

# 미얀마 바간유적 파야톤주 사원벽화의 채색층 고착처리를 위한 님(Neem) 수지 적용 가능성 연구

A Study on Applicability of  
Neem Resin as a Fixative on  
the Painting Layer of Mural  
Paintings from Payathonzu  
Temple in Bagan, Myanmar

음소정<sup>1</sup>, 이화수<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 회화보존연구소,

<sup>2</sup>건국대학교 조형예술학과

Eum Sojeong<sup>1</sup>, Lee Hwasoo<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Conservation of Paintings,  
Konkuk University

<sup>2</sup>Department of Fine Arts,  
Konkuk University

\* Corresponding Author:  
Lee Hwasoo

Tel: 82-43-840-3672  
E-mail: comp@kku.ac.kr

## 요약

미얀마 바간유적 파야톤주 사원벽화의 채색층은 다양한 요인으로 인해 손상이 발생한 상태이다. 본 연구에서는 미얀마 전통 접착제인 님(Neem) 수지를 대상으로 채색층 고착처리제로서의 적용 가능성을 확인하였다. 대조군으로 소아교와 Paraloid B-72를 선정하였으며, 원 벽화와 유사한 조건의 의사시료를 제작하여 고착제 도포 전·후 및 열화실험에 따른 변화양상을 확인하였다. 연구 결과, 님 수지는 농도가 높아짐에 따라 표면의 얼룩, 황변, 광택 등의 변화가 다른 고착제에 비해 크게 나타났으나, 4% 조건에서는 비교적 적은 변화가 확인되었다. 색도 및 광택도 역시 고착제 도포 전·후로 변화폭이 큰 것으로 확인되나, 다른 농도와 비교했을 때 4% 농도에서 낮은 경향이 확인되었다. 또한 고착강도의 경우, 님 수지의 농도가 높아짐에 따라 다른 고착제에 비해 비탄질층 및 채색층에 대한 고착 능력이 전반적으로 우수한 점을 알 수 있었다. 따라서 환경요인에 따른 적은 표면변화, 낮은 색차 및 광택도, 우수한 고착강도의 특성들을 보았을 때 님 수지 4%의 조건에서 채색층 고착 처리제로서의 적용 가능성을 확인할 수 있었으며, 이는 향후 파야톤주 사원벽화 보존처리를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

**주제어** : 사원벽화, 채색층, 고착제, 님 수지, 보존

## Abstract

The painting layer of Payathonzu temple mural paintings in the ruins of Bagan Myanmar has been damaged due to various reasons. In this study, the applicability of Neem resin, a traditional Myanmar adhesive, as a fixative on the painting layer was examined. Cow glue and Paraloid B-72 were selected as fixatives in the comparison group, and pseudo-specimens with conditions similar to the original mural paintings were produced to examine the changes before and after applying the fixatives and according to the deterioration experiments. As a result of conducting the experiments and comparing the fixatives, it was found that changes on the surface such as smudge, yellowing and gloss are greater with the application of higher concentration of Neem resin than with other fixatives. However, such changes were relatively small under the condition of 4% concentration. It was also confirmed that chromaticity and glossiness vary greatly between before- and after-application of the fixatives but that such discrepancies tend to decrease at 4% concentration compared to other concentrations. As for fixation strength, it was found that the fixation capacity of Neem resin on the base and painting layers is overall higher than other fixatives as the concentration is increased. Therefore, the applicability of 4% concentration of Neem resin as a fixative on the painting layer was confirmed considering the low surface changes according to environmental factors, low color discrepancy and glossiness, and characteristics of excellent fixation strength. It is believed that the findings of this study could be used as basic data for the preservation of Payathonzu temple mural paintings in the future.

**Keywords** : Mural painting, Painting Layer, Fixative, Neem Resin, Conservation

투고일: 2020. 9. 30. 심사(수정)일: 2020. 11. 10. 게재확정일: 2020. 11. 13.

## 1. 머리말

미얀마 바간(Bagha)에 위치한 파야톤주(Payathonzu) 사원은 13세기에 조성되었으며, 세 개의 사원(#477, #478, #479)이 나란히 연결된 구조이다<sup>[51]</sup>. 2018년 손상 상태 조사에 의하면, 파야톤주 사원벽화는 벽체의 균열, 층간분리, 유실 등의 손상이 진행되고 있으며, 채색층의 경우 균열 및 박리·박락, 분말화 손상이 발생한 상태로 조사되었다<sup>[52]</sup>. 또한 여러 차례 행해진 과거 고착처리에 의한 손상으로 과도한 광택과 변색, 채색층 박리의 손상이 나타나는 것으로 확인되었다<sup>[1][2]</sup>. 파야톤주 사원벽화는 건기와 우기가 반복되는 환경에 의해 이후 채색층 손상이 더욱 심화되어 나타날 것으로 예상되며, 앞으로의 장기보존에 영향을 받을 것으로 조사되었다<sup>[1]</sup>. 따라서 열화로 인해 채색층의 약해진 결속력을 높여주어 손실 위험을 예방하고자 채색층 고착처리가 필요하다. 2019년 분석결과에 의하면, 파야톤주 사원벽화의 채색층 제작에 님(Neem)이 전색제로 사용된 것이 확인되었다<sup>[2]</sup>. 님은 동남아시아권 미얀마에서 전통적으로 사용되어오는 수용성 접착제이며, 미얀마 바간 지역의 사원 및 탑 조성 시 벽화의 전색제로 사용된 것으로 전해진다<sup>[1]</sup>. 파야톤주 사원벽화의 손상된 채색층의 보존을 위해 고착처리가 필요하나 우선적으로 적용재료와 대상에 대한 효과 및 안정성이 검증되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 파야톤주 사원벽화 채색층의 전색제로서 사용된 님 수지를 이용하여 채색층 고착 처리 시 나타나는 효과와 기능을 파악하고, 파야톤주 사원벽화 채색층 고착처리제로서 님 수지의 적용 가능성을 확인하고자 하였다.



