

紙の高機能化と品質評価に関する研究(第2報)

－ 段ボール原紙の湿度環境変化を伴う静荷重試験 －

大平武俊、神山真一

Research on high function and quality evaluation of paper(II)

－ Static loading test with a humidity environment change of the liner －

Taketoshi OHIRA and Shinichi KOYAMA

段ボール原紙の湿度環境変化を伴う静荷重圧縮試験法について、恒温恒湿器内で段ボール原紙をリングクラッシュ法の試験片支持具にセットし、一定の荷重をかけた状態で湿度を上昇させる方法により検討を行った。今回検討した湿度上昇を伴う静荷重試験方法は、通常の標準状態での圧縮試験と異なり、荷重を一定にした状態で湿度環境を変化させるため、応力が変化せず湿度により強度が低下して座屈に至るプロセスとなり、湿度変化に対する紙の圧縮特性を評価する一つの方法になると考えられる。

1. はじめに

紙は湿度が変化すると含水率が変化し、その物性(伸びや強度等)に大きな影響を及ぼす。紙の使用される環境は様々な状況があり、その環境の変化は、紙の物性を大きく変化させ、不具合を生じさせることがある。これらにより生じる損失は、紙を作る側・使う側にとって低減したいリスク要因である。特に段ボールなどは、公称の紙物性値から算出されJISに規格された安全率に基づき、強度設計が行われるが、適正な設計であっても包装材の使用される環境状態によっては破損が生じて、様々な不具合がもたらされる。紙物性は製造から流通まですべて標準条件(23℃、50%r.h.)で評価されるため、紙の使用・保管時の様々な環境状態における物性変化の把握不足が課題となっている。物性評価の一つである圧縮試験についても、標準条件下で評価されるため、湿度による影響は考慮されない。

そこで、本研究では、湿度環境変化を伴う紙の強度変化に関する試験方法を検討することとし、本年度は、段ボール原紙の湿度環境変化を伴う静荷重圧縮試験方法について検討を行った。

2. 試験方法

試験体(段ボール原紙:内装ライナー 坪量 121 g/m²)を標準試料打抜機(熊谷理機工業(株)製 No.2128 A)により幅15 mm(紙の縦方向を長手方向とした)に打ち抜き、長さを152 mmに切断したものを、JIS P8126:1994板紙の圧縮強さ試験方法(リングクラッシュ法)の試験片支持具にセットし、恒温恒湿器((株)いすゞ製作所製 TPAV-120-20)の中に設置した図1の荷重装置の中央に置き、試験片の上に抑え板(52.6 g)を乗せ、荷重装置の上板と抑え板が接触しないように上板を吊り下げた状態で上板に規定重量のおもりを乗せ、恒温恒湿器の扉を閉めて40℃、50%r.h.の環境下に1時間放置後、恒温恒湿器

外部からの操作でおもりを乗せた上板を下降させて荷重をかけ、6分後に0.8%r.h./minの速度で昇湿を開始し、98%r.h.まで湿度を上昇させ、その後98%r.h.で20分放置した。試験中の上板の位置をデジマチックインジケータ((株)ミツトヨ製 ID-C125XB)にて測定した(図1参照)。試験片の短辺方向を高さとし、セットした状態の上方向を正の値とした。また、試験片の長辺方向中央の径方向外側を2次元レーザ変位センサ((株)キーエンス製 LJ-G015)にて測定した(図1参照)。径方向外側方向を正の値とし、その測定エリアで最も外側の位置をピーク値とした。また、湿度は恒温恒湿器の測定値を用いた。

おもりの重量は、試験片に加わる荷重が、試験体をJIS P8126(ただし試験片を15 mm幅とした)にて測定した最大荷重に対して、1/2、1/3、1/4、1/5となるように設定した。また、ブランク試験として荷重装置を使用せず抑え板の上にデジマチックインジケータを設置して測定した。

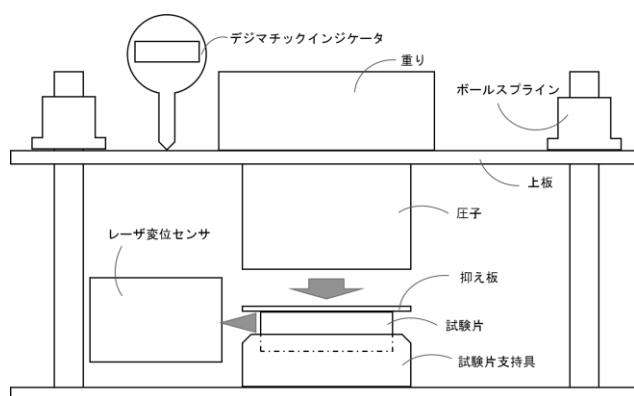


図1 実験装置の概略図

3. 結果と考察

昇湿開始時の高さを0としたときの、高さや湿度の経時変化を図2に示した。ブランクは、湿度上昇に伴い高さが

上昇した。これは、湿度上昇に伴い紙の含水率が上昇し、繊維の膨潤等により紙が伸びたことによると考えられる。荷重をかけたサンプルは、湿度上昇に伴い高さが上昇し、次に一定となり、その後下降して座屈へと変化した。また、荷重が大きいほど、高さ上昇は緩やかであった。さらに、荷重が大きいほど、一定になり始める時の湿度が低く、下降し始める時の湿度も低かった。座屈するまでの時間についても、荷重が大きいほど短くなった。

