

総説

段ボール箱段積み安全管理に関する研究

斎藤 勝彦*

Research on Safety Management of Stacking Corrugated Box

Katsuhiko SAITO *

キーワード：包装、段ボール箱、保管、圧縮試験、積重ね荷重試験

Keywords：Packaging, Corrugated Box, Storage, Compression Test, Stacking Test

1. 緒言

包装貨物は物流中に倉庫で積み上げられ保管される場合が多い。積み上げられた包装貨物の最上段以外は、上にある包装貨物の静荷重が加わっている。段ボール箱は長期間の保管によって胴膨れや座屈するリスクがある。ここでは、積み方、保管期間、段ボール水分量等が、どのように段ボール箱の圧縮強度に影響を及ぼすのかについて検討した最近の研究事例について紹介する。

2. 圧縮強度

2.1 強度のバラツキ

段ボール箱の要素である原紙（板紙）・段ボールシートは、公称坪量、フルートが同じでも製造される工場や時期によっ

て、強度にバラツキがある。松本ら¹⁾は、異なる工場(A, B)で異なる月(I, II, III, IV)に製造された、4種類の同一公称坪量の原紙およびそれらの原紙から成形されたシートについて、ショートスパン圧縮試験²⁾（同一条件試験100回）、リングクラッシュ試験³⁾（同一条件試験100回）、エンドクラッシュ試験⁴⁾（同一条件試験100回）を実施し、その結果をまとめている。なお、試験片の原紙は、表裏ライナLB級210g/m²、中しんMC級120g/m²であり、シートはそれらから成形されたCフルートである。また、以下すべての試験は23℃、50%R. H.の条件で実施している。**Fig.1**は、エンドクラッシュ試験の圧縮強度と、段ボールシートを成形する各原紙のショートスパン圧縮強度の平均

*神戸大学輸送包装研究室（〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1）
5-1-1 Fukaeminami, Higashi-nada, Kobe, 658-0022 Japan
TEL: 078-431-6341, Email: ksaito@maritime.kobe-u.ac.jp

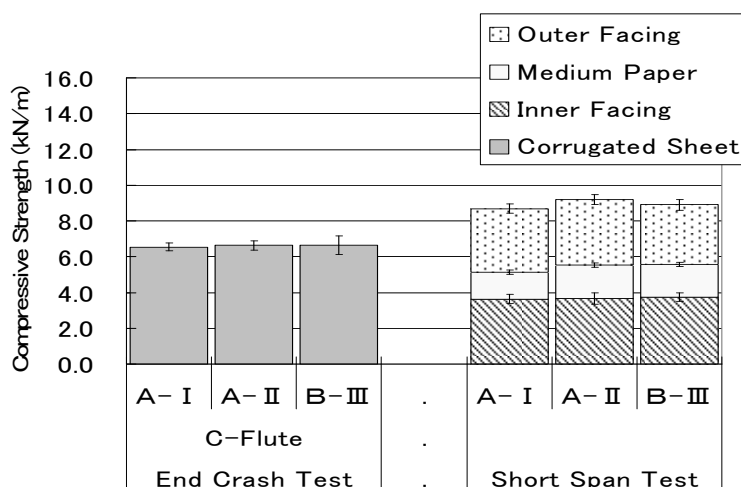


Fig.1 Compressive Strength of Sheet and Board

値、平均値±標準偏差の領域（棒グラフ上のI印）を示す。図より段ボールシート及び原紙ともに製造工場、製造時期によって強度にわずかな差が認められる。また、それぞれの実験結果の確率分布を示しながら、原紙、シートの測定値ともに、ほぼ平均値まわりに左右対称に正規分布に近い形状で分布し、平均値±5%の範囲に6割程度が収まっていることも例示した。ただしこのときの変動係数は0.03から0.09、歪度および尖度はそれぞれ-1.39から0.32、2.14から8.04であった。

次にリングクラッシュ試験で用いた製造工場・時期が同一の原紙（A-IV）による段ボールシートを0201形に成形した段ボール箱（内フラップ固定およびフリー状態でそれぞれ100箱）について、静圧縮試験⁵⁾を行っている。ここに、箱の

内寸法は409×270×254(mm)である。

Fig.2はケリカット式⁶⁾による計算結果と段ボール箱圧縮強度の確率密度関数を示す。ここでケリカット計算値は、各原紙のリングクラッシュ試験を100回ずつ行っているため100³個の算定結果を得ている。各条件の平均値Fより、ケリカット値が実験値に対して過大評価（フラップフリーで約1割プラス、固定で約4割プラス）され、内フラップを固定することで約2割箱強度が小さくなることも確認できる。また変動係数COVより、各条件による結果のバラツキの程度は異なっている。さらに、平均値に対する出現分布は、歪度Sにより、フラップ固定ではほぼ対称であるのに対して、フラップフリー条件とケリカット値では平均値よりも小さい値の場合が多いことを示している。また、実験値のバラツキは、尖度K

