



輸送包装のための製品衝撃強さ評価に関する研究

中嶋, 隆勝

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2003-03-31

(Date of Publication)

2010-05-21

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0026

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/DS100026>

※ 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。



平成14年度学位(博士)授与に係る論文の公表

専攻名	海上輸送システム科学専攻
氏名	中嶋隆勝
学位名称	博士(工学)
指導教官名	齋藤勝彦教授
論文題目	輸送包装のための製品衝撃強さ評価に関する研究

論文要旨

家電製品をはじめ、あらゆる工業製品は、輸送中に発生する衝撃から保護される必要がある。また、今後、eコマースの普及による商品購入範囲のグローバル化、および、輸送・搬送機器や道路の舗装状況など、輸送環境の変化が予測され、輸送包装がこれまで以上に重要な技術となる。そのような中、輸送包装技術は、未だ十分な技術水準に到達したとは言えない状況であり、経験や勘に基づいて包装設計が実践される場合も多い。さらに、輸送過程での製品破損事故が発生した場合、一般に、衝撃試験機などを用いた再現実験により破損原因が明らかにされ、その対策が講じられるが、常にその原因が明らかになるとは限らず、理論的な裏付けなく対策を講じなければならない場合も少なくない。

製品衝撃強さ評価とは、輸送過程で製品にどのような衝撃が加われば破損するのかを把握する技術であり、緩衝包装设计での設計目標の設定に相当する作業である。このように、製品の衝撃強さ評価は、輸送包装において非常に重要な技術であり、その理論および技術の体系化を進め、広く普及させる必要がある。また、近年、携帯電話機やノート型パソコンなどの、本来、衝撃に弱く運搬される機会の少なかった精密機器が携帯化される傾向があり、このような携帯型精密機器の開発においても、製品衝撃強さ評価は重要な技術である。

現在、製品衝撃強さ評価に関する試験方法は、大きく分けて2種類ある。一つは、JIS C0041およびIEC 68-2-27で規定されている方法で、製品(試料)にある規定の衝撃パルスを加え、損傷の有無を調べる試験である。また、もう一つは、JIS Z0119およびASTM D3332に規定されている方法で、R.E.Newtonによって考案された損傷境界曲線(以下、DBCと略称する)が導入された評価法である。具体的には、製品の許容速度変化を測定する試験と許容加速度を測定する試験から構成されており、測定した二値により、製品に損傷を与える衝撃パルスの範囲が把握できるようになっている。

本研究は、製品衝撃強さ評価技術の向上を目的としたもので、特に、製品が出荷される前、すなわち、実験室での製品評価試験の段階で、製品衝撃強さが十分正確に把握できる評価法の確立に重点を置いている。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章においては、製品衝撃強さ評価法に関する研究の背景および目的、方針、概要について述べている。

第2章では、R.E.Newtonが製品衝撃強さ評価法を構築する際に製品モデルとして用いた1自由度のばね質量系よりもやや複雑な製品モデルについて、衝撃応答解析を行い、各製品モデルの衝撃応答スペクトル(SRS)およびDBCを導出している。また、その解析結果から、R.E.Newtonの評価法で問題点となる現象、すなわち、「速度変化依存性」および「逆転現象」、「DBC交差現象」を見出している。さらに、これらの現象が現実の衝撃試験で発生することを確認するため、実製品(ミニフロッピーディスク)を用いた実験、および、段積み実験モデル(製品が段積みされた状態を表す)による実験を行っている。

第3章では、前章で見出した現象により、現在の試験方法の問題点を明らかにしている。さらに、JIS C 0041およびIEC 68-2-27に対応する試験として、「保証範囲確認試験」を考案するとともに、JIS Z 0119 および ASTM D 3332に対応する試験として、許容加速度試験結果および製品内破損部品(部位)のSRSデータから製

品 DBC が導出できる評価法 (DBC 評価法と呼ぶ) を考案している。DBC 評価法については、市販のビデオカセットレコーダーを用いた衝撃強さ評価試験を実際に行い、考案した評価法の実用性を確認している。

第 4 章では、部品強度や衝撃伝達率に起因する製品衝撃強さのばらつきが把握できる「確率 DBC 評価法」を考案している。さらに、考案した評価法に従い、ミニフロッピーディスクの衝撃強さ評価を行っている。その評価結果を分析することにより、市場における製品破損クレームが、実験室における製品衝撃強さ試験では発生しないという現象（「市場クレームの非再現性」と呼ぶ）を見出し、その発生メカニズムを解明している。

第 5 章では、DBC 評価法の理論的厳密さを追求したものだけでなく、その利便性を優先したものなど、5 種類の DBC 評価法の類型を考案する。さらに、各評価法の特徴および必要な機器などを整理し、試験方法の体系化を図っている。

第 6 章では、本研究で得られた結論をまとめている。

以上のように、輸送包装設計のための製品衝撃強さ評価法に関する研究を行い、現在の評価法の問題点を明らかにし、その対策として、新評価法を提案している。本研究で得た成果により、輸送包装や製品の設計に生かされ、輸送包装技術の高度化に貢献できる。

審査概要

1. 論文内容

製品衝撃強さ評価とは、輸送過程で製品にどのような衝撃が加われば破損するのかを把握する技術であり、緩衝包装設計での設計目標の設定に相当する作業である。このように、製品の衝撃強さ評価は、輸送包装において非常に重要な技術であり、その理論および技術の体系化を進め、広く普及させる必要がある。

