

ペーパーコアパネルの品質試験(2)

- ロールコアのセルサイズとコア厚さの影響 -

池田修三 宮野力
若井実

1. まえがき

最近ペーパーコアが、家具、建具、建築用パネル等の中芯材料として、いろいろな用途に使用されるようになってきた。

一般にサンドイッチ構造材の特徴は、強くて薄い2枚の表面材の間に、軽くて且つ所要の強度を有する芯材を接着して、2枚の表面材を平行に保ち、あたかも軽量芯材をウェブとしたHビーム構造とすることによって、比強さや比剛性、即ち軽量強度メリットを増大させることにある。しかも2枚の表面材の間隔を増すにつれて、断面2次モーメントが急増し、パネルの比重も小さくなるので、中芯材料が厚いほど軽量構造メリットが大きいとされている¹⁾。

ペーパーコアも、厚物軽量パネルの中芯材料として、広い用途に使用される可能性を有しているが、ペーパーコアを使用したサンドイッチパネルの構成および加工工作法と、ペーパーコアパネルの品質に関する実際的な実験データが不足のため、その需要が未だ限定されているように思われる。

本報では、ペーパーコアの一種であるS.T.ロールコアについて、実用的な資料を得ることを目標にして、セルサイズの異なった2種類のロールコアのコア厚さを変えた場合の、パネルの圧縮、剥離、曲げ強度特性に及ぼす影響について検討した。

なお試験を行なうにあたり種々助言下された、北海道大学工学部、金内忠彦助教授に厚く謝意を表す。

2. 試験方法

2.1 供試材料

ペーパーコアは、第1表に示したような、セルサイズ²⁾が8.5mm (No.85)と14mm (No.140)の、2種類のS.T.ロールコア(日本軽量材工業 K.K. 札幌工

第1表 供試ペーパーコア

種 類	S.T. ロールコア	
	No. 85	No. 140
原 紙	セミケミカル紙	左 と 同 じ
坪 量 (g/m ²)	125	〃
含 浸 樹 脂	尿 素 樹 脂	〃
樹脂付着率 (%)	10	〃
セルサイズ (mm)	8.5	14
S型コルゲートの積層段数	5	3
積層接着剤	ニ カ フ	左 と 同 じ

場製)を用いた。本報では、前者 (No.85) をロール85、後者 (No.140) をロール140と略称することにする。

表面材には、厚さ3.8mmのシナ合板(3プライ、類)を用いた。

2.2 パネルの製造

試験用パネルの寸法は、巾36.5cm×長90cmとし、コアの表裏にシナ合板を、対称構成パネルとなるように熱圧接着した。コアの厚さは、ロール85とロール140の両者について、それぞれ10、20、30、40、50mmの5条件を採用した。表面材の配置方向は、合板の表単板の繊維方向が、パネルの長手方向と平行となるように一定した。

パネルの製造条件は、過去の試験²⁾³⁾により得られた最適条件に基づき、とくにコア厚さ精度、および接着時の圧縮圧力に留意し、下記のようにして製作した。

まず、コアの厚さムラは、所定厚さの±0.15mm以内のものを使用した。コアの配置方向は、S型コルゲートの製造方向(ロールコアの長さ方向)³⁾が、パネルの長手方向に対して直交する向きになるように統一した。なお、入手したロールコア・ブロックの積層高さ(ロールコアの巾方向)³⁾は7.5cmなので、所定の厚さに鋸断した同厚のコアブロックを、更に積層方向