도1. 미얀마 파야톤주 사원벽화



도2. 채색층 손상상태 현황

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

파야톤주 사원벽화 채색층 전색제 분석결과<sup>[2]</sup>를 토대로 채색층에 사용된 바간 전통 접착제인 님 수지(N: Neem Tree Resin, Myanmar)와 회화 문화재의 제작 및 보존처리에 대표적으로 사용되는 천연 동물성 접착제 소아교(C: Cow glue, 鳳凰, Japan), 그리고 벽화 채색층 고착처리에 널리 적용되었던 아크릴계 수지(P: Paraloid B-72, Rohm and Haas, USA)를 고착제로 선정하여 고착제로서의 기능을 비교하고자 하였다<sup>(도3)</sup>. 본 연구에서 선정한 농도는 보존처리 시 사용하는 농도를 고려하여 고착제별로 설정하였으며, 다음과 같다<sup>(표1)</sup>.

표1. 선정한 고착 재료 및 농도

No	Fixative agent material	Concentration			Solvent
		Low	Medium	High	
1	Neem Resin	4%	7%	10%	Water
2	Cow glue	2%	3%	5%	Water
3	Paraloid B-72	2%	4%	7%	Toluene

### 2.2. 의사시료 제작

파야톤주 사원벽화에 대한 재질분석 결과에 따르면, 마감층은 주로 칼슘(Ca) 성분과 석영(Quartz), 방해석(Calcite) 등이 확인되어 석회와 모래로 이루어져 있으며, 입도분석 결과, 중립사 이상 48%, 세립사 이하 극세립사 이상 37%, 실트 이하 15%의 혼합비가 확인되었다<sup>[2,3]</sup>. 마감층과 채색층 사이에 백색의 바탕칠층이 확인되었으며, 바탕칠층은 석고(Gypsum,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )와 백운석(Dolomite,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) 성분이 검출되어 석고가 사용된 것으로 확인되었다<sup>[2]</sup>. 사원벽화의 채색에는 적색, 백색, 흑색, 황색, 녹색이 확인되며, 채색에 주로 사용된 적색의 경우 황화수은계통(HgS)의 성분을 가진 진사임이 파악되었다<sup>[2,3]</sup>. 분석결과를 토대로 석회(Baekkwang Mineral Products Co., Ltd., Korea)와 모래(Namkaung Silica Sand Co., Ltd., Korea)를 원 벽체와 유사하게 1:4의 비율로 혼합하여 95x95x10mm의 Petri-dish에 벽체를 제작한 후 상온에서 5일간 자연 건조하였다. 바탕칠은 석고(Samwoo Co., Ltd., Korea)로 2회 칠하였으며, 채색은 파야톤주 사원벽화에 대표적으로 사용된 안료인 진사(Cinnabar, Kail Art, Korea)를 2회 칠하여 채색층 여부에 따른 비교를 하고자 하였다. 고착제는 에어브러쉬를 이용하여 약 14ml 도포하였으며, 제작된 의사시료는 다음과 같다<sup>(도4, 표2)</sup>.



도3. 님 수지, 소아교, Paraloid B-72



도4. 제작된 의사시료

표2. 제작된 의사시료 분류

No	Sample Group	Sample Name	Sample Condition		Fixative Agent	Concentration (%)
			Ground Layer	Painting Layer		
1	White (Group-W)	WN4	Gypsum (CaSO <sub>4</sub> )	-	Neem Resin	4
2		WN7				7
3		WN10				10
4		WC2			Cow glue	2
5		WC3				3
6		WC5				5
7		WP2			Paraloid B-72	2
8		WP4				4
9		WP7				7
10	Red (Group-R)	RN4	Gypsum (CaSO <sub>4</sub> )	Cinnabar (HgS)	Neem Resin	4
11		RN7				7
12		RN10				10
13		RC2			Cow glue	2
14		RC3				3
15		RC5				5
16		RP2			Paraloid B-72	2
17		RP4				4
18		RP7				7

