

## 熱處理對壓縮木材性質之影響

黃國雄<sup>1,2)</sup>

### 摘要

本研究探討熱處理對壓縮木材性質之影響，以杉木為試材，於徑向進行壓縮加工並經熱處理後，進行回復、吸濕與吸水等物理性質試驗，靜曲、硬度與剪斷等機械性質試驗，及常態與耐水等膠合性質試驗。

壓縮木材之回復度隨壓縮量之增加、熱處理溫度之增高與時間之增長而降低。同時其吸濕與吸水後之含水率與厚度膨脹率之增加，明顯地受熱處理溫度與時間之影響。

壓縮木材之靜曲強度、硬度與剪斷強度均隨壓縮量之增加而明顯增大，除了壓縮量 67% 時，硬度不因熱處理之影響而降低外，其餘者於任一壓縮量下，熱處理者之強度性質均較無熱處理者降低。

膠合試驗之結果顯示任一壓縮量之壓縮木材無論是否進行熱處理均具有良好之常態膠合性能，而壓縮量增大時，熱處理者之耐水膠合強度與木破率，與無熱處理者較為接近，可獲得較令人滿意之耐水膠合性能。

關鍵詞：壓縮木材、熱處理、物理性質、機械性質、膠合性能。

黃國雄 1997 熱處理對壓縮木材性質之影響。台灣林業科學 12(1): 95-104。

## Effect of Heat Treatment on the Properties of Compressed Wood

Gwo-shyong Hwang<sup>1,2)</sup>

### 【 Summary 】

In this study I investigated the effect of heat treatment on the properties of compressed wood. China fir (*cunninghamia lanceolata*) wood was compressed in the radial direction and then heat treated. Physical properties (such as recovery of set, hygroscopicity, and water absorption), mechanical properties (such as hardness, static bending strength, and shear strength), and gluing properties (such as normal and water-resistance bonding strength) of the compressed wood were examined afterward.

The recovery of set of compressed wood decreased with increases in compression set, heat treatment temperature, and time. The changes of moisture content and thickness swelling in the hygroscopicity and water absorption tests were evidently affected by treatment temperature and time.

The hardness, static bending strength, and shear strength of compressed wood increased with

1) 台灣省林業試驗所森林利用系，台北市南海路53號 Division of Forestry Utilization, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nan-Hai Rd., Taipei, Taiwan, ROC.

2) 通訊作者 Corresponding author

1996年10月送審 1996年11月通過 Received October 1996, Accepted November 1996.

the increasing compression set. However, heat-treated compressed wood had lower mechanical properties than did, untreated compressed wood, except for the hardness of compressed wood in the 67% compression set.

Results of bonding strength test showed that normal gluing properties were good for all compressed woods regardless of heat treatment, and the water-resistance bonding strength and wood failure of heat-treated compressed wood in larger compression sets approached those of untreated compressed wood.

**Key words :** compressed wood, heat treatment, physical property, mechanical property, gluing property.

**Hwang, G. S.** 1997. Effect of heat treatment on the properties of compressed wood. Taiwan J. For. Sci. 12(1): 95-104.

## 一、緒言

1992年6月，於巴西所舉行之高峰會議中提出「森林原則聲明」，對於熱帶林之保護特別重視，希望對於熱帶林之過度砍伐加以適度之限制。而北美地區與俄羅斯地區之森林蓄積量佔全球蓄積量五分之二強，其中針葉樹約佔四分之三(1994，王松永)。因此以今後世界之木材市場而言，熱帶林闊葉樹材之供給將會產生短缺，而屬溫帶林或寒帶林之針葉樹材則會逐年增加。同時本省自光復以來，政府大力提倡人工造林，其中杉木、柳杉等針葉樹為數不少，由於蓄積量逐年增加而需施行疏伐或間伐，以1992年省產材自給率僅約為1%(1995，連錦漳等)而言，如何提高省產材之自給率，實為當前國內林業經營與林產利用之重要課題，且政府對人工林針葉樹材加工利用之推展亦頗為重視。

一般而言，針葉樹之材質較闊葉樹鬆軟，且其春材與秋材間之比重與機械性質等之差異明顯，因此作為家具或裝璜用材時，對軟質木材之表面物性與強度性質之改善實屬必要，而其改善可由木材橫向壓縮加工而達到效果(井上雅文，1993；小林好紀，1993)，最近由於微波加熱之應用與化學處理等軟化木材之技術開發，使得木材橫向壓縮加工較為容易完成。然而橫向壓縮加工之木材依乾燥定形之原理，在乾燥狀態下能夠保持其形狀，但是由於水分與熱之作用(德本守彥，1982；飯田生穗等，1987)，使其尺寸幾乎回復到與加工前相同。因此，為提高壓縮木材之有效利用，對其尺寸安定之處理技術(則元京，

1994；Inoue，1993)與其處理後之強度性質等，實有探討之必要。

本研究中以省產杉木造林木為試材，於各種不同壓縮量進行橫向壓縮加工製造壓縮木材後，再以不同之溫度與時間進行熱處理，並且由回復試驗，吸濕試驗與吸水試驗之結果，探討熱處理之溫度與時間對壓縮木材尺寸安定性之影響，又進行靜曲試驗、硬度試驗、壓縮剪斷強度試驗與膠合強度試驗等以瞭解熱處理對壓縮木材強度性質與膠合性能之影響。同時為了瞭解壓縮木材中細胞構造之變化，以掃描式電子顯微鏡觀察其橫斷面。

## 二、材料與方法

### (一) 材料

採取蓮華池分所省產杉木(*Cunninghamia lanceolata*)三株，胸高直徑25~28cm，長度裁取1.5m，經製成板材或角材後棧積於實驗工廠內進行氣乾，其氣乾含水率為12~14%，平均氣乾比重為0.39。

