

氏 名	なか ぎり とし ゆき 中 切 俊 行
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和50年3月25日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第1項
研究科，専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程)機械工学専攻
学 位 論 文 題 目	粘弾性支持部を有するはりおよび板の振動に関する 研究
指 導 教 官	東北大学教授 斎藤 秀雄
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 斎藤 秀雄 東北大学教授 玉手 統 東北大学教授 渥美 光 東北大学教授 八巻 昇

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 序 論

近時ますます要請される機械の高速化，高性能化に伴い，機械構造物に発生する振動が性能の劣化や構成要素の疲労のみならず，騒音の発生，振動の伝播等，周囲環境に対して好ましくない現象を引き起こす事例がしばしば発生している。これら振動を減衰機構を考慮して動力学的に解明し，振動の抑制，制御のために有効な手段を講ずることは，実用上重要な問題である。機械構造物の構成要素として，はりおよび板はしばしば使用されており，各種減衰および境界条件のもとにそれらの動力学的挙動を明らかにすることを試みた解析および実験は非常に多く行われている。はりおよび板の支持条件を固定，単純支持のような単純な方法から，さらに進んで弾性を考慮した支持機構として取扱った例がしばしば見受けられるようになってきているが，これらの研究においては，はり，板および支持部は完全弾性体として取扱われているものが多い。振動を抑制するためには，

はりおよび板に減衰機能の大きい材料を使用したり、減衰機能を有する防振材ではりおよび板を支持する方法が有効と考えられ、はりおよび板の内部減衰を考慮した研究、あるいは粘弾性支持部を有する軸や板についての研究がなされている。しかしながら、多くの実際例に見受けられるように、支持部が粘弾性特性を有する場合、あるいははりおよび板が有限幅の防振材で支持される場合において、これら粘弾性支持機構と振動系の減衰特性の関係を解明した研究はあまりなされていないように見受けられる。

本報告は、これらの状況に鑑み、はりおよび板の支持部に粘弾性材を挿入して防振作用を行わせる場合について、はりおよび板材料の減衰能をも考慮しながら、系の振動および減衰特性を解明しようとするものである。はり、板および支持材の粘弾性特性を表わす力学模型として3種類の粘弾性モデルを用いている。

第2章 粘弾性支持されたはりの強制振動

任意の位置に集中質量を有する粘弾性一様はりが両端を粘弾性支持され、集中質量に強制力および強制モーメントが作用する場合のはりの強制振動を取扱っている。はり両端の支持機構は支持点の直線変位および回転角に対して粘弾性拘束を有するものとしている。集中質量に作用する強制力あるいは強制モーメントは、はりおよび粘弾性支持機構を経て基礎に伝播する。これら伝達される力およびモーメントの動的特性を明らかにするために、基礎における力伝達係数および強制力、強制モーメントと伝達力、伝達モーメントとの間の位相差を求めた。特にはり両端の粘弾性支持の状態が同一で、中央部に集中質量を有し、これに強制周期力が作用している場合の系の振動特性を数値的に明らかにし、弾性はりが粘弾性支持されている場合および粘弾性はりが弾性支持されている場合について、基礎への力およびモーメント伝達係数と振動数および減衰係数の関係を求めた。本章においては、支持材およびはり材の粘弾性特性の力学模型として、粘性減衰特性を有する粘弾性材の場合によく用いられるフォークトモデルおよび減衰特性が振動数に無関係な構造減衰の両者を用い、それぞれの場合における伝達係数の差異を明らかにした。さらに、集中質量がはり質量に較べて相当大きくかつ振動数が高い場合および振動数が低い場合における近似式を導き、正確解と比較検討を行った。

第3章 粘弾性支持された平板の振動

(1) 自由振動

対向する2辺に沿い、上下面の一部を有限幅の粘弾性材ではさまれて支持され、他の対向する2辺を単純支持された長方形平板の自由振動を取扱っている。解析においては粘弾性支持材を粘弾性床とみなし、板材の減衰も考慮に入れている。まず、両縁の粘弾性支持部の幅がそれ

