목재공학. 13(2):3~13,1985 (原著)
Wood Sci & Tech.13(2):3~13,1985.

蒸氣前處理가 상수리나무板材의 乾燥速度와 乾燥缺陷에 미치는 影響[1]

李 亨 雨[2] · 鄭希錫[2]

Effect of Presteaming on the Drying Rate and Drying Defects of *Quercus acutissima*[1]

Hyoung Woo Lee[2]. Hee Suk Jung[2]

Summary

This study was carried out to investigate the effects of presteaming on the drying rate and drying defects of 3 cm – thick *Quercus acutissima.*

Specimens for presteaming were steamed green at 100°C for 4 hours and then kiln-dried to 10 percent moisture content with controls, using the kiln-drying schedule ($T_4 - C_2$) recommended by Rasmussen.

The results obtained were as follows:

1. Presteaming reduced drying time approximately 18 percent from 70 to 10 percent moisture content.
2. The effect of presteaming on surface checking was not significant.
3. Presteamed specimens showed the reduction in end checking compared with controls.
4. Percents of boards with collapse, cupping, and honeycomb of presteamed specimens were slightly lower than those of controls.
5. Dry lumber grade of presteamed specimens was better than that of controls. Percent of first grade boards of presteamed specimens was 20 percent higher than that of controls and percents of second and third grade boards of presteamed specimens were 15 and 5 percent lower than those of controls, respectively.

Key word; presteaming, drying rate, drying defect, Quercus acutissima.

要 約

本 硏究는 蒸氣前處理가 두께 3 *cm*인 상수리나무(*Quercus acutissima*)의 乾燥速度와 乾燥缺陷에 미치는 영향을 알고자 하였다.

生材狀態의 前處理用 板材를 100℃의 溫度에서 4시간동안 蒸氣前處理한 후 無處理板材와 함께 Rasmussen이 제시한 乾燥스케쥴(T_4-C_2)을 사용하여 含水率 10%까지 熱氣乾燥하였다.

그 結果는 다음과 같았다.

平均 乾燥速度는 無處理板材의 경우 2.51%/日이고 蒸氣前處理板材의 경우 3.08%/日였으며, 蒸氣前處理로 含水率 70%에서 10%까지의 乾燥時間을 약 18% 減少시켰다.

表面割裂에 대한 蒸氣前處理의 效果는 거의 없었으나 橫斷面割裂에 있어서는 蒸氣前處理板材가 無處理板材에 비해 減少되었다.

---

1. 接受 2月26日 Received February 26,1985.
2. 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suweon 170, Korea

蒸氣前處理板材의 內部割裂, 너비굽음 및 찌그러짐의 發生率이 無處理板材보다 약간씩 낮았다.

乾燥材의 品等도 蒸氣前處理板材가 無處理板材보다 良好하여 1等級의 出現率이 20% 높았으며, 2等級은 15%, 3等級은 5%씩 그 出現率이 낮았다.

緖 論

林木은 대부분 纖維飽和點 以上의 含水率을 갖고 있으므로 이러한 含水木材를 그대로 使用하면 收縮하면서 變形되고 理學的 性質이 좋지 못하며 接着과 塗裝등의 第2次 加工過程에서도 여러가지 被害를 입게 된다. 그래서 最終用途에 알맞는 性質을 提供하기 위하여 木材나 木製品이 使用될 場所에 알맞는 含水率까지 乾燥하여 使用하게 된다.

木材의 乾燥는 製材이후 수반되는 加工過程으로서 産業의 發達과 더불어 乾燥木材에 대한 인식이 높아지고 있으며, 그 需要도 증가추세에 있다. 그러나 木材의 乾燥는 고도의 乾燥技術, 乾燥時間과 乾燥費用의 要求度가 크며 乾燥中에 乾燥缺陷이 發生하기 때문에 가능한 乾燥缺陷의 最小化와 아울러 乾燥時間을 어떻게 短縮하느냐가 중요한 課題가 되고 있다.

이러한 目的을 위하여 蒸氣前處理(presteaming) 冷凍前處理(prefreezing), 壓縮前處理(precompression) 및 여러가지 化學藥品處理등에 의한 前處理方法들이 講求되어 왔다.

蒸氣前處理方法은 乾燥速度의 增加, 乾燥應力緩和, 殺菌과 材色改善등을 위한 方法으로 알려져 왔고, 이 方法은 簡便하기 때문에 많은 關心이 集中되어 왔으며, 특히 일부 硏究者들은 乾燥困難木材에 대하여 蒸氣前處理가 乾燥速度의 增加와 乾燥缺陷의 減少에 미치는 영향에 대하여 주로 硏究하여 왔고, 최근까지도 많은 關心이 보여지고 있다.

우리나라는 闊葉樹 중에서 참나무類가 主樹種이면서 需要도 增加되고 있다. 그러나 國産 참나무類는 지름이 작고 형질이 좋지 못하다. 특히, 참나무類는 心材의 導管에 많은 타이로시스(tyloses)가 생성되어 있고 탄닌등 抽出物이 含有되어 있어 透過性이 매우 낮아 乾燥가 느리며, 또한 放射組織(ray tissue)이 발달되어 乾燥應力에 의해 쉽게 割裂되는 등 乾燥缺陷이 항상 問題點으로 擡頭되어 왔으나 國産참나무類 乾燥에 관한 硏究가 미흡할 뿐만 아니라 乾燥를 제대로 실시치 못하여 乾燥木材를 도입하여 사용하고 있는 실정이다.

