

# 硼酸處理 合板의 熱板乾燥 및 動的 彈性率에 關한 研究 \*1

金 鍾 萬\*2

## Studies on Press Drying and Dynamic Elastic Modulus of Plywood Treated with Boric Acid \*1

Jong-Man Kim\*2

### Summary

Plywoods used for construction as a decorative interior materials are inflammable and can make fire accidents, causing destruction of human life and property. Therefore, it is indeed required to make fire-retardant treated plywood. In this study, 3.7mm yellow meranti plywoods were soaked in 18% boric acid solutions and tap water by hot-cold bath for 1/2, 2/2, 4/2, 6/2 hours and redrying of treated plywoods was carried out by press drying at the platen temperature of 110, 130, 160, 180°C and then it was conducted to investigate solution absorption, drying rates, dynamic young's modulus, specific gravity and fire-retardant factors such as burning point, flame spread length, flame exhausted time, back side carbonized area and weight loss by treating time, treating solutions and platen temperature.

The results are as follows;

1. When plywood was impregnated with the hot bath temperature of 70°C for 1, 2, 4, 6 hours and the cold bath temperature of 15°C for 2 hours respectively, retentions of boric acid were 1.565, 1.597, 1.643, 1.709kg/(30cm)<sup>3</sup> and all of them exceeded the minimum retention [1.125kg/(30cm)<sup>3</sup>] even in the shortest treatment.

2. In hot-cold bath method for 1/2 hours, the drying rates of treated plywood remarkably increased with the extension of platen temperature of 110, 130, 160, 180°C and the values of boric acid treated plywood were 5.900, 10.196, 45.42, 54.958m.c%/min and the values of water treated plywood were 6.014, 12.373, 46.520, 55.730m.c%/min and drying rates of water treated plywood were faster than those of boric acid treated plywood.

3. The values of boric acid treated plywoods in dynamic young's modulus were widely higher than those of water treated plywoods. And it can be observed that there were highly significant differences for treating time between dynamic young's modulus, and the values of

\*1. 接受 7月31日 Received July 31, 1987.

○ 論文은 1986年度 文教部 學術研究助成費에 의해 研究되었음.

\*2. 慶尙大學校 農科大學 : College of Agriculture, Gyeongsang National University, Jinju 620, Korea.

boric acid plywoods increased with the extension of treating time but on the contrary water treated plywoods were decreased values with prolonged time.

4. It was observed that there were highly significant differences for platen temperature between dynamic young's modulus. When the values of water treated plywoods in dynamic young's modulus were abruptly decreased according to the rise of platen temperature, boric acid treated plywoods showed rather increased values at 160°C of platen temperature. And in 2-way interactions, there were also highly significant for dynamic young's modulus between treating time x treating solutions and platen temperature x treating solutions.

5. Correlation coefficients of fire-retardant factors were shown in table 5. It could be recognized that there were close correlations between the treating solutions and burning point, flame spread length, back side carbonized area, flame exhausted time and weight loss, but there was no correlation between fire-retardant factors and treating time and platen temperature.

6. From table 6, it can be observed that there were highly significant differences for burning point, flame spread length, flame exhausted time, back side carbonized area, weight loss between treating solutions. And in 2-way interactions, there were highly significant for burning point, flame spread length, weight loss between treating time x treating solutions.

## 1. 緒 論

産業發達과 더불어 各種 技術開發로 因하여 建物は 점차 大型化되고 高층화되어 가고있다. 이들 建築物의 內裝材는 대부분이 木質材料와 可燃性 플라스틱製로 構成되어 있으므로 火災가 發生하기 쉽고, 또한 일단 火災가 發生하면 많은 人命被害와 막대한 財産손실을 초래하게 된다. 특히 建築物과 大型 선박등의 內裝材로서 가장 많이 사용되는 合板은 얇은 單板으로 構成되어 있기 때문에 火災가 發生하기 쉬운 큰 결점을 지니고 있다. 따라서 이들 內裝材로 사용되는 合板을 어떻게 하면 비교적 저렴하고 간편한 方法으로 理化學的 결합이 적은 耐火合板으로 만들 수 있는가 하는 것이 오늘날 合板産業의 重要한 과제로 되어 있다.

美國의 A.W.P.A.(美國防腐者協會)<sup>2)</sup> 規定에 依하면 耐火處理合板의 熱氣乾燥는 그 乾燥溫度를 71°C 以內的 범위내에서 弱한 乾燥스케줄을 실시하도록 권장하고 있으나 乾燥時間이 너무 많이 걸리기 때문에 最近 일반木材와 合板類의 乾燥에 活用하고 있는 熱板乾燥를 적용하여 그 利用 가능성과 또한 耐火制를 處理한 合板의 力學的인

品質도 고려 되어야 할 것이다. 合板의 彈性的性質을 거론하게 되면 지금까지는 거의 정적영률을 測定하여 검토하였으나 最近에는 合板의 非破壞 檢査의 수단으로 動的영률을 測定하면 더욱 간단하고 정확할 것으로 기대되고 있다.

本 實驗에서는 3.7mm yellow meranti 合板을 使用하여 水分處理와 硼酸 18% 溶液을 溫冷浴法으로 時間別로 處理하여 熱板溫度別로 乾燥시켜 藥劑吸水量을 求하여 Koch, P.<sup>3)</sup>와 美國林產物研究所<sup>4)</sup>가 제시한 最低保有量에 도달할 수 있는가를 調査하고, 乾燥速度, 動的영률 및 耐火度等を 調査하여 水分處理合板과 硼酸處理合板을 比較 檢査하므로써 硼酸을 利用한 耐火處理合板에 알맞는 處理方法과 熱板乾燥에 關한 基本性質을 究明하고자 하였다.

