

尿素樹脂接着劑를 사용한 곰솔 集成材의 製造條件이 接着性能에 미치는 影響¹

鄭仁五² · 蘇元澤² · 林奇杓²

Influence of Adhesion Condition on the Laminated Wood of *Pinus thunbergii* glued with Urea-formaldehyde Resin¹

In Oh Chung² · Won Tek So² · Kie Pyo Lim²

Summary

This study was carried out to investigate the block shear strength of the 2ply laminated wood composed of *Pinus thunbergii* with ureaformaldehyde resin as adhesives according to pressure (6, 9, 12, 15kg/cm²), pressing time (5, 10, 20, 30 hrs.), amount of spread (54, 108, 217, 324g/m²), hardener (10, 20, 30, 40% of 10% NH₄CL on resin) and extender (0, 5, 10, 15% wheat flour on resin), and the bending strength and bending young's modulus of laminated beam according to the number of ply. The results were summarized as follows;

1. According to pressing pressure with amount of spread 217g/m², both dry and wet shear strength of laminated wood showed the highest in 15kg/cm², and hot-cold soaking treatment showed the highest in 9kg/cm², while all shear strength of dry, wet and hot-cold soaked laminated wood have been reduced with the increasing of pressing time. 2. According to amount of spread, adhesion strength with the dry, wet and hot-cold soaking treatments revealed the highest in 217g/m² and have been reduced under or over 217g/m² of spread. 3. According to addition of hardener and extender, all shear strength of laminated block with the dry, wet and hot-cold soaking treatments have been reduced in increasing of addition amount of hardener and extender.

The bending strength of beam according to the number of ply showed the highest in 2ply laminated wood and horizontal loading beam to glue line had the higher in strength than the vertical loading.

Key words: *Pinus thunbergii*, urea formaldehyde resin, hot-cold soaking treatments, laminated wood.

1. 緒 論

木材資源의 利用方法에는 農用材나 電信柱와 같이 山에서 伐採된 原木形態로 利用되기도 하나 接着劑 開發과 加工技術의 發展으로 小徑短木이나 작은 粒 子를 接着시켜 再構成한 合板, 파티클보드, 纖維板 等 여러가지 pannel類가 開發되어 一般 建築과 家具産 業에 堅板材로서 利用되고 있으며, 高強度의 構造物 에는 木材대신 철근콘크리트가 利用되고 있으나 大

規模 空間이 必要한 公開홀이나 體育館, 家具材料, 木船製作에는 美的 價値를 가진 輕量構造物를 要求 하므로 先進國에서는 小型板材나 角材를 積層시킨 集成材가 많이 利用되고 있다.

1942年 케놀-레졸시놀 供縮合 樹脂接着劑가 開 發됨으로서 集成材의 耐久性이 增加하여 屋外 使用할 集成材가 開發되었다. 이후 많은 研究가 이루어졌는 바 集成材製造에서 接着條件에 따른 接着強度 變化 에 대하여 보면 케놀樹脂接着劑에 의한 삼나무集成材 製造에서 加壓壓力別 接着強度를 測定한 堀岡(1956)

¹ 接受 5月 10日 Received May 10, 1984.

² 全南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju, Korea.

은 20kg/cm²까지는 強度가 增加하나 그 以後부터는 強度가 떨어지고 菅野(1961), 西原(1963)은 가문비나무 集成材 製造에서 低壓力일수록 強度가 떨어지는 傾向이 있으나 壓力은 板材의 平滑度와 關聯이 크다고 하였다. 그리고 加壓時間에 대해서는 Back (1960) 李(1978) 등이 尿素樹脂 接着劑에 의한 冷壓合板의 加壓時間에 따른 接着強度試驗에서 加壓時間이 길어지면 接着強度가 높아지는 結果를 나타냈다고 報告하였다.

또한 接着劑塗布量에 대하여서는 菅野(1962)가 接着性態 實驗에서 尿素樹脂 接着劑에 의한 가문비나무와 소나무 集成材 製造에서 塗布量 220g/m² 以下에서는 接着強度가 다소 떨어지는 傾向이 있으나 板材의 面이 良好하면 좋은 強度를 얻을 수 있다고 報告하였다.

한편, 接着劑의 硬化時間을 知縮하기 위해 堀岡(1959)은 合板用 尿素樹脂 接着劑에 대한 硬化劑添加量 實驗結果 10% 添加할 때 가장 높은 接着強度를 나타내고 10%를 超過할수록 強度는 떨어진다고 밝혔으며, 尿素樹脂 接着劑의 增量劑로서 樹皮와 小麥粉의 比較 實驗에서 小麥粉으로 增量한 合板이 樹皮增量 合板보다 接着強度가 다소 떨어지고 小麥粉 添加量이 增加할수록 強度가 떨어진다고 報告하였다.