本 硏究는 國産 상수리나무心材의 效率的 乾燥를 위하여 無處理板材의 乾燥速度와 乾燥缺陷 發生등 乾燥特性 把握과 아울러 熱氣乾燥의 促進을 기하고저 生材를 100℃에서 4시간동안 蒸氣前處理하여 無處理板材와 蒸氣前處理板材의 乾燥速度와 乾燥缺陷을 비교하여 그 효과를 알고저 실시하였다.

硏 究 史

蒸氣前處理의 纖維方向 透過性(longitudinal permeability)에 미치는 영향에 대한 硏究로서 Erickson등(1959)[7]과 Comstock(1965)[5]은 蒸氣前處理에 의한 纖維方向 透過性의 增加를 報告한데 이어, Nicholas(1968)[13]는 蒸氣前處理가 膜孔膜의 마르고(margo)를 柔軟하게 하고 토러스(torus)가 割裂되어 透過性이 增加되었음을 報告하였다. Chen(1975)[3]은 black walnut의 纖維方向 透過性에 대한 蒸氣前處理 時間과 溫度의 영향에서 處理時間보다는 溫度에 의한 영향이 컸음을 報告하였다. Kubinsky등(1974)[10]은 red oak를 蒸氣處理한 結果 細胞內腔(cell lumen)의 直積이 減少함을 發見하였고, Chen등(1980)[4]은 black walnut의 蒸氣處理로 細胞膜 內部膨潤이 增加되어 疣狀層(warty layer)이 分裂되어서 細胞膜에 대한 accessibility가 增加하여 乾燥速度가 빨라진다고 報告하였다.

蒸氣前處理가 참나무의 乾燥速度 및 乾燥缺陷에 미치는 영향에 대해 Simpson(1975, 1976)[17,18]은 1/2 inch 두께의 cherrybark oak를 212℉에서 蒸氣前處理하여 110℉의 溫度와 50%의 相對濕度로 乾燥한 結果 生材狀態에서 含水率 5%까지의 乾燥時間이 50% 減少되었음을 報告하였으며 northern red oak를 212℉에서 4시간동안 蒸氣前處理한 結果 透過性이 增加되어 水分傾斜(moisture gradient)가 緩和되고 濕線

(wet line)이 存在하지 않음을 發見하였다. 또한 Simpson(1976,1980)[19,20]은 1 inch 두께의 northern red oak를 180°F에서 2시간 동안의 蒸氣前處理에 의해 生材狀態에서 含水率 7%까지의 乾燥時間이 17%정도 減少됨을 發表하였으며, 1 inch두께의 northern red oak와 white oak를 蒸氣前處理와 促進乾燥스케줄을 適用하여 含水率 96%에서 7%까지 55.1% 減少됨을 報告하였다. Rosen(1981)[15]은 27㎜두께의 red oak를 加壓蒸氣로 乾燥한 結果 乾燥材의 材質도 좋았고 經濟的 側面에서도 有利함을 主張하였다.

참나무類 이외의 樹種에 대해서도 Campbell (1961)[1]은 1 inch두께의 eucalypts에 대한 蒸氣前處理의 乾燥促進과 橫斷面割裂의 豫防效果를 報告하였으며 Ellwood등(1962)[6]은 1 inch 두께의 redwood의 蒸氣前處理에 의해 乾燥時間이 20% 減少되었음을 報告하였고 Kollman (1968)[9], Cech등(1975)[2]과 McMillen등(1978)[12]도 蒸氣前處理에 의한 乾燥速度의 增加와 水分傾斜의 緩和됨을 報告하였다.

Maclean(1953)[11]과 Thompson등(1969)[21]은 蒸氣前處理에 의해 强度는 低下되지만 透過性增加에 의한 乾燥時間 短縮效果가 있음을 報告하였으며 Erickson등(1971)[8]은 redwood의 蒸氣前處理材의 乾燥時에 두께收縮率이 큼을 報告하였고 Weik등(1984)[23]은 yellow-poplar의 蒸氣前處理에서 處理時間이 增加함에 따라 乾燥應力이 減少됨을 알아내었다.

이와같이 참나무類 뿐만 아니라 기타 乾燥困難木材의 蒸氣前處理가 乾燥速度의 增加 및 乾燥缺陷 減少에 미치는 영향에 관한 硏究가 수행되어 왔으나 우리나라産 木材에 대해서는 아직도 이와 같은 硏究가 이루어진 바가 없다.

材料 및 方法

1. 供試材料 및 器機

1.1. 供試原木

本 硏究에서는 西屯洞 所在 農大 樹木園에서 自生하는 상수리나무(*Quercus acutissima*) 중에서 비교적 樹幹이 通直하고 枝下高가 높은 立木 1本을 선정하였다.

供試木의 크기는 樹高 20 m이고 胸高지름 35 ㎝였으며, 根株部位의 腐朽로 地上高 1.5m까지의 部分을 제거하고 上部로 향하면서 原本1, 原本2, 原本3을 차례로 造材하였다. 採取된 原本의 크기는 表1과 같으며, 平均年輪幅은 3.9㎜이었다.

原木의 橫斷面乾燥와 割裂을 방지하기 위해 造材후 곧 油性페인트로 2회 엔드코팅(end coating)을 실시하였다.

