

천연유지류 처리재의 발수성능 평가¹

이동흡² · 오형민² · 강창호² · 손동원² · 김종인²

The evaluation of water repellent effectiveness of natural oil treated wood¹

Dong-Hub Lee² · Hyung-Min Oh² · Chang-Ho Kang² ·
Dong-Won Son² · Jong-In Kim²

요 약

천연물계의 유지를 목재에 처리하여 발수성능을 평가하였다. 시험에 사용한 유지는 아마인유, 피마자유, 올리브유, 콩기름, 들기름, 해바라기씨기름이다. 발수성 평가는 흡습성, 흡수성 시험과 접촉각 시험으로 하였다. 발수 처리한 목재를 빛과 수분에 의해 촉진열화 시킨 후에 열화정도를 색차계로 측정하였다. 촉진열화된 처리목재의 발수성능을 흡수성 시험과 접촉각 시험을 통하여 비교 측정하였다.

흡습성 시험결과, 흡습 초기에는 무처리에 비하여 흡습량이 적으나 흡습처리 시간이 증가할수록 무처리의 흡습량에 가까워져 48시간 흡습처리 후에는 흡습비의 큰 차이는 없었다. 접촉각 시험의 결과, 처리재와 무처리재간의 결과가 큰 차이를 나타내었다. 유지의 농도와 종류에 따른 접촉각변화는 흡습성 시험과 같이 큰 차이는 나타나지 않았다. 천연유지의 발수성능으로는 기상 열화에 대한 안정성이 낮았다. 천연오일 단독처리만으로는 광열화에 대한 안정성을 기대하기 어려웠다.

ABSTRACT

This research was carried out to investigate water repellent effectiveness of natural oil treated wood. Linseed oil, castor oil, olive oil, bean oil, perilla oil and sunflower oil were used in this test.

For evaluation of water repellent of natural oil treated wood, moisture absorption test, water-drop contact angle test and color difference test of accelerated decomposition by UV and water were used.

1. 접수 2002년 8월 30일 Received on August 31, 2002

2. 임업연구원 Korea Forest Research Institute, 207 Cheongnyangni-Dong, dongdaemun-Gu, Seoul 130-012, Korea

The moisture absorption amount of natural oil treated wood was less than untreated wood until 3 hours, but it was increased with time, there was no big difference with oil treated wood and untreated wood after 48hours.

Oil treated wood and untreated wood showed big difference on contact angle test. It was no big difference by kind and oil concentration. Natural oil treated wood did not showed stability on the weather aging test. Contact angle test could be used on evaluation of wood surface status treated with natural oil.

Keywords : water repellent effectiveness, natural oil, moisture absorption test, contact angle

서론

목재 발수제는 목재에 방수력을 주어 내구성을 증가시키는 목재 마감제를 말한다. 방수력은 왁스, 오일 혹은 이와 유사한 방수물질에서 얻는다. 발수제는 생장 시 수분을 요구하는 목재 부후균에 의한 부후와 변색을 막을 수 있다.

발수제에 살균력을 추가하여 만든 발수성 방부제는 부후균과 곰팡이의 생장억제로 마감제의 효과를 더욱 향상시킨다. 발수제와 발수성 방부제는 목재의 쪼개짐이나 휨의 원인이 되는 수축과 팽창을 감소시킨다.

발수제와 발수성방부제는 팽창, 할렬, 벗겨짐으로부터 목재를 보호한다. 또한 특정수종에서 발생할 수 있는 수용성 추출물의 유출에 의한 변색을 줄이는데 도움을 준다.

목재에서 수분은 수축·팽창의 원인이 되고 목재치수변화의 원인이 되어 마감제를 들뜨게 한다. 수분은 목재부후와 페인트의 접착불량 등의 원인이 되며 야외사용 목재의 기상열화를 가속시킨다. 목재 열화의 대부분은 연속되는 치수의 불안정과 목재 수분변화에 기인한다.

