

研究論文

段ボールシートの原紙推定方法に関する研究

飯田恭平*¹、佐藤幹彦*¹、徳田宙瑛*²

Study on Estimate Method of a Liner and Corrugating Medium from a Corrugated Fiberboard

Kyohei IIDA*¹, Mikihiko SATO*¹ and Hiroaki TOKUDA*²Industrial Research Center*^{1*2}

段ボールシート(以下「シート」とする)からシートを構成するライナ及び中しんの材質を推定する方法について検討を行った。その結果、JIS規格で定める試験と新たに提案した試験の結果から原紙の材質を推定するシステムを作成し、シートの材質を推定することが可能となった。また、実際にシートから測定したシート物性値(以下「実測値」とする)と原紙物性値から計算したシート物性値(以下「計算値」とする)の関係を明らかとした。

1. はじめに

近年、製造拠点の海外進出に伴い、段ボール箱等の包装資材は現地で調達するが、技術や経験を必要とする包装設計に関しては国内で行う事例が増えている。そうしたなか、海外製段ボールに関する情報は少なく、国内との紙の質に違いがあるため包装設計が非常に困難となっている。シートが想定した強度を得られない要因は様々あるが、これまで段のつぶれ¹⁾や大気中の湿気の影響²⁾に関する研究が進められてきた。その他にも、原紙自体の強度が低いことも考えられるが、シートの状態から原紙の材質及び強度を調べる方法は存在しない。そこで、本研究ではシートからシートを構成する原紙の材質を推定する方法について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 実験試料

段ボールは図1に示すように表と裏に使われる原紙のライナとライナに挟まれている波形の原紙の中しんから構成されている。ライナ及び中しんは坪量と呼ばれる1m²あたりの質量と原紙の強度によって種類が分けられている。そこで本研究では坪量160g/m²、170g/m²、210g/m²、270g/m²及び280g/m²のライナと坪量120g/m²の中しんを用いて行った。さらに、製造企業が異なる原紙を含め、ライナ11種類、中しん2種類及びこれらのライナと中しんから作られた7種類の組合せのシートを用意した。シートの種類は国内で一般的に用いられている厚さが5mmのA段両面段ボールとした。

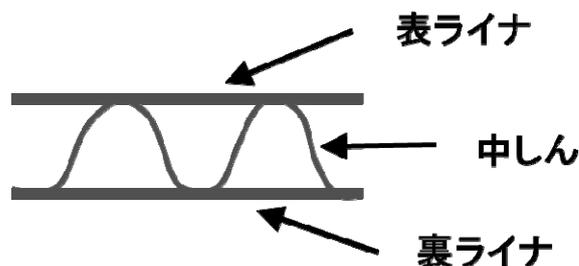


図1 段ボールの構成

2.2 試験方法

試験は実験試料を23℃ 50%R.H.の環境下で24時間以上調湿した後に0内に示す下記規格に基づいて行った。

2.2.1 段ボール原紙の測定項目

(1)坪量 (JIS P 8124)

試験片寸法は180×260mm、測定回数は10回とした。

(2)破裂強さ (JIS P 8131)

測定回数は表と裏から各10回の合計20回とした。

(3)ISO圧縮強さ (JIS P 8126)

測定回数は10回、圧縮速度は13 mm/minとした。

2.2.2 段ボールシート測定項目

(1)坪量 (JIS P 8124 準用)

試験片寸法は140×285mm、測定回数は10回とした。

(2)破裂強さ (JIS P 8131)

測定回数は表と裏から各10回の合計20回とした。

(3)垂直圧縮強さ (JIS Z 0403-2)

測定回数は10回、圧縮速度は13 mm/minとした。

*¹産業技術センター 環境材料室 *²産業技術センター 環境材料室 (現尾張繊維技術センター 機能加工室)

2.3 原紙物性値からシート物性値の計算方法

原紙物性値から計算値は以下の計算式で求めた³⁾。

$$M=M1+1.6\times M2+M3 \quad (1)$$

M:シートの坪量(計算値)(g/m²)

M1:表ライナの坪量(g/m²)

M2:中しんの坪量(g/m²)

M3:裏ライナの坪量(g/m²)

$$F=F1+1.6\times F2+F3 \quad (2)$$

F:シートの垂直圧縮強さ(計算値)(kN/m)

F1:表ライナの ISO 圧縮強さ(kN/m)

