

## 수입 솔로몬産 未利用 樹種의 人工乾燥스케줄 開發<sup>1)</sup>

鄭 希 錫 · 沈 載 鉉

### Development of Kiln Drying Schedule of Lesser-Known Species Imported from Solomon

Hee-Suk Jung,<sup>2)</sup> Jae Hyeon Sim

#### SUMMARY

A study was conducted to determine the physical properties related to drying characteristics, the seasonal air drying curves and the kiln drying schedule for taun lumber imported and utilized. This kiln drying schedule was found by oven drying and developed by pilot testing of green lumber and partially air dried lumber. The results of this study were as follows:

1. Average green specific gravity and standard deviation of heartwood lumber were  $0.60 \pm 0.03$  and those of sapwood lumber were  $0.64 \pm 0.02$ .
2. Radial shrinkage from green to air dry and from green to oven dry were 3.05 percent and 5.96 percent respectively, and tangential shrinkage from green to air dry and to oven dry were 5.49 percent and 8.74 percent respectively.
3. Drying time for 25mm thick green lumber (50 percent moisture content) air dried to 30 percent moisture content were 14 days in springtime, 6 days in summertime, and 12 days in autumn, whereas for 50mm thick lumber in 36 days in springtime, 18 days in summertime, 38 days in autumn.
4. Kiln drying schedules developed by oven drying were T8-B3 for 25mm thick lumber and T5-B2 for 50mm thick lumber.
5. Kiln drying curves of green 25mm and 50mm thick lumber were similar to those of partially air dried lumber from the level of 30 percent average moisture content. Green 25mm thick lumber (55.7 percent moisture content) was dried to 9.3 percent moisture content in 101.5 hours and green 50mm thick lumber (65.6 percent moisture content) was dried to 11.5 percent moisture content in 526 hours.
6. End checking for green 25mm thick lumber occurred in 49.6 percent moisture content and reached maximum amount in 27.6 percent moisture content and closed in 15.8 percent moisture content.
7. End checking for green 50mm thick lumber and partially air dried lumber developed and reached maximum amount earlier than for 25mm thick lumber.
8. Final moisture content of surface layer for 50mm thick lumber was one half of that of core, and moisture content equalized in the lumber after nine days of room conditioning.
9. Casehardening for 50mm thick lumber was slight and was conditioned after nine days of room storage.
10. Drying defects, such as end checking and surface checking, were not observed and the quality of dry lumber was first.

1) 1986年 1月 31日 接受 Received Jan. 31, 1986.

本 研究는 韓國科學財團 研究費 支援에 의해 遂行되었음.

2) 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 170, Korea.

## 緒 論

木材資源의 빈곤(국내재 자급율 14%)으로 인하여 동남아 및 북미 등지에서 다량의 외재를 도입 사용하여 왔으나 동남아 木材 수출국의 임산자원의 감소와 아울러 임산자원 보호정책 강화로 원목 수입이 크게 제약 받고 있는 바 그 동안 정부와 유관기업체는 목재수입의 다변화를 시도하여 왔으며 솔로몬 군도 및 파푸아 뉴기니아 處女林의 개발에 따라 저렴한 未利用 수종도 섞여서 다량 도입되고 있다. 未利用 수종의 製材品이 가구공장에서 가공 이용되고 있으나 아직도 그 수종의 材質이나 가공특성이 제대로 밝혀져 있지 않아 가공중에 손실이 많고 또한 제작된 목가구와 시공된 창문틀 등 木製品의 품질이 저하되고 있다.

이와 같은 문제점을 해결하는 가장 중요한 방법은 새로 개발 도입되는 未利用 수종의 기초 재질과 아울러 가공적 성질중에서도 乾燥速度와 여러 종류의 乾燥缺陷의 발생인원과 발생시기 등 乾燥特性을 파악하여 적절히 乾燥하는 것이 선결과제로 믿어진다.

그 동안 개발 도입되는 未利用 수종중에서도 林木蓄積量이 많고 저렴한 가격으로 계속 도입될 수 있는 타운(taun)材를 대상으로 하여 목재 두께별로 急速乾燥를 실시하여 발생하는 乾燥缺陷의 정도를 조사하여 간이 乾燥스케줄을 추정하고 아울러 乾燥特性和 관련되는 木材比重과 收縮率을 조사하였고 간이 乾燥스케줄을 人工乾燥室에서 검증실험을 거쳐 乾燥스케줄의 적정여부를 검토하였다.