製取長(縱向)、寬(弦向)均為2.5cm、厚(徑向)為2.5cm與2cm等2組方塊試體，以供壓縮木材之物理性質測試用。另外製取長24cm、寬10cm、厚為1.3~3.0cm與2.7~6.8cm等兩組小板材，以供作壓縮木材之強度性質與膠合性能測試用，以上方塊試體與小板材均為無缺點材。

### (二) 壓縮木材之備製與熱處理

將厚度2.5cm之試體經煮沸1h飽水後，在熱板溫度100℃下進行厚度方向之壓縮加工，壓

縮量分別為 20、40、60 及 75% 等 4 種。為了使壓縮木材在同一壓縮下達到預設之厚度，於上下熱板之間放置一定厚度之鋼條，加壓時之壓力與時間，依壓縮量之大小而不同。將各種壓縮量之壓縮木材以烘箱溫度 160、180 及 200 °C 於無拘束狀態下進行 4 h 之熱處理後，供作回復度試驗用。

與上述相同之方法將厚度 2 cm 之試體，進行橫向壓縮加工，壓縮量約為 52%。熱處理於無拘束狀態下以烘箱進行，溫度 160 °C 之處理時間為 2、4、8、16、24 與 48 h，熱處理溫度 180 °C 之處理時間為 2、4、8、16、與 24 h，熱處理溫度 200 °C 之處理時間為 2、4 與 8 h，供作回復度試驗、吸濕試驗與吸水試驗。

將長 24 cm、寬 10 cm、厚 1.3 ~ 3.0 cm 之小板材煮沸 1h 後，上下各置一塊兩側刻有缺口之鋼板，進行壓縮加工至厚度 10 mm，並於缺口處以螺絲固定壓縮加工後之厚度，置入 100 °C 之烘箱 1 ~ 2 天，使其乾燥定形，壓縮量約為 20、35、55 與 66%。將所製得之壓縮木材配合靜曲試驗與硬度試驗所需之尺寸製取試片，並分成兩組，一組無熱處理，另一組則於無拘束狀態下以烘箱進行 200 °C、4 h 之熱處理。

如同上述之方法，將長 24 cm、寬 10 cm、厚 2.7 ~ 6.8 cm 之小板材，製成厚度 22 mm 之壓縮木材之後，配合壓縮剪斷強度試驗與膠合試驗所需之尺寸製取試片，並分成兩組，一組無熱處理，另一組亦進行 200 °C、4 h 之熱處理。

### (三) 物理性質測試

#### 1. 回復試驗

測定熱處理後壓縮木材之厚度後置入沸水中煮沸 1 小時，進行回復處理，再放入 105 °C 之烘箱內進行絕乾並測定厚度。回復度由壓縮加工前 ( $I_0$ )、壓縮木材 ( $I_c$ )、回復處理材 ( $I_r$ ) 等之絕乾厚度，依下式計算得之。每一條件之試體數均為 6 個。

$$\text{回復度} = \frac{I_r - I_c}{I_0 - I_c} \times 100(\%)$$

#### 2. 吸濕試驗

先測定熱處理後壓縮木材絕乾時之重量與厚度，再置入室溫下接近 RH100% 之玻璃乾燥器內，

依所定之時間量取其重量與厚度，並計算其含水率與厚度膨脹率。每一條件之試體數均為 6 個。

#### 3. 吸水試驗

測定熱處理壓縮木材之絕乾重量與厚度後置入室溫之水中，並使其位於水面 3 cm 以下，依所定之時間測定重量與厚度，如同上述方法計算其含水率與厚度膨脹率。每一條件之試體數均為 6 個。

### (四) 強度性質測試

#### 1. 靜曲強度試驗

試片之尺寸為 1 cm (R) × 1 cm (T) × 20 cm (L)，採中央集中載重方式，載重方向與壓縮加工之方向相同，跨距為 14 cm，載重速度為 50 kgf/cm<sup>2</sup> · min。每一試驗條件之試片數為 6 支。

#### 2. 硬度試驗

參照 CNS460，試片尺寸為 3 cm (T) × 3 cm (L) × 1 cm (R)，測試點位於壓縮加工之面即弦切面上，每一試驗條件之試片數為 3 個，每個試片上測定 4 點。

#### 3. 剪斷強度試驗

試片之形狀與尺寸如 Fig. 1 之左側所示，剪斷面為徑切面，載重速度為每分鐘 100 kgf/cm<sup>2</sup>，每一條件之試片數為 9 個。

#### 4. 膠合強度試驗

採用固形分約為 50% 之尿素樹脂膠合劑，以樹脂 100 g、麵粉 20 g 與硬化劑 0.5 g 之配合比調製後，以雙面塗膠方式，塗膠量為 250 g/m<sup>2</sup>，將 2 cm (R) × 1 cm (T) × 20 cm (L) 之試材進行 2 片膠合，加壓壓力為 10 kgf/cm<sup>2</sup>，加壓時間 8 h，解壓後經一星期之調養並製成膠合強度試驗用試片，其形狀與尺寸如 Fig. 1 右側所示。採壓縮剪斷之方式進行常態與耐水膠合強度試驗，其中耐水膠合強度試驗係將試片浸於 60 °C 水中 3 h，再以室溫之水沖冷 1 h，於濕潤狀態下進行測試，測試時膠合試片之含水率與膠合剪斷面之寬度膨脹率亦予以測定。每一條件之試片數為 9 個。

### (五) 掃描式電子顯微鏡之觀察

於壓縮木材之橫斷面以銳利之小刀切削後，製成每邊約小於 5 mm 之小試體，並以雙面膠帶黏

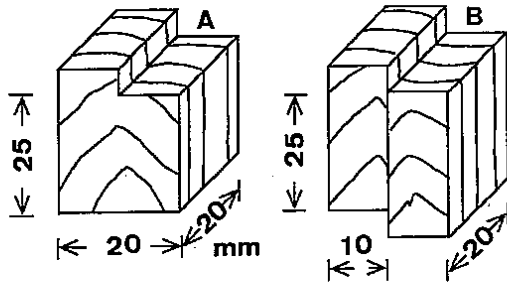


Fig. 1. Test specimens for shear strength (left) and bonding strength (right).

