

한국 판벽화 채색층 보존처리 고착제의 내후성 연구

이 슬 | 한경순¹
건국대학교 회화보존연구소

A Study on the Weathering Resistance of Fixatives Used on Conservation of Painting Layer of Korea Wooden Painting

Seul Lee | Kyeong Soon Han¹

Institute of Conservation of Paintings, Konkuk University, Chungju, 27478, Korea

¹Corresponding Author: conservation@kku.ac.kr, +82-43-840-3677

초록 현재 한국 판벽화에 대한 연구는 극히 드물며 정확한 정의, 손상원인 등의 연구 또한 명확히 이루어지지 않고 있다. 따라서 판벽화 및 단청의 채색층 박리부위 고착을 위한 고착처리제의 내후성을 비교하였다. 시료는 육송 위층 5종의 호분, 자황, 석간주, 뇌록, 삼청안료를 채색하고 아교, 우뭇가사리, Methyl cellulose, PVAc계열 고착제(Caparol binder) 총 4종의 고착제를 각각 농도 0.5%, 1.5%로 도포하여 비교하였다. 고착 보존처리 후 문화재에 발생할 수 있는 환경변화 요소인 온·습도, 자외선을 인위적으로 조사(照射)하였다. 조사 후 환경에 따른 물성 변화는 색차변화, 박리 손상도 평가, 표면관찰을 통해 다각적으로 관찰하였다. 실험결과, 아교는 타 고착제들에 비해 모든 채색층이 안정적으로 고착되었으나 실외에 노출되어 있는 삼청에 사용할 시 황변이 우려되었다. 우뭇가사리는 아교와 마찬가지로 삼청은 자외선에 의한 영향을 받으나 이외에 급격한 온·습도 변화에는 타 고착제에 비해 고착력이 가장 우수했다. Methyl cellulose는 일정 이상 농도에서 광택에 유의하여야 하며 급격한 온·습도 변화에 비교적 강했으며 PVAc계열 고착제(Caparol binder)는 타 고착제들에 비해 고착성이 현저히 떨어졌다.

중심어: 판벽화, 채색층박리(락), 고착제, 내후성, 우뭇가사리

ABSTRACT Currently, there are very few studies on Korean wall paintings. Therefore, this study discusses the current conditions of wooden paintings and the characteristics of the adhesive agent in the painting layer separation. Korean land pine was chosen as the support, while white oysters shells, orpiment, red ocher, Noerok, and azurite were used as pigments. With four adhesive agents, including animal glue, Gelidium, methyl cellulose, and PVAc (caparol binder), a comparative experiment was conducted, by dividing them into two concentrations, of 0.5% and 1.5%. The temperature, humidity, and ultraviolet rays, which are contributing environmental factors in cultural assets after fixing, were artificially investigated. After deterioration, observed color difference, fixing, and the surface. Results showed that the animal glue strongly fixing all the colored layers compared to the other adhesives; however, azurite had a partial change when used outdoors. With Gelidium, which functioned similar to animal glue, the azurite was affected by the ultraviolet rays; nevertheless, despite the variations in temperature and humidity, it had the best gripping force compared to the other adhesive agents. Methyl cellulose was glossy at a high concentration, and was relatively strong against rapid changes in temperature and humidity. PVAc significantly reduced the binding force, compared to other adhesive agents.

Key Words: Wooden painting, Pigment adhesive, Fixative, Weathering resistance, Gelidium

1. 서 론

목조문화재는 우리나라 전통 목조 건축물의 다수를 차지하고 있다. 전통사찰 수는 약 860여개로 추정되고 있으며(2008년 기준), 2015년 문화재청 통계자료에 따르면 국가 지정 목조문화재 중 사찰건물은 91개로 약 52%를 차지하고 있다. 사찰벽화에 사용되어 온 전통 바탕재료로는 흙벽, 회벽, 판벽 등이 있으며, 목조건물을 보호하기 위해 설치된 목재판벽 위에 그려진 불화를 판벽화, 판벽불화라 부른다(Dongguk Buddhist Academy, 2005). 판벽화는 단청에 비해 밀칠(호분 혹은 뇌록)이 상대적으로 얇거나 없는 경향을 보인다. 현존하는 단청문화재는 대체로 조선시대 후기에 편중되어 있으며 벽화문화재는 삼국시대의 고분유적이거나 조선시대의 사원 건물 벽에 주로 남아있다. 이들 채색 증거물은 성격별, 시대별로는 연관이 별로 없어 보이지만 재료적인 측면으로 안료가 같다는 공통점이 있으며(Industry-Academic Cooperation Foundation Gyeonju University, 2008) 현존하고 있는 판벽화는 파주 보광사, 남양주 흥국사, 은혜사 운부암 등 소수이다.

