



紙系緩衝材を用いた包装設計に関する研究

中川, 幸臣

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2008-09-25

(Date of Publication)

2012-12-12

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲4449

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1004449>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏 名	中川 幸臣
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学 位 記 番 号	博い第 552 号
学位授与の 要 件	学位規則第 5 条第 1 項該当
学位授与の 日 付	平成 20 年 9 月 25 日

【 学位論文題目 】

紙系緩衝材を用いた包装設計に関する研究

審 査 委 員

主 査	教 授	齋藤 勝彦
	教 授	阿部 晃久
	教 授	木村 隆一

(氏名： 中川 幸臣 NO.1)

緩衝包装設計は、安全な製品輸送を実現するための重要な役割を担っている。緩衝包装の目的を具体的に述べれば、「製品が、生産者から最終顧客までの流通過程で落下衝撃などの外力により破損等の品質低下が起きないように緩衝材を用いて保護する」ことである。特にこの目的を省資源やリサイクル等の環境適合性を考慮した上で実現することが重要視されている。そして近年、そのリサイクル性の良さから、国内輸送や海外輸送を問わず包装用緩衝材に段ボールやパルプモールドなどの紙系緩衝材が、従来の主要緩衝材であった発泡スチロールや発泡ポリエチレンなどのプラスチック系緩衝材の代替品として使用される包装設計の事例が増えている。しかしながら、現状の紙系緩衝材の包装設計技法についてはその技術が十分に確立されているとは言い難く、包装設計者は過去の経験や試行錯誤の繰り返しに頼ったいわゆるトライ・アンド・エラーの手法で作業を進めている場合が多い。このような状況の中、各業界において今後さらに紙系緩衝材が環境に優しく、また設計し易い包装材として認識され、利用が広がっていくためには安全で適正な包装が実現できるような緩衝設計を中心とした包装設計技法の確立が求められてくる。

ところで紙系緩衝材と一言で表しても、その種類や形態は様々で、それぞれに違った特徴を有している。さらに素材が紙であることから、材質のグレード表示が同じ場合でもメーカーが違えば各々の材料物性にも若干の差が出ることはよく起こりうる事象である。つまり、材質毎に一般化された物性表を作成することはほぼ不可能であると考えられる。したがって、精度の良い効率的な緩衝包装設計を実現するためには設計者各自で扱う材料の物性を十分に把握しなければならない。本研究では包装設計者が実際に緩衝材のどのようなデータを収集し、それらを基にどのような手順で緩衝設計を行えば従来の手法から脱した適正な包装設計を実現できるかという点について実験や考察を試みる。本論文は6章から構成されており、概略は以下のとおりである。

第1章では一般的な紙系緩衝材の概要や利用状況、さらに本研究の背景および研究の目的と内容について述べる。

第2章では段ボール緩衝材の水分の影響を考慮した緩衝設計技法について述べる。これはまず、積層段ボール緩衝材を用いて緩衝特性に関する実験を行い、水分(湿度)条件による緩衝材の圧縮特性や衝撃吸収エネルギー量の差を求める。そしてその結果より、安全かつ適正な積層段ボール緩衝材の必要寸法を求める手順を考案する。最終的にこの方法を用いて落下高さや製品の許容加速度等の任意の緩衝設計条件における緩衝材適正寸法が推定できるようにする。

第3章では製品毎に形状が異なる段ボール薄板構造体緩衝材について考える。緩衝特性に関する実験にはスリーブ状の段ボール構造体を緩衝材の基本モデルとして設定する。そして実験結果より、緩衝材の構造的要因(製品支持部の有効周囲長や折り曲げ部の有無等)が緩衝特性に及ぼす影響を明らかにする。その後で緩衝特性線図等を作製し、形状が複雑

(氏名： 中川 幸臣 NO.2)

で一定ではない薄板構造体においてもそれらを利用することで、緩衝設計の一般化ができることを示す。

第4章では汎用構造解析ソフトウェアを用いて段ボールの強度解析シミュレーションを行い、包装設計の効率化について検討する。その解析モデルは、利用者の実用性に重点を置いたものにするため、段ボールシート全体を一般的な単一素材と見なした簡易手法である。そこでは、段ボールの特性から解析のための物性値の設定には工夫が必要になってくるが、実験と解析の比較から精度の良い結果が得られる条件について調べる。そして、従来のトライ・アンド・エラーに依存した設計手法から一歩進んだ効率的な手法の提案を行う。

