

強化合板之製造及其加工利用之研究*

廖坤福** 洪國榮***

【提要】

本研究乃將合板工業常用之柳桉單板，依各種不同製造條件下，分別浸漬於酚樹脂及尿素樹脂，經乾燥後以熱壓機，以高壓之狀態下，壓縮為高密度之合板，然後測定產品之各種性質，探究不同製造條件下所製造之產品品質，以及其利用之可行性。

強化合板製造分為如次程序：(一)單板浸漬於樹脂中，經過一定浸漬時間後，取出試材。(二)試材置於乾燥箱中，以 60°C 之溫度乾燥17小時，使大部分之溶劑揮發。(三)將三張、五張或多張之單板積層，以熱壓機加熱並加壓。

本試驗之製造條件分為：樹脂種類—酚樹脂及尿素樹脂。單板厚度一分為1mm及2mm。單板樹脂浸漬時間—酚樹脂分為半小時及1小時。尿素樹脂分為24小時及48小時。熱壓溫度—酚樹脂 130°C ，尿素樹脂 120°C 。熱壓壓力一分為 $100\text{Kg}/\text{cm}^2$ 及 $110\text{Kg}/\text{cm}^2$ 。

本研究所得結果如次：

(一)強化合板之含脂率，在同一條件下，依其含浸樹脂之種類，單板厚度，含浸時間而異。其含脂率乃以酚樹脂者大於尿素樹脂。單板厚度1mm者大於2mm者，含浸時間長者大於含浸時間短者，但2mm單板厚度者，雖含浸時間增加，但含脂率未按時間增加之比例而增加。

(二)強化合板之比重，以酚樹脂含浸者為 $0.92\sim 1.09$ ，比重增加 $2.10\sim 2.48$ 倍。以尿素含浸者為 $0.85\sim 1.01$ ，比重增加 $1.93\sim 2.30$ 倍。

(三)強化合板之常態膠合剪力，以酚樹脂含浸者為 $18.15\text{Kg}/\text{cm}^2\sim 38.37\text{Kg}/\text{cm}^2$ ；以尿素樹脂含浸者為 $12.23\text{Kg}/\text{cm}^2\sim 23.40\text{Kg}/\text{cm}^2$ 。又單板厚度2mm者大於1mm者。

(四)強化合板之溫冷水浸漬後之膠合剪力，以酚樹脂含浸者為 $17.95\text{Kg}/\text{cm}^2\sim 36.94\text{Kg}/\text{cm}^2$ ，但以尿素樹脂含浸者，由於其抗水力較低，其膠合力較差，因此屋外構造用時，以酚樹脂為宜。

(五)強化合板之吸水率，乃以酚樹脂含浸者低於尿素樹脂含浸者，又單板厚度1mm者，低於單板厚度2mm者。由吸水抵抗性之觀點，即以薄的單板所構成者，優於厚的單板。

(六)強化合板之膨脹率，厚度方向大於寬度方向，而且兩者之差異甚大。又以單板厚度1mm所構成者低於以2mm單板厚度者。

(七)強化合板(多層)之靜彎曲強，抗壓強(側面)，抗剪強，衝擊強，硬度等依其製造條

*農復會79-ARDP-3.2-N-191補助計畫

**國立中興大學森林系教授兼系主任

***國立中興大學森林系助教

件有甚大差異，如含浸樹脂種類，單板厚度，單板積層方法，樹脂含浸時間及熱壓壓力等之因子。

(A)強化合板(多層)力學性質之改良效應，以硬度最高，靜彎曲強次之，再為抗剪強及衝擊強。

(B)強化合板之物理，力學性質，較一般合板及素材優良，因此可用於建材，家具，特殊構造用材，運動器材等。

一、緒 言

強化合板(high-density plywood)係厚度 3mm 以下之單板，浸漬於人造樹脂中，使單板含浸樹脂，經過預乾，於纖維互相成垂直方向積層，以 30 Kg/cm^2 至 100 Kg/cm^2 或以上之壓力，加熱壓縮所成之合板也。由於木材中有樹脂之浸透，木材空隙之被壓縮，因此其密度特高，並且其機械性質之顯著被改良，所以被用於特殊構造材料或特別需要精密並強度較大，或價值較高之用途。