## 研究史

Kobayashi 등(1966)<sup>6)</sup>, Terazawa 등(1968)<sup>12)</sup> Yamai 등(1969)<sup>15)</sup>은 캄보디아, 필리핀 및 말레이시아 產 未利用 수종의 재질에 관한 기초자료를 조사 보고하는 등 임산자원 부족국은 임산자원의 도입 및 가공이용에 관한 연구를 실시하고 있는 바 Tsutsumoto 등(1972)<sup>13)</sup>은 뉴기니아와 솔로몬產 17수종의 기초재질과 가공특성을 조사 보고하였고, Eddowes(1977)<sup>1)</sup>는 파푸아 뉴기니아 產 木材의 기초재질과 가공특성을 조사 보고하였다.

조 등(1976, 1977)<sup>2,3)</sup>은 未利用 남양재의 재질에 관한 시험에서 인도네시아 產 크루잉(kruing)

외 4수종의 기초재질과 펄프 제조특성을 보고하였고, 강 등(1982, 1983)<sup>4,5)</sup>은 未利用 남양재의 용도개발 시험에서 인도네시아 產 칼리만탄 지역의 未利用 수종 Amberi 외 4수종의 적정용도에 관하여 보고하였다.

李 등(1984)<sup>7)</sup>은 파푸아 뉴기니아 產 未利用 블랙빈(black bean) 외 4수종의 재질특성 및 이용적성에 관하여 보고하였으며, 李 등(1985)<sup>8)</sup>은 인도네시아 이리안자야 產 未利用 비누앙(binuang) 외 4수종의 재질특성 및 이용적성에 대하여 보고하였다.

天然乾燥와 人工乾燥의 병용에 관한 연구에서 Wengert(1974)<sup>14)</sup>는 天然乾燥와 熱氣乾燥의 병용의 경우 예비천연건조에 의한 함수율 1% 감소당 에너지 절약은 보드피트(board feet)당 50~85 Btu 임을 보고하였으며, McMillen(1978)<sup>9)</sup>은 천연건조재용 目標含水率は 20% 또는 그 이하이나 熱氣乾燥의 예비천연건조의 경우는 平均含水率이 25% 수준이 경제적으로 유리함을 보고하였다.

Smith 등(1981)<sup>11)</sup>은 레드우드(redwood) 럼버의 初期含水率別로 最終含水率 30%와 19%까지 도달되는 乾燥日數를 보고하였고, Oliveira 등(1982)<sup>10)</sup>은 활엽수 수종 특히 참나무와 같은 건조곤란 수종은 熱氣乾燥에 앞서 含水率 25% 수준까지 예비천연건조의 중요성을 강조하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 材料

#### 1.1 供試板材

供試原木에서 두께 25 mm와 50 mm, 너비 10 cm로 製材하여 天然乾燥와 乾燥스케줄 추정용 急速乾燥 및 人工乾燥用 供試板材로 사용하였으며 供試板材의 길이는 急速乾燥用 試驗片 20 cm, 天然乾燥用 試驗片 90 cm, 人工乾燥用 試驗片 60 cm이다.

#### 1.2 天然乾燥場

天然乾燥場은 서늘대 농대 구내에 기초높이 45 cm로 하고 플라스틱 지붕을 설치한 옥외 천연건조장을 만들어 사용하였다.

#### 1.3 人工乾燥室

熱氣乾燥에 사용된 인공건조실은 풍속 3 m/sec. 乾球溫度와 濕球溫度의 정밀도  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 인

内部送風機型 소형 건조실(길이 70 cm×너비120 cm×높이 50 cm)을 사용하였다.

#### 1.4 供試棧木

棧木의 두께는 1.5 cm이고 너비는 2 cm인 것을 天然乾燥 및 人工乾燥에 사용하였다.

#### 1.5 其他器機

1.5.1 直示마이크로미터: 收縮率 시험편의 길이 측정 정밀도 0.002 mm인 직시마이크로미터를 사용하였다.

1.5.2 乾燥器: 生材比重, 收縮率 및 함수율 측정용 시험편은 온도 103 ± 2 C로 조정되는 건조기를 사용하였다.

1.5.3 直示天秤: 生材比重, 收縮率 및 함수율 시험편의 무게 측정은 정밀도 0.01 g인 직시천칭을 사용하였고, 天然乾燥 및 人工乾燥 시험용 판재의 무게 측정은 한 눈금이 2 g인 천칭을 사용하였다.

## 2. 方 法

### 2.1 物理的 性質

2.1.1 生材比重: 심재와 변재의 生材比重 시험편을 각각 20 개씩 채취하여 침적법 (immersion method)에 의해 生材容積을 측정하고 103 C를 유지하는 건조기에서 恒量에 도달시까지 乾燥하여 심재와 변재의 生材比重을 구하였다.

2.1.2 木材收縮率: 목재의 徑斷(放射) 方向과 觸斷(接線) 方向에서 길이 30 mm이고 纖維方向에서 길이 5 mm인 收縮率 시험편을 20 개 제작하여 성재상태에서 기건상태까지 정단방향과 축단방향의 氣乾收縮率을 측정하고 또한 생재상태에서 全乾狀態까지의 정단방향과 축단방향의 全收縮率을 측정하였다.

