

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Transient Responses of Structures Without Fluid and Coupled with Fluid Subjected to Impact Loadings: Theoretical Analysis, Numerical Simulation, and Experimental Measurement
著者(和文)	紀 明
Author(English)	Ming Ji
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11914号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:因幡 和晃,井上 裕嗣,天谷 賢治,高原 弘樹,水谷 義弘
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11914号, Conferred date:2021/3/26, 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	Ji Ming	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	因幡 和晃	准教授	水谷 義弘	准教授
	審査員	井上 裕嗣	教授		
		天谷 賢治	教授		
高原 弘樹		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Transient Responses of Structures Without Fluid and Coupled with Fluid Subjected to Impact Loadings: Theoretical Analysis, Numerical Simulation, and Experimental Measurement」と題し、6章より構成されている。

第1章「Introduction」では、平板やシェルと流体が相互作用する流体構造連成問題の解析について現状の課題を指摘し、本研究の目的を述べている。まず、平板やシェルは航空機や自動車などに広く利用される構造要素であるが、それらと流体の相互作用に関する流体構造連成問題の解析は、共振による損傷を防ぐために重要であると述べている。続いて、流体構造連成問題の解析は、商用有限要素解析ソフトウェアの発展によって広く解析が可能になっているが、多大な計算時間を要するという課題を指摘している。流体と相互作用する平板やシェルの自由振動と過渡応答を正確かつ効率的に予測するための理論と数値解析手法を開発するとともに、相互作用における連成因子を特定して連成のメカニズムを解明することが本研究の目的であると述べている。

第2章「Transient responses of plates without fluid」では、流体と連成しない平板について、薄板理論および新たに導出した面内振動モードを考慮できる厚板理論（修正 Mindlin-Reissner 理論）に基づく過渡応答の解析法を示している。まず、流体と連成しない平板のドライモード固有振動数とモード形状について、円板に対する理論解を得るとともに、スペクトル選点法を用いて長方形板に対する数値解を得ている。次に、ポリフッ化ビニリデンフィルムを用いて測定した衝撃荷重履歴に基づいて、振動の減衰を考慮して求めた理論解や数値解は、たわみとひずみの測定結果とよく一致することを確認している。さらに、ひずみに対する板厚の影響を明らかにするとともに、過渡応答の予測には面内振動モードを考慮する必要があることを示している。

第3章「Free vibrations of plates coupled with fluid」では、薄板理論と Mindlin-Reissner 理論に基づく連成自由振動の解析法を示している。まず、連成系を界面の流体圧力と平板のたわみを用いて構築することによって、流体と平板が連成するウェットモードは、ドライモードの重ね合わせとして表せることを示すとともに、各ドライモードの寄与割合を明らかにしている。また、各ウェットモードには主となるドライモードがあることを指摘するとともに、薄板理論において自由振動の予測、各固有振動となる平板の大きさや厚さの比を示している。さらに、流体と平板の音速比や密度比、寸法を用いた連成因子を定義し、流体や平板として様々な材料物性を用いて固有振動数と連成因子との関係を調べるとともに、連成が強くなる条件を明らかにしている。

第4章「Free vibrations of pipes coupled with fluid」では、流体と連成する円管の自由振動について、ハミルトンの原理によって運動方程式と境界条件を導出するため Mindlin の1次シェル理論を拡張し、連成系における修正 Mindlin 1次シェル理論を提案して連成現象を解析している。提案したシェル理論により、薄肉から厚肉までの管壁厚さと管の長さが異なる円筒シェルの固有振動数を計算し、その結果が実験や有限要素解析の結果とよく一致するとともに、Flügge の薄肉シェル理論よりも高精度であることを示している。

第5章「Transient responses of plates coupled with fluid」では、第2章と第3章で導出した理論を統合し、連成系の平板の固有振動数とモード形状を解析的に得るための効率的方法を提案するとともに、過渡応答における連成メカニズムを考察している。まず、流体と連成した平板に衝撃荷重を作用させた場合の過渡応答が、ドライモードの直交性を利用した重ね合わせで予測できることを示している。次に、流体と連成する平板の自由振動と過渡応答について、4節点シェル要素 (MITC4) でモデル化した平板と音響要素でモデル化した流体を連成させる有限要素解析法を提案して連成系の強制振動問題を解析し、理論解と数値解析の結果がよく一致することを示している。

第6章「Conclusion and future works」では、本研究の成果を総括するとともに、今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、流体と連成した平板やシェルの自由振動や過渡応答に関する理論と数値解析手法を構築するとともに、連成因子を特定してメカニズムを明らかにしたものであり、工学的および工業的に貢献するところが大きい。よって、博士 (工学) の学位論文として十分な価値があると認める。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(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。