

침엽수 구조용 정각재의 천연건조곡선과 함수율분포*1

정희석*2† · 이철현*2 · 강욱*2 · 엄창득*2

Air-Drying Curve and Moisture Content Distribution of Softwood Square Timber*1

Hee-Suk Jung*2 · Chul-Hyun Lee*2 · Wook Kang*2 · Chang-Deuk Eom*2

요약

이 논문은 소나무와 일본잎갈나무의 변장 14.0 cm와 16.5 cm인 큰 정각재의 천연건조과정과 함수율분포에 관한 내용으로서 건조속도는 건조개시 첫 8주 동안 비교적 컸었으나, 그 이후부터 점차 감소하였다. 생재에서 규격함수율 18% 수준까지 건조시간은 소나무 14.0 cm와 16.5 cm가 각각 26주와 32주이고, 일본잎갈나무의 경우는 각각 32주와 48주이었다. 이들 정각재의 재장방향과 두께방향의 수분경사는 비교적 완만하였다. 일본잎갈나무의 수분경사는 소나무의 것보다 컸었고, 일본잎갈나무의 변장의 크기가 수분경사에 미치는 영향은 소나무의 것보다 컸었다.

ABSTRACT

This paper presents the results of air-drying processes and moisture content (MC) distribution of red pine (*P. densiflora*) and Japanese larch (*L. leptolepis*) square timber with 14 cm and 16.5 cm of face size, respectively. The air-drying rates of square timber were comparatively high during the first 8 weeks, after that gradually decreased. The time to air dry square timber from initial MC to specified MC of 18 percent required about 26 weeks for 14.0 cm and 32 weeks for 16.5 cm square of red pine, and 32 weeks for 14.0 cm and 48 weeks for 16.5 cm square of Japanese larch. The longitudinal- and transverse MC distribution of these air-dried squares showed slight moisture gradient. The effect of face size on moisture gradient of Japanese larch square was more pronounced comparing with red pine one.

Keywords: air-drying, moisture content distribution, drying time, red pine, Japanese larch, square timber

*1 접수 2002년 3월 4일, 채택 2002년 6월 11일

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 : R01-2000-00396) 지원으로 수행되었음.

*2 서울대학교 농업생명과학대학. College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

† 주저자(corresponding author) : 정희석(e-mail: heesjung@snu.ac.kr)

1. 서 론

목재를 정식건조하지 않고 사용하면 사용 중에 건조되면서 수축하고 수축에 의한 틈새, 할렬, 틀어짐과 변색균에 의한 변색 등 건조결합이 유발된다. 목재 구조물의 경우 수명, 안전과 외관에 큰 악영향을 끼친다. 따라서 구조용재는 용도에 따라 함수율 18% 이하까지 건조하여 사용하도록 규정하고 있다. 목재는 주로 천연건조 또는 열기건조하고 있으나 침엽수 제재목의 열기건조 가능한 두께의 한도는 일반적으로 10 cm 이하이다. 두께가 증가할수록 건조결합의 발생, 건조시간과 에너지 소요량이 현저하게 증가한다. 따라서 두꺼운 제재목은 진공건조 또는 천연건조를 적용할 수 밖에 없다.

천연건조는 인공건조보다 여러 가지 장점이 있다. 즉 많은 자본과 시설이 요구되지 않고 적당한 기후와 토지공간이 있으면 건조할 수 있다. 그러나 건조속도가 매우 느리고 저함수율까지 건조할 수 없으며 건조조건을 제어할 수 없는 단점도 있다. 천연건조는 옥외용재에 적용할 수 있으며 오랫동안 사용되어 왔었다.

