

직물유리섬유강화 집성재의 물리적 특성(제2보)*1 — 박리 및 흡습성 —

정인석*2 · 이원희*2† · 김종만*3

Physical Properties of Fabric E-Glass Fiber Reinforced Laminated Timber (II)*1

— Peeling and vapor adsorption properties —

In-Suk Jung*2 · Weon-Hee Lee*2† · Jong-Man Kim*3

요 약

본 연구는 전보(정 등, 2002)에서 제조된 직물유리섬유 강화집성재의 박리 및 수분 흡착특성을 조사해 보기 위해서 실시되었다. 침지 박리시험에서, 3가지 형태의 소재 모두 박리를 나타내지 않았지만, control재를 제외한 모든 형태의 소재는 삶음 박리에서 박리가 발생하였다. 수분흡착시험은 40℃, 상대습도 90% 조건에서 48시간동안 실시하였다. 횡단면 흡습성은 모든 소재에서 다르지 않았다. 유리섬유로 된 소재에서 방사단면과 접선단면은 control재와 비교하여 수분 흡착이 지연되었다. 수분흡착 이방성에서, 유리섬유 함유된 소재는 적은 수분흡착을 나타내었다.

ABSTRACT

This study was conducted to estimate peeling and vapor adsorption properties made with fabric glass fiber reinforced laminated timber according to our earlier report(Jung *et al.*, 2002).

In adsorption peeling test, three all types solid wood were not appeared the peeling. However, solid wood appeared to the peeling in boiling peeling test except for control wood. Vapor adsorption test was performed at 40℃, 90% relative humidity for 48 hours. Cross sections were not different all solid wood.

*1 접수 2002년 9월 13일, 채택 2002년 12월 26일

*2 경북대학교 임학·임산공학과군 Department Group of Forestry and Wood Science & Technology, Kyungpook National Univ., Daegu 702-701, Korea

*3 경상대학교 농과대학, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-702, Korea

† 주저자(corresponding author) : 이원희(e-mail: lovewood21@hanmail.net)

Radial section and tangential section with glass fiber were delayed vapor adsorption compared to control wood. In anisotropy of vapor adsorption, solid wood with glass fiber were small values.

Keywords: glass fiber, laminated timber, peeling, vapor adsorption

1. 서 론

유리섬유를 공업적으로 생산하여 기업화에 성공한 것은 1938년 미국의 오웬스-코닝 하이버글라스사(Owens-Corning Fiberglass Corporation)이다. 그 후 화학 조성 및 용도에 따라 E-glass(전기 절연성), S-glass(내산성과 형태안정성), R-glass(고강도성), C-glass(내산성, 내후성 및 내약품성) 등 다양한 성질의 유리섬유가 제조 판매되고 있다. 최근에는 고내열성, 고탄성률, 고강도 등의 내구성을 향상시킨 고성능 유리섬유가 시판되고 있다(한국섬유공학회, 2001).

현재 국내에서도 산업현장에서 단열재나 보강재로서 유리섬유가 보편화되고 있으며, 특히 FRP(Fiberglass Reinforced Plastic)선박의 제조에 있어서 lining용으로 그 수요가 증가하고 있는 추세이다. 유리섬유는 규사(SiO₂)나 석회석(CaO) 등의 무기물을 주원료로 하기 때문에 절연도가 높고, 특히 수분에 대한 흡습성이 거의 존재하지 않는다(한국섬유공학회, 2001). 또한 본 연구에서 집성재 제조용으로 사용된 MPU-500은 수성고분자-이소시아네이트계 접착제로서 접착력이 우수하고, 흡수와 흡습에 대한 안정성이 우수하다(노, 2000). Sun *et al.*(1994)의 연구에 의하면 목재섬유 복합재료의 물리적 특성에 있어서 폴리이소시아네이트(Polyisocyanate)의 첨가량 Level의 효과를 연구한 결과 첨가량 30% Level의 수지가 수분에 대한 치수안정성이 가장 좋다고 보고하였다. 따라서, 집성재의 접착층에 유리섬유를 함입 할 경우 수분의 투과를 지연시키는 효과가 클 것으로 생각된다. 또한 수분에 대하여 안정하기 때문에 침지나 삶음 박리에 의한 부피의 팽윤이 적을 것으로 생각된다.

