

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 福島 佳浩

本論文は、スラブ付梁などの複雑な力学的機構を有する構造物の最大耐力評価法を確立することを目的として、最大耐力に至るまでの剛性低下に着目し、材料非線形性と幾何学的非線形性の二つの非線形性の影響を区別して考慮した耐力の評価法の提案と、H形断面梁の横座屈現象への適用による同手法の検証を行ったものである。本論文は全 6 章から構成されている。

第 1 章の序論においては、本研究の背景および、本論文の目的が示されている。最大耐力に対する材料非線形性の影響を考慮する方法としては、**Tangent modulus theory** や **Double modulus theory** が提案され、多くの座屈現象に対して適用されてきたが、幾何学的非線形性の影響については、**Perry-Robertson** 式のように応力分布の変化として捉えることで材料非線形性の問題に置き換える方法や、確率論的な方法による評価に留まっている。この認識に基づき、本論文では幾何学的非線形性の影響を定量的に評価する方法を提案し、**Tangent modulus theory** と統合することで、材料非線形性と幾何学的非線形性の両方の影響を考慮した **Tangent modulus load** を用いた最大耐力評価法（逐次座屈固有値解析法）を確立することを目指すことが示された。

第 2 章では、力学モデルを用いて逐次座屈固有値解析法の概要が述べられている。座屈モード方向に変形が進行することで幾何学的非線形性による剛性低下が生じると捉え、幾何学的非線形性による剛性低下が生じる場合の座屈を、幾何学的非線形性による剛性低下が生じないモデル（等価モデル）を用いて定義することで、幾何学的非線形性の影響を座屈モード方向への変形量によって定量化する方法を示した。さらに、複雑な構造物についても荷重増分解析の各段階について線形座屈固有値解析により座屈固有値と座屈モードを求めることで、材料非線形性と幾何学的非線形性の影響を区別して考慮した座屈耐力（分岐モーメント）が算出できることを示した。また、全塑性モーメントや弾性横座屈モーメントを分岐モーメントの特別な場合と位置付けることで、分岐モーメントに至る時点での二つの非線形性の影響を図示する方法として、巨視的不安定曲面を用いることが提案された。

第 3 章から第 5 章においては、H 形断面梁の横座屈現象を題材として、逐次座屈固有値解析法の適用性を検討した。

第 3 章では、材料非線形性による剛性低下のみが生じる場合について、曲げモーメント分布、材料特性、残留応力をパラメタとした検討を行った。材料非線形性による剛性低下は塑性化に伴うヤング係数の低下によって決まり、各パラメタによる塑性化進展状況の変化と分岐モーメントの低下量が対応することが示された。

第 4 章では、幾何学的非線形性による剛性低下のみが生じる場合について、曲げモーメント分布、初期たわみ形状、初期たわみ量をパラメタとした検討を行った。幾何学的非線形性による剛性低下は座屈モード方向への変形量（面外変形量）によって決まり、座屈モードベクトルと初期たわみベクトルの内積の大きさに応じて剛性低下の有無や剛性低下量が変化することが示された。また、初期たわみ形状や初期たわみ量が同じ場合でも、横座屈細長比が大きくなるほど幾何学的非線形性による剛性低下量が大きくなる傾向にあることが示された。

第 5 章では、両方の非線形性による剛性低下が生じる場合について検討を行った。材料非線形性と幾何学的非線形性の両方の影響がある場合には、塑性化と面外変形が同時に生じるため、「面外変形による塑性化進展状況の変化」、「塑性化による面外変形進展状況の変化」の二つのかたちの相互作用によって剛性低下量が決まることが示された。また、分岐モーメントと荷重増分解析で得られた最大荷重を比較すると、横座屈細長比が中程度の範囲では両者は概ね一致し、横座屈細長比が小さい範囲や大きい範囲では分岐モーメントが最大荷重を過小評価する傾向にあることが示された。

第 6 章は結論となっており、上記の結果および今後の課題が簡潔にまとめられている。

以上に述べられたように、本論文は座屈モード方向への変形量によって幾何学的非線形性の影響を定量化することで、材料非線形性と幾何学的非線形性の影響を区別して考慮した最大耐力評価法を示したものである。適用性については、H 形断面梁の横座屈現象のうち、限られたパラメタについてのみの検証に留まっており、手法の確立までにはまだ課題が残るが、解析技術や加工技術の発達に伴い次第に複雑化する構造物の力学的機構を把握する上で基礎的な方法を固めたものと認められ、今後の展開が期待されるものである。

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。