

審査の結果の要旨

氏名 井手 和幸

修士（工学） 井手 和幸 提出の論文は「超長梁の衝撃軸圧縮挙動」と題し、6章と付録からなっている。

宇宙空間において、太陽光発電やソーラーセイル等は高性能化のために大面積の受光面やそれを支える構造物を必要とする。これらを実現する方法として、膜面またはメッシュを展開して利用するものや、モジュール化されたユニットを連結し巨大化する構造が考えられている。膜面形状の維持やモジュール連結構造を保持するためには、一般に梁などの構造部材によってそれらを支持しておくことが必要となるが、この際の梁への圧縮問題が大きな課題の一つとなる。これは、梁が圧縮力を受ける場合、一般に圧縮座屈荷重が梁長の二乗に反比例するため、構造物が大規模になるほど、それを構成する梁は座屈による大変形とその結果としての破壊の危険性が高まるからである。本論文では、宇宙の大規模構造物への適用が想定される非常に長い梁（超長梁）の軸圧縮力伝達方法として、定常的な力の代わりに衝撃力を利用したパルス波を用いる手法を提案している。これによって、軸圧縮荷重下での梁の座屈とその後の破壊を防ぐことを狙っている。この着想の有用性を検証するために、衝撃軸圧縮に対する超長梁の変形挙動についての理論的解析手法を開発し、数値的な挙動予測を行うとともに、その実験的な検証を試みて、それらの結果を考察している。

第1章は序論であり、超長梁の概念、超長梁を構造部材として使用する場合に考慮すべき軸圧縮挙動に関する問題点、それらに関連する既存研究を詳細にまとめ、本論文の目的を示している。

第2章は衝撃軸圧縮によるパルス波を利用した超長梁の圧縮力伝達方法の提案で、まず超長梁を使って軸圧縮力を伝達する場合に、従来の定常力を用いる方法で生じ得る横方向大変形の現象を具体的に示し、それを回避して軸圧縮力を伝達するための新たな方法として、荷重を時間的に分散化してパルス化し、繰り返し撃力を用いる手法を提案している。

第3章は梁理論によるモデル化と解析であり、衝撃軸圧縮力を受ける超長梁の挙動について、梁理論に基く解析方法を詳述している。三角関数型の初期不整の存在を仮定して、衝撃力を受けた超長梁に生じやすい高次モードの変形を理論的に求める手法を導出している。この手法に従って、梁に与えられた衝撃力とその作用時間に応じて、発生しやすい梁

の横変形状を求めている。さらに、梁に生じる最大変位量と力積の関係を求めて、梁の変形量を小規模に留め得る力積の指標を導出している。

第4章は有限要素解析による理論解析結果の評価で、第3章で導出した理論解析結果を、有限要素解析を用いて検証している。まず、三角関数で表される単純形状の初期不整を有する超長梁を、梁要素によってモデル化し、これに衝撃軸圧縮力を負荷した場合の梁の横変形量を求め、前章で得られた理論解析結果と比較検討している。さらに、複雑な形状の初期不整を持つ超長梁について、これを三角関数の重ね合わせで表し、同様にモデル化と数値解析を行い、いずれの場合でも計算結果が理論解析結果と合致することを示している。

第5章では実験による理論解析の検証について詳述している。超長梁の衝撃軸圧縮実験を実験室レベルで行うために、まず柔軟なペーパーハニカムを使った供試体の試作結果を示し、その詳細な検討結果を述べている。これを使った実験によって、梁に与えられた軸圧縮力、圧縮持続時間に応じて、励起されやすい梁の変形形状が得られており、これが理論解析結果と定性的に一致していること、また梁に生じる最大の変形量が軸圧縮の力積に依存することを確認している。これらの結果より、実験結果は理論解析結果と極めて良い一致を示すことが示されている。実験で用いられた梁が持つ初期不整は、不規則で複雑な形状を呈していて、これらは実験毎に異なることから、任意の初期不整形に対して、提案されている理論解析が有効であることが帰納的に示されている。

第6章は研究のまとめと今後の展望で、本論文の成果をまとめるとともに、その利用可能性や実用化の方向性についての著者の見解が述べられている。

以上要するに、本論文は宇宙構造物への適用を見据えて、これまで殆ど考えられていなかった超長梁における圧縮力伝達における問題点を克服するため、動的な荷重を利用した概念を提案し、解析並びに実験でその有効性を確かめたもので、将来の超大型宇宙構造物を効率よく実現するための有用かつ新しい知見が得られており、航空宇宙構造力学に貢献するところが大きい。

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。