

|      |   |   |   |
|------|---|---|---|
| 報告番号 | ※ | 第 | 号 |
|------|---|---|---|

## 主 論 文 の 要 旨

Proposition of Control Design Method of Bearing Capacity Using  
論文題目 Collapse Analysis for Space Structures  
(空間骨組構造の崩壊解析を用いた耐力制御設計法の提案)

氏 名 閔 星宇

## 論 文 内 容 の 要 旨

大スパン建築を実現する大空間骨組構造物は、一般的に伝達効率の高い軸力抵抗による形態抵抗型の構造物であり、考えられる建築構造システムの中では比較的少ない使用材料で大きな内部空間を獲得することが可能である。しかしその半面、曲げによる抵抗に期待する一般的な梁柱骨組構造とは異なり、構造システムにゆとりを付与することができにくく、結果として脆性的な崩壊に陥り易い構造物となることが多いとすることができる。一方、近年では構造最適化の研究が活発に進められている。これらには、予め構造形状が与えられている骨組構造物について、設計荷重に対して効率よく過不足の生じないような断面形状を最適断面として求めるもの(構造断面最適化)など、断面形状のみならず、構造物の形状そのものを同時に最適化するもの(構造形状最適化)など、さらには、骨組構造の組み方そのものをも最適化の視野に入れたもの(構造位相最適化)などと、既に非常に多岐にわたった研究が行われてきており、それらの一部は既に実構造物の設計にも利用されている。

ところで、そのようにして求められる最適設計解は、要請されている設計条件を満足した上で、これを可能な限り少ない材料で実現する構造物、いわば贅肉を落とした構造物を与えるものであることが多く、そうした構造物が、予め考慮している大きさを超え

る設計荷重やそもそも考慮していない種類の外乱を受けた場合、その構造応答が過大となり、結果として脆弱な性状を示す可能性を否定できない。

本論文では、劇場、スタジアム、体育館、公会堂、ホールなど、無柱大空間建築に多用されるスペーストラス構造物について、与えられた建築計画的、構造的制約条件を満たし、経済性と併せて一定の構造冗長性を保持する構造設計案を創生するための数理工学的手法について論じている。構造冗長性には明確な定義がなく、これを明示的、定量的に扱うことは困難だが、ここでは外力の増加に伴って力学的抵抗形態が変化し、別の抵抗形態へ遷移する際の遷移荷重レベルを所与とする構造設計案の提示を可能とする手法を通して、間接的に構造冗長性を定量的に確保した構造を実現することを試みている。

この論文で提案された手法は、スペーストラス構造物の耐力性能を遷移荷重レベルとして直接指定した設計を可能としている。このことは、構造物が外乱により何らかの損傷を受けた状態においても一定の構造的余裕度を確保した設計、即ち構造冗長性を明示的に確保した構造物を創り出すことが可能であることを示している。

本論文の構成として、第1章では、構造設計をする際に、安全性や機能性を確保するという観点で、冗長性を十分に付与した設計を行う必要性を論じ、本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、構造物の損傷に対する抵抗能力を表す概念、本研究の理論準備として塑性解析法、空間骨組構造物の力学的性質、遺伝的アルゴリズムによるトラス構造物の最適設計の4点について既往の関連研究を詳説している。

第3章では、部材の座屈後に耐力低下が生じないと仮定することで、線形計画法を基礎とする骨組の極限解析法である Compact Procedure 法に類似の解析手法が適用可能であることを示し、区分的線形解析法をその検証手段として用いることで、手法の有用性を示している。

第4章では、区分的線形解析法と遺伝的アルゴリズムを併用することで、予め設定した遷移荷重レベルに適合し、最小総重量を持つ設計案を探索する手法として、耐力制御設計法と呼ぶ手法の提案を行い、数値解析を通して、それが一般に可能であることを示している。

第5章では、構造物の総重量と最大耐力を目的関数とした多目的最適化問題の定式化を行い、Compact Procedure 法と多目的遺伝的アルゴリズムを併用することにより求められるパレート解集合を提示している。これにより、構造物の総重量と最大耐力の俯瞰的な関係が把握でき、設計者に対する有用な情報の提供が可能となることを示している。

第6章では、圧縮部材における座屈後挙動を考慮できる新たな弾塑性解析手法を提案し、4章で得られた設計解に対して、数値解析を行っている。解析結果をもとに、構造物の安定性、終局耐力、崩壊機構を検討し、座屈後挙動を考慮する必要性について論じている。

第7章では本研究で得られた結果の総括と今後の展望を記述している。