

# 목조문화재 보존을 위한 유지류 코팅제의 방수 성능 평가

나원주 | 조소영\* | 김도래\*\* | 정우양\*\*\*,1

전남대학교 임산-조경학과, 전남대학교 임산가공학과\*,  
북촌 불교미술보존연구소\*\*, 전남대학교 산림자원학부\*\*\*

## Water Resistance Evaluation of the Oils Coating for Conservation of Wooden Cultural Heritage

Won Ju Na | So Yeong Cho\* | Do Rae Kim\*\* | Woo Yang Chung\*\*\*,1

Department of Wood Science and Landscape Architecture, Chonnam National University, Gwangju, 500-757, Korea

\*Department of Forest Products and Technology, Chonnam National University, Gwangju, 500-757, Korea

\*\*Bookchon Buddhist Art Conservation Laboratory, Seoul, 110-260, Korea

\*\*\*Division of Forest Resources, Chonnam National University, Gwangju, 500-757, Korea

<sup>1</sup>Corresponding Author: [wychung@jnu.ac.kr](mailto:wychung@jnu.ac.kr), +82-62-530-2094

**초록** 목조문화재는 수분의 영향으로 열화의 가속화가 진행되기 때문에 전통적으로 표면을 수분으로부터 차단하기 위해 들기름 및 동유와 같은 유지류를 도포하였다. 그러나 목조문화재에 적합한 유지류 코팅 방법 및 성능에 대한 체계적인 연구가 부족한 실정이다. 본 연구는 천연 유지류 3종과 오일스테인 2종의 목재의 방향별, 공시재의 시간 경과 및 유지류의 증탕 여부에 따른 방수 성능을 평가하여 현장 적용 가능성을 판단하였다. 건전 목재의 섬유방향에서 상온의 천연유지류 코팅제 방수성능은 대조군과 비교하여 약 79.2%를 차단하였으며, 특히 동유는 90.5%의 수분을 차단할 정도로 우수한 성능을 나타냈다. 2년간 실내에서 컨디셔닝을 실시한 경우 유지류의 방수 성능은 약 8.8% 감소하였다. 유지류를 증탕하여 사용할 경우 약 5.0%의 방수 성능이 향상되며, 특히 아마인유는 증탕하여 사용할 경우 약 9.6%의 방수 성능을 개선할 수 있다.

**중심어:** 목조문화재, 보존, 표면 보호, 유지류 코팅, 방수

**ABSTRACT** Surface of the wooden cultural heritage has been protected from moisture by natural oils (such as perilla oil and tung oil), which accelerated degradation. But we can find seldom the research on the processes and performances of oil coatings. In this study, the water resistant performances by wood direction were compared to 3 types of natural oil and 2 types of oil stain, and the effect of additional indoor conditioning and temperature of oil were appraised in longitudinal direction. The natural oils block moisture about 79.2% comparing to the control in longitudinal direction. Especially the tung oil showed the outstanding water resistance about 90.5%. The water resistant performances decreased about 8.8% by additional indoor conditioning for 2 years. Heated oil improved the water resistance about average 5.0%.(Max. 9.6% with linseed oil)

**Key Words:** Wooden cultural properties, Conservation, Surface protection, Oils coating, Water resistance

## 1. 서론

목조문화재는 옥외에 노출되어 있어 물리적·화학적·생물학적·기상학적 등 다양한 요인에 의해 훼손된다. 국내 목조문화재는 해충과 부후균에 의한 생물피해에 의해 심각하게 훼손되고 있으며, 특히 목조문화재의 물리적·생물학적 열화는 수분에 의해 가속화될 수 있다(Kim *et al.*, 2004, Kim *et al.*, 2011). 우리나라는 전통적으로 목조건축물을 수분으로부터 보호하기 위해 들기름, 동유 등의 유지류를 칠하였으나(Kwok, 2002), 현재는 목조건축물에 유지류를 코팅하는 전통 방법이 전해지지 않아 단청 현장에서 적합한 시공이 어려운 실정이다.