### 2.3. 고착제 적용 가능성 평가

고착제의 높은 점도로 인해 표면에 잔류될 경우, 환경요인에 의해 열화 되어 박리 및 박락, 변색 등의 물리적 손상으로 이어질 수 있으며<sup>[3]</sup>, 고착제의 pH 수치에 따라 적용되는 대상에 영향을 주어 재료의 열화를 촉진시키므로, 중성에 가까운 고착제가 안정성이 높다. 이에 파야톤주 사원벽화 채색층의 고착제로서 적합한 특성을 지니는지 확인하기 위해 고착제별 점도 및 pH 측정을 통한 물성평가를 진행하였다. 또한 원 벽화와 유사한 시료를 제작하여 표면관찰, 색도 및 색차, 광택도, 고착 강도

테스트의 평가를 통하여 고착제로 인한 변화 및 기능에 대한 적용성 평가를 실시하였다. 평가는 환경요인에 의한 영향을 확인하기 위하여 고착제 도포 전·후, 열화 후 조건의 결과를 통해 비교 평가하였다.

#### 1) 물성평가

고착제 농도 별 점도와 산성도를 파악하기 위해 점도계(DV2T, Brookfield, USA)와 pH 미터계(P15, iSTEK, Korea)를 이용하여 물성을 파악하였다.

#### 2) 표면관찰

고착제 도포 전·후, 열화 후 시료의 표면 상태를 육안조사 및 실체현미경(SMZ800N, Nikon, Japan) 80배율을 통해 변화양상을 관찰하였다.

#### 3) 색도 및 색차

고착제 도포 및 열화에 따른 채색층의 색상 변화를 보고자 색도계(CR-400, Minolta, Japan)를 이용하여 색도 측정을 실시하였으며, 색도 값은 5지점을 측정 후 평균값을 산출하였다. 각 고착제의 도포 전 색도 값을 기준으로 고착제 도포 후 색차 값의 색차를 구하였다. 또한 고착제 도포 후 색도 값을 기준으로 열화 실험 후 색도 값의 색차( $\Delta E^*ab$ )를 산출하였다.

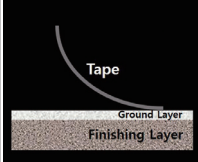
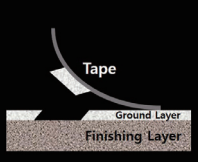
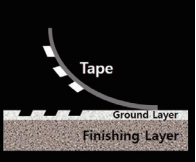
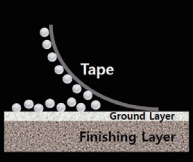
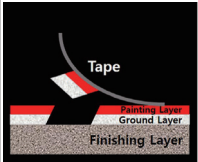
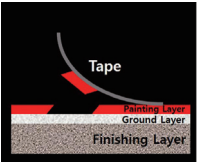
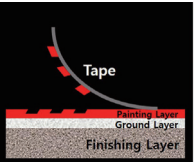
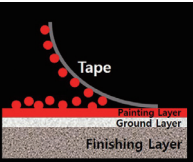
#### 4) 광택도

광택도 측정기(Micro-tri-gloss, BYK, Germany)를 사용하여 서로 다른 5지점의 평균값을 산출하였으며, 도포 전·후 및 열화 후 모두 동일한 지점에 3회씩 반복하여 측정하였다. 평가로부터 도출된 측정값은 표준 광택도 측정각인  $60^\circ$ 의 측정값이 10 이하이므로  $85^\circ$ (저광택)의 측정각을 기준으로 평가하였다.

#### 5) 고착 강도 테스트

고착 강도를 파악하고자 Cross-cut Tape Test를 이용하였으며, 시험 후 평가는 ASTM D3359-97 기준을 참고하여 실시하였다. 3mm 간격으로 격자를 낸 후 테이프(Scotch tape 610-1PK, 3M, USA)를 이용하여 시험하였다. 고착 강도는 A-B-C-D 등급으로 나누어 우수한 상태를 평가하였다<sup>(4)(5)</sup>.

표3. Cross-cut Tape Test 등급 상태 분류

Type	State			
	A	B	C	D
Group-W				
Group-R				

## 2.4. 열화 시험

고착제 도포 후 흡습건조 및 자외선 촉진 열화 시험을 통해 고착제 조건별 내후성을 파악하였다. 바간 지역의 건기와 우기 온·습도를 토대로, 흡습건조 열화를 위해 항온항습기(LVO-3060, Daihan Labtech, Korea)를 이용하였으며, 자외선 열화를 위해 촉진 내후성 시험기(QUV/se, Q-LAB, USA)를 사용하였다. 열화 시험 조건은 다음과 같다<sup>(표4)</sup>.

