹（神奈川大学）

【論文の内容の要旨】

機械構造物において、振動騒音は操作者への負担や健康影響、また輸送機器であれば乗員の快適性や積載荷物の損傷、さらに周囲に与える環境問題など、多くの影響を有する重要な評価項目である。特に自動車においては、乗員の快適性や、道路近隣住民への騒音問題といった面で、振動騒音についての高い性能が求められている。近年では、振動騒音性能と、運動性能・軽量化・低燃費化など多性能との両立も、重要課題となっている。

自動車の車室内騒音を例に騒音を種別すると、路面凹凸やエンジン燃焼などにより振動が発生し、その振動が車体を通して伝播し、パネル放射音となって車室内騒音として問題になる固体伝播音と、排気音や風切音のような空気の圧力変動やエンジンの表面振動によって、直接音圧が励起され、その音が車室内に伝播して問題になる空気伝播音がある。本研究では、固体伝播音と空気伝播音の両者に内在する、振動によって放射音が発生して問題になる現象に着目し、特に放射音の発生要因となる構造振動の部分に着目して、騒音低減を目指した振動抑制のための手法を検討する。

このための解析手法としては、モード解析が広く用いられている。これを用いれば、任意の振動は固有モードの重ね合わせで表現され、共振周波数においては1自由度系に近似できることから、モード解析は振動メカニズムの解明や改良の検討に有用である。しかし、中周波数帯域や高減衰構造物になると、固有モード間の連成が大きくなり、モード解析は適用が困難になるという問題がある。

また、高周波数帯域においては、統計的エネルギー解析法(SEA)が振動騒音低減のための代表的な解析法である。SEAは密に存在する固有値・固有モードを周波数並びに空間的に平均化して、振動の伝播を捉える手法である。しかしながら、個々の固有値による共振

や、各固有モード形状が系の振動特性に影響を持つ中周波数帯域では、SEAによる振動改良の検討は必ずしも有効ではない。

以上を踏まえ、本研究の目的は、モードの連成により解析が困難となる中周波数帯域や高減衰の構造物を対象に、振動特性の把握に基づいて振動抑制のための構造変更を導くことができる解析手法を提案することである。そのために、エネルギーフローの可視化手法である振動インテンシティを利用し、中周波数帯域や高減衰構造物の振動の特性把握法を提案する。更にそれを踏まえた振動低減手法として、効果的な減衰付加位置の評価法を提案する。また、中周波数帯域・高減衰構造物でもモード特性同定を可能にする高精度な実験モード解析法を提案する。なお、中周波数帯域の範囲は、対象物によっても変わるが、自動車の場合は概ね300Hz～800Hz程度の範囲である。

本論文は全5章で構成されている。

第1章では、本研究の背景と目的、および本論文の構成について述べる。

第2章では、本研究において前提として利用する、振動解析の基礎理論について整理する。

第3章では、中周波数帯域や高減衰構造物の振動抑制において重要となる特性を把握するための解析手法を提案する。エネルギーフローの可視化手法である振動インテンシティの物理的意味を整理し、それに基づき、中周波数帯域・高減衰の構造物の振動状態について、エネルギーの流れという観点で指標化し振動特性を把握する方法を提案する。併せて、固有モード間の連成に関して、寄与するモードを特定できる指標を提案する。そして、効果的に振動を低減できる減衰付加位置の評価法として、振動インテンシティを用いて可視化したエネルギーフロー分布に基づき減衰付加位置を評価する方法と、振動エネルギーの減衰付加感度解析を利用した方法の提案を行う。このように提案した手法を用い、基礎構造物であるはり・平板を対象に、中周波数帯域や高減衰における振動特性を明確化すると共に、減衰付加位置の決定法についてその有効性を検証する。エネルギーの定在が支配的な系は固有モードによる1自由度系に近似でき、エネルギー散逸の促進により振動低減できることを示す。逆にエネルギーの一方向流れが支配的な系は、複数モードの連成が生じており、エネルギー流れの抑制により振動低減できることを示す。また、減衰付加感度解析はいずれの系に対しても有効であることを示す。

第4章では、第3章のような解析に用いるFEMモデルの高精度化に必要となる実験解析法として、実験モード解析によるモード特性同定を精度向上させる手法を提案する。中周波数帯域において、固有モード間の連成により実験でのモード特性同定が困難となる問題に対して、モード密度を低減させるため、振動応答に対し空間フーリエ級数を利用した基底関数を定義し、応答を級数ごとに分離することで同定難易度を改善する手法を提案する。円筒シェル形状の構造物を対象として、周方向の変形の次数を分離する手法を導く。そして、まず有限要素モデルで手法の検証を行う。次に、自動車用タイヤを例に、加振実験によるモード同定を行い、手法の有効性を確認する。さらにこの手法を、同定したモー

ドによる放射音の評価に応用する方法についても言及する.

第5章では, 本論文で得られた知見を整理し, 結論を述べる. また今後の研究課題についても言及する.