

# 국산 유용 수종재의 인공건조 특성에 관한 연구\*

정 병 재\*\*

## Studies on the Kiln Drying Characteristics of Several Commercial Woods of Korea\*

Byung Jae Chung\*\*

### SUMMARY

1. If one unity is given to the prongs whose ends touch each other for estimating the internal stresses occurring in it, the internal stresses which are developed in the open prongs can be evaluated by the ratio to the unity. In accordance with the above statement, an equation was derived as follows. For employing this equation, the prongs should be made as shown in Fig. 1, and be measured  $A$  and  $B'$  as indicated in Fig. 1.

A more precise value will result as the angle  $\theta$  becomes smaller.

$$CH = \frac{(A-B')(4W+A)(4W-A)}{2A[(2W+(A-B'))][2W-(A-B')]} \times 100\%$$

where  $A$  is thickness of the prong,  $B'$  is the distance between the two prongs shown in Fig. 1 and  $CH$  is the value of internal stress expressed by percentage.

It precision is not required, the equation can be simplified as follows.

$$CH = \frac{A-B'}{A} \times 200\%$$

2. Under scheduled drying condition in the kiln, when the weight of a sample board is constant, the moisture content of the shell of a sample board in the case of a normal casehardening is lower than that of the equilibrium moisture content which is indicated by the Forest Products Laboratory, U. S. Department of Agriculture.

This result is usually true, especially in a thin sample board.

A thick unseasoned or reverse casehardened sample does not follow in the above statement.

3. The results in the comparison of drying rate with five different kinds of wood given in Table 1 show that the these drying rates, i.e., the quantity of water evaporated from the surface area of 1 centimeter square per hour, are graded by the order of their magnitude as follows.

- (1) *Ginkgo biloba* Linne
- (2) *Diospyros Kaki* Thumberg.
- (3) *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.
- (4) *Larix kaempheri* Sargent
- (5) *Castanea crenata* Sieb. et Zucc.

It is shown, for example, that at the moisture content of 20 percent the highest value revealed by the *Ginkgo biloba* is in the order of 3.8 times as great as that for *Castanea crenata* Sieb. & Zucc. which has the lowest value. Especially below the moisture content of 26 percent, the drying rate, i.e., the function of moisture content in percentage, is represented by the linear equation.

\* 전남대학교 논문집 제8집 Theses of Chonnam University, Vol. 8, 1963

\*\* 전남대학교 농과대학, 전남·광주 Jeonnam University, Kwangju

All of these linear equations are highly significant in testing the coefficient of  $X$  i.e., moisture content in percentage.

In the Table 2, the symbols are expressed as follows;  $Y$  is the quantity of water evaporated from the surface area of 1 centimeter square per hour, and  $X$  is the moisture content of the percentage.

The drying rate is plotted against the moisture content of the percentage as in Fig. 2.

4. One hundred times the ratio(P%) of the number of samples occurring in the  $CH$  4 class (from 76 to 100% of  $CH$  ratio) within the total number of samples tested to those of the total which underlie the given  $SR$  ratio is measured in Table 3.

(The 9% indicated above is assumed as the danger probability in percentage).

In summarizing above results, the conclusion is in Table 4.

NOTE: In Table 4, the column numbers such as 1, 2 and 3 imply as follows, respectively.

- 1) The minimum  $SR$  ratio which does not reveal the  $CH$  4 class is indicated as in the column 1.
- 2) The extent of  $SR$  ratio which is confined in the safety allowance of 30 percent is shown in the column 2.
- 3) The lowest limitation of  $SR$  ratio which gives the most danger probability of 100 percent is shown in column 3.

In analyzing above results, it is clear that chestnut and larch easily form internal stress in comparison with persimmon and pine. However, in considering the fact that the reverse, casehardening occurred in fir and *ginkgo*, under the same drying condition with the others, it is deduced that fir and *ginkgo* form normal casehardening with difficulty in comparison with the other species tested.

5. All kinds of drying defects except casehardening are developed when the internal stresses are in excess of the ultimate strength of material in the case of long-time loading.

Under the drying condition at temperature of 170°F and the lower humidity, the drying defects are not so severe.

However, under the same conditions at 200°F, the lower humidity and not end coated, all sample boards develop severe drying defects.

Especially the chestnut was very prone to form the drying defects such as casehardening and splitting.