ぞれ任意の値をとる場合の自由振動を解析し、振動数方程式を導いた。これより系の固有角振動数および対数減衰率が求められる。また、両縁の粘弾性支持部が同一の場合について、振動モードが対称および反対称の場合の振動数方程式をも導いた。正方形弾性板が両縁を同一の粘弾性材で支持されている場合の基本固有モード振動における系の対称減衰率と粘弾性支持部の幅、ばね定数および減衰係数との関係を数値的に明らかにした。本章においては、粘弾性支持および板材の粘弾性特性を、実際の材料の粘弾性特性を一般によく表わすと考えられる3要素モデルおよび構造減衰のふたつで表わした場合を取扱い、両者の違いによる対数減衰率の差異を明らかにした。

(2) 強制振動

前節で取扱った周辺支持条件を有する長方形平板に一樣分布周期荷重が作用する場合の強制振動を取扱っている。自由振動の場合の数値例において取扱われた正方形弾性板の中間の板のみの部分に一樣分布周期荷重が作用する場合の板中央点の振幅応答曲線を求め、支持材の粘弾性特性が3要素モデルで表わされる場合には、力学的異常分散現象により振幅応答曲線がいかに変化するかを明らかにし、さらに構造減衰特性で表わされる場合の振幅応答曲線も求めた。

(3) 円筒状曲げ振動

本問題の特例として、両縁を粘弾性支持された無限長帯板の円筒状曲げ振動を取扱っている。長方形平板の場合に得られた解析結果は、無限長帯板の円筒状曲げ振動に対して適用が可能であり、板の形状係数を本特例に対応した値にとることにより円筒状曲げ振動の正確解が得られる。さらに、粘弾性支持部の幅が狭い場合には無限長帯板の粘弾性支持された部分は振動中平面状態を保つものと仮定して近似解を求め、両縁の粘弾性支持部が同一の場合について、系の対数減衰率を数値的に明らかにし、正確解と近似解との比較を行った。粘弾性材の減衰特性を構造減衰で表わした場合、粘弾性支持部の幅が微小となると、系の対数減衰率は長方形平板の場合のそれとは著しく異った傾向を持つことを示した。板の曲げこわさをはりの曲げこわさと置き換えることにより、正確解および近似解とも有限幅粘弾性支持部を有するはりの場合に適用が可能である。解析によって得られた理論結果を実際現象と比較するために実験を行った。板の円筒状曲げ振動ははりの振動と本質的に同じであり、実験の容易さも考慮してはりを用いて実験を行った。実験方法は両端を同一の粘弾性材で支持されたはりに自由減衰振動を与え、はり中央点の変位を検出した。これより系の対数減衰率を測定した。はり材にはジュラルミンを使用し、粘弾性支持材には2種類の市販板ゴム(加硫天然ゴムおよびシリコンゴム)を使用した。粘弾性支持材の減衰特性には実測結果より構造減衰を採用した。実験より得られた結果を理論解析結果と比較検討を行った。

第 4 章 結 論

第 1 章の序論で述べた目的に従い、粘弾性支持部を有するはりおよび板の振動問題について理論解析を行い、平板の円筒状曲げ振動について実験を行った。得られた結果のおもなものを要約すると次の通りである。