木材雖具有隔熱性，吸音性，電氣絕緣性，強度與比重較高，具有天然美觀之木理，木紋以及色澤優美等之各種優點，但與其他金屬材料比較，難免有強度絕對值較金屬材料或其他材料低，且異方向，吸濕性，易受腐朽菌，昆蟲等之侵害而縮短其使用年限等之缺點，因此一般之木材或普通合板之用途，自受某範圍之限制，而不能用於較精密，強度較高之特殊構造物。

強化合板與木塑材(木材塑膠複合體)同樣，均為改良木材之一種，但前者乃單板以樹脂(縮合物，聚合體)含浸，然後積層加以熱壓而成品。但後者乃木材在高壓情況下，注入單體，使單體浸透木材中，然後加熱使單體在木材中，聚合硬化，其製造過程不同，但其兩者之性質有相似之處，尤以多層強化合板，更為相近。

目前國內外所生產之合板，大部分乃屬於普通合板，雖大量被用於建築，室內設計，傢俱製造等，但由於工業產品之日新月異，以及對於特殊構造物需求量之增加，強化合板之需要量亦將會逐漸增加，而提高其重要性。本研究乃鑒於此，將合板工業常用之柳桉單板，依各種不同製造條件下，分別浸漬於酚樹脂及尿素樹脂，經預乾後以熱壓機，以高壓之狀態下，經締為高密度之合板，然後測定產品之各種性質。為製造多層較厚之強化合板，以同樣方法處理，多數單板積層，壓縮為多層強化合板，測定其性質，並且探究其產品之有關利用各種問題。今爰此研究結果，結算整理，刊為報告，惟時間短促，幸而成文，謬誤之處尚祈先進多予指正。

本研究深蒙農復會之資助，及國豐木業公司提供試驗材料，又蒙潘長弼教授之鼓勵，謹致謝意。

二、試驗材料及試驗方法

(一)試驗材料

1. 單 板

本試驗所用木材為柳桉 (*Shorea sp.*) 由國豐木業股份有限公司合板廠，旋鉋為單板，其厚度分為 1.00mm 及 2.00mm 兩種，氣乾比重為 0.44。

2 人造樹脂

本試驗所用合成樹脂，係來自長春人造樹脂股份有限公司出品之尿素樹脂 (Urea formaldehyde resin, UF) 及酚樹脂 (Phenol formaldehyde resin, PF, 酒精性)。其性質分別為：UF—PH 6.0~7.0，樹脂分 $50 \pm 3\%$ ，PH 6.0~7.0，粘度 (25°C) Gardner A。

PF—PH 7.0 \pm 0.5，樹脂分 $65 \pm 3\%$ ，粘度 125 CPS / 25°C。

(二) 試驗方法

1 試材之處理及製造法

(1) 單板之樹脂含浸

將單板鋸成爲 20cm \times 40cm 方形，在含水率約 10% 左右之氣乾狀況下，分別浸漬於尿素樹脂及酚樹脂溶液中，其浸漬時間，以尿素樹脂含浸者，分爲 24 小時及 48 小時二種；以酚樹脂含浸者，分爲 30 分鐘及 60 分鐘二種，後取出單板，置於乾燥箱中，以 60°C 之溫度乾燥 17 小時，使大部分之溶劑揮發，稱量單板經含浸樹脂，再乾燥後的重量，減單板含浸前之重量爲單板含脂量，單板含脂量以單板含浸前之重量除之，乘以 100 即爲單板含脂率。

(2) 單板之積層及熱壓

將已含浸樹脂而經乾燥之單板，分別使各種單板的纖維方向互相成平行或垂直兩種方式積層之 (薄層強化合板僅爲垂直積層)。每組合板之單板層數；單板厚度 1.00mm 者分爲 5 張 (薄層強化合板) 及 41 張 (多層強化合板)；單板厚度 2.0mm 者，分爲 3 張 (薄層強化合板) 及 19 張 (多層強化合板)。

熱壓溫度：以尿素樹脂含浸者爲 120°C，以酚樹脂者爲 130°C。熱壓時之壓縮力，分爲 100 Kg/cm² 及 110 Kg/cm² 兩種。熱壓時間：以三張及五張單板所構成之薄層強化合板，其單板厚度 1.0mm 者爲 10 分鐘，2.0mm 者爲 20 分鐘；多層強化合板，以尿素樹脂含浸者爲 60 分鐘，以酚樹脂者爲 30 分鐘。本試驗於加熱時，以熱壓機壓縮之合板厚度 (產品厚度)，以 3 張單板積層者爲 0.25cm，以 5 張單板積層者爲 0.30cm 爲準。至於以多數單板積層所壓成之多層合板之厚度：單板纖維方向互相爲平行者爲 1.5cm，單板纖維方向互相成垂直者以 2.0cm 爲準。