판벽화는 지지체가 유기질로 이루어져 있어 자외선, 산소, 열, 수분 및 생물학적 요인 등 외부요인에 의한 열화가 진행되며 광노출에 의한 변색이 장기간의 목재 이용에 있어 큰 문제로 여겨지고 있다(Park *et al.*, 2016). 이러한 이유로 연대가 오래된 판벽화는 국내에서 찾아보기 힘든 실정이며 손상된 후에는 원형복원이 불가능하기 때문에 예방보존에 각별한 주의가 요구되는 유산이다. 우리나라에서는 1962년 문화재보호법이 제정된 이래 ‘문화재’와 ‘문화재 보존’분야에 관심을 갖기 시작하였으며(Lee, 2018), 1960년대 후반부터 전통목조건축문화의 재건사업이 시작되었다(Park, 2010). 이처럼 불화의 전통기능을 보존하기 위해 법적, 제도적 장치를 마련하여 무형문화재로 지정하여 관리하고 있지만(Im, 2005) 이는 대부분 흙벽화, 탕화 등에 국한되어 있으며 판벽의 경우 전통목조건축물 수리 시 보존에 대한 조치가 이루어지지 않아 많은 부분들이 훼손되어 있는 상태일 뿐만 아니라 보존처리 인식마저 미흡하다. 판벽화의 보존을 위해 손상원인에 대한 과학적인 규명과 이를 해결할 수 있는 방안 마련이 필수적이다(Han, 2017).

판벽화와 단청 보존처리에 사용되는 고착제 관련 연구

는 단청에서 발생하는 도막의 박리 현상을 개선시키기 위해 아교와 아크릴 에멀션, 아크릴 수지를 비교한 연구(Oh, 2005) 교착제의 종류에 따른 비교 실험으로 전통적으로 사용되어 왔던 교착제들과 합성수지를 비교한 연구(Han and Shin, 2007), 현재 보존처리가 진행되고 있는 제천 신록사에 대한 판벽화 보존방안에 관한 연구와 동시에 실제 보존처리 시 참고하여야 할 보존방안을 제시한 연구(Han, 2017)가 있다. 이처럼 판벽화의 재료와 기법에 대한 직접적인 연구는 미흡한 실정이며 명칭에 대한 명확한 정의조차 내리지 못하고 있다.

채색층은 벽화보존처리에서 가장 우선시 되는 부분이다(Han, 2002). 채색층의 고착처리가 이루어질 때의 주변 환경과, 고착제에 따른 특성을 인지하고 분별하여 선택 사용할 수 있도록 결과 값을 제시하는데 목적이 있다. 내후성이 우수한 고착제를 사용하고자 하는 노력은 진행되어 왔으며 새로운 물질의 발견과 동시에 현재에 이르러도 꾸준히 개선해 가야할 과제이다.

따라서 본 연구에서는 채색층 박리부위의 고착보강을 위한 고착제로서 활용 될 수 있는 재료의 비교 연구를 진행하였다. 열화실험 후 시료에서 나타나는 물리·화학적 변화를 색차, 박리 손상도를 통해 정량화하여 비교·분석하고 고찰하였다.

2. 연구방법 및 시료 제작

2.1. 연구방법

2.1.1. 물성분석

채색층의 고착처리에 있어 점도는 작업의 편리성에도 영향을 미치며 박리층과 지지체를 밀착시켜주는 중요한 요소 중 하나이다. 점도는 회전형 점도계(LVDV-II+pro, Brookfield, USA)를 사용하여 측정하였다. LV-03(63)(Spindle), 150RPM (speed), 1±18℃ (Temperature), 5(End condition), 1minute (Multi point)의 조건으로 측정하였다. 고착제의 pH는 pH epoxy electrode(ST310, Ohaus, China)를 pH meter(ST3100, Ohaus, China)에 연결하여 고착제별로 3회 측정하였다. 평균 편차가 1.0 pH 이하였기 때문에 모든 결과 값의 평균을 도출해 비교하였다.

