

組付け式金型を用いた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 and Mikihiro SATO

Industrial Technology Division, AITEC^{*1}

従来のパルプモールド金型とは異なり、一つの金型で複数の製品に対応可能な組付け式金型を開発した。緩衝性能を決定するコンポーネント部についても事前に緩衝特性が把握できるため、他の設計技法が確立された緩衝材同様に試作前に加速度レベルの設定も容易に行うことができる。包装品モデルを用いて評価試験を行ったが、緩衝性能に加え、輸送における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が開発できた。

1. はじめに

最近、包装用緩衝材としてパルプモールドが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が抱えている課題としては、金型の製造コストが高いことや金型完成までに修正の手間や時間がかかるといった事項があげられる。さらに、基本的な機能である緩衝性能についても製品毎に形状が異なるため、試作後に落下試験を行って初めて緩衝性が把握できるという状況である。

今回、これらの課題に対応するため、脱着可能でさらに緩衝性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考え方のパルプモールド緩衝材を開発した。

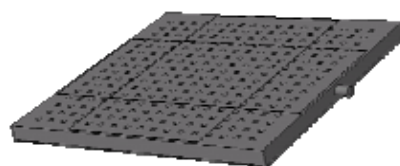
2. 組付け式金型について

2.1 金型の概要

今回開発したパルプモールド緩衝材の組付け式金型は従来の一般的な金型と異なり、一つの金型で複数の製品に対応できる汎用性を有しているところに大きな特長がある。この金型に必要な部品についてであるが、これについては非常にシンプルな構成となっており、図1に示すようなベース金型とコンポーネント金型のみにより作製することができる。

ベース金型には盤面上に一定間隔でコンポーネント固定用のねじ穴が空けてあり、製品に応じて必要な位置にコンポーネント金型を取り付けられるようになっている。また、コンポーネント金型については緩衝特性を前もって調べておくことにより製品の質量や許容加速度などの緩衝設計の条件により必要な種類と個数がわかるように

なっている。写真1は実際に組付け式金型を試作した例である。



ベース金型



コンポーネント金型

図1 組付け式金型の部品



写真1 組付け式金型の例

2.2 コンポーネントについて

パルプモールド緩衝材の最も基本的な緩衝性能を決定するものがコンポーネントであるため、実用性を含めた

^{*1} 工業技術部 応用技術室

最も効果的な形状を求める必要がある。前年度の研究においてコンポーネントのエネルギー吸収性や繰り返し衝撃への耐久性などを考慮しながら実験を行った結果、断面形状が円形の方が角形よりも優れていることがわかった¹⁾。そこで、今回は曲面構造を有したコンポーネントとして円形断面及び楕円形断面のものを試作した。楕円形断面を追加したねらいは製品に対して支持面積を大きくすることにより集中的な荷重の緩和や保持性を向上させるためである。また、各コンポーネントの断面寸法については広い範囲の製品寸法に対応できることを考慮し、製品支持部（コンポーネントの上面）については図2に示すような寸法に決定した。さらにコンポーネントの成形時の抜き勾配であるテーパについては実験により調べた結果、角度15°が緩衝性能や設計自由度を考慮した場合に最も有効な数値と判断されたため¹⁾、すべてのコンポーネントで共通化した。

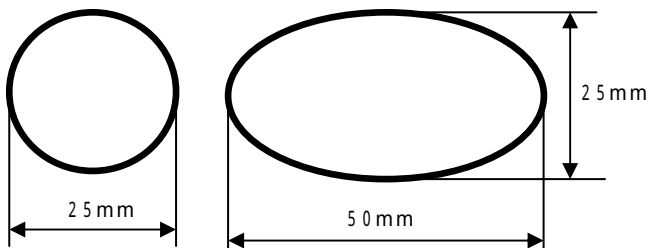


図2 コンポーネントの製品支持部形状

次にコンポーネントの高さについてであるが、製品寸法に対して低いものから高いものまで様々なバリエーションが必要であるため、今回は20mmから100mmまでの高さのコンポーネントを10mm間隔で揃えた。一般的な緩衝包装設計のレベルで考えれば100mmまでの高さを用意すればほとんどの製品に対して包装設計を行うことが可能である。

