

結構用集成材膠合劑之研究 (第二報)

—— RPF 膠製造杉木集成材試驗 ——

劉正宇¹⁾ 林正榮²⁾

摘要:本研究旨在以前報合成之 RPF 膠製作杉木及 kapur 兩種集成材, 探討其用於結構用之適用性。並依試材樹種之不同, 作不同性質的比較; kapur 以比較不同膠合劑 (RF 及 RPF), 荷重方向與膠合層平行或垂直之差異。杉木則比較集成元 (laminae) 的層數多寡、有節及無節、MOE 之大小及排列, 膠合劑種類和試材取材部位等之差異。其結果如次:

1. 杉木集成材的各種性質, 均能符合 CNS-11031 (1984) 結構用集成材針葉樹 B 類一級或二級之規格檢定標準。

2. RPF 膠製造的 Kapur 集成材, 由於膠合木破率小, 無法達到我國國家標準結構用集成材之合格標準。

一、前言

本研究旨在繼前報⁽⁵⁾實驗結果, 探討以性質較佳之 RPF 膠就目前台灣無法充分利用的疏伐中小徑木製造結構用集成材之可能性, 以拓展中小徑木之另一利用途徑, 並以另一種南洋材 Kapur 作實驗比較。集成材之製造研究已近百年歷史, 然我國在這方面的研究文獻不多, 故應藉助以往文獻研究之結果, 以收事半功倍之效。據 Merl 等氏⁽¹⁴⁾謂集成樑的 MOR 受外層集成元等級之影響。Koch⁽¹³⁾以比重、外觀、挺性 (Stiffness) 及逢機組合等方法組集成元, 以製造集成樑, 結果以集成元的 MOE 排列者 (大者位於外側) 得最佳之強度值。又據 Selbo 氏⁽¹⁵⁾指出外層集成

元因髓心側較邊材側收縮小故髓心側朝外, 較不易發生表面裂, 尤以集成元取自小徑木, 此法值得依循。故本實驗集成元之排列, 均依上述原則, 冀得較佳之集成材性質。且依試材之樹種不同, 作不同性質之比較。Kapur 以比較不同膠合劑、荷重方向與膠合層平行或垂直間之差異; 杉木則比較集成元層數多寡、有節及無節、集成元 MOE 之大小、膠合劑種類和取材部位等之差異。

二、材料與方法

(一) 材料

1. 杉木 (China fir; *Cunninghamia lanceolata* Hook.): 未徑 15 cm 以上 12~15 年生之疏伐木弦徑面混合之板材, 長

1) 國立中興大學森林學研究所教授。

2) 國立屏東農業專科學校木材工業科講師。

60 cm × 寬 14.5 cm × 厚 1.0 (或 0.6) cm，比重 0.38 (Wo/Va)，MC 14.6 %。

2. Kapur : *Dryobalanops spp.*，比重 0.62 (Wo/Va)，MC 14.4%，弦面板尺寸同杉木，鉋至一定厚度後，以自動砂光機用 150 號砂帶砂光一次。

3. 膠合劑：RF 膠(前報⁽⁵⁾合成之 resin No. 14，即間苯二酚 ((R)) 1.5 mole，甲醇 50 g 及對一甲苯磺酸 2 g ((50%))之混合溶液，以福馬林(F) 80 g ((37%))慢慢滴入，溫度不超過 80°C，滴完後，維持 80°C 反應 1 小時製得，固體成分 60.43%，黏度 220 cps)。RPF 膠(前報合成之 resin No. 7，即酚 ((P)) 100 g 及定量之 F ((P/F= 1/1.8)) 以 20% NaOH 調 pH 9.62 後，77±1°C 反應 5 小時後，冷卻至 60°C 加入 20 gR，60°C 再反應 1 小時後濃縮製得，固體成分 63.4 %，黏度 950 cps)。