야외에 노출된 목재는 유효수명을 갖는데, 이러한 과정을 기상열화라고 한다. 기상열화는 목재의 표면이 UV, 물, 모래바람에 의한

마모 등으로 분해 되는 것을 말한다. 이러한 분해는 부후와는 다른 것이다.

기상열화는 먼저 목재 색의 변화로 확인될 수 있다. 기상열화는 색을 나타내는 추출물과 리그닌이 제거되고 셀룰로오스는 남은 과정을 거친다. CCA방부처리한 목재도 발수제를 처리하지 않으면 목재색은 점차 변하여 은회색을 띄게 된다(Williams & Feist, 1999).

William(1988, 1990)은 발수제와 발수성 방부제로 처리한 목재를 9년동안 야외에 노출 시험한 결과, 발수제와 발수성 방부제는 페인트 유지력을 향상시켰으며, 유용성 발수성 방부제의 경우 부후피해도 적게 나타났다고 보고하였다. 또한 야외노출 시 페인트처리의 전 처리로 발수제를 처리하면 페인트 상태를 양호하게 유지할 수 있고 표면의 갈라짐을 줄일 수 있었다고 보고하였다.

Kazayawoko 등(1987)은 목재의 표면의 상태를 접촉각 측정방법으로 설명하였는데, 4수종으로 실험한 그의 결과에서 접촉각 측정은 가장 간단하며, 효율적으로 목재의 표면상태를 관찰할 수 있는 방법이라고 제안하였으며, 목재의 상태 중 흡습상태를 평가하기에 적당한 방법으로 제안하였다.

본 연구에서는 천연오일을 이용한 발수제 개발의 시험의 일환으로 발수성을 평가할 수 있는 방법들을 비교·검토 하고자, 발수제의 기제가 되는 천연물계의 아마인유, 피마자유,

콩기름, 들기름 등을 목재에 처리하여 흡습성, 흡수성 그리고 물방울 접촉각 측정 및 처리목재의 색차 등을 비교하여 보았다.

재료 및 방법

2.1 공시목재

공시목재는 건전한 소나무 변재를 사용하였다. 치수는 두께 5mm, 폭 20mm, 길이 40mm의 것으로 하고, 40×20mm의 면이 끝은결이 되도록 하였으며, 마구리면은 상온경화형 에폭시수지로 막아 약액의 과다침투를 막아주었다.

해당농도로 조제한 약액의 도포량이 110±10g/m²가 되도록 붓으로 처리하였다.

2.2 유지

시험에 사용한 유지는 아마인유, 피마자유, 올리브유, 콩기름, 들기름, 해바라기씨기름 등 6가지이며, 이들 유지를 30분 중탕가열 후 유지의 함량(% , w/w)은 아세톤으로 회석하였다. 유지 조성은 Table 1.에 나타내었다.

Table 1. Formulation of natural oils.

Oils	Content%(w/w)		20%		50%		80%		100%	
	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone	oil	acetone
Castor Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Olive Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Bean Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Linseed Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Sunflower Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		
Perilla Oil	20	80	50	50	80	20	100	0		

2.3 유지류 처리제의 흡습성 평가

황산칼륨 결정이 있는 포화수용액을 사용하여 상대습도 약 97%로 조절한 데시케이터에 전건증량을 알고있는 목재시편을 넣어 흡습율을 시간단위로 측정하였다.

2.4 목재표면의 물방울 접촉각

처리목재 표면에 물방울이 직접 가해졌을 때 처리목재가 가지는 발수성능을 접촉각 시험기로 평가하였다.

접촉각의 측정은 SEO-300A Contact angle analyzer로 측정하였으며, 접촉각 분석은 SEO software로 시행하였다.

2.5 흡수성 시험

처리시편과 무처리시편을 상대습도 약 11%인 데시케이터에 72시간 조습 처리한 후 증량을 측정하였으며, 서로 붙지 않고 시편이 늘리지 않도록 망을 설치하여 증류수(23℃)에 함침시켰다. 5시간 경과 후 표면의 물기를 제거한 후 수분침투에 의한 흡수율을 측정하였다.

