

パルプモールドの汎用化構造モデルの開発

佐藤幹彦*¹、中川幸臣*¹、水野金儀*¹

Development of Pulp-mold Cushion by Component-type Mould

Mikihiko SATO, Yukiomi NAKAGAWA and Kaneyoshi MIZUNO

Industrial Technology Division, AITEC*¹

カップ形状のパルプモールド試料の緩衝特性を測定し、製品質量、最大加速度およびカップ個数の相関を示した緩衝特性線図によるパルプモールド設計手法を考案した。さらに、製品形状に合わせてカップ位置を自由に変更できるパルプモールド汎用化構造モデルを開発した。ダミー木箱および実際の製品を対象とした60cm落下衝撃試験による評価で、設計加速度に対して4G以内の誤差範囲を示す良好な結果が得られ十分な緩衝機能があることを確認した。パルプモールドの原料は段ボール古紙60%・新聞古紙40%を混合したものを使用した。

1. はじめに

最近、発泡プラスチック系材料の代替として、パルプモールドが工業品包装の緩衝材に使用される事例が増加している。パルプモールド緩衝材は製品形状に合わせて成形するため複雑な形状の金型を作製する必要がある。そのため、多品種小ロット製品では金型コストで採算が合わず不向きである。そこで、パルプモールドに汎用性を持たせ効率的な緩衝設計を図るため、カップ形状のパルプモールド試料を数種類作製し緩衝特性を測定した。さらに、その緩衝特性に基づくパルプモールド設計手法を考案し、小ロット製品にも適した緩衝材として汎用化構造モデルを開発した。

2. 実験方法

2.1 パルプモールド原料

パルプモールドの原料は、段ボール古紙60%・新聞古紙40%を混合したものである。現在、一般的によく使用される配合比率を採用した。温度23℃/湿度50%R.H.の標準状態の含水分はJIS P 8127に基づいて測定したところ9.1%であった。

2.2 実験用試料

カップの形状を決定するため実験用試料(カップ個数9個)を作製した。形状を丸型(突起上面の周囲長:78.5mm)、角型(突起上面の周囲長:80mm)、高さを40mm、20mm、テーパを5°、10°、15°、20°とした。丸型試料のカップは円形断面、角型試料は正方形断面である。**図1**に形状が丸型、高さ40mm、テーパ15°の試料を示す。中空構造でありパルプモールドの厚さは2mmである。な

お、試料は温度23℃/湿度50%R.H.の標準状態で前処置を行い実験した。



図1 実験用試料(丸型・40mm・15°)

2.3 静的圧縮試験

万能引張圧縮試験機を用いて静的圧縮特性を測定した。圧縮速度は10mm/minとした。

2.4 動的圧縮試験

落下衝撃試験機(ランスモント製 モデル23 クッションテスター)を用いて、衝撃解析装置(ランスモント製 テストパートナー3)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。

2.5 汎用化構造モデルの評価試験

パルプモールド実験用試料の緩衝特性をもとに開発した汎用化構造モデルを下記の2試験で評価した。動的圧縮試験と同様に衝撃解析装置で衝撃波形を測定した。設計対象は実製品として質量10kgのガステーブル、実製品

*¹工業技術部 応用技術室

(ガステーブル)を想定したダミー木箱(質量:10kg)の両方を用いた。振動試験はJISに規定された輸送距離2,000km以上相当の条件を適用し、共振振動数15min+共振振動数以外の振動数(8Hz)45minを上下、前後、左右方向に合計3時間実施した。

落下高さ60cmの落下衝撃試験

振動試験+落下高さ60cmの落下衝撃試験

3. 実験結果および考察

3.1 静的圧縮特性

高さ40mmの試料の静的圧縮特性を図2に示す。角型試料および丸型・40mm・5°の試料の挙動は圧縮量6~7mmで最大圧縮強度に達した後に強度が徐々に低下した。それに対して、丸型・40mm・15°の試料は2.5kN程度の強度になった後は少しずつ強度が上昇しながら最終的に底づきに達した。これは形状による剛性の違いを示しており、丸型・40mm・15°の試料は衝撃吸収エネルギーに相当するグラフ下部面積が大きく緩衝特性が優れている¹⁾。そのため、本試験より丸型の試料を汎用化構造モデルに使用した方がよいことが分かった。テーパについては、5°より15°で特性が優れ高さ20mmの試料でもほぼ同様の傾向が得られた。