4. 硬化劑：聚甲醛 (Paraformaldehyde) 粉末，片山化學工業，一級試藥。

(二)方法

1. 集成元品質檢驗：

(1) MC 測定：各樹種不同厚度的集成元(laminae)，各逢機取 10 個試材，切取適當大小之試片，以爐乾重量法求之。

(2) 厚度測定：各樹種不同厚度的集成元，各逢機取半數，以游標尺(Slide calipers)於各板材兩側之兩端及中央各量取 3 點，6 點平均之以為該板之厚度，並記其最大及最小厚度之差。

(3) 集成元 MOE 之測定：測定前兩種試材先以實木 (2×2×32 cm) 用萬能試驗機 (Shimazu Ueh-10 及 Dataletty-230) 進行中央荷重靜曲試驗，以求實木之比例限度應力。求各集成元之 MOE 時，施加荷重為實木比例限度應力平均值的 40%，並設

立 20% 及 30% 時之應力於 Dataletty-230 內，當施加荷重至設定值後，迅速解除荷重，則由設定兩應力點之變形量，以求各集成元之 MOE 值。

2. 集成元之排列組合：

上述集成元 MOE 測定之目的，在據此以決定集成元之組合；杉木 3 層者，集成元分無節 (RF 膠，RPF 膠)，有節 (RPF 膠)，外層無節內層有節 (RPF 膠) 等組合 (以上各條件引張側及壓縮側集成元的 MOE 值相近，並使各條件的集成元 MOE 值之和約相等)。另與一有節，MOE 較大者比較。並使髓心側外層者朝外，中層者朝引張側，如圖 1-a。5 層者集成元依 MOE 大小，由外而內，以引張側，壓縮側，再引張側，再壓縮側，最後中央層由大而小之順序排列，唯兩個條件各個集成元 MOE 之總和不等 (如表 2)，以比較其差異，膠合時亦使外層集成元之髓心側朝外，其排列如圖 1-b。Kapur 3 層者，是以最外層 2 支集成元之 MOE 值的和相近，最大者位於引張側，並儘量使 3 層的 MOE 值之和相等，其排列如表 3，5 層者亦同杉木依 MOE 大小排列，各支集成材各集成元 MOE 值之和亦儘量使相等。

3. 集成材之製造條件：

(1) 佈膠量：200 g/m²，兩面塗佈。

(2) 壓力與時間：Kapur 15 kgf/cm²，杉木 10 kgf/cm²，每支集成材以 4 個夾台用扭力扳手 (Torque wrench) 均勻施加壓力 (如相片 1, 2)，每個條件膠合 2 支，24 小時後解壓 (相片 3)，6 天以後截切試材測性質。

4. 集成材之品質試驗：

各條件計 8 支抗彎試材 (3×3×48 cm) (杉木分成髓心側及邊材側各 4 支)，2 個

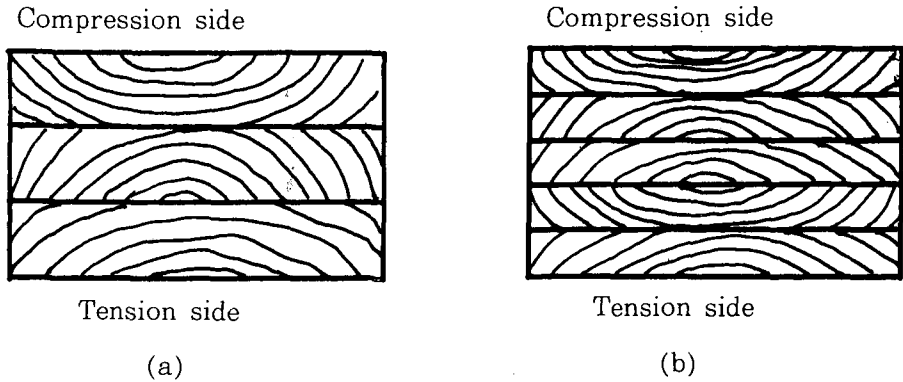


圖 1. 集成元在集成材之排列
 Fig. 1. Laminae arrangement in glulam timbers

表 1. 集成元之性質
 Table 1. The properties of laminae.