## 적 요

한국의 목재 인공 건조법을 개발하기 위하여 필자의 전직 대학인 전북대학교 전 김두현 총장님, 동농대전 백남혁학장 및 동농대교수 제위의 각별한 협조를 얻어 1956년 고액을 지불하고 미국 More Dry Kiln Co.에서 최신의 목재 인공 건조 장치를 도입하여 전북 농대 입학관에 설치하게 된 것이다. 그러나 이 건조 시설을 활용하는 데는 많은 지장이 있었으므로 1959년 전기 More Dry Kiln의 온, 습도 조절장치만을 이용한 소형 Dry kiln을 제작하여 본 시험을 실시한 것이다.

공시수종은 소나무, 낙엽송, 은행나무, 전나무, 밤나무 및 감나무등이며, 공시목의 크기는 길이 60cm, 넓이 10cm 및 두께 15-35mm이다.

실험한 건조 조건은 건조 온도를 일정히 (170°F)하고, 관계습도를 각종으로 변화할때 얻어지는 건조 속도를 측정하는 동시에 각 건조조건에 의하여 유발되는 건조 결함을 조사하여 공시목의 초기 함수율과 건조 최경함

수율 특히 shell의 함수율과의 비가 이들의 결합 형성 특히 표면경화(casehardening) 형성에 미치는 영향을 구명하였으며 또한 casehardening 계산식을 유도하였다.

1. 목재내부에 형성된 응력 즉 prong이 개구할 때의 응력은 prong이 서로 결합할 때의 응력을 100으로 하는 백분율에 의하여 다음 식으로 표시할 수 있다. 단, 응력 측정에 사용한 prong은 그림 1과 같이 작성하여야 한다.

$$CH = \frac{(A-B')(4W+A)(4W-A)}{2A[2W+(A-B')][2W-(A-B')]} \times 100(\%)$$

상식은 다음과 같은 간이식을 사용할 수 있다.

$$CH = \frac{A-B'}{A} \times 200(\%)$$

2. 일정한 건조 조건하에 건조하여 항중에 달하고, 또한 normal casehardening을 형성하는 경우에는, 그 sample board의 shell의 함수율은 특히 얇은 sample board에 있어서 US Dep. Agr., Forest Products

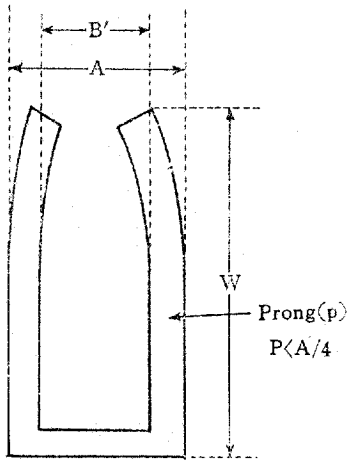


그림 1. prong의 제작 및 측정 방법

Fig. 1. Prong cutting and measuring system

Laboratory에서 발표한 EMC 보다 낮다.

3. 본 실험에서 측정된 1시간당 목재 건조 표면적 1cm<sup>2</sup> 당 증발하는 증발량 즉 건조속도를 비교 검토한 결과 다음과 같은 순위로 되었으며, 비교 검토한 5수종중 최대치를 유하는 은행나무 MC 20%에 있어서 최저치를 표시한 밤나무의 3.8배가 된다.(표 1 참조)

- (1) 은행나무
- (2) 감나무
- (3) 소나무
- (4) 낙엽송
- (5) 밤나무

특히 함수율 26% 이하에 있어서 각 함수율에 대한 증발속도치는 다음과 같은 일차식으로 표시할 수 있으며, 그 회귀계수 유의성 결정에 있어서의 T치는 다음과 같이 각각 고유의 유의성을 표시하였다.(표 2 참조)

표 1. 수종별 건조 속도 비교표(g/cm<sup>2</sup> hr.)

Table 1. Comparison of drying rate with 5 different kinds of wood

| 수 | 종 | Species                      | 함 수 율 Moisture content (%) |       |      |      |      |      |      |      |      |
|---|---|------------------------------|----------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
|   |   |                              | 26                         | 24    | 22   | 20   | 18   | 16   | 14   | 12   | 10   |
|   |   | <i>Ginkgo biloba</i> 은행나무    | —                          | —     | —    | 7.48 | 6.37 | 5.26 | 4.17 | 3.19 | 2.17 |
|   |   | <i>Diospyros Kaki</i> 감 나무   | 12.30                      | 10.45 | 8.87 | 7.15 | 5.90 | 4.66 | 3.47 | 2.40 | 1.30 |
|   |   | <i>Pinus densiflora</i> 소 나무 | 12.80                      | 10.30 | 8.30 | 6.15 | 4.90 | 3.63 | 2.55 | 1.80 | 1.00 |
|   |   | <i>Larix kaempheri</i> 낙엽송   | 7.00                       | 5.50  | 4.38 | 3.15 | 2.60 | 2.00 | 1.55 | 1.20 | 0.80 |
|   |   | <i>Castanea crenata</i> 밤 나무 | 2.70                       | 2.47  | 2.20 | 1.98 | 1.72 | 1.45 | 1.20 | 0.90 | 0.60 |

비 고 : 실측치의 10<sup>3</sup>으로 표시함.

