

論文題名

Fundamental Study on Free Vibration Problems of Plates with Non-homogeneity

不均質性を有する平板の自由振動問題に関する基礎的研究

馬 秀琴

平板は、種々の構造物に用いられる基本的な構成部材の一つである。近年、軽量・高強度・高機能の複合材料や傾斜機能材料等の開発によって、均質性を持たない材料を用いた平板などの新しい構造部材が利用されるようになってきている。複合材料は繊維の配向によって材料特性が方向性を持つ異方性材料であり、傾斜機能材料は一つの材料の中で組成や機能が連続的あるいは段階的に変化する不均質材料である。これらの複合材料や傾斜機能材料は、材料に不均質性や異方性を付与することによって構造部材に高度な性能や機能を持たせるもので、構造物の高機能化において期待されるものである。また、軽量・高強度・高機能の材料開発等によって、構造物の薄肉軽量化が一層進むとともに、変厚矩形板や非矩形板、開口部を有する平板、点支持平板など、構造上の不均一性を持つ平板などが構造部材として用いられるようにもなっている。

一方、異方性や不均一性などの不均質性を持つ構造部材は、均質等方性の構造部材には見られない力学的挙動を示すため、このような不均質性を持つ構造部材の力学的挙動を解明するために、薄板の解析法にも、なお一層の精密化と新たな展開が必要になっている。すなわち、これら新形式の構造物および構造部材を安全かつ経済的に設計・製作するためには、それらの構造力学的特性を解明するための高精度で効率の良い解析法を開発することが不可欠であると考えられる。

本研究は、材料特性や板厚等の構造特性に関して、不均質性を有する平板を変厚矩形板の一種であると思なすという基本的概念の下に、これらの不均質平板の構造力学的挙動の解析法を開発し、その実用性について考究するものである。

不均質平板の挙動に関する基礎方程式は、変数係数の微分方程式となるため、その解析解を一般的に求めることは困難であり、離散的数値解析手法に頼らざるを得ない。しかしながら、精度の良い解を得ようとすれば、大自由度の計算が必要となり、自由度の増加とともに計算量が飛躍的に増大するため、既往の離散化解析法に代わる新たな実用的手法の開発が望まれる。

本研究では、不均質平板の弾性曲げ、自由振動などの諸問題に適用可能な新しい離散的近似解析法を追求するとともに、不均質平板の自由振動特性を明らかにする。

本論文は、6章から成っている。その内容の要約は、次のとおりである。

第1章では序論として、研究の背景、目的および本論文の研究内容の概要を述べている。

第2章では、変厚異形板の基礎理論について述べている。特に、任意位置に点支承を持つ変厚異形板の基礎微分方程式を示し、その離散的な一般解の誘導方法および誘導結果を提示している。また、変厚異形板と構造力学的に等価な矩形板の概念を提案し、本解析法における平板の境界条件および離散的な一般解に含まれる積分定数の処理法について、既往の汎用解法と比較しつつ、述べている。

第3章では、変厚板の自由振動の解析法の有効性について、実験結果に基づいて検証している。等厚矩形板の外、変厚矩形板や有孔矩形板などの不均質平板に関する数値解析結果と実験結果との比較を行い、これらの不均質平板の自由振動特性をその等価矩形板を解析することによって明らかにすることの妥当性を検証している。

第4章では、構造上の不均質性を持つ平板の自由振動の解析法とその有効性について検証している。はじめに、複数の位置で点支持された変厚矩形板について、グリーン関数を用いて自由振動に関する特性方程式を誘導する解析法を提示し、これを用いた数値解析結果と既往の理論値との比較によって、提示した自由振動解析法による固有値の収束性および精度を検証し、解析法の実用性を明らかにしている。次に、この解析法を応用して、種々の境界条件を持つ点支持矩形変厚板および不均質性を持つ弾性地盤上の変厚板に関して、第6次までの自由振動固有値および自由振動モードを解析し、これらの不均質性が固有値および振動モードにおよぼす影響を明らかにしている。

第5章では、材料特性に関する不均質性および構造上の不均質性を持つ平板の自由振動の解析法とその有効性について検証している。はじめに、異方性矩形板の自由振動解析法を提示し、数値解析結果と既往の理論値との比較によって、提示した自由振動解析法による固有値の収束性と精度を検証し、解析法の実用性を明らかにしている。次に、この解析法を応用して、種々の境界条件を持つ異方性変厚矩形板および開口部を持つ異方性矩形板に関して、第6次までの自由振動固有値および自由振動モードを解析し、不均質性が固有値および振動モードにおよぼす影響を明らかにしている。

第6章では、以上の研究内容を総括して結論としている。