Species	Thick-ness (cm)	Thickness error range (mm)	Moisture content (%)	Laminae MOE (kgf/cm ²)
China fir	1.0	0.15 ~ 0.35 average 0.23	13.10	(68 ± 2) × 10 ³
	0.6	0.05 ~ 0.20 average 0.13	13.22	(68 ± 4) × 10 ³
Kapur	1.0	0.10 ~ 0.30 average 0.19	13.54	(127 ± 4) × 10 ³
	0.6	0.05 ~ 0.25 average 0.14	13.12	(134 ± 9) × 10 ³

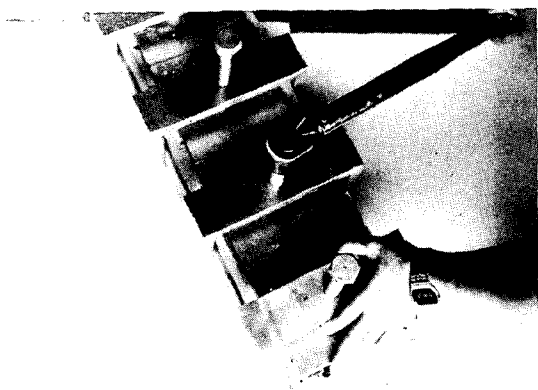
煮沸剝離試材(7.5×7×3 cm)，每個膠合層6個抗剪膠合強度試材。

(1) 煮沸剝離試驗⁽⁶⁾：將試片在沸水中煮沸5小時，然後在室溫水中浸漬1小時，再置於60±3°C能排出濕氣之恆溫乾燥箱中，乾燥18小時，然後就試材兩橫切面之剝離長度達3 mm以上者加以測定，依下

式計算剝離率。

$$\text{剝離率}(\%) = \frac{\text{兩橫切面剝離長度之總和}}{\text{兩橫切面膠合層長度總和}} \times 100$$

(2) 抗剪膠合強度試驗：試片包含各集成材之各個膠合層，規格如圖2，荷重速度1000 kgf/min. 以下，且試片破壞時之荷重，應在選定的萬能試驗機荷重容量的



相片 1. 扭力扳手施加壓力情形
Photo 1. Pressing by torque wrench

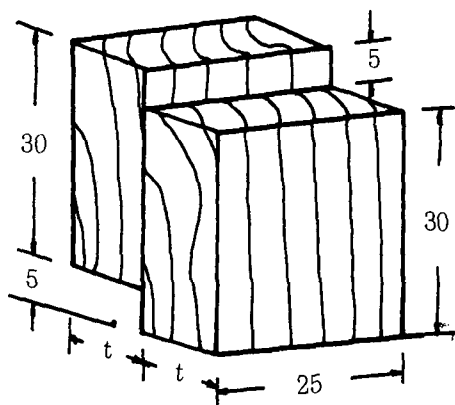


圖 2. 膠合剪力試片之尺寸
Fig. 2. Dimensions of shear bonding strength test block

15 ~ 85% 之間，然後依下式計算抗剪膠合強度。

$$\text{抗剪膠合強度} = \frac{\text{試片破壞時荷重 (kgf)}}{\text{膠合層面積 (cm}^2\text{)}}$$

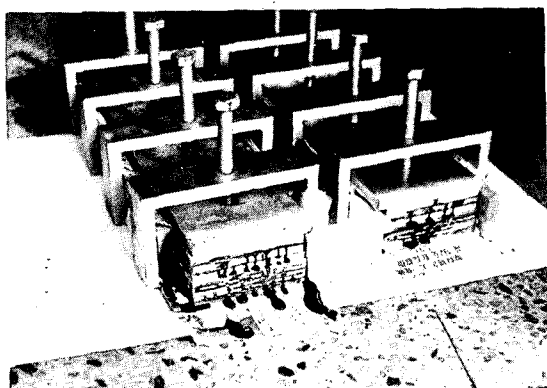
(3) MC 測定：取適當大小試材，以爐乾重量法求之。

(4) 靜曲強度試驗：用萬能試驗機以每分鐘 150 kgf/cm² 以下的荷重速度施加荷重，跨距為試材厚度的 14 倍，並由荷重及變形量求取 MOR 及 MOE 值。