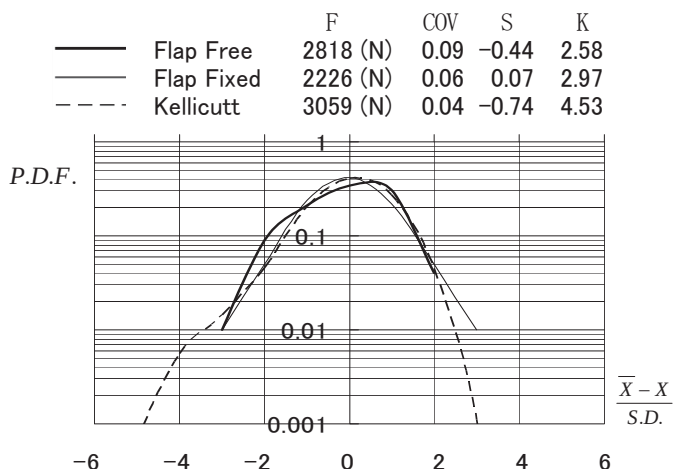


Fig.2 Kellicutt and Experimental Value of Corrugated Box Strength

により、フラップ固定・フリーの両条件ともにほぼ正規分布であるのに対して、ケリカット値では正規分布と比べて鋭いピークと長い裾を持った分布を持ち、結果的にそれぞれの平均値±平均値の10%の範囲内に、フラップフリー：72%、フラップ固定：92%、ケリカット値：97%の値が含まれることを明らかにしている。

2.2 強度推定式の汎用化

高山⁷⁾らは、従来の箱強度推定式（ケリカット式⁶⁾およびマッキー式⁸⁾）を変形し、段ボール箱を構成する各々のパネル強度を合算する方法を提案している。ここでは、パネルの幾何学的特徴別に左右の稜が隣接するパネルと結合した構造と、一方の稜が開放されたパネル構造に

分類し、パネル強度を求めている。得られた推定方法によって段ボール箱の強度実測値と比較したところ、推定誤差が10%程度にとどまり、実用上十分活用できる計算方法であることを確認している（Fig.3）。

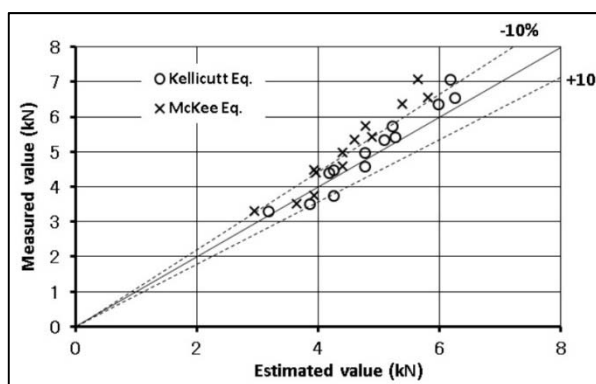


Fig.3 Correlation between estimated and measured value

ただし、従来の推定式の適用範囲外である狭幅のパネルの計算で誤差が大きくなることも明らかになった。そこで高山ら⁹⁾は、推定結果の誤差が、パネルの大きさに左右されない圧縮強度推定式を提案している。そこでは、パネルサイズに係らず 0201 形式段ボール箱の圧縮強度を予測するため、パネルの破壊様式を圧潰と座屈破壊に分けて式を構築している。その結果、推定精度に関してはマッキー式の平均誤差が 6.1% に対し、提案法の平均誤差は 7.0% と多少誤差が大きいが、実用上充分の精度があることを確認している (Fig.4)。また、使用段ボールシートの物理的な曲げ剛性を測定せずに、エッジクラッシュ強度から曲げ剛性を推定して圧縮強度を計算できることも確認している。

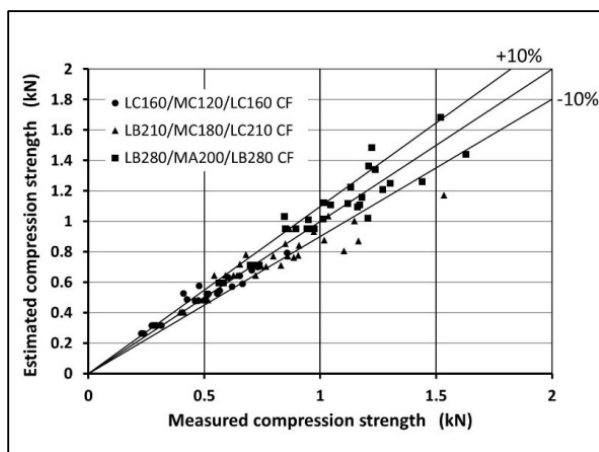


Fig.4 Comparison of estimated compression strength of panel with measured by boxes