그러므로 본 연구는 전보(정 등, 2002)에서 제조된 집성재소재를 공시재료로 사용하였고, 특히 유리섬유를 함입한 소재의 수분에 대한 접착층의 침지박리와 삶음 조건에서의 박리정도를 측정하고, 또한 흡습조

건(40℃, 90%RH)에서 소재의 3방향에 대한 흡습특성을 알아보기 위하여 본 연구를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

전보(정 등, 2002)에서 제조된 집성재 소재를 재료로 하여, 박리시험용 시험편의 크기는 40 mm(두께)×40 mm(폭)×75 mm(길이)였으며, 시험편의 개수는 침지 박리와 삶음 박리시험 모두 한 조건당 7개씩 총 84개의 시험편을 사용하였다.

흡습성 시험편의 치수는 40 mm(두께)×40 mm(폭)×60 mm(길이)였으며, 시험편의 개수는 한 조건당 6개씩 총 108개의 시험편을 사용하였다.

2.2. 박리시험

2.2.1. 침지박리

침지박리시험은 구조용 집성재 규격 KS F 3021에 따라 실시하였다.

2.2.2. 삶음박리

삶음 박리시험 역시 구조용 집성재 규격 KS F 3021에 따라 실시하였다. 박리율은 다음의 공식에 의하여 산출하였다.

$$\text{박리율(\%)} = \frac{\text{양쪽 횡단면의 박리길이의 합}}{\text{양쪽 횡단면의 접착층길이의 합}} \times 100 \quad (1)$$

2.3. 흡습성시험

흡습성 시험용 시험편의 횡단면, 방사단면, 접선단면

3단면의 흡습성을 측정하기 위하여 실시하였다. 향온·흡습실에서 조습처리된 시편을 건조기에 넣은 후 함수율 10%이하가 되도록 건조한 후, 40℃, 75% RH 조건에서 항량이 될 때까지 조습처리한 후 흡습 방향에 해당되는 면을 제외하고는 모든 단면을 흑색 에나멜 페인트로 코팅한 후 파라핀으로 2차 코팅을 실시하여 완전 밀봉하였다. 파라핀이 건조된 시편의 질량을 체크한 후 40℃, 90% 상대습도조건에 향온·흡습기에 넣어 시간의 경과에 따른 각 3단면별 시편의 질량을 측정하였다. 질량 측정 시간은 초기 24시간은 4시간 간격으로 측정하였고, 말기 24시간은 5시간 간격으로 질량을 측정하였으며 총 48시간 동안 흡습처리를 실시하였다. 흡습량은 다음의 식에 의하여 산출하였다(박 등, 1993).

$$\frac{\text{흡습량}(g/cm^2) = [\text{파라핀 도장 후 질량} - \text{시간의 경과에 따른 질량}]}{\text{흡습면의 총면적}} \quad (2)$$

3. 결과 및 고찰

3.1. 침지 박리

상온(25℃)에서 24시간 침지 박리시험을 한 결과 control재와 유리섬유를 1층 함유한 소재, 2층 함유한 소재 모두에서 박리는 발생하지 않았다.

다만, 유리섬유를 2층 함유한 소재에서 유리섬유 사이에 약간의 공간이 나타났지만, 이것을 박리현상으로 보기에는 너무나 미세하였다. 그러므로 본 연구에서 제조된 3가지 조건의 소재는 모두 KS F 3021 규격의 침지 박리기준에 적합하였다.

3.2. 삶음 박리

Fig. 1은 삶음 박리의 결과를 나타낸 것이다. 박리 시험의 KS 규격은 시험편의 양 목구멍에서 길이 3 mm 이상의 박리를 대상으로 측정하여 박리율이 5% 이하이고, 동시에 각각의 접착층에 나타나는 박리의 길이가 각 접착층 길이의 1/4 이하일 것이라고