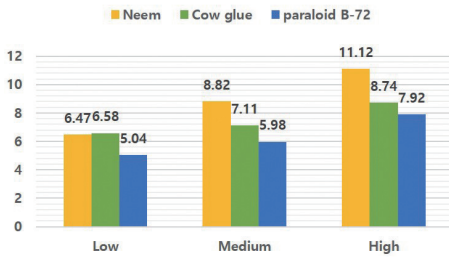
표4. 열화 시험 조건

Experiment	Condition	Period
Wet-Dry Aging	RH 20%, 60℃, 10hr	336 Hours (14 days)
	RH 95%, 50℃, 10hr	
U.V Aging	UV-A 340nm 0.68 W/m <sup>2</sup>	336 Hours (14 days)

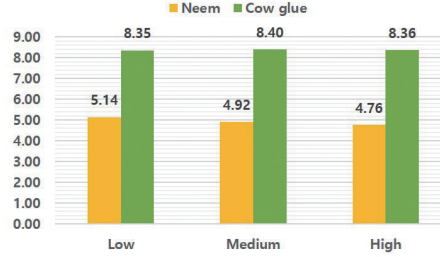
## 3. 결과

### 3.1. 물성평가

물성평가 결과, 저농도에서 N과 C의 점도가 비슷하나 농도가 높아짐에 따라 N의 농도가 월등히 높아지는 것이 확인되었다<sup>(도5)</sup>. 또한 수용성 매제를 사용한 고착제의 pH에서 N은 약산성, C는 약염기성을 띠는 것으로 파악되며, 특히 N의 경우 농도가 높아짐에 따라 산성도가 높아지는 경향이 확인된다<sup>(도6)</sup>.



도5 점도 측정 결과



도6. pH 측정 결과

### 3.2. 표면관찰

표면관찰 결과, W 그룹 중 C, P에서 고착제 도포 전·후의 큰 표면변화는 관찰되지 않았으나, N10에서 일부 황색을 띠는 것이 확인되었다. 또한, 흡습건조 및 자외선 열화 후, 모든 시료에서 미세균열이 나타났으며, 일부 매끈했던 표면이 고르지 않게 열화되는 변화가 관찰되었다.

R 그룹은 고착제 도포 후 농도가 높을수록 N과 C에서 얼룩, 광택, 색상 질어짐 등의 변화가 관찰되었다. 반면, P는 미세한 광택이 관찰되는 것 외에는 도포 전과 유사하였다. 흡습건조 및 자외선 열화 후 W 그룹과 유사한 변화양상이 관찰되나, 흡습건조 열화 후에는 표면에서 관찰되던 고착제의 얼룩이 확인되지 않았다<sup>(45,6)</sup>.



표5. 흡습건조 열화 시험 표면관찰 결과

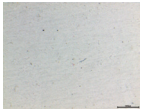
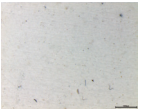
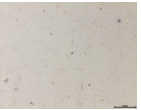



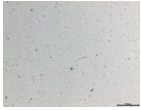





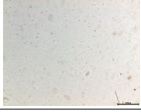
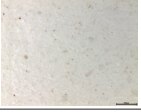


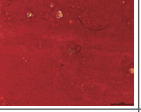
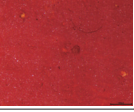
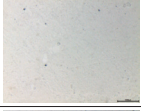
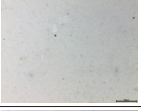
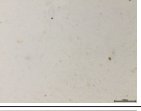



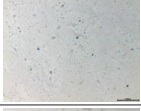
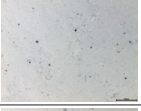
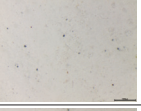

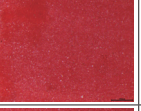

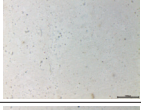
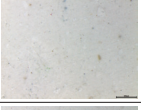
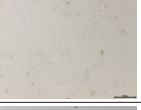



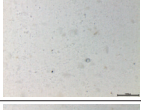
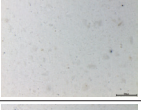
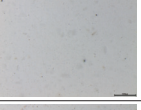




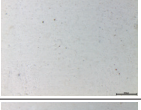
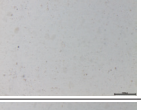





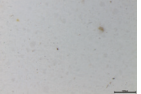
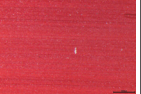


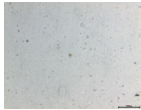
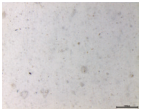
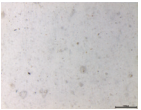


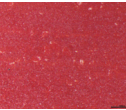
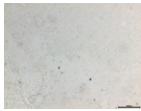
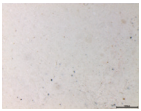
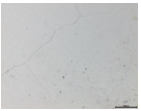



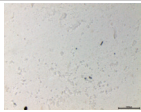
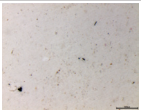
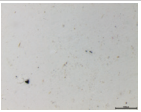


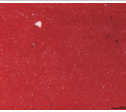
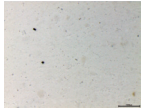
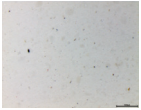
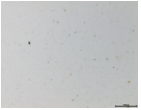



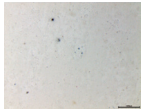
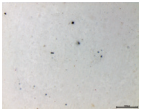
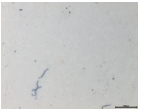



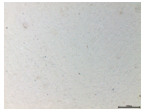
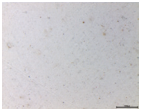




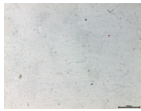
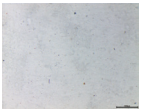