3. パレタイズによる圧縮強度低下

段ボール箱をパレットに段積みすると、パレット全体の圧縮強度は、箱単体の圧縮強度に 1 段あたりの箱の個数を乗じた値が出ないことは経験的に知られており、パレタイズドパターンによる影響や箱がパレットからはみ出す(オーバーハング)ことによる強度低下の程度など、多くの実験結果が報告されている¹⁰⁾¹¹⁾。田村ら¹²⁾は、段積みされた段ボール箱の圧縮強度低下について検討している。**Fig.5** は、静圧縮試験による 4 ケース風車 2 段積みの圧縮試験の変位-荷重曲線である。ここで段積み圧縮強度を、有効周囲長 (Equivalent Box Perimeter : EBP) を用いて考察する。有効周囲長とは段積みした際に下段箱の周囲と重なっている箱の周囲長を示し、箱の総周囲長に対する有効周囲長の割合を有効周囲長率 (EBPRatio : EBPR) とする。

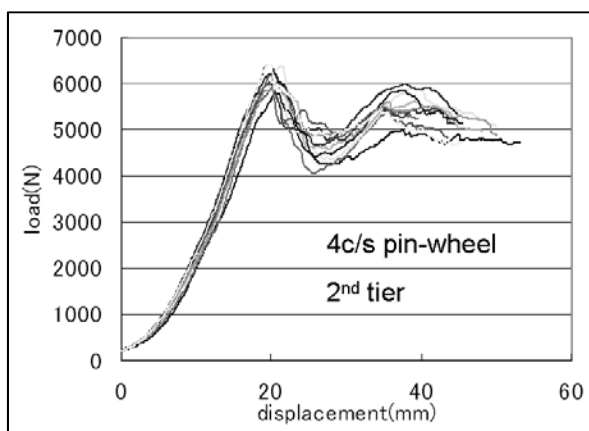


Fig.5 Load vs. displacement curve

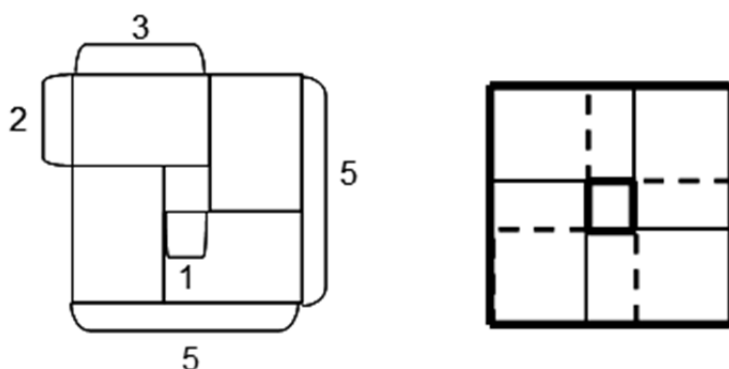


Fig.6 Equivalent Box Perimeter of 4c/s Pin-Wheel Tier

Fig.6 は、4 ケース風車 2 段積みの方法であり、右図中の太線は下段と重なっている有効周囲長を示す。次に、1 ケース単体圧縮強度に対する強度（Box Strength Ratio : BSR）を算出する。BSR とは、4 ケース風車積みの場合、圧縮試験結果の平均値を 1 段当たりの配置数 4 で除した値と、箱単体圧縮試験結果の平均値との比である。Fig.7 は、パレタイズドパターン毎に EBPR に対する BSR をま

とめたものであり、パレタイズされた段ボール箱の強度比が、パレタイズパターンによって決まってくる有効周囲長率の平方根に比例していることがわかる。これは段ボール箱の強度が周囲長の平方根に比例するとしたマッキーの式と対比でき興味深い。

4. 圧縮試験の等価性

JIS-Z0200-2013¹³⁾によれば、圧縮試験には静圧縮試験と 24 時間積重ね荷重試験が規定され、保管管理状態、湿度条件および荷重期間による荷重係数が定められている。荷重期間による荷重係数は、段ボール箱が座屈するまでの試験結果¹⁴⁾を基に定められている。式(1)は、一定荷重を加え始めてから座屈するまでの耐久期間と積載荷重の関係を示している¹⁵⁾。