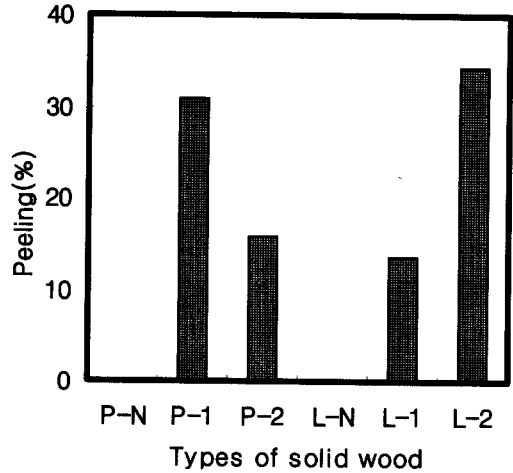


Fig. 1. Peeling by boiling. Legend). P-N: Control(*Pinus densiflora*), P-1: 1ply glass fiber(*Pinus densiflora*), P-2: 2ply glass fiber (*Pinus densiflora*), L-N: Control(*Larix kaemferi*), L-1: 1ply glass fiber(*Larix kaemferi*), L-2: 2ply glass fiber(*Larix kaemferi*).

규정하고 있다(KS F 3021, 1997). 그러나 본 실험에서는 시험편의 치수가 실대재로 사용하기에는 작은 시험편이기 때문에 접착층에 발생한(3mm 이하) 모든 박리를 측정하여 박리율을 계산하였다. 소나무재(*Pinus densiflora*)와 낙엽송재(*Larix kaemferi*) 모두 control재에서는 박리가 발생하지 않았다. 그러나 유리섬유를 함유한 집성재에서는 모두 10% 이상의 박리가 나타났으며, 특히 소나무재의 경우 유리섬유를 1층 함유한 집성재 소재와 낙엽송재의 경우 유리섬유를 2층 함유한 집성재 소재에서는 모두 30% 이상의 박리를 나타내었다. 그림에서 소나무재(*Pinus densiflora*)와 낙엽송재(*Larix kaemferi*)에 유리섬유를 함유한 소재의 경우 서로 상반되는 경향을 나타내었다. 이러한 현상은 수종적인 특성도 영향을 미치겠지만, 접착과정과 경화과정 등의 전반적인 고찰이 좀더 필요할 것으로 생각되었다. 그러므로, 보다 정확한 박리현상을 알아보기 위해서는 실대재를 이용한 박리시험을 실시해 보는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

Table 1. Water absorptions of Korean red pine and Japanese larch (Korea Forest Research Institute, 1994).

| | Cross section | | Radial section | | Tangential section | |
|-------------------------|---------------|-----------|----------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Sapwood | Heartwood | Sapwood | Heartwood | Sapwood | Heartwood |
| <i>Pinus densiflora</i> | 0.382* | 0.657 | 0.071 | 0.090 | 0.006 | 0.136 |
| <i>Larix kaemferi</i> | 0.130 | 0.130 | 0.040 | 0.040 | 0.040 | 0.040 |

Note) * : g/cm²

3.3. 흡습성

3.3.1. 횡단면(Cross section)

Table 1의 임업연구원 연구자료(1994)를 참고하면, 소나무재의 경우 변재부에서 접선단면과 방사단면간의 값이 0.046 g/cm² 정도의 차이를 보이지만 전체적으로 볼 때, 방사단면과 접선단면의 흡수량은 큰 차이를 보이지 않았다.

낙엽송재의 경우는 접선단면과 방사단면, 심재와 변재사이에 흡수성 차이가 없는 것을 알 수 있다. 흡수성을 참고하여 흡습성을 고려한다면, 방향에 따른 흡습성은 흡수성의 결과와 비슷할 것으로 생각되었다.

Fig. 2, 3은 소나무재와 낙엽송재의 길이방향에 대한 흡습성을 나타낸 그림이다. 초기 흡습량에서 소나무재가 낙엽송재에 비하여 약간 높은 값을 나타내었다. 이것은 소나무재의 비중이 낙엽송재에 비하여 상대적으로 낮기 때문에 나타나는 현상이라고 생각된다. 소나무재의 경우 소재간의 흡습성차이가 명확하게 나타나지 않았지만, 낙엽송재의 경우 control재의 흡습량이 높게 나타나는 경향을 나타내었다. 길이방향에서 각 소재간의 흡습량의 차이는 명확하게 나타나지 않았지만, 소재에 따라 약간의 다른 경향성을 나타내었다.