문화재수리 표준시방서에는 단청공사 과정에서 도료층을 보호하기 위해 들기름 코팅을 실시하도록 되어있으며, 볶지 않은 들기름을 Vanquish 20(방부제)과 섞어 사용하도록 되어있다. 들기름 코팅은 백골집 또는 단청이 없는 부분에 대해서는 가칠단계에서 실시한다. 또한 채색된 부위에는 원액에 송유(테레빈유)를 섞어 칠하며, 습기가 많은 곳에는 가급적 칠하지 않도록 하고 있다(Cultural Heritage Administration, 2005).

목재를 유지류로 발수처리 하게 되면 수분 흡수율이 감소하여 발수 성능이 향상된다. 그러나 습해지게 되는 환경 초기에는 수분침투를 억제하나 표면이 완전히 코팅된 것은 아니어서 장기간 노출되어지면 서서히 수분을 흡수하는 것으로 보고된 바 있다(Lee *et al.*, 2002). 또한 목조문화재에 이용하는 들기름은 무채색 시편에서 5일 이전에 건조가 완료되며, 48시간 동안 흡수실험을 실시하여 들기름 도포에 따라 흡수율이 감소함을 보고한 바 있다(Kim and Hong, 2000).

본 연구는 선행연구와 시공 현장에 적합한 내용을 종합

하여, 현장에서 사용가능한 유지류에 대한 방수 성능을 검토하였다. 천연유지류 3종과 오일스테인 2종에 대해 목재의 방향별, 시간 경과 및 유지류의 중탕 여부에 따른 방수 성능을 비교하였다.

## 2. 연구 재료 및 방법

### 2.1. 재료 및 시편 제작

#### 2.1.1. 공시 목재

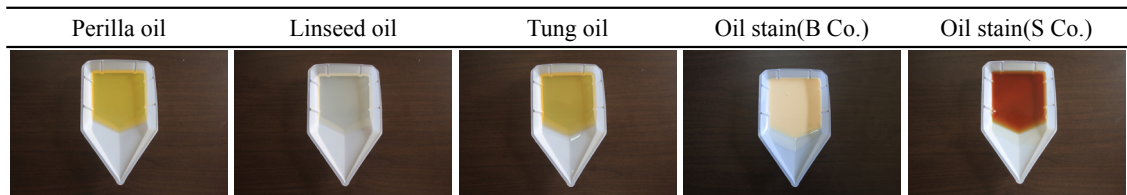
국내 목조건축물에 가장 많이 사용되는 국내산 소나무(*Pinus densiflora*)를 강원도 태백에서 건조 이후 제공받아 공시재료로 사용하였다. 공시목재의 사용은 2012년 9월에 1차로 방수성을 평가하였으며, 약 2년 동안 실험실에서 자연건조 조건으로 추가 컨디셔닝(Additional Indoor Conditioning, 이하 AIC라함)을 실시하여 2014년 9월에 추가실험을 실시하였다. 공시목재는 실험에 앞서 항온항습기(20°C, 60%)에 충분한 시간 보관하였으며, 전건중량 대비 함수율은 12.0%, 평균연륜폭은 5mm 이며, 무결점 부분을 선택하여 흡수실험을 실시하였다.

실험 규격은 KS F2204 「목재의 흡수량 측정 방법」을 참조하였으며, 100mm (L, 길이방향) × 30mm × 30mm 로 두면을 곧은결 단면인 직육면체로 하였다. 횡단면은 벨트샌더(Belt Sanding Machine, #400)로 연삭하였으며, 방사 및 접선방향은 대패질하여 가공하였다.

#### 2.1.2. 유지류 코팅제

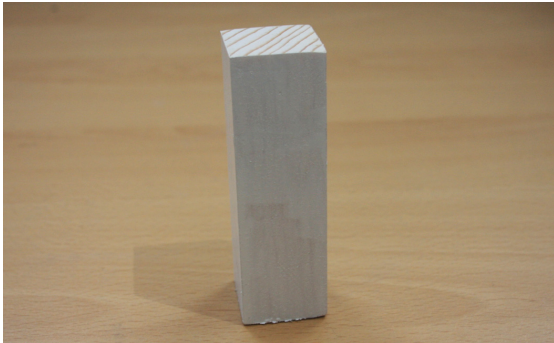
목조건축물에 사용 가능한 유지류 코팅제의 선택은 현장에서 구입이 용이한 기성품으로 제조된 유지류 5종을 선정하였다. 실험에 사용된 천연 유지류는 들기름(D사), 아