$$100L/P = a \cdot \log D + b : 0.2 < D < 100 \quad (1)$$

$$BSR = 0.686 \times \sqrt{EBPR}$$

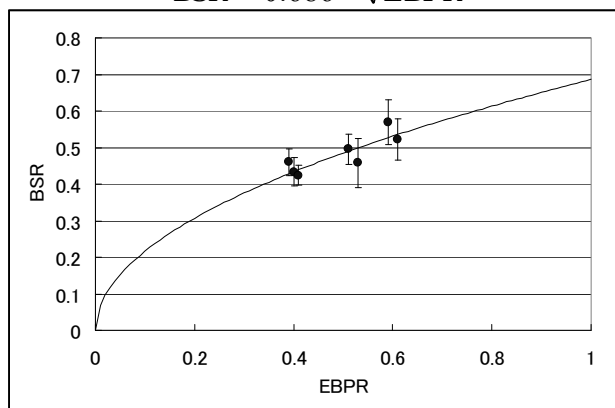


Fig.7 Equivalent Box Perimeter Ratio vs. Box Strength Ratio

ここに、L: 積載荷重、P: 静圧縮試験による座屈強度（段ボール箱の圧縮強度）、D: 座屈に至るまでの期間(day)、 $a=-8.8$ 、 $b=72$ である。

JIS-Z0200-2013 に規定されている荷重期間による荷重係数は、式(1)のLを積重ね試験荷重、Dを積重ね荷重試験での荷重期間(JIS-Z0200-2013では24時間)、Pを静圧縮試験で加える最大荷重と読み替えることにより算出される。例えば、荷重期間として1ヶ月($D=30\text{day}$)を想定すれば、式(1)の右辺は59(0.59の逆数1.7が規格で規定されている静圧縮試験での荷重係数)となり、50kgfを1ヶ月間載せたときと等価な条件として、静圧縮試験では荷重を84.7kgf($=50\text{kgf} \times 1.7$)まで加えて直ちに取り除くことになる。また同様に50kgfを1ヶ月間載せたときと等価な条件として、積重ね荷重試験での荷重が60kgfの場合の荷重期間は32時間51分11秒、65kgfの場合は荷重期間が7時間0分59秒となる。ただし、JIS-Z0200-2013に規定されている24時間積重ね荷重試験での荷重係数である1.2は、Dに1を代入した場合の式(1)右辺値の1/100である0.72の逆数1.39と、上述の静圧縮試験の荷重係数1.7の比から計算できる。

圧縮による段ボール箱の変形量が大きければ内容物に影響を及ぼすので、2通りの圧縮試験で圧縮変形量に明らかな差があり、それらの結果が長期間の圧縮荷

重による変形量と同等でなければ、両試験の等価性は無い。著者ら¹⁶⁾は、段ボール箱の1ヶ月積重ね荷重試験、荷重期間を短縮した積重ね荷重試験(1ヶ月の積重ね状態と等価にするため、JIS-Z0200-2013に規定されている荷重期間による荷重係数を導き出した同様の方法により負荷する重量と荷重期間を決定)および静圧縮試験を行い、圧縮変形量を比較することにより、2つの圧縮試験方法の等価性と現場再現性を評価している。

ここでは、実験条件として、相対湿度50%、温度23℃で重量50kgfを上載した段ボール箱単体の圧縮変形量を計測している。なお、すべての試験で段ボールの含水率を紙水分計(ケツ科学 HK-300-2: 一定時間間隔自動計測対応特注品: 事前に絶乾テストで校正済)により1分間ごとに自動計測しており、その値は7.0%から7.5%の範囲内である。段ボール箱(内フラップ固定空箱)は、内寸法302×202×303mmでCフルート、裏表ライナと中しんの坪量はそれぞれ160g/m²、120g/m²、圧縮強度(23℃50%の環境下での30回の静圧縮試験の平均値)は139.8kgfである。

Fig.8 は、積重ね荷重試験の様子であり、単体の段ボール箱に20kg平板を載せた上に錘(1個5kg)を段ボール箱が不等沈下しないように均等に配置し、段ボール箱中央部(平板のセンター)の圧縮変形量をレーザー変位計(キーエンス LB-300)

により計測(荷重 20kgf のとき変形量 0mm)している。



Fig.8 Equipment of Stacking Test

以上の方法により実施した、静圧縮試験と積重ね荷重試験の圧縮変形量(4つの同一条件計測結果の平均値)を比較した結果、荷重 50kgf・荷重期間 1 ヶ月では 3.45mm であったのに対して、荷重 60kgf・荷重期間 32 時間 51 分では 4.37mm、荷重 65kgf・荷重期間 7 時間 1 分では

4.40mm、静圧縮試験(圧縮速度を毎分 10mm として荷重が 84.7kgf のときの圧縮変形量)の結果が 4.69mm となった。これらの結果より、1 ヶ月の荷重期間での箱変形量を、短期間で再現するための積重ね荷重試験および静圧縮試験の結果は、1 ヶ月の荷重期間での結果よりも圧縮変形量が大きく安全側の評価となることを明らかにしている。