F2:中しんの ISO 圧縮強さ(kN/m)

F3:裏ライナの ISO 圧縮強さ(kN/m)

$$P=P1+P2 \quad (3)$$

P:シートの破裂強さ(計算値)(kPa)

P1:表ライナの破裂強さ(kPa)

P2:裏ライナの破裂強さ(kPa)

2.4 原紙推定方法

原紙の推定方法は以下の手順とし、原紙物性値データは JIS Z 3902 及び Z 3904 を用いた。

手順 1 原紙物性値データから表ライナ、中しん、裏ライナの材質をそれぞれ選び、シート物性値を計算で求める。

手順 2 原紙推定を行うシートの実測値と**手順 1**で求めた計算値を比較する。

手順 3 **手順 1**及び**手順 2**を原紙物性値データの全ての原紙の組合せで行い、その中から物性値の近い組合せを選定する。

2.5 ピン刺し強さ試験

材質の推定精度向上を目的として、シートの表、裏のライナの材質を確認するために「ピン刺し強さ試験」を提案し、検討を行った。

ピン刺し強さ試験の様子を**図 2**に示す。試験は直径

1.96mm の円柱状治具がシートのライナを破る時の最大抵抗値を測定し、その値をピン刺し強さとした。測定部は**図 3**で示すように中しんの谷部で行い、試験片の上面のライナが破れた時点で試験を終了した。試験は試験片の表と裏でそれぞれ各 10 回行い、圧縮速度は 13mm/min とした。

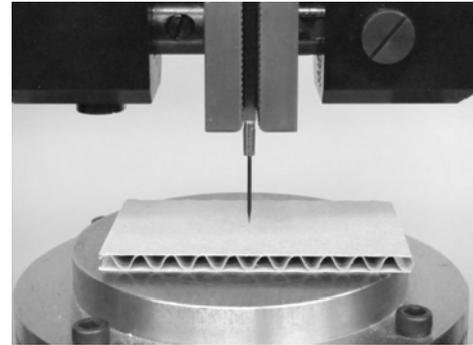


図 2 ピン刺し試験の様子

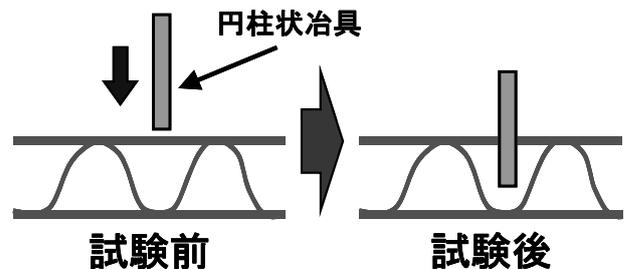


図 3 測定部の様子

3. 実験結果及び考察

3.1 原紙及びシート物性値

原紙物性値の実測値を表 1、シート物性値の実測値と計算値を表 2 に示す。

3.2 実測値と計算値の関係について

実測値と計算値を比較すると、誤差に偏りがあった。

表 1 原紙物性値

サンプル No.		ライナ										中しん		
		1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	m-1	m-2
物 性 値	坪量 (g/m ²)	158	159	168	171	172	208	210	210	210	264	281	118	119
	ISO 圧縮強さ (kN/m)	1.09	1.33	1.53	1.45	1.50	2.00	2.02	2.18	2.24	2.75	3.16	0.70	0.85
	破裂強さ (kPa)	303	399	529	466	511	644	596	596	581	712	818	266	273

表2 シート物性値

サンプル No.		f-1		f-2		f-3		f-4		f-5		f-6		f-7	
原紙構成	表ライナ	l-1		l-2		l-3		l-4		l-6		l-9		l-11	
	裏ライナ	l-1		l-2		l-5		l-4		l-7		l-8		l-10	
	中しん	m-1		m-2		m-2		m-1		m-2		m-1		m-2	
物性値		実測値	計算値												
	坪量 (g/m ²)	524	505	517	509	541	531	543	530	619	608	618	609	739	736
	垂直圧縮強さ (kN/m)	4.94	3.30	4.94	4.02	5.92	4.39	5.60	4.02	6.86	5.38	6.11	5.54	8.36	7.27
	破裂強さ (kPa)	589	606	779	798	945	1040	890	932	1161	1240	1124	1177	1376	1530