그리고 Moody (1977, '78 and '82)은 板材의 品等, 板材의 넓이, 常態와 耐水等 實大型 集成材의 靱強度를 調査하였고 Moody(1972), Koch(1973) 등은 單板積層材와 素材의 比較로서 靱強度實驗을 實施하였다. 또한 Murphey (1967), 李(1979) 등은 小型集成材의 單板積層材를 利用하여 集成材 水平보와 垂直보의 靱強度를 比較研究하였으며 集成材의 積層數에 따른 靱強度 變化를 Moody (1981) 등이 調査 研究하였다.

本 研究에서는 우리 나라의 南部海岸地方에서 成長이 매우 優秀하기 때문에 그 蓄積이 날로 增加하고 있는 곰솔小徑材의 構造材化를 위해 尿素樹脂 接着劑를 使用하여 製糊條件과 接着條件에 따른 集成材의 接着強度 變化를 調査하였다.

2. 材料 및 方法

2.1. 供試材料

2.1.1. 供試木

實驗에 使用한 供試木은 全南 莞島郡 德岩里에 自生하고 있는 곰솔 3本을 選定해서 두께 20mm, 幅 40mm, 길이 900mm의 치수로 板目製材한 後 室內에

서 3個月間 天然乾燥를 實施하여 含水率 約 12%로 調濕한 다음 두께 10mm, 幅 40mm, 길이 340mm로 대패加工해서 供試材로 使用하였으며 供試木의 形質은 Table 1과 같다.

Table 1. Properties of sample wood

Species	Tree ages (years)	Diameter (cm)		Length (cm)	Av. of ann. ring width (mm)	Late wood width (mm)	Sp. Gr.	M. C. (%)
		Butt-end	Top-end					
<i>Pinus thunbergu</i>	26	31.5	24.3	180	6.05	2.74	0.59	11.8

2.1.2. 供試接着劑

某工場에서 製造한 濃縮尿素樹脂 接着劑를 供試接着劑로 使用하였으며 KS M 3701에 따라 粘度, PH, 樹脂率 및 硬化時間等을 測定한 結果는 Table 2와 같다.

Table 2. Properties of sample adhesives

Adhesives	Viscosity (Poise)	PH (at 25°C)	Resin ratio (%)	Curing time (hrs.)
Urea-formaldehyde resin	7.5	8.14	70.2	7.2

2.1.3. 供試硬化劑

試藥用 염화암모늄(NH₄Cl) 10% 水溶液을 使用하였다.

2.1.4. 供試增量劑

시중에서 시판중인 小麥粉(2等級)을 供試增量劑로 使用하였다.

2.2. 實驗方法

2.2.1. 集成材 製造

供試材를 Table 3과 같은 接着條件 및 製糊方法에 따라 兩面塗布에 의한 2ply 集成材를 製造하여 接着強度試驗으로 使用하였다.

2.2.2. 接着強度試驗

準備된 集成材에서 接着強度試驗片을 萬能材料試驗機(Auto graph IS-10T, Shimadzu Co.)의 cross head 荷重速度를 10mm/min으로 固定하여 KS M 3721에 따라 壓縮剪斷強度를 測定하였으며 이 때의 木部破斷率은 5% 單位로 調査하였다.

2.2.2.1. 常態接着強度

Table 3. Setting condition of laminated wood and blending ratio of adhesives

Division	Pressure temperature (°C)	Pressing Pressure (kg/cm ²)	Pressing time (hrs.)	Amount of spread (g/m ²)	Blending ratio (%)		
					Adhesives	Hardener	Extender
Pressing Pressure	25	6	20	217	100	20	5
		9					
		12					
		15					
Pressing time	25	12	5	217	100	20	5
			10				
			20				
			30				
Amount of spread	25	12	20	54	100	20	5
				108			
				217			
				324			
Hardener (10% NH ₄ Cl)	25	12	20	217	100	10	5
						20	
						30	
						40	
Extender (wheat meal)	25	12	20	217	100	20	5
						0	
						5	
						10	
							15

試驗片을 大氣狀態에서 48時間 放置한 後 剪斷強度를 測定하였다.

2. 2. 2. 2. 耐水接着強度

試驗片은 30 ± 1°C의 물속에 3時間 浸漬한 後 젖은 狀態에서 剪斷強度를 測定하였다.

2. 2. 2. 3. 耐溫水 接着強度

試驗片은 60 ± 3°C의 溫水中에 3時間 浸漬한 後 즉시 室溫의 물속에서 冷却시킨 다음 젖은 狀態에서 剪斷強度를 測定하였다.

2. 2. 3. 集成材브의 靱強度試驗

全体 크기를 30 × 30 × 480mm로 一定하게 하고 두께 6, 10, 15mm의 라미나에 10% 용액으로 희석한 NH₄Cl과 20% 小麥粉 5%를 添加한 尿素樹脂를 217g/m²씩 兩面塗布한 다음 壓力 12kg/cm²에서 20時間 加壓處理한 2, 3, 5-ply 多層集成材와 solid角材를 KS F 2208에 따라 靱強도와 靱係數를 測定하였다.