Table 1. Size of sample logs

Dimensions	Log 1	Log 2	Log 3
Butt end diameter(㎝)	40	35	31
Top end diameter(㎝)	35	31	28
Log length(m)	1.45	1.67	1.48

1.2. 供試板材의 製材

供試原本을 그림1과 같이 髓를 中心으로 양쪽이 대칭되게 하고 0.3㎝의 여척을 두어 두께3.3㎝, 폭 10.3㎝인 板材로 製造한 후 곧 油性페인트로 2회 엔드코팅 하여 폴리에틸렌 필름(polyethylene film)으로 포장하여 0℃를 유지하는 林業試驗場內 種子貯藏所에 貯木하였다.

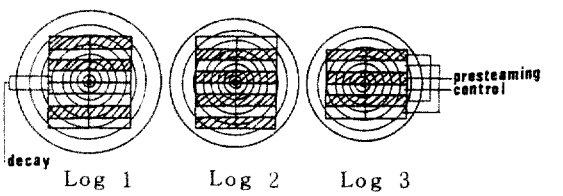

Fig.1 Method of sawing log

1.3. 試驗片의 採取

試驗片의 採取는 原木1의 供試板材中에서 髓부근의 板材 2本은 腐朽되어 제외하였고, 각 原本에서의 試驗片 採取數量은 原本 1에서 12개, 原本 2에서 16개, 原本 3에서 12개로서 모두 40개의 心材의 板材를 택하여 두께 3㎝와 너비 10㎝가 되게 平削하였으며, 옹이, 썩음 등의 缺點을 제외하고 그림2와 같이 試驗片을 採取하였다.

比重試驗片은 한 板材에서 3개를 採取하였으며 初期含水率試驗片은 乾燥試驗片의 양단에서 1

개씩 2개를 採取하였다. 특히, 乾燥試驗片은 그림1과 같이 無處理板材와 蒸氣前處理板材를 交互하여 採取하였다.

각 試驗片은 그림2와 같이 比重試驗片은 두께 5㎜, 가로와 세로는 각각 30㎜로 제작하였으며, 初期含水率試驗片은 길이 25㎜가 되게 절단하였고 乾燥試驗片은 길이 300㎜가 되게 절단하였다. 乾燥試驗片은 절단 즉시 銀粉페인트로 3회 엔드코팅하였다.

最終含水率試驗片과 內部割裂試驗片은 乾燥終了후 乾燥試驗片의 中央部位로 부터 그림3과 같이 길이 25㎜로 절단하여 採取하였다.

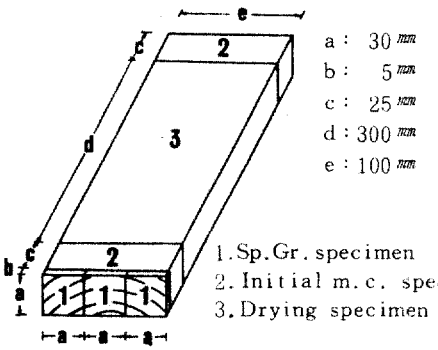

Fig.2 Method of cutting sections for Sp. Gr., initial m.c.

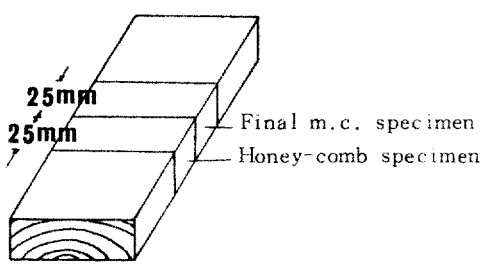

Fig.3 Method of cutting sections for final m.c. and honey-comb specimen

Table 2. Green volume specific gravity and initial moisture content of sample boards

Treatment	Sp.Gr		Initial M.C. (%)	
	Average	Standard Deviation	Average	Standard Deviation
Control	0.62	0.03	80.6	2.90
Presteaming	0.62	0.03	79.5	2.94

供試板材의 生材比重과 初期含水率은 表2와 같았다.

1.4. 實驗器機

1.4.1. 乾燥室

乾燥試驗片을 熱氣乾燥하기 위하여 林業試驗場에 설치된 風速 3 m/sec, 最高溫度 250℃, 乾濕球溫度 調節可能範圍 ±0.5℃, 內部容積 117 × 65 × 47 ㎝인 內部送風機型 小型人工乾燥室을 사용하였다.

1.4.2. 乾燥器

含水率 試驗片의 乾燥는 溫度 103℃를 정확하게 유지할 수 있는 도요세이기(Toyo Seiki)製作 老化測定器를 사용하였다.

1.4.3. 直示天秤

試驗片의 무게測定을 위해 1/100 g까지 측정 가능한 直示天秤을 사용하였다.

2. 實驗方法

2.1. 初期含水率과 最終含水率

乾燥試驗片의 初期含水率과 最終含水率은 含水率試驗片 採取 즉시 乾燥前 무게를 측정한 후 103±2℃에서 恒量에 도달할 때까지 乾燥하여 全乾무게를 측정하였으며, 다음式 (1)에 의하여 含水率을 구하였다.

$$M = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \cdots\cdots (1)$$

M : 含水率 (%)
W : 乾燥前 무게 (g)
W_0 : 全乾무게 (g)

2.2. 棧 積

蒸氣前處理를 하기 위해 乾燥試驗片을 供試乾燥室의 中央部에 4열에 각각 5개씩의 試驗片을 균일한 蒸氣處理가 되도록 배치하고, 棧積과 양측벽과는 38 ㎝, 棧積과 천정과는 20 ㎝의 간격을 두었다.