第5章は段ボールとともに紙系緩衝材の代表的な種類であるパルプモールドについてリードタイムや金型コスト削減のための検討を行う。ここでの大きな特徴は、成型用の金型が従来の金型と大きく異なっており、コンポーネントと呼ぶ脱着可能な部品を用いている点である。それにより、一つの金型で多製品に適用できる汎用性が実現でき、発生する衝撃加速度のレベルが前もって予測できるようになるため、効率的な緩衝設計ができるようになり、コストと設計リードタイムの削減が可能となる。

最後に第6章として、本研究で得られた内容を総括するとともに、結論についてまとめる。

氏名	中川幸臣		
論文 題目	紙系緩衝材を用いた包装設計に関する研究		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	齋 藤 勝 彦
	副 査	教 授	木 村 隆 一
	副 査	教 授	阿 部 晃 久
	副 査		印
	副 査		印

要 旨

緩衝包装設計は、安全な製品輸送を実現するための重要な役割を担っているが、緩衝包装の目的を省資源やリサイクル等の環境適合性を考慮した上で実現することが重要視され、そのリサイクル性の良さから、段ボールやパルプモールドなどの紙系緩衝材が、従来の主要緩衝材であったプラスチック系緩衝材の代替品として使用される事例が増えている。しかしながら現状の紙系緩衝材の包装設計は、過去の経験にもとづいた試行錯誤をしている場合が多く、紙系緩衝材が環境に優しく、また設計し易い包装材として認識され、利用が広がっていくためには安全で適正な包装が実現できるような緩衝設計を中心とした包装設計技法の確立が求められている。紙系緩衝材は、材質のグレード表示が同じ場合でもメーカーが違えば各々の材料物性にも若干の差が出ることはよくあり、材質毎に一般化された物性値はない。したがって、精度の良い効率的な緩衝包装設計を実現するためには設計者各自で扱う材料の物性を十分に把握しなければならない。本研究では包装設計者が実際に緩衝材のどのようなデータを収集し、それらを基にどのような手順で緩衝設計を行えば従来の手法から脱した適正な包装設計を実現できるかという点について実験や考察を試みている。本論文は6章から構成されており、概略は以下のとおりである。

第1章では一般的な紙系緩衝材の概要や利用状況、さらに本研究の背景および研究の目的と内容について述べている。

第2章では段ボール緩衝材の水分の影響を考慮した緩衝設計技法について述べている。まず、積層段ボール緩衝材を用いて緩衝特性に関する実験を行い、水分（湿度）条件による緩衝材の圧縮特性や衝撃吸収エネルギー量の差を求めており、安全かつ適正な積層段ボール緩衝材の必要寸法を求める手順を考案している。最終的にこの方法を用いて落下高さや製品許容加速度等の任意の緩衝設計条件における緩衝材適正寸法が推定できるようにしている。

第3章では製品毎に形状が異なる段ボール薄板構造体緩衝材について考えている。緩衝特性に関する実験にはスリーブ状の段ボール構造体を緩衝材の基本モデルとして設定し、緩衝材の構造的要因（製品支持部の有効周囲長や折り曲げ部の有無等）が緩衝特性に及ぼす影響を明らかにしている。また、緩衝特性線図等を作製し、形状が複雑で一定ではない薄板構造体においてもそれらを利用することで、緩衝設計の一般化ができることを示している。

第4章では汎用構造解析ソフトウェアを用いて段ボールの強度解析シミュレーションを行い、包装設計の効率化について検討している。その解析モデルは、利用者の実用性に重点を置いたものにするため、段ボールシート全体を一樣な単一素材と見なした簡易手法であり、実験と解析の比較から精度の良い結果が得られる条件について調べている。そして、従来のトライ・アンド・エラーに依存した設計手法から一歩進んだ効率的な手法の提案をしている。