**Table 1.** Appearance of five oils used in the experiment.



**Table 2.** The density of five oils used in the experiment.

	Perilla oil	Linseed oil	Tung oil	Oil stain(B Co.)	Oil stain(S Co.)
Density(g/ml)	0.91	0.92	0.97	0.90	1.50



**Figure 1.** Wood specimen in the longitudinal direction.



**Figure 2.** Wood specimen in the transverse direction.



**Figure 3.** Appearance of the oil coating(Experiment in the longitudinal direction).



**Figure 4.** Appearance of the oil coating(Experiment in the transverse direction).

**Table 3.** Wood specimens in the longitudinal direction after oil coatings.

Control	Perilla oil	Linseed oil	Tung oil	Oil stain(B Co.)	Oil stain(S Co.)

**Table 4.** Wood specimens in the transverse direction after oil coatings.

Control	Perilla oil	Linseed oil
Tung oil	Oil stain(B Co.)	Oil stain(S Co.)

마인유(S사), 동유(L사) 3종을 선정하였으며, 오일스테인은 현장에서 많이 사용되는 것으로 알려진 2종(B사, S사)을 선정하였다(Table 1). 실험에 사용된 들기름은 선행연구를 통해 볶은 들기름의 문제가 보고된 바 있어(Kim and Hong, 2000), D사의 볶지 않은 들기름을 사용하였다. 실험에 사용된 유지류는 메스실린더와 실험용 저울을 이용하여 밀도를 측정하였으며, 그 값은 Table 2로 나타났다.

### 2.1.3. 유지류 코팅제 방수성 평가를 위한 시료 제작

유지류 코팅에 의한 방수성 평가를 위해, 공시목재의 실험면을 제외한 면은 유성방수페인트를 3회 칠하여 수분으로부터 완전히 차단하였다. 섬유방향 실험을 위한 시편은 횡단면이 드러나는 실험면과 그 반대면을 제외한 둘레방향 4면을 코팅하였다(Figure 1). 섬유직교방향 방수성 평가는 선행연구에서 수행되었던 방법을 참조하였으며(Lee *et al.*, 2002), 섬유방향과 동일한 시편을 횡단면 2면을 코팅하여 시편을 제작하였다(Figure 2).

유지류 코팅은 시공 현장에서 사용하는 방법을 준용하고자 하였으나, 코팅의 정도를 정량적으로 판단하기 어렵기 때문에 충분히 코팅될 수 있도록 고안한 방법으로 처리하였다. 섬유방향에 대해서는 2~3초 동안 실험면을 유지류에 침적하여 닦아내기를 5회 반복한 이후에 7일 동안 건조하였다. 이 과정을 3회 반복하여 시편을 제작하였다(Figure 3, Table 3). 섬유직교방향의 경우 붓으로 충분히 칠하고 닦아내기를 5회 반복한 이후에 7일 동안 건조하였으며, 이 과정을 섬유방향과 마찬가지로 3회 반복하여 시편을 제작하였다(Figure 4, Table 4). 건조 기간의 산정은 선행연구에서 사용된 지촉법을 사용하였으며(Kim and

Hong, 2000), 가장 늦게 건조되는 들기름을 기준으로 건조 기간을 7일로 산정하였다.

## 2.2. 실험방법

### 2.2.1. 목재의 방향에 따른 유지류 코팅제 방수 성능 평가

섬유방향 목재의 방수성 평가는 KS F2204 『목재의 흡수량 측정 방법』을 참고하여 실험하였으며, 30 mm x 30 mm 시험면(횡단면)을 25°C 증류수에 24시간 침적하여 수분 흡수량을 측정하여 비교하였다(Figure 5). 수분 흡수량은 침지 완료 후의 시편 중량( $W_1$ , 단위 g)에서 유지류 코팅 후의 시편의 중량( $W_2$ , 단위 g)을 빼고, 흡수면의 총면적( $A$ , 단위  $cm^2$ )으로 나눠서 계산하였다.

$$\text{흡수량} = \frac{W_1 - W_2}{A} \quad (\text{단위, g/cm}^2)$$

섬유직교방향 방수성 평가는 유지류 코팅제를 30mm x 100mm 시험면(둘레 4면)에 유지류 코팅을 하였으며, 섬유방향 실험과 동일한 방법으로 흡수량을 비교하였다(Figure 6). 유지류 코팅제의 종류에 따라 시편은 5배수 제작하였으며, 측정 범위는 치수  $10^{-2}$  mm, 중량  $10^{-2}$  g 까지 측정하여 계산하였다.