본 실험에서 사용된 유리섬유의 비중이 2.57이었으며, 접착제의 고형분 함량이 48±2%였다(정 등, 2002). 그러므로 control재와 비교하여 접착층의 밀도가 크기 때문에 유리섬유를 함유한 소재의 흡습량이 적은 것으로 판단된다. 그러나 소나무재의 경우 유리섬유를 2층 함유한 소재의 흡습량이 가장 높게 나

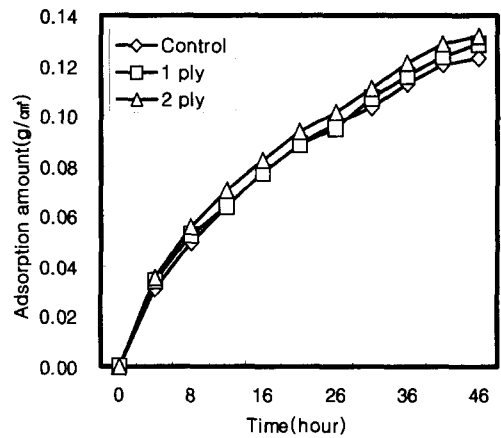


Fig. 2. The amount of vapor adsorption on cross section(*Pinus densiflora*).

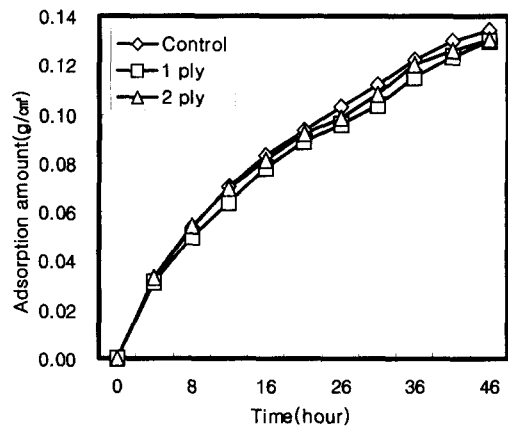


Fig. 3. The amount of vapor adsorption on cross section(*Larix kaemferi*).

타났는데 이는 2층의 유리섬유간의 접착력 간섭에 의

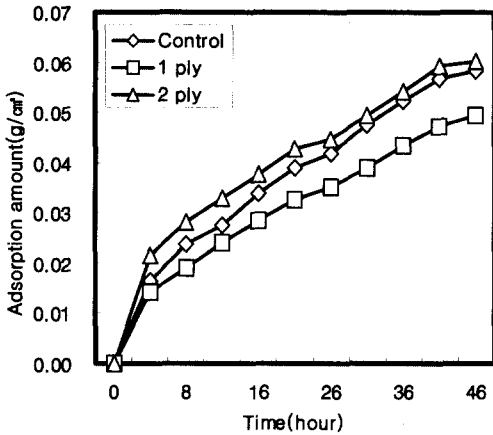


Fig. 4. The amount of vapor adsorption on radial section(*Pinus densiflora*).

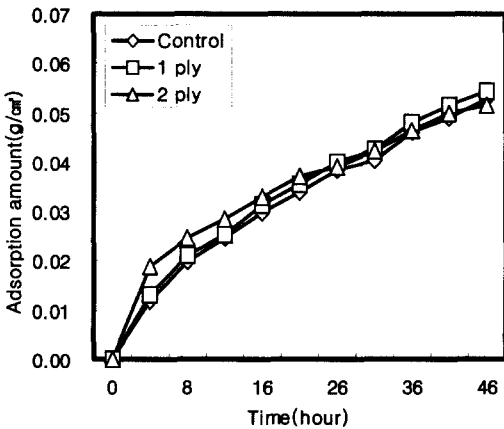


Fig. 5. The amount of vapor adsorption on radial section(*Larix kaemferi*).

한 접착층내 부분적인 결교(缺膠)현상이 중요한 원인이라고 생각되었다.

3.3.2. 방사단면(Radial section)

방사방향은 목재의 3단면 중 수분의 투과성이 가장 낮은 부분이다. 이는 만재부가 방사방향에 직각방향으로 배열하고 있기 때문이다. 본 연구에서는 집성재의 제조시 층재(Lamination)를 모두 판목재(Flat-grain wood)를 사용하지 않았으며, 또한 목리의 배열