### 2.2 天然乾燥試驗

2.2.1 供試板材의 棧積: 공시판재의 棧積시간과 기간은 봄철(3.4 ~ 6.24), 여름철(6.3 ~ 9.16) 그리고 가을철(9.2 ~ 12.2)로 구분하여 棧積하였으며 材間간격은 20 mm로 복스적(box pile)하였다.

2.2.2 板材의 乾燥中 含水率: 乾燥前 공시판재의 양단에서 길이 25 mm인 初期含水率 시험편을 채취하여 全乾法으로 함수율을 구하고 天然乾燥中 함수율을 추정하였다. 또한 乾燥終了時에 각 공시판재의 중앙부에서 最終含水率 시험편을 채취하여 全

乾法에 의해 함수율을 구하여 공시판재의 全乾무게를 계산한 후 乾燥中含水率은 건조중 일주일 간격으로 측정된 판재무게에서 계산하였다.

### 2.3 乾燥스케줄 추정시험

2.3.1 공시편의 性狀과 初期含水率: 두께 25 mm와 50 mm인 생재상태의 벌결판재를 사용하였고 初期含水率은 공시편 양끝에서 길이 25 mm인 함수율 시험편을 채취하여 全乾法으로 구하였다.

2.3.2 急速乾燥: 온도 100 C를 유지하는 건조기에서 含水率 1% 정도까지 乾燥하면서 다음 사항을 조사하였다.

2.3.2.1 初期割裂: 乾燥時間 1~3 시간 사이에 횡단면과 재면의 最大初期割裂을 측정하고 初期割裂 크기의 단계를 구분하였다.

2.3.2.2 斷面變形과 内部割裂: 含水率 1% 도달시에 공시편의 중앙을 거단하여 단면변형과 내부갈림을 측정하고 이들 크기의 단계를 구분하였다.

2.3.2.3 乾燥스케줄 추정: 初期割裂, 斷面變形 및 内部割裂의 단계를 근거로 하여 乾燥初期의 乾球溫度와 乾濕球溫度差를 선정하고 미국 임산물연구소에서 개발한 乾燥스케줄을 적용하여 간이 乾燥스케줄을 추정하였다.

### 2.4 乾燥스케줄 검증시험

2.4.1 初期含水率 측정: 공시판재의 재단시 양장단면에서 길이 25 mm의 含水率 시험편을 채취하여 全乾法으로 初期含水率을 구하고 全乾무게를 계산하여 乾燥스케줄의 含水率 단계에 적용하였다.

2.4.2 乾燥曲線과 乾燥缺陷: 人工乾燥室에 공시판재를 棧積하여 일정시간 간격으로 공시판재의 함수율과 初期割裂을 측정하였다. 初期橫斷面割裂과 表面割裂은 식별 割裂이 심한 단편을 대상으로 하여 측정하였고 割裂의 단계에 따라 4 등분하였으며 割裂이 발생한 본수의 백분율을 조사하였다.

#### 2.4.2.1 橫斷面割裂 단계

- E<sub>1</sub>: 미세할렬 5개 이하 발생
- E<sub>2</sub>: 미세할렬 6~10개 발생
- E<sub>3</sub>: 미세할렬+스프리트 발생
- E<sub>4</sub>: 대할+스프리트

#### 2.4.2.2 表面割裂 단계

- S<sub>1</sub>: 표면할렬 2개 이하 발생
- S<sub>2</sub>: 표면할렬 3~4개 발생
- S<sub>3</sub>: 표면할렬 5~10개 발생

S<sub>4</sub> : 표면할렬 11개 이상 발생

2.4.3 含水率分布와 表面硬化率: 두께 50mm 공시판재의 含水率이 10% 정도에 도달하였을 때와 乾燥終了 9일간 積材후에 판재의 중앙에서 含水率分布 시험편과 應力試驗片을 채취하여 含水率과 表面硬化率을 각각 측정하였다.

2.4.4 乾燥스케줄 결정: 추정 乾燥스케줄을 적용하여 乾燥한 공시판재의 무결점 재면이 90% 이상일 때 적정 乾燥스케줄로 판정하였다.

목재의 初期含水率부터 最終含水率까지 천연건조시의 乾燥曲線은 그림 1~3의 내용과 같다.

### 結果 및 考察

#### 1. 物理的 性質

##### 1.1 生材比重

타운 심재의 平均生材比重과 표준편차는 0.60 ± 0.03 이고 변재의 平均生材比重과 표준편차는 0.64 ± 0.02 로서 변재의 比重이 심재의 것보다 더 컸다.