### 2.2.2. 컨디셔닝 시간 경과에 따른 유지류 코팅제 방수 성능 평가

목조건축물에 사용된 목부재는 장시간 옥외에 노출되어 건조결함이 발생한다. 목재에 발생한 건조결함은 유지류 코팅의 방수 성능에 영향을 줄 것으로 판단된다. 이에



Figure 5. Water absorption measurements of longitudinal direction specimens.

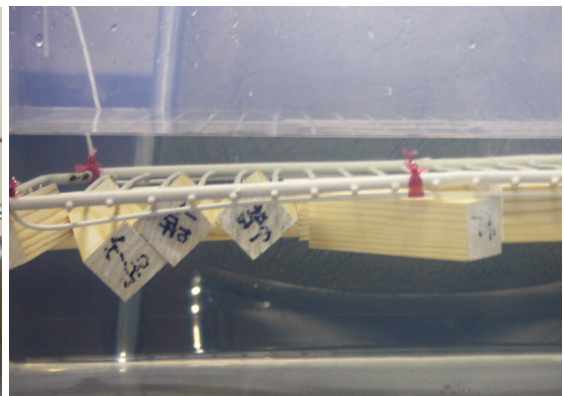


Figure 6. Water absorption measurements of transverse direction specimens.



**Table 5.** Water resistance of oil coatings in the longitudinal direction(Unit - g/cm<sup>2</sup>, %).

	Control	Perilla oil	Linseed oil	Tung oil	Oil stain (B Co.)	Oil stain (S Co.)
Average(g/cm <sup>2</sup> )	1.12	0.44	0.15	0.11	0.11	0.12
Standard Deviation(g/cm <sup>2</sup> )	0.54	0.27	0.09	0.06	0.05	0.02
Water Resistance(%)	-	60.2	86.9	90.5	90.1	89.1

**Table 6.** Water resistance of oil coatings in the transverse direction(Unit - g/cm<sup>2</sup>, %).

	Control	Perilla oil	Linseed oil	Tung oil	Oil stain (B Co.)	Oil stain (S Co.)
Average(g/cm <sup>2</sup> )	0.063	0.031	0.037	0.026	0.017	0.014
Standard Deviation (g/cm <sup>2</sup> )	0.005	0.001	0.006	0.004	0.002	0.001
Water Resistance(%)	-	50.0%	40.6%	58.3%	72.9%	77.3%



**Figure 7.** Oil coating in water bath.

앞서 실험한 동일한 목재를 2년 동안 AIC하여 섬유방향의 방수성을 평가하였으며, 방수성 평가는 앞서 언급한 방법과 동일하다. 시편은 5배수로 제작하였으며, 측정 범위는 치수 10<sup>-2</sup> mm, 중량 10<sup>-2</sup> g 까지 측정하여 계산하였다.

**2.2.3. 코팅제의 증탕 여부에 따른 방수 성능 평가**

유지류 코팅을 실시하는 시공 현장에서 유지류의 흡수율을 증가시키기 위해 증탕하여 사용하는 점을 확인하였다. 이에 유지류 5종을 60℃로 증탕하여 도포하여 방수 성능을 평가하였으며(Figure 7), 방수 성능 평가는 앞서 언급한 방법과 동일하다. 제작된 시편은 2년 동안 AIC한 목재를 5배수로 제작하였으며, 측정 범위는 치수 10<sup>-2</sup>mm, 중량 10<sup>-2</sup>g 까지 측정하여 계산하였다. 이 결과는 앞서 실험한 유지류를 증탕하지 않고 AIC한 목재에 도포한 실험군과 비교하여 검토하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**3.1. 목재의 방향에 따른 유지류 코팅제 방수 성능**