第5章は段ボールとともに紙系緩衝材の代表的な種類であるパルプモールドについてリードタイムや金型コスト削減のための検討を行っている。この大きな特徴は、成型用の金型が従来の金型と大きく異なっており、コンポーネントと呼ぶ脱着可能な部品を用いている点であり、一つの金型で多製品に適用できる汎用性が実現でき、発生する衝撃加速度のレベルが前もって予測できるようになるため、効率的な緩衝設計ができるようになり、コストと設計リードタイムの削減が可能となる。

最後に第6章として、本研究で得られた内容を総括するとともに、結論についてまとめている。

以上のように本研究で得られた成果は、紙系緩衝材を用いた合理的な包装設計の確立に資することが期待でき、貨物の安全輸送を支える包装技術の向上に貢献できる。

よって、学位申請者の中川幸臣は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。

氏名	中 川 幸 臣		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	齋 藤 勝 彦
	副 査	教 授	木 村 隆 一
	副 査		阿 部 晃 久
	副 査		印
試験 科目	専門科目	論文の学術的価値、輸送包装論・緩衝包装力学、英語能力	
		印	

判定 合格 ・ 不合格

要 旨

論文の学術的価値

- 提出された博士論文および関連書類によって以下のように判定する。

本論文の主要な内容は、以下5編の有審査論文として発表しており、そのうち(3)について日本包装学会論文賞を受賞しており、学術的価値は博士（工学）の学位に十分に値する。

- (1) 中川幸臣：水分の影響を考慮した段ボール緩衝材の包装設計について、日本航海学会論文集、Vol. 112、p. 241-246、2005
- (2) 中川幸臣、丹羽一邦：包装設計の FEM 解析にける段ボールのモデル化の検討、日本包装学会誌一般論文、Vol. 14、No. 5、p. 317-327、2005
- (3) 中川幸臣、丹羽一邦、斎藤勝彦：段ボール構造体の落下衝撃シミュレーション、日本包装学会誌一般論文、Vol. 15、No. 6、p. 333-343、2006
- (4) 中川幸臣、斎藤勝彦：段ボール構造体を用いた緩衝包装に関する一考察、日本航海学会論文集、Vol. 116、p. 261-268、2007
- (5) 中川幸臣、佐藤幹彦、斎藤勝彦：組付け式金型を利用したパルプモールド緩衝材の低コスト化に関する研究、日本包装学会誌一般論文、Vol. 16、No. 5、p. 335-345、2007

- 論文発表会を平成20年8月19日に行い、以下のように判定する。

論文内容の説明と質疑応答について、設定された時間内でわかりやすいプレゼンテーションがなされ、質疑応答も十分に満足できる内容であった。

輸送包装論・緩衝包装力学

- 最終試験を平成20年8月19日に口頭試問の形式で行い、以下のように判定する。

関連分野の現状と問題点について、豊富な知識を有するとともに現状の問題点も的確に認識しており、将来の研究者としての問題発見能力も十分である。

英語能力

- 提出された書類審査および平成20年8月19日に行った口頭試問により、以下のように判定する。

国際学会においても以下4編のフルペーパー形式英文論文（アブストラクト審査）を本人が発表しており、博士（工学）の学位取得者として十分な能力を有している。

- (1) Yukiomi NAKAGAWA, Katsuhiko SAITO: Design of Corrugated Fiberboard Cushion under Moisture Stress, Proceeding of the 22nd IAPRI Symposium, Campinas, Brasil, 2005
- (2) Yukiomi NAKAGAWA, Katsuhiko SAITO: Evaluation of Cushioning Property for Sleeve-structure Corrugated Fiberboard, Proceeding of the 15th IAPRI World Conference on Packaging, Tokyo, 2006
- (3) Yukiomi NAKAGAWA, Katsuhiko SAITO: Development of a New Type Molded Pulp Cushioning to Reduce a Cost and Lead Time, Proceeding of the 23^d IAPRI Symposium, Windsor, U.K., 2007
- (4) Yukiomi NAKAGAWA, Masaharu YAMAMOTO, Katsuhiko SAITO: New Approach for Molded Pulp Cushioning by Detachable Components and Commercial 3-D CAD System, Proceeding of the 16th IAPRI World Conference on Packaging, Bangkok, Thailand, 2008

以上の結果、学位申請者の中川幸臣は、最終試験に合格であると判定した。