にニカワで横接ぎ接着して、パネルの寸法に適合する大きさの、連続した1ケのコアを、それぞれ予かじめ製作した。

コアと表面材との接着剤の配合および塗布量は、前報³⁾と同一にした。

ホットプレス条件は、ロールコアのセルサイズに応じて圧縮圧力のみを変え、その他の条件(温度、時間)は一定にして、下記のように行なった。

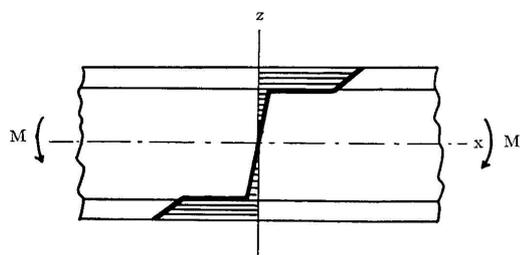
熱盤温度	104±1°C	
圧縮圧力	ロール 85	2 kg/cm ²
	ロール 140	1 kg/cm ²
圧縮時間	6分	

なお試験用パネルは、同一条件のものを各2枚づつ製造した。

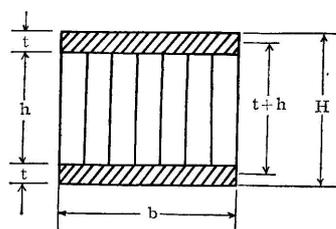
2.3 パネルの材質試験

前項のようにして製造したパネルを、20℃、65% R.H.の環境に平衡させてから、各パネルより試験片を裁断し、含水率、比重、および圧縮、剥離、曲げ強度の各項目について試験を行なった。試験片の寸法、および試験方法は前報³⁾と同様である。

ところで一般にサンドイッチパネルの平面曲げ応力分布は、第1図(a)のようになると考えられる。従って、JIS-Z2113の曲げ強度の一般式である



(a) サンドイッチパネルの平面曲げ応力分布¹⁾



(b) パネル断面の寸法記号

第1図 パネルの断面図

$$\text{曲げ強さ } \sigma = \frac{M}{Z} = \frac{P \ell}{4 Z} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$\text{曲げヤング係数 } E = \frac{4 P \ell^3}{48 I \Delta y} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

ここに、M：最大曲げモーメント (kg・cm)

Z：断面係数 (cm³)

P：最大荷重 (kg)

l：スパン (cm)

P：比例域における上限荷重と下限荷重との差 (kg)

y：Pに対応するスパン中央のたわみ

(cm)

I：断面2次モーメント (cm⁴)

において、ZとEを求めるには、ZとIの決め方が問題になるが、本報では次の4式について計算した(第1図(b)参照)。

- (1) パネル断面を中実板とみなした場合

$$Z_1 = \frac{bH^2}{6}, \quad I_1 = \frac{bH^3}{12}$$

- (2) コアの部分を中空とみなした場合

$$Z_2 = \frac{b(H^3-h^3)}{6H}, \quad I_2 = \frac{b(H^3-h^3)}{12}$$

- (3) コアの部分が中空で、しかも表面材がコア厚さにくらべて薄いと考えた場合⁴⁾

$$Z_3 = btH, \quad I_3 = \frac{btH^2}{2}$$

- (4) コアの部分が中空で、かつ表面材内の応力は厚さ方向に均一分布であると仮定した場合¹⁾

$$Z_4 = bt(t+h), \quad I_4 = \frac{bt(t+h)^2}{2}$$

ここに、b：パネル巾 (cm)

H：パネル厚さ (cm)

h：コア厚さ (cm)

t：表面材厚さ (cm)

なお、 I_3 は I_2 より次のようにして誘導した(Z_3 も同様)。 $H^3-h^3 = (H-h)(H^2+Hh+h^2)$

$$h \gg t \text{ とすると } H^2 \approx Hh \approx h^2$$

$$\therefore H^3-h^3 = 2t \cdot 3H^2 = 6tH^2$$

$$\therefore I_2 = \frac{b(H^3-h^3)}{12} \approx \frac{btH^2}{2} = I_3$$

上述の断面係数 $Z_1 \sim Z_4$ 、および断面2次モーメン

ト I₁~I₄ を用いて計算した、パネルの曲げ強さ () と曲げヤング係数 (E) を、本報では夫々 1~ 4, E₁~E₄ の記号で表示することにする。

3. 試験結果および考察

試験結果を第2表に示した。

3.1 圧縮強度

ロール 85 のパネルの圧縮強さは、コア厚さ 10~50 mm の範囲内では殆んど変わらない。ロール 140 のパネルの場合は、コア厚さが増すにつれて、僅か低下する傾向がみられるが、その影響は比較的小さい。

