

# ペーパーコアパネルの品質試験（４）

- 表裏板異種構成パネルの吸湿反りについて -

池田修三 宮野力  
若井 実

## 1. まえがき

ペーパーコアパネルの特徴は、軽量な割に感度と剛性が大きい<sup>1)</sup>こと、棧組フラッシュ構造パネルの欠点であるパネル表面の凹凸ひずみの矯正、そのほか熱絶縁性、耐衝撃性など種々の利点を有することであるが、その反面それを使用する温・湿度環境条件の変化によって、反るといふ欠点がある。この欠点はペーパーコアパネルだけに限った現象でなく、他のサンドイッチ構造材および複合構造材にも共通の問題<sup>2)</sup>であるが、ペーパーコアパネルの場合は、ペーパーコア自体に表面材の伸縮応力を抑制する力が全くない<sup>3)</sup>ためとくに顕著にあらわれるのではないかと考えられる。

本報では、ペーパーコアパネルの反りの防止対策の一つの手がかりを与えるための技術資料を得ることを目標にして、ペーパーコアの表面材に教種の木質板（合板、ハードボード類）を組み合わせ使用したペーパーコアパネル数種類を試作し、これらを常温において、比較的乾燥した環境から、湿度の高い環境へ移したときに発生する、パネルの吸湿による反りの現象測定とその理論的検討をおこなった試験結果を報告する。

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る。

## 2. 試験方法

### 2.1 供試材料

表面材料には、第1表に示したような、市販の合板、ハードボード類を用いた。

ペーパーコアは、市販のS.T.ロールコア No.140（日本軽最材工業K.K.札幌工場製）を用いた。

### 2.2 パネルの製造

試験用パネルの寸法は、巾10×長90cmとし、コアの表裏に第1表に示した各種の表面材料を、第2表に示す構成となるように冷圧接着した。供試パネルの数は、第2表のNo.1～10は各条件2コづつ、No.11～14は3コづつ製作した。

表面材の配置方向は、合板は表単板の繊維方向が、ハードボードは原板（91×182cm）の長手方向が、それぞれパネルの長手方向と平行となるようにした。

表面材とコアとの尿素樹脂接着剤の配合および塗布量は、前報<sup>4)</sup>と同一にした。

第1表 供試表面材料

表面材 記号	種類	公称厚さ (mm)	気乾比重	備考
A <sub>1</sub>	シナ合板	4	0.52	3 プライ、Ⅰ類 〃 〃
A <sub>2</sub>	〃	4	0.50	
B	〃	6	0.50	
C	ラワン合板	3	0.46	〃 〃
D	〃	4	0.47	
E <sub>1</sub>	両面平滑ハードボード	3.5	1.10	テトラ、S 350
E <sub>2</sub>	〃	3.5	1.14	〃
F	片面平滑ハードボード	3.5	0.93	ゴールデンボード、S 350
G	ポリエステル化粧合板	3	0.72	アサヒトップ（台板……ラワン合板）
H	プリント合板	3	0.66	トヨソ（〃）
I	透明塗装合板	4	0.52	クリヤラッカー2回塗（台板……シナ合板）

第2表 試験用パネルの構成

No.	パネル構成 記号	パネルの構成			備考
		表面板	裏面板	中芯材厚さ (mm)	
1	A <sub>1</sub> - 20 - A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	20	表裏板対称構成 (コントロール)
2	E <sub>1</sub> - 20 - E <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	〃	
3	F - 20 - F	F	F	〃	
4	A <sub>1</sub> - 20 - D	A <sub>1</sub>	D	〃	普通合板, ハードボードの組合せ
5	A <sub>1</sub> - 20 - E <sub>1</sub>	〃	E <sub>1</sub>	〃	
6	A <sub>1</sub> - 20 - F	〃	F	〃	
7	B - 20 - A <sub>1</sub>	B	A <sub>1</sub>	〃	
8	G - 20 - C	G	C	〃	片面に特殊合板を使用
9	H - 20 - C	H	C	〃	
10	I - 20 - A <sub>1</sub>	I	A <sub>1</sub>	〃	
11	A <sub>2</sub> - 10 - E <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	10	中芯材の厚さ変化
12	A <sub>2</sub> - 20 - E <sub>2</sub>	〃	〃	20	
13	A <sub>2</sub> - 50 - E <sub>2</sub>	〃	〃	50	
14	A <sub>2</sub> - 100 - E <sub>2</sub>	〃	〃	100	

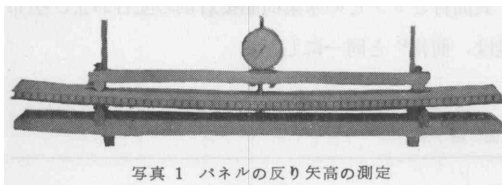
- (註) (1) 第1表の表面材記号で示した。  
 (2) 中芯材は、日本軽量材工業 K.K. のコールコア No. 140 を使用。