2.6 촉진열화에 의한 목재의 흡수성과 접촉각 변화 측정

각 처리시편을 촉진열화시험기에서 UV조사를 하였다. 한 면당 24시간씩 48시간을 조사하여, 같은 처리의 촉진열화를 하지 않은 대조구의 시편과 흡수성, 접촉각변화를 비교하였다.

2.7 촉진열화에 의한 발수처리목재의 색차측정

천연오일을 처리한 목재시편을 촉진열화시험기에 적용하여 빛과 수분에 의해 열화시킨 후 열화정도를 색차계로 측정하였다.

촉진열화시험기는 Xenon weather-Ometer (ATLAS Ci 3000+)를 사용하였고, 촉진열화의 Schedule 및 Lamp의 규격은 다음과 같다.

- 처리방법 : G26-4 (수분분무 및 광조사)
- 조사시간/시간 : 42min/hr
- 수분분무시간/시간 : 18min/hr
- 총촉진열화시간 : 94hr
- Lamp 조사량 : 340nm, 0.35w/m²

색차계는 Hunter식 색차계를 사용하였고, 촉진열화전과 후의 색차를 L, a, b 값으로 분석하였으며, 색차관계식은 다음과 같다.

$$\text{색차}(\Delta E) = \Delta Lab = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

$$\text{명도감소율}(Yd) = [(L_{\text{처리전}} - L_{\text{처리후}}) / L_{\text{처리전}}] \times 100$$

결과 및 고찰

3.1 유지류 처리재의 흡수성 평가

천연유지의 종류를 달리하여 목재에 처리하고 목재의 흡수성의 변화를 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 기름 중 가장 낮은 흡수량을 보인 것은 피마자기름이었다. 콩기름은 무처리와 가장 근접한 흡수량을 보였으며 그 다음이 해바라기 기름이었다. 오일을 처리한 목재는 무처리와 비교하여 볼 때 수분의 흡수하는 양은 적었으나 근본적으로 수분 흡수가 억제되지는 않았다. 이는 목재에 유지로 발수처리를 하게 되면, 습해지게되는 환경초기에는 수분침투를 억제하나 표면이 완전히 코팅된 것은 아니어서 장기간 노출되어지면 서서히 수분을 흡수하게 되는 것으로 판단된다. 아세톤으로 농도를 20%로 희석하여 흡수성 시험을 한 결과 47시간 후 가장 낮은 흡수율은 올리브 기름이었으며, 그 다음이 콩기름이었다 (Fig.2). 무처리와 유사한 흡수율을 보인 것은 아마인유 이었다. 유기용제로 20%선까지 희석하여도 흡수율의 결과는 100% 유지와 큰 차이는 없었으며 47시간까지 관찰하여 본 결과 100% 유지처리재와 유사한 경향을 보였다.

리와 가장 근접한 흡수량을 보였으며 그 다음이 해바라기 기름이었다. 오일을 처리한 목재는 무처리와 비교하여 볼 때 수분의 흡수하는 양은 적었으나 근본적으로 수분 흡수가 억제되지는 않았다. 이는 목재에 유지로 발수처리를 하게 되면, 습해지게되는 환경초기에는 수분침투를 억제하나 표면이 완전히 코팅된 것은 아니어서 장기간 노출되어지면 서서히 수분을 흡수하게 되는 것으로 판단된다. 아세톤으로 농도를 20%로 희석하여 흡수성 시험을 한 결과 47시간 후 가장 낮은 흡수율은 올리브 기름이었으며, 그 다음이 콩기름이었다 (Fig.2). 무처리와 유사한 흡수율을 보인 것은 아마인유 이었다. 유기용제로 20%선까지 희석하여도 흡수율의 결과는 100% 유지와 큰 차이는 없었으며 47시간까지 관찰하여 본 결과 100% 유지처리재와 유사한 경향을 보였다.