Table 1. Condition of sample

Experimental group	Fixative	Concentration	Pigment	Specimen quantity
UV irradiation	Animal glue, Gelidium, PVAc, Methyl cellulose	0.5%, 1.5%	Oyster shell, Orpiment, Red ocher, Noerok, Azurite	8 set 40 ea
High temperature and humidity	Animal glue, Gelidium, PVAc, Methyl cellulose	0.5%, 1.5%	Oyster shell, Orpiment, Red ocher, Noerok, Azurite	8 set 40 ea

2.1.2. 열화

내후성이란 일광, 풍우, 이슬, 서리, 더위·추위, 건조 등 자연의 작용에 저항하여 변화하지 않으려는 성질을 뜻한다. 이러한 재료들은 하중의 유무와는 관계없이 접촉하고 있는 환경이나 매질에 의해서 물성과 수명, 파손형태가 달라진다(Osswald and Menges, 1998). 따라서 강제 열화는 처리재료 비교실험에 있어 중요한 과정이라 판단된다. 자외선 조사 실험은 KS M ISO 11507(페인트와 바니시-도료의 촉진 내후성 시험-날씨와 UV의 형광성 노출)을 기반으로 제작된 자외선 시험기를 사용하였다. 시험기는 총 4개의 UV-C(SANKYO DENKI_G40T10)타입 형광램프가 장착되어 있으며 자외선 파장은 253.7 mm, 시료표면까지의 거리는 270 mm이다. 내부온도는 35℃를 유지하며 총 336 시간으로 설정하였다. 항온·항습시험은 항온·항습기(TXMI2500, 삼원과학, Korea)를 이용해 우리나라의 여름과 겨울의 평균 온·습도를 고려하여 온도 30℃·RH80%·12 hr와 -5℃·RH50%·12 hr 조건으로 14cycle(336 hr) 설정하였다.

2.1.3. 내후성평가

영상현미경 관찰 채색안료의 입자상태, 고착제 경화 상태, 열화 후 상태 등을 조사하였다. 측정기기는 영상현미경(SV-55, SOMETECH, Korea)을 이용하여 non-contact*300배 확대로 안료의 입자크기 및 형태를 관찰하고 1000배로 고착제 도포 후 특징을 관찰하였다.

채색층의 고착도와 밀착성을 비교하기 위해 박리손상도 평가를 진행하였다(KS M ISO 2409:2008준용). 시험 전 온도 23±2℃, 상대습도50±5%에서 16시간 이상 상태를 조정하고 절단용 칼 도루코 S401커터, 테이프 Scotch® 포장용 테이프 48 mm×40 m(투명)을 사용하였다. 동일 시편에 대한 평가는 2회 실시하였다. 밀착성 등급의 판단은 동일 구역에 명시되어 있는 밀착성의 판정기준에 근거하였다. 호분, 뇌록, 삼청은 채색층을 절단 할 수 없을 정도로 자체 열화가 진행된 상태이기 때문에 본 평가에서 제외하였다.

시료표면의 색차는 색차계(CR-400, Minolta, Japan)을 이용하여 국제조명 위원회(International Commission Ellumination)에서 규정한 CIEL*a*b*측정체계를 사용하였다. 실험에는 XYZ filter방식의 CIE 표준 광원C, 시야각 10°의 조건에서 분석면적 10 mm, 지그(Gig)를 제작하여 4회 측정 후 평균값을 채택하였다. 편차 값은 미국국가표준원의 색차값 평가표에 의거하여 색차를 확인하였다.

2.2. 시료 제작

시료 제작은 온도 20±2℃, 상대습도 60±5%, 직사광선이 들지 않는 실내에서 진행하였다. 시료는 조선시대 후기에 제작된 신록사의 내부의 빗받자 위에 그려진 판벽화와 현재 조사된 벽화 및 문화재수리 표준시방서와 건축공사 표준시방서등을 참고하여 제작하였다.

지지체는 갈래과 웅이가 없는 전통 목조건축물의 재료로 사용하고 있는 함수율 13%이하의 육송을 판재로 가공해 사용하였다. 바탕면은 종이사포(#800)를 이용해 연마하였다. 시료 1개의 크기는 300 mm(가로) × 50 mm(세로) × 10 mm(높이)이며 각 색상별 60 mm × 50 mm크기로 시편 1개당 5개의 공간으로 분할하여 총 16개(80공간)의 시편을 제작하였다(Table 1, Figure 1-A).

바탕층의 포수는 막대야교(봉황社, Japan)를 24시간 상온의 증류수에 팽윤시켜 물중탕법으로 평균 60℃에서 30분간 가열하였고 면보에 걸러 불순물을 제거해 주었다. 폭 5 cm의 양모분에 포수액 3 g을 묻혀 서로 엇갈리는 방향으로 저농도 4회칠, 고농도 1회칠 총 5회의 포수를 진행하였으며 야교수는 평균 온도 40℃에서 사용하였다.