3. 結果 및 考察

3. 1. 製造條件에 따른 集成材의 接着性能

3. 1. 1. 加壓壓力

尿素樹脂接着劑를 사용한 Table 3의 공솔集成材製造에서 接着劑 塗布量 217g/m²일 때의 適正加壓壓力을 究明하기 위해 4가지 壓力別로 接着하여 壓縮剪斷強度를 測定한 結果는 Table 4와 같고 木部破斷率의 變化는 Fig. 1과 같다.

Table 4. Block shear strength according to pressing pressure

Test	Pressure (kg/cm ²)	Block shear strength (kg/cm ²)						Mean
		1	2	3	4	5	6	
Dry	6	88.6	87.0	107.1	82.6	97.1	99.1	93.6
	9	108.2	119.5	108.8	121.2	110.4	118.6	114.5
	12	106.9	103.3	115.2	108.0	106.1	109.7	108.2
	15	134.9	130.2	117.7	135.3	136.1	117.6	128.6
Wet	6	67.9	65.5	60.2	67.9	63.3	62.7	64.6
	9	73.3	88.4	74.0	72.8	80.0	80.9	78.2
	12	74.6	68.8	73.4	75.9	68.8	75.6	72.9
	15	74.2	86.8	82.1	75.0	82.8	77.5	79.7
Hot & Cold	6	33.3	30.1	34.2	28.5	26.3	29.1	30.6
	9	34.0	44.5	51.5	44.9	44.9	40.1	43.3
	12	29.6	29.8	24.0	29.8	25.1	22.4	26.8
	15	28.0	22.6	24.0	26.0	23.4	26.6	25.1

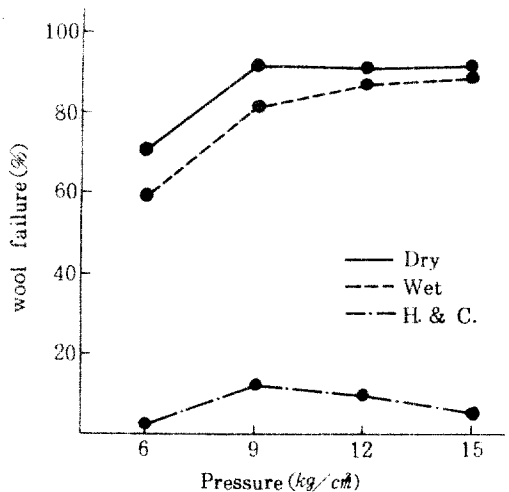


Fig. 1. Relation of pressure to wood failure of glue line.

Table 4에서 常態, 耐水 및 耐溫水接着強度에서 壓力이 6kg/cm²일때 接着強度가 떨어진 것은 絕對壓力이 不

充分하여 接着層이 두꺼워지고 膜層内部에 水泡나 氣泡 等の 不必要한 空隙이 생기기 쉬운데서 오는 接着性 低下現象때문으로 생각된다. 常態接着力에 對한 耐水 및 耐溫水接着力의 比率을 計算해 보면 耐水接着強度이 常態接着強度에 비해 平均 33%가 減小하였으며 耐溫水接着強度의 減小率은 平均 71%로서 매우 심한 接着強度 減小을 나타냈다.

또한 木部破斷率은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 壓力이 增加할 수록 多少 減少하는 傾向을 나타냈다.

이러한 결과로 加壓壓力에 대한 接着強度의 分散分析이 Table 5와 같이 常態, 耐水 및 耐溫水接着強度 모두 1% 以上の 有意性을 나타냈다.

本 實驗에서 15kg/cm²일 때 가장 높은 128.6kg/cm²의 接着強度를 나타냈으며 壓力 9kg/cm² 以上이면 KS M 3701에 의한 尿素樹脂接着劑의 集成品質基準 100kg/cm²을 超過하는 常態接着強度를 나타냈다.

Table 5. F-value & Duncan's multiple range test of block shear strength according to pressing pressure

Pressure (kg/cm ²)		6	9	12	15	F
Block Shear Strength (kg/cm ²)	Dry	93.6	114.5	108.2	128.6	18.50**
		a	b	b	c	
	Wet	64.6	78.2	72.9	79.7	12.44**
		a	b	b	b	
	Hot & Cold	30.6	43.3	26.8	25.1	24.47**
		a	b	a	a	

** Significance at 1% level

이러한 結果는 페놀樹脂를 使用한 삼나무集成材製造에서 加壓壓力을 5kg/cm²부터 5kg/cm²間隔으로 30kg/cm²까지 變化시킨 堀岡(1956)은 壓力 20kg/cm²까지는 接着強度가 增加하였으나 그 以上부터는 接着強度가 떨어지는 傾向을 나타냈고 또한 尿素樹脂接着劑를 使用하여 곰솔 等 14樹種에 대하여 加壓壓力 10kg/cm², 加壓時間 24時間, 塗布量 20g/ft²의 條件으로 製造한 樹種別 集成材의 壓縮剪斷強度와 木部破斷率에서 곰솔이 各各 84.6kg/cm², 93%로 報告한 結果와 比較하면 本 實驗의 接着強度가 더 높은 것으로 나타났다.