またコンポーネントの厚さについてであるが、成形時に金型が原料を吸い付ける（バキュームする）時間を制御することにより材料の厚さを調整することができる。ここでは厚さ2mm及び3mmのコンポーネントを作成した。厚さによりコンポーネントの強度差が出るため緩衝材として考えた場合に緩衝性（クッション性）にも差が出ることは明らかである。厚さを増やして材料強度を上げることにより、より重い製品に対しても十分な緩衝性能を期待できる。今開発でも製品質量が20kgを超えるような重量品についても包装設計が行えるようにすることを目標としている。

次表に今回作成したコンポーネントの概要についてまとめたものを示す。

表 コンポーネントの概要

断面形状	コンポーネント高さ	テーパ	厚さ (mm)
円形	20 ~ 100mm	15°	2, 3
楕円形	20 ~ 100mm	15°	2, 3

コンポーネント高さは10mm間隔とした

2.3 パルプモールド緩衝材の試作及び実験方法

2.3.1 パルプモールド緩衝材の試作

各コンポーネントの緩衝特性を調べるために基礎データ用のパルプモールド緩衝材を試作した。コンポーネントの材質は段ボール古紙と新聞古紙とを混合したものをを用いた。今回の原料の配合比率は重量比で段ボール古紙が60%、新聞古紙が40%である。この材料の含水分は23/50%の標準状態で約9%であった。

写真2に試作に用いた円形コンポーネント金型を、また写真3に試作したコンポーネント緩衝材を示す。

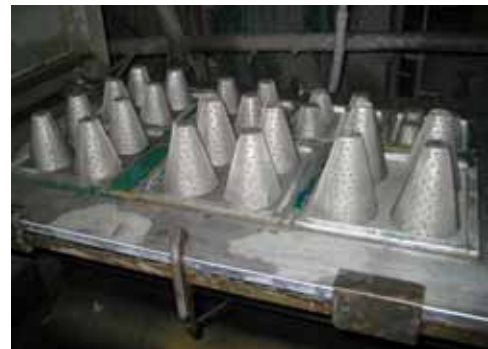


写真2 円形コンポーネント金型



写真3 円形コンポーネント緩衝材

2.3.2 静的圧縮試験

試料は標準状態（23/50%）で前処置を行った後、万能引張圧縮試験機を用いて圧縮試験を実施した。なお、圧縮速度は10mm/minとした。

2.3.3 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。落下高さは60cmとした。また、試料1個当たりの静的荷重は4.4N～21.2Nとした。

2.3.4 包装品モデルによる評価試験

製品モデルとしてダミー木箱(570×440×150mm、質量10kg)を用いて緩衝設計を施した包装品モデルにより実用性についての評価試験を実施した。なお、外装箱には0201形両面段ボール箱(表裏ライナ K220、中芯 SCP120)を用いた。

振動試験

輸送中のトラックや鉄道の振動による緩衝材への影響について、JIS Z 0232 に準拠したランダム振動の条件で振動試験を行い、緩衝材の変形を調べた。試験は上下、前後、左右の3方向について調べた。

実輸送試験

1000km 相当の輸送距離を設定し、愛知県 - 茨城県の間において往復トラック便で輸送試験を実施し、パルプモールド緩衝材の輸送後の変形量を測定することにより評価した。