안료의 선정은 안료의 내광성 연구(Lee, 2014)와 전통 단청 대상으로 실시된 원료광물의 조사분석결과(National Research Institute of Cultural Heritage, 2017)를 참고하였고, 그 중 사용 빈도가 높으며 고대문헌에 기록된 안료를 우선으로 선정하였다. 호분(胡粉, Oyster shell, Japan), 자황(雌黃, Orpiment, China) 석간주(石間硃, Red ocher, China)

Table 2. Materials used in making specimens

pigment	Chemical formula	Mixing degree (g)		Painting layers thickness (mm)	Thickness (μ)
		Pigment	Distilled water		
Oyster shell	CaCO ₃	25	10	1.308	-
Orpiment	As ₂ S	5	9	0.929	10
Red ocher	Fe ₂ O ₃	5	6	1.449	10
Noerok	K(MgFe ²⁺)(Fe ³⁺ , Al)Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	10	12	1.106	10
Azurite	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂	10	11	1.089	10

Table 3. Viscosity measurement results by fixatives

Fixatives	Concentration		Viscosity			
Animal glue	0.5%	2.40	1.60	1.60	1.60	1.60
	1.5%	2.40	3.20	2.40	2.40	2.40
Gelidium	0.5%	28.00	28.00	28.80	28.80	28.80
	1.5%	103.20	102.90	103.90	102.90	103.20
Methyl cellulose	0.5%	9.00	9.20	9.00	9.20	9.40
	1.5%	43.20	44.00	43.20	44.00	44.00
PVAc	0.5%	1.60	1.60	2.40	1.60	1.60
	1.5%	4.80	4.00	4.00	4.00	4.00

뇌록(靑綠, Noerok, China) 삼청(三靑, Azurite, China) 총 5 가지 안료를 선정하였다. 채색안료는 사용 전 SEM-EDX 촬영으로 성분 조성을 분석하였다. 안료는 점착성이 없는 발색물질이기 때문에 전색제를 필요로 하지만 순수한 고착제의 색도변화를 관찰하기 위해 전색제 없이 증류수만을 혼합하여 24시간 간격으로 총 2회 도포하였다. 채색안료의 배합비율과 채색층의 두께는 다음과 같다(Table 2).

2.3. 고착제 도포

본 연구에서는 천연 점착제 2종, 합성점착제 2종을 선정하고 농도를 세분화하여 판벽화 채색층의 고착제로 적용하였다. 고착제의 농도는 0.5%, 1.5%로 구분하여 비교하였다. 천연 고착제는 벽화보존처리에 사용되어 온 막대 소아교(봉황社, Japan), 우뭇가사리(완도, Korea)를 사용하였다. 합성 고착제는 수용성으로 점도 조절이 용이하여 유기물의 강도보강처리제로 많이 사용하고 있는(Kim, 2008) Methyl cellulose(Talas, Usa), 흙벽화의 보존처리에 사용되고 있으며 Polyvinyl Acetate(PVAc)계열의 고착제 Caparol binder® (Liant Caparol, Germany)를 사용하였다.

채색층 표면 위 고착제 도포는 스포이드(3 ml)를 이용한 간접고착 1회, 물리적 밀착 후 양모뭇(3 ml)을 이용한 고착 2회를 진행하였다. 고착제의 제작 시 아교는 포수층 아교와 동일하게 제작하였고 우뭇가사리는 온수가공법(Lim,

2014)으로 제작하였다. Methyl cellulose와 PVAc계열 고착제(Caparol binder)는 각각 상온의 증류수에 농도별로 희석하여 제조하였다.

3. 실험 결과

3.1. 물성분석

총 4종의 고착제의 농도별 점도는 다음과 같다(Table 3). 1.0 cP이상의 편차가 발생하였기 때문에 최고, 최소값을 제외한 후 평균값을 비교하였다. 0.5%의 고착제군은 PVAc계 고착제(1.60)=아교(1.60)<Methyl cellulose(9.13)<우뭇가사리(28.53)로 PVAc계 고착제와 아교가 최저값을 보였다. 1.5%의 고착제군은 아교(2.40)<PVAc계 고착제(4.00)<Methyl cellulose(43.73)<우뭇가사리(103.00)로 타 고착제들에 비해 우뭇가사리의 점도가 월등히 높았다. pH측정결과는 다음과 같다(Table 4). 고착제의 농도 0.5%, 1.5% 모두 평균 pH7~8을 유지하였다.

3.2. 시료 분석

3.2.1. 현미경 관찰

측정결과 자외선 열화 후 아교의 경우 다른 시료들과 달리 0.5% 석간주에서 박리양상이 관찰되었다(Figure 1-B).

우뭇가사리의 호분 층에서는 황변이 관찰(Figure 1-C)되었으나 전체적으로 타 고착제들에 비해 안정적이었으며 지촉 검사 시 묻어나오지 않았다. Methyl cellulose의 경우 모든 1.5%시편에서 유막이 생긴 듯한 광택이 관찰되었으며 이 광택은 뇌록부분에서 뚜렷이 관찰되었다(Figure 1-D). PVAc 계열 고착제 호분 층에서는 채색층 박리가 진행되어 육안 관찰만으로도 불안정한 고착성을 판별할 수 있었으며 (Figure 1-E) 자황에서 백화현상으로 추정되는 반점이 관찰되었다(Figure 1-F).

