

組付け式金型によるパルプモールド緩衝材の開発

中川幸臣^{*1}、佐藤幹彦^{*1}

Development of Pulp-mould Cushion by Component Metal Mould

Yukiomi NAKAGAWA^{*1} and Mikihiro SATO^{*1}

Industrial Technology Division, AITEC^{*1}

一つの金型で複数の製品に対応可能な組付け式金型を用いたパルプモールド緩衝材を開発した。緩衝性能を決定するコンポーネントについては、前年度の円形及び楕円形コンポーネントに加え、曲面構造を有した製品に対応するため、上面にテーパの付いたコンポーネントも考案した。これらの緩衝特性データベースを用い包装品モデルで評価試験を行ったところ、基本的な緩衝性能に加え、輸送中の耐久性も十分有しており、実用性の高いパルプモールド緩衝材であることがわかった。

1. はじめに

近年、工業製品の包装においてパルプモールドが緩衝材として使用される事例が増えている。しかし、現状のパルプモールドの課題として、金型の製造コストが高いことや金型完成までに時間を要することがあげられる。さらに、その緩衝性能についても、製品毎に緩衝材形状が異なるため、発生する加速度レベルを事前に推測することが困難であった。

前報¹⁾ではこれらの課題に対応するため、脱着可能で種々な製品への適応性を有し、さらに緩衝性能についても事前に推定可能な組付け式金型を用いた新しいパルプモールド緩衝材について述べた。そこでは円形コンポーネントと楕円形コンポーネントを用いた箱型形状製品の緩衝設計を中心に検討した。今回は、曲面を持った製品に対応するためテーパ付きコンポーネントを新たに考案した。また、パルプモールド緩衝材の設計事例として掃除機と大型テレビを対象とした包装設計を行い、評価試験を行った。

2. 実験方法

2.1 テーパ付きコンポーネントの考案

2.1.1 コンポーネントの概要

パルプモールド緩衝材の最も基本的な緩衝性能（クッション性）を決定するのがコンポーネントである。昨年度は箱型形状製品を設計対象とし、円形コンポーネントと楕円コンポーネントの2種類について試作を行い、緩衝設計のためのデータベースを構築した。今年度はコンポーネントのバリエーションを増やし、複雑な製品形状、特に曲面構造を有するものについて緩

衝設計が行えるようにすることを目標とした。

今回開発したものは、従来の円形コンポーネントを基本とし、製品支持部である天面にテーパを設けたコンポーネントである。図1に考案したコンポーネントの形状を示す。テーパ部があることで製品の曲面に対して保持性を高めることが期待できる。

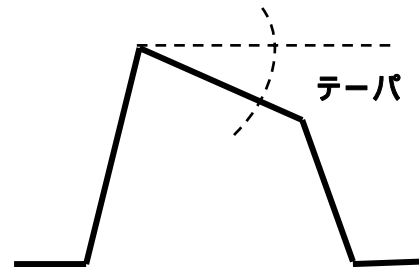


図1 テーパ付コンポーネント

コンポーネントの断面形状は円形とし、天面（製品支持部）のテーパについてはある程度の曲面範囲に対応できることを考慮し、10°、20°、30°の3つのパターンに決定した。コンポーネント高さについては基礎データ用緩衝材として実用性が認められた60、80、100mmの3種類に設定した。さらにコンポーネントの成形時の抜きテーパについては昨年度の円形コンポーネントと同様に15°で設定した。コンポーネントの厚さについては、昨年度から標準厚さとして設定している2mmとした。

2.1.2 パルプモールド緩衝材の試作

コンポーネントの緩衝特性を調べるために基礎デー

^{*1} 工業技術部 応用技術室

タ用のパルプモールド緩衝材を作製した。コンポーネントの材質は昨年度と同様、段ボール古紙と新聞古紙とを混合したものをを用いた。原料の配合比率を重量比で段ボール古紙が 60%、新聞古紙が 40%とすることにより緩衝材として必要な緩衝性能と耐久性を両立させることが可能となる。この原材料の含水率は温度 23 / 湿度 50%の標準状態において約 9%であった。

図 2 は基礎データ用緩衝材の金型の外観である。この金型をパルプモールド成型機に取り付けて緩衝材を作製した。図 3 に今回試作したパルプモールド緩衝材の一例を示す。この試料を用いて実験を行い基礎データを求め、緩衝特性に関するデータベースを構築した。