## 2. 研究史

合板의 耐火處理에 關한 主要한 研究는 Blew, J.O.와 W.Z. Olson<sup>5)</sup>이 防腐處理와 耐火處理한 작나무 合板을 6年間 野外試驗한 다음 耐久性を 研究한 이후 King, E.G.Jr.와 D.A. Matteson, Jr.<sup>24)</sup>은 耐火處理合板이 機械的性質에 미치는 영향을

연구한 바 있고, Jessome, A.P.<sup>14</sup>는 美松, 赤松 및 美松合板에 耐火處理를 한 다음 機械의性質에 미치는 影響을 研究한 바 있다. Middleton, J.C.<sup>15</sup> 등은 美松, 南部松, 美杉 그리고 外裝合板에 對한 硼酸鹽과 기타 無機鹽의 불꽃 擴張을 研究한 바 있고, Eickner, H.W.와 E.L.Schaffer<sup>16</sup>는 美松合板에 單一耐火劑를 處理한후 耐火效果에 關하여 研究한 바 있다. Nearn, W.T.와 R.A. Megraw<sup>35</sup>는 美松合板에 고속분사 침투에 의한 불연속 耐火處理를 실시하기 위한 研究를 행한 바 있고, Breden, J.J.<sup>36</sup>는 合板을 포함하여 各種 木質板이 火災에 當했을 때 熱放出率에 關한 보고를 하였다. Numomura, A.<sup>36</sup> 등은 8피이트 터널 전기로로 耐火處理合板의 表面 연소성을 研究함에 있어서 耐燃性 防火劑等을 研究하였으며, Juneja, S.C.와 L.R. Richardson<sup>15</sup>은 美松合板을 浸漬處理로 耐火處理하는 方法을 研究하였다. Brenden J.J.<sup>37</sup>은 耐火處理合板을 포함한 몇가지 材料의 熱放出率에 關한 測定試驗을 실시하였다.

Mackay, J.F.G.<sup>31</sup>는 두께 12.7mm와 19.05mm 合板에 砒酸銅 크롬산鹽으로 處理하고, 6.35mm 두께의 合板에는 黃酸암모늄과 硼砂를 混合하여 만든 水溶液에 處理하여 熱氣乾燥를 실시한 바 있다. Matsumoto<sup>32</sup>는 橫振動에 依한 木材의 動的영률에서 含水率에 따른 動的彈性과의 關係를 발표하였고, Matsumoto, T.와 J. Tsutsumi<sup>33</sup>는 合板에서도 動的영률과 靜的영률이 밀접한 관계가 存在하며 動的영률이 靜的영률보다 크며 또한 測定方法이 確立된다면 動的영률을 合板의 非破壞檢査의 수단으로 기대된다고 보고한 바 있다.

한편 우리나라에서는 金·李<sup>22</sup>가 尿素樹脂 合板에 황산암모늄등 9種의 耐火劑를 浸漬處理하여 處理單板의 接着可能性, 藥劑吸收率 및 物理的性質을 調査하여 報告하였고, 李·鄭<sup>23</sup>은 木材와 合板의 耐火處理에 關한 研究를 보고한 바 있고, 金<sup>14, 24, 25, 26</sup>은 黃酸암모늄 外 數種의 耐火劑를 合板에 浸漬處理하여 吸收率 및 耐火度等에 關하여 報告한 바 있다. 李·鄭<sup>23</sup>은 第二磷酸암모늄에 의한 合板의 耐火處理에 關하여 報告하였고, 洪<sup>27</sup>은 熱處理木材의 動的粘彈性에 關하여 研究한

바 있다. 金<sup>23</sup> 등은 耐火劑 處理合板의 韌強度에 미치는 浸漬時間의 影響에 關하여 報告한 바 있고, 鄭<sup>23</sup>은 熱板乾燥時 熱板溫度가 耐火處理合板의 韌強度에 미치는 影響에 關하여 報告한 바 있다.

### 3. 材料 및 方法

#### 3.1 供試材料

##### 3.1.1 耐火處理合板

本 實驗에 使用한 供試合板은 반도목재주식회사에서 生産하여 판매하고 있는 준내수 일등급 yellow meranti合板으로 90cm×180cm×3.7mm 三枚合板이었다. 其中 결교동 흡집이 없는 合板中에서 15cm×15cm×3.7mm크기와 2cm×30cm×3.7mm 크기의 試驗板을 表層單板의 섬유방향과 試驗片의 길이 방향이 同一하도록 製作한 後 치수가 정확하고 결점이 없는 것을 선택하여 耐火處理를 행하였다. 試驗板의 數는 크기별로 각각 2 藥液處理×4處理時間×4熱板乾燥×8反復十末處理合板 50枚로 하였으며, 이들의 試驗板은 含水率도 65±5%, 온도 20±1°C의 恒온 恒습실에서 2주간 조습처리를 실시하였다.

##### 3.1.2 耐火處理液

硼酸(H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)을 18%濃度로 調製하고 對照區인 水分處理는 깨끗한 수도물을 使用하였다.

#### 3.2 試驗用 器機

##### 3.2.1 耐火處理 裝置

浸漬處理 槽는 溫度가 自動으로 調節될 수 있도록 특별히 고안하여 만든 大型 정밀 恒온 수조를 使用하였으며 槽內에서 合板이 서로 붙지 않도록 분리끼임틀을 利用하였다.

##### 3.2.2 乾燥用 熱壓機

溫度와 加壓量을 정확하게 測定할 수 있는 本校 木材加工學室에 있는 合板加壓用 熱壓機를 使用하였다.

##### 3.2.3 動的彈性率 測定裝置

測定裝置는 Kataoka<sup>34, 35</sup> 등이 고안한 兩端自由

振動裝置를 使用하여 長方形斷面의 막대기 試片을 만들어 一端은 勵振하고 다른 一端은 檢出하는 共振法에 따라 Oscilloscope에 나타나는 共振曲線으로부터 共振周波數(動的 彈性率)을 決定하였는데 使用된 generator는 Brüel & kjaer社 製品인 Sine generator 1023 이었고 周波數測定은 Universal Counter Timer를 使用하고 Oscilloscope는 美國 HEWLETT PACKARD社에서 製作한 1740A(100MHz)를 使用하였다.