無處理板材와 蒸氣前處理板材의 熱氣乾燥를 위해서 供試乾燥室의 中央部에 5열에 각각 8개씩의 試驗片을 배치하고, 균일한 乾燥를 위하여 棧積과 양측 벽과는 33 ㎝, 棧積과 천정과는 3 ㎝의 간격을 두었다. 한편, 사용한 棧木(sticker)의 두께는 2.5 ㎝이고, 試驗片은 乾燥室의 前面과 後面쪽에만 수직이 되도록 배치하였다.

2.3. 蒸氣前處理

먼저 棧積할 20개의 蒸氣前處理用 試驗片의 무게를 측정한 다음 乾燥室에 棧積한 후 乾球와 濕球溫度를 모두 100℃로 설정하여 4시간동안 蒸氣前處理를 하고 난 다음 試驗片의 무게를 다시 측정하였다.

2.4. 乾燥스케줄

適用한 乾燥스케줄은 Rasmussen[14]이 제시한 表3의 乾燥스케줄(T_4-C_2)을 적용하였으며, 含水率段階는 初期含水率로 구한 全乾무게를 기준으로 한 含水率에 따랐다.

Table 3. Kiln-drying schedule used for drying 3 *cm*- thick silkworm oak lumber

M.C.(%)	D.B.T.(℃)	W.B.T.(℃)	R.H. (%)	E.M.C.(%)
Green - 40	45	43	87	17.5
40 - 35	45	42	84	16.5
35 - 30	45	40.5	75	13.3
30 - 25	50	42	62	10.0
25 - 20	55	38	52	8.0
20 - End	60	32	46	6.9

2.5. 乾燥速度와 乾燥時間

無處理板材의 乾燥前 무게를 측정한 다음 蒸氣前處理板材와 함께 乾燥室에 棧積하고 含水率 8~10%에 도달할 때까지 1일1회 무게를 측정하였으며, 乾燥速度와 乾燥時間은 最終含水率로 구한 全乾무게를 적용하여 구하였다.

2.6. 乾燥缺陷

2.6.1. 表面割裂과 橫斷面割裂

表面割裂과 橫斷面割裂의 割裂長과 割裂數量은 무게測定과 동시에 1일1회 측정하였으며, 割裂長은 각 板材에 발생한 割裂중에서 最大길이를 측정하였다.

2.6.2. 內部割裂

乾燥終了후 절단된 斷面上에 발생한 內部割裂의 갯수와 크기를 측정하였다.

2.6.3. 너비굽음

너비굽음은 그림4와 같은 방법으로 너비굽음의 最大높이를 측정하였다.

2.6.4. 찌그러짐

찌그러짐은 그림5와 같은 방법으로 板材의 最大와 最小 두께를 측정하여 그 差로서 나타내었다.

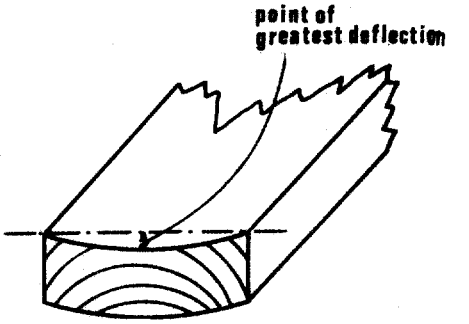

Fig.4 Measurement of cupping

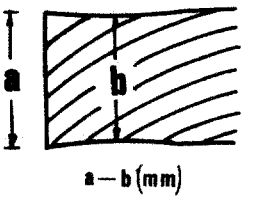

Fig.5 Measurement of collapse

2.7. 乾燥材의 品等

乾燥材의 品等은 製材規格(山林廳 告示 第8號)[16]에 의거하여 表4와 같은 방법으로 品等을 구분하였다.

Table 4. Dry lumber grade specifications

Grading factors	First grade	Second grade	Third grade
Required clear-cutting face area	$\frac{9}{10}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$
Maximum check allowance	5 %	10 %	50 %
Twisting	None	Slight	Moderate to severe

結果 및 考察

1. 乾燥速度와 乾燥時間

無處理板材와 蒸氣前處理板材의 乾燥時間에 따른 含水率變化는 그림6과 같으며, 乾燥終了時 板材의 最終含水率分布는 表5에 나타내었다.

無處理板材의 경우 初期含水率 80.9%에서 最終含水率 10%까지의 乾燥時間은 27日인데 비해 蒸氣前處理板材는 初期含水率 79.5%에서 最終含水率 10%까지의 乾燥時間이 23日로서 蒸氣前

處理에 의해 乾燥速度가 增加되어 4日정도의 乾燥時間이 短縮되었다. 단, 蒸氣前處理板材는 蒸氣前處理에 의해 불과 4시간동안 7.5%의 含水率이 減少하였다.

含水率段階別 乾燥速度는 表6의 내용과 같이 無處理板材의 경우 含水率 70-30%에서 2.88%/日이고 含水率 30-10%에서 2.00%/日로서 平均 乾燥速度는 2.51%/日였으며,蒸氣前處理板材의 경우 含水率 70-30%에서 3.81%/日이고 含水率 30-10%에서 2.22%/日로서 平均 乾燥速度는 3.08%/日이었다.

그래서 含水率段階別 乾燥時間의 減少率은 表7의 내용과 같이 含水率 70-30%에서 24%이고 含水率 30-10%에서 10%로서 含水率 70-10%에서는 18%의 乾燥時間 減少率을 얻었으며,纖維飽和點 이하에서 보다 컸다.