3.2.2. 박리 손상도 평가

자외선, 항온-항습 열화 후 박리 손상도 측정결과는 다음과 같으며(Table 5) 자외선 열화 후 박리 손상도 측정결과는 다음과 같다. 0.5% 자황은 우뭇가사리< Methyl cellulose < 아교=PVAc, 0.5% 석간주는 우뭇가사리< Methyl cellulose < 아교=PVAc 순으로 손상도가 컸다. 1.5% 자황은 아교=우뭇가사리=Methyl cellulose<PVAc 이었으며 1.5% 석간주는 아교=우뭇가사리=Methyl cellulose<PVAc으로 PVAc의 박리 손상도가 가장 컸다.

Table 4. pH measurement results by fixatives

Fixatives	Concentration	pH			Fixatives	Concentration	pH		
Animal glue	0.5%	7.13	7.19	7.15	Methyl cellulose	0.5%	7.40	7.43	7.42
	1.5%	7.08	7.10	7.12		1.5%	7.43	7.47	7.48
Gelidium	0.5%	8.54	8.52	8.50	PVAc	0.5%	8.08	8.06	8.02
	1.5%	8.57	8.57	8.60		1.5%	7.99	7.92	7.86

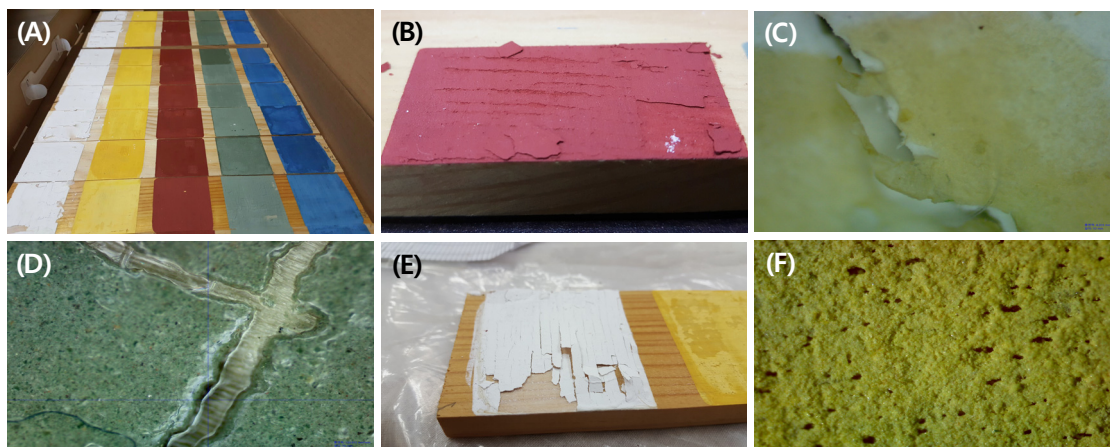


Figure 1. Observation of the surface of samples (A): Analysis samples, (B): Unstable red ocher layer (animal glue), (C): UV irradiation gelidium 0.5% (x300), (D): High temperature and high humidity methyl cellulose 1.5% (x300), (E): Unstable oyster shell layer (PVAc), (F): A white spot on the top of orpiment.

Table 5. Results of fixation test

Fixative	Pigment	After UV irradiation		Fixative	Pigment	After high temperature and high humidity	
		0.5%	1.5%			0.5%	1.5%
Animal glue	Orpiment	2.5	1	Animal glue	Orpiment	2	0.5
	Red ocher	2.5	1		Red ocher	1	1
Gelidium	Orpiment	1	1	Gelidium	Orpiment	1.5	1
	Red ocher	1	1		Red ocher	0.5	0.5
Methyl cellulose	Orpiment	1.5	1	Methyl cellulose	Orpiment	1.5	0
	Red ocher	2	1		Red ocher	1.5	0.5
PVAc	Orpiment	4	3.5	PVAc	Orpiment	4	3.5
	Red ocher	2.5	3		Red ocher	2.5	2.5

