

## 증기 및 여러 가지 건조방법으로 처리된 잣나무 변재의 섬유방향 액체투과율 비교\*1

강 호 양\*2† · Jianxiong Lu\*3

### Comparison of Longitudinal Liquid Permeability of *Pinus koraiensis* Sapwood Treated by Steaming and Various Drying Methods\*1

Ho-Yang Kang\*2† · Jianxiong Lu\*3

#### 요 약

두께 30 mm 잣나무 판재를 증기와 4가지 건조방법으로 처리하였다. 처리된 판재의 변재에서 시편을 떼어내어 Darcy 법칙을 이용한 간단한 방법으로 섬유방향 비투과율을 비교하였다. 잣나무 변재의 섬유방향 수분이동기작을 조사하기 위해 시편을 알코올과 아세톤 추출한 후에 비투과율을 또 측정하였다. 측정된 비투과율은 측정시간에 따라 급격히 감소하는 것이 관찰되었다. 이는 Darcy 법칙에 어긋나는 것으로 음압에 의해 공기방울이 발생하여 이동통로를 막기 때문으로 설명할 수 있다. 처리방법에 따라 미추출 시편의 평균 비투과율은 다르게 나타났으며 용매추출에 의한 비투과율 변화도 처리방법에 따라 달리 나타났다. 처리방법에 따라 수지구내 잔류수지의 성질이 달라지기 때문으로 생각된다. 수지구내 잔류수지 형상을 SEM 사진으로 관찰하였다.

#### ABSTRACT

Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebet Zucc.) boards of 30 mm thickness were treated by steaming and four different drying methods. Small specimens were taken from the sapwoods of the treated boards and their longitudinal liquid permeability was measured according to Darcy's law. The specimens were

\* 1 접수 2005년 7월 21일, 채택 2005년 10월 18일

이 논문은 농림부 농림기술개발사업의 연구개발 결과임.

\* 2 충남대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

\* 3 木材工業研究所 中國林業科學研究院 Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, 100091 Beijing, P.R. China.

† 주저자(corresponding author) : 강호양(e-mail: hykang@cnu.ac.kr)

also extracted with alcohol and acetone solutions to examine the mechanism of liquid flow in wood. It was observed that specific permeability drastically decreases with measurement time, resulting in violation of Darcy's law. It may be due to that air bubbles formed under vacuum block flow paths in resin canals. The average specific permeabilities of non-extracted and extracted specimens are different from one treatment to another. It is supposed that the properties of residual resin in resin canals change depending on the conditions of treatments. Anatomical examination was conducted with a scanning electron microscope.

**Keywords:** longitudinal liquid permeability, Darcy's law, steaming treatment, air drying, conventional kiln drying, high temperature drying, microwave-vacuum drying

## 1. 서 론

목재의 투과율은 건조 속도뿐만 아니라 약제주입 속도를 결정하는 요인이다. 침엽수에서 벽공과 수지구는 수분이동의 중요한 통로이다. 건조가 진행되면 벽공 주위에 추출물이 쌓이거나 벽공구가 폐쇄되어 수분이동이 방해받는다. 수지구 내 수지가 밖으로 이동하면 통로가 열리나 반대로 수지구 내에서 경화하면 통로가 막힌다. 자연 상태 수지는 유동성 물질로 가열 조건에 따라 점성 등 물성이 변하므로 여러 가지 건조 조건에 따라 다른 투과율을 나타낼 것으로 기대할 수 있다.

사용된 수종은 다르지만 본 연구와 같은 방법으로 수행한 연구(허와 강, 1997)에서 Western hemlock 심재의 섬유방향 투과율은 최대 0.011 darcy, 최소 0.003 darcy, Douglas-fir 심재는 최대 0.128 darcy, 최소 0.010 darcy로 측정되었다. 한편 Erickson과 Crawford (1959)는 Douglas-fir와 Western hemlock 변재를 건조하였더니 투과율이 1/10 내지 3/10으로 줄었다고 보고하였다.