3.1.2. 加壓時間

Table 3의 集成材製造에서 接着劑塗布量 217g/cm²의 適正加壓時間을 究明하기 위해 4가지 加壓時間別로 接着하여 壓縮剪斷強度를 測定한 Table 6과 같고 木部破斷率의 變化는 Fig. 2와 같다.

Table 6. Block shear strength according to pressing time

Test time	Pressing time (hrs.)	Block shear strength(kg/cm ²)						Mean
		1	2	3	4	5	6	
Dry test	5	86.9	84.9	88.6	90.8	71.5	77.8	83.4
	10	99.4	96.4	101.2	97.4	94.3	97.7	97.7
	20	125.1	121.6	130.8	120.4	120.8	120.2	123.2
	30	126.3	121.9	127.4	123.1	122.7	122.2	123.9
Wet test	5	50.8	53.1	51.1	52.3	44.9	53.5	50.9
	10	63.4	59.8	64.4	64.0	59.9	64.1	62.6
	20	69.4	70.0	69.9	70.0	68.1	70.9	69.7
	30	81.0	81.4	81.5	79.9	80.7	79.8	80.7
Hot & Cold	5	15.6	13.6	17.1	17.3	12.2	12.2	14.7
	10	23.1	21.9	21.4	23.2	20.2	20.3	21.7
	20	30.5	27.9	30.4	28.2	30.8	28.4	29.7
	30	41.1	42.8	41.4	41.2	42.6	42.8	42.0

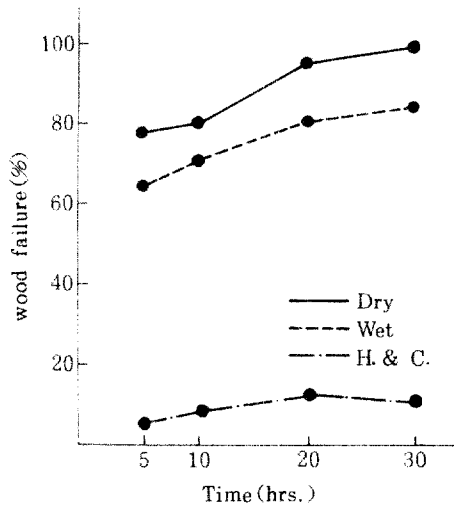


Fig. 2. Relation of pressing time to wood failure.

즉 Table 6에서 加壓時間이 짧을수록 接着強度가 낮은 것은 接着劑의 所要 硬化時間에 비해 加壓時間이 짧은 때 原因이 있는 것으로 생각된다. 常態接着強度에 대한 耐水 및 耐溫水接着強度의 比率은 各各 55~65% 및 18~34% 範圍로서 耐水接着強度가 常態接着強度에 비해 平均 38% 減少하였으며 耐溫水接着強度의 減少率은 平均 76%程度였다.

한편, 木部破斷率은 Fig. 2에 表示한 바와 같이 接着強度에서와 마찬가지로 加壓時間이 增加함에 따라 木部破斷率이 增加하는 傾向이 나타났으며 耐溫水處理에서는 加壓時間에 따른 木部破斷率에 큰 差異

가 나타나지 않은 것은 耐水性이 낮은 接着劑이기 때문으로 생각된다.

이어서 加壓時間에 대한 接着強度의 分散分析結果 Table 7 과 같이 常態, 耐水 및 耐溫水接着強度 모두 1%의 有意性을 나타냈다. 耐水 및 耐溫水接着強度는 5時間, 10時間, 20時間 및 30時間 모두에서 有意差가 認定되었다. 따라서 加壓時間의 경우 加壓時間 20時間 以上에서 KS M 3701에 의한 尿素樹脂接着劑의 集成材品質基準 100kg/cm²을 超過하는 接着強度를 나타냈다.

Table 7. F-value & Duncan's multiple range test of block shear strength according to pressing time

Pressing time(hrs.)		5	10	20	30	F
Block shear strength (kg/cm ²)	Dry	83.4	97.7	123.2	123.9	211.3**
	Wet	50.9	62.6	69.7	80.7	192.6**
	Hot & Cold	14.7	21.7	29.7	42.0	352.7**
		a	b	c	c	
		a	b	c	d	
		a	b	c	d	

** Significance at 1% level.

여러가지 硬化條件에서 加壓한 Olson, Bruce 및 Black (1960)은 6時間 壓縮하였을 때 220 psi, 10時間 壓縮하였을 때 380 psi의 接着結果를 報告하였고 尿素樹脂接着劑에 硬化劑(10% NH₄Cl 水溶液) 10%를 添加한 冷壓合板의 加壓時間別 常態 및 耐水 接着強度를 實驗한 李 (1978) 등은 各各 6時間일 때 10.9kg/cm², 6.4kg/cm², 12時間일 때 17.8kg/cm², 16.9kg/cm², 16時間일 때 22.0kg/cm², 20.3kg/cm², 20時間일 때 21.3kg/cm², 21.6kg/cm²라고 한점으로 보아 加壓時間이 길어질수록 接着強度가 增加하는 것으로 생각된다.