3.2. 목재표면의 물방울 접촉각

시간에 따른 접촉각의 감소를 1차식으로 나타내어 처리재와 무처리재간의 접촉각 감소를 비교하여 Fig. 3에 나타내었다. 천연 오일의 농도를 달리하여 처리한 목재 표면의 수분에 대한 성질 변화를 접촉각의 변화를 이용하여 검토하였다. 접촉각은 고체 표면의 젖음성(wettability)을 나타내는 척도로서, 대부분 고착된 물방울에 의해 측정된다. 낮은 접촉각은 높은 젖음성(친수성, hydrophilic)을, 높은 접촉각은 낮은 젖음성(소수성, hydrophobic)을 나타낸다(박등, 1999).

흡수성 시험은 대기 중에 떠다니는 수분에 의한 목재의 변화를 측정하는 것이나, 접촉각 시험은 목재에 물이 직접 닿았을 때의 발수성능을 평가하는 것으로, 흡수성 시험과는 평가하는 방법·목적에 있어서 차이가 있다. 흡수성 시험에서는 흡수초기에서 무처리와 처리재간의 차이가 나타났으나 시간이 지날수록 처리와 무처리의 결과가 큰 차이를 보이지는 않았다. 그러나 접촉각의 경우 처리재와 무처리

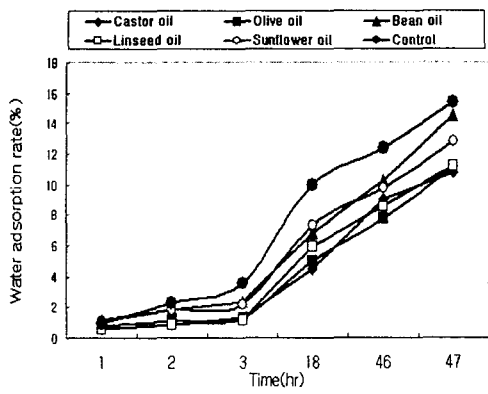


Fig.1. Water adsorption rate of oil treated wood.

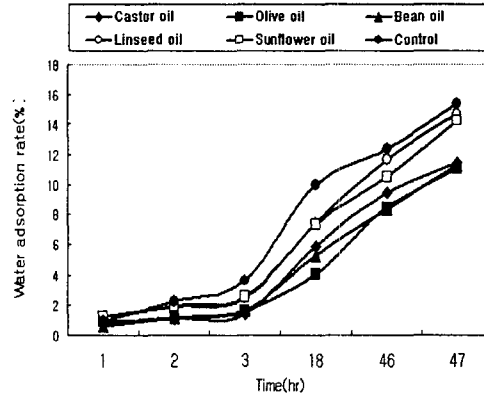


Fig.2. Water adsorption rate of 20 percent oil treated wood.