なお、それらの平均圧縮強さの比は、第2表に示したように 1.75 であり、セルサイズの比 $(\frac{8.5\text{mm}}{14\text{mm}} = \frac{1}{1.65})$ にほぼ反比例する。

3.2 剥離強度

剥離強さは、ロール 85 とロール 140 のどちらのパネルも、コア厚さに関係なく、それぞれ大体一定値を示した。

それらの平均剥離強さの比は 1.61 であり、圧縮強さの場合と同じように、セルサイズに大体反比例している。

なおパネルの剥離破壊状況は、コアのセルサイズと厚さに関係なく、いづれもペーパーコア破断が約 50% 接着面剥離が約 50% であった (夫々の状態で破壊したセル数の、試験片全面のセル総数に対する比率)。

3.3 曲げ強度

パネルの曲げ強さ 1~ 4, 曲げヤング係数 E₁~E₄ と、コア厚さとの関係を、ロール 85 の場合について図示すると第 2 図のようになる。ロール 140 の場合も、この図と同様な傾向を示す。

1, E₁ は、パネルを他の中実板と比較するときの参考値として示したものであるが、コア厚さが増すにつれて、それらの値は次第に小さくなる。

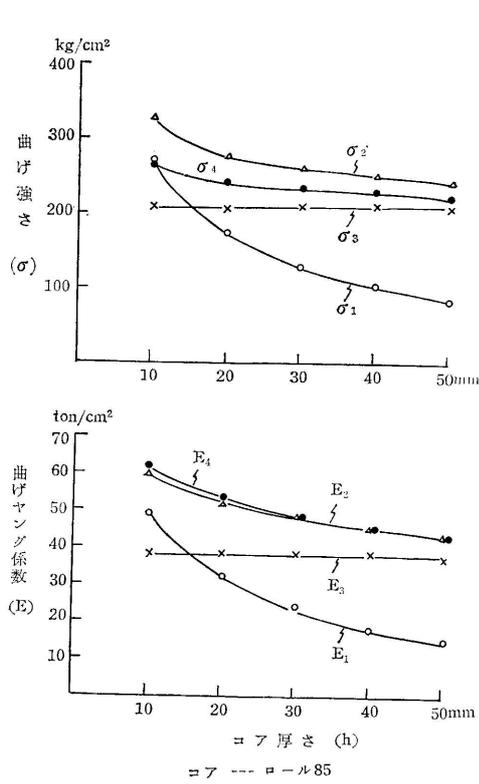
2, 3, 4 および E₂, E₃, E₄ は、サンドイッチパネルの曲げ強度の近似計算式として一般に用いられている式 (平面曲げをうけるサンドイッチパネルの曲げモーメントには表面材のみが影響するとみなし、芯材の影響は省略¹⁾した中空パネルの式) であるが、第 2 図および第 2 表に見られるように、本試験のパネルについては、 I_3 と E₃ の値が、即ち断面係数に $Z_3 = btH$, 断

面 2 次モーメントに $I_3 = \frac{btH^2}{2}$ (b=パネル巾, t=表面材厚さ, H=パネル厚さ) を用いたときの値が、

第 2 表 ロールコア・パネルの材質試験結果 (セルサイズとコア厚さの影響)