3.1.3. 塗布量

Table 3의 공술集成材製造에서 接着劑 消費量을 줄이기 위해 塗布量別 壓縮剪斷強度를 測定한 結果는 Table 8 과 같고 木部破斷率의 變化는 Fig. 3과 같다.

즉 Table 8에서 보는바와 같이 塗布量이 5g/ft²일 때 塗布量의 不足으로 缺膠狀態를 일으키기 쉽고 連續的인 接着膜層을 形成할 수 없으므로 良好한 接着強度를 얻지 못한 것으로 思料되며, 塗布量이 30g/ft²일 境遇는 多量의 塗布로 생긴 두꺼운 被膜層에서 오히려 接着劑 分子間 凝集力이 弱화되어 接着強度가 低下된 것으로 생각된다. 한편 常態接着強度

Table 8. Block shear strength according to amount of spread

Test	Amount of spread (g/m ²)	Block sheak strength (kg/cm ²)						Mean
		1	2	3	4	5	6	
Dry	54	93.3	89.7	91.5	88.0	97.3	91.1	91.8
	108	113.7	121.9	112.0	118.4	120.1	106.4	115.4
	217	129.9	126.3	131.7	131.0	129.1	132.7	130.1
	324	112.5	114.2	108.8	112.6	113.4	118.8	113.4
Wet	54	50.5	47.2	50.6	49.0	49.0	50.3	49.7
	108	66.0	80.0	58.9	70.1	71.1	66.8	68.8
	217	72.6	66.8	71.4	75.4	74.0	78.6	73.1
	324	56.7	62.4	62.3	62.1	65.7	69.1	63.1
Hot & Cold	54	28.6	38.2	28.5	34.8	25.0	28.3	30.6
	108	49.0	39.1	40.1	49.1	42.2	46.8	44.4
	217	49.0	43.5	46.8	46.6	45.3	48.4	46.7
	324	29.6	29.8	24.0	29.8	25.1	22.4	26.8

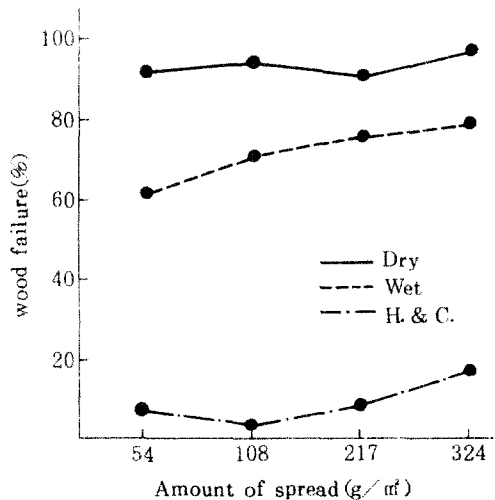


Fig. 3. Relation of amount of spread to wood failure.

에 대한 耐水 및 耐溫水接着強度의 比率를 比較하면 耐水接着強度는 常態接着強度에 비해 平均 44% 減少하였으며 耐溫水接着強度의 減少率은 67%를 나타냈다.

또한 接着劑 塗布量에 따른 木部破斷率은 Fig. 3와 같이 常態處理에서 塗布量이 增加할 수록 木部破斷率이 增加하고 耐溫水處理에서는 108g/m²에서 4.4%로 가장 낮았다.

塗布量에 대한 接着強度의 分散分析結果 Table 9와 같이 常態, 耐水, 耐溫水接着強度 모두 1% 以上 高度의 有意性을 나타냈다.

本實驗에서는 塗布量 217g/m²일 때 가장 높은 接着強度를 나타냈으며 108g/m²에서 KS M 3701 以上の 常態接着強度를 나타냈다.

Table 9. F-value & Duncan's multiple range test of block shear strength according to amount of spread

Amount of spread (g/m ²)		54	108	217	324	F
Block shear strength (kg/cm ²)	Dry	91.8 a	115.4 b	130.1 c	113.4 b	84.73**
	Wet	49.7 a	68.5 bc	73.1 c	63.1 b	23.57**
	Hot & Cold	30.6 a	44.4 b	46.7 b	26.8 a	42.25**

** Significance at 1% level.

3. 接着劑 製糊條件에 따른 集成材 接着性能

3.2.1. 硬化劑添加量

常溫硬化型 濃縮尿素樹脂接着劑의 硬化를 促進시키고 完全硬化에 의한 接着強度의 向上을 目的으로 Table 3의 集成材製造條件에서 10% NH₄Cl 水容液의 樹脂原液에 대한 4가지 添加量別 壓縮剪斷強度結果는 Table 10과 같고 木部破斷率의 變化는 Fig. 4와 같다.

