

ダンボール製品の強度設計技術に関する研究

川島 義隆 棚橋 英樹 伊田 徹士* 原田 匡人*

梅津 康義* 松井 和己** 手塚 明***

Structural analysis for corrugated fiberboard products

Yoshitaka KAWASHIMA Hideki TANAHASHI Tetsuji IDA* Masahito HARADA*
Yasuyoshi UMEZU* Kazumi MATSUI** Akira TEZUKA***

あらまし 電気製品や機械部品の包装材料には発泡スチロールなどのプラスチック製品が使用されてきたが、リサイクル性の点から段ボール製品が広く使用されており、緩衝材への利用も多くなっている。本研究では、段ボールシートの垂直圧縮強さ及び平面強さ試験より、シートの材料定数及び圧縮強度特性を求め、段ボール緩衝材の静的圧縮強度特性の検討を行ったので、これらの結果について報告する。

キーワード 段ボール, 緩衝材, 圧縮試験

1. 緒言

電気製品や機械製品などの包装材料には発泡スチロールなどのプラスチック製品が使用されてきたが、最近ではリサイクルの点から紙製品が使用されており、緩衝材への利用も多くなっている。そのため、近年では、段ボール箱の圧縮特性解析や折り曲げ状緩衝材の強度解析^[1-2]の研究が行われている。

本報告では、段ボールシートを一般的な平板とみなし、段ボール緩衝材の圧縮強度特性に関する検討を行う。2章では、段ボールシートの垂直圧縮及び平面圧縮強さ試験より、シートの材料特性を求め、3章では、それらを用いて、段ボール緩衝材の静的圧縮強さ特性の検討を行ったので、これらの結果について報告する。

さ60mm)に対して、縦方向、横方向の2方向の圧縮強さ試験を試験片が座屈するまで行った。図1にひずみ-応力特性を示す。

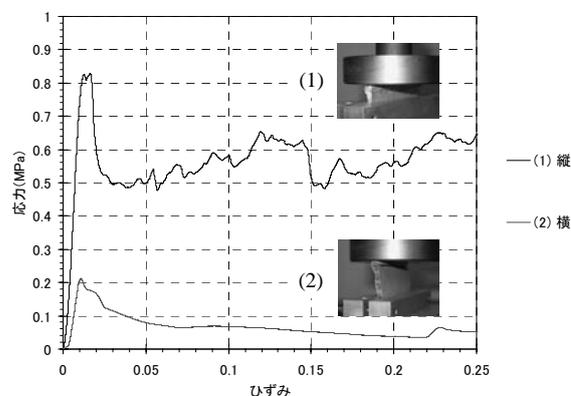


図1 段ボールシートの垂直圧縮強さ試験

2. 段ボールシートの強度特性

2.1 段ボールシートの垂直圧縮強さ特性

段ボールシートの圧縮強度特性を測定するため、オートグラフ((株)島津製作所AG-20kNI)を用い、段ボールシートの垂直圧縮強さ試験^[3](JIS Z 0403-2, 試験片:幅90mm, 高さ60mm)を行った。圧縮速度は10mm/minとし、表ライナー(公称坪量170g/m²), 中芯(公称坪量120g/m²)及び裏ライナー(公称坪量170g/m²)で構成された外装用両面段ボール(A段, 厚み5.35mm)の試験片(幅90mm, 高

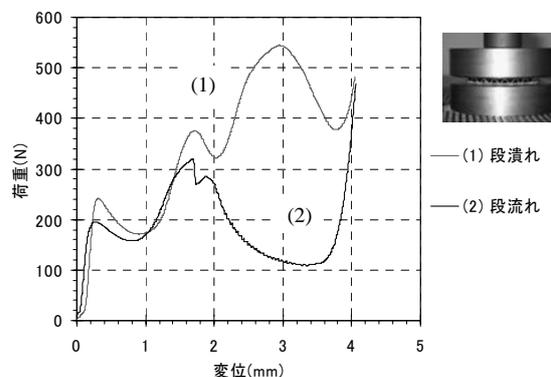


図2 段ボールシートの平面圧縮強さ特性

* 株式会社日本総合研究所

** 横浜国立大学

*** 独立行政法人 産業技術総合研究所

2. 2 段ボールシートの平面圧縮強さ特性

段ボールシートの厚み方向の圧縮強度特性を測定するため、平面圧縮強さ試験^[3] (JIS Z 0403-1) を行った。

試験片は 2.1 項の段ボールシートを用い、圧縮試験速度は 10mm/min とした。図 2 に段潰れ^[3]の場合と段流れの場合のひずみ-応力特性を示す。

3 段ボール緩衝材の圧縮強度特性

3. 1 圧縮強さ試験と強度解析

段ボール緩衝材の圧縮強さ試験を行った。図 3 に示すように、圧縮試験を行う緩衝材は段ボールシートを 6 層に重ねたものとする。試験片の大きさは長さ 62.3mm、幅 62.3mm、高さ 32.1mm である。圧縮試験速度は 10mm/min であり、試験片が座屈するまで行った。