5. クリープ

段ボール箱の強度は含水率に依存し、含水率が高いほど強度が低くなる¹⁷⁾。波多野ら¹⁸⁾は、段ボール箱含水率一定時は、含水率が高いほど圧縮変形速度が大きくなることを示している。また、静荷重下であれ含水率変動に伴い箱は伸縮し、伸縮量は荷重に依存せず、シート伸縮量から推測可能であることを指摘している¹⁹⁾。Hussain ら²⁰⁾は、含水率一定時の段ボール箱において積重ね荷重試験を行い、

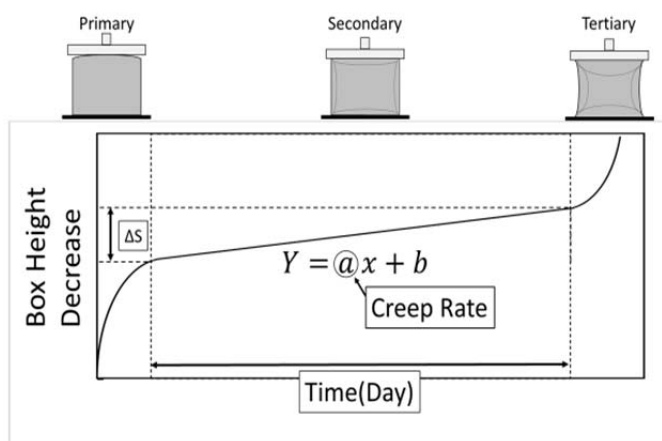


Fig. 9 Creep Rate of Corrugated Box under Static Load

圧縮変形量と座屈期間を評価し、圧縮変形速度の座屈期間への影響について考察している。そこでは、静荷重が作用する際の段ボール座屈過程を、**Fig.9**のように3つの領域（Primary Region、Secondary Region、Tertiary Region）に分類し、段ボール箱保管期間 T について、Secondary Region でのクリープ率 a (圧縮変形速度) を用いた式(2)を提案している。

$$T = \frac{0.0136}{a} \quad (2)$$

ここに、クリープ率 a (day^{-1}) は箱のひずみ量（箱変形量を箱の初期高さで除した値）を日数で除した値で求められる。式(2)より含水率が一定の場合は、クリープ率がわかれば保管期間が推定可能である。

波多野ら²¹⁾は、含水率変動時に段ボール箱に静荷重を加え、箱の圧縮変形量への含水率変動の影響を考察するとともに、積重ね荷重試験で計測される圧縮変形量からクリープ率を求め、適正な段ボール箱保管期間を推測することを目的とし、含水率変動時の箱伸縮について検討している。

試験は恒温恒湿室（株式会社 TBL-2HW6P2A）の中で行い、段ボール箱（内フラップ固定空箱；内寸法 $302\text{ mm} \times 202\text{ mm} \times 303\text{ mm}$ ；CF、表裏ライナ $160\text{ (g/m}^2\text{)}$ 、中しん $120\text{ (g/m}^2\text{)}$ ）に重錘積載後、圧縮変形量を計測している（**Fig.10**）。試験1回で箱2つをセットし、各箱に 20 kgf の

鉄製平板を載せた上に重錘4個（1個 5 kgf ）を箱が不等沈下しない様に均等に配置し、箱（鉄板）中央部の圧縮変形量をレーザー変位計（株式会社 LK-G155）により計測している。また通常、0201 形段ボール箱は、内・外フラップを同位置の罫線で折り曲げて組み立てるため、天面、底面には歪みがあり、負荷直後は試料ごとに変形量のばらつきが生じ易い。そこで、ここでは重錘積載 10 分後の圧縮変形量を基点としている。さらに、段ボール箱から切り出したシートの重量を試験中 1 分毎に汎用電子天びん（株式会社 FZ-2000i）にて自動計測している。段ボールシートは試験前に、 105°C に設定した恒温器（パーフェクトオープン）（株式会社 PS-242）により絶乾させ、その重量を高精度電子天びん（株式会社 HG-2000）にて計測している。よって、試験中に自動計測されたシートの重量と絶乾重量の差を試験中の試料の含水量とみなし、時々刻々の含水率をモニタリングしている。さらに恒温恒湿室内