Booker와 Evans (1994)는 라디에타 파인(*Pinus radiata*)의 방사방향 투과율은 강한 조건에서 건조할 수록 높아졌다고 발표하고 주통로인 수지구에 있는 수지의 이동과 변형 때문으로 해석하였다. Matsumura 등(1998)은 목재에 증기전처리하면 폐쇄된 벽공이 열리거나 수지구 내 수지가 재배치되어 투과율이 개선된다고 설명하였다.

잣나무(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)는 주요 조림수종으로 해방이후 적극적으로 조림한 덕분에 최근

에 많은 용제가 생산되고 있다. 그러나 잣나무는 수지를 많이 함유하고 있어 건조 후에 약제주입이 용이하지 않다. 수지를 제거하여 투과율을 높일 수 있는 건조방법을 찾는 것이 필요하다.

잣나무 수지는 정유성분인 turpentine과 고형성분인 rosin으로 되어 있다. 전자는 윤활유, 고급도료, 향료의 재료, 약제 등, 후자는 제지 사이징제, 도료, 인쇄 잉크 등에 사용되므로 잣나무 수지의 화학적 분석에 관한 연구(강과 황, 1976; Han과 황, 1988; 송과 김, 1994)는 많으나 잣나무 수지와 수분이동의 효과에 대한 연구는 거의 없었다.

액체투과율 측정에는 Darcy의 법칙이 많이 이용된다. 이 법칙은 계산이 비교적 간단하나 목재에 적용하려면 여러 가지 제한이 따른다(Siau, 1984). Darcy 법칙을 만족하려면 유동속도는 시간에 따라 일정하고, 압력에 비례하고, 유동방향에 무관하여야 한다. 본 연구에서는 잣나무 건조목을 다루므로 대부분의 벽공은 폐쇄되거나 추출물에 의해 막혀 있을 것으로 수지구로만 수분이 이동한다고 가정하면 Darcy 법칙을 사용하여도 큰 문제가 없을 것으로 생각된다. 섬유방향 투과율을 측정하는 것이 벽공의 효과를 무시할 수 있고 수지구를 통한 수분이동효과를 극대화할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 증기처리와 4가지 건조방법을 적용한 잣나무 변재의 섬유방향 투과율을 비교하여 투과율을 높일 수 있는 적절한 처리방법을 찾고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

경기도 가평의 한 제재소에서 벌채한지 얼마 되지 않은 직경 400~450 mm의 잣나무 원목을 구입하여 수피를 제거하지 않고 두께 30 mm로 판목제재하였다. 실험장소로 운반하여 실험용 건조장치에 맞게 길이 800 mm로 절단하였다. 모든 공시판재는 수피가 붙어 있는 상태로 건조하거나 증기처리 하였으며 이후에 상온에서 2개월 이상 방치하여 평형상태에 도달하도록 하였다.

### 2.2. 처리 장치와 방법

#### 2.2.1. 증기처리(ST: Steam Treatment)

증습장치가 부착된 열처리장치에서 실시하였다. 내부 규격은 550(W)×550(H)×1,360(L) m<sup>3</sup>이며 온도는 350°C, 내부 압력은 3기압까지 올릴 수 있도록 설계되었다. 내부 압력이 설정 한도를 넘으면 자동으로 열리는 압력조절밸브가 상부에 설치되어 있다. 내부에 송풍기는 설치되지 않았다.

증기에 골고루 노출되도록 공시판재사이에 잔목을 넣고 쌓은 후 문을 닫고 내부온도를 100°C에 맞추었다. 동시에 증습장치를 열어 계속적으로 분무되도록 하였다. 압력조절밸브를 0.3기압에 맞춰 내부압력이 그 이상이 되지 않도록 하였다. 증습장치는 9시간 가동 후에는 자동으로 정지하도록 만들어져 있어 매일 9시간씩 4일간 총 36시간 증기처리하였다.

#### 2.2.2. 천연건조(AD: Air Drying)

공시판재 잔적을 쌓아 실내에서 3개월간 방치하였다.

#### 2.2.3. 관행열기건조(CD: Conventional kiln Drying)

최대온도 130°C, 최고풍속 5 m/s의 고온건조기를 사용하였다. 잔적공간은 700(W)×600(H)×800(L)

mm<sup>3</sup>이다. 두 단계 건조스케줄을 사용하였다. 건구온도 65.5°C, 습구온도 54.5°C에서 91시간 건조한 후에 습구온도는 그대로 두고 건구온도를 82.0°C로 높여 97시간 실시하였다. 건조 중 재간풍속은 4 m/s였다.