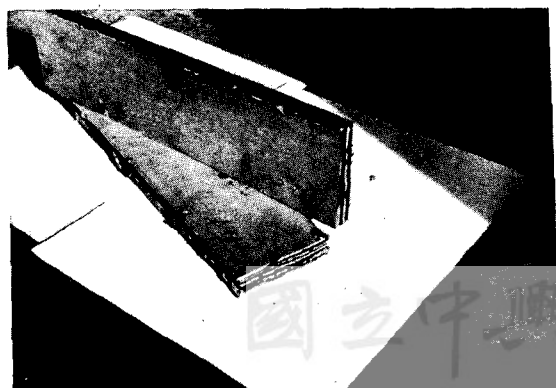
三、結果與討論

(一) 集成元的品質：

1. MC：集成元的含水率在膠合時，太高太低均非所宜^(2,4)，一般木材膠合劑膠合時，木材適當含水率約在 8 ~ 15% 之間^(4,9,15)，最好在 8 ~ 12%⁽⁷⁾，JAS 集成材之製造基準(1973) 適合膠合之集成元含水率為 8 ~ 15%，相互組合集成元 MC 之差在 5% 以內⁽⁷⁾。本實驗之集成元 MC 均



相片 2. 膠合施壓中之集成材
Photo 2. Glulam timber pressed by clamps



相片 3. 解壓後之集成材
Photo 3. Glulam timbers after pressure released

分佈在 12~15%，誤差最大之杉木 0.6cm 厚度者只 2.3%，對於集成材之膠合應屬適當(表 1.)。

2. 厚度誤差：集成元之厚度均一性，關係著施加壓力之均勻性，膠合劑能否擴散均一及膠合面是否密接。有密接均勻膠合層，方可得良好的膠合強度，故厚度之品質檢驗，仍屬重要。據小野氏⁽⁸⁾謂集成元各點之厚度誤差，宜在 0.2~0.4 mm 以下；Selbo⁽¹⁵⁾ 氏亦謂應在 0.016" 以下，故原則上以 0.4 mm 以下為基準。表 1 中，各種集成元厚度誤差均在 0.35 mm 以下。

(二) 集成材之性質

1. 杉木

(1) MC：由表 2 知，所有集成材之 MC 均比集成元之 MC 高，乃是吸收膠合層內水分之結果；由於膠合設備之限制，膠合操作之時間前後相差近十天，為使性質比較不受 MC 影響，故 5 層者先膠合，3 層者後膠合，以利膠合後水分之蒸散。實際測得的 MC，除 F₆ 者高於 CNS-11031 (1984) 規格 15% 以下之要求外，其他並無明顯差異。

(2) MOR：7 個條件所製成的集成材之破壞係數 (Modulus of rupture; MOR)，以複因子試驗法 (factorial experiment) 進行差異顯著性比較，結果差異不顯著；然就製作過程及條件設計中，不難發現其間優劣有別。蓋條件差的集成元經過不同排列組合後，能與條件佳所製成者結果品質相近 (差異不顯著)，誠為集成元排列組合所獲之效果。

(i) 集成元 MOE 大小之影響：F₁ 與 F₂ 及 F₆ 與 F₇ 層數相同且均帶節，因 F₁ 及 F₇ 組合的集成元之 MOE 分別較 F₂ 及 F₆ 者大，故 MOR 顯然也較大，此結果與