은 고려하지 않고, 응력등급과 용이에 의한 구분만을 실시하였다(정 등, 2002). 따라서 Fig. 4, 5와 같이 3단면에서 소재의 형태에 따라 경향성이 나타나는 것으로 보아 목리의 형태를 구분할 경우, 이러한 경향이 더욱 더 뚜렷하게 나타날 것으로 생각되었다. 그러므로, 유리섬유를 목재의 접착층에 함입할 경우 흡습조건에서 지연효과를 크게 발휘할 수 있을 것으로 생각되었다. 목질재료는 사용환경에 따라서 흡습조건 경향이 다르지만, 일반적으로 목질재료의 수축과 팽윤을 최소화하기 위해서는 흡습을 차단하거나 지연시키는 것이 목재소재의 부후(腐朽)나 강도저하에 효과적이다. 따라서 집성재의 제조에 있어서 유리섬유를 접착층에 함입할 경우 강도를 향상시킬 수 있는 효과도 있지만, 건축재료로 사용되었을 때 흡습을 지연시키거나 차단하는 효과도 클 것으로 판단되었다.

3.3.3. 접선단면(Tangential section)

접선단면에서 흡습량은 방사단면에서와 같은 명확한 차이를 나타내지 않았다. 소나무재의 경우는 소재간의 차이가 크게 나타나지 않았지만, control재의 흡습량이 가장 크고, 유리섬유를 1층 함입한 소재의 흡습량이 가장 낮았으며 유리섬유를 2층 함입한 소재의 경우는 중간치를 나타내었다. 낙엽송재의 경우는 소재간의 흡습량이 소나무재에 비하여 크게 나타났다. Control재와 유리섬유를 2층 함입한 소재의 흡습량은 비슷한 경향을 나타내고 있지만, 유리섬유를 1층 함입한 소재의 경우는 흡습량이 상대적으로 작게 나타났다.

3.4. 흡습이방성(Anisotropy of vapor adsorption)

3.4.1. 횡단면/방사단면(C/R)

목재는 이방성 재료이기 때문에 각 방향에 따른 흡습, 탈습의 양과 기간에 차이가 있으며, 일반적으로 길이방향의 흡습과 탈습이 가장 용이하며, 접선방향, 방사방향의 순서로 흡습과 탈습이 용이하다. Fig. 8에서 유리섬유를 2층 함입한 소재의 길이방향과 방사방향의 흡습량이 control재와 유리섬유를 1층 함입한

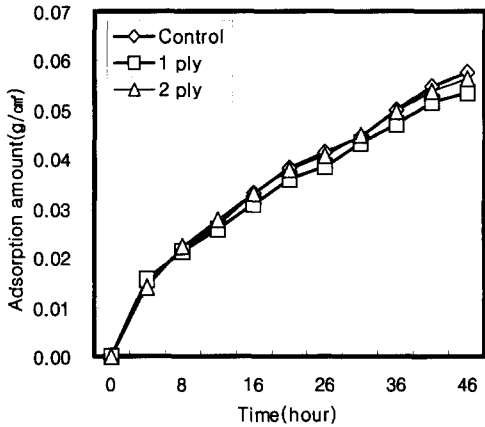


Fig. 6. The amount of vapor adsorption on tangential section (*Pinus densiflora*).

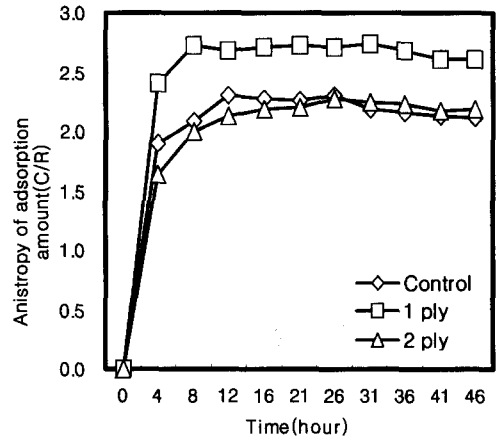


Fig. 8. Relationship between cross section and radial section on vapor adsorption (*Pinus densiflora*).

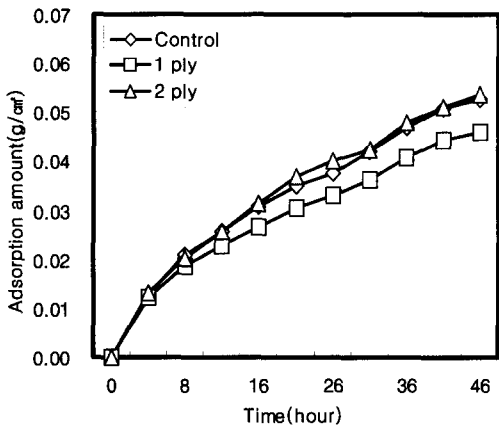


Fig. 7. The amount of vapor adsorption on tangential section (*Larix kaemferi*).