#### 2.2.4. 고온건조(HD: High temperature Drying)

관행열기건조와 같은 고온건조기를 사용하였다. 건구온도 120°C, 습구온도 70°C의 한 조건에서 60시간 실시하였다.

#### 2.2.5. 마이크로파-진공건조(MW: Microwave-vacuum drying)

실험실용 마이크로파-진공 건조기(강, 2001)를 사용하였다. 내부 규격은 580(W)×580(H)×1,360(L) mm<sup>3</sup>이며 cavity 상부에 1.5 kW, 2450 MHz 마그네트론 3개가 설치되어 있다. 잔적 하부에 100 kgf load cell을 설치하여 건조 중 잔적 무게 변화를 측정하였으며 공시판재에 6개의 T-type 열전쌍을 설치하여 목재온도를 감지하였다. 내부 압력은 진공압력 400 mmHg와 600 mmHg 사이를 유지하였다.

공시판재는 잔목없이 쌓았으며 목재온도가 100°C를 넘지 않도록 마이크로파 조사시간을 자동 조절하였다. 건조 중 목재의 평균 온도는 97°C이었으며 총 건조시간은 268시간이었다.

### 2.3. 비투과율 측정

#### 2.3.1. 시편 제작

상온에서 2개월 이상 방치되었던 공시판재에서 변재 만 떼어 길이 70 mm로 절단하였다. 마이크로톰과 고무망치를 사용하여 70 mm 시편을 결을 따라 가로와 세로가 각각 6 mm 되도록 쪼개었다. 각 시편은 조재와 만재를 하나씩 포함하였다. 각 처리별로 10개씩 모두 50개 시편을 만들었다.

#### 2.3.2. 투과율 측정

섬유방향 투과율 측정 장치는 아래 모식도(Fig. 1)

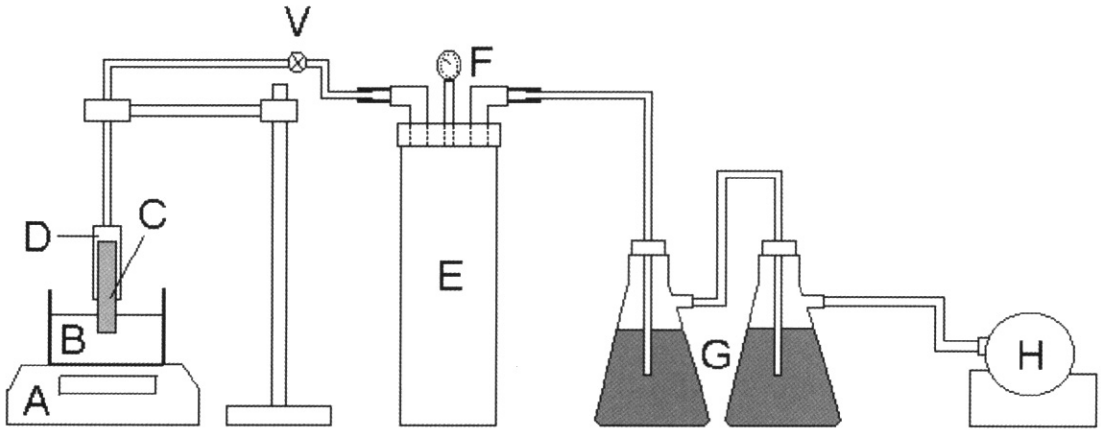


Fig. 1. Apparatus set-up for measuring longitudinal liquid permeability of a specimen: A, a digital balance; B, distilled water; C, a specimen; D, a specimen holder; E, a reservoir; F, a Bourdon vacuum gauge; G, silica gel; H, a vacuum pump; V, a valve.

와 같이 설치하였다. 시편 홀더, 저울, reservoir, water trap, 진공 펌프로 구성되어 있다. 시편 홀더는 시편 직경보다 약간 작은 고무호스를 사용하여 시편과 밀착되도록 하였으며 그 위를 조임쇠로 단단히 조였다. water trap에는 silica gel을 채워 수증기가 진공펌프에 들어가는 것을 막았다. 진공펌프는 로터리식으로 배기량은 분당 180 ℓ였다.

