

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 陳 坤

審査委員会は、上記論文提出者が提出した博士学位請求論文「ELASTIC STABILITY OF ARCHES WITH BUCKLING CONSTRAINT COMPONENTS AND THEIR APPLICATIONS（座屈補剛されたアーチの弾性安定性とその応用に関する研究）」に対し、提出約1年前の予備審査、本論文と提出者が審査委員に対し個別に行った説明、及びその時の質疑応答、論文発表会(口頭による最終試験)とその時の質疑応答及び指摘事項に対する提出者の応答、論文発表会後に開催した審査委員会での審議を通し、当該論文の審査を行った。その審査結果を下記にまとめる。

本論文は、主に張力材によって座屈が拘束されたアーチに対し、主に弾性範囲においてどのような座屈補剛効果があるかを、微分方程式と数値解析の2つのアプローチによって調査し、いくつかの実験により定性的な確認を行ったものである。前半では座屈補剛のパターンを示した上で、各補剛パターンに対して面外面内に発生する座屈モードの違いについて調査している。さらに、補剛部材としてケーブル部材や膜部材のように柔軟性を持ち、これらの部材がアーチに外力を伝達しつつ補剛効果をも発揮する場合について調査している。後半では本研究成果の負圧空気膜ドームへの応用について述べている。

第1章では既往の研究や本論文の目的が述べられている。第2章では単アーチと単アーチを組み合わせたクロスアーチの座屈に対して、その補剛のパターンについて、補剛材の反力の得方と空間的な配置を基準に分類している。

第3章では有限要素法による線形座屈荷重の導出の定式化について整理している。特に、後半で利用する従動力の効果についても定式化している。

第4章では、線形の連続体理論により、円弧アーチの座屈が面内変形と面外変形が連成しないものとしてそれぞれの座屈荷重を導く式を定式化している。それらの結果について有限要素法を用いた数値解析により確認している。

第5章では、直線状の補剛材で補剛されたアーチの座屈問題を、バネで支えられたアーチの問題としてモデル化して解き、いくつかのパターンを応用問題として計算例を示している。

第6章では、柔軟性のある補剛材で補剛された柱やアーチの問題を扱ってい

る。特に柔軟な補剛材に外力が作用している場合に、主たる柱やアーチが受ける補剛効果について述べており、この効果に関しては、補剛材の弾性剛性はほぼ無視でき、外力により発生する初期張力の影響が主となると考察し、初期張力によるこのような補剛効果を「pseudo-spring」と名付けている。さらに数値解析などの結果より、このように補剛された柱やアーチの座屈荷重の補剛効果には、補剛材に作用する外力に最適値が存在することを指摘している。

第7章では、実験結果について示している。負圧の空気膜構造の実大モデルを作製し、補剛パターンの違いにより発生する座屈モードが変化することなどを観察確認している。これらの簡易な負圧ドームが災害時一時避難シェルターなどとして活用できるとも述べている。また、簡易な柱を用いた実験と数値計算結果を比較し、「pseudo-spring」の存在と研究の妥当性について確認している。

第8章では、以上の研究成果についてまとめている。主な成果として、アーチやクロスアーチの補剛パターンと座屈モードの関係をまとめた点、外力をうける柔軟な補剛材により補剛された場合には「pseudo-spring」効果が存在することを示した点、補剛材を通して作用する外力が主構造の座屈荷重を増加させる効果には最適値があることを示した点、簡易な実験等や実大実験を通して数値解析や理論の妥当性を示し、負圧空気膜ドームによる実大実験において定性的に座屈補剛効果を確認した点を挙げている。

以上より、座屈補剛されたアーチの弾性安定性に着目し補剛材による補剛パターンを分類、その効果についてまとめ、さらに柔軟な補剛材を通して外力が作用した場合の補剛効果について指摘し調査している点など、本論文で示している一連の研究成果は工学的な有用性を有しているとともに、今後の設計などへの応用の可能性をも示唆していると評価できる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。