표 2. 회귀직선의 비교

Table 2. Linear regressions in comparison

| 수 | 종 | Species                      | 회 귀 직 선<br>Linear equation | 유의검정의 t값<br>t-Value in test |
|---|---|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|   |   | <i>Ginkgo biloba</i> 은행 나무   | $Y=0.51X-2.86$             | 42.5                        |
|   |   | <i>Diospyros Kaki</i> 감 나무   | $Y=0.68X-5.96$             | 26.15                       |
|   |   | <i>Pinus densiflora</i> 소 나무 | $Y=0.72X-7.25$             | 15.59                       |
|   |   | <i>Larix kaempheri</i> 낙엽송   | $Y=0.37X-3.53$             | 11.59                       |
|   |   | <i>Castanea crenata</i> 밤 나무 | $Y=0.13X-0.65$             | ∞                           |

상기중 Y는 증발속도(g/cm<sup>2</sup>hr.), X는 함수율을 각각 표시한다. 이를 회귀직선을 도시하면 그림 2와 같다.

4. 초기함수율과 건조 최종기에 있어서의 목재의 표

층 함수율 즉 shell의 함수율과의 비(SR)가 casehardening 형성에 미치는 영향은 다음과 같다.

어떤 SR 값에 관하여 그 SR 값 이하를 유하는 층

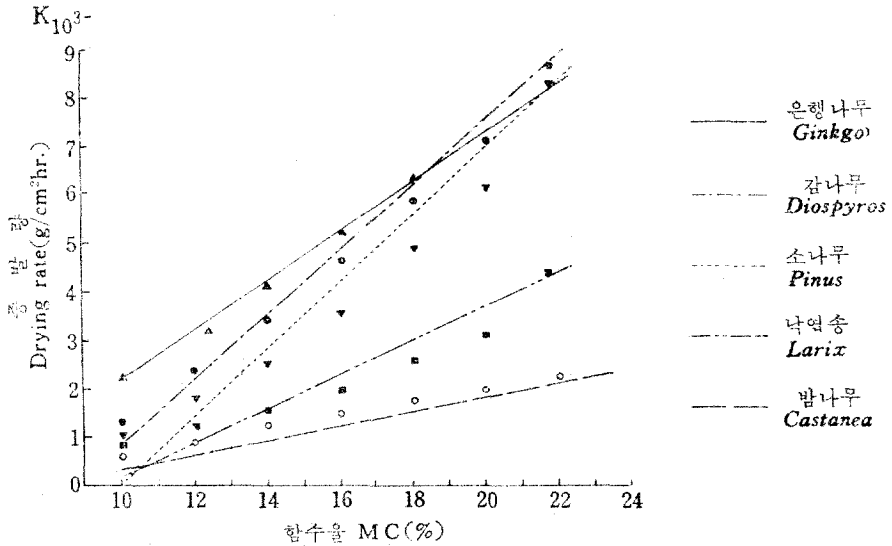


그림 2. 건조 속도 회귀직선

Fig. 2. Drying rate(g/cm<sup>2</sup> hr.) moisture content curve (drying rate linear equation) indicated by the species tested

개체수(N)중 CH 제4급이 출현하는 수(D)의 확률 즉 (D의 출현확률 P%를 위험확률이라고 가정한다.) N에 대한 D의 출현확률 P%는 표 3과 같다.