Simpson(1976)[19]은 1 inch두께의 northern red oak를 212°F에서 4시간동안 蒸氣前處理한 結果 透過性의 向上 및 生材狀態에서 含水率 7%까지의 乾燥時間이 17% 減少된다고 報告하였는 바, 이는 본 실험의 結果와 일치하였고, Kubinsky등(1974)[10]은 red oak를 蒸氣處理한 結果 細胞膜의 內部膨潤이 增加되어 細胞膜이나 膜孔膜에 균열이 발생함으로 인해 透過性이 向上된다는 보고내용과 같이 透過性의 向上으로 乾燥速度가 增加되어 乾燥時間이 短縮된 것으로 思慮된다.

Table 5. Frequency of final moisture content distribution

Treatment	Final moisture content								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Control	10	5	25	15	10	20	5	5	5
Presteaming	15	15	10	5	35	10	10	0	0

Table 6. Drying rate(%/day) of 3cm- thick silkworm oak lumber

Treatment	Moisture content		Average
	70 to 30	30 to 10	drying rate
Control	2.88	2.00	2.51
Presteaming	3.81	2.22	3.08

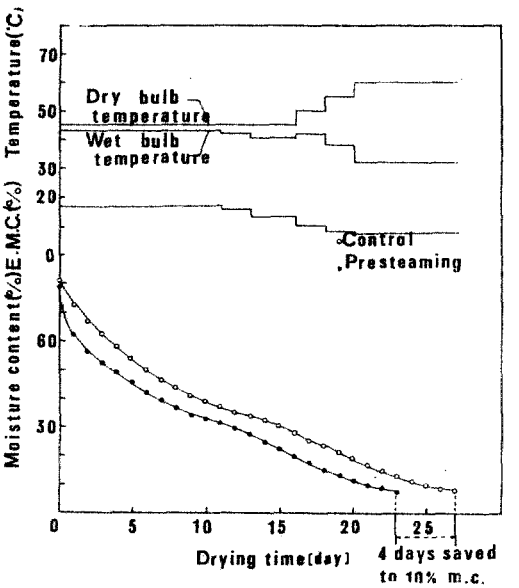

Fig.6 Kiln drying schedule and moisture content during drying of 3cm-thick silkworm oak lumber

2. 乾燥缺陷

2.1. 表面割裂

乾燥時間과 含水率에 따른 表面割裂의 割裂長과 割裂數量은 그림7과 表8에 표시된 것과 같이 無處理板材와 蒸氣前處理板材 모두 乾燥가 시작되면서 부터 表面割裂이 발생하기 시작하였고, 最大割裂은 無處理板材의 경우 含水率 50%에서 8.5cm였고 蒸氣前處理板材의 경우 含水率 62%에서 8.8cm였으며, 모든 板材에서 表面割裂이 발생하였다.

Table 7. Drying time and reduction in drying time of 3cm- thick silkworm oak lumber

Treatment	From green to 10 percent moisture content					
	70 to 30		30 to 10		70 to 10	
	Drying time (day)	Reduction (%)	Drying time (day)	Reduction (%)	Drying time (day)	Reduction (%)
Control	13.9		10.0		23.9	
Presteaming	10.5	24	9.0	10	19.5	18

含水率에 따른 割裂長의 變化를 보면 無處理板材는 乾燥가 시작되면서 부터 발생하여 차츰 增加하였으나 蒸氣前處理板材는 前處理 직후부터 급격히 발생하기 시작하여 含水率 50%까지는 蒸氣前處理板材가 無處理板材보다 약간 심한 割裂을 보였으나 最大割裂이 발생한 직후 부터는 蒸氣前處理板材의 割裂이 빨리 줄어들어 含水率 50%이후부터는 오히려 無處理板材가 蒸氣前處理板材보다 약간 심한 割裂을 나타냈으며 纖維飽和點 이하에서는 거의 같은 경향으로 줄어들어 乾燥終了時에는 無處理板材는 1.7㎝, 蒸氣前處理板材는 2.2㎝로 줄었다. 이때 割裂이 발생한 板材의 數量은 無處理板材에서 9本, 蒸氣前處理板材에서 11本이었다.

含水率에 따른 割裂數量의 변화에 있어서는 無處理板材의 경우 乾燥가 시작되면서부터 割裂이 발생하여 차츰 增加되어 含水率 47%에서 最大値인 11.7개를 나타내었으며, 蒸氣前處理板材의 경우 前處理 직후부터 割裂이 증가되기 시작하여 含水率 44%에서 最大値인 12.5개를 나타내었고, 最大値에 도달한 직후 부터는 蒸氣前處理板材의 割裂數量이 빨리 줄어들어 無處理板材가 蒸氣前處理板材 보다 비교적 많은 割裂數量을 나타내었으며, 乾燥終了時에는 無處理板材와 蒸氣前處理板材 모두 1개로 줄었다.

이와 같이 無處理板材와 蒸氣前處理板材의 表面割裂이 비슷한 경향으로 변화하였고, 割裂長과 割裂數量의 변화에도 별다른 차이가 없어 蒸氣前處理가 表面割裂에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 思慮된다.

Simpson(1976)[19] 은 northern red oak를 180°F에서 4시간동안 蒸氣前處理하여 熱氣乾燥한 結果 表面割裂에 대한 蒸氣前處理의 효과는 없었다고 보고하였는 바, 이는 본 實驗의 結果와 일치하였다.

