

Title	柔軟節構造体の変形能と構造不安定性に関する研究
Author(s)	田中, 展
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/11094/2385
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

【42】

氏名	田中展
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22933 号
学位授与年月日	平成21年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	柔軟節構造体の変形能と構造不安定性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 澁谷 陽二 (副査) 教授 久保 司郎 准教授 垂水 竜一 基礎工学研究科教授 尾方 成信 名古屋大学大学院工学研究科教授 大野 信忠

論文内容の要旨

本論文は、多回転自由度を有する柔軟節と連続な1次元要素のはりセグメントで構成された柔軟節構造体の力学モデルを構築し、それを用いて、柔軟節構造体の構造不安定性評価およびポアソン比にみられる力学特性の検討を行った研究の成果をまとめたものである。

り、以下の5章から構成されている。

第1章では、新たな柔軟節構造体の変形能を求める力学モデル創出に関して、研究背景ならびに関連する従来の研究を通して本論文の目的、意義および構成について述べた。

第2章では、大変形を考慮した2次元柔軟節構造体の有限変位モデルの定式化を行った。はじめに、柔軟節モデルの回転エネルギーから導出されたヘシアン行列より、柔軟節の諸性質について数学的考察を与えた。次に、系の総和エネルギーの定式化を行い、停留条件に基づいた非線形平衡方程式および接線剛性行列を導出した。得られた柔軟節構造体モデルの特徴として、各剛性係数の極限をとることで従来の剛節骨組モデル、トラスモデルに近似できることを示した。また、弧長法を用いて非線形平衡経路を数値解析的に解く手法を定式化し、2リンクモデルにより幾何学的非線形性の解の精度を検証した。

第3章では、柔軟節正方格子の構造不安定性に関する数値解析結果をまとめた。有限柔軟節正方格子の一軸圧縮座屈解析では、柔軟節の剛性に大きく依存する2軸対称な高次座屈モードを見出し、その座屈後挙動が柔軟節構造体特有の冗長的振る舞いを示すことを明らかにした。また、等二軸圧縮解析より得られた短波長座屈モードを、2面体群を用いて系全体の対称性と局所的な柔軟節の回転対称性の視点から整理し、分岐による対称性の低下と座屈モードの関係を論じた。

第4章では、ポアソン比に着目した柔軟節構造体の力学特性を評価した。前半では、負のポアソン比を示す4位柔軟節構造体を提案し、柔軟節の剛性に依存した各構造体の線形弾性特性、軸外特性および大変形特性を評価した。後半では、第3章で得られた等二軸圧縮座屈モードと負のポアソン比を示す凹部構造体の幾何学的相関を述べ、座屈形状モデルを用いた構造解析から負のポアソン比に対応する4位柔軟節の回転メカニズムの検討を行った。

第5章では、結論として本研究で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

セル構造体に代表される空間構造体は、その空間特性を利用することで、超軽量性、高比剛性、空間制約、特殊な変形機構などの各種要求に応じた構造設計が可能となり、その力学特性を理解することは工学上きわめて重要である。本論文は、空間構造体の柔軟性創出に着目して、従来の剛節骨組やトラスとは異なる柔軟節構造体の概念を提案し、力学に基づいた新たな変形能の研究結果をまとめたものである。主な結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 柔軟節の多回転相互作用エネルギーから導出されるヘシアン行列は、その回転剛性に幾何学的対称性を課した場合、巡回行列に属することを示している。そして、有限巡回群と関連付けたヘシアン行列の固有ベクトルは結合状態に依存した柔軟節特有の回転モードを表すことを証明している。
- (2) 停留条件に基づいて系の総和エネルギーから非線形平衡方程式および接線剛性行列を導出し、各剛性係数の極限をとることで柔軟節構造体モデルが従来の剛節骨組モデルおよびトラスモデルに近似されることを明らかにしている。
- (3) 柔軟節正方格子の一軸圧縮問題において高次座屈モードの座屈荷重値が柔軟係数に大きく依存し、その座屈後挙動が剛節骨組モデルでは表現しえない柔軟節特有の適応性を示すことを明らかにしている。また、等二軸圧縮解析によって得られた柔軟節正方格子の短波長座屈モードを2面体群により整理し、分岐による対称性の低下と座屈モードの関係を明確にしている。
- (4) 提案した4位柔軟節構造体の柔軟係数に依存した各構造体の線形弾性特性、軸外特性および大変形特性を評価し、負のポアソン比や折り畳み変形などの力学特性を見出している。
- (5) 等二軸圧縮座屈モードと負のポアソン比を示す凹部構造体の幾何学的相関を検証し、負のポアソン比を示す変形メカニズムが4位柔軟節の結合方位の直交性とその剛回転に基づくことを解明している。

以上のように、本論文は柔軟節という新規な接合形態を持つ構造体の新たな力学的変形能に関する有用な知見を得ており、材料力学、構造力学の分野の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。