

論文審査の結果の要旨

報告番号	博(生)甲第216号	氏名	ジャオ チェン 趙 程
学位審査委員	主査	松田 浩	
	副査	棚橋 由彦	
	副査	蔣 宇静	
	副査	森田 千尋	
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>ジャオ チェン氏は、2004年7月に中国上海同済大学土木工学部を卒業、2006年9月に同大学大学院土木工学部を修了している。修士在学中の2005年8月の日中ジョイントセミナー(長崎大学-同済大学)に参加した。同氏は、2006年に長崎大学推薦により日本政府(文部科学省)奨学金留学生に採用され、同年10月に来日した。来日後6ヶ月間、日本語学習や博士研究準備のため長崎大学大学院生産科学研究科に研究生として在籍し、2007年4月に長崎大学大学院生産科学研究科博士後期課程に入学し、現在に至っている。</p> <p>生産科学研究科においては、システム科学を専攻し、所定の単位を修得するとともに、光学的全視野計測法を用いた薄肉円筒シェルの座屈挙動の評価法に関する研究に従事し、その成果を「Study on Evaluation Method of Buckling Behavior of Thin-Walled Cylindrical Shell Using a Full-Field Optical Measurement」と題する論文として完成させ、2009年12月に、参考論文として印刷公表論文11編(うち審査付き論文9編)、学位の基礎となる論文1編(審査付き論文)を添え、博士(学術)の学位の申請をした。</p> <p>長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、2009年12月16日の定例教授会において、予備審査委員会による予備審査結果および論文内容の要旨の検討に基づいて、課程修了のための学位論文提出の資格を審査し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選出した。審査委員会は論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、口頭による最終試験を行い、論文の審査および最終試験の結果を2010年2月17日の生産科学研究科教授会に報告した。</p> <p>円筒シェルは軽量で高剛性であるので、航空宇宙構造物、海洋構造物をはじめ様々な分野で構造要素として多用されており、建設工学の分野においても貯蔵タンクや圧力容器などに数多く用いられている。円筒シェル構造部材は、供用期間中に軸圧縮力をはじめ様々な外力が作用し、座屈荷重によって耐荷力が決定されることが多い。特に、構造軽量化を図るために薄肉シェルが用いられる場合には座屈設計が重要な課題となる。</p>			

軸圧薄肉円筒シェルの座屈問題に関しては、古くから多くの実験的研究が実施されてきたが、実験には高コストを要する、載荷実験自体が難しい、計測が極めて困難である、等々の理由から、座屈強度を決定するために、いくつかの解析的手法が提案されている。その主たるものはティモシェンコ (Timoshenko) による理論座屈解析である。しかしながら、薄肉円筒シェルの幾何学的初期不整が座屈強度に大きく影響を及ぼすため、実験による座屈強度値と理論的な予測値とに大きな乖離が生じていた。そのため、非線形有限要素解析が実用的かつ有効な方法として活用されてきたが、軸圧薄肉円筒シェルの座屈前・後座屈挙動は複雑で、実験結果を正確にシミュレートするにはまだ十分には至っていない。また、幾何学的初期不整に敏感な薄肉シェル構造物の座屈強度を評価する設計原理である低減剛性法 (RS法: Reduced Stiffness Method) は、座屈荷重の下限値を与えるものである。さらに、実際の幾何学的初期不整は設計段階においては未知であり、その影響を考慮するために、NASAの設計ガイドライン (SP-8007, 1968年) においても下限曲線が与えられている。したがって、RS法やNASAの設計ガイドラインの座屈係数は薄肉構造の実際の強度を過小評価する場合もある。このように、薄肉円筒シェルの座屈強度値の算定にはまだ改善の余地が残されている。

薄肉円筒シェルの座屈強度を精度よく決定するためには、幾何学的初期不整の影響を検討し、その影響を設計に正確に取り入れる必要がある。その際、問題となるのは、形状や振幅などの幾何学的初期不整を適切かつ実用的に同定することである。以上に鑑み、本研究では、理論的、実験的および数値解析的に研究を実施した。

本論文では、まず、古典理論に基づいて軸圧縮荷重を受ける薄肉円筒シェルの理論モデルを初期不整の影響も考慮して誘導した。そして、その結果はNASAの設計ガイドラインの下限曲線と同じような結果になることを示した。次に、光学的手法であるデジタル画像相関法を用いて、薄肉円筒シェルの座屈前後の変形挙動を正確に計測し、座屈前後の三次元的な変形挙動の可視化を実現した。これはこの種の座屈問題において最も難解な座屈モードの選択性を明瞭に示すものである。

さらに、数値解析により軸圧薄肉円筒シェル構造の座屈挙動を精度良くシミュレートするためには、前述したように、幾何学的初期不整を解析モデルへ正確に取り入れることが重要となる。そのためまず、三次元形状計測により薄肉円筒シェル試験体の幾何学的初期不整を定量的に計測した。その計測データから幾何学的初期不整を考慮した有限要素モデルを作成し、非線形座屈解析を実施した。同時に、同試験体に対して座屈実験を実施し、比較検討した。その結果、載荷試験の光学的全視野計測による実験結果と非線形座屈解析結果はよく一致することを示している。さらに、幾何学的初期不整を考慮していないモデルでの解析、各種の座屈理論解析、および本研究で得られた光学的全視野計測による実験との比較を行い、本手法の一連の計測・解析プロセスの有効性と有用性を検討するとともに、幾何学的初期不整が座屈挙動へ及ぼす影響を定量的に明らかにした。

以上のように、本論文は、薄肉円筒シェル構造の座屈挙動に関して、実験的、理論的、数値解析的に極めて有益な成果を得るとともに、薄肉シェル構造の進歩発展に貢献するところが大きく、博士 (学術) の学位に値するものとして合格と判定した。