前述文獻^(13,14) 吻合。

(ii) 集成元層數之影響：據 Zainal 氏⁽¹⁶⁾ 指出樑之尺寸效應 (Size effect) 對樑的 MOR、MOE、比例限度應力產生影響之原因，乃是層數增加，增加樑的彎曲剛性 (flexural rigidity) 使然；在此 F₆ 集成元的 MOE 大部分大於 F₁ 及 F₂，但由於 F₁、F₂ 層數較多，受膠合層之影響及節之分散，使 F₆ 的 MOR 小於 F₁ 及 F₂。

(iii) 節之影響：以集成元 MOE 相近的 F₄、F₅ 及 F₆ 比較，MOR 以無節的 F₄ 較大；中層有節外層無節的 F₅ 次之，中外層均有節的 F₆ 最小。具節者木理常於此發生變化，且於荷重時易於此產生應力集中而破壞，尤以節等缺點位於引張側荷重之正下方時，此現象尤為明顯⁽³⁾。

(iv) 膠合劑之影響：以集成元 MOE 相近，無節的 F₃ 與 F₄ 比較，RF 與 RPF 膠並無差異。

(v) 取材部位之影響：因疏伐中小徑木製成板材時，易含髓心，當膠合成集成材時，適位於集成材之中間部位，為探究整支集成材強度之均一性，將試材分成髓心側與邊材側加以比較，經差異顯著性比較結果，MOR 並無差異，概試材有節與無節，節之分布不定，比較也就沒有差異。

(3) MOE：彈性係數 (Modulus of elasticity; MOE) 經統計分析結果，不同集成材製作設計及取材部位均達 5% 顯著水準。

(i) 集成元 MOE 大小之影響：F₁ 與 F₂、F₆ 與 F₇ 層數相同，結果集成元的 MOE 大者，集成材之 MOE 亦較大；故欲得較大 MOE 值的集成材，依集成元 MOE 大小排列之方法，為一值得遵循之法則。

表 2. 杉木集成材之性質



Table 2. The properties of China fir glulam timbers.

Mark	Layer No. & quality	Glue type	Laminae MOE combination ($\times 10^3$ kgf / cm ²)	MC (%)	sp-gr.	MOR (kgf/cm ²)	MOE ($\times 10^3$ kgf/cm ²)	Bonding strength (kgf/cm ²)	Boil peeling (%)	other
F ₁	5 large E _b knot	RPF	T C ¹⁾ 67.3+64.9+50.2+62.0+65.5=309.9 66.1+64.0+50.2+62.5+65.5=308.3	13.69	0.46	680±60	104±8	85±3 (65±7) ²⁾	7.79	softwood type B 1st class
F ₂	5 small E _b knot	RPF	49.9+48.7+48.0+48.3+48.7=243.6 49.6+48.5+48.0+48.4+49.1=243.6	14.41	0.41	640±20	85±3	72±2 (85±3)	3.44	"
F ₃	3 no knot	RF	a b c a+b+c a+c 80.2+68.3+59.0=207.5 139.2 78.9+66.6+67.3=212.8 146.2	14.85	0.41	680±20	84±3	113±8 (100)	0	"
F ₄	3 no knot	RPF	80.0+69.1+59.3=208.4 139.3 77.9+66.1+67.3=211.3 145.2	14.99	0.40	680±20	85±4	86±4 (68±7)	6.06	"
F ₅	3 middle-knot outer-no knot	RPF	79.2+66.2+60.7=206.1 139.9 77.8+66.7+67.3=211.8 145.1	14.20	0.42	630±10	83±3	87±4 (76±8)	0	"
F ₆	3 knot	RPF	80.2+66.5+59.1=205.8 139.3 77.2+66.8+67.3=211.3 144.5	15.10	0.43	630±20	80±3	82±2 (79±6)	5.00	softwood type B 2nd class
F ₇	3 large E _b knot	RPF	94.1+58.7+93.0=245.8 187.1 93.9+59.3+93.2=246.4 187.1	13.50	0.47	770±20	100±3	92±6 (70±10)	5.11	softwood type B 1st class