Page와 Rietz 등(1971)은 천연건조에서 수종, 두께, 목리패턴, 심변재 등의 목재인자, 건조장과 잔적, 기후인자가 건조속도에 미치는 영향이 크다고 보고한 바 있다. Denig와 Wengert(1982)는 레드오크와 톨립나무 제재목의 초기함수율과 상대습도 및 기온과 관련하여 함수율 감소를 예측할 수 있는 천연건조 캘린더 식을 개발하였다. Marinescu 등(1999)는 가문비나무 등 3수종의 두께 2.4~8.0 cm 범위내 7두께 제재목을 4건조시기별로 건조곡선과 건조속도를 보고하였다. 우리나라에서는 정 등(1986)이 소나무와 리기다소나무 두께 2.5 cm와 5.0 cm 제재목의 계절별 함수율 감량을 추정하였고, 정 등(1997)은 낙엽송 등 3수종의 두께 2.4 cm부터 5.7 cm 범위내 6두께 제재목의 계절별 천연건조속도를 보고한 바와 같이 두께 5인치 이하인 림버(lumber)의 천연건조에 관하여 연구가 이루어졌으며, 두께 5인치 이상인 팀버(timber)의 천연건조에 관한 보고는 전무한 실정이다. 근년에 이르러 목조주택의 건축 붐이 일어나고 전통한옥의 복원 등 큰 구조용재의 수요가 집중될 것으로 여겨진

다. 그러나 큰 구조용재의 건조과정과 천연건조일수가 얼마나 소요되는지 알 수 있는 연구자료는 없다.

따라서 본 연구에서는 국산 소나무와 일본잎갈나무의 변장 14.0 cm와 16.5 cm이고 재장 2.4 m인 큰 정각재를 대상으로 하여 천연건조기간 중 함수율 감소와 건조목재의 함수율 분포를 알고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시각재와 잔적

소나무와 일본잎갈나무 정각재의 변장은 14.0 cm와 16.5 cm이고 재장은 2.4 m이며, 정각재의 수량은 각 수종의 변장별로 각각 16분을 사용하였다. 각재의 초기함수율은 소나무 14.0 cm와 16.5 cm 정각재는 각각 44.4%와 41.8%이고, 일본잎갈나무 14.0 cm와 16.5 cm 정각재의 경우 각각 41.7%와 36.8%이다.

공시각재는 수원 서둔동 소재 건물 현관 아래 음지에서 두께 2.5 cm의 잔목을 사용하여 층적하였다. 잔적기간은 2000년 10월 13일부터 2001. 10. 19까지 53주간 잔적하였다.

2.2. 건조곡선

각 수종의 변장 크기별로 각각 4개의 시험재를 잔적에 배치하여 매2주마다 건조 중 무게를 측정하였다. 건조종료시에 정각재 재장의 1/4부위에서 함수율 시험편을 채취하여 최종함수율을 측정하여 전건무게를 구한 후 건조 중 무게로부터 건조 중 함수율을 계산하여 건조곡선을 작성하였다. 건조속도는 주당 감소된 함수율로 나타내었다.

2.3. 재장과 두께방향 함수율 분포

재장방향의 함수율 분포는 재장의 3부위 즉, 횡단면부위, 횡단면에서 60 cm 거리인 중간부위, 120 cm 거리인 중심부위에서 구하였다. 두께방향의 함수율분포는 전술한 재장의 3부위에서 두께방향으로 7등분하

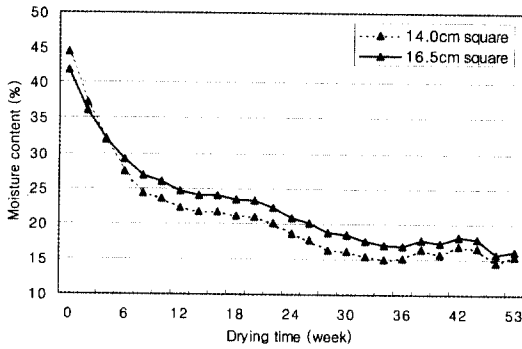


Fig. 1. Air-drying curve of red pine square timber.