コ	種	類	ロ							ル					①					
			85							140										
ア	厚	さ	(mm)	10	20	30	40	50	平均	10	20	30	40	50	平均	②				
ハ	ネ	ル	厚さ (cm)	1.74	2.75	3.73	4.73	5.73		1.74	2.74	3.73	4.73	5.74						
			水率 (%)	13.7	13.4	13.2	13.6	13.1		13.6	13.4	13.5	13.5	14.0						
			比重	0.28	0.21	0.16	0.14	0.12		0.27	0.20	0.15	0.12	0.10						
圧	縮	強	さ	(kg/cm ²)	9.8	9.7	9.7	9.9	9.8	9.8	6.0	5.7	5.5	5.6	5.4	5.6	1.75			
剥	離	強	さ	(kg/cm ²)	9.5	9.7	9.3	9.7	9.1	9.5	5.8	6.1	5.8	5.6	6.0	5.9	1.61			
曲	げ	強	さ	σ_1 (kg/cm ²)	270	173	128	102	82		227	141	104	81	67					
				σ_2 (")	327	274	260	250	239		277	231	211	203	196					
				σ_3 (")	207	205	210	213	207	208	176	173	171	171	169	172	1.21			
				σ_4 (")	263	240	233	232	221		224	201	190	186	180					
曲	係	数	ヤ	ン	グ	E ₁ (ton/cm ²)	49	32	24	18	15		42	28	20	16	13			
						E ₂ (")	60	52	48	45	43		51	45	41	39	38			
						E ₃ (")	38	39	39	38	37	38	33	34	33	34	34	34	34	1.12
						E ₄ (")	62	53	48	45	43		53	46	41	39	38			
曲げ比例限度荷重 / 曲げ破壊荷重				0.33	0.33	0.47	約 0.5	約 0.5		0.54	0.53	0.59	約 0.6	約 0.6						
*	最大曲げモーメント	(kg·cm)	135	216	296	377	448		115	177	240	302	370							
*	曲げ剛性	(ton·cm ²)	23	56	101	157	230		19	47	88	139	205							
*	比最大曲げモーメント	(kg·cm)	490	1050	1850	2730	3730		426	904	1630	2520	3560							
*	比曲げ剛性	(ton·cm ²)	82	272	634	1140	1910		69	241	597	1160	1970							

* パネル巾 b=1cm の値



第2図 パネル曲げ強度計算式の比較

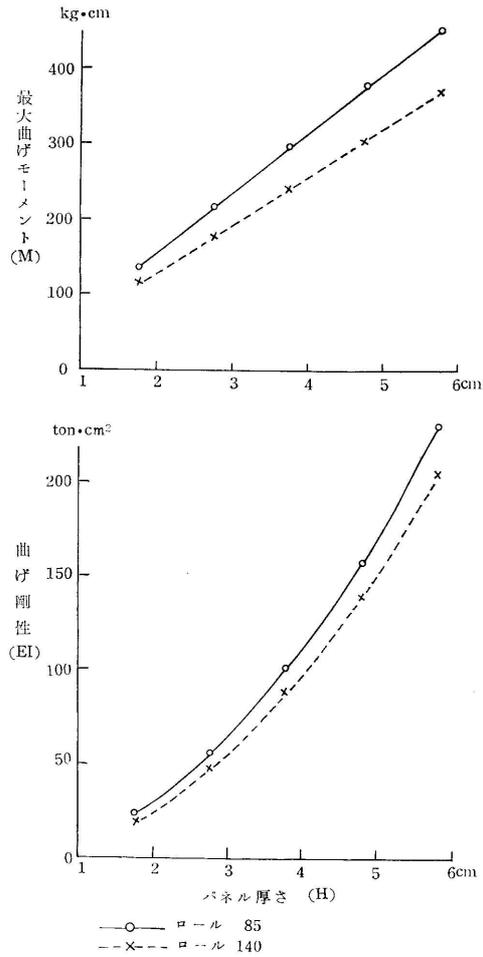
2種類のロールコアのパネルについて、コア厚さに関係なく夫々大体一定の値を示した。従って第3図に示すように、本試験のパネル ($t = \text{一定}$) の最大曲げモーメント ($M = Z$) はパネル厚さ H に、また曲げ剛性 (EI) は H^2 に大体比例して増加することが認められた (図の M , EI は、 $b = 1\text{cm}$ の値)。