落下試験

緩衝設計の初期条件に対する加速度レベルを調べるため落下試験を行った。条件は落下高さ 60cm、設定加速度を 40G とし、面落下で評価した。

3. 実験結果および考察

3.1 静的圧縮特性

円形コンポーネントの静的圧縮特性を図3に示す。図は試料高さ 40, 60, 80mm、厚さ 2mm のコンポーネントの圧縮荷重の挙動を示しているが、高さに関わらず圧縮量がおおよそ 5mm で座屈荷重に達した後、ほぼ荷重が横ばいの挙動で底づきするまで強度を維持しているのがわかる。座屈後の荷重の急激な低下が無く、衝撃吸収エネルギーが大きいこと繰り返し衝撃に対しても十分な緩衝性能が期待できる。また、コンポーネントの高さに関係なく座屈荷重がよく一致していることも他の紙系緩衝材と同様に大きな特徴^{2) 3)}である。

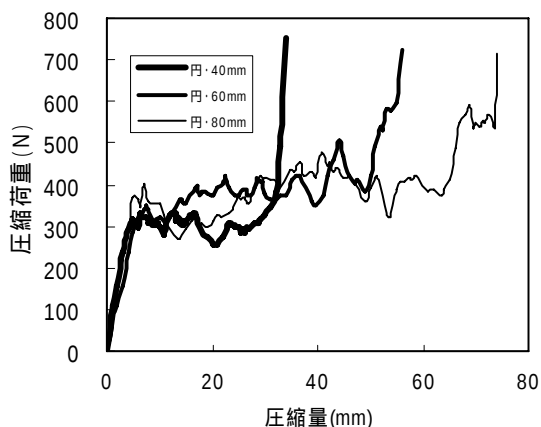


図3 円形コンポーネントの静的圧縮特性

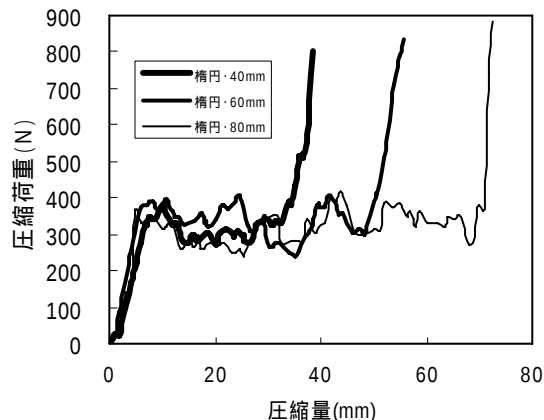


図4 楕円形コンポーネントの静的圧縮特性

次に、楕円形コンポーネントの静的圧縮試験の結果を図4に示す。楕円形の場合は側面の中央部で座屈現象が起こってしまうと強度が低下する傾向が見受けられた。ただし、直面形状のように極端に荷重の低下が起こることなく、実用上においては十分に緩衝材として使用できる性能は有している。

また、円形、楕円形コンポーネントともに厚さ 3mm の試料についても調べたが、荷重の挙動について同様の傾向が確認できた。

3.2 動的圧縮特性

図5に円形コンポーネントの動的圧縮特性の一例を示す。図は試料高さ 40, 60, 80mm、厚さ 2mm のコンポーネント1個当たりの静的荷重と加速度の相関について示しているが、コンポーネントの高さが異なっても加速度値が近似しているのがわかる。先程の静的圧縮特性においても座屈荷重が一致していたこともこの結果を裏付けることになっている。さらに実用面から考えれば、高さの異なるコンポーネントを同時に使用した場合でも、この結果より加速度の推測が可能であるので緩衝設計が