**3.1.1. 목재의 섬유방향 유지류 코팅제 방수 성능**

섬유방향의 대조군 실험을 실시한 결과, 일부 시편에서 평균값의 약 3~4배에 달하는 매우 높은 흡수량을 나타냈다. 이에 목재 시편을 제작하는 과정에서 발생한 건조결함이 실험 결과에 영향을 주는 것으로 판단하여, 대조군의 반복실험을 통해 약 10%의 시료에서 건조결함이 크게 발생하여 실험에 영향을 주는 것으로 판단했다. 이에 섬유방향의 실험에서 대조군의 흡수량보다 높게 나타나는 시편에 대해서는 반복실험을 통해 결과를 보정하였다.

목재의 섬유방향 유지류 코팅 방수 성능은 대조군의 흡수량(R<sub>1</sub>)과 실험군의 흡수량(R<sub>2</sub>)을 넣어 계산하여 평가하였다. 천연유지류의 경우 수분 흡수량은 평균 0.23g/cm<sup>2</sup>, 방수율은 평균 79.2%로 나타났으며, 동유, 아마인유, 들기름 순으로 성능이 우수하다. 오일스테인의 경우 수분 흡수량은 평균 0.12g/cm<sup>2</sup>, 방수율은 평균 89.6%로 나타났으며, 오일스테인 2종의 방수 성능이 서로 유사하다. 특히 천연유지류인 아마인유와 동유는 오일스테인 2종에 근접한 방수 성능을 나타냈다(Table 5).

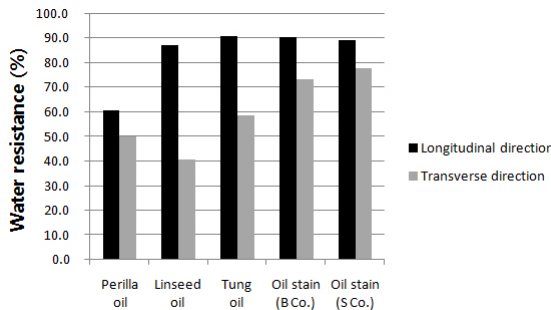
$$\text{방수율} = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \text{ (단위, \%)}$$

**3.1.2. 목재의 섬유 직교방향 유지류 코팅제 방수 성능**

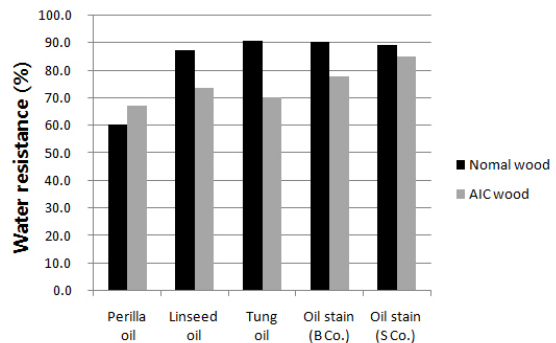
섬유직교방향 대조군의 수분 흡수량은 섬유방향의 약

**Table 7.** Water resistance of oil coatings in the longitudinal direction after AIC(Unit - g/cm<sup>2</sup>, %).

	Control	Perilla oil	Linseed oil	Tung oil	Oil stain (B Co.)	Oil stain (S Co.)
Average(g/cm <sup>2</sup> )	1.42	0.47	0.38	0.43	0.32	0.22
Standard Deviation (g/cm <sup>2</sup> )	0.13	0.06	0.13	0.12	0.19	0.33
Water Resistance(%)	-	67.0	73.4	70.1	77.5	84.9



**Figure 8.** Comparison of water resistance of oil coatings by wood direction.



**Figure 9.** Comparison of water resistance of oil coatings by AIC.

5.6% 정도로 낮게 나타났으며, 이에 흡수량은 10<sup>-3</sup>g/cm<sup>2</sup> 까지 계산하여 비교하였다. 섬유직교방향의 천연유지류 코팅에 따른 수분 흡수량은 평균 0.031g/cm<sup>2</sup>, 방수율은 평균 49.6%로 나타났으며, 동유, 들기름, 아마인유 순으로 우수한 성능을 나타냈다. 오일스테인의 경우 수분 흡수량은 평균 0.016g/cm<sup>2</sup>, 방수율은 평균 89.6%로 나타났다(Table 6). 섬유직교방향의 방수 성능은 섬유방향에 비해 비교적 낮은 결과를 나타냈으며, 천연유지류의 방수 성능은 오일스테인에 약 25.5% 낮은 결과를 나타냈다(Figure 8).