투과율 측정 순서는 다음과 같다. 투과율 시편을 Fig. 1과 같이 설치하고 밸브(V)를 잠근다. 진공펌프를 작동시켜 reservoir의 압력이 진공에 도달할 때까지 기다린다. 밸브(V)를 열고 디지털 저울(A)의 눈금을 1, 5, 10, 20분마다 읽는다.

이 같은 방법으로 유동속도  $Q$ 를 구하여 아래 식 (1)에 대입하여 투과율  $k$ 를 얻는다. 투과율  $k$ 와 물의 점성계수  $\eta$ 를 아래 식 (2)에 대입하면 비투과율  $K$ 를 구할 수 있다.

$$k = \frac{Q/A}{\Delta P/L} \quad (1)$$

$$K = 1.013 \times 10^8 k \eta \quad (2)$$

- $K$  = 비투과율(darcy)
- $k$  = 투과율( $\text{cm}^4/\text{dyne s}$ )
- $\eta$  = 물의 점성계수(=0.01 dyne sec/ $\text{cm}^2$ )
- $Q$  = 유동속도( $\text{cm}^3/\text{s}$ )
- $A$  = 단면적( $\text{cm}^2$ )
- $\Delta P$  = 시편 양단의 압력차( $\text{dyne}/\text{cm}^2$ )
- 1 atm =  $1.013 \times 10^6$  dyne/ $\text{cm}^2$
- $L$  = 시편의 길이(cm)

#### 2.4. 에틸알코올과 아세톤 추출

투과율 측정이 끝난 시편을 환류냉각기가 부착된 12ℓ 둥근 플라스크에 에틸알코올과 함께 넣고 끓는 점에서 48시간 가열하였다. 시편을 용액에서 꺼내 상온에서 1주일간 건조시킨 후에 투과율을 측정하였다.

모든 시편을 같은 방법으로 아세톤에서 48시간 추출하고 상온에서 1주일간 건조시켜 투과율을 측정하였다.

#### 2.5. 중량감소를 계산

추출에 의한 중량감소율(Weight Percentage Loss)은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$WPL(\%) = \frac{Wod - Wex}{Wod} \times 100\% \quad (3)$$

$Wod$  = 추출 전 중량(g)

$Wex$  = 추출 후 중량(g)

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 중량감소율(WPL)

두 가지 용매 추출에 의한 전체 WPL은 증기처리 시편이 7.4%로 가장 높았으며 다른 건조 시편들은 비슷한 값을 나타냈다(Fig. 2). 그러나 각각의 용매에 의한 WPL은 처리방법에 따라 달랐다. 증기처리(ST), 관행열기건조(CD), 마이크로파-진공건조(MW)는 에틸알코올에 의한 중량감소가 아세톤보다 현저히 컸으나 고온건조(HD)는 아세톤에 의한 중량감소가 현저히 크게 나타났다. 천연건조(AD)는 두 용매가 비슷하였다. 처음 세 처리의 온도는 65.5°C 내지 100°C 이었으며 고온건조는 120°C이었다.

에틸알코올은 수용성 추출물을, 아세톤은 수지를 주로 용해시킨다고 볼 때 HD의 에틸알코올 WPL이 작은 것은 건조 중 수용성 추출물이 수분과 함께 밖으로 빠져나와 시편 내에 남은 양이 적기 때문으로 해석할 수 있다. 반대로 아세톤 WPL이 다른 처리에 비해 큰 것은 고온에서 변형된 수지가 아세톤에 더 잘 녹는다고 가정할 수 있다.

#### 3.2. 측정시간에 따른 비투과율 변화

Fig. 3은 측정시간 1, 5, 10, 20분에서 미추출 시편의 평균 비투과율을 나타낸 것으로 시간이 증가할수록 감소함을 나타냈다. 에틸알코올과 아세톤의 추출 시편도 같은 경향을 나타냈다. 특히 CD는 초기 1분 동안의 평균 비투과율이 10분에서 20분 사이에 비해 23배나 높았다. 측정 초기에는 처리 간 평균 비투과율 차이가 매우 크나 점차 감소하였다.