표 3. SR치와 CH 제4급과의 관계

Table 3. Relationship between SR ratio and CH 4 class

| 수 종<br>Species                   | SR 값<br>SR ratio | SR값 이하의 시편수<br>Number of samples below the SR ratio | CH 제4급의 수<br>Number of CH 4 class | 위험 확률<br>Denger pro. P% |
|----------------------------------|------------------|---|-----------------------------------|-------------------------|
| <i>Pinus densiflora</i><br>소 나 무 | below 3.0        | 6   | 0                                 | 0                       |
|                                  | " 4.0            | 13  | 3                                 | 23                      |
|                                  | " 5.0            | 24  | 9                                 | 37                      |
|                                  | " 7.0            | 30  | 9                                 | 30                      |
|                                  | " 9.2            | 36  | 11                                | 30                      |
|                                  | above 9.2        | 10  | 10                                | 100                     |
| <i>Larix kaempheri</i><br>낙엽송    | below 2.0        | 7   | 5                                 | 71                      |
|                                  | " 3.0            | 21  | 15                                | 71                      |
|                                  | " 4.0            | 29  | 20                                | 69                      |
|                                  | " 4.8            | 31  | 21                                | 67                      |
|                                  | above 4.8        | 9   | 9                                 | 100                     |
| <i>Castanea crenata</i><br>밤나무   | above 5.38       | 24  | 24                                | 100                     |
| <i>Diospyros Kaki</i><br>감나무     | below 3.60       | 5   | 0                                 | 0                       |
|                                  | " 5.31           | 10  | 3                                 | 30                      |
| <i>Ginkgo biloba</i><br>은행나무     | " 12.63          | 8   | 0                                 | 0                       |
| <i>Abies holophylla</i><br>천나무   | " 4.35           | 9   | 0                                 | 0                       |

상표에 이어서 SR 값의 한계를 표시하면 다음표 4와 같다.

표 4. SR 값의 한계표

Table 4. Classification of SR ratios

| 수 종                     | Species | 1     |       | 2     |       | 3     |       |
|-------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Pinus densiflora</i> | 소나무     | below | 3.0   | below | 9.2   | above | 9.2   |
| <i>Larix kaempferi</i>  | 낙엽송     | "     | 2.0   | "     | 2.0   | "     | 4.8   |
| <i>Castanea crenata</i> | 밤나무     | "     | 5.38  | "     | 5.38  | below | 5.38  |
| <i>Diospyros Kaki</i>   | 감나무     | "     | 3.6   | "     | 5.31  | above | 5.31  |
| <i>Ginkgo biloba</i>    | 은행나무    | above | 12.63 | above | 12.63 | "     | 12.63 |
| <i>Abies holophylla</i> | 전나무     | "     | 4.35  | "     | 4.35  | "     | 4.35  |

표 4에 있어서 종란의 1, 2, 3의 숫자는 각각 다음과 같은 사항을 표시한다.

- (1) CH 값 제4급이 출현하지 아니하는 안전한 최소 SF 값
- (2) 위험을 30%를 허용하는 경우에 있어서의 SF 값의 한계
- (3) CH 값 제4급 이하가 발생하지 아니하는 위험을 100%의 값의 범위

상기한 실측 결과에 의하여 밤나무, 낙엽송등은 내부응력 형성이 용이한데 비하여 감나무, 소나무등은 내부응력 형성이 용이하지 아니하며, 특히 전나무, 은행나무등은 타수종과 동일한 건조조건에 있어서 reverse

casehardening을 초래함에 비추워 타수종에 비하여 현저히 내부응력 특히 normal casehardening이 잘 형성되지 아니한다는 것을 알 수 있다.

5. casehardening을 제외한 각종의 drying defects는 long time loading에 있어서 그 내부응력이 ultimate stress를 초과할때 나타나는 것인데 건조조건 온도 170°F에 대하여 습도를 낮게 하여도 그렇게 심하지 아니하나, 온도 200°F의 저습에 있어서 end coating을 하지 아니하는 경우에는 용이하게 발생한다. 특히 밤나무는 실험한 타수종에 비하여 casehardening 및 활열성 defects가 강한 것을 지적할 수 있다.

(p. 34에서 계속)

×m/sec.의 함수로 하는 회귀직선식

$$GE-CV(50\%)\text{법} \dots Y=0.5X+0.84$$

5.4 CO<sub>2</sub> 축적량 Y(%)를 상면풍기이동속도 cm/sec.의 함수로 하는 회귀직선식

$$GE-CV(50\%)\text{법} \dots Y=114.53-6.42X$$

5.5 CO<sub>2</sub> 축적량 Y(%)를 배출공기량 m<sup>3</sup>/hr.의 함수로 하는 지수곡선식

$$GE-CV(50\%)\text{법} \dots Y=127.18 \times 1.0093^{-x}$$

5.6 Natural ventilation system에 있어서 양송이 생육에 적합한 환경적조건을 마련하기 위한 환기구의 단

면적은 재배사 전용적에 대하여 다음과 같은 비율로할 수 있다.

$$GE(\text{지중유입 환기구 단면적}) \dots 0.3-0.5\%$$

(요조절)

$$CV(\text{천정배출 환기구 단면적}) \dots 0.8-1.0\%$$

(요조절)

6. 본 연구에서 실험한 각종의 가열장치중 무압증기수 보이로 사용할 수 있는 온수 보이로가 농가용 양송이재배사 가열장치로서, 그 효과면에 있어서나 또는 그 가격면에 있어서 최적합하다는 것이 확인되고 있다.