

2003年3月25日

電子・情報工学専攻	学籍番号	975201	指導教官氏名	寺嶋一彦 教授
申請者氏名	今村 孝			三好孝典 講師

論文要旨 (博士)

論文題目	フィラメントワインディングプロセスの最適制御系の設計と実装化に関する研究
------	--------------------------------------

(要旨 1,200 字程度)

近年、軽量かつ高剛性な材料として多くの繊維材料が広く用いられている。中でも炭素繊維材料は、構造物補強材料、車体材料等に用いられるほか、近年の燃料電池自動車などの低公害車両においては、燃料タンクやモータの補強材料としての適用が試みられている。フィラメントワインディング (FW) 成形法は、このような燃料タンクなどの円筒形状へ繊維材料を成形する手法の一つである。FW 成形においては、円筒軸に対する繊維配向を考慮しながら対象繊維に所定の張力を加えて成形する必要がある。なぜなら、繊維材料の多くはその繊維方向にのみ強度を有しているため、成形体の強度特性に応じた繊維配向の実現が重要であり、また、繊維にゆるみや過度の張力が加わることで繊維の屈曲・座屈が成形体内部に生じ、成形体全域の強度特性に対する欠陥部位となる恐れがあるためである。

しかしながら、現行の FW 装置において、巻取り中の張力をリアルタイムに制御するシステムは少なく、また繊維欠陥と成形体強度特性の関係も明らかではない。そこで本研究では、FW における張力制御に対し、以下のアプローチによる設計と実装を試みる。

- 巻取り中の繊維張力を任意に印加・抑制する機構の提案
- 成形工程前後処理を考慮した巻取り動作の提案
- 繊維巻取りプロセスのモデル化とその解析
- 現場適用性を考慮した張力制御系の実装と制御系設計援用システムの提案

まず、本論文前半においては、対象とする巻取り成形手法および繊維材料に関する現状を述べた後、設計試作する FW システムに要求される仕様とその構成について議論しながら、張力制御の機構と手法を提案する。張力制御系は、現在も多くのプラント制御に適用されている PID 制御理論により実装し、その有効性を実験を通して検証する。併せて、システム同定手法にもとづく対象繊維における巻取り張力発生プロセスのモデル化を行い、FW において重要となる巻取り角度との関係や他のプロセスパラメータとの関係を解析する。さらに、プロセスモデルを用いた制御シミュレーション結果を制御系設計やゲイン選定に援用する手順を提案する。

さらに、後半では、現行の FW 工程とその前処理・後処理工程を検証し、巻取り動作の改善による、これらの処理の簡素化手法を提案する。さらに、巻取り工程の条件の変化に対してロバスト性を有する張力制御系の提案とオンラインで工程運用状況を検知しながら制御系を適応させるシステムを提案し、FW 工程の改善を試みる。

これにより、FW 成形された成形体における巻取り張力などの機械的に制御可能な成形パラメータの諸元を把握することが可能となり、破壊強度試験による成形パラメータが成形体強度に及ぼす寄与率の解析等と併用することで、繊維複合材料成形の強度設計に対する指針の付与と最適化に寄与し、繊維複合材料における繊維材料の効率的な利用と応用範囲の拡大に貢献できるものと考えられる。