Table 10. Block shear strength according to hardener

Test	Hardener (%)	Block shear strength (kg/cm ²)						
		1	2	3	4	5	6	Mean
Dry	10	121.3	103.3	119.8	106.8	124.9	112.7	114.8
	20	106.9	103.3	108.7	101.4	108.0	109.7	106.3
	30	100.0	116.8	117.2	120.9	107.1	105.6	111.3
	40	99.9	97.2	100.6	104.3	104.1	88.7	99.1
Wet	10	77.1	72.4	65.1	68.0	80.6	76.3	73.3
	20	69.6	63.8	68.4	62.4	71.0	63.8	66.5
	30	65.7	66.8	67.3	62.3	65.2	60.5	64.8
	40	59.7	56.5	53.9	61.5	55.7	59.2	57.8
Hot & Cold	10	34.6	36.2	32.4	28.7	37.6	35.6	35.9
	20	29.6	29.8	24.0	29.8	25.1	22.4	26.8
	30	33.5	36.9	34.7	34.9	40.5	33.5	35.7
	40	16.0	15.5	19.9	10.8	14.7	17.0	15.7

즉, Table 10에서 硬化劑를 40% 添加일때 接着強度가 떨어진 것은 樹脂가 過量의 硬化劑로 因하여 充分히 加壓되기 전에 미리 前硬化된 때문으로 생각된다. 常態接着強度에 대한 耐水 및 耐溫水接着強度는

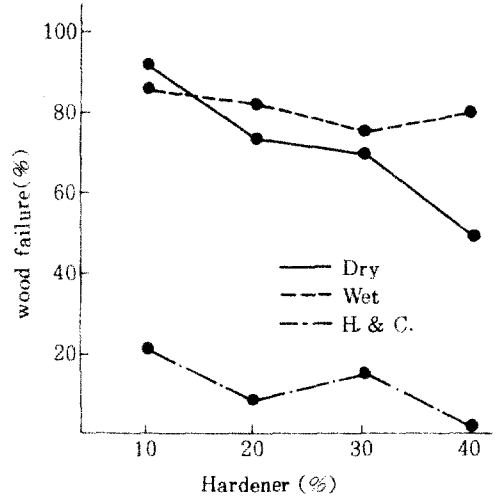


Fig. 4. Relation of hardener to wood failure.

常態接着強度에 비해 平均 39% 減少하였으며 耐溫水接着強度의 減少率은 平均 74%로 나타났다.

또한 硬化劑 添加에 대한 木部破斷率은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 常態, 耐水, 耐溫水處理에서 硬化劑量이 增加할 수록 木部破斷率도 減少하는 傾向을 나타냈다.

이어서 硬化劑添加量에 대한 接着強度의 分散分析結果는 Table 11과 같이 常態, 耐水, 耐溫水接着強度 모두 1% 以上 高度의 有意性을 나타냈다. 따라서 硬化劑添加量의 境遇 10% 添加時 114.8kg/cm²으로 가장 높은 接着強度를 나타내고 있으며 添加別 30%까지는 KS M 3701에 의한 尿素樹脂接着劑의 集成材品質基準 100kg/cm²을 超過하는 常態接着強度를 나타냈다.

Table 11. F-value & Duncan's multiple range test of block shear strength according to hardener addition

Hardener (%)		10	20	30	40	F
Block shear strength (kg/cm ²)	Dry	114.8 b	106.3 ab	113.3 ab	99.1 a	5.58**
	Wet	73.3 c	66.5 bc	64.8 b	57.8 a	12.43**
	Hot & Cold	35.9 b	26.8 a	35.7 b	15.7 a	57.57**

** Significance at 1% level.

3.2.2. 小麥粉添加量

製造原價節減 및 樹脂原液의 粘度調節을 目的으로

增量하게 되는 데 尿素樹脂用 增量劑로는 一般적으로 小麥粉이 가장 많이 使用되고 있다. 따라서 樹脂原液에 대한 5, 10, 15%의 小麥粉增量 및 無增量의 4 가지 增量條件別 壓縮剪斷強度를 測定한 結果는 Table 12와 같고 木部破斷率 變化는 Fig. 5와 같다.

Table 12. Block shrength according to extender

Test	Ex-tender (%)	Block shear strength (kg/cm ²)						Mean
		1	2	3	4	5	6	
Dry	0	123.5	132.4	121.8	136.9	116.7	143.9	130.2
	5	116.9	125.2	118.7	118.0	116.1	119.7	119.1
	10	125.7	112.2	133.8	97.7	116.7	110.5	116.1
	15	116.4	114.3	117.2	94.1	94.6	112.2	108.1
Wet	0	73.5	76.6	89.9	82.1	92.9	91.4	84.4
	5	74.6	68.8	73.4	77.4	76.0	80.6	75.1
	10	70.3	63.2	83.5	69.3	81.9	63.9	72.1
	15	66.1	62.4	57.0	59.2	52.2	66.1	60.5
Hot & Cold	0	43.9	39.0	42.0	44.4	40.5	40.8	42.1
	5	19.9	29.6	29.8	24.0	25.1	22.4	25.1
	10	20.3	22.3	17.3	15.4	11.4	11.7	16.4
	15	32.0	29.9	32.0	32.7	29.8	30.4	31.1

