

## 審査の結果の要旨

氏名 吉田 和司

工学修士 吉田和司 提出の論文は、「梁離散化モデルを用いた紙葉類の変形挙動解析に関する研究」と題し、6章と付録からなっている。

現在、各種のプリンターや複写機などのOA機器、あるいは自動現金取引装置や各種発券機などの紙葉類を取扱う装置では、紙葉類の材質・剛性、雰囲気条件等で、その挙動が大きく異なるため、装置の確実な作動を保證することが設計上の大きな課題である。また、これらの装置では、低コスト化や開発期間の短縮が重要な課題となっており、従来の実験的手法による技術開発に加え、力学的考察に基いた高精度の解析手法による技術開発が必要となっている。

本論文は、紙葉類を対象とした簡便な解析モデルと変形解析手法を考案し、これらを紙葉類取扱い装置の設計開発に適用することを目的としている。具体的には、(1)紙葉類取扱い装置において、搬送路を構成するガイドの形状適正化を目的とした紙葉類搬送路の設計開発手法、(2)集積される紙葉類同士の衝突によって発生するジャムを防止する紙葉類集積機構の設計開発手法、の2つの手法について詳細に検討したものである。

第1章は緒論であり、紙葉類取扱い装置の設計における課題を述べ、紙葉類を取扱うための機構および紙葉類の変形解析手法に関する従来の研究をまとめている。その上で、本論文の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、紙葉類の搬送路の設計開発手法を確立するために、まず紙葉類の静的な変形解析手法を構築している。紙葉類の実用的な変形解析を行うためには、紙葉類の特徴である折れぐせやカールといった、初期変形を考慮する必要がある。このため、初期たわみを持つ梁について、ポテンシャルエネルギーを求め、エネルギー原理から釣り合い式を導出している。次に、棒要素と、軸方向の剛性を表す引張ばね、曲げ剛性を表す回転ばね、およびせん断剛性を表す軸と直交方向の引張ばね、の三種類のばねから構成される梁離散化モデルを導入し、先に求めたポテンシャルエネルギーと釣り合い式を基に、このモデルにおけるポテンシャルエネルギーと釣り合い式を導出している。次に、紙葉類の端部が、ガイド等に接触して角度や変位が拘束される場合について、ガイド形状を関数で表わし、ラグランジュの未定定数を付加したエネルギー原理を用いて、静的変形解析の定式化を行っている。

第3章では、前章で導いた梁離散化モデルによる静的変形解析手法の妥当性を検証するため、まず片持ち梁および両端単純支持梁の大変形問題について、梁離散化モデルによる解析結果をエラスティカ理論による結果と比較し、良い一致を示すことを確認して

いる。さらに、実験を行い、紙葉類の端部を拘束した場合の拘束力や、紙葉類とガイドとが接触した場合の接触力を求め、それらが梁離散化モデルによる計算結果と良く一致することも確かめている。また、計算結果と実験結果は、紙のせん断変形を考慮し、かつ、厚さ方向の弾性係数を小さく見積もると、より良く一致することを見出している。

第4章では、前章までに示した静的解析手法を利用して、紙葉類の挙動についての数値計算例を示すとともに、紙葉類取扱い装置への具体的な応用例として、搬送される紙葉類の滞留やジャムの予測方法を考案している。さらに、この予測方法を、ロール紙を取扱うプリンターの、搬送路におけるガイド形状の適正化検討に適用し、望ましいガイドの形状を定めることに成功している。

第5章では、提案したばねと棒要素からなる梁離散化モデルを、紙葉類の動的問題に拡張するため、このモデルを基に、集中質量と曲げ剛性を表す回転ばねから構成される新たな梁離散化モデルを提案している。これを用い、紙葉類が滑らかな面に集積される場合の動的な変形挙動について、数値解析結果と実験結果を比較し、集積される紙葉類の変形形状、および紙葉類先端部の水平方向位置、紙葉類後端部の水平方向位置、垂直方向位置の予測結果と実験結果が良く一致することを確認している。これにより、紙葉類同士の衝突によって発生するジャムを防ぐために必要な、集積時間の間隔を決定することが可能になり、この結果を実際に郵便区分機の設計に適用し、郵便物同士の衝突によるジャムの発生がない集積機構を実現している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果を総括している。

以上要するに、本論文は、紙葉類取扱い装置の開発において不可欠な、紙葉類の挙動予測のための扱い易く、かつ信頼性の高い挙動解析手法を提案し、その実用性を示したもので、この手法は柔軟な板状構造などの挙動予測にも幅広く応用可能であり、従って、軽量構造力学、宇宙構造工学に貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。