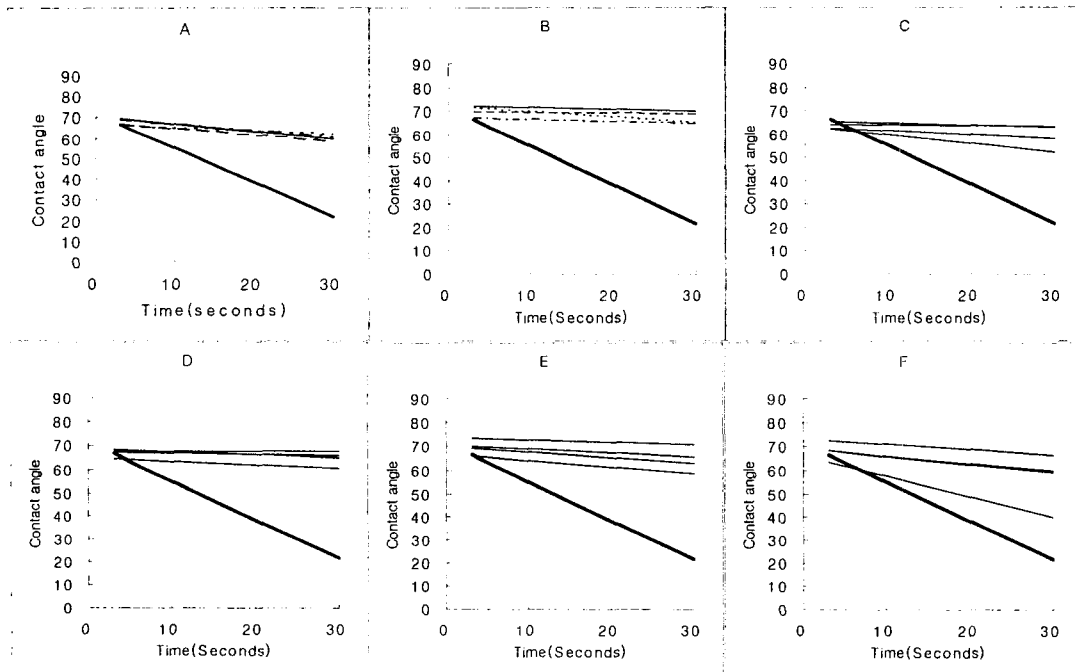


Fig. 3. Contact angle of several oil treated panels.

A:Caster oil, B:Olive oil, C:Soy bean oil, D:Linseed oil, E:Sunflower oil, F: Perilla oil
 (--- : control, — : oil treated panels)

재간의 결과가 큰 차이를 나타내었다.

Kazayawoko 등(1987)은 4수종의 목재표면의 상태를 접촉각으로 측정하여 비교 하였는데, 목재표면의 가열로 인하여 추출물질에 의한 막형성을 감소시키는 결과를 도출하였고, 활엽수가 침엽수보다 젖음성이 높다는 것을 보고하면서, 접촉각 측정은 재현성을 높일 수 있다면, 목재표면의 상태를 관찰할 수 있는 좋은 방법이라고 제안하였다.

Shi와 Gardner(2001)는 수종에 따른 목재표면의 성질과 수지에 따른 목재 표면의 변화를 접촉각으로 측정하였다. 이들의 결과에 따르면 목재 내 액체의 흡수는 목리방향에 따라 쉽게 일어났으며, 심재는 변재보다 순간접촉각이 낮다고 보고하였다. 수지의 종류에 따른 목재표면의 성질변화에 접촉각의 변화측정은 좋은 방법이 될 수 있으며, 목재 내 평형 접촉각은 목재표면에 떨어지는 물방울의 위치에 많은 영향을 받았다고 보고하였다.

실험 결과 무처리와 유지처리 시편과의 차이는 확연히 알 수 있었으나, 유지의 농도와 종류에 따른 접촉각변화는 시험구간에 큰 차이는 나타나지 않았다. 특별히 들기름의 경우 접촉각변화가 크게 나타나므로 들기름의 발수성은 다른 유지에 비하여 떨어지는 것으로 나타났다.

목재표면의 수분에 대한 저항을 평가하는 방법으로 접촉각 측정은 매우 간단하며 빠른 시간에 평가할 수 있는 장점이 있었다. 하지만 재현성의 부족과 목재 표면에서 물방울의 접촉위치에 따른 데이터의 변동 등은 개선되어야 할 점이라 사료된다.

3.3 축진열화에 의한 목재의 흡수성과 접촉각 변화 측정

축진 열화 시편의 흡수성 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 무처리 시편의 경우 함침 5시간 후 흡수율은 33.6%로 나타났으나 처리시편의 경우 약 14~24%정도로 유지처리에 의하여 발수성능이 향상되었다. 그러나 유지의 종

류에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다. 각 유지의 농도에 따른 흡수율 차이는 해바라기씨기름과 콩기름의 경우 농도 증가에 따라 흡수율은 감소하는 경향을 나타냈으나, 이 두 가지 유지를 제외한 다른 유지들은 농도에 따른 뚜렷한 흡수율 증가 경향이 나타나지 않았다. UV조사 시편의 경우, 모든 처리에서 흡수율이 증가하였다. 아마인유·피마자유처리 시편에서 비교적 적은 흡수율 증가를 보였으며 해바라기씨기름·콩기름·들기름·올리브유순으로 흡수율의 증가량 변화가 컸다.