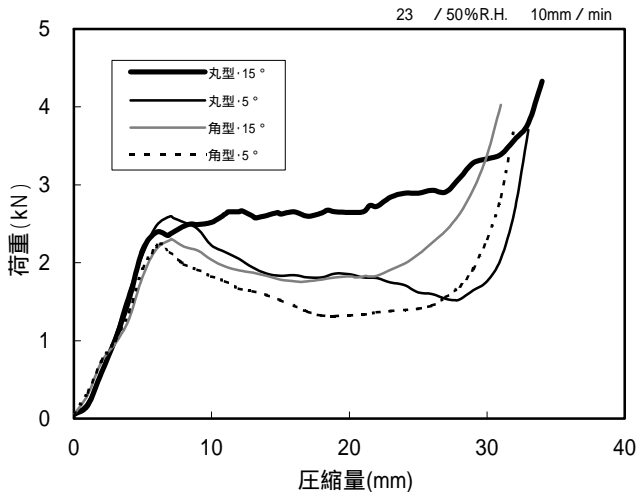


図2 静的圧縮特性(1) (高さ40mm 試料)

さらに、テーパ5°,10°,15°,20°の丸型・40mm試料の静的圧縮特性を図3に示す。テーパ5°は明らかに強度が低下しており、テーパ10°も少し降伏している様子が表れた。それに対して、テーパ15°,20°の試料はほぼ同様な傾向を示した。高さ20mmの試料は40mmの試料ほど顕著な差が見られなかった。

3.2 動的圧縮特性

高さ40mmの試料の動的圧縮特性を図4に示す。最大

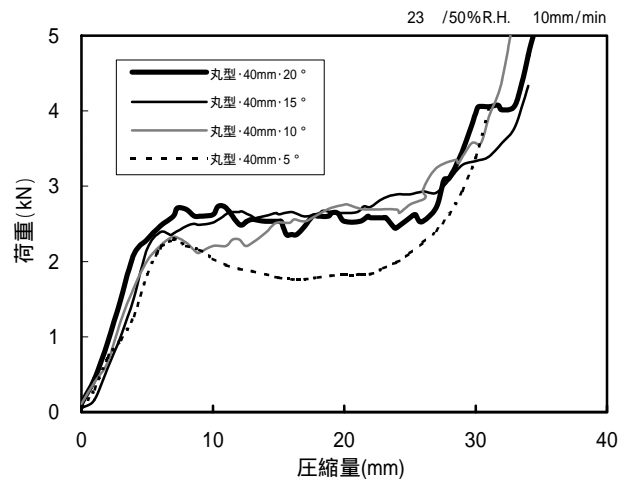


図3 静的圧縮特性(2) (テーパ別試料)

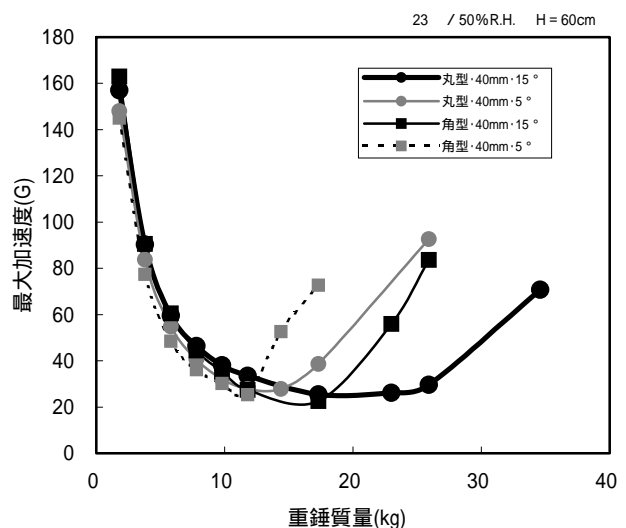


図4 動的圧縮特性(1) (高さ40mm 試料)

加速度の最低値は約20~30Gであり、いずれの試料でもほぼ同程度の緩衝性能が期待できる。しかし、重錘質量の範囲は明らかな差が見られ、丸型およびテーパ15°は設計使用範囲が広く底づきの危険性が少ないことが予想された。特に角型の試料は底づきが発生した後に側面角の部分が破断することが多く変極点以降で丸型の試料より早く上昇する傾向が見られた。それに対して丸型の試料は蛇腹状につぶれることが確認され、底づきによる最大加速度の上昇を低減する効果が期待できた。そのため、本試験でも形状は角型より丸型が適していることが分かった。

さらに、丸型・40mmの試料において、テーパを5°,10°,15°,20°と変えた動的圧縮特性の測定結果を図5に示す。最大加速度の最低値は同じであるが、重錘質量の範囲からテーパ15°,20°が緩衝材として優れている