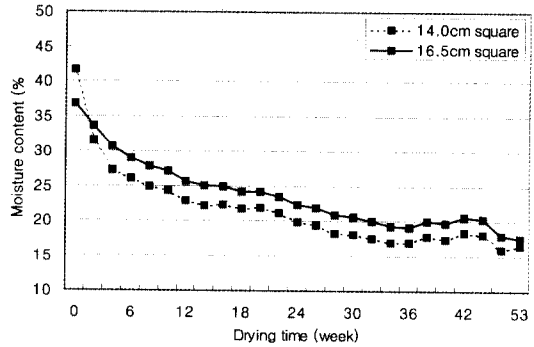


Fig. 2. Air-drying curve of Japanese larch square timber.

여 함수율 시험편을 절취하여 함수율분포를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 천연건조곡선과 건조속도

소나무와 일본잎갈나무 14.0 cm와 16.5 cm 정각재의 건조곡선은 각각 Figs. 1~2와 같다. 소나무 정각재의 경우 건조개시 후 첫 8주 동안은 급속하게 건조되었고, 14.0 cm와 16.5 cm 정각재의 함수율은 각각 24.4%와 26.8%에 도달하였으며, 주당 평균건조속도는 각각 2.50%와 1.88%로서 매우 컸었다. 건조시간 8주 이후부터 함수율 18%수준까지 주당 평균건조속도는 14.0 cm 정각재는 0.37%이고 16.5 cm 정각재는 0.38%로서 현저하게 저하되었다.

규격함수율 18% 수준까지 건조소요시간은 14.0 cm 정각재는 26주이고 이 때 함수율은 17.7%이었으며 16.5 cm 정각재의 경우는 32주이고 함수율은 17.6%이었다.

14.0 cm 정각재의 건조속도는 16.5 cm 정각재보다 첫 8주 동안은 현저하게 컸었으나 그 후부터 비슷한 건조속도를 나타내었다. 14.0 cm와 16.5 cm 정각재는 함수율 18%에 도달한 후부터 건조속도는 매우 느려졌고, 기후조건에 따라 건조와 흡습을 반복하였다. 총건조시간 53주 후의 최종함수율은 14.0 cm는 15.4%이고, 16.5 cm는 16.2%이었다.

일본잎갈나무 정각재의 경우도 첫 8주 동안은 급속

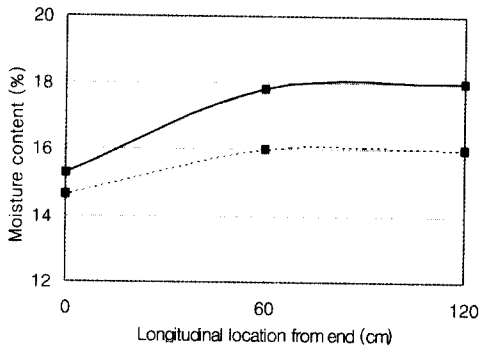
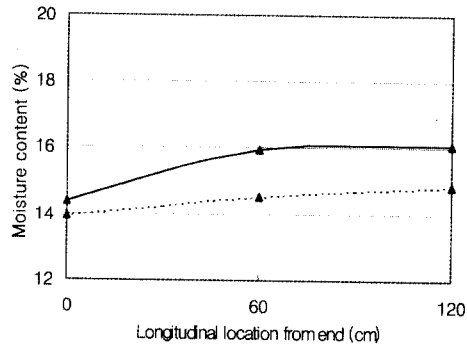
하게 건조되었고 14.0 cm와 16.5 cm 정각재 함수율은 각각 24.9%와 27.8%에 도달하였으며, 주당 평균 건조속도는 각각 2.09%와 1.13%이었다. 함수율 18% 수준까지 건조소요시간은 14.0 cm 정각재는 32주이고 이 때 함수율은 17.5%이었고, 16.5 cm 정각재의 경우는 48주이고 함수율 18.0%이었다. 함수율 18% 수준이하부터 건조속도는 매우 느려졌고 소나무의 경우와 같이 건조와 흡습을 반복하였다. 총건조시간 53주 후의 최종함수율은 14.0 cm는 16.5%이고 16.5 cm는 17.5%에 도달하였다.