図 2 金型の外観

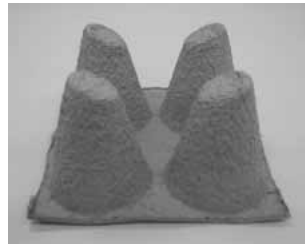


図 3 緩衝材の一例

2.1.3 静的圧縮試験

試料を 23 / 50%の標準状態で 24 時間保持し前処置を行った後、万能引張圧縮試験機により圧縮試験を行った。試験には図 4 に示すように、試料の上面のテーパ部に均一に荷重がかかるように木製の圧縮用治具を用いた。また、試料はコンポーネントを 2 × 2 列に配置したものを基本とした。なお、圧縮速度は 10mm / min とした。



図 4 圧縮試験用の木製治具

2.1.4 動的圧縮試験

落下衝撃試験機を用いて、衝撃解析装置により各試料の動的圧縮特性を測定した。試料には標準状態で前処置したものをを用い、試験時のおもりの落下高さは 60cm、質量範囲は 2.4~ 29.6kg とした。また、測定には静的圧縮試験と同じ木製治具を使用した。

2.2 包装品モデルによる評価試験

今回は具体的な開発事例の対象製品として、家庭用掃除機（曲面構造を有する製品の開発事例） 大型液晶テレビ（重量製品に対する開発事例、木型モデルで代用）の 2 種類の製品について緩衝設計を行い評価した。

これらの製品に対して適正な緩衝包装が実現できれば、昨年度のガステーブル等の箱型形状製品と併せてかなり幅広い製品に利用できる実用性を確かめることができる。

2.2.1 家庭用掃除機

曲面構造を有する製品の例として掃除機を取りあげた。図 5 に本体を示す。製品の全体が大きな曲面構造となっている。外側寸法は約 300 × 250 × 230mm、質量は 3.2kg である。緩衝設計条件は落下高さを 60cm、許容加速度を 50G に設定した。この製品は曲面部と平面部から構成されているのでテーパ付きコンポーネントと通常の円形コンポーネント（ともに厚さ 2mm）を併用した。緩衝材の仕様としては作業性等を考慮し、1 個の底パッドと 2 個の上部サイドパッドによる 3 ピースタイプとした。図 6 に試作した緩衝材の外観を示す。



図 5 掃除機の外観

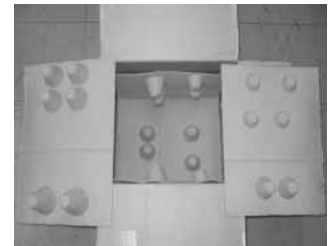


図 6 掃除機用緩衝材

2.2.2 大型液晶テレビ

本研究で開発したパルプモールド緩衝材は質量の大きな製品に対しても使用できることを目標としている。そこで、重量製品への適用事例として近年需要が増大している大型液晶テレビを取りあげた。この製品については実機での試験が難しいため、寸法、質量、重心位置等をほぼ同等にした木製のダミーを作製し、これを用いて評価を行った。図 7 に試作した木製ダミーを示す。画面部の外側寸法が 810 × 125 × 550mm、総質量が 20.7kg である。緩衝設計条件は落下高さ 50cm で許容加速度を 40G に設定した。緩衝設計は昨年度開発した楕円コンポーネント（厚さ 3mm）を用いて行ったが、底面や側面では支持可能面積の制限でコンポーネントをそのまま全部並べることが不可能であった。そこでコンポーネントの重ね合わせの効果を利用して設計を行った。緩衝材は上下の角 4 箇所に取り付けるコーナ



図7 テレビ木製ダミー



図8 テレビ用緩衝材

ーパッド方式とし、底面は3重、側面では2重の重ね合わせにより製品を保護する仕様とした。図8に試作した緩衝材の外観を示す。

2.2.3 評価試験

これらの包装品モデルを用いて落下試験による加速度測定や実輸送試験を実施し、緩衝材の評価を行った。実輸送試験は家庭用掃除機の包装品のみについて1000km相当の輸送距離を設定し、愛知～茨城間の往復トラック便で試験した。評価は、輸送前後のパルプモールド緩衝材の変形量を測定し、輸送後も緩衝材が十分な緩衝性を維持できるような変形量のレベルであるかを調べた。