본 연구의 生材比重은 Eddowes(1977)가 보고한 타운의 기본밀도 (basic density) 560 kg/m<sup>3</sup>와 580 kg/m<sup>3</sup>보다 컸다.

##### 1.2 收縮率

타운의 徑斷方向과 觸斷方向의 氣乾收縮率과 全收縮率의 平均値와 표준편차는 표 1과 같으며 徑斷方向과 觸斷方向 全收縮率은 각각 5.96%와 8.74%로서 Eddowes가 보고한 徑斷方向 收縮率 1.7%와 觸斷方向 收縮率 3.4%보다 훨씬 컸었다.

티알 비 (T/R ratio)는 일반적으로 2.0이나 타운材의 氣乾收縮率의 경우 1.8이고 全收縮率의 경우 1.5로서 비교적 작은 편에 속하였다.

#### 2. 天然乾燥

봄철, 여름철 및 가을철에 두께 25mm와 50mm

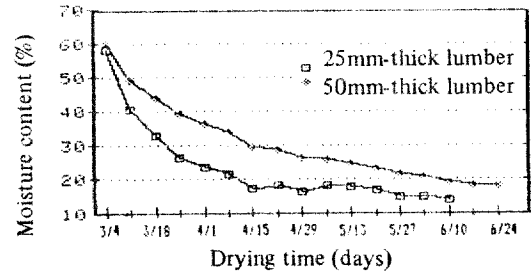


Fig. 1. Air drying curve in spring.

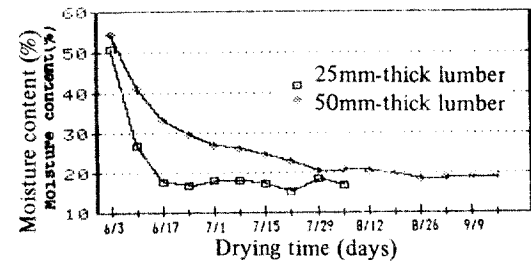


Fig. 2. Air drying curve in summer.

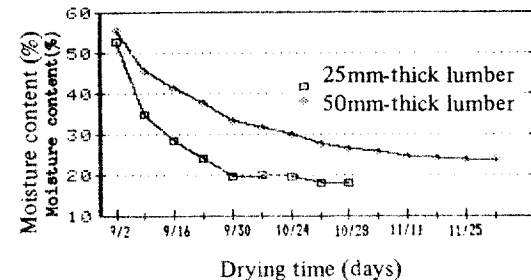


Fig. 3. Air drying curve in autumn.

봄철 天然乾燥에서 두께 25mm 木材의 경우 初期含水率 58.2%부터 最終含水率 13.8%까지 乾燥時間은 98일 소요되었고 含水率 50%에서 30%까지 乾燥時間은 14일, 含水率 20%까지 乾燥時間

Table 1. Radial and tangential shrinkage

Shrinkage from green to air dry				Shrinkage from green to oven dry			
Radial		Tangential		Radial		Tangential	
Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.
3.05	0.43	5.49	0.58	5.96	0.49	8.74	0.78

은 35일이 각각 소요되었다. 또한 두께 50 mm 木材의 경우 初期含水率 60.2%부터 乾燥期間中 最低含水率 17.8%까지 천연건조시간은 105일 소요되었고 含水率 50%에서 30%까지 乾燥時間은 36일, 含水率 20%까지 乾燥時間은 88일이 각각 소요되었다.

여름철 天然乾燥에서 두께 25 mm 목재의 경우 初期含水率 50.8%에서 乾燥期間中 最低含水率 15%까지 천연건조 시간은 56일 소요되었고 含水率 50%에서 30%까지 乾燥時間은 6일, 含水率 20%까지 乾燥時間은 11일이 각각 소요되었다. 또한 두께 50 mm 木材의 경우 初期含水率 54.3%에서 乾燥期間中 最低含水率 18.2%까지 천연건조 시간은 84일이 소요되었고 含水率 50%에서 30%까지 乾燥時間은 18일, 含水率 20%까지 乾燥時間은 60일이 각각 소요되었다.

가을철 天然乾燥에서 두께 25 mm 木材의 경우 初期含水率 52.6%로부터 最終含水率 17.7%까지 乾燥時間은 49일 소요되었고 含水率 50%에서 30%까지 乾燥時間은 12일, 含水率 20%까지 乾燥時間은 26일이 소요되었다. 또한 두께 50 mm 木材의 경우 初期含水率 55.4%에서 乾燥期間中 最低含水率 23.5%까지 乾燥時間은 77일이 소요되었고 含水率 50%에서 30%까지 乾燥時間은 38일 소요되었다.