置於樣品台，約經一星期真空乾燥後以離子鍍膜機將金原子蒸鍍於小試體之表面，使用日立製 S2400 掃描式電子顯微鏡於 50 ~ 500 之倍率下，觀察壓縮木材橫斷面細胞之變形與其回復之情形。

### 三、結果與討論

#### (一) 木材橫向壓縮加工與其變形

Fig. 2 所示為氣乾比重 0.39、平均年輪寬度 5.92 mm 之杉木造林木於徑向壓縮加工時應力與壓縮量之關係。試片之尺寸為 25 mm (L) × 25 mm (T) × 25 mm (R)，壓縮加工之速度為 100 kgf/cm<sup>2</sup> · min。Fig. 2 中 A 為 25 °C 氣乾狀態，B 為 25 °C 飽水狀態，C 為 95 °C 飽水狀態，而氣乾與飽水狀態之含水率分別為 12.85% 與 160 ~ 180%。

Fig. 2 中 3 種試片壓縮加工之應力—壓縮量曲線均具有相似之外形，即壓縮加工時之變形量隨應力之增大而增加。在壓縮加工初期之變形屬彈性變形，此期間壓縮量隨應力之增加而呈直線增加。當超過比例限度時，應力之增加趨於緩和直至壓縮量 60%，其後應力則急速增加。同時在 Fig. 2 中以 3 者之彈性係數與比例限度而言，25 °C 氣乾狀態者最大，25 °C 飽水狀態者次之，而 95 °C 飽水狀態者最小。由此可知由於水分與熱的作用，可使木材得到軟化之效果。其理由是木材由氣乾狀態吸水至飽水狀態時，其纖維素內非結晶部份與半纖維素之分子鏈上吸著更多之水分並使其凝集力降低，因而細胞壁產生某種程度之軟化，同時在濕潤狀態下半纖維素之軟化溫度分別為 50 ~ 120 °C 與 77 ~ 128 °C (佐藤快信，

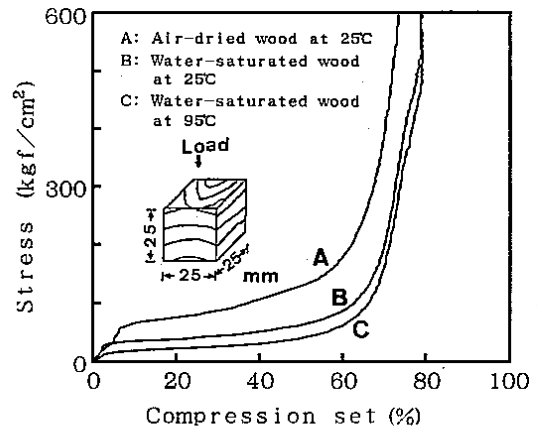


Fig. 2. Relationships between stress and compression set for China fir woods compressed in the radial direction.

1987)，較氣乾狀態者大幅降低，因而於飽水狀態下，溫度之提高有利於木材之軟化。

木材為多孔性材料於加工或使用時均由細胞壁承受外部或內部之應力，本試驗中橫向壓縮加工時所施之外力為徑向，又因杉木管胞直徑為壁厚之數倍至十數倍，因此可知其徑向細胞壁容易受到曲褶而使得細胞受到壓潰甚至破壞。Fig. 3 為杉木於壓縮量 20% 壓縮加工後之橫斷面，位於上方細胞壁較厚且細胞腔較小者為秋材，下方細胞壁較薄且細胞腔較大者為春材，而位於中間者為年輪境界層之春材，此乃因春材管胞內腔直徑大、壁薄，其強度較秋材低，於壓縮加工時受到壓潰所致。由於杉木春材之寬度明顯地較秋材大者，因此橫向壓縮加工時，春材受壓潰的面積會隨壓縮量之增大而顯著增加，至壓縮量 55% 時，幾乎所有之春材都受到壓潰，而秋材仍保持原有細胞之形狀 (如 Fig. 4)，但若試材年輪寬度較小，即其比重較大時，其秋材亦會受到某種程度之壓潰而略為破壞。於壓縮量 70% 以上時，秋材亦受到壓潰而使得細胞腔明顯減小 (如 Fig. 5)。

#### (二) 熱處理對壓縮木材物理性質之影響

長寬厚均為 2.5 cm 之杉木試體，以壓縮量 20、40、60 與 75% 等 4 種條件製成壓縮木材分別經不同溫度之熱處理後，其回復試驗之結果如 Fig. 6 所示。由 Fig. 6 得知壓縮木材不經熱處理者，於壓縮量 20% 時，其回復度可達 80% 以上，隨壓縮量之增大，其回復度呈現減小之趨勢，此

乃因壓縮量增大時，細胞壁受到某種程度之傷害所致。Fig. 7 所示為壓縮量 75% 之無熱處理壓縮木材經過回復處理後之橫斷面，由 Fig. 7 得知在壓縮加工時，其細胞壁受到相當程度之傷害，幾乎所有春材之徑向細胞壁都無法承受壓力而產生破裂，雖經回復處理之吸水膨脹後，但其細胞仍呈現出變形而減少其回復度。於任一相同之壓縮量下，回復度受熱處理溫度之影響非常明顯，即熱處理溫度愈高其回復度愈小。雖然熱處理溫度於 180 °C 以下時，回復度隨壓縮量之增加而明顯減小，但熱處理溫度於 200 °C 時，回復度受壓縮量增加而降低之影響則較不明顯。