3. 実験結果及び考察

3.1 静的圧縮特性

試料高さ60mmと80mmのテーパ付きコンポーネントの静的圧縮特性の測定結果を図9及び図10に示す。全体的に近似した傾向が見られ、圧縮量が約10mm付近で座屈しているのがわかる。荷重が急激に上昇するのは底つき現象が生じたためである。60mmの試料ではテーパに関わらず座屈荷重の大きさ、座屈後の荷重の挙動等に大きな差は認められなかった。しかし、試料高さが80mmになるとテーパ10°と20°では座屈後の荷重に差は認められないものの、テーパ30°では小さくなっているのがわかる。グラフ下部の面積は緩衝材の衝撃吸収エネルギーに相当するので、30°のテーパ付きコンポーネントを緩衝材として用いる場合は、衝撃吸

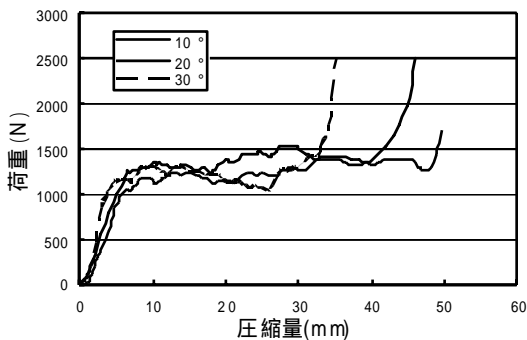


図9 60mm試料の静圧縮特性

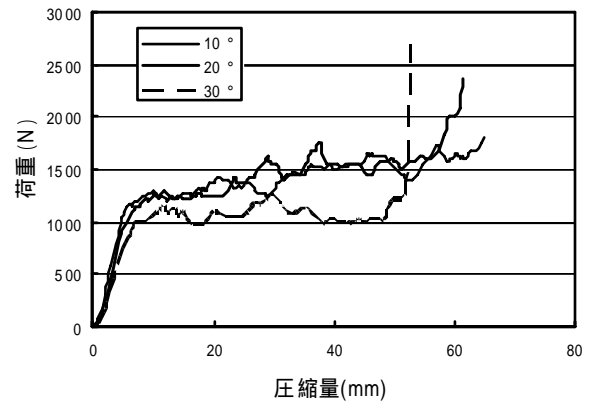


図10 80mm試料の静圧縮特性

収エネルギーが他のテーパのものよりも小さくなり、底つきに対する注意が必要になってくる。なお、100mmの試料については80mmの試料に近似した傾向になっていた。

これらの結果より、いずれの試料も座屈後に極端に荷重値が小さくなることもなく、緩衝材としては繰り返し衝撃等を考慮しても安定した使用が見込める。

3.2 動的圧縮特性

各コンポーネントの動的圧縮特性について調べた。試料高さの影響についてテーパ20°の結果を図11に示す。なお、図の横軸は向かい合ったコンポーネント1組(2個)当たりのおもりの質量とした。図より底つきを発生しない適正な質量範囲(線図の最下点より左側の範囲)においては、試料高さにかかわらず加速度が近似した値になっているのがわかる。このことは他の紙系緩衝材と同様の傾向²⁾³⁾である。したがって試料高さが異なるコンポーネントを混合して使用する場合でもある程度の加速度の推定が可能である。また他のテーパの試料についても同様の結果が得られた。

次にテーパの違いによる加速度の比較を試料高さ

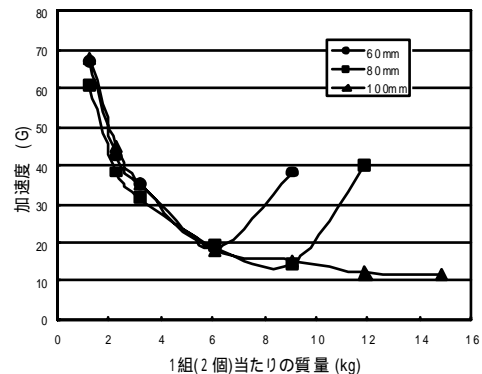


図11 試料高さの違いによる動圧縮特性(テーパ20°)