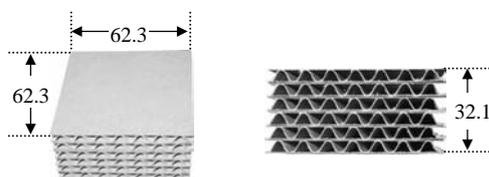


図 3 段ボール緩衝材

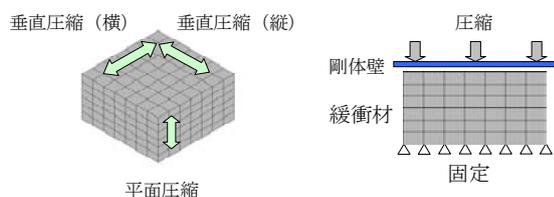


図 4 段ボール緩衝材の圧縮解析モデルと境界条件

緩衝材の解析モデルを図 4 に示す。要素タイプは 8 節点 Solid 要素を用い、境界条件は底面の節点固定で上面は剛体壁による強制変位圧縮とする。

材料モデルは異方性破壊ハニカムモデル^[4]を用い、その材料特性は、縦方向に垂直圧縮強さ特性 (縦)、横方向に垂直圧縮強さ試験特性 (横) 及び厚み方向に平面圧縮強さ特性を用いる。そして、厚み方向の材料特性として、次の 2 種類の強さ特性を用いる。平面圧縮強さ試験の段潰れ (中芯が完全に座屈) の強度特性を用いた場合、段流れの強度特性を用いた場合である。材料定数は圧縮強さ試験からヤング率を求め、ポアソン比は 0.1 とした。

3. 2 結果

緩衝材の圧縮試験結果及び緩衝材全段を段潰れ強度特性とした場合と緩衝材全段を段流れ強度特性とした場合の強度解析の結果を図 5 に示す。

図 5 の圧縮後の緩衝材は、緩衝材の段が全て段流れをしており、そのため、段流れ強度特性を用いた解析が実際の緩衝材の圧縮強度特性を表している。

図 6 にひずみ 0.779 の時の Mises 応力分布を示す。段流れ強度特性は段潰れ強度特性に比べ応力は小さく、段が流れることにより緩衝性が生じている。

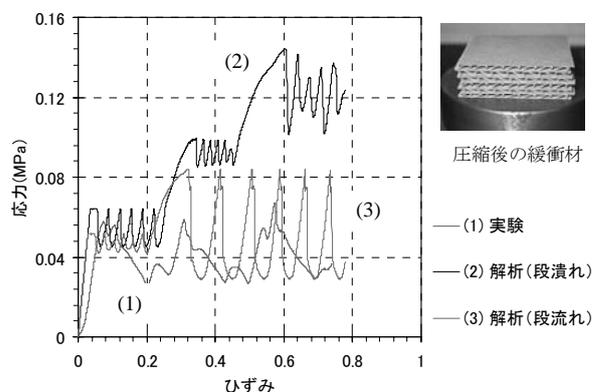


図 5 緩衝材の圧縮強度特性 (ひずみ-応力)

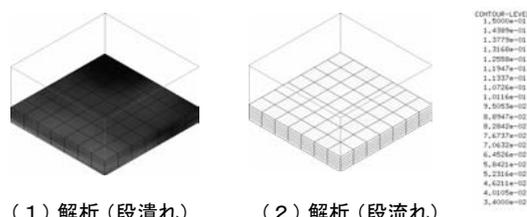


図 6 緩衝材の圧縮強度特性 (Mises 応力分布)

4. まとめ

段ボール緩衝材の圧縮強度特性に関する検討を行うため、段ボールシートの垂直圧縮強度、平面強度試験及び緩衝材の圧縮強度試験を行った。そして、段ボールシートを一般的な平板とみなし、異方性破壊ハニカムモデルにより、段ボール緩衝材の圧縮強度解析を行った。その結果、段ボール緩衝材の圧縮強度試験より、その強度特性は 1 層段ボールのような段潰れでなく、各段が段流れを起こすことにより緩衝材としての緩衝特性が生じている。そのため、緩衝材の厚み方向の強度特性に段潰れ強度特性より段流れ強度特性を用いた解析の方が、緩衝材の強度特性を示すことがわかった。

文献

- [1] 中川幸臣, 丹羽一邦, 筒井喜平, "段ボールの強度解析シミュレーション", 包装技術, 41-3, pp217-220, 2003.
- [2] 丹羽一邦, "ダンボール衝撃解析のための実験とシミュレーション方法", LS-DYNA Users Conference 2001 講演論文集, pp.17-2-15-9, 2001.
- [3] 日本規格協会, "JISハンドブック 紙・パルプ", 2005.
- [4] (株)日本総合研究所, "LS-DYNA Ver970 User's Manual Volume II", 2003.