- (1) 両端を粘弾性支持され、かつスパン上に強制周期力またはモーメントが作用する集中質量を有する粘弾性はりの強制振動について、支持機構およびはり材の粘弾性をフォークトモデルおよび構造減衰の 2 種類の粘弾性モデルで表わし、はりを経て基礎へ伝えられる力およびモーメントと強制振動数および減衰係数の関係を明らかにした。
- (2) 力およびモーメント伝達係数は共振振動数において極大値を示すが、減衰係数および振動数の増加と共に減少する。力伝達係数について求められた 2 種類の近似解はそれぞれある振動数より高い振動数帯域および低い振動数帯域において正確解とよく一致する。
- (3) 対向 2 辺を有限幅の粘弾性材で支持され、他の対向 2 辺を単純支持された長方形平板の自由および強制振動について、支持材および板材の粘弾性特性を 3 要素モデルおよび構造減衰で表わし、粘弾性支持材のばね定数、幅および減衰係数が系の対数減衰率にいかに関与するかを明らかにした。
- (4) 粘弾性支持部のばね定数が小なる場合、系の対数減衰率は支持部の幅および減衰係数の増加と共に単調に増加するが、ばね定数が大となると、対数減衰率は支持部の幅の増加により、極大および極小値を持つようになる。
- (5) 一様分布周期荷重が作用する場合の板の応答曲線を求め、粘弾性特性によりその性質がいかに変化するかを明らかにした。
- (6) 本解析の特別な場合として、両縁を粘弾性支持された無限長帯板の円筒状曲げ振動を取扱い、かつ粘弾性材の支持幅が狭い場合に適用可能な近似解を導いた。
- (7) 上記(6)の解析結果と実際例を比較検討するためゴム材で粘弾性支持された両端支持はりの自由振動について実験を行った。これより系の対数減衰率の実測値は計算結果とおおむね一致し、実験的にも部分粘弾性支持されたはりの対数減衰率は支持部の幅のある値において極大値を有することが確かめられた。

終りに臨み、終始懇切丁寧なご指導、ご鞭撻を賜りました指導教官 斎藤秀雄教授に心から感謝の意を表します。種々ご助言いただきました佐藤喜一助教授に深く感謝の意を表します。

審 査 結 果 の 要 旨

機械及び機械構造物に発生する振動並びにその伝播の抑制あるいは防止は、機械の高速化、高性能化の要請に伴いはなはだ重要な課題となっているが、現象の複雑さから多くの未解明の問題が残されている。著者は機械及び機械構造物に数多く用いられるはり及び板の振動を抑制するため、粘弾性材で支持する場合あるいは支持部に粘弾性材を挿入する場合について理論解析を行い、系の対数減衰率、伝達率を明らかにし、さらに実験をも行い得られた結果を理論結果と対比した。本論文はこれらの研究をまとめたもので全編4章よりなる。

第1章は序論で、従来の研究と現状点とを概括し、本研究の目的およびその意義を明らかにしている。

第2章では、任意の位置に集中質量を有する粘弾性はりが両端を粘弾性支持され、強制力及び強制モーメントを受けて横振動をする場合を取扱う。粘弾性支持部の減衰特性は粘性減衰および構造的減衰の2種類を用いて表わされており、支持機構を経て基礎に伝達される力及びモーメントと強制振動数及び減衰係数との関係を、伝達率を用いて広範囲に亘って究明している。さらに塔載質量がはり質量より比較的大きい場合、低帯域あるいは高帯域振動数において適用される力及びモーメントの伝達率の近似式を導き、これらによる結果と正確解との対比を行い、近似式は実用的に十分な精度で利用できることを確かめている。

第3章は対向する2辺を有限幅の粘弾性材で支持し、他の対向する2辺を単純支持した長方形板の横振動に関する研究である。支持材の減衰機構の力学モデルとして3要素モデルを採用し、構造減衰の場合をも解析している。はじめに自由振動を取扱い、粘弾支持部のばね定数、減衰係数及び幅と板の対数減衰率との関係を求めている。板の対数減衰率は支持材の幅の変化により極大値及び極小値をもつことを明らかにしたことは防振支持設計上重要な成果である。強制振動の解析は一様分布周期荷重が作用する場合について行い、板の応答曲線を求めて板の振幅の極大値は支持材の減衰係数の増加と共に急激に減少することを解明している。著者はさらに上記長方形板の特例として、両縁を粘弾性材で支持された帯板の円筒状曲げ振動に着目し、これについての理論並びに実験解析を行っている。得られた実験結果は理論結果と概ね一致し、理論解の妥当性を示している。

第4章は以上の結果の総括である。

以上要するに本論文は粘弾性材をはり及び板の支持材として用いる場合の板の振動特性を明らかにし、防振設計に対して有用な基礎資料を提供したものであり、振動工学並びに機械工学への寄与は少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。