이는 Darcy 법칙의 가정을 위반하는 것으로 목재의

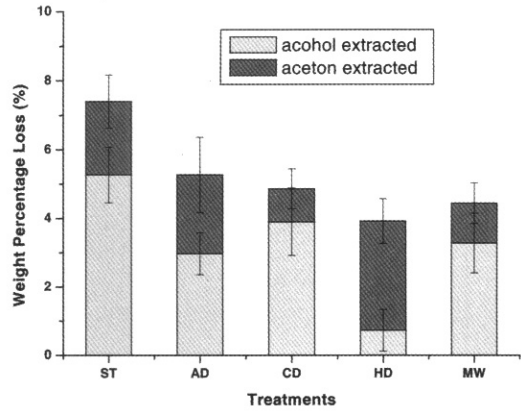


Fig. 2. WPL's of Korean pine specimens after alcohol and acetone extraction. Specimens were taken from the boards treated by steaming and four different drying methods.

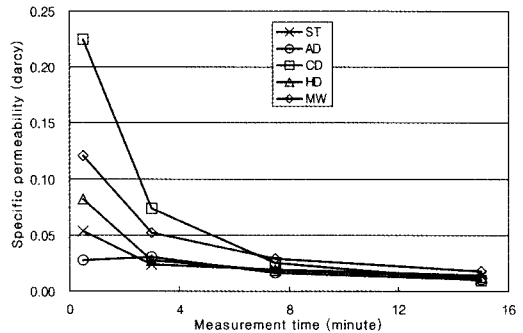


Fig. 3. Logitudinal specific permeabilities of Korean pine specimens treated with steaming and four different drying methods decrease with time.

투과율을 연구하던 많은 학자들이 당면했던 문제로 물이 목재 내 작은 구멍을 빠르게 통과할 때 발생하는 음압에 의해 생기는 공기방울이 통로를 막는 것이 원인이라고 보고되었다(Kelso *et al.*, 1963; Comstock, 1965). 이를 예방하기 위해 초성능 필터로 공기방울의 원인물질을 걸러주어야 하나 본 연구에는 필터장치를 사용하지 않았다. 잣나무 변재의 섬유방향 이동은 주로 수지를 통과하므로 동일한 문제가 발생할 것

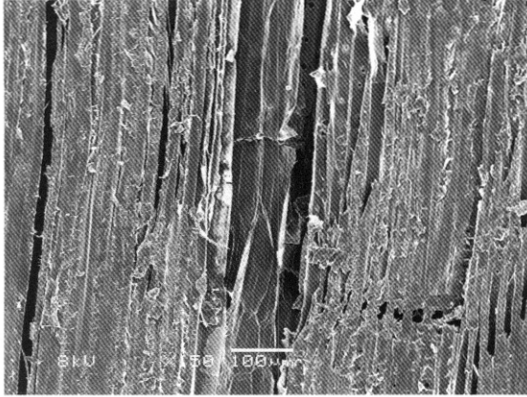


Fig. 4. Axial resin canal with little resin in a microwave-vacuum dried Korean pine specimen (MW).

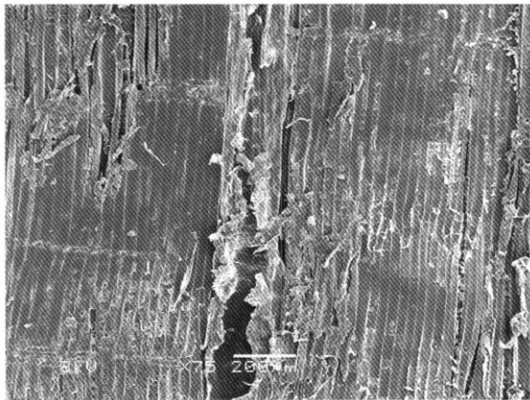


Fig. 5. Axial resin canal filled with resin in an air dried Korean pine specimen (AD).

으로 예상하지 못하였다. Kelso 등(1963)이 말한 작은 구멍이란 벽공막소공으로 이에 비하면 수지구는 직경이 30~100  $\mu\text{m}$ 로 매우 크다(Sjoestroem, 1981).