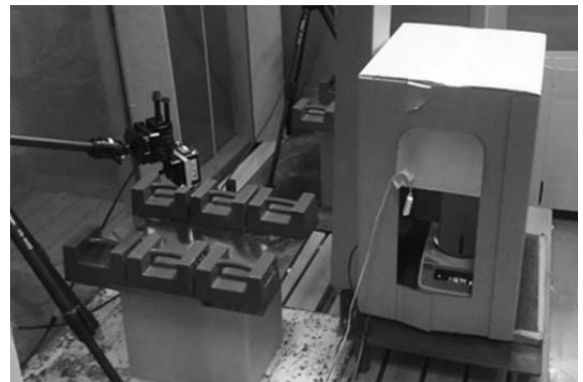


Fig. 10 Stacking Test

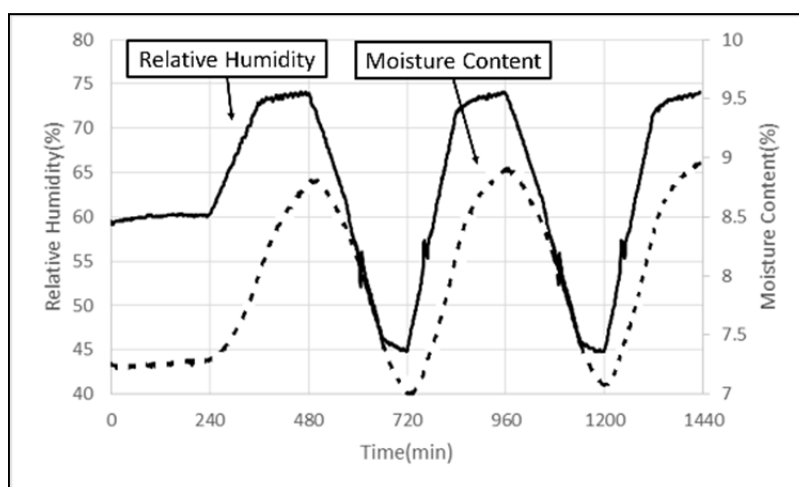
中央部の温湿度をコンパクトロガー(㈱グラフテック Petit LOGGER GL100-WL)の温湿度センサ(㈱グラフテック GS-TH)より測定している。また、恒温恒湿室の空調の直風が電子天びんの測定値に影響しないよう、試料上方に風防を設置している。なお、試料として用いた段ボール箱の温湿度標準状態(23℃50%RH)における圧縮強度(5回の静圧縮試験による計測値)は154.8kgfである。

試験室の相対湿度を調整することにより、計測された試験空間の相対湿度と段ボールの含水率は、**Fig.11**(試験開始時含水率7%)、**Fig.12**(試験開始時含水率9%)のようになった。これらの図より、試験空間内の湿度はおよそ75%と45%の間で変動し、含水率が相対湿度変動に追従しながら、およそ7%と9%の間で変動していることがわかる。含水率の変動にともな

う箱圧縮変形量を **Fig.13** に示す。図より、一定荷重により少しずつ圧縮していきながら、含水率が上昇すれば段ボール箱は膨張し、低下すれば収縮していることがわかる。また、含水率変動にともなう段ボール箱の膨張・収縮の振幅は、上載荷重の大きさに依存しないことも明らかにしている。

6. 現場管理

包装貨物は物流中に倉庫で積み上げ保管される場合が多い。積み上げられた包装貨物の最上段以外は、上載された包装貨物の静荷重が加わっている。このような静圧縮環境を実験室内で再現しているのが静圧縮試験であり、それにより強度が確認された段ボール箱が市場に出る前の最終確認として用いられているのが段積み一定荷重試験である。しかし、静圧



**Fig.11 Drifted Moisture Content Changing by Relative Humidity
(Moisture Content Start from 7%)**

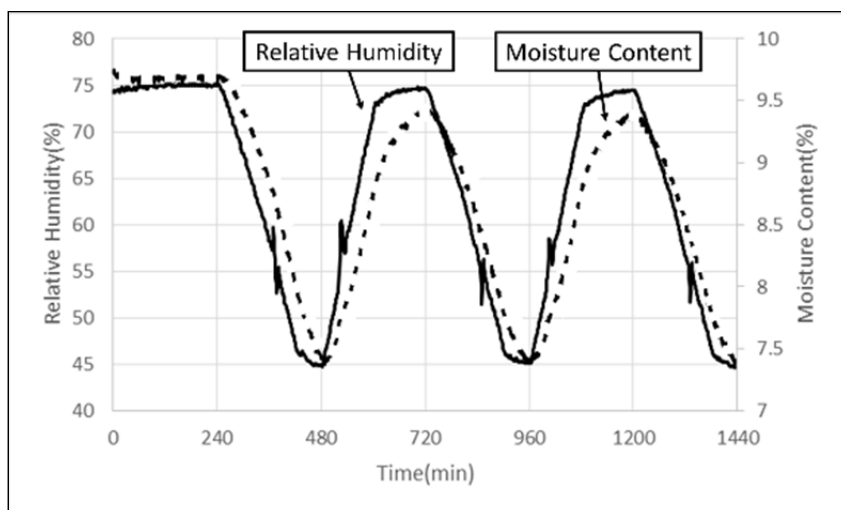


Fig.12 Drifted Moisture Content Changing by Relative Humidity
(Moisture Content Start from 9%)

