

# 리기다소나무板材의 接着條件이 集成材의 接着性能에 미치는 影響\*1

朴相範\*2·孔泳土\*2·趙在明\*2

## Effects of Adhesion Conditions on Bonding Strength of Pitch Pine Woods for Glued-Laminated Wood\*1

Sang Bum Park\*2·Young To Kong\*2·Jae Myeong Jo\*2

### SUMMARY

This study was carried out to investigate the effects of pressing time and spreading amount, moisture content, gap-distance with butt to butt joint and adhesives on bonding strength in manufacturing the laminated wood with Pitch pine (*Pinus rigida*).

The results obtained were as follows:

- 1) The pressing time of 12 hours, 10 kilogram per square centimeter of pressure and 200 gram per square meter of spreading amount were required to reach over 50 kilogram per square centimeter (block shear strength) in manufacturing the laminated wood by aqueous vinyl urethane adhesive.
- 2) The bonding strength decreased with the increase of moisture content of wood. The block shear strength, however, showed over 100 kilogram per square centimeter when the strength test was carried out after air-drying the laminated wood in high moisture content (30-70%).
- 3) Regardless of direction of load, every flexural property decreased with the increase of gap-distance with butt to butt joint. However, little of every flexural property was changed at 0.5 millimeter of joint-gap distance. The flexural property of vertically laminated wood (perpendicular to glue line to load direction:  $\perp$ ) showed more than that of horizontally laminated wood (parallel to glue line to load direction:  $\parallel$ ).
- 4) Among five adhesives used at this experiment, the bonding strength of aqueous vinyl urethane adhesive was the highest in dry bond and wet tests.

### 1. 緒 言

리기다소나무(*Pinus rigida*)는 耐乾·耐寒성이 強

하고, 拮惡地에 生育이 良好한 特性으로 因해 荒廢地의 復舊를 위한 祿化樹種으로 또한 極甚한

\*1. 接受 1988年 10月 5日 Received October 5, 1988

\*2. 林業研究院 Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea

솔나방의 被害를 받고 있는 소나무의 代替造林 樹種으로 解放後 繼續 造林되어 現在 약 700千ha 以上으로 人工造林面積의 約 20%를 차지하고 있다.

萌芽의 발생이 甚하여 幼苗가 많고 나무갓이 거칠은 리기다소나무의 邊材는 淡黃白色, 心材는 褐紅色으로 心邊材의 區別이 明瞭하며, 心材의 形成이 늦고 生長이 빠르기 때문에 邊材量이 많아 소나무보다 耐腐性이 弱하다. 氣乾比重은 0.54로 소나무(0.47), 라디에타소나무(0.48)보다 크며, 收縮率은 소나무, 落葉松과 비슷하고, 靱強度는 910kg/cm<sup>2</sup>으로 剛松(975kg/cm<sup>2</sup>)보다 낮으나 落葉松(900kg/cm<sup>2</sup>)과는 비슷하고 소나무(747kg/cm<sup>2</sup>), 라디에타소나무(740kg/cm<sup>2</sup>), 미국 송나무(794kg/cm<sup>2</sup>)보다 매우 크다.<sup>3)</sup>

現在 리기다소나무는 펄프用材, 建築土木用材, 樹脂採取用材 등으로 一部 利用되고 있으나, 용이의 발생이 많아 材內部的 不均一한 強度의 性質로 因해 靱반이用的 部在로 使用하는데는 若干의 問題가 있다.<sup>4)</sup>

따라서 이 木材를 보다 뛰어난 加工材料로 開發·利用하기 위해서는 短點을 最少化하면서 長點을 最大로 維持시킬 수 있는 方法이 講究되어야 할 것이다. 리기다소나무가 木材로서 지니는 長點으로 強度가 높고 材色이 밝으며, 紋理가 美麗한 點을 들 수 있다.

以上과 같은 面을 考慮해볼 때 리기다소나무材의 材質改善을 위해서 여러가지 方法을 생각할 수 있으나 集成材의 加工方法이 매우 有利할 것으로 思料된다.