コールドプレス条件は、下記のとおり一定とした。

- 圧縮温度 約20
- 圧縮圧力 1kg/cm<sup>2</sup>
- 圧縮時間 約20時間

### 2.3 パネルの反り矢高の測定

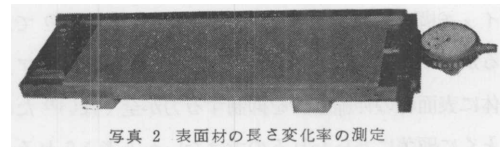
前項のようにして製造したパネルを、約20 , 40 %R.H. の環境 に約1ヵ月間、外力のかからぬ状態で静置して、その環境に平衡させてから、写真1に示すような矢高測定器を用いて、パネルの長手方向、中心線上のスパン600mmに対する中央矢高を測定した。



次いでそれらのパネルを、約20 , 85%R.H. の環境 に移し、約1ヶ月間静置してその環境に平衡させてから、環境 のときと同じ方法で中央矢高を測定した。

なお反り矢高の符号は、表面板側が凸のときを + , 凹のときを - とした。

2.4 表面材料の長さ変化率および含水率の測定  
 各表面材料から、巾10cm × 長さ29.5cmの試験片を



数個ずつ採取し、これらを前項のパネルと同一環境に置き、写真2に示すようなダイヤルゲージ付き長さ測定器を用いて、環境 の変化に対する長さ変化率を測定した。

また、両環境下におけるこれらの試験片の重量を測定し、最後に105 で乾燥して、それぞれの平衡含水率を求めた。

## 3. 試験結果

### 3.1 パネルの反り矢高の実測値

環境 の変化に対応する、吸湿によるパネルの反り矢高変化量の実測値を第3表に示した。初期条件、即ち環境 において、各パネルは必ずしも平らではなかったため、環境 と における矢高の測定値の差、 - = e を矢高変化量とみなした。

また、各表面材料の、環境 の変化に対応する平衡含水率、長さ変化量の測定結果を第4表に示した。この表から明らかなように、同じ環境変化に対して、各ボード類の長さ変化量がそれぞれ異なることが認め

ペーパーコアパネルの品質試験

第3表 吸湿によるパネルの反り試験結果

No.	パネル構成 記号	パネル厚さ (mm)			パネルの反り矢高 (mm) (2)				
		①	②	平均 H	実測値			計算値 $\delta_c$	誤差 $\delta_e - c$
					①	②	②-① $\delta_e$		
1	A <sub>1</sub> - 20 - A <sub>1</sub>	27.3	27.7	27.5	-0.05	-0.01	+0.04	0	+0.04
2	E <sub>1</sub> - 20 - E <sub>1</sub>	26.6	27.2	26.9	+0.13	+0.16	+0.03	0	+0.03
3	F - 20 - F	26.5	27.1	26.8	-0.52	-0.50	+0.02	0	+0.02
4	A <sub>1</sub> - 20 - D	27.4	27.7	27.6	-0.08	-0.01	+0.07	+0.15	-0.08
5	A <sub>1</sub> - 20 - E <sub>1</sub>	26.7	27.1	26.9	+1.65	-2.85	-4.50	-4.35	-0.15
6	A <sub>1</sub> - 20 - F	26.7	27.2	27.0	+1.87	-0.45	-2.32	-2.35	+0.03
7	B - 20 - A <sub>1</sub>	29.2	29.6	29.4	-0.47	+0.45	+0.92	+1.00	-0.08
8	G - 20 - C	25.8	26.2	26.0	0	-0.09	-0.09	-0.12	+0.03
9	H - 20 - C	25.8	26.0	25.9	+0.13	-0.13	-0.26	-0.26	0
10	I - 20 - A <sub>1</sub>	27.2	27.6	27.4	+0.12	+0.04	-0.08	0	-0.08
11	A <sub>2</sub> - 10 - E <sub>2</sub>	18.2	18.7	18.4	-0.43	-7.16	-6.73	-6.57	-0.16
12	A <sub>2</sub> - 20 - E <sub>2</sub>	27.5	28.6	28.1	-0.07	-4.26	-4.19	-4.31	+0.12
13	A <sub>2</sub> - 50 - E <sub>2</sub>	57.6	58.3	57.9	-0.06	-2.24	-2.18	-2.09	-0.09
14	A <sub>2</sub> - 100 - E <sub>2</sub>	107.0	107.9	107.5	+0.10	-1.04	-1.14	-1.13	-0.01
平均									-0.03

(註) (1) 表中の①は、約20°C、40% R.H. の環境下における測定値。  
 ②は、約20°C、85% R.H. の環境下における測定値。  
 (2) スパン600mmに対する中央矢高。  
 符号は、表面板側が凸のとき+、凹のとき-とした。

