

氏 名	ふじ 藤 原 じゅん 淳
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2219 号
学位授与の日付	平 成 15 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 建 築 学 専 攻
学位論文題目	張力導入により安定化される構造物の最適化手法を用いた張力の決定および導入法

論文調査委員 (主 査) 教 授 加 藤 直 樹 教 授 上 谷 宏 二 助教授 大 崎 純

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、張力導入により剛性を付与される構造物の中で、特に膜構造物とケーブル補強骨組構造物に注目し、これらの設計、施工における諸問題を最適化問題として定式化し、これを解く手法を提案するものであり、全7章からなる。また、第1章を序論、第2～4章を第Ⅰ部、第5、6章を第Ⅱ部として、第7章を結論としている。

第1章では、研究の背景と目的、および論文の構成と概要を述べている。

第Ⅰ部である第2～4章では、時間の経過に伴う膜の応力の緩和（リラクセーション）を考慮して、膜の裁断図や境界形状、張力再導入機構の調整量を最適化するための手法を提案している。まず第2章では、少ないパラメータ数で膜材料の粘弾性挙動を精度良く表現するための材料モデルを提案し、このモデルに基づいて粘弾性構成則を導いている。そして、実験結果と解析結果との比較を通じて、提案する構成則が、高い精度と汎用性を有することを示している。

第3章では、膜構造物の解析法についてまとめるとともに、第2章で提案した構成則の特徴を用いて、リラクセーション過程での応力や釣合い形状を、少ない計算量で求める解析手法を提案している。ここでは、リラクセーションの進行が停止した状態の応力と釣合い形状を時刻歴解析を行うことなく求める手法と、対象とする膜構造物を簡略化したモデルの解析結果から、リラクセーションに伴う応力の変化を近似的に求める簡易解析手法の2種類の解析手法を提案している。

第4章では、想定する期間内で構造物が望ましい剛性のレベルを維持することを目的として、裁断図や境界形状に関するパラメータと張力再導入機構の調整量を最適化手法を用いて決定するための手法を提案している。ここでは、第3章で提案した2種類の解析法を適用することによって計算時間を軽減している。そして、裁断図設計時の応力の目標値、膜屋根のライズ、応力の均一さの指標の3種類の目的関数の下で数値解析を行い、想定する期間内で、静的荷重に対する変形や膜面の1次固有振動数が常に許容範囲内にとどまること、および目的関数の設定に応じて張力再導入の実行回数も含めた膜の設計が行われることを示している。

第Ⅱ部である第5、6章では、ケーブル補強骨組構造の完成状態でのケーブル張力、および施工時のケーブルへの張力導入や仮設支持部材（ベント）除去の順序（施工順序）を最適化する手法を提案している。第5章では、骨組の断面や形状を指定して、長期および短期の設計荷重に対する骨組の変位や応力に関する制約の下で、完成時の張力を最適化する手法について述べている。さらに、数多くのケーブル接続可能位置を想定し、最適化によって張力が0となったケーブルを除去することで、ケーブル部材の配置も含めて最適化する手法も提案している。

第6章では、骨組とケーブルの断面定数と形状、完成状態でのケーブル張力を指定して、施工過程を完成状態から逆方向に追跡して、施工順序を最適化する手法について論じている。ここでは、1本のケーブルへの張力導入または1つのベントの除去を施工の1ステップとして、施工に必要なジャッキ能力（施工ステップでジャッキからケーブルまたはベントに供給される力）の総和または最大値を最小とする施工順序を、骨組とケーブルの応力に関する制約の下で求めている。組合せ最適化問題として定式化される施工順序最適化問題に対して、動的計画法により大域最適解を求める方法と、少ない計算

時間で近似最適解を求める手法の2種類提案している。さらに、ケーブル張力の導入順序に加えてペントの配置も同時に最適化する手法も提案している。

第7章では、本論文で得られた成果、結論をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、張力導入によって剛性を付与される建築構造物のなかで、膜構造物とケーブル補強骨組構造物に着目し、これらの構造物の設計、施工上の諸問題を最適化手法を用いて解決するための手法を提案するものである。本論文を通じて得られた主な成果は、次の通りである。

1. 膜の面外剛性を想定される期間内で常に要求されるレベルに維持するための膜構造物の張力再導入機構の調整量、裁断図および境界形状を最適化する手法を提案した。本手法によると、張力再導入の実施回数も含めて最適化可能である。
2. 骨組の形状、断面および材料定数を指定して、長期および短期の設計荷重に対する変位と応力に関する制約の下で、ケーブル補強骨組のケーブル張力を最適化する手法を提案した。
3. 骨組とケーブルの応力に関する制約の下で、ケーブル補強骨組の施工順序を逆工程解析により最適化する問題に対して、動的計画法により大域最適解を得る手法と、少ない計算時間で近似解を得る手法の2種類の解法を提案した。

以上要するに、本論文は、時刻歴で変化する剛性の維持管理を考慮した膜構造物の設計問題や、組合せ最適化問題であるケーブル補強骨組の施工順序最適化等の既往の手法では現実的な時間内に解を得ることが困難な問題に対して新しい手法を提案し、実用規模の構造物に対して許容される計算量で最適解を得ている。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成15年1月24日、論文内容とそれに関連した事項について諮問を行った結果、合格と認めた。