集成材는 原木 및 素材로부터 板材를 單純加工한 後 隣接 單板의 木理를 서로 平行하게 積層構成하기 때문에 리기다소나무材의 優秀한 性質을 잘 維持시킬 수 있는 한편 積層 過程中에 素材의 缺點部가 分散配置되어 材質이 均等해질 수 있으며 素材에 比하여 注藥處理를 쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라 乾燥速度가 短縮되는 등의 效果를 期待할 수 있기 때문이다.<sup>5)</sup>

集成材에 關한 研究로서 1957年 日本 林業試驗場의 集成材研究班<sup>6)</sup>은 通直集成材의 斷面構

成, 接着加工, 接着強度 등의 集成材의 製造條件과 材質試驗을 實施하였고, 또한 彎曲集成材의 安全曲率半徑을 비롯하여 斷面構成, 接着加工 등에 關하여 研究하였다. 西原<sup>7)</sup> 등은 소나무集成材의 製造條件과 接着性能에 關한 研究 및 各種 合成樹脂接着劑에 의한 集成材의 接着性能에 關하여 研究하였다.

Boblen<sup>8)</sup>은 소나무 集成材의 剪斷強度 및 引張強度를 調査하였고, Marx等<sup>9)</sup>은 板材의 品等, 板材의 幅, 積層數에 따른 靱強度를 比較·研究하였다.

趙等<sup>10)</sup>은 포플러와 落葉松材를 一般建築 등의 構造用材로 利用할 수 있는 形質의 改良과 強度增進을 目的으로 集成材의 適正製造條件을 究明하였고, 李等<sup>11)</sup>은 들메나무 및 아까시나무集成材의 靱性質에 미치는 Butt joint의 틈새間隔의 影響에 對하여 研究하였다.

本 研究에서는 리기다소나무板材를 部材(lamina)로 使用하여 集成材를 製造할 境遇, 壓縮時間 및 接着劑塗布量, 含水率, Butt-joint의 틈새間隔 및 接着劑의 種類 등이 接着強度에 미치는 影響을 分析·考察하였다.

## 2. 材料 및 方法

### 2.1. 供試材

本 實驗에 使用된 供試木의 性狀은 Table 1과 같다.

### 2.2. 供試接着劑

使用된 接着劑는 日本 光洋産業(株)의 水性 비닐우레탄(KR-7700)接着劑로써 그 特性은 Table 2와 같다.

### 2.3. 集成材의 接着性能

#### 가. 壓縮時間 및 接着劑塗布量의 影響

두께 1cm, 幅 2cm, 길이 30cm의 리기다소나무板材를 氣乾하여 水性비닐우레탄接着劑로 2枚 接着하였다. 適正 接着條件을 把握하고자 壓縮時間(12, 24hr), 과 接着劑塗布量(200, 250, 300 g/m<sup>2</sup>)을 달리하여 블럭剪斷 및 引張接着強

Table 1. Characteristics of sample tree

Species	D.B.H (cm)	Tree age (yrs.)	Clear length (m)	Location
<i>Pinus rigida</i> Mill.	20-34	65	2	Kwangnung forest lands

Table 2. Characteristics of aqueous-vinyl urethane adhesive

	KR-7700	AE(hardner)
Appearance	White	Black
Viscosity (poise)	90-130	1-2
Solid content (%)	44-48	98
pH	6-7	2-3

도, 휨강도를測定하였다.

나. 含水率의 影響

板材의 含水率을 10, 30, 70%로 調整하여 接着劑를  $m^2$ 당 250 g 塗布하여 壓力 10kg/cm<sup>2</sup>으로 12 時間 壓縮한 後, 濕潤 및 氣乾狀態에서 휨강도를 調查하였다.

다. Butt joint의 틈새間隔의 影響

Butt joint의 틈새間隔이 製造된 集成材의 強度에 어떻게 影響하는 가를 알기위해 틈새間隔을 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 20.0mm 等으로 調整하였을 境遇, 接着面과 荷重方向에 따른 휨강도를 調查하였다.

라. 接着劑의 影響

市중에 流通되는 木材用接着劑에 對한 性能을 比較하기 위해 水性비닐우레탄, 타이트본드(우레탄+PVA)우레탄樹脂, 초산비닐樹脂, 尿素樹脂로 接着하였다.