綜合言之，熱處理對壓縮木材回復度之降低，具有明顯之效果，由木材之成分與構造探討其原因可能為一、由於半纖維素與木質素等分子，部份受到分解使得基質 ( Matrix ) 構造產生鬆弛，因而儲蓄於基質內之彈性回復力受到某種

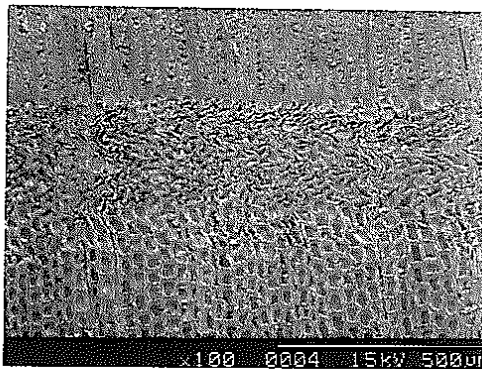


Fig. 3. SEM micrograph of the cross section of compressed wood in the 20% compression set.

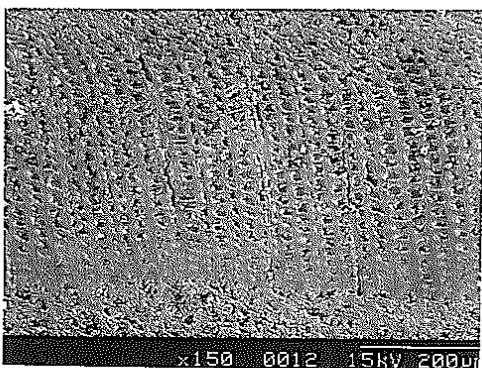


Fig. 4. SEM micrograph of the cross section of compressed wood in the 55% compression set.

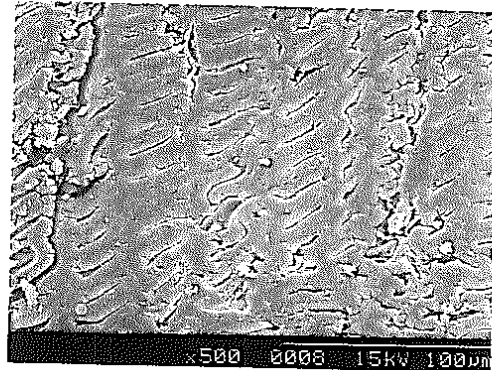


Fig. 5. SEM micrograph of the cross section of compressed wood in the 70% compression set.

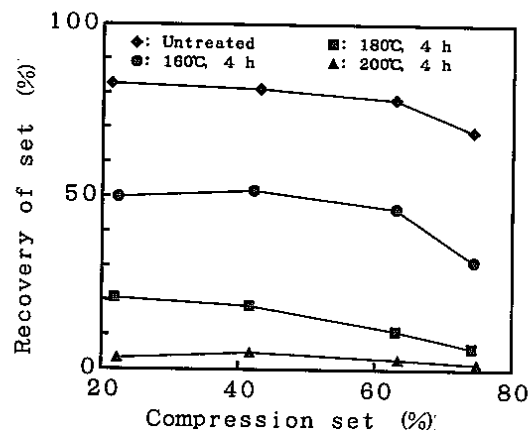


Fig. 6. Recovery of set for untreated and heat-treated compressed woods after 1 h boiling.

程度之解放而減弱，二、從纖維素結晶化度之增加與基質凝集構造之增加，可推知其分子間產生架構與再縮合，於壓縮定形狀態下，因熱處理所產生分子間新的結合，對變形之永久固定有所助益，三、吸濕性高之半纖維素產生化學變化並使其吸濕性降低，此種疏水化之作用可提高木材之尺寸安定性，即亦可達到降低回復度之效果。

Fig. 8 所示為壓縮量 52% 壓縮木材經不同溫度與不同時間熱處理後進行回復試驗之結果，而 Fig. 9 所示為回復後處理後試體之橫斷面。如 Fig. 8 與 Fig. 9 所示，壓縮木材之回復度受熱處理溫度

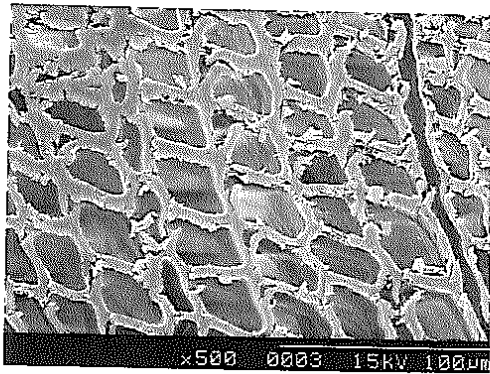


Fig. 7. SEM micrograph of the cross section of compressed wood in the 75% compression set after 1 h boiling.

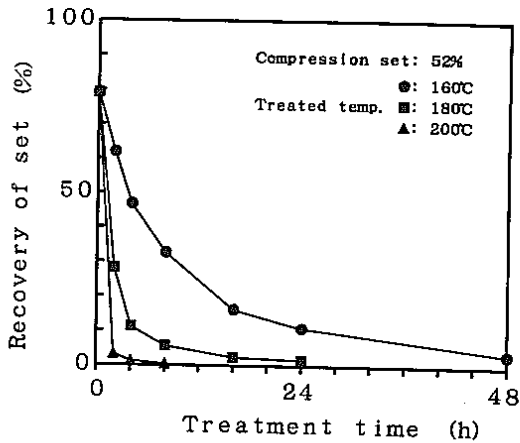


Fig. 8. Recovery of set for heat-treated compressed woods after 1 h boiling.

