

2001年 / 月 / 16日

機械・構造システム工学専攻	学籍番号	979101
申請者氏名	井原 久	

指導教官氏名	上村正雄 畔上秀幸
--------	--------------

論文要旨(博士)

論文題目	材料非線形性と幾何学的非線形性を考慮した連続体の形状最適化問題に対する解法
------	---------------------------------------

(要旨 1,200字程度)

機械構造物を設計する際に要求される項目は多岐にわたり、その性能に対する目標も近年ますます厳しくなっている。この厳しい条件を克服するためには構造の非線形挙動を考慮しなければならない場合がある。

このような非線形挙動を考慮した性能目標を各種制約条件の中で満足させる問題を短い開発期間の中で効果的かつ効率的に解決する方法の一つとして、非線形性を考慮した構造最適化(非線形構造最適化)システムの開発が期待されている。

しかしながら、構造最適化の適用範囲は構造の線形挙動の範囲か、もしくは線形範囲で近似できる現象を対象したものが多く、非線形挙動を考慮した構造最適化に関して研究され始めたのは近年になってからである。さらにこの分野での研究は設計自由度を制限し、ベクトルで設計変数を与える問題に対して実施されたものが多く、設計変数が関数で与えられる形状最適化に関して非線形挙動を考慮した研究は実施されていない。

一方、形状最適化問題の解法として提案されている方法は設計自由度の制限がなく、滑らかな最適形状が得られる特徴を持つことから注目され、これまでに線形弾性体、流れ場、熱伝導場および音場の各種問題に適用されてきた。しかし、構造物が非線形挙動を示す問題の解決は課題であった。

本研究は、この未解決分野に着目し、非線形挙動を考慮した形状最適化問題に対して、形状感度の理論的導出と手法による解法の提案および計算例による提案手法の効果確認を実施し、構造最適化の適用範囲拡大に貢献することを目的とした。

非線形挙動を考慮した体積制約付き形状最適化問題について、目的汎関数と制約条件として扱う状態方程式が時間積分されることを想定して定式化し、Lagrange乗数法と物質導関数の公式を用いて形状勾配関数と呼ばれる形状感度を理論的に導出した。この非線形性を考慮した形状勾配関数は、形式的に線形問題で導出される形状勾配関数のLagrange乗数以外の項を時間積分する形になっていることを示し、非線形性が無視できる場合には線形問題で導出される形状勾配関数に帰着することを確認した。また、幾何学的非線形性と超弾性体のような経路非依存型材料非線形性および弾塑性体のような経路依存型材料非線形性を取り扱う問題に対する随伴方程式の解法を示した。さらに、非線形問題では状態方程式を解くために増分解析が実施され、通常膨大な計算コストを必要とするが、これに加えて随伴方程式を解くことは実用上の障害となる可能性があるため、準自己随伴関係を用いた随伴方程式の効率的解法を示した。また、この形状勾配関数を用いた手法による形状最適化システムを提案した。

適用例として超弾性体と弾塑性体の剛性最大化問題および大変形弾性体と超弾性体の変形経路制御問題を取り上げ、それぞれについて定式化し、形状勾配関数を導出するとともに、各適用例に対して数値解析を実施し、提案手法の有効性を確認した。