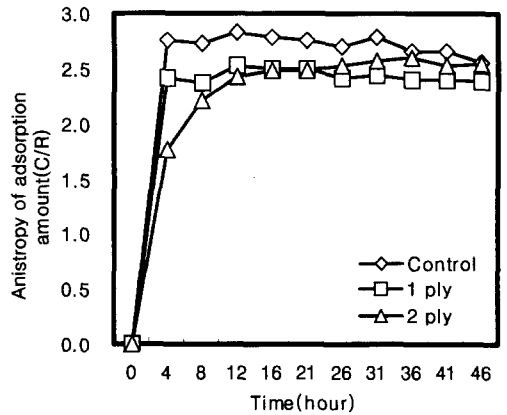


Fig. 9. Relationship between cross section and radial section on vapor adsorption (*Larix kaemferi*).

소재보다 0.5 정도 높게 나타났다. 이것은 길이방향으로의 흡습량이 많았기 때문이며, 유리섬유를 2층 함유하였기 때문에 유리섬유간의 접착력 감소와 에멀션형(Emulsion type) 접착제가 완전하게 유리섬유의 filament내로 침투되지 않았기 때문으로 생각되었다.

3.4.2. 횡단면/접선단면 (C/T)

길이방향에 대한 접선방향의 흡습량 이방성은 소나무재의 경우에는 유리섬유를 1, 2층 함유한 소재는 흡습량 이방성이 비슷한 값을 나타내었고, control재

의 값은 상대적으로 낮게 나타났다. 그러나 낙엽송재의 경우 24시간 이후부터 유리섬유를 1층 함유한 소재의 흡습량 이방성이 가장 크게 나타났으며, 유리섬유를 2층 함유한 소재와 control재는 시간이 경과되면서 비슷한 값을 나타내었다.

3.4.3. 방사단면/접선단면 (R/T)

방사단면과 접선단면은 목재의 수축과 할렬 등의

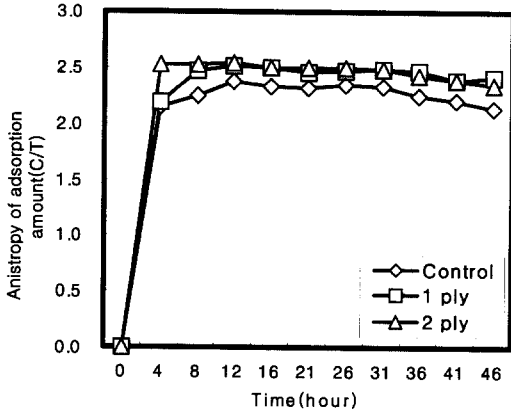


Fig. 10. Relationship between cross section and tangential section on vapor adsorption(*Pinus densiflora*).

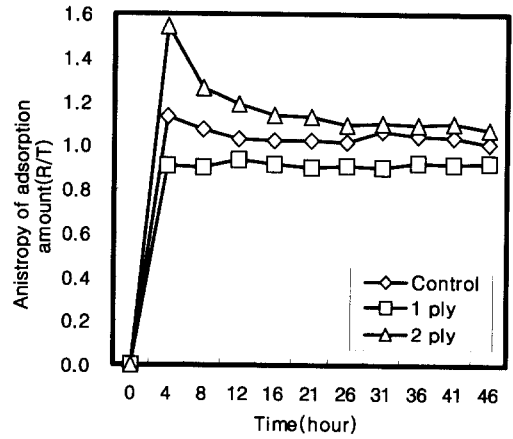


Fig. 12. Relationship between radial section and tangential section on vapor adsorption (*Pinus densiflora*).

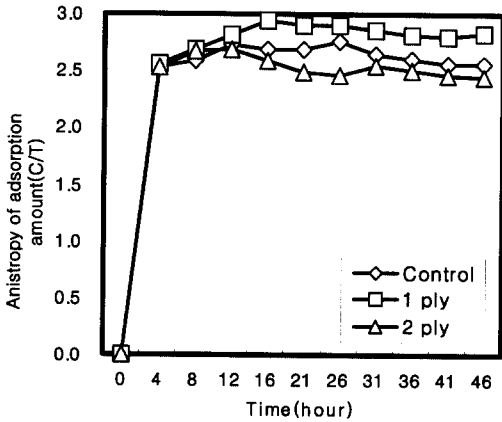


Fig. 11. Relationship between cross section and tangential section on vapor adsorption(*Larix kaemferi*).