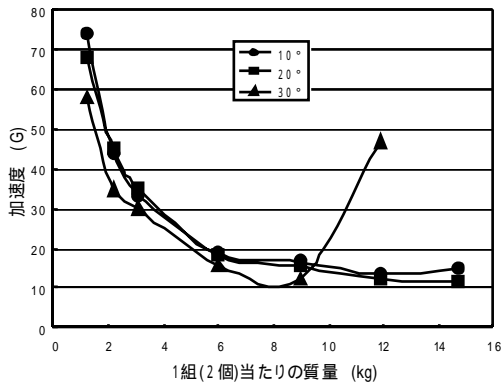


図 12 テーパの違いによる動圧縮特性 (試料高さ 100mm)

100mmのコンポーネントについて行った結果を図 12 に示す。図よりテーパ 10°とテーパ 20°の試料に関しては加速度曲線がほぼ一致しており、テーパの違いが加速度値にほとんど影響しないことがわかる。しかし、テーパが 30°では加速度の値が他のテーパより全体的に小さくなり、また、底づきが発生している。したがって包装設計に使用できる質量範囲が狭く、重量製品には適していないと言える。

3.3 包装品モデルの評価試験

3.3.1 落下試験

家庭用掃除機モデルの落下試験について、底面落下の結果を図 13 に示す。図より最大加速度は外装の段ボール箱との複合効果もあり、許容加速度の設定値 50G よりも低い値となっており、十分な緩衝性能があるこ

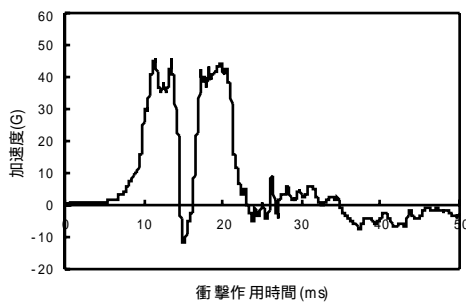


図 13 掃除機モデル底面落下の加速度曲線

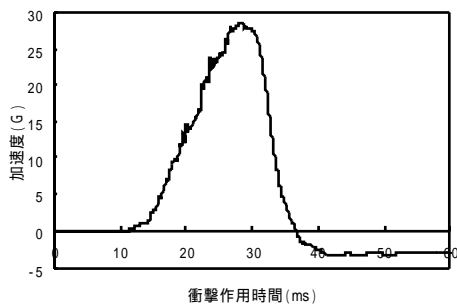


図 14 テレビモデル底面落下の加速度曲線

とがわかった。また、緩衝材の変形量は 10mm 以下であり実用上問題ないレベルであった。他の落下面についても同様に良好な結果が得られた。

次に大型液晶テレビの落下試験における底面落下の結果を図 14 に示す。この場合の加速度値も許容加速度の設定値 40G より低い値であった。また、コンポーネントを重ね合わせた部分についても十分な緩衝性能を保つことがわかった。他の落下面についても良好な結果が得られていた。さらに角落下・りょう落下についても試験を行い、底づきの有無や製品の損傷を調べた。掃除機については緩衝材の底づき及び製品損傷は見られず、また、大型液晶テレビの場合は緩衝材の変形量が大きくなったがモデルの損傷は発生しなかった。

3.3.2 実輸送試験

図 15 は底部の緩衝材の輸送後の状況である。コンポーネントの変形量を調べたところ、1~2mm 程度で大きな変形箇所は見当たらず、輸送後も十分な緩衝性能を維持していた。このことから耐久性に関しても十分であると考えられ、実用性の高い緩衝材であると言える。



図 15 輸送試験後の緩衝材(底部)の状況

4. 結び

本研究により、現在多くの時間とコストをかけて作製しているパルプモールド緩衝材に対して、組付け式金型を用いて、短時間で安価に作製する手法が開発できた。また、本報告書に別掲載されているように、3次元 CAD を利用した金型の自動設計システムを開発したので、パルプモールド緩衝材の設計の安定化・効率化も図ることが可能になった。

謝辞

本研究の遂行にあたりご協力いただきました(株)名古屋モールドの各位に深く感謝いたします。

文献

- 1) 中川, 佐藤: 愛知県産業技術研究所研究報告, 4, 38(2005)
- 2) 中川, 加藤, 小林: 愛知県工業技術センター研究報告, 30, 39(1994)
- 3) 佐藤, 中川, 室田: 愛知県産業技術研究所研究報告, 1, 17(2002)