3.2.4 耐火度 測定裝置

美國台板協會<sup>1</sup>에서 制定한 耐火度測定裝置에 따라 만들어 利用하였으며, 耐火度測定을 위해서 부착할 台板의 傾斜角은 150°이며 加熱에는 분선 버너를 利用하였고 燃料은 일반 가정용 L.P.G.를 使用하였다. 버너에 공급하는 燃料을 一定하게 調節할 수 있도록 가스 조절기를 부착하였다.

3.2.5 溫度 測定計

Thermometer Rkc DP-200(RIKA KOGYO CO. LTD, Made in JAPAN)으로 1200°C까지 測定되는 溫度計를 使用하였다.

3.2.6 기타 器具

試驗板의 重量 測定에는 다이얼天秤(1/100gr)과 Kern S-2000(1/1000gr)이 使用되었고 두께와 치수를 測定하기 위해서 캘리퍼 마이크로메타(1/20mm)와 含水率 等を 測定하기 위해서 乾燥器 等を 使用하였다.

3.3 試驗方法

3.3.1 耐火處理

특별히 고안하여 만든 대형 정밀 항온수조를 利用하여 溫液은 70°C, 冷液은 15°C로 調節하고 處理時間은 두 處理群에 대해 溫浴法으로 1/2, 2/2, 4/2, 6/2時間으로 區分 處理하였고 耐火處理用 台板의 含水率은 平均 8%로 調整하여 使用하였으며 耐火處理 前後의 藥液吸收率, 容積重 및 含水率 等は 다음 公式에 의하여 計算하였다.

i) 藥液吸收率

$$Sa(\%) = \frac{W_b - W_a}{W_a} \times 100$$

Sa(%) : 藥液吸收率  
 Wa : 藥液處理前重量  
 Wb : 藥液處理後重量

ii) 容積量

$$V_{w1} = \frac{W_a}{V_a}$$

$$V_{w2} = \frac{W_b}{V_b}$$

V<sub>w1</sub> : 藥液處理前容積重  
 V<sub>w2</sub> : 藥液處理後容積重  
 Va : 藥液處理前容積  
 Vb : 藥液處理後容積  
 Wa : 藥液處理前重量  
 Wb : 藥液處理後重量

iii) 含水率

$$M.C(\%) = \frac{W_2 - W_0}{W_0} \times 100$$

M.C(%) : 含水率  
 W<sub>0</sub> : 試驗片全乾重量  
 W<sub>2</sub> : 試驗片 重量

3.3.2 耐火處理台板의 熱板乾燥

耐火處理를 완료한 台板의 乾燥는 熱板乾燥를 適用하여 藥劑別, 處理時間別 및 熱板溫度別로 실시하였다. 熱板乾燥를 시작하기 前에 耐火處理台板의 初期含水率과 台板두께를 알기 위하여 供試台板에 對하여 台板의 重量과 位置가 다른 두 部位에서 두께를 測定하였다.

이상과 같이 준비된 耐火處理台板을 乾燥하기 위하여 그 上下部에 알루미늄 카울을 삽입한 後 壓力은 3.52kg/cm<sup>2</sup>을 일률적으로 적용하였으며, 熱板溫度는 110°C, 130°C, 160°C, 180°C로 차이를 두어 실시하였다. 熱板乾燥方式은 Chen, P.Y.S.<sup>2</sup>의 週期段階乾燥方法에 따라 乾燥過程 一定 時間마다 含水量의 감소치를 알기 위하여 熱板을 열고 供試板의 重量을 測定하였다.

乾燥進行中 熱板의 開放週期는 110°C에서 2分, 130°C에서 1.5分, 160°C에서 30秒, 180°C에서 10秒씩 各各 적용하여 最終含水率은 약 6.5%를 基準으로 乾燥하였다. 乾燥經過에 따른 乾燥週期別 含水率 및 乾燥速度는 다음 公式에 의해 구하였다.

i) 乾燥週期別 含水率

$$C.M.C(\%) = \frac{W_g - Cr \cdot W_0}{W_g} \times 100$$

C.M.C(%) : 週期別 含水率(%)  
 W<sub>g</sub> : 供試片의 乾燥前 重量(gr)  
 Cr : 吸收藥劑量(gr)

$W_0$ : 供試片의 全乾重量(gr)

ii) 乾燥速度

$$D_r = \frac{I.M.C. - F.M.C.}{Dt}$$

$D_r$ : 乾燥速度(m.c.%/min.)

I.M.C.: 初期含水率(%)

F.M.C.: 最終含水率(%)

$Dt$ : 乾燥時間(min.)

3.3.3 動的영率 測定

試片의 兩端 밑면에 軟鐵片(두께 0.2 mm, 幅 10mm, 길이 6mm)을 붙인후 관계습도  $65 \pm 5\%$  온도  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 인 항온 항습실에 4주간 조습처리를 실시한 試片을 실로서, 振動의 마디에서 水平으로 支特케 하고 勵振과 檢出用의 換振器는 電話受話機를 改造하여 軟鐵片의 바로 밑에 오게 하였다. 測定은 發振器 出力과 檢出器 出力을 各各 陰極線 Oscilloscope에 連結하여 發振器의 勵振 周波數를 낮은 쪽에서 점차 높은 쪽으로 올려 檢出器 出力이 最大의 共振曲線을 그릴 때에 共振 周波數의 決定은 다음 公式에 의하여 계산한다.

i) 共鳴周波數  $f = f_0(1 + \alpha a^2 / \ell^2)$

$f_0$ : 周波數 카운터의 數值

$\alpha$ : 振動形式에 따라 決定되는 定數로 8.2

$a$ : 試片의 두께

$\ell$ : 試片의 길이

ii) 動的영率  $E = 48 \pi^2 \rho \ell^4 f^2 / m^4 a^2$

$E$ : 動的영率

$\rho$ : 比重

$m$ : 基本振動의 경우 4.73

$a$ : 試片의 두께

$\ell$ : 試片의 길이

3.3.4 耐火度 測定

耐火度 測定裝置를 利用하여 藥液別, 熱板溫度別, 處理時間別로 合板의 耐火度를 各各 測定하였다. 즉 試驗板을 裝置에 걸고 연소시키는 방법은 분젠버너에 점화하여 靑色炎이 되도록 조절한 後 炎의 길이 18cm 가 되도록 하였고, 試驗板에 炎이 닿는 位置는 板 아래 中心線에서 위쪽으로 4cm 部位에 一致시켰으며, 合板에 접촉되는 加熱點에 溫度計로 測定한 結果 2分間의 加熱에

서  $900 \pm 12^\circ\text{C}$ 를 나타내었다.