### 3.2. 컨디셔닝 시간경과에 따른 유지류 코팅제 방수 성능

약 2년 동안 AIC하여 발생한 건조결함을 확인하기 위해, 대조군의 방수 성능 실험을 반복하여 건조결함을 확인하였다. 대조군 평균 수분 흡수량에 약 3~4배에 달하는 시료는 전체시의 약 28.3%로 나타났다. 이들 시료는 횡단면 상에 방사방향으로 갈라진 할렬을 육안으로 확인할 수 있었다. 대조군의 평균 수분 흡수량은 반복실험을 통해 보정하여 평균을 계산하였으며(1.42 g/cm<sup>2</sup>), 이는 AIC 이전의 목재의 섬유방향 흡수량(1.12 g/cm<sup>2</sup>)에 비해 27.4% 증가

한 결과를 나타냈다(Table 5, 7). 목재는 흡수와 탈수를 반복하면 수축이력현상에 의해 평형흡수율은 감소하고 점차 흡수하는 능력이 떨어지는 것으로 알려져 있다(Kang *et al.*, 2008). 그러나 AIC로 횡단면 할렬(End check) 및 내부 할렬(Internal check)이 발생한 것으로 보이며(Jung *et al.*, 2008), 이는 섬유방향으로 길게 이어져 모세관 현상에 의한 수분 흡수량을 증가시킨 것으로 판단된다. 앞서 대조군에 비해 월등히 높은 흡수량을 보이는 시료를 제거하여 보정하였으나, 미세한 건조결함은 목재 내부에 남아 흡수량의 평균을 증가시킨 것으로 판단된다.

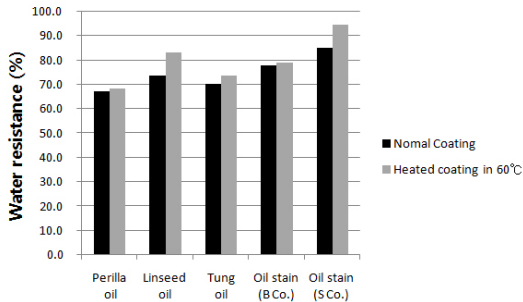
2년 동안 AIC한 목재의 유지류 코팅 성능을 비교한 결과, 들기름을 제외한 4종의 유지류에서 평균 12.7%의 방수 성능이 저하됐다. 이는 건조결함이 발생한 부위는 유지류가 피막을 형성할 수 없어 방수 성능이 저하됐을 것으로 판단된다(Figure 9).

### 3.3. 유지류 코팅제의 중탕 여부에 따른 방수 성능

60℃로 중탕하여 유지류를 코팅한 결과, 천연유지류의 경우 평균 흡수량은 0.36g/cm<sup>2</sup>, 평균 방수율은 74.7%로 나타났다. 또한 오일스테인의 경우 평균 흡수량은 0.19

**Table 8.** Water resistance of the 60°C heated oil coatings in the longitudinal direction after AIC (Unit - g/cm<sup>2</sup>, %)

	Control	Perilla oil	Linseed oil	Tung oil	Oil stain (B Co.)	Oil stain (S Co.)
Average(g/cm <sup>2</sup> )	1.42	0.45	0.24	0.38	0.30	0.08
Standard Deviation (g/cm <sup>2</sup> )	0.13	0.22	0.07	0.11	0.15	0.02
Water Resistance(%)	-	68.2	82.8	73.2	78.8	94.2



**Figure 10.** Comparison of water resistance of oil coatings by temperature.

g/cm<sup>2</sup>, 방수율은 86.5%이며, 천연유지류에 비해 오일스테인의 방수성능이 비교적 우수한 것으로 나타났다(Table 8).