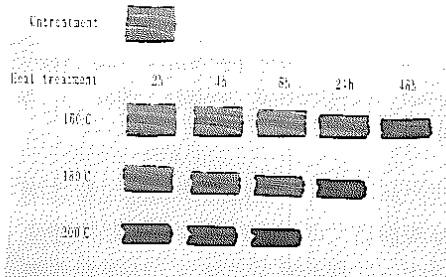


Fig. 9. Photograph of test results for untreated and heat-treated compressed woods after 1 h boiling.

與時間之影響非常顯著，即於熱處理溫度相同時處理時間愈長者，或於熱處理時間相同時處理溫度愈高者，其回復度愈小，同時 Fig. 8 顯示 160 °C 熱處理 48 h 之壓縮木材，其回復度較 180 °C 熱處理 16 h 者或 200 °C 熱處理 2h 者為大。同時 Fig.

9 亦顯示壓縮木材之材色亦受處理溫度之增高與處理時間之增長而明顯改變。

一般而言，木材進行人工乾燥後，若其乾燥時溫度愈高，則吸濕性會減小。尤其是高溫下之熱壓乾燥材明顯地減少吸濕率及吸濕速度，當溫度愈高時其吸濕率減少之程度愈大，且吸濕速度愈慢（熊如珍等，1996）。同時壓縮處理材之吸濕速度較熱氣乾燥材緩慢，其抗吸濕能為 76.1%（伊藤洋一等，1995）。本研究中壓縮量 52% 之壓縮木材經不同溫度與不同時間熱處理後，於 40 天吸濕過程中厚度膨脹率與含水率之變化情形，如 Fig. 10 所示。Fig. 10 顯示無熱處理壓縮木材（圖中白色圓圈記號者）於吸濕之初期，含水率急速增加約 10 天可達 20%，其後增加之速度則趨於緩和，至 40 天時含水率約為 25%，而其厚度膨脹率則與含水率增加相對應者，至 40 天時厚度膨脹率接近 60%。同時由 Fig. 10 可得知在相同之熱處理溫度中，壓縮木材吸濕後之厚度膨脹率與含水率，均隨熱處理時間之增長而明顯減少，在相同之熱處理時間中，熱處理溫度愈高者，其吸濕後之厚度膨脹率與含水率均較小，顯示熱處理時間之增長與溫度之增高，對壓縮木材吸濕後之尺寸安定性具有正面之作用。

與上述吸濕試驗者相同熱處理條件之試片，經 240 h 吸水過程之試驗結果，如 Fig. 11 所示。圖中顯示於吸水試驗初期壓縮木材之厚度膨脹率與含水率之變化，受熱處理溫度與時間之影響非常顯著，即熱處理溫度較低者或熱處理時間較短者，試驗初期厚度膨脹率與含水率之增加幅度較大，然而無論何種條件之熱處理壓縮木材經 48 h 吸水後，其厚度膨脹率大致維持一定或略為增大，可是其含水率仍持續地緩慢增加。

(三) 熱處理對壓縮木材機械性質之影響

各種不同壓縮量無熱處理與熱處理壓縮木材靜曲試驗之結果，如 Fig. 12 所示。圖中顯示壓縮木材氣乾比重與壓縮量之關係。由 Fig. 12 得知其氣乾比重隨壓縮量之增加而明顯增大，於壓縮量 67% 時，無熱處理壓縮木材之平均比重達 1.03。而於任一壓縮量下，熱處理壓縮木材之氣乾比重均較無熱處理者低 0.05 ~ 0.09，此乃由於試片經 200 °C，4h 熱處理後之重量較熱處理前絕乾重量減少 4 ~ 7% 所致，由此得知熱處理之過程中，

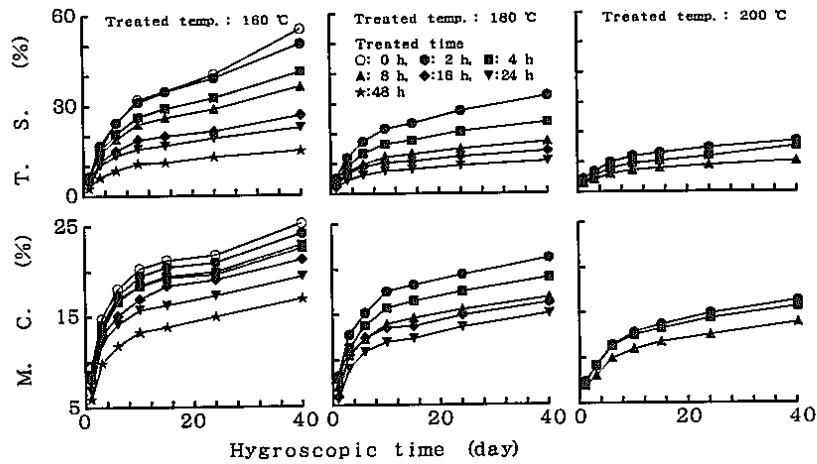


Fig. 10. Hygroscopicity for untreated and heat-treated compressed woods. M. C.: Moisture content; T. S.: Thickness swelling.