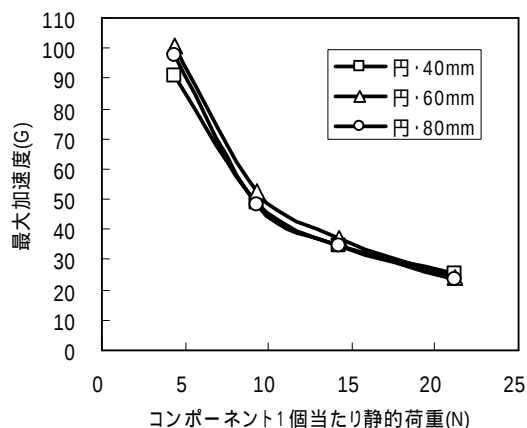


図5 円形コンポーネントの動的圧縮特性

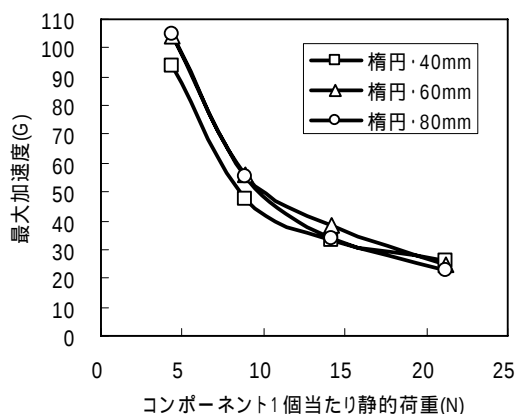


図6 楕円形コンポーネントの動的圧縮特性

容易に行うことができる点は大きなメリットであると言える。

図6は楕円形コンポーネントの結果の一例であるが、円形コンポーネントと同様の傾向が確認できる。こちらもコンポーネントの高さが異なった場合でも加速度の推測ができるため実用性が高い緩衝材であると言える。

3.3 包装品モデルの評価試験

振動試験

振動試験後のパルプモールド緩衝材の変形量について調べたが、すべての方向について変形量はおよそ1mm程度であった。これは実用上、十分な緩衝性能を維持できるレベルであると言える、特に問題にはならなかった。

実輸送試験



写真4 輸送試験後の緩衝材

写真4に輸送試験後のパルプモールド緩衝材の外観の一部を示す。試験の結果、緩衝材の変形はほとんど無く、実測値で1～2mm程度の変形量であった。長距離輸送(1000km程度)における緩衝材の耐久性も十分にあると考えられる。

落下試験

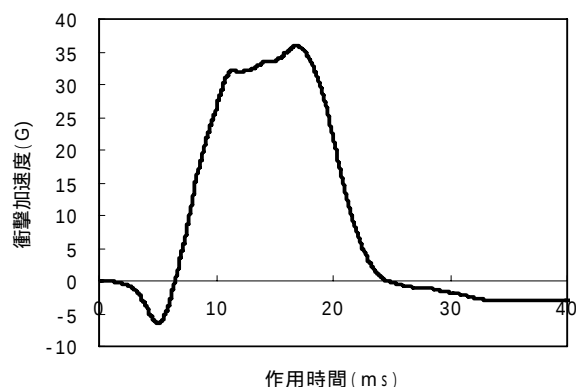


図7 底面落下時の衝撃加速度波形

図7に底面落下を行った時の加速度波形を示す。なお、加速度センサーはダミー木箱上部に取り付けた。目標とする設定加速度は40Gであったが、図より測定値は目標値よりやや低めの値となっており良好な結果が得られた。また、他の面落下(側面、つま面)においても同等の結果が得られていた。

4. 結び

今回は比較的緩衝設計が行い易い箱型形状の製品を対象として開発を行ったが、今後更に多くの形状の製品を対象とできるよう新しいコンポーネントの開発に取り組んでいきたい。また、金型について自動設計が行えるように、3次元CADを利用した設計システムの開発も行っている。

従来のパルプモールド緩衝材の製造方法とは異なる今回の手法は、金型のイニシャルコストが大幅に低減できるという点で多品種・少ロット製品に対して特に大きな効果が期待できる。

謝辞

本研究は、地域新生コンソーシアム研究開発事業「組付け式金型を用いたパルプモールド緩衝材の製造法の開発」の内容である。研究の遂行にあたり、試料提供及び試作開発にご協力いただきました㈱名古屋モールドの各位に深く感謝いたします。

文献

- 1) 佐藤、中川、水野：愛知県産業技術研究所研究報告，**3**，22(2004)
- 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)