Table 6. Measurement value of color difference after UV irradiation

Pigment	Fixative	Test	UV irradiation							
			0.5%				1.5%			
			L	a*	b*	ΔE^*ab	L	a*	b*	ΔE^*ab
Oyster shell	Animal glue	Before	93.97	0.29	2.24	-	91.70	0.38	4.26	-
		After	94.25	0.12	2.36	0.35	92.06	-0.54	6.10	2.01
	Gelidium	Before	93.80	0.35	3.84	-	93.32	0.27	3.64	-
		After	93.90	-0.34	4.68	1.09	92.15	-0.74	9.87	6.42
	Methyl cellulose	Before	93.09	0.45	3.01	-	93.13	0.47	3.13	-
		After	93.74	-0.06	2.45	0.99	94.38	-0.08	2.49	1.51
	PVAc	Before	94.07	0.35	3.20	-	94.68	0.32	2.93	-
		After	-	-	-	-	-	-	-	-
Orpiment	Animal glue	Before	81.86	1.35	62.39	-	78.36	3.86	65.31	-
		After	83.28	-0.19	48.98	13.57	80.91	1.27	52.41	13.40
	Gelidium	Before	79.93	3.42	67.53	-	78.95	3.71	66.11	-
		After	78.29	2.67	60.64	7.13	77.07	3.26	61.69	4.82
	Methyl cellulose	Before	81.71	1.74	65.45	-	79.99	3.25	65.59	-
		After	84.74	-0.54	44.32	21.47	82.28	-0.19	54.20	12.12
	PVAc	Before	81.67	0.91	65.93	-	82.55	1.25	68.73	-
		After	84.76	-2.87	52.21	14.56	84.10	-2.99	61.02	8.94
Red ocher	Animal glue	Before	37.46	24.43	18.37	-	34.72	24.53	18.67	-
		After	39.45	23.81	16.76	2.61	37.23	22.07	16.07	4.36
	Gelidium	Before	35.32	24.72	18.80	-	37.00	23.30	17.26	-
		After	37.35	22.66	16.85	3.49	38.57	21.35	17.19	2.50
	Methyl cellulose	Before	36.95	25.27	19.19	-	36.02	25.02	18.69	-
		After	37.97	24.39	17.83	1.91	38.55	23.22	19.29	3.92
	PVAc	Before	36.89	24.84	19.44	-	36.16	25.53	19.65	-
		After	39.43	24.13	18.03	2.99	37.63	24.77	19.33	1.69
Noerok	Animal glue	Before	54.18	-6.42	7.30	-	54.00	-6.23	8.03	-
		After	54.19	-6.71	6.52	0.83	54.33	-6.57	7.29	0.88
	Gelidium	Before	53.10	-6.32	7.98	-	52.20	-6.32	7.90	-
		After	53.37	-6.50	7.28	0.78	53.34	-6.31	7.26	1.31
	Methyl cellulose	Before	48.49	-6.53	7.86	-	45.01	-5.65	7.93	-
		After	48.75	-6.73	6.73	1.18	50.26	-4.83	4.03	6.59
	PVAc	Before	54.92	-6.27	7.88	-	54.08	-6.45	7.82	-
		After	55.69	-6.52	7.31	0.99	54.72	-6.89	6.99	1.13
Azurite	Animal glue	Before	44.43	-2.51	-29.24	-	38.48	-0.08	-30.36	-
		After	45.33	-3.79	-26.63	2.96	39.43	-5.20	-21.47	10.22
	Gelidium	Before	39.46	-0.97	-30.96	-	40.49	-0.70	-30.25	-
		After	39.36	-6.1	-21.50	10.82	40.69	-5.87	-21.43	10.22
	Methyl cellulose	Before	43.29	-1.99	-30.52	-	43.58	-0.77	-30.50	-
		After	44.07	-2.64	-29.12	1.73	48.39	-2.85	-23.50	8.74
	PVAc	Before	42.20	-0.38	-31.67	-	41.86	-0.42	32.80	-
		After	42.75	-1.13	-30.20	1.73	40.93	-2.37	-28.52	4.79

Table 7. Measurement value of color difference after high temperature and humidity

