

学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	BUI QUANG HIEU
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市博甲第2077号
学位授与年月日	2019年3月26日
学位授与の根拠	学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項
学府・専攻名	都市イノベーション学府 都市イノベーション専攻
学位論文題目	Study on stretch fabrication of ETFE tensile membrane structures considering friction contact conditions
論文審査委員	主査 横浜国立大学 准教授 河端昌也 横浜国立大学 教授 田才晃 横浜国立大学 教授 田川泰久 横浜国立大学 教授 松本由香 横浜国立大学 准教授 杉本訓祥

論文及び審査結果の要旨

本論文はETFE（エチレンテトラフルオロエチレン）フィルムを用いた張力膜構造の延伸加工に関する研究である。幾何学的非線形性、材料非線形性、摩擦・接触による境界条件の非線形性を考慮した解析手法を提案し、張力導入の各段階での摩擦・接触が応力分布に及ぼす影響を評価している。また平面裁断と立体裁断を併用したフィルムを延伸することで、溶接線の少ないフィルム膜構造を制作する方法を提案している。論文は全6章で構成されている。

第1章「序論」では、ETFEフィルムを用いた張力膜構造に関して、従来の製法とその問題点を指摘し、本論文の背景と目的を示している。

第2章「形状解析と裁断図決定」では、長方形の外周フレームと2列のアーチを境界構造とする鞍型張力膜構造の形状解析と裁断図決定を行っている。アーチ間の中央部フィルム、アーチと外周フレームの間の両端部フィルムについて、長辺方向と短辺方向の応力比を変化させて形状解析を行っている。裁断解析は形状解析で得られた曲面を立体裁断したものである。この章では、立体裁断されたストリップの溶着と引込み作業の有効性も示されている。

第3章「平面裁断フィルムの延伸による三次元曲面の製作」では、平面裁断と立体裁断を併用したフィルムの延伸による、鞍型曲面の形成に関する延伸加工実験を行っている。中央を平面裁断、両端を立体裁断としてフィルムを延伸する場合に、アーチのライズ比が大きい場合は、しわの発生や十分な初期張力導入を行えないといった問題を生じるが、ライズ比が小さい場合は延伸成形を適用可能である。またフィルムの初期ひずみと初期応力、ETFEフィルムと亜鉛メッキ鋼管アーチの間の滑りの測定方法を示している。

第4章「トータル・ラグランジュ法による摩擦・接触を考慮したETFE張力膜構造の解析」では、三角膜要素と接点間接触要素の両方に対するトータル・ラグランジュ法による定式化を示している。これらの要素を用いた解析手順は、幾何学的非線形性問題、材料の非線形性問題および摩擦・接触条件の非線形性問題を解決するために提案された。フィルムとアーチの間の摩擦をゼロとした場合の解析結果は、汎用有限要素法解析ソフトANSYSによる結果とよく一致している。さらに、本手法は摩擦ありの場合にも有効性を示している。ETFEフィルムと亜鉛メッキ鋼管アーチとの間の静摩擦係数を0.3とした解析は、第3章の実験結果に近いことを確認している。

第5章「摩擦・接触を考慮した立体裁断フィルムの延伸による三次元曲面の製作」では、摩擦・接触条件を考慮した鞍型張力膜構造の三次元曲面に関する延伸成形を行っている。はじめに、黒皮および亜鉛メッキ鋼管とETFEフィルムの静摩擦係数を測定している。次に第2章で得られた裁断図より立体裁断フィルムを作成している。さらに、第4章で示した解析手法を用いて、フィルムのオフセット境界の引込量を求めている。この値は、しわを生じることなく、十分な初期張力を導入可能であることを目標に求めている。

る。最後に、延伸加工実験を行って裁断形状と張力導入量の妥当性を検証している。この延伸成形により、中央部と隅部の両方に立体裁断フィルムを用いることによって、アーチのライズ比が大きい場合にも滑らかな曲面を形成できることが確認された。さらに、アーチのライズ比が大きい場合にも滑らかな曲面を形成できることが確認された。さらに、張力導入後の膜面に対する加圧実験を行って、膜面が十分な荷重負担性能を有することを確認している。

第6章「結論」では、ETFEフィルムを使用した鞍型張力膜構造のために提案された延伸成形法とその解析分析手法をその有効性についてまとめている。

これらの成果は空間構造建築においてフィルムを用いた張力膜構造の発展に不可欠な知見を与えるものであり、博士（工学）の学位論文として十分な価値をもつものと認められる。

なお、iThenticateを用いて博士論文全文の剽窃チェックを行ったところ、剽窃が行われていないと判断できる結果であった。合致指標は9%となったが、具体的には慣用的な表現の一致が見られる程度であったこと、各ソースでの合致率はいずれも1%程度以下であったことから、剽窃に関わる問題はないと判断した。

平成31年2月7日午後2時30分より、建築学棟1階大会議室において、審査委員全員出席の下に、BUI QUANG HIEU氏の課程博士公聴会を開催し、学位論文についての口頭発表および質疑応答がおこなわれた。引き続き午後3時30分より、建築学棟1階大会議室において審査会を開催し、厳正な審査の結果、審査委員全員一致で、本論文が博士（工学）の学位論文として十分な内容を有しており、合格と判定した。公聴会における質疑応答の内容から、学位論文を中心としてこれに関連する分野の科目について、博士（工学）の学位を得るにふさわしい学力を有すると判定した。

外国語の学力に関しては、学位論文を英語で執筆しており、十分な学力を有すると判定した。修了に必要な単位は取得済みである。

学位取得に必要な对外発表論文は以下の2編である。

- Bui Quang Hieu, Masaya Kawabata : Nonlinear finite element procedure using ETFE films considering friction contact condition, 膜構造研究論文集'16、(社)日本膜構造協会, No. 30, pp. 9~14, 2017
- Bui Quang Hieu, Masaya Kawabata : Total Lagrangian formulation for ETFE membrane structure considering friction contact, 構造工学論文集 Vol. 65B (採用決定)

以上により最終試験は合格であると判定した。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。