여름철의 乾燥速度는 봄철과 가을철의 乾燥速度에

비해 매우 컸었고 봄철과 가을철의 乾燥速度는 유사하였다. 乾燥初期의 乾燥速度는 매우 컸었으나 低含水率로 乾燥될수록 乾燥速度는 느려졌고 含水率 20% 이하에서는 기상조건 특히 강우의 간접적 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있었다.

### 3. 乾燥스케줄 추정

두께 25 mm와 50 mm 木材의 急速乾燥 실험에 의한 初期含水率과 乾燥損傷의 단계는 표 2와 같고 추정 乾燥스케줄의 코드번호는 25 mm 木材의 경우 T<sub>5</sub>-B<sub>3</sub> 이고 50 mm 木材의 경우 T<sub>5</sub>-B<sub>2</sub> 이다. 그리고 最終含水率 10%까지 추정 乾燥日數는 25 mm 木材의 경우 10.5일이고 50 mm 木材의 경우 21.5일이다.

추정 乾燥스케줄의 含水率 단계별 乾球溫度와 乾濕球溫度差는 표 3의 내용과 같다.

Table 2. Stage of drying degrade

Kind	Lumber thickness	
	25mm	50mm
Initial check	moderately severe	severe
Collapse	medium	moderately severe
Honeycomb	slight	severe

Table 3. Dry bulb temperature and wet bulb depression of kiln-drying schedule

Moisture content (%)	25mm-thick lumber			50mm-thick lumber		
	Dry bulb temperature (°C)	Wet bulb depression (°C)	EMC	Dry bulb temperature (°C)	Wet bulb depression (°C)	EMC
Green-35	55	3	15.6	50	2	18.1
35-30	55	4	14.0	50	3.3	15.9
30-25	60	6	11.4	55	4.5	13.3
25-20	65	11	8.5	60	8	9.8
20-15	70	20	4.9	65	17	5.7
15-End	80	28	3.3	75	28	3.2

Eddowes 가 제시한 두께 25 mm 타운 (학명 *Pometia pinnata f. glabra*) 의 임시 乾燥스케줄과 비교해 보면 본 연구의 乾燥스케줄의 初期乾燥溫度와 最終乾燥溫度는 약간 높았으나 乾燥初期와 中期의 平衡含水率은 거의 비슷하였으며 건조후기의 平衡含水율은 약간 낮은 결과를 나타내었다.

4. 乾燥스케줄 검정

4.1 人工乾燥曲線

4.1.1 두께 25 mm 木材

初期含水率 55.7 %인 木材의 最終含水率 9.3 %까지 人工乾燥曲線은 그림 4 와 같고 乾燥時間은 101.5 시간 소요되었다. 初期含水率 30.9 %인 부분 天然乾燥材의 最終含水率 10.3 %까지 人工乾燥曲線은 그림 5 와 같으며 乾燥時間은 64 시간 소요되었다. 平均含水率 30 % 수준에서 生材와 부분 天然乾燥材의 人工乾燥間에 含水率 변화 곡선은 비슷하였다.

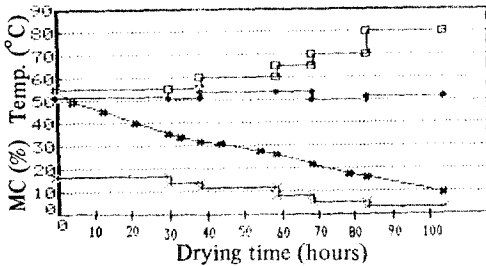


Fig. 4. Kiln drying curve for green 25mm-thick lumber.

□ : D.B.T.      # : MC  
 • : W.B.T.     × : EMC

4.1.2 두께 50 mm 木材

初期含水率 65.6 %인 生材의 最終含水率 11.5 %까지 人工乾燥曲線은 그림 6 과 같고 乾燥時間은 526 시간 소요되었다. 初期含水率 34.7 %

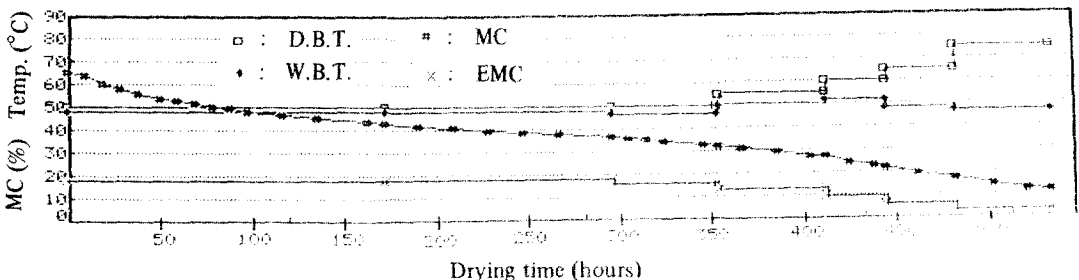


Fig. 6. Kiln drying curve for green 50mm-thick lumber.