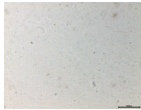
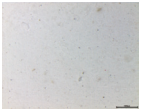
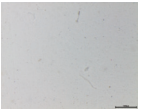

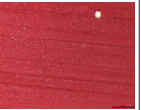

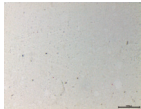
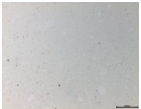




	Group-W			Group-R		
	Before	Applied	After Aging	Before	Applied	After Aging
N4						
N7						
N10						
C2						
C3						
C5						
P2						
P4						
P7						



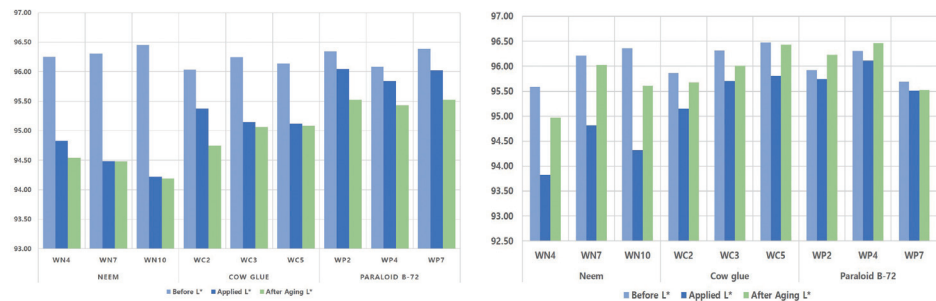
표 6. U.V 열화 시험 표면관찰 결과

	Group-W			Group-R		
	Before	Applied	After Aging	Before	Applied	After Aging
N4						
N7						
N10						
C2						
C3						
C5						
P2						
P4						
P7						

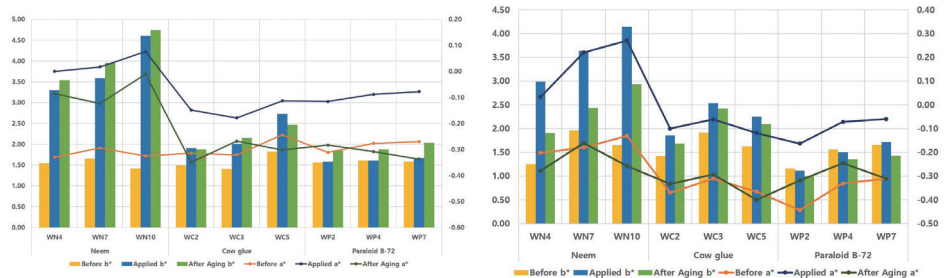
### 3.3. 색도 및 색차

W 그룹 색도 측정결과, 고착제 도포 후 전반적으로  $\Delta L^*$  값이 낮아지는 양상이 확인되었다. 흡습건조 열화 후  $\Delta L^*$  값이 더 낮아진 반면, 자외선 열화 후  $\Delta L^*$  값은 높아졌다<sup>(57)</sup>. 또한, 고착제 도포 후  $\Delta a^*$ ,  $b^*$  값 모두 높아지는 양상을 보인다. 흡습건조 열화 후  $\Delta a^*$  값 하락,  $\Delta b^*$  값이 상승하였으며, 자외선 열화 후  $\Delta a^*$ ,  $b^*$  값 모두 하락하였다<sup>(58)</sup>. 고착제 도포 후 색차 값은 N>C>P 순으로 높았으며, N은  $\Delta E^*_{ab}$  2.28~3.91 전후로 비교적 큰 색상 차이가 발생하였다. 도포 후와 비교한 흡습건조 열화 후 색차 값은 P>N>C, 자외선 열화 후 색차 값은 N>C>P 순으로 높게 측정되었다<sup>(57)</sup>.

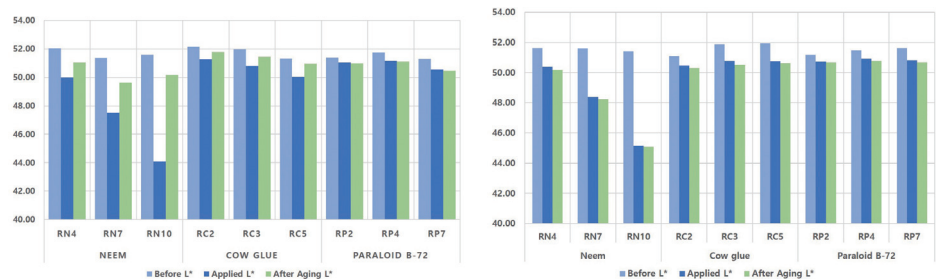
R 그룹의 경우, 고착제 도포 후  $\Delta L^*$  값이 낮아지는 양상으로 측정되며, 흡습건조 열화 후  $\Delta L^*$  값이 높아지는 반면, 자외선 열화 후는  $\Delta L^*$  값이 낮아진다<sup>(도9)</sup>. 또한, 고착제 도포 후 C의  $\Delta a^*$ ,  $b^*$  값이 하락하는 양상이 확인되었다. 흡습건조 열화 후 N의  $\Delta a^*$ ,  $b^*$  값만 하락 하였으며, 자외선 열화 후 모든 고착제의  $\Delta a^*$ ,  $b^*$  값이 낮아졌다<sup>(도10)</sup>. 고착제 도포 후의 색차 값 및 도포 후와 비교한 열화실험 후의 색차 값 모두 N>C>P 순으로 높게 측정되었다. 고착제 도포 후 N은  $\Delta E^*ab$  1.45~11.61 전후로 상당히 폭넓은 범위로 색상 차가 발생하였다. 열화 후 P는 농도가 높아짐에 따라 색차가 적어지는 양상이 확인된다<sup>(표7)</sup>.