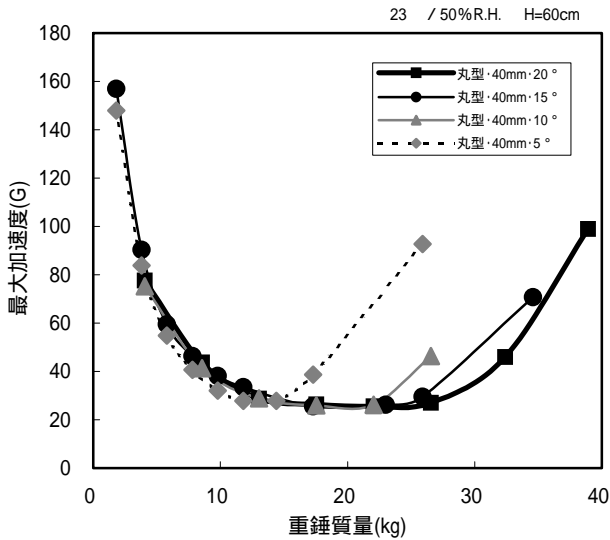


図5 動的圧縮特性(2) (テーパ別試料)

ことが分かった。しかし、テーパを付加することによりカップ下面の面積が広がる欠点があるため汎用化構造モデルにはテーパ15°を採用し、丸型・40mm・15°、丸型・20mm・15°の2種類のカップ形状を使用した。

3.3 緩衝特性線図及び汎用化構造モデル

製品質量、最大加速度およびカップ個数の相関を示した緩衝特性線図からカップ個数を算出するパルプモールド設計手法を考案した。設計手法の概要は、緩衝特性線図からカップ個数を算出し、製品形状に合わせてカップ位置を設計する方法である。製品の構造、重心等から適切な支持位置を決定するためカップ位置の微調整が必要となるが、開発した汎用化構造モデルでは位置の変更・調整が容易である。図6に丸型・40mm・15°の試料の緩衝特性線図を示す。グラフ上の数字がカップ個数である。例えば、設計対象の製品質量が10kg、許容加速度を35Gと想定すると、グラフ上の点線が相当し交点より下側の

8~6個で設計が可能となる。そして、湿度の影響²⁾等による底づきの危険性を考慮して支持するカップ個数の多い8個で設計すれば良い。この設計手法により、これまで経験や勘に頼っていた緩衝設計がカップの個数および位置を決めるだけで可能となった。

そこで、この緩衝設計技法をもとにしたパルプモールド汎用化構造モデルを開発した。図7が汎用化構造モデルであり、左側が組立て前、右側が組立て後である。折曲げる際に不要となる四隅の部分はコーナーの補強として使用した。緩衝材の構造はシンプルであり、多少製品形状に凹凸があっても支持可能である。そして、この汎用化構造モデルは図8のような金型で製造する。別体のカップ形状の金型は平板状のアルミ製薄板に任意に取り付けられる。そのため、複雑な形状の金型を作製する必要はなく、金型の形状を設計する木型作製工程が省略できる。大幅なリードタイムの短縮が可能で、今までのパルプモールド製品では困難であった調整・変更も簡単である。今回の開発事例では従来の工程で作製した場合の1/4程度のコストであった。

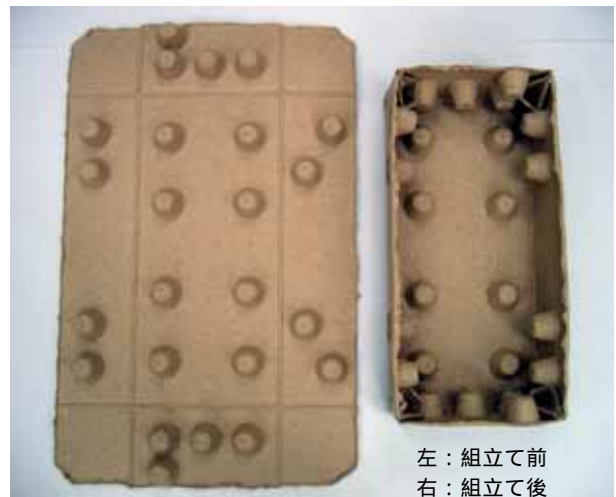


図7 汎用化構造モデル

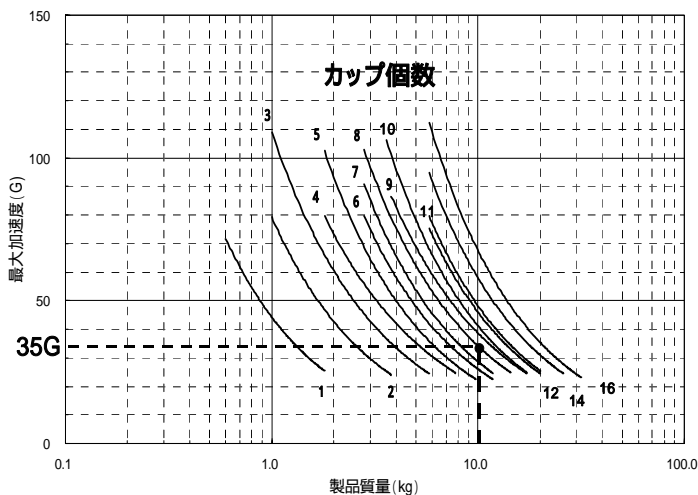


図6 緩衝特性線図 (丸型・40mm・15°の場合)