耐火度 測定에서 調査한 항목은 着火時間, 最高炎의 길이, 殘炎時間, 裏面의 炭火面積과 重量減少率等을 測定하였다. 裏面의 炭火面積과 重量減少率은 다음 公式을 利用하였다.

i) 裏面의 炭火面積率(%)

$$Ca(\%) = \frac{Ca}{a} \times 100$$

$Ca(\%)$ : 裏面의 炭火率  
 $Ca$ : 裏面의 炭火面積  
 $a$ : 試驗板의 面積

ii) 重量 減少率

$$W_L(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

$W_L(\%)$ : 重量減少率  
 $W_1$ : 燃燒前 重量  
 $W_2$ : 燃燒後 重量

## 4. 結果 및 考察

### 4.1 藥劑吸收量

處理時間別 藥液吸收와 藥劑保留量의 結果는 表1과 같다.

$70^\circ\text{C}$ 溫液에서 浸漬時間을 各各 1時間, 2時間, 4時間, 6時間으로 한후  $15^\circ\text{C}$ 冷液에서 同一하게 2時間씩 浸漬한 結果 硼酸吸收量은 각각  $8.696\text{kg}/(30\text{cm})^3$ ,  $8.875\text{kg}/(30\text{cm})^3$ ,  $9.126\text{kg}/(30\text{cm})^3$ ,  $9.495\text{kg}/(30\text{cm})^3$  였으며, 이때 藥劑保留量은  $1.565\text{kg}/(30\text{cm})^3$ ,  $1.597\text{kg}/(30\text{cm})^3$ ,  $1.643\text{kg}/(30\text{cm})^3$  였다. 水分吸收量 역시  $8.789\text{kg}/(30\text{cm})^3$ ,  $9.065\text{kg}/(30\text{cm})^3$ ,  $9.333\text{kg}/(30\text{cm})^3$ ,  $10.063\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 으로 溫液의 浸漬時間이 經過함에 따라 水分吸收量이 점차 增加하였다.

溫液 1時間 浸漬한후 冷液 2時間 浸漬로 美國 林産物 研究所<sup>28)</sup>와 Koch, P<sup>26)</sup>가 제시한 最低保留量인  $1.125 \sim 2.250\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 에 충분히 도달하였다. 이것은 金·李<sup>22)</sup>, 李·鄭<sup>29)</sup> 및 金<sup>18, 19, 25)</sup> 등이 耐火處理合板에서 處理時間을 增加시킴에 따라 藥劑保留量과 水分吸收量 역시 增加하였다는 報告와 一致하였다.

樹種, 藥劑, 藥液濃度, 處理方法, 處理時間 및

Table 1. Means of the variable

Treating Type	Treating Time(hr)	Absorbed content(kg)/(30cm) <sup>2</sup>	Platen Temp.(°C)	Burning Point(sec)	Flame Spread Length(cm)	Flame Exhausted Time(sec)	Back side Carbonized Area(%)	Weight Loss(%)	Sp. Gr.(g/cm)	Dynamic Young's Modulus(E)·10 <sup>10</sup> dyne/cm <sup>2</sup>
Water	1*/2**		110	48.3	31.67	196.7	43.18	32.35	0.74	7.59
	1*/2**		130	57	34.3	172.3	43.27	30.94	0.7	7.66
	1*/2**		160	60.3	34	132.7	40.76	32.30	0.73	7.66
	1*/2**	8.789	180	51.6	33.3	201	45.2	32.65	0.73	7.29
	2*/2**		110	59	33.33	209	40.97	33.60	0.78	7.61
	2*/2**		130	63	36	210	47.86	34.92	0.7	7.65
	2*/2**		160	55	36	168.3	46.62	33.76	0.7	7.61
	2*/2**	9.065	180	60	36	165.7	44.10	34.36	0.7	7.28
	4*/2**		110	49.3	35.67	152	42.50	31.14	0.73	7.5
	4*/2**		130	54.3	38	181.3	45.35	34.57	0.73	7.37
	4*/2**		160	42.6	36	165.6	45.93	36.61	0.76	7.39
	4*/2**	9.333	180	38.3	38.67	196	31.87	32.7	0.75	7.09
	6*/2**		110	45	34	184.3	46.22	35.64	0.75	7.72
	6*/2**		130	44.7	33	149.3	43.83	34.91	0.77	7.19
	6*/2**		160	50.7	36	214.3	41.63	33.27	0.76	7.21
6*/2**	10.063	180	32.6	33.33	212.6	42.41	33.22	0.73	7.14	
Boric Acid	1*/2**		110	52.7	8.3	4.3	1.05	11.36	0.78	7.83
	1*/2**		130	63.7	8.3	6.3	0.5	10.38	0.76	8.34
	1*/2**	8.696	160	58.3	8.3	8.33	1.92	11.18	0.74	9.99
	1*/2**	(1.565)	180	57	7.67	6	1.02	9.83	0.7	8.33
	2*/2**		110	75	7.3	1.3	0.73	10.96	0.75	8.05
	2*/2**		130	62.3	7.7	6.7	1.1	11.61	0.72	9.5
	2*/2**	8.875	160	80	8	3.7	1.18	11.35	0.7	10.5
	2*/2**	(1.597)	180	67.3	6.7	2.3	0.55	10.47	0.75	8.78
	4*/2**		110	73	6.7	2	0.97	10.47	0.75	8.08
	4*/2**		130	75.7	6	0.3	0.69	10.62	0.76	9.77
	4*/2**	9.126	160	70.3	7.67	0	0.80	10.48	0.73	10.53
	4*/2**	(1.643)	180	81.33	5.67	0.7	1.26	10.52	0.75	8.84
	6*/2**		110	89	5	1.3	0.96	9.97	0.74	8.19
	6*/2**		130	63	7	0.7	0.89	9.49	0.77	10.41
	6*/2**	9.495	160	66	6.3	0	1.44	8.83	0.75	10.7
6*/2**	(1.709)	180	77	5.7	0	1.2	10.41	0.73	8.68	

\* Hot solution at 70°C.