1) T: Tension side, C: Compression side

2) Wood failure (%)

表 3. Kapur 集成材之性質
Table 3. The properties of kapur glulam timbers

species	Mark	Layer no.	Glue type	Lamina MOE combination ($\times 10^3$ kgf/cm ²)		MC (%)	sp. gr.	MOR(kgf/cm ²)		MOE ($\times 10^3$ kgf/cm ²)	Bonding strength (kgf/cm ²)	Boil peeling (%)	other
													
Kapur	K ₁	3	RPF	T b c T+b+c T+c ¹⁾ 144.3+122.6+130.6=395.5 274.9 144.0+ 95.8+132.2=372.0 276.2	13.70	0.75	1150±60 (1530) ²⁾		154±4	133±6 (30±10) ²⁾	2.61	end check surface check	
	K ₂	3	RPF	139.8+ 99.6+135.7=375.1 275.5 138.6+ 99.6+137.0=375.2 275.6	13.88	0.76		1240±20 (1630)	143±3	118±8 (20±8)	2.80	warp end ckeck surface check	
	K ₃	3	RF	146.9+ 92.4+130.6=369.9 277.5 138.2+121.3+137.0=396.5 275.2	13.82	0.74	1290±20 (1740)		161±4	151±3 (100)	0	end check surface check	
	K ₄	5	RPF	190.2+157.0+77.0+89.0+157.8=671.0 181.0+150.8+87.0+91.3+162.4=672.5	13.94	0.78	1230±30 (1580)		159±3	109±4 (4±1)	6.22	end check surface check	
	K ₅	5	RPF	185.6+153.9+82.4+90.5+161.6=674.0 165.5+143.8+87.4+96.3+163.9=656.9	13.66	0.76		1220±20 (1600)	148±3	110±4 (7±2)	5.43	end check warp.	

1) T: Tension side; C: Compression side.
2) (): specific strength (MOR/sp. gr.); (): Wood failure (%).

(ii) 集成元層數之影響：由集成元 MOE 相近的 F_3 、 F_4 、 F_5 及 F_6 與集成元 MOE 比其小很多的 F_2 比較(且 F_3 、 F_4 無節)，結果顯示集成材 F_2 之 MOE 值或與其他者相當或稍大， F_2 集成元的材質較差，由於層數之增加(或謂膠合層增加)，使得 MOE 反而較大。唯就經濟觀點而言，強度值達到要求，膠合層之層數愈少愈經濟。

(iii) 節之影響：集成元層數相同，MOE 相近的 F_4 、 F_5 及 F_6 比較，以無節的 F_4 最大，中層有節外層無節者次之，有節的 F_6 最小。

(iv) 膠合劑之影響：集成元無節，MOE 相近的 F_3 (RF 膠)及 F_4 (RPF 膠)比較，集成材的 MOE 差異不顯著。顯然膠合劑種類不同，對膠合強度有影響，但對靜曲強度之各種性質則無差異。

(v) 取材部位之影響：髓心側與邊材側之集成材的 MOE，經 F 值測驗結果，達 5% 差異顯著水準，再經 t 測驗，結果以邊材側者優於髓心側者。

(4) 壓縮抗剪膠合強度：抗剪膠合強度為各膠合層強度之平均值，因取材位置不同(弦、徑面)，膠合性質各異，除 F_3 RF 膠合者較優外，其他無甚規律可循，強度值也都在 CNS-11031 (1984)標準以上。

(5) 煮沸剝離試驗：結構用集成材必須長期維持其性能，耐久性依膠合劑種類，可分長期的及短期的；故膠合劑之耐久性，要短時間內判定，必需經嚴格地煮沸剝離試驗；本實驗結果均能合於 CNS-11031 (1984)結構用集成材之規格，同一試片兩橫切面之剝離率在 10% 以下及同一膠合層剝離長度不得超過三分之一之要求。