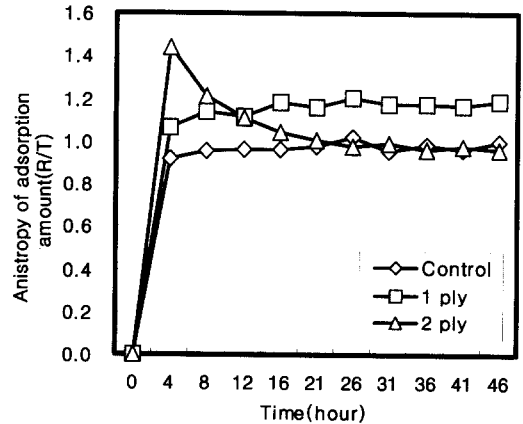


Fig. 13. Relationship between radial section and tangential section on vapor adsorption(*Larix kaemferi*).

결함을 일으키는 주요 방향이다. 일반적으로 접선방향에서 치수변화가 가장 크지만, 수종과 심·변재에 따라서 약간의 차이를 지니고 있다. 소나무재의 경우는 유리섬유 2층 합입한 소재의 흡습량 이방성이 가장 크고, 유리섬유를 1층 합입한 소재의 흡습량 이방성이 가장 낮게 나타났다. 낙엽송재의 경우는 초기 값에서는 소나무재의 경우와 비슷한 경향을 나타내었지만, 24시간 이후부터는 control제와 유리섬유를 2층 합입한 소재 사이의 값은 거의 같은 값을 나타내었다.

결과적으로 볼 때 흡습량 이방성은 접착층의 유리섬유 적층수에도 영향하지만 소재의 밀도와도 밀접한 연관성을 지니고 있는 것으로 판단된다.

4.결 론

직물유리섬유 강화집성재의 침지바리, 삶음바리 그리고 흡습성 실험을 한 결과, 다음과 같은 결론을 얻

었다.

1) 침지박리 시험에서는 모든 형태의 소재에서 박리가 일어나지 않아 접착력이 우수하였다.

2) 삶음 박리시험에서는 control재를 제외한 유리섬유를 함유한 소재에서는 10% 이상 박리가 발생하였다.

3) 소재의 3단면별 수분 흡습성에서는 횡단면의 흡습량이 가장 높았고, 방사단면, 접선단면의 순서로 흡습량이 낮았다.

4) 흡습량 이방성은 횡단면대 접선단면에서 가장 크게 나타났고, 접선단면대 방사단면에서 가장 낮은 값을 나타내었다.

5) 직물형태의 유리섬유를 집성재의 접착층에 함유하여 강화 집성재를 제조하면 강도적인 효과는 있지만, 흡습에 대한 지연 효과는 접착층에 대한 좀더 세밀한 연구와 접착제의 유리섬유에 대한 흡수유동성에 대한 물성 파악이 정확하게 이루어져야 될 것으로 생각되었다.

참 고 문 헌

1. 노정관. 2000. 최근 수지접착제의 연구개발 동향. 제1회 한국목재공학회 산학연 협동 symposium 강연집 pp. 23~33.
2. 박상진, 이종윤, 조남석, 조병목. 1993. 목재과학 실험서. 광일문화사 PP. 129~130.
3. 林業研究院. 韓國產 主要木材의 性質과 用途. 研究資料 第95號 pp. 122~123.
4. 정인석, 이원희, 변희섭. 2002. 직물유리섬유 강화집성재의 물리적 성질에 관한 연구(제1 보) -기계적 특성-. 목재공학 (투고중).
5. 한국섬유공학회 편. 2001. 최신합성섬유. 형설출판사 pp. 489~491.
6. 한국표준협회. 1998. 구조용 집성재. 한국산업규격 KS F 3021.
7. Bernard C. H. Sun, Robert N. Hawke and Margaret R. Gale. 1994. Effect of polyisocyanate level on physical properties of wood fiber composite materials. *Forest Products Journal* 44(4): 53~58.