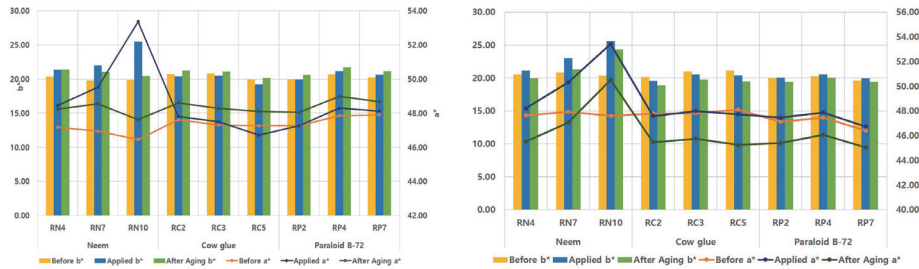
도7. Group-W의  $\Delta L^*$  값 측정결과 (좌: 흡습건조 열화시험, 우: U.V 열화시험)



도8. Group-W의  $\Delta a^*$ ,  $b^*$  값 측정결과 (좌: 흡습건조 열화시험, 우: U.V 열화시험)



도9. Group-R의  $\Delta L^*$  값 측정결과 (좌: 흡습건조 열화시험, 우: U.V 열화시험)



도 10. Group-R의  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  값 측정결과 (좌: 흡습건조 열화시험, 우: U.V 열화시험)

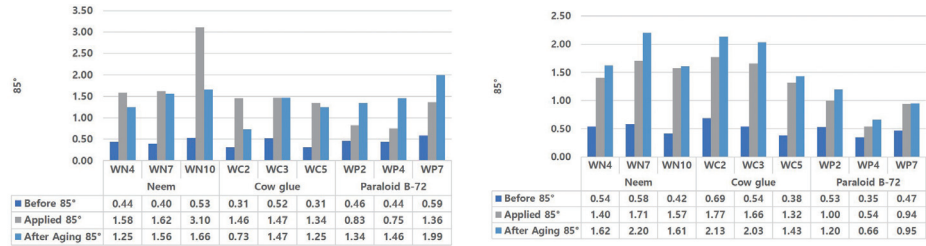
표 7. 고착제 적용 및 열화 실험에 따른 색차( $\Delta E^*ab$ )

Group-W	Applied	After Aging (Wet-Dry)	Applied	After Aging (U.V)	Group-R	Applied	After Aging (Wet-Dry)	Applied	After Aging (U.V)
WN4	2.28	0.39	2.48	1.60	RN4	2.62	1.06	1.45	2.93
WN7	2.68	0.39	2.21	1.74	RN7	5.16	2.52	4.57	3.67
WN10	3.91	0.17	3.24	1.84	RN10	11.61	9.76	10.01	3.15
WC2	0.80	0.66	0.88	0.59	RC2	0.96	1.25	0.87	2.26
WC3	1.26	0.19	0.90	0.39	RC3	1.25	1.18	1.20	2.39
WC5	1.37	0.32	0.96	0.71	RC5	1.55	1.89	1.44	2.66
WP2	0.35	0.61	0.34	0.53	RP2	0.34	1.05	0.55	2.16
WP4	0.31	0.54	0.33	0.42	RP4	0.87	0.92	0.74	1.87
WP7	0.42	0.67	0.31	0.39	RP7	0.88	0.74	0.92	1.79

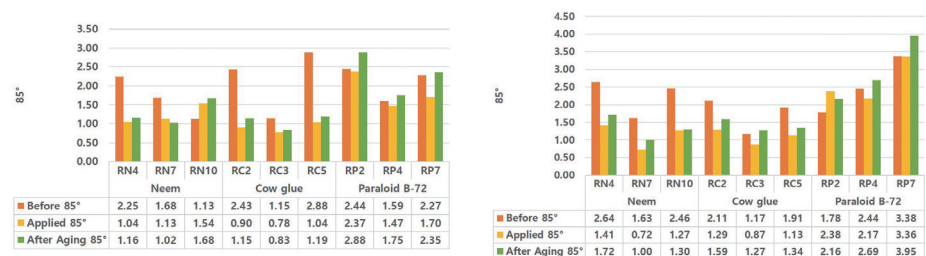
### 3.4. 광택도

광택도 측정결과, W 그룹은 고착제 도포 후 광택도가 약 2배 이상 증가하였다. 흡습건조 열화 후 N과 C의 광택도가 감소하였으며, 자외선 열화 실험 후 대부분의 조건에서 광택도가 증가한 양상이 나타난다. 흡습건조 열화시험 결과, 열화 전·후 광택도의 변화량에 있어 N10과 C2, P조건이 비교적 높으며, N10과 C2 경우 약 2배 이상 광택도가 감소하나 P조건의 경우 증가 된다. 자외선 열화시험 결과, 열화 전·후 광택도의 변화량을 비교해보았을 때, P>C>N 순으로 광택도의 변화가 적은 것으로 확인된다<sup>(도11)</sup>.