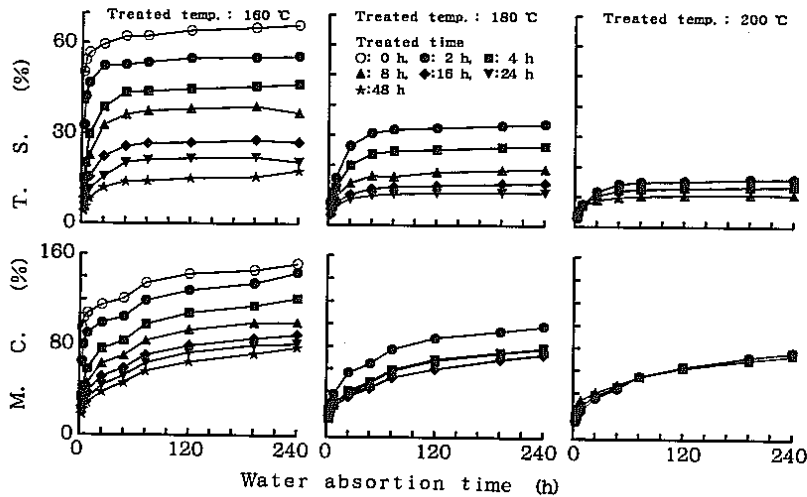


Fig. 11. Water absorption for untreated and heat-treated compressed woods. M. C.: Moisture content; T. S.: Thickness swelling.

材中某些成分因受熱而分解。同時於任一壓縮量下，熱處理者之 MOR 與 MOE 均低於無熱處理者，其中壓縮量較小時，MOR 降低之幅度較大，如壓縮量 20% 時，因熱處理使得 MOR 降低 38%，而壓縮量 67% 時 MOR 則僅降低了 22%。Fig. 12 亦顯示壓縮木材之 MOR 與 MOE 均隨壓縮量之增加而明顯增大，此係由於壓縮量之增加而使得其比重增大所致。因而檢討壓縮木材靜曲性質與比重之關係，其結果如 Fig. 13 與 Fig. 14 所示，無論熱處理與否，壓縮木材之 MOR 及 MOE，分別與比重之直線回歸相關係數均不小於 0.90，於 1% 之顯著水準下，其相關關係存在。此外，無熱處理與熱處理壓縮木材之 MOR 與 MOE 經直線回歸相關係數之檢定，亦顯示於 1% 之顯著水準下，

其直線關係均存在（如 Fig. 15）。

無熱處理與熱處理壓縮木材之硬度與壓縮量之關係，如 Fig. 16 所示。由圖中得知無論熱處理與否，壓縮木材之硬度均隨壓縮量之增加而增大，此亦由比重增大所致，而其增大之幅度受壓縮量之影響非常明顯，即壓縮量小，其硬度之增大幅度小，而壓縮量大，其硬度則急速地增大，如以無熱處理壓縮木材而言，壓縮量為 20、36、50 與 67% 之硬度分別為壓縮量 0%（無壓縮加工）者之 1.15、1.61、2.36 與 4.25 倍。於任一壓縮量下，壓縮木材之硬度受熱處理之影響較 MOR 者不明顯，在壓縮量 50% 以下時，無熱處理壓縮木材之硬度較熱處理者大，而在壓縮量 67% 時，熱處理者之硬度則較無熱處理者較大，顯示在壓縮

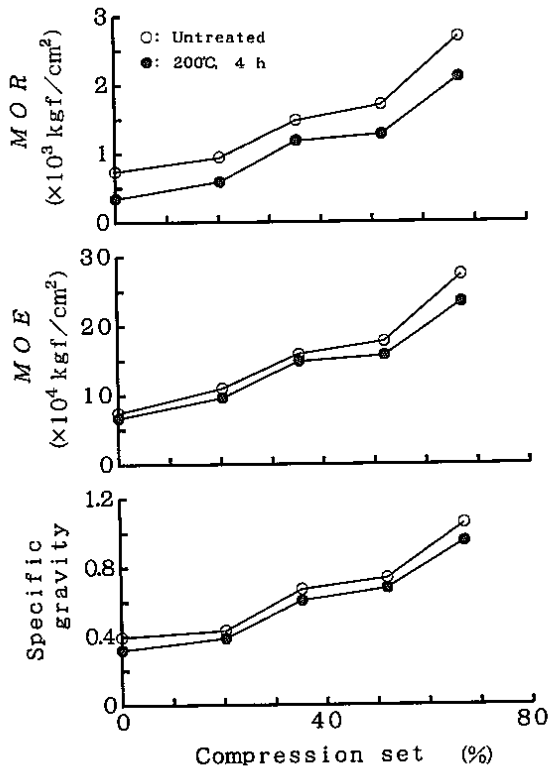


Fig. 12. Results of static bending strength test for untreated and heat-treated compressed woods.

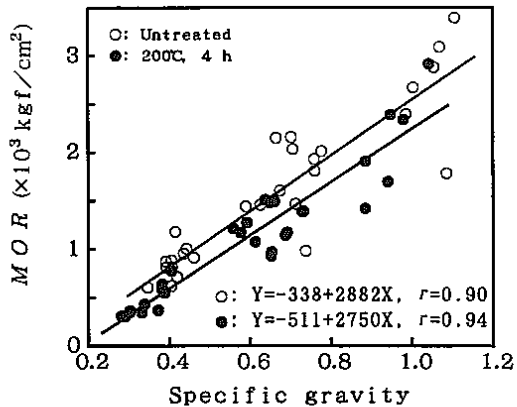


Fig. 13. Relationships between specific gravity and MOR for untreated and heat-treated compressed woods.

量小時，熱處理對壓縮木材表面硬度之增加具有正面之作用。

Fig. 17 所示為壓縮木材剪斷強度試驗之結果，由 Fig. 17 得知壓縮木材無論經過熱處理與否，其剪斷強度均隨壓縮量增加而增大，此一趨

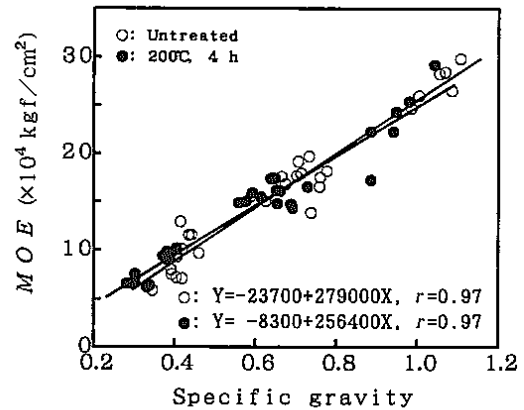


Fig. 14. Relationships between specific gravity and MOE for untreated and heat-treated compressed woods.