Booker와 Evans (1994)는 라디에타 파인의 주 유체통로는 수지구임을 밝히고 수지의 변형과 이동이 유체속도에 영향을한다고 결론지었다. 즉 수지구내의 수지형태에 따라 유체속도가 결정된다는 것이다. 이 이론은 처리방법에 따른 비투과율 차이를 해석할 수 있어도 시간에 따른 비투과율 감소를 해석하기는 어렵다. 본 실험에서 추출 후 시편의 투과율이 변하더라

도 시간에 따른 감소가 똑 같이 반복된다는 것이 밝혀졌다.

Kelso 등(1963)의 이론과 Booker와 Evans (1994)의 이론을 합하면 시간에 따른 투과율 감소 현상을 다음과 같이 해석할 수 있다. 수지구의 직경은 벽공막소공보다 매우 크지만 경화된 수지가 막으면 통로가 벽공막소공과 같이 좁아진다. 좁은 통로는 음압에 의해 발생된 공기방울에 의해 쉽게 막힌다. 진공을 가한 직후에는 통로가 열렸으나 점차 공기방울이 발생하여 통로를 막으므로 비투과율이 떨어지게 된다. 추출 후에도 수지구에 수지가 여전히 존재하는 것을 SEM 사진을 통해 확인하였다(Fig. 4와 5).

### 3.3. 미추출 시편의 비투과율 비교

Fig. 6은 처음 1분 동안의 평균 비투과율을 비교한 것이다. 미추출 시편의 비투과율은 CD가 가장 높고, 그 다음이 MW, HD, ST순이며 AD가 가장 낮았다. CD와 AD의 비투과율은 8배 차이를 보였다. CD처리를 제일 마지막에 하였기 때문에 실내에 보관하였던 CD 공시판재는 많이 천연건조되어 있었다. 건조 직전에 공시판재에 2일간 물을 뿌려 재흡수시켰으나 실제로 흡수율 증가는 크지 않았다. 그러므로 비투과율이 AD와 비슷할 것으로 예상되었으나 결과는 큰 차이를 나타냈다. CD처리의 온도범위는 65.5와 82°C로 전체 처리법 중 가운데인데 이것이 높은 비투과율과 어떤 연관이 있는지는 밝혀지지 않았다.

4가지 건조처리 중 미추출 시편의 비투과율이 비교적 높은 CD, MW, HD처리의 온도는 각각 82, 100, 120°C이고, 비투과율이 매우 낮은 AD처리의 온도는 20°C 내외였다. 결과적으로 건조온도에 따라 차이가 나타났다고 할 수 있다. 고온에서 수지는 포함된 휘발성분이 증발하고 나면 남은 고형분은 경화되어 벽에 달라붙게 된다. 수지는 경화하면서 수축하기 때문에 수지구 내에 좁은 수분이동 통로가 만들어진다. 그러나 실온에서 수지는 점성을 가진 유체로 존재하기 때문에 쉽게 이동하면서 대부분의 수분이동 통로를 막는다고 설명할 수 있다. Fig. 5는 MW시편으로 수지구에 수지가 남아있으나 어느정도 통로가 열려있는

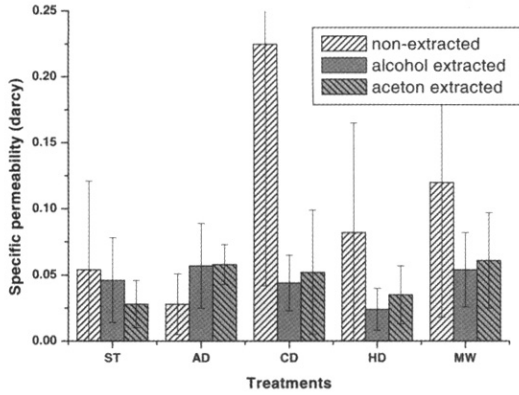


Fig. 6. Longitudinal specific permeabilities of Korean pine specimens treated by steaming and four different drying methods, measured before and after alcohol and acetone extraction.

