

別紙1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 Muhammad Nizam Bin Zakaria

本論文は、圧縮材を互いに連結しないという基本ルールにより、無重力状態においては自己釣合系となる「テンセグリティ」構造の釣合解の特性と、テンセグリティの畳込みをシミュレーションする場合に問題となる大変形接触問題について述べたものである。

テンセグリティの形態解析では、一組のコネクティビティに対して、非常に多くの釣合解が存在することがわかっている。よって、無数にある釣合解のうち実際に使用できる解を抽出するためのプロセスが必要となるが、これについての解析手法は確立されていない。本論文では、テンセグリティタワーの釣合経路解析を実施している。制御点節点力が零となる無重力自己釣合解または重力下における自立解を経路で分類することによって、独自の視点から釣合解の特性を論じており、これまでにない知見を得ていると評価できる。

さらに、本論文では柔構造としてのテンセグリティを展開構造として用いることを想定しての大変形接触問題に取り組んでいる。テンセグリティの畳込みの過程で発生する要素-要素間の接触を独立な要素端力と要素端変形の剛性関係である要素力式で表示することにより、全節点での力の釣合が完全に満足する厳密解を得ることを示した。

本論文は全6章で構成されている。

第1章は序章であり、研究の背景、目的、論文の構成について述べられている。

第2章では、本論文で用いている幾何学的非線形解析手法である接線剛性法について、その理論的背景アルゴリズムについて、詳しく述べている。

第3章では、実際の数値計算例を基に、接線剛

性法の数値解析理論としての優位性を論じている。また、ここでは一般によく用いられている有限要素法のアルゴリズムとの比較検討がなされている。

第4章では、テンセグリティの形態解析における釣合解の特性について論じている。まず、本論文で用いている軸力線要素の理論的背景について、Force Density Method (FDM)との対比によって説明がなされている。次に、形態解析における解のランダム性を検証するために網羅的に形態解析実施し、そのときの解の発現率と全ポテンシャルエネルギーの相関は認められないことを確認している。その上でテンセグリティタワーの釣合経路追跡を実施し、分岐経路を含む全ての解の経路特性とエネルギー特性を明らかにすることにより、解が分類できることを示した。

第5章では、テンセグリティの実際の挙動を想定した畳込みシミュレーションのため、ケーブル間での接触を想定した中間滑節点を有する要素、およびストラットとケーブルの接触を想定した、ティモシェンコ理論による平面骨組接触要素の開発を行った。これにより、非常に強い幾何学的非線形の条件下であっても、接触、滑り等の複雑な挙動を再現できることを示した。

第6章は結論であり、各章で得られた知見と、今後の展望について示している。

平成26年2月17日に開催された、博士論文公聴会には23名の参加者があり、参加者から多くの質問があったが、申請者はこれらに的確に応答し、質問者からの理解が得ることができた。公聴会后、論文の内容について最終審査を行った結果、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な内容を有するものと判断され、審査員全員一致で合格と判定した。