(二) 產品之物理，力學性質試驗方法

1 含水率之測定

將試片之氣乾重 W_a 稱量後置於烘箱中，以 105°C 之溫度乾燥至恒量爲止，稱量其全乾重 W_0 ，然後以下式計算其含水率。

$$M. C. = \frac{W_a - W_0}{W_0} \times 100$$

2 比重之測定

試材比重之測定分爲氣乾比重 (γ_a) 與全乾比重 (γ_o)，其計算式即如下：

$$\gamma_a = \frac{W_a}{V_a} \qquad \gamma_o = \frac{W_o}{V_a}$$

W_a : 氣乾重 (g)

W_o : 全乾重 (g)

V_a : 在氣乾時之體積 (cm^3)

3. 常態膠合剪力試驗

以三張或五張單板熱壓膠合之合板，作成長 8.1 cm，寬 2.5 cm 之試片，使其剪力試驗斷面爲 2.5 cm × 2.5 cm，然後置於 Amsler 強度試驗機合板膠合剪力試驗設備上，測定其膠合剪力，將強度試驗機上所測定之測定值，依下列公式計算其膠合剪力：

$$B = \frac{P}{L \times W}$$

B: 膠合剪力

P: 破壞時荷重

L: 試片剪斷面之長度

W: 試片之寬度

4. 溫冷水浸漬試驗

以三張及五張之單板所膠合之合板，如上項所述方法所製之試片，預先浸於 60°C ± 3°C 之溫水中 3 小時，然後浸於室溫之水中冷卻，取出試材，在濕潤狀態下測定其膠合剪力。

5. 吸水性及膨脹率之測定

將自試材鋸取 2.0 × 2.0 × 2.0 cm 之試片，秤定其重量並以測微計測定其厚、寬，及長度，爲氣乾時之重量及各方向長度，嗣試片置於烘箱中以 105°C 乾燥至恒量，再秤定其重量及測定各方向長度爲全乾時之重量及長度，然後試片浸入於室溫之清水中，最初每 24 小時秤定其重量及測定各方向長度，隨後按吸水速度之減慢，延長秤定其重量及測定各方向長度之時間，再由下式計算吸水率及膨脹率。

$$\text{吸水率} = \frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100$$

W_o : 試材全乾重量預

W_a : 從水中取出後所測定之試材重量

$$\text{膨脹率} = \frac{L_a - L_o}{L_o} \times 100$$

L_o : 試材全乾時各方向長度

L_a : 試材從水中取出後所測定之各方向長度

6. 抗壓強

本試驗所用試片之大小爲 2 × 2 × 6 cm (高)，寬度與高度之比爲 1 比 3，加壓

方向係與表板纖維方向成平行方向加荷重，加壓速度平均每分鐘為 100 Kg/cm^2 ，然後依下式計算抗壓強 (σ_c)

$$\sigma_c = \frac{P}{bb'} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

P : 破壞荷重 (Kg)

b 及 b' : 試材橫切面兩邊之長度

7. 靜彎曲強

本試驗之試材為 $2 \times 2 \times 32 \text{ cm}$ (徑間為 28 cm)，試材厚度與徑間之比為 1 比 14，於試材中央加荷重，其加壓速度為每分鐘 150 Kg/cm^2 為準，然後依下式求出破壞係數 (σ_b)，比例限度應力 σ_{bp} 及彈性係數 E_b ：

$$\text{破壞係數 } \sigma_b = \frac{3}{2} \frac{PL}{bh^2} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

比例限度應力

$$\sigma_{bp} = \frac{3}{2} \frac{P_p L}{bh^2} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

彈性係數

$$E_b = \frac{1}{4} \frac{P_p}{\Delta Y} \frac{L^3}{bh^3} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

b : 試材寬 (cm)

h : 試材厚 (cm)

L : 徑間 (cm)

P_p : 比例限度荷重 (Kg)

P : 破壞荷重 (Kg)

ΔY : 對 P_p 之試材中央部分之彎曲度 (cm)