중탕하여 코팅한 모든 유지류의 방수 성능이 개선된 것으로 나타났다. 천연유지류의 경우 들기름, 동유는 중탕 여부에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나, 아마인유의 경우 9.6%의 방수 성능이 개선됐다. 또한 오일스테인 2종의 경우 B사의 오일스테인은 방수 성능이 크게 개선되지 않았으나, S사의 오일스테인은 9.7%의 방수 성능이 개선됐다(Figure 10).

#### 4. 결론

1. 목조건축물의 표면 방수 성능을 개선하기 위해 유지류 5종의 방수 성능을 평가한 결과, 천연유지류는 대조군과 비교하여 섬유방향에서 79.2%, 섬유직교방향에서 49.6%의 방수 성능을 나타냈다. 특히 동유는 오일스테인 2종과 가장 유사한 성능을 나타냈으며, 이에 현장에서 적용하기에 가장 우수한 천연유지류로 판단된다. 오일스테인은 천연유지류에 비해 비교적 높은 방수 성능을 나타냈으나, 오일스테인에 포함된 성분이 목조문화재의 단청을 변색시킬 우려가 있기 때문에 적용에 대한 검토가 필요하다.

2. 추가 실내 컨디셔닝을 2년 동안 실시한 목재는 섬유방향에서 수분의 흡수량이 약 26.8% 증가하였으며, 동일

한 방법으로 처리한 유지류의 방수 성능이 약 8.8% 감소하였다. 이에 옥외에 노출되어 흡탈습의 반복에 의한 건조결함 발생에 따라 유지류 코팅의 방수 성능이 감소할 것으로 판단되며, 시간경과에 따라 목부재의 유지류 코팅의 횡수 및 주기 등의 검토가 필요하다. 아울러 향후 목조문화재와 유사한 조건의 옥외폭로 실험을 통해, 옥외에 노출된 목부재에 발생한 열화 및 건조결함 등이 코팅성능에 주는 영향에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3. 유지류를 중탕하여 사용할 경우 약 5.0%의 방수 성능을 개선할 수 있으며, 현장에서 유지류 코팅을 할 경우에 중탕하여 사용하는 것이 방수 성능을 높이는데 유리하다. 특히 아마인유는 중탕하여 사용할 경우 9.6%의 방수 성능 개선을 기대할 수 있다.

#### 사 사

이 논문은 2012년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

#### REFERENCES

Cultural Heritage Administration, cultural properties repairing standard specifications, 2005, Deajeon, 296-304.

Jung, H.S., Kang, H.Y., Park, J.H., Lee, N.H., Lee, H.W., Kang, C.W. and Yeo, H.M., 2008, A New Introduction to Wood Drying, Seoul National University Press, Seoul, 121-143.

Kang, C.W., Kim, N.H., Kim, B.R., Kim, Y.S., Byeon, H.S., So, W.T., Yeo, H.M., Oh, S.W., Lee, W.H. and Lee, H.H., 2008, New wood physics and mechanics, Hyangmunsa, Seoul, 71-73.

Kim, D.M., Hong, S.I., Shin, H.B. and Moon, S.H. 2011, Basis and Workings of safety inspections of Architecture Cultural Property, National Research Institute of Cultural

- Heritage, Deajeon, 151-216.
- Kim, S.K. and Hong, J.,k., 2000, The study on the perilla oil for the conservation of wooden cultural properties, Conservation studies, Vol. 34, 273-291. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.S., Kim, G.H. and Kim, Y.S., 2004, Wood conservation science, Chonnam National University Press, Gwangju, 39-181.
- Korean Standards Association, KS F2204; Method of test for water absorption of wood, 1999 (Verification 2009).
- Kwok, D.H., 2002, DanChung in Korea, Hakyoun Munhwasa, Seoul, 334
- Lee, D.H., Oh, H.M., Kang, C.H., Son, D.W. and Kim, J.I., 2002, The evaluation of water repellent effectiveness of natural oil treated wood, Journal of Korea Forestry Energy, 21(2), 34-42. (in Korean with English abstract)
-