Pigment	Fixative	Test	High temperature and humidity							
			0.5%				1.5%			
			L	a*	b*	△E*ab	L	a*	b*	△E*ab
Oyster shell	Animal glue	Before	93.97	0.291	2.24	-	91.70	0.38	4.26	-
		After	-	-	-	-	91.29	0.19	3.81	0.64
	Gelidium	Before	93.80	0.35	3.84	-	93.32	0.27	3.64	-
		After	93.80	0.35	3.84	0.71	93.24	0.27	3.36	0.29
	Methyl cellulose	Before	93.09	0.45	3.01	-	93.13	0.47	3.13	-
		After	93.79	0.33	2.86	0.72	92.34	0.43	3.63	0.93
PVAc	Before	94.07	0.35	3.20	-	94.68	0.32	2.93	-	
	After	-	-	-	-	-	-	-	-	
Orpiment	Animal glue	Before	81.86	1.35	62.39	-	78.36	3.86	65.31	-
		After	79.74	1.33	65.64	3.88	76.62	5.42	62.55	3.61
	Gelidium	Before	79.93	3.42	67.53	-	78.95	3.71	66.11	-
		After	81.28	1.29	65.92	2.99	82.82	0.52	67.16	5.13
	Methyl cellulose	Before	81.71	1.74	65.45	-	79.99	3.25	65.59	-
		After	82.23	1.30	66.84	1.55	81.17	1.86	64.30	2.24
PVAc	Before	81.67	0.91	65.93	-	82.55	1.25	68.73	-	
	After	83.65	-1.31	66.26	3.00	82.04	1.00	68.64	0.57	
Red ochre	Animal glue	Before	37.46	24.43	18.34	-	34.72	24.53	18.67	-
		After	35.28	23.62	18.51	2.33	36.56	22.31	15.91	3.98
	Gelidium	Before	35.32	24.72	18.80	-	37.00	23.30	17.26	-
		After	35.73	23.99	17.97	1.18	38.20	23.59	17.67	1.30
	Methyl cellulose	Before	36.95	25.27	19.19	-	36.02	25.02	18.69	-
		After	35.65	25.09	19.15	1.31	38.52	23.56	16.94	3.38
PVAc	Before	36.89	24.84	19.44	-	36.16	25.53	19.65	-	
	After	35.97	24.93	19.00	1.03	35.30	25.29	19.14	1.02	
Noerok	Animal glue	Before	54.18	-6.42	7.30	-	54.00	-6.23	8.03	-
		After	53.27	-6.63	7.61	0.98	50.82	-5.92	8.19	3.20
	Gelidium	Before	53.10	-6.32	7.98	-	52.20	-6.32	7.90	-
		After	52.26	-6.25	7.40	1.02	51.46	-6.27	7.46	0.86
	Methyl cellulose	Before	48.49	-6.53	7.86	-	45.01	-5.65	7.93	-
		After	48.88	-6.47	7.52	0.53	46.32	-5.72	7.86	1.32
PVAc	Before	54.92	-6.27	7.88	-	54.08	-6.45	7.82	-	
	After	53.74	-6.59	8.81	1.53	53.28	-6.87	8.89	1.40	
Azurite	Animal glue	Before	44.43	-2.51	-29.14	-	38.48	-0.08	-30.36	-
		After	38.64	-1.53	-28.13	5.96	38.59	-1.46	-24.19	6.33
	Gelidium	Before	39.46	-0.97	-30.96	-	40.49	-0.70	-30.25	-
		After	41.70	-1.96	-28.48	3.49	42.96	-3.65	-25.13	6.40
	Methyl cellulose	Before	43.29	-1.99	-30.52	-	43.58	-0.77	-30.50	-
		After	42.69	-1.00	-31.75	1.69	46.74	-1.96	-27.17	4.76
PVAc	Before	42.20	-0.38	-31.67	-	41.86	-0.42	-32.79	-	
	After	44.15	-1.41	-31.49	2.21	41.66	-1.06	-31.87	1.14	

항온·항습 열화 후 박리손상도 결과는 0.5% 자황은 우뭇가사리=Methyl cellulose<아교<PVAc이었으며, 0.5% 석간주는 우뭇가사리<아교<Methyl cellulose<PVAc 이었다. 1.5% 자황은 Methyl cellulose<아교<우뭇가사리<PVAc, 1.5% 석간주는 우뭇가사리+Methyl cellulose<아교<PVAc 이었으며 1.5% 자황 부분에서 Methyl cellulose의 박리도는 '0'이었다.

3.2.3. 색차변화

자외선 열화 후 색차측정 결과 0.5% 호분은 비교적 명도 변화가 적었다. 고착제 0.5%군에선 아교<우뭇가사리<PVAc<Methyl cellulose 순으로 변화를 보였지만 1.5%군에선 우뭇가사리<PVAc<Methyl cellulose<아교 순으로 아교의 순위가 변동되었다(Table 6). 뇌록 위 0.5%, 1.5%의 경우 Methyl cellulose(L*: 48±2)를 제외한 다른 고착제들은 비슷한 색값(L*: 53~55)을 보였다. 또한 Methyl cellulose은 0.5%, 1.5%에서 모두 제일 큰 변화율을 보였다.