なお、パネルの曲げ破壊状況は、いずれの場合も、コアの剪断座屈およびコアと表面材との接着面剥離によるものであった。

またロール85とロール140のパネルの平均曲げ強度 (σ_3 , E_3) の比は、第2表に示すように夫々1.21, 1.12と比較的小さく、セルサイズの影響はあまり大きくないが、パネルの曲げ強度については、コアの諸強度 (圧縮強さ、表面材との接着力、剪断抵抗、剛性など) も無視できないようなので、更に検討を要すると考える。

3.4 比曲げ強度

パネルの比重は、コア厚さを増すにつれて、第4図

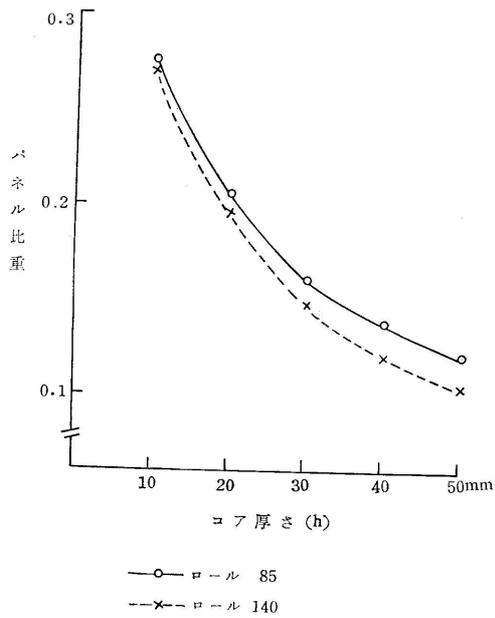


第3図 パネルの厚さと曲げ強度

のように次第に減少してゆく。従ってパネルの比最大曲げモーメント ($M/\text{比重}$) および比曲げ剛性 ($EI/\text{比重}$) は、第2表に示したように、コア厚さの増加につれて、それらの値は急激に上昇してゆく。従ってペーパーコアパネルの曲げ強度は、コアが厚いほど軽量強度メリットが大きいといえる。

3.5 ペーパーコアパネルの経済性

単位容積当りのペーパーコアの価格 (約1万円/m³) は、欠点部を除いた乾燥木材のそれに比べて、はるかに格安である。しかし木材とちがって、ペーパーコアでパネルを製作するには、これに表面材料、接着剤および加工費が必要となる。従って製作するパネルの厚さが薄ければ薄いほどペーパーコアパネルは相対的に割高となり、反対に厚ければ厚いほど割安になるであ



第4図 コア厚さとパネルの比重

るうことは容易に推察しうる。

清水氏⁵⁾が厚板, 積層合板, ランバーコア合板などと, ペーパーコアパネルとの製品コストを比較試算した結果によれば, 一般にパネル厚15~17mmを分岐点として, それ以下ではペーパーコアパネルが割高となり, それ以上の厚さでは割安になるという。従ってペーパーコアパネルは, 厚物になるほど経済的メリットも大きくなる。

文献

- 1) 島村昭治: サンドイッチ構造, 日刊工業新聞社 (1964)
- 2) 枝松信之, 長原芳雄: ロールコアの接着加工, 北林産試月報または木材の研究と普及, 昭和42年, 9月号
- 3) 池田修三, 宮野 力, 若井 実: ペーパーコアパネルの品質試験(1), 同上, 昭和43年, 5月号
- 4) 金内忠彦, 小林教秀: ペーパーコア合板のそりとたわみについて, 木材の研究と普及, 昭和39年, 6月号
- 5) 清水哲雄: ペーパーコアの建具への利用, 木工生産, Vol. 10, No. 7 (1966)

- 林産試 加工科 -

(原稿受理43.3.20)