Table 8. Severity and frequency of surface checking

Treatment	At maximum surface checking		At the end of drying	
	Average check length (㎝)	Average check number per board	Average check length (㎝)	Average check number per board
Control	8.5	11.7	1.7	1.0
Presteaming	8.8	12.5	2.2	1.0

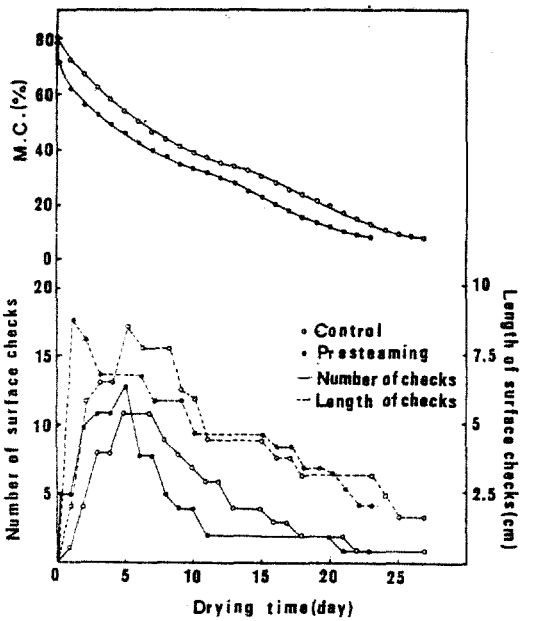

Fig.7 Moisture content and surface checks during drying of 3㎝- thick silkworm oak lumber

2.2. 橫斷面割裂

乾燥時間과 含水率에 따른 橫斷面割裂의 割裂長과 割裂數量은 그림 8과 表 9에 표시된 것과 같이 無處理板材는 乾燥첫날부터 橫斷面割裂이 발생하기 시작하였으나, 蒸氣前處理板材는 乾燥를 시작한지 이틀째부터 橫斷面割裂이 발생하기 시작하였으며, 最大割裂은 無處理板材의 경우 含水率 53%에서 2.3㎝였고 蒸氣前處理板材의 경우 含水率 46%에서 1.9㎝였으며, 모든 板材에서 橫斷面割裂이 발생하였다.

含水率에 따른 割裂長의 변화를 보면 含水率 50%까지는 無處理板材와 蒸氣前處理板材가 거의 비슷한 경향을 보였으나, 含水率 50%이후 부터는 蒸氣前處理板材의 割裂長이 줄어들고 있는 반면, 無處理板材는 거의 줄어들지 않아 乾燥終了時 無處理板材는 1.8㎝, 蒸氣前處理板材는 0.6㎝였다. 이때 割裂이 발생한 板材의 數量은 無處理板材에서 10本, 蒸氣前處理板材에서 11本이었다.

割裂數量에 있어서는 그 最大値가 無處理板材는 含水率 58%에서 4개, 蒸氣前處理板材는 含水率 46%에서 3개로 나타났으며, 含水率에 따른 割裂數量의 변화를 보면 含水率 50%까지는 無處理板材가 蒸氣前處理板材보다 약간 많은 割裂數量을 보였고, 含水率 50%이후 부터는 蒸氣前處理板材

의 割裂數量이 빨리 줄어들어 無處理板材가 蒸氣前處理板材보다 비교적 많은 割裂數量을 보였으며, 纖維飽和點이하에서는 같은 경향을 보여 乾燥終了時에는 無處理板材와 蒸氣前處理板材 모두 1개로 줄었다.

이와 같은 結果로 미루어 보아 蒸氣前處理에 의해 橫斷面割裂이 減少되었고, 특히 割裂長에 대한 蒸氣前處理의 효과는 割裂數量에 대한 것보다 컸음을 알 수 있었다.

Kubinsky 등(1974)[10]은 蒸氣處理에 의한 細胞膜 內部膨潤의 增加를 발견하였는 바, 이에 의해 細胞膜이나 膜孔膜이 균열되어 乾燥初期의 乾燥應力이 緩和됨으로 해서 蒸氣前處理板材의 橫斷面割裂發生이 늦어진 것으로 생각되며, Simpson (1976)[18]이 northern red oak를 212°F에서 4시간동안 蒸氣前處理하여 乾燥한 結果 水分傾斜가 완만하여졌다고 報告한 바와 같이 蒸氣前處理板材의 완만한 水分傾斜로 인해 表面의 平衡含水率이 無處理板材의 그것보다 높아 乾燥應力이 緩和되어 橫斷面割裂이 減少된 것으로 思慮된다.

Table 9. Severity and frequency of end checking

Treatment	At maximum end checking		At the end of drying	
	Average check length (cm)	Average check number per board	Average check length (cm)	Average check number per board
Control	2.3	4.0	1.8	1.0
Presteaming	1.9	3.0	0.6	1.0

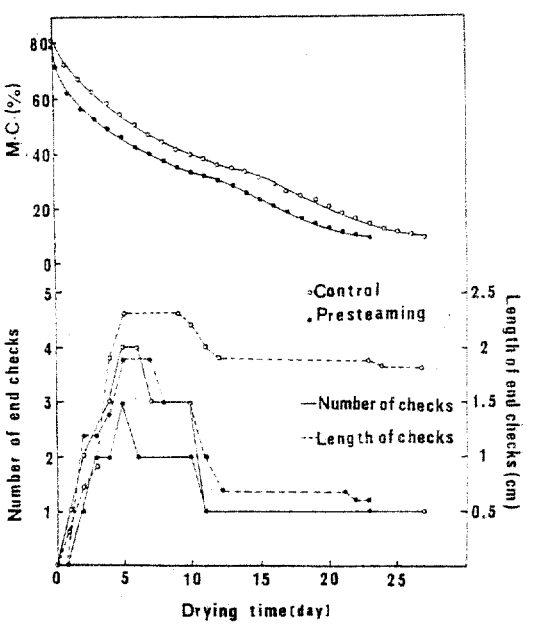

Fig.8 Moisture content and end checks during drying of 3cm- thick silkworm oak lumber

2.3. 內部割裂, 너비굽음 및 찌그러짐

乾燥終了후 內部割裂, 너비굽음 및 찌그러짐을 調査한 結果는 表 10과 같다.