R 그룹에 대한 광택도 측정결과, W 그룹과는 반대로 고착제 도포 후 대부분의 조건에서 광택도가 감소하였으며, 흡습건조 및 자외선 열화 시험 후 대부분 시료의 광택도는 증가되는 양상이 관찰된다. 흡습건조 열화시험 결과 P>N>C순으로 광택도가 높았으며, 열화 전·후 광택도의 변화량은 P>N>C로 확인된다. 자외선 열화시험 결과, P>C>N 순으로 광택도가 높았으며, 열화 전·후 광택도의 변화량을 비교해보았을 때, P의 변화량이 비교적 높고 N, C는 유사한 것으로 판단된다<sup>(도12)</sup>.



도11. Group-W의 85° 광택도 측정 결과 (좌: 흡습건조 열화시험, 우: U.V 열화시험)



도12. Group-R의 85° 광택도 측정 결과 (좌: 흡습건조 열화시험, 우: U.V 열화시험)

### 3.5. 고착 강도 테스트

고착제 조건별 고착 강도 평가결과, 열화 전 W 그룹의 N과 C 조건은 고착제의 농도가 높을수록 우수한 고착 강도를 가지는 양상을 보인다. 흡습건조 및 자외선 열화 후에도 농도가 높을수록 우수한 고착 강도를 지나 자외선 열화에 비해 흡습건조 열화 조건에서 고착 강도가 저하되는 양상이 확인된다.

열화 전 R 그룹의 경우, W 그룹과 동일한 고착 강도 양상을 보이나, 석고 분말에 비해 진사 안료의 고착 강도가 다소 낮은 것으로 확인된다. 또한 열화 후의 고착 강도 역시 W 그룹과 동일하게 흡습건조 열화조건에서 저하되는 경향이 나타난다<sup>(표8,9)</sup>.

표8. 고착 강도 테스트 결과

				Fixation Force : A>B>C>D			
Group-W	Applied	After Aging (Wet-Dry)	After Aging (U.V)	Group-R	Applied	After Aging (Wet-Dry)	After Aging (U.V)
WN4	B	A	B	RN4	C	B	B
WN7	A	A	A	RN7	B	B	A
WN10	A	A	A	RN10	B	B	A
WC2	B	C	A	RC2	C	D	B
WC3	A	B	A	RC3	D	D	B
WC5	A	C	A	RC5	D	D	B
WP2	C	C	C	RP2	B	C	C
WP4	C	D	C	RP4	B	C	C
WP7	C	C	B	RP7	B	B	C



표9. 고착 강도 테스트 결과

	Group-W	Group-R
Applied		
After Aging (Wet-Dry)		
After Aging (U · V)		

#### 4. 고착 및 결론

본 연구에서는 미안마 바간유적 파야톤주 사원벽화와 유사한 조건으로 제작한 의 사시료를 토대로 물성 평가 및 적용성 평가 과정을 통해 채색의 전색제로 사용된 님(Neem) 수지의 채색층 고착 처리제로서의 적용 가능성을 확인하였다.

고착제 도포 전·후 및 열화 후에 따른 표면변화는 님 수지>소아교>Paraloid B-72 순으로 크게 나타났다. 님 수지는 농도가 높아짐에 따라 표면의 황변, 얼룩, 광택 등의 현상이 변화가 두드러지게 나타났으나, 4%에서 비교적 변화의 정도가 적은 것으로 확인되었다.

고착제 농도별 점도 측정 결과, 고착제 별 점도는 표면관찰 결과와 동일한 순으로 나타났다. 이를 통해 고착제 농도에 따른 표면변화의 차이는 점도에서 기인한 것으로 판단된다. 점도가 높을 경우, 고착제의 침투력을 저하시켜 채색층의 공극 사이에 들어가지 못함으로 표면 위에 잔류되며, 고스란히 채색층의 색상변화 및 광택 또는 얼룩 등의 표면변화를 유발할 것으로 판단된다<sup>[4]</sup>. 또한 님 수지는 Red 그룹의 일부

에서 고착제 도포 후 생성된 얼룩이 흡습건조 열화실험 후에 대부분 확인되지 않았다. 이는 시료가 흡습건조를 반복하는 과정에서 수분이 채색층 표면에 흡착되고, 이 수분으로 인해 응집되어있던 고착제가 다시 시료 내부로 확산된 결과일 것으로 판단된다. 이 과정에 의해 시료 표면에 요철이 생성되고 건조해지는 변화가 나타나는데, 이는 님 수지와 소아교에서 유사한 경향으로 관찰된다. 이러한 결과는 수용성 매제를 지닌 고착제의 특성에 의한 것으로 보여진다.