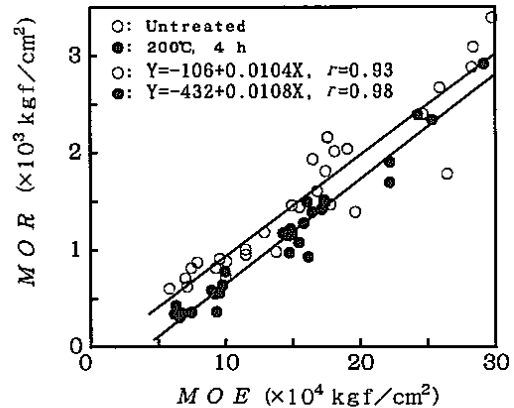


Fig. 15. Relationships between MOE and MOR for untreated and heat-treated compressed woods.

勢與靜曲強度及硬度試驗之結果相似，同時在任一壓縮量下，無熱處理者之剪斷強度均較熱處理者大。Fig. 18 所示為剪斷強度與比重之關係，於 1% 之顯著水準下，無處理與熱處理壓縮木材均有直線關係之存在。

#### (四) 熱處理對壓縮木材膠合性之影響

壓縮木材之常態與耐水膠合試驗結果，如 Fig. 19 所示，無論熱處理與否，其常態膠合強度隨壓縮量增加而增大之趨勢均與剪斷強度之試驗結果相似，雖然無熱處理者之常態膠合強度較剪斷強度降低 7 ~ 17%，熱處理者之常態膠合強度較剪斷強度降低 2 ~ 22%，且較無熱處理者之常態膠合強度降低 5 ~ 30%，但任一膠合條件之木破率均達 90% 以上，顯示不同壓縮量之壓縮木材無論



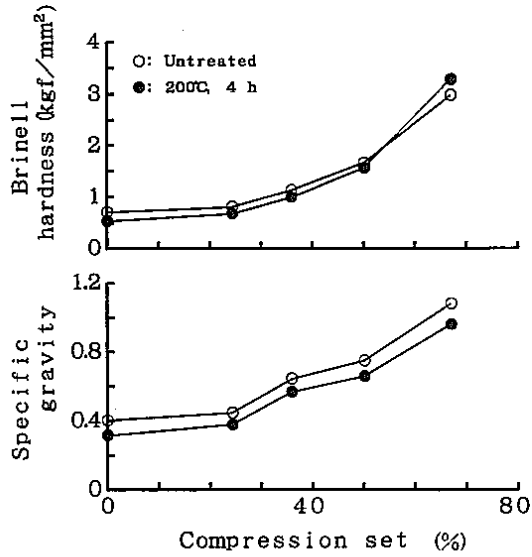


Fig. 16. Results of hardness test for untreated and heat-treated compressed woods.

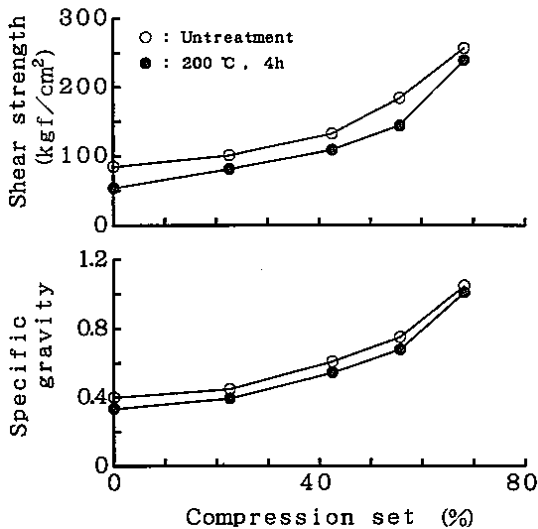


Fig. 17. Results of shear strength test for untreated and heat-treated compressed woods.

是否進行熱處理均具有良好之常態膠合性能。耐水膠合強度試驗係將試片浸於 60 °C 之水中 3 h 後再以室溫之水中沖冷 1 h，於濕潤狀態下進行膠合強度試驗時之含水率與膠合層寬度膨脹率測定結果，如 Fig. 20 所示，於壓縮量 56% 以下時，無熱處理壓縮木材之膠合試片，因吸水後含水率達 50% 以上致使其寬度膨脹率隨壓縮量之增加而明顯增大至 30%，而熱處理者雖吸水後含水率達 30% 以上，但其寬度膨脹率由於熱處理對壓縮木

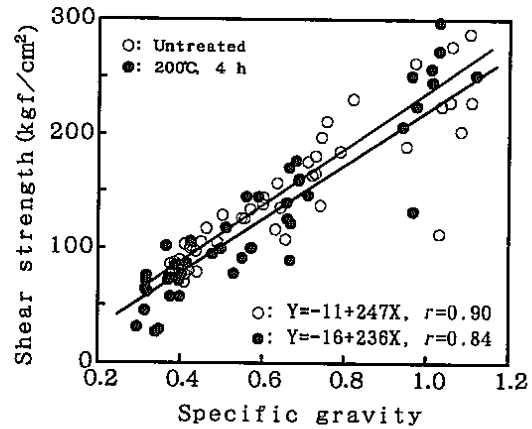


Fig. 18. Relationships between specific gravity and shear strength for untreated and heat-treated compressed woods.