\*\* Cold solution at 15°C

處理前含水率等の 차이가 있으나 金<sup>18)</sup>이 3.5mm 메란티合板에서 Borax-Boric acid 20%溶液을 60°C 溫液에 9時間 浸漬處理하여 얻은 藥劑保留量 1.226kg/(30cm)<sup>2</sup>와 本 實驗의 溫冷浴法 1/2

에서 얻은 藥劑保留量 1.565kg/(30cm)<sup>2</sup>을 比較할때 本 實驗에서 얻은 값이 높은 값으로 나타났다. 이것은 藥液의 濃度가 약간 희석되고 溫液의 溫度가 약간 상승되면 藥液의 침투가 보다 용이

한것으로 생각된다.

#### 4.2 乾燥速度

本實驗에 응용한 熱板乾燥는 과거 研究者들의 結果에 따랐는데 Koch, P.<sup>25)</sup>, Lutz, J.F.<sup>30)</sup> 및 Chen, P.Y.S.<sup>8)</sup> 등이 두께 1.27cm 이하의 單板이나 板材를 熱板乾燥時에는 比較的 낮은 溫度인 121°C 前後의 熱板溫度에 熱板壓力 3.52~7.04kg/cm<sup>2</sup>로 실시하였으며, Heebink, B.G.와 K.C.Kompton<sup>11)</sup>, Turkia, K.와 J.G. Haygreen<sup>37)</sup> 및 Chen, P.Y.S.와 F.E. Biltonen<sup>9)</sup> 등은 두께 1.27cm 以上の 板材나 판넬을 乾燥시키는데 熱板溫度 148.8~176.6°C에 熱板壓力 1.76~10.56kg/cm<sup>2</sup>를 적용하여 실시한 바 있다. 이들의 研究 結果는 熱板溫度 176°C와 熱板壓力 3.52kg/cm<sup>2</sup>가 가장 理想的이라고 하였다. 따라서 本 실험에서도 두께 3.7mm 合板을 사용하여 熱板溫度 110°C, 130°C, 160°C 및 180°C로 하고, 熱板壓力 3.52kg/cm<sup>2</sup>를 일률적으로 적용하여 處理時間別, 處理藥劑別 및 熱板溫度別로 乾燥週期別 含水率을 求하여 乾燥速度를 계산하였다. 一般的으로 處理時間이 길어질수록 含水率이 높고 또 藥液處理와 水分處理를 比較하면 水分處理가 훨씬 높은 含水率을 나타내고 있었다. 이와같은 傾向은 李·鄭<sup>29)</sup>과 金<sup>18,20)</sup>이 報告한 것과 一致하고 있었다. 乾燥速度로 乾燥效果를 나타낸 것은 最近 Mackay, J.F.G.<sup>31)</sup>가 處理合板의 人工乾燥에서, 또한 Turkia, K.와 J.G. Haygreen<sup>37)</sup>이 포플러 變재의 熱板乾燥에서 取扱하였으며 李<sup>27)</sup>는 美松과 포플러 耐火處理 構造合板의 熱板乾燥에서 各各 乾燥速度를 取扱하고 그 單位를 時間當 含水率(M.C./hr)과 分當含水率(M.C./min)로 表示하였고 金<sup>18,20)</sup>, 李·鄭<sup>29)</sup> 등이 3.5mm와 5.0mm 메란티 및 카포르合板에 耐火劑를 處理하여 熱板乾燥한 後 分當含水率로 乾燥速度를 보고하였다. 本 실험에서도 藥劑別, 處理時間別 및 熱板溫度別로 區分하여 乾燥하여 얻은 結果는 表2와 3과 같다. 溫冷浴法 1/2時間으로 硼酸을 熱板溫度 110°C, 130°C, 160°C 및 180°C로 乾燥시켰을때 乾燥速度는 5.900%/min, 10.196%/min, 45.420%/min, 54.958%/min로 나타났는데 이것은 金<sup>20)</sup>이 3.5mm meranti 合板에 硼砂 20%溶液을 溫冷浴法 2/2時間으로 處理한 後 熱板溫度 110°C, 130°C, 160°C, 180°C로 乾燥하여 얻은 平均 乾燥速度 3.266%/min, 5.748%/min, 15.422%/min, 36.188%/min와는 상당한 차이가 있었다. 이것은 藥液 및 液濃度 등의 差異에 基因된 것으로 생각된다. 그러나 乾燥速度가 藥劑處理區보다 水分處理區가 빠른것은 水分處理合板은 초기 含水율이 높고 藥劑處理合板은 板內에 흡수성이 높은 成分이 存在하며 또 이 成分이 木材 孔隙에

Table 2. Drying rates by platen temperature and treating time in chemical plywood

Treating temp(°C)	110	130	160	180	mean
Treating time(hour)					
1/2	5.900	10.196	45.420	54.958	29.119
2/2	6.008	10.422	45.650	55.318	29.368
4/2	6.025	10.456	45.930	56.679	29.768
6/2	6.157	10.645	46.670	66.242	32.429
mean	6.036	10.430	45.918	58.300	

Temperature: F value=410.9011\*\* (\*significant at the 5% level)

Time : F value=1.43246 (\*\* significant at the 1% level)

Table 3. Drying rates by platen temperature and treating time in water plywood

Treating temp(°C)	110	130	160	180	mean
Treating time(hour)					
1/2	6.014	12.373	46.520	55.730	30.159
2/2	6.290	12.431	47.020	55.945	30.422
4/2	6.578	12.499	47.250	56.930	30.814
6/2	6.634	12.513	51.870	71.562	35.645
mean	6.379	12.454	48.165	60.042	

Temperature: F value=217.17828\*\*

Time : F value=2.11771

min, 54.958%/min로 나타났는데 이것은 金<sup>20)</sup>이 3.5mm meranti 合板에 硼砂 20%溶液을 溫冷浴法 2/2時間으로 處理한 後 熱板溫度 110°C, 130°C, 160°C, 180°C로 乾燥하여 얻은 平均 乾燥速度 3.266%/min, 5.748%/min, 15.422%/min, 36.188%/min와는 상당한 차이가 있었다. 이것은 藥液 및 液濃度 등의 差異에 基因된 것으로 생각된다. 그러나 乾燥速度가 藥劑處理區보다 水分處理區가 빠른것은 水分處理合板은 초기 含水율이 높고 藥劑處理合板은 板內에 흡수성이 높은 成分이 存在하며 또 이 成分이 木材 孔隙에

침투되어 水分의 이동을 저해하는 것으로 생각된다.