8. 衝擊彎曲強

試材大小為 $2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ ，徑間為 24 cm ，於其中央，以鐵錘瞬間打斷試材，然後依下式求出其衝擊彎曲強 (σ_{sb})：

$$\sigma_{sb} = \frac{Q}{bh} \quad (\text{Kg} \cdot \text{m/cm}^2)$$

Q : 衝擊彎曲功 (Kg · m)

b 及 h : 試材之寬及厚 (cm)

9. 抗剪強

本試驗所採用之試材預定破壞断面為 $2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ ，與表板纖維成平行方向加荷重至試材被剪斷破壞為止，其計算式即如下：

$$\sigma_s = \frac{P}{bh} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

P：剪斷破壞時荷重 (Kg)

b 及 h：剪斷面之寬及厚 (cm)

10. 硬 度

將試材製成 $2 \times 2 \times 2$ cm 大小後，以 Brinell 硬度試驗法，直徑 10mm 之鋼球壓入試材表面，至荷重達預定標準荷重為止。鋼球壓入之試驗面分為側面 (Cr, 橫切面) 及縱切面 (L, 合板之表面, 背面兩面)。鋼球之壓入速度平均每分鐘約 0.5 mm，然後依下式求出勃氏 (Brinell) 硬度：

$$H_b = \frac{P}{A} \text{ (Kg/mm}^2 \text{)}$$

$$A = \frac{\pi}{2} D (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

P：荷重 (Kg)

A：試材凹痕面積 (mm^2)

D：Brinell 鋼球直徑 (mm)

d：試材凹痕直徑 (mm)

三、試驗結果及討論

本試驗按組成合板之單板張數之多寡，分為二部分；一為單板張數五張以下者，二為單板張數五張以上者 (多層)，因此其產品性質之測定項目，前者包括比重，含水率，膠合剪力等；後者包括比重，含水率，吸水率，膨脹率以及各種力學性質等。茲將試驗結果分述於下：

(一) 以五張以下單板組合之強化合板

1. 含脂率、比重、含水率

單板經過樹脂含浸而加熱後之單板之含脂率，由表 1 得知，與單板厚度有密切關係，以酚樹脂含浸之單板而言，厚度 1mm 之單板含脂率，其範圍在 50.18%~53.44% 之間。然而單板厚度 2mm 者，其含脂率之範圍在 32.06~37.76% 之間，兩者最高含脂率之差異為 17.68%。以尿素樹脂含浸者，單板厚度 1mm 之含脂率在 37.21%~57.68% 之間；單板厚度 2mm 者，自 25.07~38.19% 之間，而兩者最高含脂率之差異為 18.49%，此數值與酚樹脂含浸者相比，甚接近，由此得知，在同一樹脂種類所含浸之單板，其含脂率依單板厚度有甚大差異。

樹脂含浸時間，對於含脂率亦有影響，按試驗結果所示，除了以酚樹脂含浸的單板厚度 1mm 者之外，酚樹脂含浸之單板厚度 2mm 者，以及以尿素樹脂含浸之所有厚度之單板之含脂率，即以酚樹脂含浸者，其含浸時間 1 小時者，大於半小時者。又以尿素樹脂含浸者，其含浸時間 48 小時者大於 24 小時者。又樹脂種類對於含脂率有甚大關係，由於樹脂在單板 (木材) 中之液體浸透，酚樹脂大於尿素樹脂甚多，因此本試驗對於樹脂含浸時間，酚樹脂分為半小時及 1 小時兩種，即已足夠樹脂之浸透含浸情況。但尿素樹脂在木材中之浸透較慢，因此其單板之樹脂含浸時間延長為 24 小時

及48小時二種，才能使單板含浸足夠之樹脂。

單板經樹脂含浸，熱壓所成高密度合板之比重，以酚樹脂含浸者，其比重之範圍自0.92~1.09，而未經樹脂含浸前之單板比重為0.44，因此樹脂含浸後，其比重增加2.1倍至2.5倍。又單板厚度1mm者，樹脂含浸後，其合板之比重數值自0.92~1.04；單板厚度2mm者，其比重為1.06~1.09。至於以尿素樹脂含浸者，其比重之範圍即自0.85至1.01，因此樹脂含浸後熱壓所成合板之比重較未含浸者，增加1.9倍至2.3倍。其比重增加之倍數略與酚樹脂含浸者相同。又單板厚度1mm者，樹脂含浸後，其比重為0.91~1.01，而單板厚度2mm者，其比重為0.85~0.90。關於熱壓時之壓力之大小，對於合板比重之影響，即在同一條件之下以壓力110Kg/cm²所壓縮製造之合板之比重大於以壓力100Kg/cm²所壓縮之合板。由於其兩種不同壓力之差異較小，因此其比重之差異亦較小。