実測値と計算値の関係を図4、図5及び図6に示す。実測値と計算値の差の平均値から、計算値は実測値よりも坪量で -10 g/m²、垂直圧縮強さで -1.25 kN/m、破裂強さで 73kPa 高くなるのが分かった。誤差が生じた要因として、坪量ではライナと中しんを接着している糊の質量を計算式に含んでいないため、計算値の方が低くなったと考えられる。破裂強さでは試験時に試験片を 700 ~ 1200 kPa の圧力をかけて固定するので、図7に示すように厚みのあるシートの場合には段を潰すことでライナが引張られるため、実測値の方が低くなったと考えられる。垂直圧縮強さでは前田ら⁴⁾の研究で計算値よりも実測値の方が高くなるのが報告されており、本研究でも同様の結果となった。

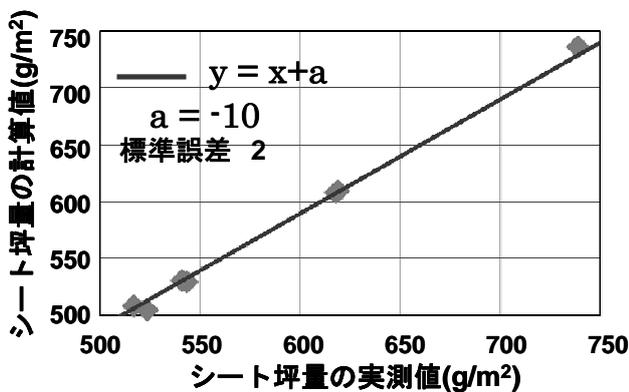


図4 坪量の実測値と計算値の関係

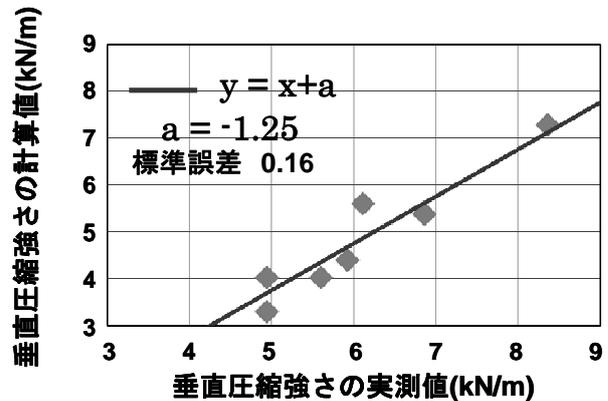


図5 垂直圧縮強さの実測値と計算値の関係

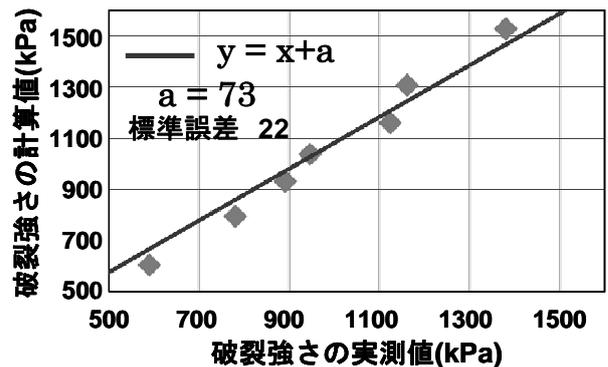


図6 破裂強さの実測値と計算値の関係

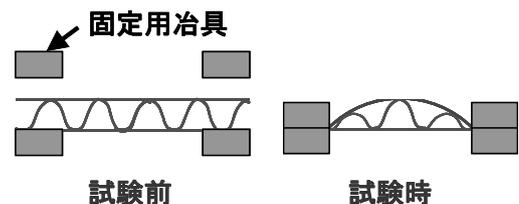


図7 破裂試験の試験時の様子

3.3 ピン刺し強さ試験

表3にf-1、f-5、f-7の試験片のピン刺し強さを測定した時の試験結果を示す。表ライナと裏ライナに同じ又は同等の材質の原紙を使用しているf-1、f-5に関しては、ピン刺し強さは近い値が測定されたが、表ライナと裏ライナに異なる材質の原紙を使用しているf-7に関しては、ピン刺し強さは大きく異なる値が測定された。このことから、ピン刺し強さ試験は表ライナと裏ライナの原紙が同等品かどうかの判定に利用できると考えた。