熱板溫度와 處理時間別로 分散分析한 結果 硼酸處理合板과 水分處理合板 共히 處理時間別에서는 5%의 유의성이 있었고, 處理溫度別에서는 1%의 유의성이 있었다.

### 4.3 動的영률

熱板溫度別, 處理時間別, 處理藥劑別로 測定한 動的영률은 表1과 같다. 硼酸處理合板의 平均 動的영률이 9.16( $10^{11}$ dyne/cm<sup>2</sup>)인데 반하여 水分處理合板의 動的영률은 平均 7.44( $10^{11}$ dyne/cm<sup>2</sup>)로서 硼酸處理合板의 動的영률이 훨씬 높은 값을 보였다. 이들의 관계를 보다 구체적으로 알기 위하여 분산분석한 결과 表4와 같다.

Table 4. Analysis of variance of dynamic young's modulus

Source	S.S	DF	F
Main effects	92.318	7	95.927**
Temp	19.736	3	47.850**
Time	1.494	3	3.623*
Tre.	71.088	1	571.066**
2-way Interactins	25.475	15	12.353**
Temp×Time	1.101	9	0.890
Temp×Tre.	20.223	3	49.032**
Time×Tre	4.151	3	10.065**
3-way Interactions	2.516	9	2.033*
Temp×Time×Tre.	2.516	9	2.033*
Explained	120.309	31	28.229**
Residual	8.799	64	
Total	129.108		

\* significant at the 5% level

\*\* significant at the 1% level

處理時間別과 動的영률간에 유의성이 있었다. 處理時間이 經過함에 따라 硼酸處理 合板의 動的영률은 계속 증가하나 수분처리 합판의 동적영률은 감소하였다. 이것은 鄭·金·李<sup>13)</sup> 등이 耐火藥劑를 處理한 合板의 韌強도에 미치는 영향에서 硼砂—硼酸 處理合板이 水分處理 合板보다 침지시간이 길

어짐에 따라 韌強도가 훨씬 높은 값을 보인 것과 같은 경향을 나타내었다. 熱板溫度別에서도 고도의 유의성이 보였다. 硼酸處理 合板의 動的영률은 熱板溫度가 增加됨에 따라 160°C까지는 계속 增加되나 180°C에서는 갑자기 떨어졌으며, 水分處理 合板의 動的영률은 熱板溫度가 상승함에 따라 계속 떨어졌다. 이것은 鄭·金·李<sup>13)</sup> 등과 洪<sup>12)</sup>이 報告한 것과 같은 경향을 보였다.

熱板溫度, 處理時間 및 處理藥液 등이 動的영률과의 상호작용이 어떻게 미치는가를 알기 위하여, 要因을 分析한 結果 역시 처리시간×처리용액과 열판온도×처리용액에서는 고도의 유의성이 있었으나 熱板溫度×處理時間에서는 유의성이 없었다. 이것은 動的영률에 직접 관계되는 것은 硼酸의 吸收量이 熱板溫度에 영향을 주는 것으로 생각된다.

### 4.4 耐火度

藥液處理別, 處理時間別 및 熱板溫度別로 測定한 藥液吸收量, 着火時間, 殘炎時間, 最高炎의 길이, 裏面の 炭火面積 및 重量減少率 등은 表1과 같다.

溫冷浴法 6/2時間 浸漬와 熱板溫度 110°C로 處理된 水分處理 合板과 硼酸處理 合板을 比較하여 보면, 着火點에서 硼酸處理 合板은 最低 1분, 最高 1분47초, 平均 1분29초였으나, 水分處理 合板은 最低 37초, 最高 58초, 平均 45초로서 상당한 차이를 보였고, 最高炎의 길이에서 水分處理 合板은 最低 30cm, 最高 37cm, 平均 34cm였으나, 硼酸處理 合板은 最低 4cm, 最高 6cm, 平均 5cm로서 현격한 차이를 보였다. 殘炎時間에서 硼酸處理 合板은 最低 0초, 最高 4초, 平均 1.3초인데 반하여 水分處理 合板은 最低 2분 47초, 最高 3분 24초, 平均 3분 4.3초로서 큰 차이를 보였고, 裏面の 炭火面積에서 硼酸處理 合板은 最低 0.87%, 最高 1.00%, 平均 0.96%였으나, 水分處理 合板은 最低 43.75%, 最高 49.70%, 平均 46.22%로서 현격한 차이를 보여 주었다. 重量減少率에서도 水分處理 合板은 最低 33.98%, 最高 38.20%, 平均 35.64%인데 반하여 硼酸處理 合



Table 5. Correlation coefficient of fire-retardant factors

A) Temp.	B) Time	C) Tre	D) Burning Point(cm)	E) Flame Spread Length(cm)	F) Flame Exha- usted Time (Sec)	G) Back Side Carbonized Area(%)	H) Weight Loss(%)
B) 0.0000							
C) 0.0000	0.0000						
D) -0.0743	0.0193	-0.6359**					
E) 0.0168	-0.0135	0.9884**	-0.6477**				
F) 0.0100	0.0054	0.9671**	-0.6283**	0.9548**			
G) 0.0030	0.0026	0.9935**	-0.6346**	0.9851**	0.9609**		
H) -0.0044	0.0123	0.9887**	-0.6446**	0.9797**	0.9549**	0.9906**	