### 3. 結果 및 考察

3.1. 壓縮時間 및 接着劑塗布量이 接着強度에 미치는 影響

水性비닐우레탄接着劑를 使用하여 리기다소나 무集成材의 適正 製造 條件을 求하기 위해 壓縮時間과 接着劑塗布量을 달리했을 때의 測定한 接着強度를 Table 3에 나타내었다.

블록剪斷 및 引張接着試驗에서 壓縮時間에 따른 影響은 뚜렷하지 않았으나 接着劑의 塗布量에 따른 接着力에는 塗布量이 增加할 수록 接着力이 높아졌다. 블록剪斷接着試片의 接着強度와 引張接着強度의 比는 塗布量 300 g/m<sup>2</sup>일 때 100 : 63으로 趙(1972)等<sup>3)</sup>이 報告한 100 : 65.6과 거의 비슷하였다. 木破率은 블록剪斷 및 引張接着試驗에서 모두 平均 60%以上을 나타내었다. 휨강도는 壓縮時間이 길어질수록 接着劑의 塗布量

Table 3. The adhesion quality by block shear, tension type adhesion test and bending strength

Pressing time (hr)		12			24		
Spreading amount (g/m <sup>2</sup> )		200	250	300	200	250	300
Block shear	Adhesion strength (kg/cm <sup>2</sup> )	74.0	94.7	101.0	80.9	96.5	102.7
	Wood failure (%)	60	80	90	65	85	95
Tension	Adhesion strength (kg/cm <sup>2</sup> )	36.3	55.0	63.0	43.0	57.5	65.0
	Wood failure (%)	60	80	90	65	85	95
Bending strength (kg/cm <sup>2</sup> )		493.0	495.3	550.4	602.0	663.3	691.3

이 많아질수록 增大하였다. 水性비닐우레탄接着劑로 接着할 境遇, 塗布量 200 g/m<sup>2</sup>, 壓縮壓力 10kg/cm<sup>2</sup>으로 12時間 壓縮하면 基準強度(50kg/cm<sup>2</sup>)以上에 到達하였다.

3.2. 木材의 含水率이 接着強度에 미치는 影響

板材의 含水率을 10, 30, 70%로 調整하여 接着劑를 250 g/m<sup>2</sup> 塗布, 10kg/cm<sup>2</sup>의 壓力으로 12時間 壓縮한 後 휨強度를 測定한 結果는 Table 4와 같았다.

Table 4. Bending strength of the laminated wood by changes of moisture content

Moisture content (%)	Glue line to load direction	Stress at proportional limit (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulus of rupture (kg/cm <sup>2</sup> )	Young's modulus (x 10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )
10	⊥	266.8	356.2	38.3
	//	215.0	320.0	29.7
30	⊥	109.7	129.2	18.3
	//	117.5	203.2	27.4
70	⊥	43.7	90.2	11.9
	//	114.7	223.7	26.8

\* Solid wood: Stress at proportional limit (MC 10%): 533 kg/cm<sup>2</sup> MOR: 910 kg/cm<sup>2</sup>

濕潤狀態로 接着하여 濕潤狀態에서 強度를 測定한 結果, 接着面과 荷重方向이 垂直일 때 含水率이 增加할수록 強度의 性質이 急激히 低下하나 水平일 境遇는 含水率이 30%以上 增加하여도 強度性能은 比較的 良好하였다.

生材時 接着(MC30%以上)한 後, 氣乾시켜 불

Table 5. Block shear strength of air-dried specimens after adhesion in green condition

Moisture content in adhesion (%)	Moisture content in strength test (%)	Adhesion strength (kg/cm <sup>2</sup> )
10	12	133.1
30	12	108.2
70	12	104.8

\* Pressing time: 24 hrs.

록剪斷強度를 測定한 Table 5의 結果, 氣乾狀態(MC10%)로 接着하여 同一含水率(12%)로 調整시킨 境遇와 類似한 값을 나타내어 水性비닐우레탄接着劑에 의한 生材接着의 可能性을 엿볼 수 있었다.