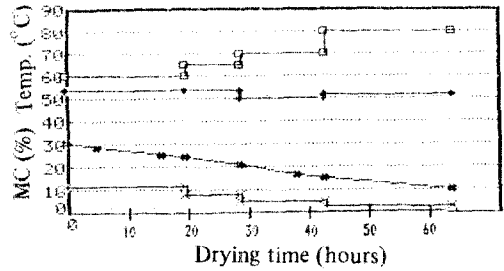


Fig. 5. Kiln drying curve for partially air dried 25mm-thick lumber.

□ : D.B.T.      # : MC  
 • : W.B.T.     × : EMC

인 부분 天然乾燥材의 最終含水率 11.3 %까지 人工乾燥曲線은 그림 7 과 같으며 乾燥時間은 277 시간 소요되었다. 含水率 30 % 수준에서 生材와 부분 天然乾燥材의 人工乾燥間에 含水率 변화 곡선은 비슷하였다.

두께 25 mm 木材의 乾燥速度는 50 mm 木材의 乾燥速度보다 4 배 정도 더 컸었으며 두께 25 mm 木材의 乾燥 소요시간은 50 mm 木材의 1/4 정도에 불과하였다.

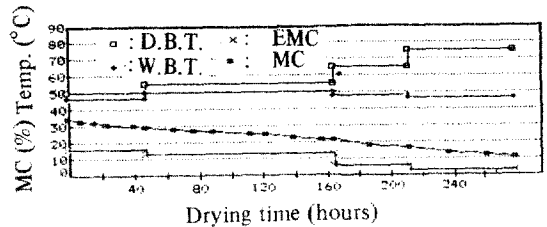


Fig. 7. Kiln drying curve for partially air dried 50mm-thick lumber.

4.2 乾燥缺陷

4.2.1 横斷面割裂과 表面割裂

4.2.1.1 두께 25 mm 木材

두께 25 mm 木材의 含水率 변화별

橫斷面割裂과 表面割裂의 발생 상황은 표 4~5와 같으며 生材의 人工乾燥의 경우 含水率 49.6% 수준에서 일부 木材의 橫斷面割裂이 나타나기 시작하여 含水率 27.6%에서 최대에 도달하였으나 그 이후 차츰 감소하여 含水率 15.8% 수준 이후부터 폐쇄되기 시작하여 乾燥終期에는 육안으로 관찰할 수 없었고 表面割裂은 含水率 27.6%에서 나타났고 그 이후 폐쇄되었으며 모든 木材는 1등급에 속하였다.

또한 부분 天然乾燥材의 人工乾燥의 경우 含水率 29.2% 수준에서 일부 木材의 횡단면할렬이 나타났고 含水率 25.5% 수준에서 최대에 도달하였으나 그 이후 차츰 감소하여 含水率 15.6% 수준 이후부터 폐쇄되기 시작하여 乾燥終期에는 육안으로 割裂을 관찰할 수 없었다. 그리고 表面割裂은 含水率 25.5% 수준에서 발생하였고 그 이후는 폐쇄되기 시작하였으며 모든 木材는 1등급에 속하였다. 그러나 初期割裂을 막는 데는 乾燥初期에 보다 약간의 高濕條件을 적용할 필요가 있었다.

4.2.1.2 두께 50mm 木材

두께 50mm 木材의 含水率 감소별 橫斷面割裂과 表面割裂의 발생 상황은 표 6~7과 같으며 生材의 人工乾燥의 경우 含水率 56.3% 수준에서 전 木材의 橫斷面割裂이 발생하기 시작하여 含水率 49.5%에서 최대에 도달하였으나 그 이후 차츰 감소하여 含水率 22.8%에서는 발생된 모든 橫斷面割裂이 폐쇄되었다. 그리고 전 乾燥時間을 통하여 表面割裂은 나타나지 않았으며 모든 木材는 1등급에 속하였다.

또한 부분 天然乾燥材의 人工乾燥의 경우 含水率 33.2%에서 橫斷面割裂이 최대로 발생하였으나 그 이후 차츰 감소하여 含水率 12.3%에서는 割裂이 폐쇄되었다. 그리고 表面割裂은 含水率 32.5%에서 일부 木材에서 발생하였으나 含水率 12.3%에서 모두 폐쇄되었고 모든 木材는 1등급에 속하였다. 그러나 금후 타운材의 初期割裂을 예방코저할 때에는 乾燥初期에 보다 약간의 高濕條件을 적용할 필요가 있다.