單板經樹脂含浸並熱壓後之強化合板之含水率，以酚樹脂含浸者，自5.76~7.33%，此中單板厚度1mm者，自5.76~6.36%，而單板厚度2mm者自6.71%~7.33%。至於以尿素樹脂含浸者，其合板含水率自9.74%~10.94%，此數值即比以酚樹脂含浸者高。又從單板厚度觀之，單板厚度1mm者，其合板之含水率自10.38%~10.94%；單板厚度2mm者，即自9.74%~10.60%。

2 常態膠合剪力

單板分別含浸酚樹脂及尿素樹脂，然後五張以下與纖維互相成垂直方向積層熱壓所成強化合板之常態膠合剪力，由表1得知其一般：

表 1：五張以下單板組合之強化合板之常態膠合剪力

Table 1: Bond shearing strength of high-density plywood consisting of below five veneers

樹脂種類	單板厚度	含浸時間	壓力	含脂率	比重	含水率	膠合剪力	木破率
Kind of resin	Thickness of veneer (mm)	Soaking time (hrs)	pressure (Kg/cm ²)	Resin content (%)	specific gravity	moisture content (%)	Bond shearing strength Kg/cm ²	Wood failure (%)
PF	1.0	0.5	100	53.44	1.03	6.36	18.15	100.00
			110	52.09	1.04	5.76	24.46	100.00
		1.0	100	50.18	0.92	5.78	31.36	100.00
			110	51.75	0.93	6.17	35.07	100.00
	0.5	100	32.06	1.06	6.90	34.67	92.20	
		110	32.95	1.09	6.71	37.56	91.60	

UF	2.0	1.0	100	37.76	1.09	6.79	33.04	93.909
			110	34.48	1.06	7.33	38.37	88.90
	1.0	24	100	37.21	0.91	10.84	15.69	100.00
			110	56.38	0.95	10.74	14.62	99.70
		48	100	57.68	0.98	10.38	12.23	100.00
			110	50.40	1.01	10.94	22.25	100.00
	2.0	24	100	30.82	0.85	10.56	23.40	97.50
			110	25.07	0.85	9.82	13.33	100.00
		48	100	38.19	0.86	10.60	17.39	98.30
			110	31.83	0.90	9.74	22.93	96.30

(註明) PF 為酚樹脂，UF 為尿素樹脂

由五張以下含浸樹脂單板所構成之強化合板，以強度試驗機附有之合板膠合剪力設備所測定之結果，其常態膠合剪力，即由含浸樹脂之種類觀之，以酚樹脂含浸者大於尿素樹脂者，即前者之膠合剪力為 $18.15 \text{ Kg/cm}^2 \sim 38.37 \text{ Kg/cm}^2$ ；後者自 $12.23 \text{ Kg/cm}^2 \sim 23.40 \text{ Kg/cm}^2$ 。以單板厚度 2mm 所構成者乃大於以 1mm 厚度之單板所構成者。單板之樹脂浸漬時間之長短亦會影響含脂率，無論樹脂種類，均樹脂浸漬時間長者，其含脂率及膠合剪力均大於浸漬時間短者，如酚樹脂，其浸漬時間 1.0 小時者大於半小時者，尿素樹脂即浸漬時間 48 小時者大於 24 小時者。酒精性酚樹脂，因其在木材中之浸透性甚快，所以單板之浸漬時間縮短為半小時或 1 小時，即單板之樹脂含浸量已略達飽和。倘若浸漬時間延長，其樹脂含浸量過多而影響熱壓操作。又熱壓時之壓力直接影響合板之比重及膠合剪力，從表中得知，壓力 110 Kg/cm^2 者較 100 Kg/cm^2 者之比重及膠合剪力呈現稍高之現象。

3. 溫冷水浸漬膠合剪力

將試片浸入 $60^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 之溫水中 3 小時，嗣浸於室溫之水中冷卻，取出試材，然後每試片以強度試驗機之合板試驗設備，測定其膠合剪力，其所得結果即如表 2：
表 2：五張以下單板組合之強化合板溫冷水浸漬後之膠合剪力

Table 2: Bond shearing strength of high-density plywood consisting of below five veneers after soaked in hot and cold water