3.3. Butt joint의 틈새間隔이 接着強度에 미치는 影響

集成材 製造時 Butt joint의 틈새間隔(木口面과 木口面과의 間隔)이 接着強度에 어떻게 影響하는가를 알아보기위해 틈새間隔을 0~20.0mm로 調

整하였을 때 接着面과 荷重方向(Fig 1參照)에 따른 휨強度를 測定한 結果는 Table 6과 같다.

木材의 集成構成에 있어서 一般的으로 Butt joint는 그 形態가 가장 單純하기 때문에 經濟的인 面에서는 가장 有利한 方法이지만 휨性質에 있어서 이 joint部位에는 應力集中現象이 發生하기 때문에 優秀한 接合效果를 期待하기는 困難하다. 큰 힘을 받을 境遇, 大部分의 破壞는 joint틈새인 接着層內에서 發生하기 때문에 接着效果를 높이기 위하여 butt面을 精密하게 密着加工할 必要가 있어, 接着劑의 費用과 더불어 工程上의 經費가 所要되며 또한 作業上 어려움이 뒤따른다.

이러한 理由때문에 butt面은 接着劑로 接着시키지 않는 것이 通例인데 이같은 境遇, butt 와 butt面 사이에는 다소나마 空間이 存在하게되며 實際의 壓縮工程에서 細心한 注意가 뒤따르지 않으면 joint틈새로 距離가 相當히 벌어진 狀態로

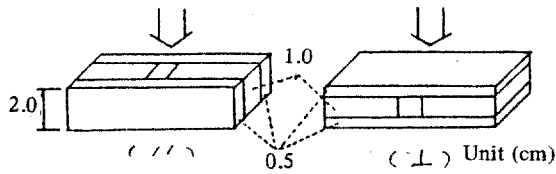


Fig. 1. Glue line to load direction.

않도록 해야 함이 立證되었다. Boblen(1974, 1975)<sup>11,21</sup>에 의하면 joint를 지나는 境遇, 水平힘의 作用은 垂直힘에 比하여 强度面에서 不利할 것임을 示唆한 바 있어 本研究와 一致하고 있음을 보였다.

Table 6. Comparison of joint-gap distance with butt to butt joint

Joint-gap distance (mm)	Glue line to load direction	Stress at proportional limit (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulus of rupture (kg/cm <sup>2</sup> )	Young's modulus (x 10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )
0	⊥	290.4	427.9	76.2
	∕	310.2	519.0	73.9
0.5	⊥	277.3	397.5	69.6
	∕	210.0	370.7	48.0
1.0	⊥	222.3	275.5	69.2
	∕	178.5	282.9	38.6
2.0	⊥	219.7	256.4	64.9
	∕	179.8	256.7	51.3
5.0	⊥	213.1	292.1	49.2
	∕	141.7	259.8	37.1
10.0	⊥	187.7	304.3	42.5
	∕	157.8	221.2	34.9
20.0	⊥	171.5	250.2	39.9
	∕	109.4	220.2	35.7

接着이 完了되기 쉽다.

Table 6의 結果에서 보듯이 joint의 틈새間隔이 增加할 수록 荷重方向에 關係없이 各 靱性質은 모두 減少하며 水平힘의 强度低下가 垂直힘보다 甚하였다. 比例限度應力을 Duncan多重檢定한 結果, joint의 틈새間隔이 1.0mm以上 벌어지지

### 3.4. 接着劑別 性能試驗

常用되고 있는 木材用接着劑에 對한 블록剪斷 接着試驗을 實施한 結果, 우레탄 樹脂, 水性비닐 우레탄 및 醋酸비닐樹脂로 接着하여 常態試驗한 境遇, 모두 100kg/cm<sup>2</sup>以上을 나타내었으나, 타이

Table 7. Block shear strength by various adhesives

Type	Adhesives					
	Species	Urethane	Tite	Aqueous vinyl urethane	Polyvinyl acetate	Urea
Dry bond test	Korean pine	110.4	83.8	102.0	107.1	45.9
	Japanese larch	81.0	112.3	100.6	121.5	53.4
Wet test	Korean pine	63.2	51.8	75.3	67.7	0
	Japanese larch	69.3	70.8	86.6	53.7	0

\* Wet test: 30°C, 3 hr.