本研究は、製品衝撃強さ評価技術の向上を目的としたもので、特に、製品が出荷される前、すなわち、実験室での製品評価試験の段階で、製品衝撃強さが十分正確に把握できる評価法の確立に重点を置いている。

まず、現状の製品衝撃強さ評価で問題点となる現象、すなわち、「速度変化依存性」および「逆転現象」、「DBC交差現象」を見出すとともに、これらの現象が現実の衝撃試験で発生することを確認するため、実製品を用いた実験、および段階積み実験モデルによる実験を行っている。次に新しい評価試験として、「保証範囲確認試験」と「DBC評価法」を考案している。DBC評価法については、実製品を用いた衝撃強さ評価試験を実際に行い、考案した評価法の実用性を確認している。さらに、部品強度や衝撃伝達率に起因する製品衝撃強さのばらつきが把握できる「確率DBC評価法」を考案し、実製品の衝撃強さ評価を行っている。その評価結果を分析することにより、市場における製品破損クレームが、実験室における製品衝撃強さ試験では発生しないという現象を見出し、その発生メカニズムを解明している。最後に、評価の理論的厳密さを追求したものだけでなく、その利便性を優先したものなど、5種類のDBC評価法の類型を考案し、各評価法の特徴および必要な機器などを整理し、試験方法の体系化を図っている。

2. 評価できる点

本論文は、輸送包装技術の高度化に資するために「製品衝撃強さ評価」に関して系統的に研究を行った成果をとりまとめたものであり、当該分野における他の研究者による論文等に対して以下の点で特に評価できる。

- 現状の製品衝撃強さ評価で基本となっている単純な物理モデルを適用することによって、衝撃強さを誤評価する可能性を、解析及び数値計算によって指摘している点。
- 実製品による衝撃実験により、実際の衝撃強さを示す境界を判定する方法論を提案している点。
- 製品衝撃強さ評価に保証範囲の概念を導入すべきであると提案している点。
- 製品内のすべての脆弱部品ごとに衝撃強さ評価をすることで、製品全体の衝撃強さを評価すべきであると提案している点。
- 現場で実際に製品衝撃強さを評価できる試験方法を数種類提案し、その有効性を実験により確認している点。
- 製品衝撃強さに確率の概念を導入することによって、現場で発生したクレームが実験室で再現されない理由を説明している点。

以上のように本論文は、輸送包装設計のための製品衝撃強さ評価に関して系統的な研究を行った成果であり、現評価手法の問題点を明らかにするとともに、その対策として、新評価法を提案している。本研究で得た成果により、輸送包装や製品の設計に生かされ、輸送包装技術の高度化に貢献できる。これまで輸送包装分野における研究成果が以上のように系統的にまとめられてきた例はなく、当該分野における研究を進展させていく上で、非常に有効な成果が得られていると判断できる。

3. 研究の対外発表状況

本論文の内容は以下7編の有審査論文として発表されている。

- 段階積み粘弾性支持された製品の線形モデルによる衝撃強さの検討、日本包装学会誌一般論文 Vol. 8、No. 3、1999. 6.

- 段積みされた製品の非線形モデルによる衝撃強さの検討、日本包装学会誌一般論文 Vol. 9、No 1、2000. 2.
- 確率論を導入した製品の損傷境界曲線評価法、日本航海学会論文集、第105号、2001. 9.
- 新しい製品衝撃強さ評価試験方法の提案、日本機械学会論文集C編、67巻664号、2001. 12.
- 製品衝撃強さ試験における問題点の実験的確認、日本機械学会論文集C編、68巻666号、2002. 2.
- 損傷境界線評価法の実験的検証、日本包装学会誌一般論文 Vol.11、No2、2002. 4.
- 「損傷境界曲線評価法」類型の考案および試験方法の体系化、日本包装学会誌一般論文 Vol.11、No 4、2002. 8.

4. 外国語の能力

本論文の研究内容に関して、以下の4件の国際会議における本人登壇による英語での発表および英文によるフルペーパー型式の無審査(アブストラクト審査のみ)論文を発表しており、外国語の能力は十分であると判断した。

- Mechanical Shock Fragility and Transmissibility of One-dimensional Models to Represent Stacked Products, 1999. 7., Proceedings of the 11th IAPRI (International Association of Packaging Research Institutes) World Conference on Packaging
- Test Methods for Mechanical Shock Fragility of Products, 2000. 6., Proceedings of the 20th IAPRI Symposium
- Damage Boundary Analysis on Products – Proposal of New Test Methods for Mechanical Shock Fragility of Products –, 2001. 6., Proceedings of the 12th IAPRI World Conference on Packaging
- Development of Probability Based DBC Evaluation Method – Derivation of “Non-reappearance of the Defects on the Market in Experiments” –, 2002. 6., Proceedings of the 13th IAPRI World Conference on Packaging

5. 最終試験

2月14日に開催された公聴会では、発表と質疑応答は的確に行われたと認める。3名の審査委員による審査では、論文内容に関する新規性、信頼性、社会的有効性、論文としての体裁等の観点より慎重に審査を行った。さらに、2月14日に行った審査委員による最終試験では、論文内容ならびに関連専門分野等に関する口頭試問を行い、おおむね良好な回答を得た。

6. 審査結果

以上の結果により、本論文は、神戸商船大学における博士(工学)論文として妥当であるとの結論を得た。