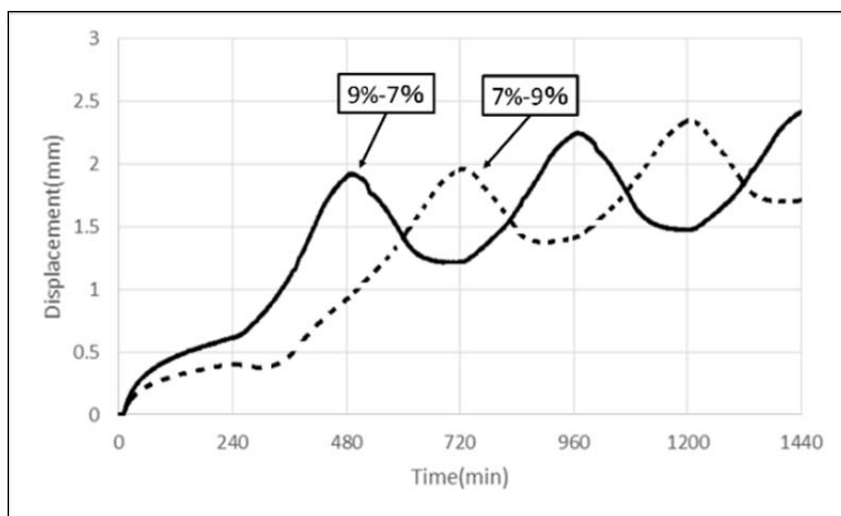


Fig.13 Time Series of Box Deformation Drifting Moisture Content

縮試験は短時間でかつ簡単に試験が出来るのに対して、一定荷重試験は長時間でかつ手間のかかる試験であるため、行わないこともある。

段ボール箱の圧縮強度は、空箱を使用し箱が完全に潰れるまでの加えた荷重の

最大値として評価される。ほとんどの箱では、圧縮荷重を加えていくと、箱側面の胴膨れがすすみ最大荷重が加わったときに箱が座屈する。現場管理からみれば、座屈するときの荷重（圧縮強度：座屈荷重）よりも、胴膨れの程度と荷重の関係

が重要であるものの、圧縮試験で胴膨れの大きさを精密に計測・公表された事例²²⁾は限られている。

室谷ら²³⁾は、段積み時の段ボール箱単体の必要圧縮強度を、段積みでの一定荷重試験を行わず単体の静圧縮試験及び一定荷重試験を数回行うことで推定する方法を提案するとともに、実験によってその有効性を検証している。また大山ら²⁴⁾は、一定荷重試験を行わずに静圧縮試験のみで段ボール箱の座屈変位および座屈時間を推定する方法を提案し、実験によってその有効性を検証している。

門田²⁵⁾は、段ボール箱が保管されている倉庫内の温湿度、段ボール箱の含水率と胴膨れ状況を通年にわたって調査している。その結果、倉庫内の湿度が 80%を超え、段ボール箱の含水率が 11%を超える場合に、段ボール箱の胴膨れが観察されている。したがって、倉庫内で段積みされた段ボール箱が胴膨れ・座屈することを未然に防ぐためには常に段ボール箱の含水率をモニタリングすることの有用性を示唆している。中尾ら²⁶⁾は、現場測定に適した段ボール箱の含水率測定方法として、あらかじめ絶乾させたときの質量が既知である段ボールシートについて、同材質の段ボール箱が段積みされた環境下で常時計測モニタリングすることを提案し、それによって倉庫内保管段ボール箱の胴膨れ・座屈に対するリスク管理が可能になることを述べている。さらに、

連続して段ボールの含水率を測定する具体的な方法について提案し、その有用性を検証している²⁷⁾。

7. 結言

3 枚の板紙を加工した基本的な姿かたちが基本的に変わっていない「100 年以上前から完成形であった」段ボールは、世界各国で生産されている。「いつもそこにある段ボール」だが、それにまつわる多くの開発・創意工夫・生産管理の技術・技能も隠されている。環境に優しい資材である段ボールの適用範囲はこれまでの包装・容器からさらに広がりをもせつつあり²⁸⁾、少しでも薄く・軽く・強く、そして弱点である湿気に強い段ボールの開発・生産・管理技術のさらなる発展が期待される。

<引用文献>

- 1) 松本諒平, 斎藤勝彦, 山原栄司, 段ボール静圧縮強度の統計的検討, 日本包装学会誌技術報告, 22(2), p. 169(2013)
- 2) JIS Z 8156: 2012 紙及び板紙 - 圧縮強さ試験方法 - ショートスパン法
- 3) JIS P 8126: 2005 紙及び板紙-圧縮強さ試験方法-リングクラッシュ法
- 4) JIS Z 0403-2: 1999 段ボール - 第2部: 垂直圧縮強さ試験方法
- 5) JIS Z 0212: 1998 包装貨物及び容器 - 圧縮試験方法