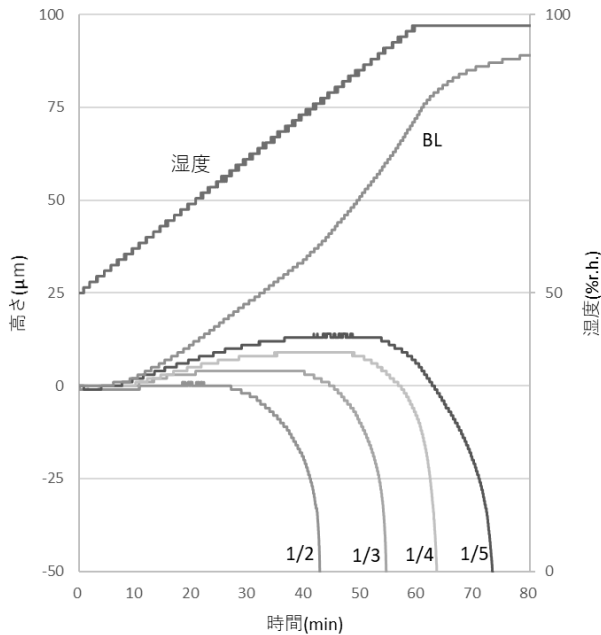


図2 高さや湿度の経時変化

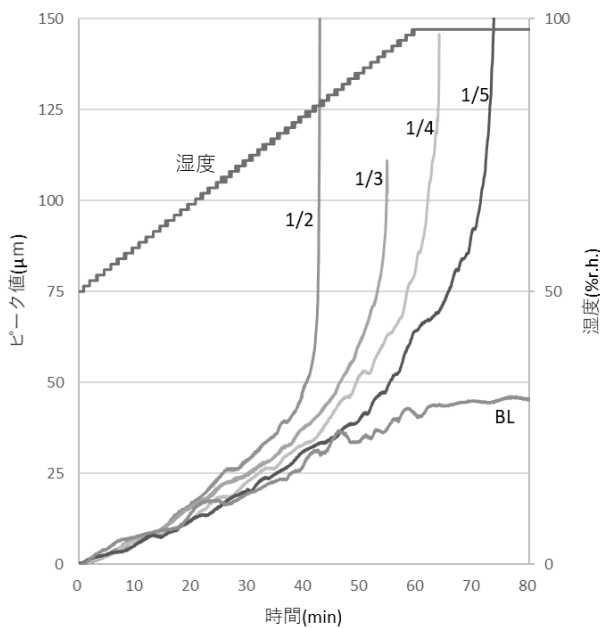


図3 ピーク値と湿度の経時変化

昇湿開始時のピーク値を0としたときの、ピーク値と湿度の経時変化を図3に示した。ブランクは、湿度上昇に伴い

ピーク値がほぼ一定の率で上昇した。これは、湿度上昇による紙の含水率上昇に伴う繊維の膨潤等の影響と考えられる。荷重をかけたサンプルのピーク値の変化は、湿度上昇に伴いブランクと同様に上昇した後、ブランクよりも上昇率が大きくなり、その後急激に上昇して座屈した。また、荷重が大きいほど、ピーク値がブランクより大きくなり始める湿度が低くなった。

荷重サンプルの変化は次の四つの段階として考察される。第一段階は、高さがブランクよりは上昇率は小さく、荷重が大きいほど緩やかに上昇し、径方向への変形については荷重の有無による差がなかった。これは、湿度上昇に伴う紙の伸びと荷重が大きいほど(応力が大きいほど)増加する圧縮ひずみとのバランスによるものと考えられ、さらにこの段階では、含水率上昇による強度が低下しても高さ方向のみの圧縮ひずみで耐えることが可能な強度であるためと考えられる。第二段階では高さの上昇が抑えられ始めその後高さが一定となるとともに、ブランクに比べて径方向への変形が発生し始めた。これは、湿度上昇に伴う含水率の上昇による強度低下により、高さ方向のひずみだけでは荷重に耐えることができなくなり、径方向への変形となり、紙の伸びが増加した分が径方向への変形に寄与した結果と考えられる。第三段階では高さが徐々に下降し径方向の変形も徐々に大きくなった。これは、さらに強度低下が進み、高さ方向の伸びの分以上にさらに径方向に変形したため、高さが下降していき、湿度が上昇するにつれて径方向の変形が増加して高さの下降変化が増大していったと考えられる。第四段階は、強度低下と径方向の変形の増大により、荷重に耐えられなくなり座屈したと考えられる。

第二段階から第四段階で、荷重が大きいほど各段階が始まる湿度が低く(時間が早く)なることは、湿度上昇に伴う強度低下は同じなので、応力が大きいほど繊維自体の損傷¹⁾や紙自体の折れ曲がりが進みやすくなることによるものと考えられる。

4. まとめ

段ボール原紙の湿度環境変化を伴う静荷重圧縮試験方法について検討を行い、その圧縮特性を把握した。JISのリングクラッシュ法は、標準状態で一定の速度で圧縮していくので、湿度が一定のため紙の強度は変化せず応力が徐々に大きくなり座屈に至るプロセスに対し、今回検討した湿度上昇を伴う静荷重試験方法は、荷重を一定にした状態で湿度環境を変化させるため、応力が変化せず湿度上昇に伴い含水率が上昇し強度が低下して座屈に至るプロセスとなり、湿度変化に対する紙の圧縮強度特性を評価する一つの方法になると考えられた。

【参考文献】

- 1) 古川郁夫ら, 紙パ技協誌, 45(5), pp. 58-66, 1991