第4表 表面材料の吸湿膨脹測定結果

表面材 記号	平衡含水率		環境①→②の変化に対する		
	① (%)	② (%)	含水率増加 (%)	含水率1% あたりの平均 膨脹係数 ( $\times 10^{-4}$ )	長さ変化量 $\Delta l_1, \Delta l_2$ (mm)
A <sub>1</sub>	6.80	14.24	7.44	1.75	0.78
A <sub>2</sub>	6.53	14.47	7.94	1.89	0.90
B	7.50	15.48	7.98	2.44	1.17
C	8.32	15.69	7.37	1.89	0.83
D	8.13	14.26	6.13	1.97	0.73
E <sub>1</sub>	6.13	11.57	5.44	7.19	2.35
E <sub>2</sub>	5.64	11.50	5.86	7.15	2.51
F	6.42	12.49	6.07	4.46	1.63
G	6.47	13.72	7.25	1.82	0.79
H	7.81	14.55	6.74	1.84	0.74
I	6.80	14.24	7.44	1.75	0.78

(註) (1) 表中の①, ②は、第3表の註(1)と同じ  
 (2) スパン 600mmに対する換算値

反りに非常に大きく影響すること  
 をうかがい知ることができる。

また第3表のNo.11~14は、コ  
 ア厚さを変えた表裏板異種構成パ  
 ネルの試験結果であるが、パネル  
 の反りに及ぼすパネル厚さの影響  
 も、非常に大きいことが認められ  
 る。これらの関係を第1図に示し  
 た。

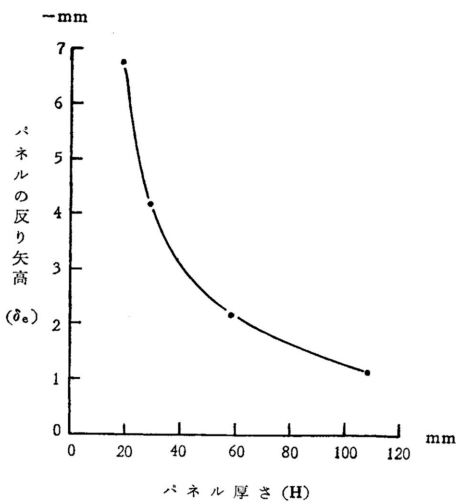
3.2パネルの反り矢高の計算値  
 ところで、パネルの反りの原因  
 を、表裏面板の膨脹、収縮のみに  
 よって生ずると仮定し、次に述べ

られる。

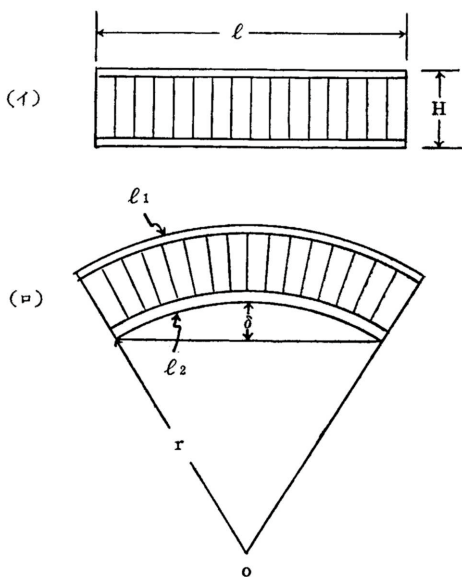
第3表のNo.2は、吸湿膨脹量が特に大きいハード  
 ボードを、表裏板対称構成となるように試作したパ  
 ネルであるが、吸湿による反り矢高の変化量は非常に小  
 さい。これに対して、同表のNo.5は、吸湿膨脹量の  
 比較的小さい合板を表面板に、上記のハードボードを  
 裏面板に使用した表裏板異種構成のパネルであるが、  
 その反り矢高変化量は非常に大きい。これらの測定結  
 果から、表裏面板の吸湿膨脹量の差が、パネルの吸湿

ような反り矢高の計算式を誘導してみた。

はじめ第2図(イ)のように平らであったパネル(長さ  
 $l_1$ 、厚さH)が、環境が変わったために、上面板の長さ  
 が $l_1$ 、下面板の長さが $l_2$ に変化して、同図(ロ)のよう  
 に反った(中央矢高  $\delta$ 、曲率半径r)とする。このとき  
 の上面板の長さ変化二量を  $\Delta l_1$ 、下面板の長さ変化量を  
 $\Delta l_2$  (変化量の符号は、伸びたときを+、縮んだとき  
 を-とする)とすると、