축진열화된 시편의 접촉각측정결과를 Fig. 5에 나타내었다. 무처리 시편은 0초에서 측정된 값과 30초에서 측정된 접촉각의 차이로 나타낸 접촉각의 감소값이 41.0°로 나타났다. 유지 종류에 따른 접촉각 감소값은, 올리브유, 해바라기유, 피마자유에서 증가하였으며, 아마인유, 콩기름, 들기름에서는 감소하는 것으로 나타났다.

Kalnins와 William(1993)은 야외에 폭로시킨 목재의 열화정도를 평가하는 방법으로 접촉각측정방법을 사용하였다. 이들은 4주후에 접촉각이 77에서 51로 감소하였다고 보고하면서, 젖음성 또한 목재표면열화를 평가할 수 있는 인자임을 제안한바있다. 그러나 본 실험의 경우에는 UV조사에 의하여 축진 열화한 경우, 열화된 시편에서의 접촉각 감소치가 오히려 더 낮게 나타나는 시험구가 있어 천연 오일처리재의 축진 열화시편에서의 발수성능 측정에 접촉각 측정은 적용하기 어려운 것으로 사료되었다.

발수제처리재의 발수성능 평가방법으로서 함침 시험에 의한 흡수성 시험의 경우 UV조사 이후 흡수성능의 향상이 중량증가로 연결되어 열화재의 발수성능 평가에는 적합하였으며, 접촉각측정의 경우, UV조사에 의한 발수제의 내구성평가방법으로서는 부정확 할 것으로 판단되었다. 그러므로 접촉각 측정에 의한 발수성능 평가는 처리재의 초기 발수성능 평가만이 가능할 것으로 판단되었다.

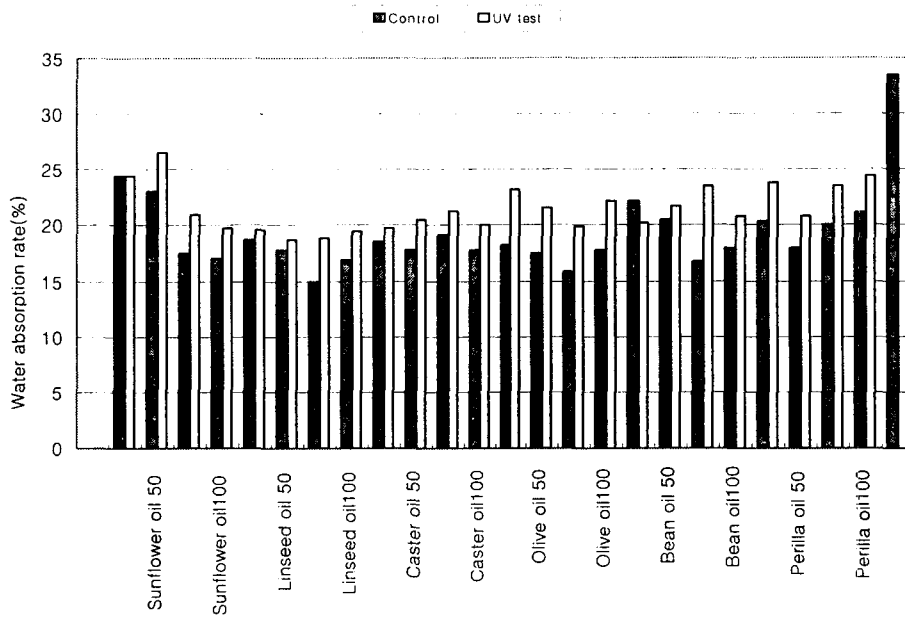


Fig. 4. Water absorption rate on acceleraterring weathering pannels treated with natural oils.