內部割裂의 경우, 無處理板材는 4本의 板材에서 발생하여 20%의 發生率을 나타냈으나, 蒸氣前處理板材는 2本의 板材에서 발생하여 10%의 發生率을 나타내었다.

너비굽음의 경우, 無處理板材는 10本의 板材가 굽었으며 蒸氣前處理板材는 8本의 板材가 굽어서 40%의 發生率을 보여주었다. 平均 너비굽음은 無處理板材가 0.8㎜로 蒸氣前處理板材의 0.6㎜보다 약간 컸다.

찌그러짐의 경우 無處理板材는 모든 板材에서 발생하였으나 蒸氣前處理板材는 18本의 板材에서 板材에서 발생하여 90%의 發生率을 보였으며, 찌그러짐의 平均値는 無處理板材와 蒸氣前處理板材가 각각 1.0㎜로 서로 같았다.

3. 乾燥材의 品等

乾燥材의 品等을 調査한 結果는 表11과 같다.

一等級의 경우 無處理板材는 11本으로서 出現率이 55%였으나, 蒸氣前處理板材는 15本으로서 75%였다.

二等級의 경우 無處理板材는 4本으로서 出現率이 20%였고, 蒸氣前處理板材는 1本으로서 5%의 出現率을 나타냈으며, 三等級의 경우 無處理板材는 5本으로서 出現率이 25%였고 蒸氣前處理板材는 4本으로서 20%의 出現率을 나타내고 있어 蒸氣前處理에 의해 乾燥材의 品等이 向上되었음을 알 수 있었다.

Rosen(1981)[15]은 27㎜ 두께의 red oak를 加壓蒸氣로 乾燥한 結果 乾燥材의 質이 良好하였다고 報告한 바 있다.

한편, 品等에 영향하는 큰 영향인자는 表面割裂이었다.

Table 10. Amount of drying defects occurred

No.	Control					Presteaming				
	Number of honey-comb per board	Collapse				Number of honey-comb per board	Collapse			
		Cupping (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)	Difference (mm)		Cupping (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)	Difference (mm)
1	0	0	29.1	28.0	1.1	0	2	29.0	29.0	0
2	0	0	29.4	29.0	0.4	0	1	29.5	27.1	2.4
3	0	0	29.0	28.1	0.9	0	0	28.9	27.4	1.5
4	0	0	28.8	27.6	1.2	0	0	29.3	27.5	1.8
5	1	2	29.2	27.5	1.7	0	1	29.1	28.8	0.3
6	0	1	29.0	28.0	1.0	0	1	29.1	28.4	0.7
7	2	1.5	29.4	28.6	0.8	0	0	28.9	27.3	1.6
8	0	2	29.5	28.5	1.0	0	0	29.5	29.3	0.2
9	0	0	29.3	28.3	1.0	0	0	28.6	27.2	1.4
10	0	0	29.3	28.3	1.0	0	0	29.3	27.8	1.5
11	0	2	29.9	28.8	1.1	0	0	28.6	27.2	1.4
12	3	2	28.3	29.0	0.3	0	0	29.0	28.0	1.0
13	0	1	29.1	28.0	1.1	0	0	28.8	27.9	0.9
14	0	0	28.6	27.8	0.8	0	1	27.6	27.1	0.5
15	0	0	29.0	27.0	2.0	0	0	28.2	27.0	1.2
16	0	2	29.4	28.8	0.6	4	0	29.0	29.0	0
17	0	1	29.3	28.3	1.0	3	3	29.0	28.2	0.8
18	0	2	29.0	28.3	0.7	0	2	29.1	28.6	0.5
19	0	0	29.2	28.3	0.9	0	1	29.5	28.3	1.2
20	2	0	29.7	28.8	0.9	0	0	28.4	27.0	1.4
Average		0.8			1.0		0.6			1.0

Table 11. Degrade of dry lumber by drying defects

Treatment	Number of boards	Green lumber grade (Clear-cutting face area)			Surface checking		End checking		Dry lumber grade		
		First grade	Second grade	Third grade	Number of checked boards	Check length (cm)	Number of checked boards	Check length (cm)	First grade	Second grade	Third grade
Control	20	12	8	0	9	1.7 ± 0.9*	10	1.8 ± 0.6*	11	4	5
Presteaming	20	15	4	1	11	2.2 ± 1.6*	11	0.6 ± 0.7*	15	1	4

* Average ± Standard deviation

結 論

상수리나무의 無處理板材와 蒸氣前處理板材의 乾燥速度와 乾燥缺陷의 비교와 아울러 乾燥木材의 品質에 관하여 硏究한 結果는 다음과 같다.

1. 無處理板材의 平均 乾燥速度는 2.51 %/日이었으나 蒸氣前處理板材는 3.08 %/日로서 無處理板材의 그것보다 빨랐다.

含水率段階別 乾燥時間의 減少效果는 含水率 70 %~30 %에서 24 %, 含水率 30 %~10 %에서 10 %, 含水率 70 %~10 %에서 18 %이었다.

