

学位論文の要旨

氏名

Farkhanda Yusaf Chohan

学位論文題目

液体に浸された横方向に等方的な板中のガイド波の伝搬

本論文は、Guided Wave Propagation in a Fluid-Loaded Transversely Isotropic Plate (液体に浸された横方向に等方的な板中のガイド波の伝搬) をまとめたものであり、以下の問題を扱っている。

- (1) 横方向に等方的な物質に対するレイリー・ラムの分散関係の一般形
- (2) 液体中の横方向に等法的な板をガイド波が伝搬する際のエネルギーの漏れ、
- (3) 媒質の密度が低い場合と高い場合の減衰スペクトルの比較
- (4) 対称モードと非対称モードの減衰スペクトラムの比較

論文の構成を述べると 第1章ではこの研究に関する入門として、固体中の弾性波の研究は固体構造の非破壊検査の道具として有用であり、固体からの反射音響波は固体の多くの特性(例えば固体の性質、内部欠陥の存在、界面の質等)の詳細を示す重要な情報を持っていることを説明している。さらに弾性体を伝播する波に関する研究の歴史を概観し、音響学の研究における重要な事件を年代記としてまとめている。

第2章では連続体中の波動の基礎的な解説を行っている。歪と応力の定義とフックの法則を説明し、力の平衡条件から等方性媒質中の弾性波動方程式を導いている。さらに縦波と横波の存在とレイリー波について解説している。

第3章では無限の長さの等方的な板の中の波の伝播に関して対称と非対称のレイリー・ラム分散関係を示している。

第4章では板が自由空間中にある場合のレイリー波を一般化し、板が非粘性の液体(ここで水の場合を考えている)に浸されている場合に拡張した。

ラム波の位相速度が周囲の液体の中の音速を超えたときにエネルギーが液体中に放射される。これを表す用語としてここでは“漏洩ラム波”と名づけている。

水に浸された種々の横方向に等方的な板の中の波の伝播も調べ、その結果液体と弾性物体の密度比が小さい場合、流体中の板のモードスペクトルは自由板の場合とわずかに違うだけであるが密度比が無限大まで増加すると種々のモードの間の相互作用が起こってくることを述べている。

さらに減衰スペクトルを研究し

- 1) 横方向に等方的な板の中では対称モードに対する減衰は非対称モードと比較して相対的に高いこと
- 2) 高い周波数では漏れのあるモードはレイリーモードに近づき、この極限では減衰量は周波数に比例すること
- 3) 水に浸された場合のスペクトルは密度の軽い板の場合が重い板の場合より区別できることなどを明らかにしている。

第5章では流体中の横方向に等方的な固体の非対称波を扱っている。第4章で得られた結果を一般化している。

第6章で研究の総括を行っている。

論文審査の要旨

報告番号	理工研 第224号	氏名	Farkhanda Yusaf Chohan
審査委員	主査	村島 定行	
	副査	浅野 敏之	森 邦彦
		佐野 英樹	

学位論文題目 Guided Wave Propagation in a Fluid-Loaded Transversely Isotropic Plate
(液体に浸された横方向に等方的な板中のガイド波の伝搬)

審査要旨

提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は液体中に浸された等方的な板中のガイド波の伝搬について述べたもので、全文6章より構成されている。

第1章は(序章)である。第2章では連続体中の波動について述べている。最初に弾性論に関する基本的な事項を扱い、波動の伝播の理解に供した。次に固体中の弾性波の伝搬を扱い、波動方程式を導き、等方的な媒質中を伝わる種々の波動を紹介している。最後に等方的な媒質中を伝わるレイリー波のような表面波を扱っている。

第3章では横方向に等方的な板に対するレイリーラム周波数スペクトルについて記述している。最初に厚さ $2h$ の無限に広い等方的な板において問題を形成し、等方的な媒質の運動方程式をBuchward の表現に基づいて導いている。さらに横方向に等方的な板の中のガイド波に対する分散関係を示し、いくつかの低次モードにたいする分散曲線を求め、図示した。