다음으로 고착제 도포 후 및 열화 후의 도출한 색차 값( $\Delta E^*ab$ )에 따르면, 님 수지>소아교>Paraloid B-72 순으로 색상변화가 큰 것으로 확인되었다. 이는 표면관찰과 유사한 결과로 고착제 농도가 높아짐에 따라 변화가 커지는 양상을 보인다. 님 수지의 경우, 10% 농도에서 색차 값( $\Delta E^*ab$ )이 약 12까지 높아지는 것으로 보아 환경변화로 인한 색상의 변화가 클 것으로 예측되나, 4% 농도에서 색차 값이 약 3 이하를 지나는 것을 보았을 때 비교적 색상 변화가 적을 것으로 파악된다.

광택도 측정결과, 광택도 값의 경향은 고착제의 고유특성 외에도 고착제가 적용되는 대상과 열화조건에 따라서도 차이가 있음을 확인하였다. White 그룹의 경우, 고착제 도포 후의 광택도가 증가하나, Red 그룹의 경우 대부분 감소하는 양상이 나타났다. 열화실험 후, White 그룹은 고착제 도포 후에 비해 광택도가 증가하는 양상이나, 흡습건조 열화의 님 수지와 소아교의 경우 광택도가 감소되었다. 이는 흡습건조 열화 시 수분 영향에 의해 수용성 매제가 지닌 용해 특성에 기인하는 것으로 판단된다.

고착 강도 테스트 결과, White 그룹에서는 님 수지>소아교>Paraloid B-72 순으로 우수하였으며, Red 그룹에서는 님 수지>Paraloid B-72>소아교 순으로 우수하였다. 이를 통해 님 수지의 고착 강도가 매우 높은 것을 파악할 수 있었으며, 농도가 높아질수록 고착강도 역시 증가되는 것을 확인하였다. 반면, 고착강도가 강할수록 적용된 고착제의 장력과 응집력으로 인해 바탕칠층 및 채색층이 고착제와 같이 떨어질 가능성을 배제할 수 없으며, 적용 대상에 고농도의 고착제를 사용할시 직접적인 영향을 받을 수 있음을 고려해야한다.

실험 결과를 종합해보면, 님 수지는 농도별 점도에 기인한 고착제의 표면 잔류도와 그로인한 광택 및 얼룩 등의 표면변화, 색도 및 광택도의 높은 변화폭 등이 확인되는 결과를 고려했을 때, 4% 농도가 비교적 적은 표면변화와 낮은 색차를 지니고 있으며, White 그룹에서의 낮은 광택도, 우수한 고착 강도를 지니고 있는 점으로 보아 고착제로서 적합할 것으로 확인된다.

따라서 파야툰주 사원벽화 채색층의 전색제로 사용된 님 수지를 고착제로 적용함에 있어서 4% 조건의 적용 가능성을 확인하였으며, 본 연구를 통해 파야툰주 사원



벽화의 채색층 고착처리에 기초적인 자료로서 참고 될 수 있을 것으로 생각된다. 향후 금번 연구를 기반으로 진사 외의 파야톤주 채색에 사용된 주요 색상들에 대하여 남 수지의 고착제 적용 가능성 관련 Pilot Test가 이루어진다면 보다 안정적인 고착 처리 기준이 마련될 수 있을 것으로 사료된다.

---

## 참고문헌

1. 한국문화재재단·건국대학교·충북대학교, *바간 유적 사원벽화 보존현황 및 파야툰주 사원벽화 보존처리 방안 연구*, 한국문화재재단, (2018).
2. 한국문화재재단·건국대학교·충북대학교, *바간유적 벽화 재료의 과학적 분석 및 보존처리 매뉴얼 제작*, 한국문화재재단, (2019).
3. 유영경, *미얀마 바간 지역 파야툰주 사원 벽화 채색층의 폴리초산비닐(PVAc) 고착제 제거를 위한 겔세척법 연구*, 충북대학교 대학원 문화재과학과 문화재과학전공, 석사학위논문, (2020).
4. 국립문화재연구소, *사찰벽화 보존처리 기술연구를 위한 채색층 손상진단 및 고착재료 기초연구*, 국립문화재연구소, (2015).
5. 국립문화재연구소, *문화재 보존처리 접착제*, 국립문화재연구소, (2016).
6. 이화수·한경순·이상진, 한국 사찰벽화 채색층 고착처리제 적용 연구, *보존과학회지*, **29(1)**, p81-92, (2013).
7. 이화수·한경순·정용재, *벽화보존의 이해*, 한국전통문화대학교, (2015).
8. 이화수·한경순·정용재, *벽화 보존기술과 방법론*, 한국전통문화대학교, (2015).
9. 진병혁·위광철, 한국 흙벽화 채색층 고착제의 보존환경에 따른 안정성 연구, *보존과학회지*, **46(3)**, p150-171, (2013).
10. 한경순, 토벽화 보존에 따른 고착제에 관한 연구, *보존과학회지*, **11(1)**, p38-51, (2002).
11. 한국문화재재단·문화재청, *황금의 나라 미얀마 파야툰주 사원벽화*, 한국문화재재단, (2018).