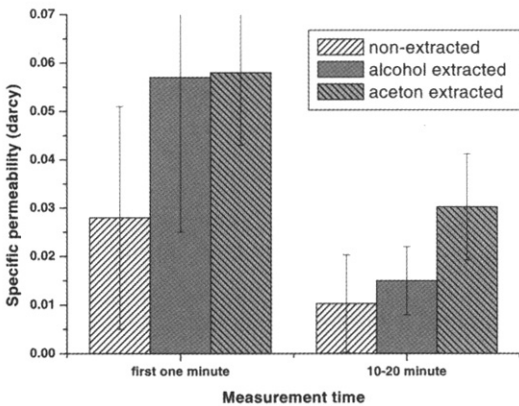


Fig. 7. Comparison of the average specific permeabilities of AD specimens measured for the first one minute with those measured for 10~20 minutes. Effect of acetone extraction on permeability is prominent after 10 minutes.

모습이고 Fig. 6은 AD시편으로 수지구에 수지로 파악되는 모습이다.

이러한 해석은 앞에 언급하였던 시간에 따른 비투과율 감소 그래프(Fig. 3)에도 적용할 수 있다. 고온에서 건조된 CD, MW, HD시편의 수 지구는 통로가 좁아 있어 진공을 가하면 공기방울이 발생하여 통로

를 막기 때문에 측정시간에 따라 비투과율이 급격히 감소한다. 한편 AD 시편은 측정 초기에 비투과율이 매우 낮았으며 시간에 따른 차이도 거의 없었다. 측정 초기부터 수지가 이동하면서 통로를 막았기 때문이다.

ST 비투과율은 AD보다 높지만 다른 처리에 비해 낮았다. ST처리는 목재의 투과율을 향상시키기 위해 많이 되는 방법으로 이동통로를 막고 있던 추출물뿐만 아니라 수지구 내 수지도 제거한다고 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 본 실험에서 낮은 비투과율을 얻은 이유는 다음 두 가지 중 하나로 추측할 수 있다. 증기처리시간이 충분하지 않아서 수지구 내 수지가 AD 시편처럼 유동성을 가진 채로 남아있거나 증기처리시간이 충분히 길었더라도 증습상태에서 가열된 잣나무 수지는 경화되지 않고 여전히 유동성을 가지고 있다.

이같이 건조방법에 따라 비투과율이 다른 것은 수지구 내 수지의 물성이 달라지기 때문인 것으로 생각된다. 온도와 습도에 따른 잣나무 수지의 점성과 경화 정도를 조사하는 것이 필요하나 본 연구의 범위를 벗어나므로 후속연구에서 수행할 예정이다.

### 3.4. 에틸알코올과 아세톤 추출 효과

Fig. 6에 보이는 바와 같이 4가지 건조방법 중 추출 전 비투과율이 높았던 것(CD, MW, HD)은 추출 후에 감소하였고, 반대로 낮았던 것(AD)은 증가하여 전체적으로 비투과율이 비슷해졌다. 추출에 의해 높은 비투과율이 감소한 것은 경화된 수지의 일부가 용매에 의해 녹거나 분리되어 이동통로를 막았기 때문인 것 같다(Booker and Evans, 1994). 이러한 막힘은 공기방울에 의한 유동방해와 겹쳐 시간이 지날수록 비투과율이 매우 낮아졌으며 측정 20분 후의 비투과율은 추출 전과 후, 알코올 추출과 아세톤 추출의 차이가 없이 매우 낮았다.

한편 추출 후에 AD의 비투과율이 증가한 것은 경화되지 않은 수지가 용매에 의해 녹아 나왔기 때문으로 해석할 수 있다. 추출 효과는 처음 1분 보다 10~20분에서 현저하게 나타났다(Fig. 7). 처음 1분에는 알코올과 아세톤의 비투과율 차이가 없으나 10~20분에는 아세톤 추출에 의한 비투과율 증가가 분명하

다. 즉 아세톤이 수지구의 좁아진 통로를 넓혀 공기방울에 의한 통로 막힘을 줄였다고 볼 수 있다. 공기방울의 막힘 효과는 시간이 지난 후에 나타난다.

Fig. 6의 ST처리는 4가지 건조처리와 다른 경향을 보이고 있다. 앞에서 언급한 대로 추출 전에도 비투과율이 낮았는데 알코올과 아세톤 추출에 의해 더 낮아졌다. 추출물 제거에 큰 효과가 있는 것으로 밝혀진 ST처리가 수지구의 수지를 제거하는 데는 효과가 없는 것으로 보인다.