- 6) K. Q. Kellicutt, E. F. Landt, Basic design data for the use of fiberboard in shipping containers, *Fiber Containers*, **36**(12), p. 62(1951)
- 7) 高山崇, 東山哲, 牧内隆文, 斎藤勝彦, あらゆる形式の段ボール箱に
適応可能な圧縮強度推定方法の提案, *日本包装学会誌一般論文*, **26**(2), p. 109(2017)
- 8) R. C. McKee, J. W. Gander, J. R. Wachuta, Compression strength formula for corrugated boxes, *Paperboard Packaging*, **48**(8), p. 149 (1963)
- 9) 高山崇, 斎藤勝彦, 東山哲, 箱サイズを限定しない 0201 形式段ボール箱の圧縮強度推定式, *日本包装学会誌一般論文*, **28**(3), p. 175(2019)
- 10) 川端洋一, よくわかる段ボール包装設計講座－合理化のための圧縮強度の考え方－, *日報*, p. 138 (2000)
- 11) J. Singh, S. P. Shigh and K. Saha, Effect of Horizontal Offset on Vertical Compression Strength of Stacked Corrugated Fiberboard Boxes, *Journal of Applied Packaging Research*, **5**(3), p. 131(2011)
- 12) 田村祥, 斎藤勝彦, 山原栄司, パレット積みされた段ボール箱の限界保管時間について, *日本包装学会誌技術報告*, **18**(3), p. 213(2009)
- 13) JIS Z 0200 包装貨物-性能試験方法 一般通則 2013
- 14) K. Q. Kellicutt and E. F. Land, Basic Design Data for the Use of Fiberboard in Shipping Containers, *Forest Product Lab.*, No. D1911, p. 14(1951)
- 15) R. Thielert, Determination of Stacking Load - Stacking Life Relationship of Corrugated Cardboard, *Tappi Journal*, **67**(11), p. 110(1984)
- 16) 斎藤勝彦, 波多野諭志, 段ボール箱圧縮試験の等価性 I - 荷重期間による荷重係数一, *日本包装学会誌ノート*, **25**(1), p. 37(2016)
- 17) 五十嵐精一, 段ボール包装技術実務編, *日報出版*, p. 399 (2012)
- 18) 波多野諭志, 斎藤勝彦, 東山哲, 含水率が急変する段ボール箱の圧縮挙動, *日本包装学会第 25 回年次大会予稿集*, p. 38 (2016)
- 19) 波多野諭志, 斎藤勝彦, 静荷重作用下での段ボール箱の含水率と伸縮率の関係について, *日本包装学会誌ノート*, **26**(2), 131(2017)
- 20) Hussain S, Douglas W Coffin, Christine Todoroki, Investigating Creep in Corrugated Packaging, *Packaging Technology and Science*, **30**(12), p. 757(2017)

- 21) 波多野諭志, 斎藤勝彦, 東山哲, 中尾善和, 湿度環境変動時の段ボール箱一定荷重圧縮特性, 日本包装学会誌一般論文, **27**(4), p.209(2018)
- 22) S. Paunonen and O. Gregersen, The Effect of Moisture Content on Compression Strength of Boxes Made of Solid Fiberboard with Polyethylene Coating - An Experimental Study, Journal of Applied Packaging Research, **4**(4), p.223(2010)
- 23) 室谷めぐみ, 斎藤勝彦, 山原栄司, 段積み段ボール箱の強度設計について, 日本包装学会誌技術報告, **20**(3), p.203(2011)
- 24) 大山絢加, 斎藤勝彦, 山原栄司, 段ボール箱クリープの簡易推定, 日本包装学会誌ノート, **22**(2), p.163(2013)
- 25) 門田恭明, 段ボール箱の含水率を指標とした胴膨れのリスクマネジメントの提案, 実務者のための力学的輸送包装設計ハンドブッカー設計の基礎と応用事例-(斎藤勝彦監修), テクノシステム, p.359(2018)
- 26) 中尾善和, 東山哲, 絶乾段ボールを用いた簡易的な含水率測定方法, 第53回全日本包装技術研究大会予稿集, p.270(2015)
- 27) 中尾善和, 東山哲, 絶乾段ボールを使った段ボール含水率の連続測定法の検討, 第56回全日本包装技術研究大会予稿集, p.251(2018)
- 28) レンゴー(株), 斎藤勝彦, トコトンやさしい段ボールの本, 日刊工業新聞社, p.122(2016)

(原稿受付 2019年9月14日)