Table 4. End check and surface check by current moisture content of green 25mm-thick lumber

Type of check		Moisture content (%)									
		55.7	49.6	45.4	40.4	35.4	31.1	27.6	17.6	15.8	9.6
End check	Percentage of board checked	0	60	100	100	100	87	87	60	53	0
	Amount of check	-	E <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>1</sub> ~E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub> ~E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub> ~E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub> ~E <sub>4</sub>	E <sub>1</sub> ~E <sub>4</sub>	E <sub>1</sub> ~E <sub>3</sub>	-
Surface check	Percentage of board checked	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0
	Amount of check	-	-	-	-	-	-	S <sub>1</sub> ~S <sub>3</sub>	-	-	-

Table 5. End check and surface check by current moisture content of partially air dried 25mm-thick lumber.

Type of check		Moisture content (%)					
		30.9	29.2	25.5	17.0	15.6	10.5
End check	Percentage of board checked	0	73	93	80	33	0
	Amount of check	-	E <sub>1</sub> ~E <sub>4</sub>	E <sub>1</sub> ~E <sub>4</sub>	E <sub>1</sub> ~E <sub>3</sub>	E <sub>2</sub> ~E <sub>3</sub>	-
Surface check	Percentage of board checked	0	0	33	0	0	0
	Amount of check	-	-	S <sub>1</sub> ~S <sub>3</sub>	-	-	-

Table 6. End check and surface check by current moisture content of green 50mm-thick lumber

Type of check		Moisture content (%)							
		58.1	56.3	51.7	49.5	45.0	43.0	23.3	22.8
End check	Percentage of board checked	0	100	100	100	100	100	20	0
	Amount of check	—	E <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub> E <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	E <sub>2</sub> E <sub>3</sub> E <sub>4</sub>	E <sub>1</sub> E <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	—
Surface check	Percentage of board checked	0	0	0	0	0	0	0	0
	Amount of check	—	—	—	—	—	—	—	—

Table 7. End check and surface check by current moisture content of partially air dried 50mm-thick lumber.

Type of check		Moisture content (%)						
		34.7	33.2	32.5	31.3	23.2	13.9	12.3
End check	Percentage of board checked	0	80	80	80	80	60	0
	Amount of check	—	E <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>3</sub> E <sub>4</sub>	E <sub>2</sub> E <sub>3</sub> E <sub>4</sub>	E <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	—
Surface check	Percentage of board checked	0	0	40	40	40	40	0
	Amount of check	—	—	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	—

4.4.3 含水率分布와 乾燥應力

두께 50 mm 木材의 生材와 部分 天然乾燥材의 人工乾燥 終了시 含水率分布와 表面硬化率은 다음 표 8과 같이 生材와 部分 天然乾燥材의 人工乾燥 종료시 表층의 含水率은 内층의 含水率의 절반 정도 였으며 乾燥終了 9일후 表층은 吸濕하고 内층은 乾燥하여 含水率 차이가 감소하였으며 表층의 含水率과 중간층의 含水率은 거의 동일하였다.

乾燥終了시에 生材의 表面硬化率은 29.7% 이고, 部分 天然乾燥材의 表面硬化率은 28.9%로서 경미 하였으며 生材와 部分 天然乾燥材의 人工乾燥 종료 9일후 表面硬化率은 상당히 감소하여 無應力 상태 에 접근하였음을 알 수 있었는데 이는 일정기간 실내 저목에서도 콘디셔닝 처리 (conditioning treatment)의 효과를 얻을 수 있었다.

Table 8. Moisture distribution and casehardening of kiln dried 50mm-thick lumber

Kind of lumber		Final stage of kiln drying				After 9 days of room conditioning			
		Moisture distribution			Case-hardening	Moisture distribution			Case-hardening
		Shell	Intermediate shell	Core		Shell	Intermediate shell	Core	
Green lumber	Mean	9.2	12.2	17.4	29.7	12.7	12.5	14.3	3.3
	Std. dev.	0.7	2.1	5.4	4.0	0.5	1.4	2.4	2.4
Partially air dried lumber	Mean	8.9	12.5	17.3	28.9	12.5	12.5	14.4	3.1
	Std. dev.	0.8	1.7	3.4	1.9	0.4	1.2	1.8	1.5



## 結 論

국내 도입 이용되고 있는 타운 木材의 乾燥와 관련되는 物理的 性質을 조사하고 계절별 天然乾燥曲線과 急速乾燥法에 의해 人工乾燥스케줄을 추정하고 이 乾燥스케줄을 生材와 부분 天然乾燥材로 검증시 험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 심재의 平均生材比重과 표준편차는  $0.60 \pm 0.03$  이고 변재의 平均生材比重과 표준편차는  $0.64 \pm 0.02$  이었다.

2. 徑斷方向 氣乾收縮率과 全收縮率은 3.05%와 5.96%이고 觸斷方向 氣乾收縮率과 全收縮率은 5.49%와 8.74% 이었다.