表3 ピン刺し強さ

サンプル No.	f-1	f-5	f-7
表ライナ ピン刺し強さ(N)	15.4	25.7	37.8
裏ライナ ピン刺し強さ(N)	15.4	26.1	32.9

3.4 原紙推定システムの作成

原紙推定方法の手順を計算機による一括処理を行うために、C言語を用いたプログラムによる原紙推定システムを作成した。システムの概要は図8に示す。また、図4、5、6の結果から実測値と計算値の誤差を補正するために、 $a \pm$ (標準誤差)の値を使用した。ピン刺し強さ試験による表、裏ライナの材質判定基準は、図9に示すように表、裏ライナの平均値の $\pm 3\%$ 以内にそれぞれの値が収まっている場合に同等品であると判定することとした。

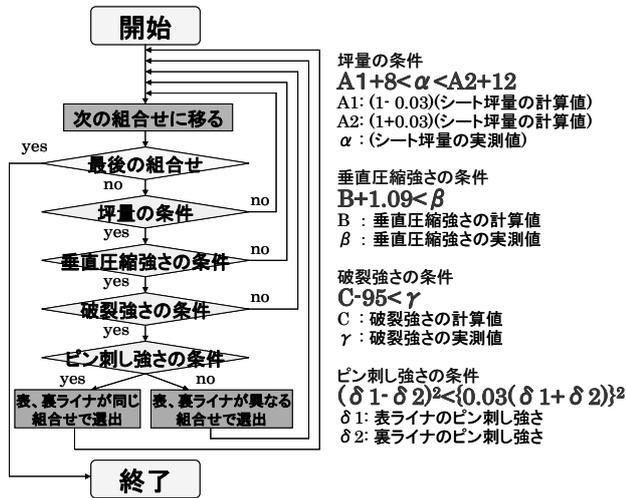


図8 推定システムの概要

$$(1-0.03) \frac{\delta 1 + \delta 2}{2} < \delta 1 < (1+0.03) \frac{\delta 1 + \delta 2}{2}$$

かつ

$$(1-0.03) \frac{\delta 1 + \delta 2}{2} < \delta 2 < (1+0.03) \frac{\delta 1 + \delta 2}{2}$$

$$(\delta 1 - \delta 2)^2 < \{0.03(\delta 1 + \delta 2)\}^2$$

図9 ピン刺し試験による材質判定基準

3.5 原紙推定システムの評価

原紙推定システムの評価のために新たに3種類のシートを用意し、材質推定を行った。表4に用意した代表のシートの材質及び物性値、表5に材質推定の結果を示す。原紙推定システムを用いることで表ライナ、中しん、裏ライナの全組合せ1440種類の中から5種類の組合せ候補を示すことが出来た。また、5種類の候補の中に表4の材質の組合せも含まれており、シートの材質を推定することが可能となった。残りの2種類のシートについても同様の結果が得られた。今後、ピン刺し強さと破裂強さの関係性を明らかにしていくことで材質推定の候補を減らすことが可能と考えている。

表4 シートの材質及び物性値

材質	表ライナ	中しん	裏ライナ
	LB210	MC120	LB210
物性値	シート坪量(g/m ²)		607
	垂直圧縮強さ(kN/m)		6.46
	破裂強さ(kPa)		1380
	ピン刺し強さ(N)		表 30.3 裏 29.9

表5 材質推定結果

候補	表ライナ	中しん	裏ライナ	正誤
①	LB210	MC120	LB210	○
②	LB210	MC115	LB210	×
③	LA170	MC160	LA170	×
④	LB170	MB160	LB170	×
⑤	LC160	MB180	LC160	×

4. 結び

JIS規格で定める試験と新たに提案した試験の結果から原紙の材質組合せを推定するシステムを作成し、シートの材質の推定を可能にした。また、材質推定のための新たな試験方法の「ピン刺し強さ試験」を提案し、材質判定に利用できることを示した。さらに、シートの実測値と原紙物性値から計算した計算値の関係を明らかにした。

文献

- 1) 葩島ら：日本包装学会 第19回年次大会予稿集, P129 (2010)
- 2) 東山ら：日本包装学会第21回年次大会予稿集, P86 (2012)
- 3) 五十嵐：段ボール包装技術入門, P52(1988), 日報
- 4) 前田ら：第50回全日本包装技術研究大会予稿集, P82 (2012)