## 4. 결 론

증기처리와 천연건조, 관행열기건조, 고주파건조, 마이크로파-진공건조의 4가지 건조방법으로 처리된 두께 30 mm 잣나무 판재에서 떼어낸 변재 시편의 섬유방향 비투과율을 비교한 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 본 연구에 사용된 Darcy 법칙을 이용한 간이 투과율 장치는 간편하고 유용하였다.

2) 알코올과 아세톤 용매에 의한 시편들의 WPL은 처리방법에 따라 달랐다. ST, CD, MW는 에틸알코올이 아세톤보다 현저히 컸으나 HD는 아세톤이 현저히 크게 나타났다. AD는 두 용매가 비슷하였다. 잔류 수지의 물성이 처리방법에 따라 다르기 때문으로 생각된다.

3) 시편들의 평균 비투과율은 추출 전이나 후 모두 측정시간이 증가할수록 급격히 감소하였다. 이는 음압에 의해 발생된 공기방울이 수지구를 막기 때문으로 설명할 수 있다.

4) 미추출 CD, MW, HD 시편의 평균 비투과율은 비교적 높았으며 AD는 매우 낮았다. 처리 온도에 따른 잔류 수지의 물성변화가 원인으로 생각된다.

5) 용매 추출 후 AD 시편을 제외한 모든 시편들의 비투과율은 감소하였으나 AD 시편은 증가하였다. 그러나 AD 시편의 추출 전 비투과율이 낮았기 때문에 결과적으로 모든 시편이 비슷하게 낮은 값을 나타냈다. 이는 경화된 수지의 일부가 용매에 의해 녹거나 분리되어 이동통로를 막았기 때문으로 생각된다.

6) 용매 추출 후 AD 시편의 비투과율이 증가한 것

은 경화되지 않은 수지가 녹아 나왔기 때문으로 해석할 수 있다.

7) ST처리는 4가지 건조처리와 다른 경향을 보였다. 추출 전에도 비투과율이 낮았는데 알코올과 아세톤 추출에 의해 더 낮아졌다.

## 참 고 문 헌

- Booker R. E and J. M. Evans. 1994. The effect of drying schedule on the radial permeability of *Pinus radiata* D. Don. Holz als Roh- und Werkstoff 52: 150~156.
- Comstock, G. L. 1965. Longitudinal permeability of green Eastern hemlock. Forest Products Journal 15(4): 441~449.
- Erickson, H. D. and R. J. Crawford. 1959. The effects of several seasoning methods on the permeability of wood to liquids. Amer. Wood Preservers' Assoc. Proc. (seen in Comstock(1965))
- Han, J. S. and 황병호. 1988. 잣나무 Diterpene Resin Acid의 분석. 목재공학 16(2): 62.
- Kelso, W. C., R. D. Gertjensen, and R. L. Hossfeld. 1963. The effect of air blockage upon the permeability of wood to liquids. Univ. of Minn., Agr. Expt. Sta., Tech. Bul. 242.
- Matsumura, J., R. E. Booker, L. A. Donaldson, and B. G. Ridoutt. 1998. Impregnation of radiata pine wood by vacuum treatment: identification of flow paths using fluorescent dye and confocal microscopy. IAWA Journal 19(1): 25~33.
- Siau, J. F. 1984. Transport Process in Wood. Springer-Verlag, New York. p74.
- Sjoestroem, E. 1981. Wood Chemistry. Academy Press, Inc., New York. p84.
- 강호양. 2001. 단척 통나무와 제기목의 마이크로웨이브-진공 건조. 목재공학 29(4): 25~32.
- 송홍근, 김재광. 1994. 소나무와 잣나무의 일과 수지에 함유된 정유 성분. 목재공학 22(3): 59~67.
- 허종윤, 강호양. 1997. Pressure Bomb법을 이용한 섬유방향 액체투과성 측정. 목재공학 25(3): 66~74.
- 황병호, 강하영. 1976. 잣나무송지의 화학적 성상에 관한 연구. 목재공학 4(1): 3.