\* significant at the 5% value

\* \* significant at the 1% value

Table 6. ANOVA of fire-retardant factors

Source of variation	Df	F-Value				
		Burning Point(cm)	Flame Spread Length(cm)	Flame Ex- hausted Time(sec)	Back Side Carbonized Area(%)	Weight Loss(%)
Main effects	7	18.747**	745.046**	288.505**	1073.85**	726.430**
Temp	3	0.621	2.122	1.455	0.575	0.432
Time	3	4.877**	3.880**	1.029	0.450	2.567
Tre	1	114.73**	5197.314**	2012.083**	7513.894**	5076.015**
2-way In- teraction	15	4.517**	2.034*	2.526**	1.153	2.004*
Temp×Time	9	1.835	0.265	3.153**	1.360	1.798
Temp×Tre	3	2.956*	1.221	1.735	0.783	0.493
Time×Tre	3	14.123**	8.157**	1.433	0.905	4.132**
3-way In- teraction	9	2.304*	1.151	3.322**	1.532	1.557
Temp ×Time×Tre	9	2.304*	1.151	3.322**	1.532	1.557
Explained	31	7.088	169.555**	67.333**	243.486**	165.454**

板은 最低 9.33%, 最高 10.80%, 平均 9.97%로  
서 뚜렷한 차이를 보여줌으로서, 硼酸處理 合板  
에서 Koch, F<sup>26)</sup>와 美國林產物研究所<sup>28)</sup>가 제시한

最低保留量에 도달 하기만 하면 耐火效果面에서  
확실히 우수하다는 것을 입증해 주었다.

熱板溫度, 處理時間, 處理藥液 및 耐火度等에

서 상호간에 어떠한 관계가 있는가를 알기 위하여 相關關係를 求하였는데 그 結果는 表5와 같다. 處理藥液別과 着火點, 最高炎의 길이, 殘炎時間, 裏面炭火面積 및 重量減少率과는 고도의 유의성이 나타났으나, 此外 處理時間別 및 熱板溫度別에서는 有意성이 없었다. 즉 硼酸處理 合板의 耐火度에 영향을 주는 것은 處理된 硼酸 保留量이 耐火에 直接으로 연결된다는 것을 뒷받침하고 있다.

熱板溫度別, 處理時間別 및 處理藥液別과 耐火度와의 關係를 알기위하여 分散分析한 結果 表6과 같다.

藥液處理別과 着火點, 最高炎의 길이, 殘炎時間, 裏面炭火面積 및 重量減少率등 모든 인자간에는 고도의 유의성이 나타났으나 熱板溫度別에서는 유의성이 없었다. 상호작용에서도 熱板溫度는 合板의 耐火要因에 크게 영향을 주지 않음으로 硼酸合板 製造時 熱板溫度에는 큰 관심을 주지않아도 좋을 것으로 생각된다.

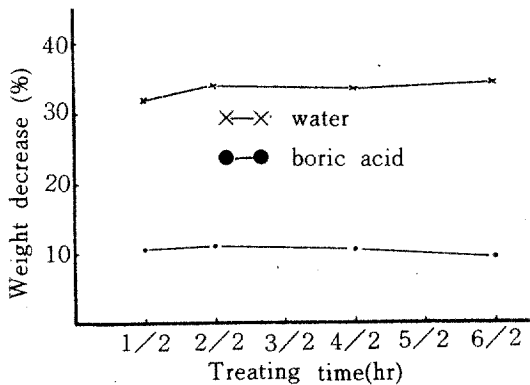


Fig. 1. Weight decrease of 3.7mm thickness plywood related treating time in boric acid & water solutions.

그림1은 重量減少率을 處理時間別로 나타낸 것인데 水分處理 合板과 硼酸處理 合板사이의 뚜렷한 차이로 耐火效果가 있음을 보여주고 있다. 이것은 金<sup>21)</sup>이 3.5mm Kapur合板에 溫冷浴法 3/3時間으로 處理하여 熱板乾燥시킨후 2時間 연소시켰을 때의 重量減少率 10.31%와는 비슷한 경향을 보여주고 있다. 耐火度の 測定結果를 藥劑間에 比較한 研究는 Eickner, H.W. 및 E.L. Schaffer<sup>10)</sup>가 보고한 바 있으나 使用한 藥液의 濃

도와 燃燒時間 등이 同一하지 않기 때문에 直接 本 研究와 比較할 수 없다. 그러나 處理時間 및 熱板溫度가 耐火效果에 直接 영향을 미치는 것 보다는 오히려 硼酸處理의 吸收量이 더욱 重要하다는 것을 알 수 있었다.

### 5. 結 論

건축물의 내장재로 사용되는 3.7mm yellow meranti 合板에 18%硼酸溶液과 水分을 溫冷浴法 1/2, 2/2, 4/2, 6/2 時間으로 吸收시키고, 熱板溫度 110, 130, 160, 180°C로 건조시킨 後, 處理時間別, 處理藥液別 및 熱板溫度別로 藥液吸收率, 乾燥速度, 動的 率 및 耐火度 등을 測定한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 70°C溫液에서 1, 2, 4, 6時間 浸漬한 後 15°C 冷液에서 各各 2時間씩 浸漬하여 얻은 硼酸保留量은 1.565, 1.597, 1.643, 1.709kg/(30cm)<sup>3</sup> 였으며, 이들 모두는 미국인산물연구소와 Koch. P가 제시한 最低保留量을 초과하였다.

2. 溫冷浴法 1/2時間으로 浸漬하여 熱板溫度 110, 130, 160, 180°C로 乾燥하여 얻은 硼酸處理 合板의 乾燥速度는 各各 5.900, 10.196, 45.420, 54.598 m.c. %/min 였고 水分處理 合板의 乾燥速度는 6.014, 12.373, 46.520, 55.730 m.c. %/min으로서 熱板溫度가 增加됨에 따라 乾燥速度도 크게 增加하였다.

3. 硼酸處理 合板의 動的 率은 水分處理 合板의 動的 率 보다 높은 값을 보였다. 處理時間別과 動的 率에는 高度의 有意성이 있었으며, 處理時間이 경과함에 따라 崩산처리 合판의 動的 率은 계속 증가하였으나 水分處理 合板의 動的 率은 현저하게 감소하였다.