2. Kapur

(1) MC：分布於 13 ~ 14 % (如表 3)，均在 CNS-11031 標準允許範圍 15% 以下。

(2) MOR：(a) 荷重方向與強度之關係：據綿貫氏等⁽¹¹⁾測定 LVL 之力學性質，發現 MOR 荷重方向和膠合層平行者大於垂直者，原因乃單板裂隙(lathe Check)所致。在此若膠合強度能抵抗靜曲水平剪力，理論上荷重方向和膠合層平行或垂直，強度值應相近(不考慮木材異方性，蓋試材徑弦切面難分)；然就表 3 抗剪膠合強度值觀之，除 K_3 (RF 膠)外，木破率均小，顯示木材之強度仍較膠之凝聚力或膠合力為大，故若荷重方向與膠合層垂直，因膠合層無法完全承受水平剪力而破壞，故 MOR 值應以荷重方向和膠合層平行者較優。結果 3 層的 K_1 及 K_2 即能符合上述推斷；至於 5 層的 K_4 及 K_5 則反是，其原因概受 K_4 引張側集成元 MOE 值較大(比重較大)之影響所致，若以比強度比較，仍能符合上述推斷。(b) 膠合劑種類之影響：集成元層數相同，MOE 相近的 K_1 及 K_3 ，荷重方向均與膠合層垂直，結果顯示 K_3 (RF 膠)之膠合強度比木材強度大，故比 K_1 (RPF 膠)者較能抵抗靜曲水平剪力，使得 MOR 值因而較大。

(3) MOE：據王氏⁽¹⁾等指出，膠合層對集成樑之彎曲彈性係數會有影響，且膠合劑種類對構成要素之拘束作用，亦有不同程度的影響。在荷重方向與膠合層平行時，膠合層對於靜曲樑之各集成元應無拘束作用，樑之變形應視為各集成元自由狀態共同承受荷重所呈現之變形；相反地，若荷重方向與膠合層垂直，則變形將受膠合層拘束作用之影響，使得變形較無膠合層存在時為小，亦即 Zainal 氏⁽¹⁶⁾所謂彎曲剛性之增加；使得 MOE 相形較大，是

爾 K_1 的 MOE 大於 K_2 , K_4 亦大於 K_5 。荷重方向相同的 K_1 及 K_3 , 由於 K_3 的 RF 膠膠合力大於木材內聚強度, 膠之拘束力大, 限制彎曲變形, 故其 MOE 比 K_1 者大很多。

(4) 抗剪膠合強度: 就 RF 與 RPF 膠比較, RF 仍優於 RPF, 且完全木破。RPF 膠合者, 雖然強度值均達 100 kgf/cm^2 以上, 但木破率小; 據阿部氏等^(10,12) 指出 Kapur 材之膠合不良, 乃由於抽出成分之影響, 此等抽出成分具酸性, 可中和鹼性的 Resol; 又謂提高溫度促進硬化速度, 可減小硬化障礙效應 (inhibitory effect)。前報⁽⁵⁾ 曾談及 RPF 膠之 pH 與硬化之關係, pH 下降, 往往延長膠化時間; 且就加溫促進硬化障礙效應減小而言, 膠化時間愈長, 溶入膠合層之抽出成分必愈多; 且時間長易增加滲透量, 故膠合性也就愈差。

(5) 煮沸剝離試驗: 各條件之煮沸剝離率

均在 CNS-11031 規格 10% 標準以下, 但各試材均有端裂、表面裂或翹曲之現象發生。

四、結 論

綜觀杉木與 Kapur 兩種集成材製造試驗結果, 可得下列兩點結論:

1. 杉木製造集成材, 各種性質均能符合 CNS-11031 (1984) 結構用集成材針葉樹 B 類一級或二級之規格檢定標準, 且其強度性質依集成元層數之增加及節之愈少其性質愈好, 又依排列於外層的集成元 MOE 之增加而增大。且試材取自外側者, 其強度性質亦有較大之趨勢。