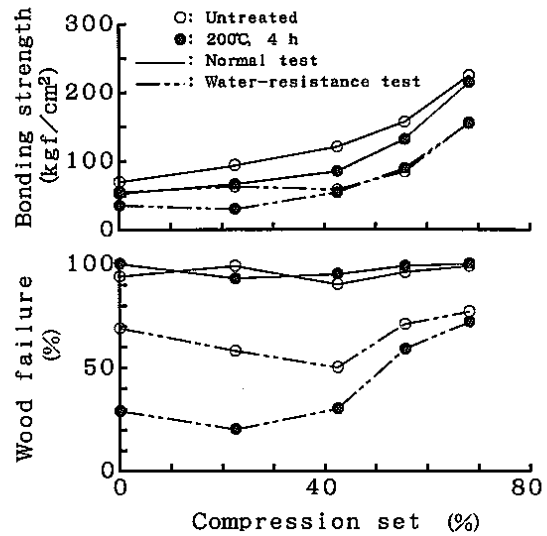


Fig. 19. Results of bonding strength test for untreated and heat-treated compressed woods.

材尺寸安定性之效應，隨壓縮量之增加而僅略為增大至 6.65%，壓縮量 68% 時，無熱處理者吸水後含水率為 16.50%，故其寬度膨脹率僅為 6.51%，而熱處理者吸水後之含水率與無熱處理者相近，但其寬度膨脹率較小為 5.31%。無熱處理壓縮木材之耐水膠合強度均隨壓縮量之增加而增大，同時無熱處理壓縮木材之耐水膠合強度不因吸水寬度膨脹率之顯著增大而降低，於壓縮量較小時，熱處理壓縮木材之耐水膠合強度與木破率均較無熱處理者明顯降低，而於壓縮量較大時，熱處理者之膠合強度與木破率則與無熱處理者，較為接近，顯示壓縮量較大之熱處理壓縮木材較壓縮量小者，可獲得較令人滿意之耐水膠合性能。

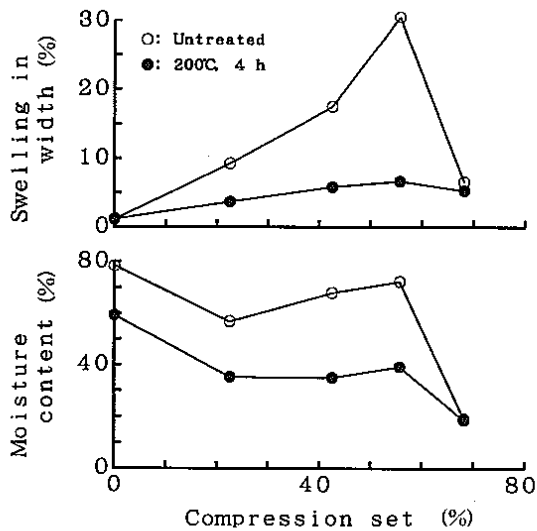


Fig. 20. Changes in swelling in width and moisture content of specimens during water-resistance bonding strength test for untreated and heat-treated compressed woods.

#### 四、結論與建議

一般而言，針葉樹造林木大都屬於軟質木材，其強度性質與表面物性之改善，可藉橫向壓縮變形而達到效果，雖其變形藉由木材乾燥而獲得暫時性之固定，但當其受到水分與熱之作用時，則幾乎可回復到原來之形狀。因而壓縮木材作為工業材料利用之際，其變形之永久固定，實為重要之課題。同時本研究中以無缺點材進行壓縮加工，然而一般針葉樹造林木含節較多，可能不利壓縮加工之進行與降低壓縮木材之品質，因而節對壓縮加工與品質之影響亦有探討之必要。

本研究以高溫進行杉木壓縮木材之熱處理，並進行各項試驗，探討熱處理對壓縮木材之物理性質，機械性質與膠合性能之影響。由試驗結果得知壓縮木材之回復度隨處理溫度之增高與時間之增長而減小，顯示熱處理對壓縮木材之尺寸安定性具有正面之作用，然而壓縮木材之機械性質與膠合強度，則受熱處理之影響而有若干程度之

降低，同時熱處理亦使得壓縮木材之材色明顯改變。因此，以高壓水蒸汽處理或樹脂含浸處理等技術，使壓縮木材達到尺寸安定之效果後，是否還可改善上述之缺點，實有探討之必要。

#### 引用文獻

- 小林好紀 1993 木材の熱可塑性を應用した丸太の整形と形狀固定。木材工業 48(6): 261-264。
- 王松永 1994 北美地區今後對我國木材材料源供應上之重要性。林產工業 13(1): 173-178。
- 井上雅文 1993 木材の橫壓縮大變形の永久固定。日本國立京都大學博士論文。
- 伊藤洋一、中厚、菅谷惠美子 1995 壓縮處理材と熱氣乾燥材の吸・放濕特性。林產試驗場報 9(1): 1-7。
- 佐藤快信、伏谷賢美、久保隆文 1987 熱と水分による木材の軟化におよぼす構造因子の影響。木材學會誌 33(12):921-928。
- 則元京 1993 木材の壓縮大變形。木材學會誌 39(8): 867-874。
- 連錦漳、李國忠 1995 台灣木材自給率之分析。台灣林業 21(2): 34-44。
- 飯田生穗、則元京 1987 壓縮セットの回復。木材學會誌 33(12): 929-933。
- 熊如珍、翟思湧 1995 熱壓乾燥材吸濕與脫濕性質之研究。林業試驗所研究報告季刊 10(4): 513-524。
- 德本守彥 1985 セットの水分回復に及ぼす加熱處理溫度とセット發生條件の影響。木材學會誌 31(6): 446-453。
- Inoue, M., M. Norimoto, M. Tanahashi, and R. M. Rowell. 1993. Steam or heat fixation of compressed wood. Wood and Fiber Sci. 25(3): 224-235.