트본드와 尿素樹脂의 接着強度는 各各 83.8kg/cm<sup>2</sup>, 45.9kg/cm<sup>2</sup>으로 多少 낮았다.

一般的으로 尿素樹脂가 PVAc에 비해 常態 및 耐水試驗에 對한 接着力이 높은 것이 通例이나 本 實驗에서는 尿素樹脂接着劑에 硬化劑를 添加하지 않아 強度測定時 接着劑의 硬化가 不完全하였기 때문에 接着力이 낮아졌다고 생각되었다. 供式接着劑 中 水性비닐우레탄樹脂가 常態 및 耐水 接着力面에서 가장 良好한 結果를 나타내었다.

#### 4. 摘要

本 研究는 리기다소나무板材를 利用하여 集成材를 製造할 境遇, 壓縮時間 및 接着劑塗布量, 木材의 含水率, Butt-joint의 틈새間隔 및 接着劑의 種類 등이 接着強度에 미치는 影響을 알아보기 爲하 遂行되었다.

1. 리기다소나무集成材의 製造에 水性비닐우레탄接着劑를 使用한 結果, 接着劑塗布量 200g/m<sup>2</sup>, 壓縮壓力 10kg/cm<sup>2</sup>에서 12時間 壓縮하면 基準強度(50kg/cm<sup>2</sup>)以上에 達하였다.

2. 板材의 含水率은 接着力을 크게 減少시켰으나, 高含水時 接着한 後 氣乾하여 接着力을 測定한 結果, 100kg/cm<sup>2</sup>以上の 블록剪斷強度를 나타내었다.

3. 板材의 Butt joint 部分의 틈새間隔이 0.5mm 以下인 境遇, 強度값은 影響하지 않았고, 荷重方向이 接着面과 垂直일 때가 水平일 때보다 強度性能이 良好하였다.

4. 試驗에 使用된 5種의 接着劑 中 水性비닐우레탄樹脂接着劑가 常態 및 耐水接着力面에서 가장 良好하였다.

#### 參考文獻

1. Boblen, J.C. 1974. Tensile strength of douglas-fir laminate veneer lumber. For.Prod.J.24(1):54-58.
2. Boblen, J.C. 1975. Shear strength of douglas-fir laminated veneer lumber. For. Prod.J.25(2):16-23.
3. 趙在明, 姜善求, 金基玟, 丁丙載. 1972. 포푸라와 일본잎갈나무의 集成材 製造에 關한 研究. 林試研究. No.19:91-106.
4. 趙在明, 姜善求, 安正模, 李噴鎬, 趙南奭. 1975. 소나무屬의 材質에 關한 試驗. 林試研報. No.22:71-84.
5. 具滋雲, 尹承洛, 趙在明. 1985. 리기다소나무의 碎木펠프 및 熱機械펠프 原料로의 利用. 林試研報. No.32:1-10.
6. 李弼宇·尹用元. 1984. 들메나무集成材의 휨性質에 미치는 butt와 butt距離의 影響. 木材工學. Vol.12(5):24~30.
7. 李弼宇·尹用元. 1985. 아까시나무集成材의 휨性質에 미치는 Butt-Joint와 틈새距離의 影響. 서울大學校 農學研究. Vol.10(1):1-9.
8. Marx, C.M. and R.C. Moody. 1982. Effect of lumber width and tension lamination gluability on the bending strength of fourply laminated beams. For. Prod.J.32(1):45-52.
9. 西原 實, 菅野 箕作. 1963. 集成材에 關する 研究(第9報)—各種合成樹脂接着劑による 集成材의 接着性能. 林試研報 No.150:61-66.
10. 集成材研究班1957, 集成材에 關する 研究(第1報)—通直集成材의 製造および 材質試驗 について. 林試研報 No.101:101-176.
11. 集成材研究班. 1958. 集成材에 關する 研究(第2報)—彎曲集成材의 製造および 材質試驗 について. 林試研報 No.109:1-72.