第1図 パネルの厚さと反り矢高との関係



第2図 ペーパーコア・パネルの反り説明図

$$\begin{cases} l_1 = l + \Delta l_1 \\ l_2 = l + \Delta l_2 \end{cases}$$

$$l_1 - l_2 = \Delta l_1 - \Delta l_2$$

また

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{2\pi(r+H)}{2\pi r} = \frac{r+H}{r}$$

$$\therefore \frac{l_1 - l_2}{l_2} = \frac{\Delta l_1 - \Delta l_2}{l_2} = \frac{(r+H) - r}{r} = \frac{H}{r}$$

$$l \gg \Delta l_2 \text{ とすれば } l_2 \approx l$$

$$\therefore r \approx \frac{lH}{\Delta l_1 - \Delta l_2} \quad \dots\dots(1)$$

また

$$\left(\frac{l}{2}\right)^2 \approx \delta(2r - \delta) = 2r\delta - \delta^2$$

$r \gg \delta$  とすれば

$$\left(\frac{l}{2}\right)^2 \approx 2r\delta$$

$$\therefore \delta \approx \frac{l^2}{8r} \quad \dots\dots(2)$$

(2)式に(1)式を代入すると

$$\delta \approx \frac{l^2 (\Delta l_1 - \Delta l_2)}{8lH}$$

$$\therefore \delta \approx \frac{l (\Delta l_1 - \Delta l_2)}{8H} \quad \dots\dots(3)$$

この(3)式に、第3表のH、および第4表の  $l_1$ 、 $l_2$ の測定値を、それぞれ代入して求められた、パネルの反り矢高の計算値 cを第3表に示した。

### 3.3 反り矢高の実測値と計算値の比較

パネルの反り矢高の実測値 eと計算値 cを比較してみると、第3表に示したように、いずれのパネルについても、それらの誤差 (e - c) は非常に小さい。

## 4. 考察

以上の試験結果から、3.2項の(3)式が、反り矢高の近似計算式として、一般的に用いることが確かめられた。即ち、  
矢高( ) =

$$\frac{\text{パネル長さ}(l) \times \text{表裏板の伸縮差}(\Delta l_1 - \Delta l_2)}{8 \times \text{パネル厚さ}(H)}$$

ということになる。即ち、ペーパーコアパネルの長さ  
と厚さが一定の場合は、表裏板の伸縮差がパネルの反り  
を生ぜしめる原因である。

ところで、ペーパーコアおよびパーティクルボード  
を中芯材とし、その表裏面にアルミニウム合金板を用  
いたパネルについて、その片面を加熱したときのパネ  
ルの反り矢高の実測値と、アルミニウムの熱膨張係数  
およびパネル表裏面の温度差から反り矢高を計算した  
値とが、かなり良く一致したという計算式<sup>2)</sup>と、本報  
の(3)式とが、殆んど同様の式であることは興味深い。

従って本報の(3)式は、パネルの表面と裏面が、温・湿度の異なる環境条件のもとで使用されるような場合にも、広く適用できるものと考えられる。

またパネルの反り防止対策としては、(3)式から、パネル長さ( $l$ )が一定の場合、表裏板の伸縮差( $l_1 - l_2$ )を小さくし、パネル厚さ( $H$ )を厚くすることが考えられる。

$l_1 - l_2$ を小さくするには、表裏板に膨脹係数の小さいものを使用するか、パネルを使用する環境条件に応じて、それに適した表面材料を組み合わせるなどの方法と、表面材の伸縮応力によってパネルが反ろうとする力を、他の補強材によって抑制する方法とが考えられる。後者の方法を採用する場合に注意しなければならないことは、従来一般に行なわれているパネル内部を補強する方法(たとえばフラッシュパネルの框材を太くするか、中棧の本数をふやすとかいう方法)は、殆んど補強の効果がない<sup>5)</sup>ということである。これは表面材の膨脹・収縮応力は可成り大きいものと推定され、またそれらの歪・応力分布はパネルの中立軸からの距離に比例するからである。従って補強材には、パネルの表面材よりも弾性係数の大きい

材料を用い、その断面2次モーメントを大きくするような形にして、それと一体化したパネルの総合剛性を増してやる工作法の考案も必要となる等、種々の難しい問題を含んでいるので、此等については別に検討したいと考えている。

## 文 献

- 1) 池田修三, 宮野 力, 若井 実 : ペーパーコアパネルの品質試験(2), 北林産試月報または木材の研究と普及, 昭和43年6月号
- 2) 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(1), 同上, 昭和39年, 3月号
- 3) 鈴木 弘, 高橋 裕, 森山 実, 大沢清志: 繊維板接合パネルの寸度安定性, 同上, 昭和41年, 9月号
- 4) 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)(3), 同上, 昭和43年, 5月号, 7月号
- 5) 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(2), 同上, 昭和39年, 4月号

- 林産試 加工科 -  
(原稿受理 43.11.29)