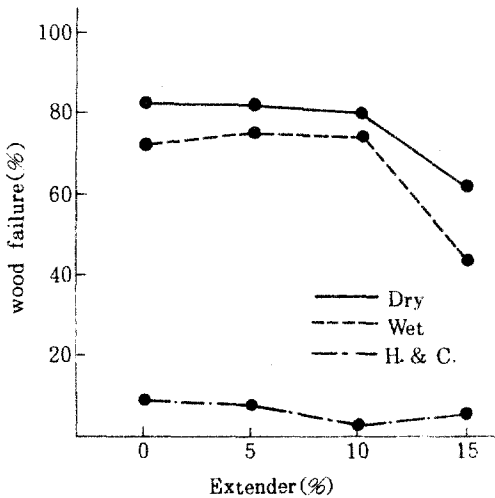


Fig. 5. Relation of extender addition to wood failure.

즉, Table 12에서와 같이 小麥粉添加量이 增加할 수록 接着強度가 떨어지는 傾向은 小麥粉添加量이 增加함에 따라 木材와 結合하는 樹脂分이 減少되고 液의 粘度가 떨어져서 接着性能이 劣化된 것으로 생각된다. 常態接着強度에 대한 耐水 및 耐溫水接着強度의 比率는 各各 56~65% 및 14~32% 範圍로서 耐水接着強度는 常態接着強度에 비해 平均 39

% 減少하였으며 耐溫水接着強度의 減少率은 平均 76%로 나타났다.

또한 木部破斷率은 Fig. 5와 같이 耐溫水處理에서는 添加量에 따른 큰 差異가 나타나지 않았다.

이어서 小麥粉增量에 대한 接着強度의 分散分析 結果 Table 13과 같이 常態, 耐水, 耐溫水接着強度 모두 1% 以上の 高度의 有意性을 나타냈다.

따라서 小麥粉添加의 경우 無添加일 때 가장 높은 130.2kg/cm²의 接着強度를 나타내고 있으나 15% 添加에서도 KS M 3701에 尿素樹脂接着劑의 集成品 質基準 100kg/cm²을 모두 超過하는 接着強度를 나타냈다.

Table 13. F-value & Duncan's multiple range test of block shear strength according to extender addition

Extender (%)		0	5	10	15	F
Block shear strength (kg/cm ²)	Dry	130.5	119.1	116.1	108.1	5.70**
		b	b	ab	a	
	Wet	84.4	75.1	72.1	60.5	11.99**
		b	b	ab	a	
Hot & Cold	42.1	25.1	16.4	31.1	67.34**	
	a	b	c	d		

** Significance at 1% level.

3. 3. 靱強度試驗

全體 크기를 30 × 30 × 480 mm로 一定하게 하면서 라미나의 두께를 變化시켜 2 ply, 3 ply, 5 ply로 製造된 多積集成材의 接着層에 대한 水平 및 垂直荷重에 따른 靱強度 및 靱係數를 solid材와 比較한 結果는 Table 14와 같다.

Table 14. Bending strength and bending young's modulus according to number of ply

Direction of loading	Number of ply	Bending strength (kg/cm ²)				Bending young's modulus (kg/cm ²) (× 10 ³)			
		1	2	3	Mean	1	2	3	Mean
Vertical	solid	705	755	749	723	62.3	54.2	55.4	57.3
	2	804	777	806	796	58.0	64.8	62.9	61.9
	3	681	702	661	681	53.2	57.5	54.6	55.1
	5	673	668	636	659	66.2	70.1	65.2	67.2
Horizontal	solid	705	755	769	743	62.7	56.3	57.5	60.2
	2	857	814	849	840	93.6	79.4	79.0	84.0
	3	719	671	721	705	67.5	62.3	66.4	65.4
	5	691	660	704	685	75.4	69.9	71.2	72.2

즉 接着層에 대한 水平 및 垂直荷重에서 휨強度와 마찬가지로 水平荷重集成材가 垂直荷重集成材보다 큰 휨영係數를 나타냈다.

한편, ply數에 따른 휨強度 및 휨영係數의 分散分析 結果 Table 15 와 같이 1%의 有意性을 나타냈다.

Table 15. F-Value & Duncan's multiple range test of bending strength and bending young's modulus according to number of ply.