第4章では液体に浸された板の中の縦波を扱っている。液体に浸された板の中の波動伝播の対称分散関係を知るために無限長で厚さ $2h$ の板が非粘性の液体に浸されている場合を考えている。対称モードを仮定し、液体に浸された等方的な板に対する分散関係を導いている。この分散関係を数値化し、液体に浸されている場合とそうで無い場合の比較を行っている。これはさまざまな限定された条件の下に扱われていた研究の一般化になっており、液体に浸されている場合の現象への理解を深めることを可能にし、非破壊評価の分野に有益な知見をもたらしたといえる。

第5章では第4章が対称なモードに対する分散関係であったのに対して非対称モードも含めた形に一般化している。この中から対称モードにおける減衰は非対称モードにおける減衰より相対的に大きいことが明らかになった。さらに高周波においては漏れのあるモードは漏れのあるレイリーモードに近づき、この極限での減衰は正規化周波数に比例することを明らかにしている。

第6章は(結論)である。低密度の媒質 magnesium と高密度の媒質 cobalt との分散スペクトルを比較し、水に浸されることによる影響は magnesium の方が大きいことを明らかにしている。

以上本論文は液体に浸された等方的な板中の波動を扱っており、レイリーラム波の分散関係を一般化したものを導出し、数値化し、種々のモード伝播特性を明らかにした。波動現象の解析手法として意義あると同時に、非破壊評価の分野に有益な知見をもたらすと考えられる。

よって、審査委員会は学位(博士)の学位論文として合格と判定する。

最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第224号	氏名	Farkhanda Yusaf Chohan
審査委員	主査	村島 定行	
	副査	浅野 敏之	森 邦彦
		佐野 英樹	

Farkhanda Yusaf Chohan 氏の論文発表会は1月31日15時より、学術情報基盤センター4階の会議室で行われた。主査及び副査の4名は学位申請者本人に対して、論文の内容について質疑応答を行った。質疑応答の中で出された主な質問は

1. 位相速度の正規化のやりかたと周波数の正規化について説明してもらいたい。
 答え：位相速度はレイリー速度で正規化しています。周波数については milli meter Mega Hertz を単位に周波数を測っています。
2. この研究の工学的な応用について説明してください。
 答え：私の研究では空気中の場合と液体中の両方を解析しています。前者は橋の后者は潜水艦の非破壊評価に使えます。また乾燥地帯における地震波の伝搬や海中の地震波の伝搬に応用できます。
3. メガヘルツの高周波の振動はどうやって起こすのですか。
 答え：振動を起こす装置があります。
4. 分散曲線がある周波数より低い部分あるいは高い部分で計算結果が示されていない点について理由を説明ください。
 答え：減衰曲線が終わっているところはより高い周波数では波の伝搬がなく減衰もないつまり減衰が終わるところを意味しています。高次のモードについては減衰曲線が途中で始まっています。これより低い周波数で波の伝搬がなく減衰がないつまり減衰が始まる場所という意味になります。
5. 以前は「柱の中を伝搬する波」とか「境界面を長手方向に伝搬する超音波モード」などといわれていました。ガイド波という言葉は最近使うようになったと思うがその辺りの事情について説明を聞きたい。
 答え：英語では guided wave は昔から使われていました。日本語でガイド波というのが一般化したのは最近のことと聞いています。
6. 減衰するモードは非破壊評価に役に立ちますか。
 答え：長距離を伝搬しないため、非破壊検査に直接役立つことはありませんが波動現象の理解には重要な役割を演じています。
7. 計算は magnesium と cobalt でやられていらっしゃいますが構造物の材質は iron が多いので iron で計算した方がよくありませんか。
 答え：密度の大きいものと小さいものと代表としてこの二つの物質を選びました。Iron で計算した方が便利とは思いません。非破壊評価の分野では通常 magnesium と cobalt で計算するのが一般的です。もちろん Iron についても計算できます。

以上、ここに記載した6点とその以外の質疑に対してほぼ適切な応答がなされた。よって審査委員会は、申請者が博士(工学)の学位を与えるのに十分な学力並びに見識を有していると判定した。