4. 熱板溫度別과 動的 率에서도 高度의 有意성이 보였으며, 硼酸處理 合板의 動的 率은 熱板溫度가 增加됨에 따라 160°C까지는 계속 增加되다가 180°C에서 갑자기 떨어졌으나 水分處理 合板의 動的 率은 熱板溫度가 상승함에 따라 계속 떨어졌다. 熱板溫度, 處理時間 및 處理藥液 등이 動的 率과 상호작용에서, 熱板溫度 × 處理時間에서는 有意성이 없었다. 이것은 動的 率에 直接 관계 되는 硼酸의 保留量이 熱板溫度에 영향을

주기 때문에 耐火劑로서의 우수성을 말해 주고 있다.

5. 處理藥液別과 着火點, 最高炎의 길이, 殘炎時間, 裏面炭火面積 및 重量減少率과의 相關關係에서 고도의 유의성이 나타났으나 그外 處理時間 및 熱板溫度에서는 有意성이 없었다. 즉 硼酸處理 合板의 耐火度에 영향을 주는 것은 處理된 硼酸保留量이 耐火에 直接으로 연결된다는 것을 뒷받침하고 있다.

6. 熱板溫度別, 處理時間別 및 處理藥液別과 耐火度와의 관계를 분산분석한 결과 表6과 같다. 藥液處理別과 着火點, 最高炎의 길이, 殘炎時間, 裏面炭火面積 및 重量減少率等 모든 인자간에는 고도의 유의성이 나타났으나 熱板溫度別에서는 有意성이 없었다. 상호작용에서도 熱板溫度는 合板의 耐火要因에 크게 작용하지 않음으로 硼酸合板 製造時 熱板溫度에는 큰 관심을 줄 필요가 없는 것으로 생각된다.

#### LITERATURE CITED

- American Plywood Association. 1970. U.S. Product Standard PS 1-66 for Softwood Plywood-construction & Industrial together with DFPA grade-trademarks.
- AWPA. 1974. Plywood-fire retardant treatment by pressure process. Standard C. 27-74, AWPA, Washington, D.C.
- Blew, J.O. and W.Z. Olson. 1950. AWPA, annual meeting of April 25, 26, 27, 1950. Rice Hotel, Texas:16pp.
- Brenden, J.J. 1974. U.S. Forest Service, Research Paper FPL-230:17pp.
- Brenden, J.J. 1975. Jour. of Fire & Flammability 6:274-293.
- Brenden, J.J. 1975. U.S. Forest Service, Research Paper FPL-249:13pp.
- Brenden, J.J. 1977. U.S. Forest Service, Research Paper FPL-281:12pp.
- Chen, Peter, Y.S. 1978. Forest Prod. Jour. 28(1):23-25.
- Chen, Peter, Y.S. and F.E. Biltonen. 1979. Forest Prod. Jour. 29(2):48-51.
- Eicker, H.W. and E.L. Schaffer. 1967. Fire Technol. 3(2):90-104pp.
- Heebink, B.G. and K.G. Compton. 1966. U.S. Forest Service, Res. Note FPL-0122:23pp.
- 洪秉和. 1986. 목재공학 14(2):13-20.
- 鄭雨陽·金鍾萬·李弼宇. 1984. 목재공학 12(4):12-18
- Jessome, A.P. 1962. Forest Prod. Res. Branch, Canada Dept. of Forestry Rpt. 193:12.
- Juneja, S.C. and L.R. Richardson. 1977. Canadian Eastern Forest Products Lab., OPX-185E.
- Kataoka, A. and T. Ono. 1975. J. Japan wood res. soc., 21(10):534-550.
- Kataoka, A. and T. Ono. 1976. J. Japan wood res. soc., 22(1):1-7.
- 金鍾萬. 1982. 韓國林學會誌. 56:1-25.
- 金鍾萬. 1983. 慶尙大學校 農業研究所報·17-2:19-24.
- 金鍾萬. 1985. 목재공학 13(5):28-33.
- 金鍾萬. 1986. 목재공학 14(4):21-28.
- 金鍾萬·李弼宇. 1978. 서울대 農學研究·3(1):49-61.
- 金鍾萬·鄭雨陽·李弼宇. 1984. 목재공학 12(2):20-26.
- King, E. G., Jr. and D. A. Matteson, Jr. 1961. Douglas-fire plywood Association, Tech. Dept., Lab. Rpt. 90:9.
- Koch, P. 1964. Forest Prod. Jour. 14(9):382-386.
- Koch, P. 1972. Utilization of Southern pines. Part II, p.1111-1128, Agriculture Hbk., No. 420, USGPO, Washington, D.C.
- 李弼宇. 1980. 서울대 農學研究 5(2):51-64.
- 李弼宇·鄭希錫. 1980. 서울대演習林報告 16:17-46.
- 李弼宇·鄭雨陽. 1983. 韓國林學會誌 60:30

- ~36.
30. Lutz, J.F. 1974. USDA Forest Service, Res. Pap. FPL-227: 8pp.
31. Mackay, J.F.G. 1978. Forest Prod. Jour. 28(3): 19-21.
32. Matsumoto, T. 1956. J. fac. agric., Iwate Univ., 3: 46-61.
33. Matsumoto, T. and J. Tsutsumi. 1968. J. Japan wood res. soc., 14(2): 65-69.
34. Middleton, J.C., S.M., Draganov and F.T. Winters, Jr. 1965. Forest Prod. Jour. 15(12): 463-467.
35. Nearn, W.T. and R.A. Megraw. 1972. Forest Prod. Jour. 22(7): 47-52, 8: 14-16.
36. Numomura, A., Ito, H., Kasai, A., Fomazawa, K., Yamagishi, K. 1975. Journal of the Hokkaido Forest Prod. Res. Ins. 8: 14-16.
37. Turkia, K. and J.G. Haygreen. 1968. Forest Prod. Jour. 18: (6): 43-48.
38. U.S. Forest Products Laboratory. 1974. Wood handbook: U.S. Government printing office. Agriculture Handbook 72.