図8 汎用化構造モデルの金型

表1 汎用化構造モデルの評価試験結果（設計加速度：35G）

緩衝設計対象	試験方法	最大加速度 (G)		
		底面落下	側面落下	つま面落下
ダミー木箱	落下高さ60cmの落下衝撃試験	37.0	34.5	33.1
ガステーブル	落下高さ60cmの落下衝撃試験	38.0	36.4	34.6
ダミー木箱	振動試験 + 落下高さ60cmの落下衝撃試験	38.4	36.1	33.3

振動試験による汎用化構造モデルの変形量は、すべて1mm以内

3.4 汎用化構造モデルの評価試験

緩衝設計対象をダミー木箱およびガステーブルとした汎用化構造モデルの試験結果を表1に示す。落下衝撃試験は、設計加速度35Gに対してすべて4G以内の誤差範囲となり良好な結果が得られた。図9はガステーブルを対象とした落下衝撃試験での衝撃波形である。複雑な挙動の波形となっているが、最大加速度はどの落下面でも35G程度となっている。繰り返し落下については、いずれも4回目で底づきが発生し3回目落下まで緩衝効果を発揮した。さらに、振動試験ではカップ形状の部分の変形量はすべて1mm以内であり、落下衝撃試験の結果も同程度となり振動試験による劣化はほとんどなかった。

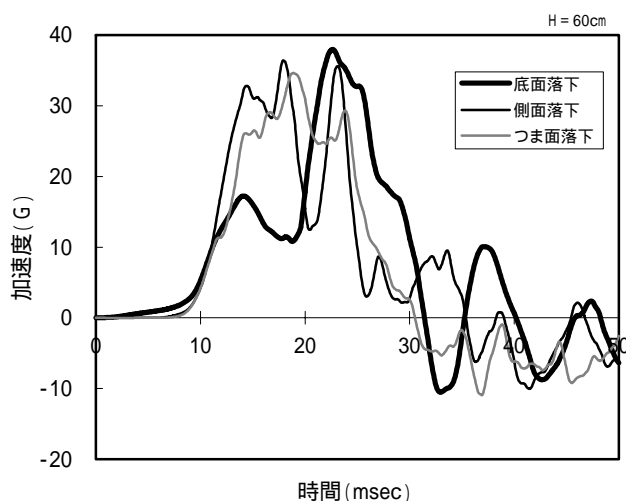


図9 落下衝撃時の衝撃波形

4. 結び

パルプモールド製品は木型および金型のコストを削減することが難しく、製品のリードタイムも設計者の経験や技術に大きく依存している。そのため、効率的かつ

迅速に設計するのに緩衝設計の一般化が強く望まれている。しかし、製品形状に合わせて成形するため、そのような試みはほとんど実施されていない。また、コーナパッドやスペーサーのような汎用化を期待したパルプモールド製品では製品個数が多くなり作業性が悪くなることから実際に使用されている事例は少ない。

それに対して本研究で開発したパルプモールド汎用化構造モデルは、木型、金型コストが不要でリードタイムを短縮できるため、従来品に比較して大幅なコスト低減を図ることができた。緩衝材としての機能も十分に持ち、少し複雑な形状をした実製品のガステーブルでも良好な結果が得られた。そして、一体成形した緩衝材の構造は単純であるため効率的に緩衝設計が可能である。

現段階では直方体形状に近い比較的緩衝設計のしやすい製品を対象としている。そこで複雑な形状をした製品への対応が次の課題にあげられる。今後はガステーブル以外の製品での緩衝設計事例を増やし利用拡大を図ることが目標である。今回の研究では試料高さを40mm, 20mmの2種類とした。しかし、高さや緩衝特性の相関を測定し緩衝材高さを自由に設定できれば汎用化がさらに期待できる。

謝辞

本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(株)名古屋モールドの各位に深く感謝いたします。

文献

- 1) 中川幸臣、加藤久也、小林兼弘：愛知県工業技術センター研究報告，31，21(1995)
- 2) 中川幸臣、加藤久也、小林兼弘：愛知県工業技術センター研究報告，30，39(1994)

