

軽量柔軟構造物の形態変化と応力制御に関する研究

正会員 川 口 健 一 君

本研究は、張力を導入することによりはじめて構造物として自立し、設計荷重に対して抵抗する能力を持つようになる、張力導入型骨組み構造、テンセグリティ構造、膜構造などの軽量柔軟構造物の形態形成に関する力学理論を、一般逆行列による線形代数理論を応用することにより見通しよく整理し、加えてこれを実構造物の設計に応用することで、理論の有効性と今後の可能性を示したものである。

軽量柔軟構造物の力学に関するこの分野の研究は、主として張力導入により初めて安定化する張力構造の形状決定法の確立を目指して展開されてきているが、自己釣合い応力としてのプレストレス導入法とその導入過程で不可避免的に起こる有限変位を含む変形挙動を解析するための統一的な理論は示されていないのがこれまでの状況で、釣合い形状追跡の理論の構築と数値解析法の確立は困難な課題として永く未着手であった。張力安定構造として代表的な構造システムであるケーブルネット構造やテンセグリティ構造などの張力構造の構造安定性に関する研究は既に多くあるが、これらはその殆どが釣合い状態からの微小変形を考慮したものであり、軽量柔軟構造の有限変形を伴う釣合い状態の解析に利用できるものとなっていない。一方で、有限変形理論に基づく大変位をとまなう変形過程には、釣合い経路上で一対一対応の崩れる多価の釣合い点である分岐点の存在や、構成方程式に不連続性を示す張力消失による構造不安定現象など理論解析上、多くの克服すべき問題が存在することがこの領域の研究の進展を困難なものとしてきたとすることができる。したがって、実際の構造物への応用としての空気膜構造のインフレーション解析や大変形解析に統一的に利用できる理論的な整合性を持つ手法は存在していなかった。

本研究では、故・半谷裕彦による軽量柔軟構造物のプレストレス導入と大変形過程に関する先駆的な研究である一般逆行列による理論展開に基礎を置き、一般逆行列の余解と特解の線形写像における構造力学的な意味を明らかにしつつ、部材長変化を与えてプレストレスを導入する逆解析法の提案、付帯条件付極小曲面に対して得られる種々の解曲面の形状を詳細に解明している。また、テンセグリティ構造などの棒材とケーブルの混合構造で構成される張力構造を対象として、一般逆行列を用いて釣合い形状を求めることができることを示し、張力消失やストラットの弾性変形をも考慮した大変形領域まで含む構造安定性を判別する手法の提案も行っている。さらに、群論を用いることによって、構造の不静定次数や不安定次数に基づいて、構造安定性を系統的に分類するための原理的方法を提案し、この種の構造システムのもつ安定理論を見通しよく整理した。

以上のように、本研究の業績は軽量柔軟構造の安定解析法や大変形解析法に関する理論展開の先駆性に留まらず、同種の構造の設計と建設を可能にした実用的な価値の高いものであり、将来への大きな発展の可能性を持つものといえる。

よって、ここに日本建築学会賞を贈るものである。