2. Kapur 材用 RPF 膠膠合, 雖然強度值不差, 但因受抽出成分影響, 木破率均低, 無法達到我國國家結構用集成材之合格標準。且不論用何種膠膠合, 經煮沸剝離試驗後, 均有端裂、表面裂或翹曲之現象發生, 故此種木材不適宜作結構用途。

五、參考文獻

1. 王松永、張 錦。1978。異樹種集成樑彎曲性質之研究 (第一報)。中華林學季刊, 11 (1): 43 ~ 52。
2. 李文昭。1984。高含水率木材用膠合劑之製造及其膠合方法之研究。國立中興大學碩士論文。
3. 黃文良。1984。單板積層材性質之研究。國立台灣大學碩士論文。
4. 劉正字。1982。木材含水率與膠合。木工家具, No. 6, pp. 21 ~ 24。
5. 劉正字、林正榮。1986。結構用集成材膠合劑之研究 (第一報) (林產工業 5 (4) 投稿中)。
6. CNS-11033 (1984) 集成材檢驗法。
CNS-11031 (1984) 構造用集成材。
7. 小西信。1982。木材の接着。日本木材加工技術協會, p. 129, pp. 54 ~ 56。
8. 小野和雄。1973。改良木材實驗書。農業圖書株式會社, pp. 43 ~ 60。
9. 半井勇三。1961。木材の接着と接着劑。森北出版社, pp. 29 ~ 43, 63 ~ 66。

10. 阿部 勳、秋元直司。1976。カプール材抽出成分によるレゾール型フェノール樹脂の硬化阻害。木材學會誌，22(3)：191～196。
11. 綿貫幸宏、田票 匡、中村勝男。1983。道産潤葉樹單板積層材の家具への利用。木材學會誌，29(5)：375～381。
12. Abe, Isao and Kazuhiro Ono, 1980. Effect of the acidity of some tropical wood extractives on the curing of the resol. Mokuzai Gakkaishi, 26(10): 686-692.
13. Koch, Peter and B. Bohannan, 1965. Beam strength as affected by placement of laminae. F.P.J., 15 (7) : 289-295.
14. Merl, C.F.; D.H. Arland and P.H. John, 1964. Laminated beam design for four western softwood. F.P.J., 14 (10) : 451-455.
15. Selbo, M.L., 1975. Adhesive bonding of wood. USDA technical bulletin No. 1512, pp. 35-60.
16. Zainal, M. and T. Tomio, 1981. Effects of size on flexural properties of glued-laminated jelutong beam. Mokuzai Gakkaishi, 27 (4) : 283-289.

Studies on the Adhesives Used for Structural Glued-Laminated Timbers (2)

-----Experiment on the Fabricating of China Fir Glu-Lam Timbers
Bonded by RPF-----

Cheng-Tzu Liu¹⁾ Cheng-Jung Lin²⁾

Summary

The purpose of this study was to investigate the structural use suitability of glu-lam timbers, made of China fir and kapur, bonded by RPF and RF that were synthesized in the lab. And the properties of kapur glu-lam were experimented in the different types of glue and the loading direction perpendicular or parallel to the glue lines. As for the China fir glu-lam, the relationship between the properties and knots, placement & number of laminae, loading directions vs. glue lines, and glue types were investigated.

The results were as follows:

1. The properties of China fir glu-lam timbers bonded by RPF and RF could meet the requirements, for structural use glu-lam timbers, of first class of type B for softwood in the China National Standard (CNS), CNS-11031 (1984). And laminations, knots, placements & number of laminae and specimen position selected were affected on them very much.

2. Since the wood failure were small and boil peeling test has caused specimen to surface check, end check and warping, kapur glu-lam timbers couldn't meet the CNS specification. So this species wasn't suitable for structural glu-lam use.

國立中興大學

1) Professor, Forestry Research Institute, College of Agriculture, National Chung-Hsing University.
2) Instructor, Department of Wood Science and Technology, National Ping-Tung Institute of Agriculture.