2. 表面割裂의 割裂長과 割裂數量은 서로 비슷한 경향으로 변화하였고, 最大割裂의 경우 無處理板材는 含水率 50 %, 蒸氣前處理板材는 含水率 62 %에서 각각 발생하였으며, 無處理板材와 蒸氣前處理板材의 表面割裂은 비슷한 경향을 나타내었다.

3. 橫斷面割裂에 있어서 無處理板材의 경우 乾燥 첫날부터 발생하기 시작하여 含水率 53 %에서 最大割裂이 나타났으나 蒸氣前處理板材의 경우는 乾燥를 시작한지 이틀째부터 발생하기 시작하여 含水率 46 %에서 最大割裂을 나타내었고, 最大割裂 이후부터는 蒸氣前處理板材의 割裂長이 줄어든 반면 無處理板材는 거의 줄어들지 않아 매우 큰 차이를 나타내었으며, 割裂數量은 全 含水率 範圍에 걸쳐 無處理板材가 蒸氣前處理板材보다 비교적 많았다.

4. 無處理板材는 4本의 板材에서 內部割裂이 발생하여 20 %의 發生率을 나타내었으나 蒸氣前處理板材에서는 2本의 板材에서 발생하여 10 %의 發生率을 나타내었다.

5. 無處理板材는 半數의 板材에서 너비굽음이 발생하였으나, 蒸氣前處理板材에서는 40 %의 發生率을 나타내었다.

6. 無處理板材는 모든 板材에서 찌그러짐이 발생하였으나 蒸氣前處理板材에서는 90 %의 發生率을 나타내었다.

7. 乾燥材의 品等은 蒸氣前處理板材가 無處理板材보다 良好하여 1等級의 出現率이 20 % 높았고, 2等級은 15 %, 3等級은 5 %씩 그 出現率이 낮았다.

引用文獻

1. Campbell, G.S. 1961. The value of presteaming for drying some collapse susceptible eucalypts, For. Prod. J. Aug.: 343-347.
2. Cech, M.Y. & F. Pfaff. 1978. Treatment, care, and handling of logs and lumber prior to drying, Canadian Forestry Service Eastern For. Prod. Lab. OPX 192E.
3. Chen, P.Y.S. 1975. The effect of steaming time and temperature on the longitudinal permeability of black walnut, Wood Fiber 7(3): 222-225.
4. _____. & Edward C. Workman Jr. 1980. Effect of steaming on some physical and chemical properties of black walnut heartwood, Wood Fiber 11(4): 218-227.
5. Comstock, G.L. 1965. Longitudinal permeability of green eastern hemlock, For. Prod. J. Oct., 441-449.
6. Ellwood, E.L. and Robert W. Erickson. 1962. Effect of presteaming on seasoning stain and drying rate of redwood, For Prod. J. July, 328-332.
7. Erickson, H.D. & R.J. Crawford. 1959. The effects of several methods on the permeability of wood to liquids, American Wood-Preserver's Association 1959: 210-220.
8. Erickson, R., Larry Demaree, Philip Johnston, and Edward Morton. 1971. Prefreezing alone and combined with presteaming in the drying of redwood dimension, For Prod. J. 21(7): 54-59.
9. Kollmann, F.F.P. & W.A. Cote. 1968. Principles of wood science and technology Vol. I., Springer-Verlag.
10. Kubinsky, E. & G. Ifju. 1974. Influence of steaming on the properties of red oak: Part I. Structural and chemical changes, Wood Sci. 6(1): 87-94.

11. MacLean, J.D. 1953. Effect of steaming on the strength of wood, American Wood-Preserver's Association 1953: 88-112.
12. McMillen, J.M. & E.M. Wengert. 1978. Drying eastern hardwood lumber, USDA. Agr. Handbook No. 528.
13. Nicholas, D.D. & R.J. Thomas. 1968. Influence of steaming on ultrastructure of bordered pit membrane in loblolly pine, For. Prod. J. 18(10): 57-59.
14. Rasmussen, E.F. 1961. Dry Kiln, USDA. Agr. Handbook No. 188.
15. Rosen, H.N. 1981. Drying of lumber in superheated steam above atmospheric pressure, American Institute of Chemical Engineers Symposium Series 207 Vol. 77.
16. 山林廳, 1983. 山林廳告示 第8號 : 製材規格, 木材保存 1(3):19-39.
17. Simpson, W.T. 1975. Effect of steaming on the drying rate of several species of wood, Wood Sci. 7(3). 247-255.
18. Simpson, W.T. 1976. Effect of presteaming on moisture gradient of northern red oak during drying, Wood Sci. 8(4): 272-276.
19. _____. 1976. Steaming northern red oak to reduce kiln drying time, For. Prod. J. 26(10): 35-36.
20. _____. 1980. Accelerating the kiln-drying of oak, USDA. Agr. Service For. Prod. Lab. Res. Pap. EPL378.
21. Thompson, W.S. 1969. Effect of steaming and kiln drying on the properties of southern pine poles: Part I. Mechanical properties, For. Prod. J. 19(1): 21-28.
22. _____. 1969. Effect of steaming and kiln drying on the properties of southern pine poles: Part II. Chemical properties, For. Prod. J. 19(2): 37-43.
23. Weik, B.R., E.M. Wengert, James Schroeder, and Robert Brisbin. 1984. Practical drying techniques for yellow-poplar S-D-R flitches, For. Prod. J. 34(7): 39-44.