본 연구결과에 의해 소나무와 일본잎갈나무 큰 정각재의 건조속도는 첫 8주 동안 비교적 컸었고, 그 이후부터는 매우 느려졌다. 함수율 18% 수준까지 천연 건조 소요시간을 알 수 있었다. 소나무의 건조속도는 일본잎갈나무보다 컸었으며, 변장이 건조속도에 미치는 영향은 일본잎갈나무가 소나무보다 훨씬 컸었다. Jung 등(1997)은 잣나무 두께 9 cm와 12 cm의 2면 제제품의 생재에서 기건함수율까지 건조소요시간은 각각 69일(약 10주)과 104일(약 15주)로 보고하였다. 이상과 같이 천연건조 소요시간은 수종간에 상이하였고, 변장의 크기가 건조소요일수 및 건조속도에 미치는 영향도 수종에 따라 상이하였다.

3.2. 함수율 분포

3.2.1. 재장방향 함수율분포

건조된 소나무와 일본잎갈나무 14.0 cm와 16.5 cm



Dotted line: 14.0 cm square, Solid line: 16.5 cm square
 Fig. 3. Longitudinal MC distribution of red pine (top) and Japanese larch (bottom).

정각재의 재장 3부위별 함수율 분포곡선은 Fig. 3과 같다. 소나무 14.0 cm 정각재의 횡단면부위, 재장의 중간과 중심부위의 함수율은 각각 13.9, 14.5 및 14.8%이었고 16.5 cm 정각재의 경우는 각각 14.4, 15.9 및 16.1%로서 매우 완만한 수분경사를 나타내고 있으나 큰 정각재의 수분경사는 작은 정각재보다 약간 컸었다.

일본잎갈나무 14.0 cm 정각재의 횡단면부위, 재장의 중간과 중심부위의 함수율은 각각 14.6, 16.0 및 16.0%이고 16.5 cm 정각재의 경우는 각각 15.3, 17.8 및 18.0%로서 수분경사는 소나무보다 더 컸었다. 그리고 일본잎갈나무의 변장 크기가 수분경사에 미치는 영향은 소나무보다 더 컸었다.

3.2.2. 두께방향 함수율분포

건조된 소나무와 일본잎갈나무 정각재의 재장 3부

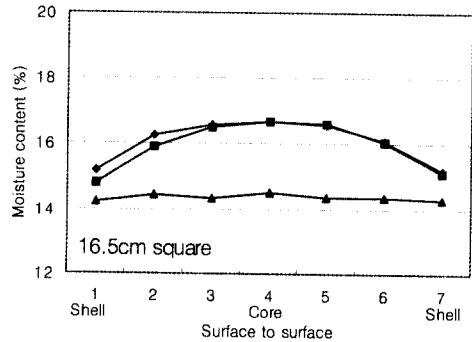
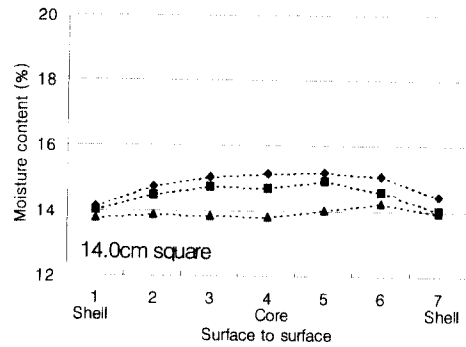


Fig. 4. MC distribution in the thickness direction at three longitudinal locations from end for red pine square. (▲ End, ■ Intermediate, ◆ Middle)

위에서 두께방향 함수율 분포는 Fig. 4~5와 같다. 소나무 14.0 cm와 16.5 cm 정각재의 횡단면 부위의 두께방향 함수율분포는 매우 균일하였다. 그러나 14.0 cm 정각재의 재장의 중간부위의 두께방향 수분경사는 횡단면부위의 것보다 컸으나 재장의 중심부위의 것보다 약간 적었다. 그러나 16.5 cm 정각재의 경우는 재장 중간부위와 중심부위의 수분경사는 서로 비슷하였고, 14.0 cm 정각재보다 컸었다.