Number of ply		solid	2	3	4	F
Bending strength (kg/cm ²)	Vertical	723 a	796 b	681 a	659 a	20.2**
	Horizontal	743 a	840 b	705 a	685 a	25.4**
Bending young's modulus (kg/cm ²)(×10 ³)	Vertical	57.3 a	61.9 a	55.1 b	67.2 a	6.8**
	Horizontal	60.2 a	84.0 a	65.4 a	72.2 a	37.3**

**Significance at 1% level.

4. 結 論

우리 나라 南部海岸地方의 主要 經濟樹種으로서 그 蓄積이 날로 增加하고 있는 곰솔 (*pirus thunbergii*) 小徑木의 集成材 利用을 위해 尿素樹脂接着劑를 使用하여 加壓壓力(6, 9, 12, 15kg/cm²), 加壓時間(5, 10, 20, 30hrs.), 小麥粉添加量(0, 5, 10, 15%), 硬化劑添加量(10, 20, 30, 40%) 및 塗布量(5, 10, 15, 20%)別 接着強度의 變化를 測定調査하였으며, 小型集成材로서의 利用性을 究明하기 위해 集成 ply數別 휨強度變化와 휨영係數를 測定한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 加壓壓力에 따른 常態 및 耐水接着強度는 15 kg/cm²일 때 가장 높고 耐溫水接着強度는 9 kg/cm²일 때 가장 높았으며, 加壓時間에서는 常態, 耐水, 耐溫水接着強度 모두 加壓時間이 길수록 接着強度가 增加하였다.

2) 接着劑塗布量에 따른 接着強度變化는 常態, 耐水, 耐溫水處理 모두 塗布量 20g/ft²일 때 가장 높게 나타났다.

3) 接着劑에 대한 硬化劑(10% NH₄Cl) 添加量別 接着強度는 常態, 耐水, 耐溫水處理 모두 硬化劑添加량이 增加할 수록 低下하였으며, 小麥粉添加量에서는 添加량이 增加할 수록 低下하였으나 10%以上에서는 木部破斷率이 急激히 減少하였다.

4) 集成材의 ply數에 따른 휨強度 및 휨영係數 試驗에서는 2 ply 集成材가 가장 優秀하고, 接着層에 대한 垂直荷重보다 水平荷重이 더 良好한 強度를 나타냈다.

引 用 文 獻

- Black, J. M., W. Z. Olson and H. D. Bruce. 1961. Development of joint strength in birch plywood glued with phenol, resorcinol and melamine resin glue cured at several temperature. U. S. For. Prod. Lab. Report. No. 1531.
- 堀岡 邦典. 1956. 材質改良に 關する 研究(第6報). 接着に 關する 木材の性質. 林業試驗場報告 89: 105 ~ 150.
- 堀岡 邦典. 1959. 尿素樹脂接着劑の硬化劑について. 林業試驗場報告 113: 72 ~ 81.
- Koch P. 1973. Structural lumber laminated from 1/4 - inch rotary-peeled southern pine veneer. For. Prod. Jour. 23(7): 17 ~ 25.
- 李弼宇 外 1人. 1978. 尿素樹脂의 硬化劑添加量과 壓縮時間이 冷壓熱壓合板의 剪斷接着力에 미치는 影響. 서울大學校 農科大學 演習林報告. 14: 36 ~ 47.
- 李弼宇 外 2人. 1979. 合板, 單板積材 및 素材의 數種 物理的 性質에 關한 比較研究. 서울大學 農科大學 林産加工. 3 10 ~ 19.
- Mark, C. M. and R. C. Moody. 1981. Bending strength of shallow glued-laminated beam of a uniform grade. For. Prod. Lab. FPL. 380: 2 ~ 19.
- Mark, C. M. and R. C. Moody. 1982. Effect of lumber width and tension laminated quality on the bending strength of four-ply laminated beam. For. Prod. Jour. 32(1): 45 ~ 52.
- Moody, R. C. and C. C. Peters. 1972. Strength properties of rotary knife-cut laminated southern pine. For. prod. Lab. FPL 178: 1 ~ 12.
- Moody, R. C. 1977. Improved utilization of lumber in glued laminated beam. For. Prod. Lab. FPL 292: 1 ~ 48.
- Murphey, W. K., C. L. Drasher and D. V. Woodruff. 1967. Mechanized properties of small

- laminated beams utilizing slicewood, U. S.
For. Prod. Jour. 17(3): 37 ~ 40.
12. Oviatt, A. E. 1960. Glued Laminated wood.
For. Prod. Jour. 10(5): 225~ 227.
13. 菅野 簀作. 1961. 集成材に 關する 研究(第3報)
尿素樹脂を 接着劑とする ユヅマツ集成材の製造條
件と 接着性能について. 林業試驗場報告.130:
115 ~ 124.
14. _____, 1962. 集成材に 關する 研究(第5報)
外裝用 ユヅマツ集成材の製造と接着性能. 林業
試驗場報告. 135: 145 ~ 154.
15. _____, 1962. 集成材に 關する 研究(第7報)
アカマツ集成材の 製造條件と接着性能. 林業試
驗場報告. 144: 113 ~ 122.
16. _____, 1963. 集成材に 關する 研究(第9報)
各種 合成樹脂 接着劑に 關する 集成材の 接着
性能. 林業試驗場報告. 150: 61 ~ 65.
17. Wolfe, R. W. and Moody R. C. 1978.
Bending strength of water-soaked glued
laminated beams. For. Prod. Lab., Research
Paper. FPL 307: 2~12.