3. 두께 25 mm 木材의 含水率 50%에서 30%까지 계절별 天然乾燥日數는 봄철에 14일, 여름철에 6일, 가을철에 12일이 소요되었고 두께 50 mm 木材의 含水率 50%에서 30%까지 天然乾燥日數는 봄철에 36일, 여름철에 18일, 가을철에 38일이 소요되었다.

4. 急速乾燥에 의한 乾燥스케줄은 25 mm 木材는  $T_8 - B_3$  이고 50 mm 木材는  $T_5 - B_2$  였다.

5. 平均含水率 30% 수준에서 두께 25 mm와 50 mm의 生材와 부분 天然乾燥材의 人工乾燥曲線은 비슷하였다. 두께 25 mm 生材 (含水율 55.7%)의 최종含水율 9.3%까지 乾燥時間은 101.5시간이고 두께 50 mm 生材 (含水율 65.6%)의 含水율 11.5%까지 건조시간은 526시간 소요되었다.

6. 두께 25 mm 生材의 橫斷面割裂은 含水率 49.6%에서 발생하기 시작하여 27.6%에서 최대에 도달하였고 15.8% 수준에서 폐쇄되었다. 部分 天然乾燥材의 橫斷面割裂은 含水率 25.5%에서 최대에 도달하였다.

7. 두께 50 mm 生材와 部分 天然乾燥材의 橫斷面割裂 발생시기와 최대치에 도달시키는 두께 25 mm 木材의 경우보다 더 빨랐다.

8. 두께 50 mm 木材의 乾燥終了시의 표층의 含水率은 내층의 含水率의 절반이었으나 9일간 실내저 목에 의해 균일화 되었다.

9. 두께 50 mm 木材의 表面硬化는 경미하였으나 9일간 실내저목으로 콘디손닝의 효과를 얻었다.

10. 乾燥終了시 橫斷面割裂과 表面割裂 등 乾燥缺陷을 관찰할 수 없었고 乾燥木材는 1등급에 속하였다.

## LITERATURE CITED

1. Eddowes, P.P., 1977. Commercial timbers of Papua New Guinea their properties and uses. Forest Products Research Center Office of Forestry, Papua New Guinea.

2. 趙在明, 李鎔大, 李瓚鎬, 玄正仁, 蘇元澤, 1976. 未利用 남양재의 재질에 관한 시험 (I): Ke-ruing Sinampar 의 재질. 임시연보 No. 23 : 57-74.

3. 趙在明, 안정모, 林奇杓, 孔泳土, 鄭相基, 1977. 未利用 남양재의 재질에 관한 시험 (II): Mangrove, Mahang, Jabon 의 재질. 임시연보 No. 24 : 41-50.

4. 姜善求 外 13인, 1982. 未利用 남양재의 용도 개발 시험 (I): 인도네시아產 未利用 수종의 용도 개발. 임시연보 No. 29 : 193-211.

5. 姜善求 外 13인, 1983. 未利用 남양재의 용도 개발 시험 (II): 파푸아 뉴기니아產 未利用 수종의 용도 개발. 임시연보 No. 30 : 191-212.

6. Kobayashi, Y. et. al., 1966. The properties of tropical woods I: Studies on the utilization of the Cambodian woods. Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 190:13-30.

7. 李鎔大 外 14인, 1984. 未利用 남양재의 용도 개발 시험 (III): 파푸아 뉴기니아產 未利用 5수종의 재질특성 및 이용적성. 임시연보 No. 31:86-105.

8. 李鎔大 外 14인, 1985. 未利用 남양재의 용도 개발 시험 (IV): 인도네시아 이리안자야產 未利用 5수종의 재질특성 및 이용적성. 임시연보 No. 31 : 111-134.

9. McMillen, J.M., 1978. Drying eastern hardwood lumber. USDA Agri. Handbook No. 528.
10. Oliveira, L.C. de S., C. Skaar and E.M. Wengert, 1982. Solar and air lumber drying during winter in virginia. Forest Prod. J. 32 (1):37-44.
11. Smith, W.R. and D.G. Arganbright, 1981. General drying characteristics of young-growth redwood dimension lumber. Forest Prod. J. 31(4):44-49.
12. Terazawa, S. et. al., 1968. The properties of tropical woods 10: Studies of the utilization of the apitong wood grown on the Philippines. Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 208:87-206.
13. Tsutsumoto, T. ed. al., 1972. The properties of tropical woods 17: Studies on the utilization of seven species from New Guinea and Solomon Islands. Bull. Gov. Exp. Sta. No. 224: 115-208.
14. Wengert, E.M., 1974. How to reduce energy consumption in kiln drying. USDA For. Serv. Res. Note FPL-0228.
15. Yamai, R. et. al., 1969. The properties of tropical woods 13: Studies on the utilization the keruing woods grown in Malay. Bull. For. Exp. Sta. No. 221.