

# 伝播モード直交性と多重尺度法を用いたガイド波の理論解析

2017 年度

神 田 昂 亮

# 主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	神田 昂亮
主 論 文 題 名 :					
伝播モード直交性と多重尺度法を用いたガイド波の理論解析					
(内容の要旨)					
<p>非破壊検査や構造物ヘルスマニタリングとは、検査対象を破壊することなく、保守・点検を行う重要な技術である。その一手法としての超音波探傷法において、長大・大型構造物に対する検査時間の短縮とコスト削減を実現しうる高効率な非破壊検査技術として、長距離伝播性を有するガイド波の利用が期待されている。ガイド波は、通常のパルク波とは異なり、速度分散性を有し、単一の周波数に対し複数の伝播モードをもつ。また、初期段階の疲労き裂や微小なき裂を検出する高精度な非破壊検査法として、非線形超音波を利用した探傷法も期待されている。近年、ガイド波法と非線形超音波法の両メリットを有した非破壊検査法として、累積的高調波と呼ばれる非線形ガイド波による検査法が注目されている。しかし、ガイド波の特徴である長距離伝播を考慮した非線形ガイド波の挙動解明に関する研究はなされていない。本研究では、累積的高調波を含む非線形ガイド波に着目し、伝播モードの直交性と多重尺度法を用いた理論解析により、ガイド波が長距離を伝播する際の動力学的な挙動を明らかにすることを目的とした。</p> <p>第1章では、本研究の背景および目的を示した。</p> <p>第2章では、最も単純なガイド波の一種である Lamb 波について、支配方程式と境界条件より伝播モードの直交性を示し、さらに微分作用素の自己随伴性を用いて非同次問題の可解条件を導出した。</p> <p>第3章では、構造減衰を導入し、伝播モード直交性と多重尺度法を用いて、分散曲線と減衰曲線の導出を行った。得られた結果を、半解析的有限要素法を用いて検証し、本手法の妥当性を示し、本手法の利点を述べた。</p> <p>第4章では、累積的高調波と呼ばれる内部共振的ガイド波について、非線形連成の効果と減衰の効果を考慮したうえで、その伝播挙動を、伝播モード直交性と多重尺度法を用いて明らかにした。さらに、内部共振的ガイド波を非破壊検査へ応用する際に生じる問題点を指摘した。</p> <p>第5章では、第4章で指摘した問題点を解決する新しい非線形ガイド波法を提案した。この手法は、オートパラメトリック励振的現象を利用すれば、非線形ガイド波の振幅が伝播距離に対して定常に至ることに基づいて、非線形材料定数の変化を測定するというものである。定常振幅解の存在を伝播モード直交性と多重尺度法を用いて解析的に明らかにした。さらに、伝播距離に対する定常振幅の安定性を調べ、実用性のある現象であることを示した。</p> <p>第6章では、各章で得られた内容を総括し、本研究の成果を要約した。</p>					

Thesis Abstract

No. \_\_\_\_\_

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	KANDA, Kosuke
Thesis Title			
Analysis of Guided Waves Using Mode Orthogonality and the Method of Multiple Scales			
Thesis Summary			
<p>Non-destructive testing (NDT) and structure health monitoring (SHM) are important engineering techniques for maintaining structures' safety without breaking them. Ultrasonic guided waves which can propagate with low damping are expected to develop efficient NDT of long and large structures. Guided waves have the dispersion property which represents dependence of propagation velocities on frequencies, and they have plural modes at a single input frequency unlike bulk waves. Also, nonlinear ultrasonic waves are expected to develop more sensitive NDT for detecting microscopic cracks and fatigue cracks of early stage. Nonlinear guided waves, called cumulative guided waves, because of having the merits of both the guided wave method and the nonlinear ultrasonic method, have been researched actively in recent years. However, previous researches have not revealed dynamical behaviors of nonlinear guided waves in long propagation length.</p> <p>The purpose of this thesis is to reveal the dynamics of nonlinear guided waves propagating over a long distance by using mode orthogonality and the method of multiple scales (MMS).</p> <p>Chapter 1 describes research backgrounds and objectives.</p> <p>Chapter 2 elucidates mode orthogonality of Lamb waves, a type of guided waves, from the governing equations with the boundary conditions, and further derives the solvability condition for non-homogeneous problems using the self-adjointness of the differential operators.</p> <p>In Chapter 3, attenuating guided waves caused by structural damping are analyzed by using mode orthogonality and MMS. Dispersion curves and attenuation coefficients obtained in this analysis are validated by the semi-analytical finite element method (SAFE).</p> <p>In Chapter 4, internally resonant guided waves, which are called cumulative guided waves, are analyzed by using mode orthogonality and MMS with including damping and nonlinear couplings to reveal dependence of nonlinear guided wave behaviors on the propagation length. Obtained results show that there are some difficulties for applying the internally resonant guided waves to NDT.</p> <p>In Chapter 5, a new nonlinear guided wave method is proposed to solve the above problems. The method uses autoparametric resonance to identify material nonlinearities from steady amplitudes over a long propagation distance caused by nonlinear couplings. Existence of steady amplitudes is analytically confirmed by using mode orthogonality and MMS. Further, stabilities of the steady amplitudes are revealed, which shows field-applicability of the proposed method.</p> <p>Finally, Chapter 6 summarizes the contents of this thesis.</p>			