

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 題目(和文) | |
| Title(English) | BEM Analysis for Guided Wave Scattering by Layered Plate Debonding |
| 著者(和文) | WongthongsiriSupawat |
| Author(English) | Supawat Wongthongsiri |
| 出典(和文) | 学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12256号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣瀬 壮一,WIJEYEWICKREMA ANIL,佐々木 栄一,岩波 光保,高橋 章浩 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12256号, Conferred date:2022/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 審査の要旨 |
| Type(English) | Exam Summary |

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号 | 甲第 | 号 | 学位申請者氏名 | Supawat WONGTHONGSIRI | |
|-------------|-----|------------------------|---------|-----------------------|----|
| | | 氏名 | 職名 | 氏名 | 職名 |
| 論文審査 審査員 | 主査 | 廣瀬 壮一 | 教授 | 高橋 章浩 | 教授 |
| | 審査員 | Wijeyewickrema C. Anil | 准教授 | | |
| | | 佐々木 栄一 | 教授 | | |
| | | 岩波 光保 | 教授 | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「BEM Analysis for Guided Wave Scattering by Layered Plate Debonding (積層板の剥離によるガイド波の散乱に対する BEM 解析)」と題し、英文により全 6 章により構成されている。

異なる材料を層状に組み合わせた積層構造は、単一材料と比較して優れた力学特性や環境特性を持つ部材として多用されている。例えば、2 種類の異なる金属を圧着したクラッド鋼や炭素繊維シートや鋼材によって補修・補強された構造部材がある。このような積層構造材料の安全性を確保するためには、異材間の接合界面の状態を確認することが重要である。接合界面の検査には超音波非破壊試験がよく用いられるが、現行の検査手法は、部材表面から垂直に縦波を入射して、底面からの反射エコー高さを指標とするパルスエコー法である。しかし、この手法は、部材表面の全体にわたって超音波試験を実施する必要があるため、検査効率が低い。一方、ガイド波と呼ばれる板やパイプなどの導波路を伝搬する超音波を用いた非破壊試験では一度に広い範囲の検査が可能である。しかし、ガイド波には様々な波動モードがあり、かつ、それぞれのモードが分散性を持つため、その波動特性は複雑である。そこで、本研究では、積層構造材料に対するガイド波を用いた超音波非破壊試験の基礎研究として、2 種類の異なる材料からなる積層板の界面剥離によるガイド波の散乱特性を、BEM(境界要素法)を用いて解明したものである。

第 1 章「Introduction (序論)」では、研究背景を述べ、既往の研究を調査した後、本研究の目的及び構成を述べている。板内のき裂や空洞によるガイド波の散乱解析に関する先行研究を詳細に検討した結果、既往の研究では、単一の材料からなる板及び層構造を持つ半無限体に対する研究が多くあるものの、積層構造を持つ板におけるガイド波の散乱解析に関する研究はほとんどないことを指摘している。そこで、本研究の目的を、2 層材料からなる板の層間剥離によるガイド波の散乱特性の解明としている。

第 2 章「Basic theories of guided waves and boundary element method (ガイド波の基本定理と境界要素法)」では、2 次元弾性板におけるガイド波の基礎式と分散特性を示し、BEM の定式化を述べている。

第 3 章「Scattering analysis for two-dimensional guided Lamb wave by layered plate debonding (積層板の剥離による 2 次元ラム波の散乱解析)」では、まず、仮想境界で挟まれた有限な領域を解析領域とした 2 次元面内波動場に対する BEM の離散化の詳細について述べている。その特徴は、剥離部から十分遠方にある散乱波動場がガイド波の伝搬モードのみで近似できることを利用して、仮想境界上の変位と表面力の関係を BEM の離散化に取り入れた点にある。2 層の材料定数を同一にして得られた数値解を単一の板に対する既存の解析結果と比較することによって本解析手法の精度を確認している。さらに、材料定数、界面剥離の位置や長さ及び周波数を変化させたときの入射ラム波の反射及び透過特性を検討している。その結果、2 種類の異なる材料からなる積層板においては、従来より知られている共振周波数に加えて、モード変換によって反射及び透過係数が大きく変動する周波数が存在し、かつ、その周波数が剥離部の長さに依存することを明らかにしている。

第 4 章「Scattering analysis for two-dimensional guided SH wave by layered plate debonding (積層板の剥離による 2 次元 SH ガイド波の散乱解析)」においては、第 3 章で用いた BEM の離散化手法を 2 次元 SH ガイド波の散乱解析に適用している。反射・透過波と入射波の波動エネルギーのつり合いを検証することによって解析精度を確認し、その後、入射波のモード、材料定数、界面剥離の位置や長さ及び周波数を変化させて、SH ガイド波の反射及び透過特性を検討している。その結果、入射波のモードの違いによって SH ガイド波の反射及び透過係数が大きく異なることを指摘し、特に、第 1 モードの入射波は界面剥離でほとんど反射しないこと、第 2 モードの入射波に対する反射特性は剥離部の長さに依存することを明らかにしている。このことから SH ガイド波による超音波非破壊試験では第 2 モードを用いることを推奨している。

第 5 章「Scattering analysis for three-dimensional guided wave by layered plate debonding (積層板の剥離による 3 次元ガイド波の散乱解析)」では、第 3 章及び第 4 章で開発した BEM を 3 次元積層板におけるガイド波の散乱解析に拡張している。3 次元積層板における遠方での散乱波動場は、円周方向にはフーリエ級数、板厚方向には 2 次元ラム波及び SH ガイド波と同様の波動モードの組合せで表現される。そこで、まず、単一板における円筒縦穴による散乱ガイド波のモード毎のフーリエ級数係数を求め、既存の解析解とほぼ同じ結果が得られることを確認している。次に、界面剥離による 3 次元散乱解析を行い、2 層の材料定数の違いがラム波と SH ガイド波間のモード変換を引き起こして複雑な散乱特性を示すことを明らかにしている。

第 6 章「Conclusions and recommendations (結論と提言)」においては、第 3 章から第 5 章で得られた結果を総括し、今後の課題を指摘している。

以上要するに、本論文は、積層板の界面剥離によるガイド波の散乱特性を数値的に明らかにしたもので、今後のガイド波を用いた超音波非破壊試験の発展に大きく貢献するものであり、学術上の有用な知見を得ている。よって、本論文は博士(学術)論文として、価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。