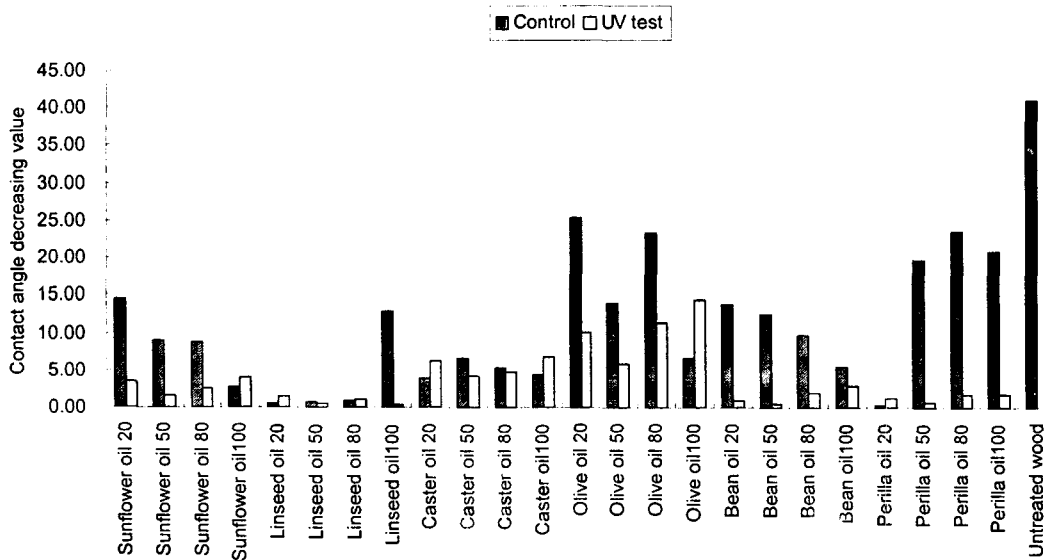


Fig. 5. Contact angle decreasing value on acceleraterring weathering pannels treated with natural oils.
(Decreasing Value; difference between 30seconds and 0second's contact angle value)

3.4. 촉진열화에 의한 발수처리목재의 색차측정

발수처리한 목재의 야외 사용의 경우, 처리 목재의 변색 안정성을 평가하기 위한 실험으로 자외선조사와 물분사를 병행하여 촉진열화 시험을 한 후 목재 표면 색의 변화를 비교 한 결과를 Table 2에 나타내었다. 시험 결과 무처리의 색차 보다 낮게 나온 처리구는 피마자유와 올리브유 처리구 였으며, 해바라기유와 들기름에서는 일부농도가 무처리보다 낮게 나타났다. 그러나 농도에 따른 경향은 없었다. 명도감소율이 무처리 보다 낮은 처리구는 피마자유와 올리브유 처리구였다. 콩기름과 들기름의 일부 처리구에서도 무처리보다 낮은 명도 감소율을 보였다. 명도 감소율에서도 농도에 따른 일정한 경향은 없었다. 목재의 색이 햇빛에 의하여 변한다는 것은, 목재성분의 구조변화가 일어난다는 것을 의미한다. 광변색의 메카니즘의 연구는 리그닌 모델물질을 사용하여 많은 연구가 진척되었으며, 리그닌 광변색은 초기반응이 크다는 점이 밝혀 졌다 (Chang *et al.*, 1981., Evans, 1981., Evans *et al.*, 1992).

또한 목재에서의 추출성분의 물질 중에는 리그닌과 유사한 광흡수기를 지닌 것이 있을 수 있어 광변색에 크게 관여 할 수 있다. 발수처리목재는 수분의 목재 침투를 지연시켜 목재표면의 침식을 억제할 수 있으나 근본적으로 광흡수를 억제 하기는 어려워 천연유지 처리만으로는 광열화에 대한 안정성을 기대하기는 어려우며 발수제로 이러한 효과를 기대하기 위해서는 자외선 차단제등의 첨가가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

국내에는 20여종의 수입 발수제가 유통되고 있으며, 국내에서 개발된 것도 1~2종 유통되고 있다. 발수제는 물에 대한 저항 뿐만 아니라 자외선, 균에 의한 열화 방지 또한 요구되어 진다. 천연오일을 기제로한 발수제 개발의 일환으로 천연오일의 발수성능을 평가할 수 있는 방법을 비교하고 자외선 열화에 대한 저항도를 측정하여 얻은 본 실험의 결과를 토대로 한 결론은 다음과 같다.