일본잎갈나무 14.0 cm와 16.5 cm 정각재의 횡단면 부위의 수분경사는 매우 적었고, 재장의 중간과 중심 부위는 매우 컸으나 두 부위간에 큰 차이를 나타내지 않았다. 일본잎갈나무의 수분경사는 소나무 정각재의 경우보다 더 컸었다.

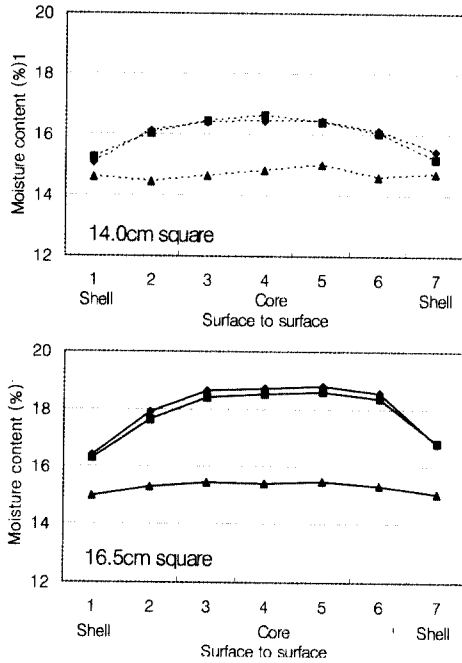


Fig. 5. MC distribution in the thickness direction at three longitudinal locations from end for Japanese larch square. (▲ End, ■ Intermediate, ◆ Middle)

4. 결 론

소나무와 일본잎갈나무의 큰 정각재의 건조속도는 건조개시 8주 동안에 비교적 컸으나 그 이후부터 점차 느려졌다. 구조재의 규격함수율 18% 수준까지 천연건조 소요시간은 소나무 14.0 cm와 16.5 cm 정각재는 각각 26주와 32주이고, 일본잎갈나무의 경우는 각각 32주와 48주가 각각 소요되었다.

이들 수종의 재장방향과 두께방향의 수분경사는 비교적 완만하였으나 일본잎갈나무의 수분경사는 소나무보다 컸었다. 또한 일본잎갈나무의 변장의 크기가 수분경사에 미치는 영향은 소나무보다 더 컸었다.

참 고 문 헌

1. Denig, J. and E.M. Wengert. 1982. Estimating air-drying moisture content losses for red oak and yellow poplar lumber. *Forest Prod. J.* 32(2): 26~31.
2. Marinescu, I, M. Campean, and N. Marinescu. 1999. Experimental study concerning air-drying of timber. Proceedings of 6th Intl. IUFRO Wood Drying Conference. Stellenbosch, South Africa: 61~70.
3. Jung, H. S., G. H. Han, and N. H. Lee. 1986. Estimating moisture content losses of air-drying related to metrological variables for Korean red pine and pitch pine. *Mokchae Kongbak* 14(6): 7~13.
4. Jung, H. S., N. H. Lee, and J. H. Park. 1997. The characteristics of vacuum drying heated by hot plates for the thinned logs and pillars of Korean pine. *Mokchae Kongbak* 25(4): 51~60.
5. Jung, H. S., N. H. Lee, J. H. Lee, and J. Y. Kwon. 1997. Comparison of air-drying process in four seasons for some softwood lumbers. *Mokchae Kongbak* 25(1): 28~36.
6. Rietz, R. C. and R. H. Page. 1971. Air-drying of lumber : A guide to industry practices. USDA Agric. Handbook No. 42: 1~110.