Table 2. Color difference of oil treated panels.

Concentration		Oils	Caster oil	Olive oil	Soybean oil	Linseed oil	Sunflower oil	Perilla oil
20	A(ΔE)		8.31	8.06	18.66	16.60	12.30	13.31
	B(%)		10.40	10.85	20.59	20.20	14.74	14.59
50	A(ΔE)		4.84	10.55	11.94	15.08	8.77	11.11
	B(%)		7.26	14.71	14.27	18.76	18.37	14.98
80	A(ΔE)		7.89	11.52	13.30	17.67	9.00	11.73
	B(%)		12.40	14.93	14.74	21.36	15.35	16.16
100	A(ΔE)		10.50	12.59	14.18	13.47	14.88	14.55
	B(%)		17.59	17.08	17.44	19.03	19.98	19.06

*A: Color difference, B:Decrease rate of brightness

Control : Color difference(ΔE) = 13.09, Decrease rate of brightness = 17.64%

흡습성 시험에서는 수분을 흡수하는 양은 적었으나 완전한 수분 억제는 일어나지 않았으며, 물방울 접촉각시험에서는 무처리와 유지처리 간의 차이는 분명히 확인 할 수 있었다. 접촉각 측정은 그 방법이 간단하기는 하나 재현성이 부족한 것으로 나타났다. 흡수성 시험은 무처리와 발수제를 처리한 시편간의 평가방법으로 적당하였으며, 자외선 열화된 시편의 열화 정도 측정에도 사용할 수 있었다. 그러나 자외선 열화시킨 발수처리 재의 접촉각 시험 결과는 일정한 경향을 얻기 어려워 발수처리재의 열화 정도를 측정하기에는 곤란하였다. 광변색의 시험결과, 천연유지 단독사용으로는 광열화에 대한 안정성을 얻기 어려웠다.

참고문헌

1. Chang, S. T., D.N.S. Hon., W.C. Feist. 1982. Photodegradation and photoprotection of wood surface. *Wood Fiber*. 14: 104-117.
2. Evans, P.D. 1988. A note on assessing the deterioration of thin wood veneers during weathering wood. *Wood Sci. Technol.* 20(4): 487-492.
3. Evans, P.D. 1992. Studies of the degradation and protection of wood surfaces. *Wood Sci.* 26: 151-163.
4. Kalnins, M.A and W. C. Feist. 1993. Increase in wettability of wood with weathering. *Forest products journal*. 43(2): 55-57.
5. Kazayawoko, M., A.W.Neumann., J.J. Balatinecz. 1987. Estimating the wettability of wood by the axisymmetric drop shape analysis-contact diameter method. *Wood Sci. Technol.* 31: 87-95
6. Shi, S.Q. and D.J. Gardener. 2001. Dynamic adhesive wettability of wood. *Wood and Fiber Science*. 33(1): 55-68.
7. Williams, R.S and W. C. Feist. 1999. Water repellents and water-repellent preservatives for wood. *Forest Products Laborateroy General Technical Report*. FPL-GTR-109.1-12.
8. William, C.F. 1988. Weathering performance of finished southern pine plywood siding. *Forest Prod.J.* 38(3): 22-28.
9. William, C.F. 1990. Weathering performance of painted wood pretreated with water- repellent preservatives. *Forest Prod.J.* 40(7/8): 21-26.
10. 박진구, 차남구, 신형재, 박장호. 1999. 접촉각 측정을 통한 유기박막의 특성평가. *마이크로 전자 및 패키징학회지*. 6(1): 487-492.