항온·항습 열화 후 PVAc의 호분 층은 기계측정이 불가할 정도로 열화가 진행되었다. 자황의 경우 자외선 열화 후의 색도변화는 가장 컸지만 항온·항습 후의 색도변화는 가장 적었다(Table 7). Methyl cellulose의 경우 농도 0.5%, 1.5%의 H(색상)값은 타 고착제들(H: 9.0YR)과는 달리 8.9YR로 나타났다. 자황의 경우 H(Hue, 색상)값은 아교(-1.3), 우뭇가사리(-0.2)로 '-' 값을 보였으며 Methyl cellulose (0.2), Caparol(0.6)로 '+' 값을 보였다. 석간주의 경우 0.5%, 1.5%군 ΔE^*ab 의 변화 값은 모두 PVAc<우뭇가사리<Methyl cellulose<아교로 동일했다. 뇌록의 경우 0.5%군의 H(색상)값에서 아교(7.2GY), 우뭇가사리(7.0GY), Methyl cellulose (7.0GY)와 달리 PVAc의 경우 6.3GY로 색차가 컸다. 삼청의 ΔE^*ab 값은 농도 0.5% 경우 Methyl cellulose<PVAc<우뭇가사리<아교였으며 농도 1.5%의 경우 PVAc<Methyl cellulose<아교<우뭇가사리 순으로 천연 고착제들 보다 합성고착제들의 색차가 작았다.

4. 결론 및 고찰

본 연구는 판벽화의 채색층 박리부위 고착, 밀착보강을 위한 고착제별 비교 실험을 통해 우리나라의 벽화, 단청 보존처리에 사용되고 있는 고착제와 유사하거나 지지체의 특성에 맞는 증진된 물성을 가지며, 내후성에 따른 낮은 색도 변화, 박리성과 같은 내구성을 갖는 고착제를 실제 보존처리 현장에서 적용할 수 있도록 하는데 목적이 있다. 채색층

의 경우 손상 유형들 중 편상박리(片狀剝離) 부위를 우선순위에 두고 고착제별 내후성 실험과 점도 측정, pH측정을 통한 물성관찰과 현미경 관찰, 박리성 시험, 색차 비교를 통하여 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 아교는 호분 위 모든 0.5%, 1.5%군에서 자외선 열화 후 원형의 황변이 관찰되었으며, 0.5%군에서는 고착력이 현저히 떨어지는 것으로 관찰되었다. 특히 자황 위에 아교를 사용할 시, 농도 1%의 차이에도 자외선에 의한 색차변화가 크므로 농도에 주의하여 사용하여야 한다. 석간주에서는 자외선 열화와 항온·항습 모두 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았으며, 아교가 안료에 직접적으로 침투되어 채색층이 안정적이다. 삼청에선 자외선과 항온·항습 노화 시 모두 높은 색도변화를 보였으므로 사용에 주의를 요한다.

2. 우뭇가사리는 열화시편 중 자외선 0.5%, 1.5%와 항온·항습 0.5%군에서 자황과 석간주 모두 박리 손상도가 가장 낮았다. 이 결과 우뭇가사리는 자외선과 급격한 습도 변화에도 채색층과 지지체층의 결합력과 고착력이 우수한 것으로 해석된다. 또한 아교와 마찬가지로 자외선열화를 진행한 농도 0.5% 삼청의 시편에서 다른 고착제들에 비해 색차가 컸다. 이러한 색차는 두 가지의 천연 고착제에서 공통적으로 보여지는 특징으로 삼청 위 천연고착제는 열화 후 높은 황변도를 나타낸다.

3. Methyl cellulose는 0.5%이상의 농도로 사용 시 광택에 유의하여 사용하여야 하며, 광택은 다섯 가지 색상 중 뇌록에서 가장 도드라졌다. 또한 항온·항습 1.5% 자황에서 Methyl cellulose의 박리성이 가장 낮았으며 채색층 표면에 안정적으로 고착되어 안료가 묻어나오지 않을 만큼 견고했다. 항온·항습 후 Methyl cellulose-뇌록에서는 자외선 열화 때와는 다른 색차 값을 보였는데, 자외선 열화 후 모든 농도에서 색차 값이 가장 컸던 반면, 항온·항습 후엔 각각 1순위(농도 0.5%), 2순위(농도 1.5%)로 색차 변화 값이 적었다. 이는 실외에 적용할 시 색도변화에 영향을 많이 받으나, 높은 습도·온도차가 있으며 자외선이 들지 않는 실내에서는 낮은 색차와 안정성있는 고착력을 나타내고 있는 것으로 해석할 수 있다.

4. PVAc계열 고착제(Caparol binder)의 경우 열화그룹 모두 박리 손상도에서 고착성이 현저히 낮아지는 것을 확인 하였으며, 특히 호분에서 고착력이 가장 낮았다. 이는 점도측정결과와 비교하여 볼 때, PVAc계열 고착제 0.5%군은 아교와 같은 값(1.60 cP)을 나타냈으나 PVAc계열 고착제 1.5%(4.00 cP)는 아교에(2.40 cP)비해 높은 수치임에도

불구하고 박리손상도가 낮았다. 이 결과 접도는 박리 손상도에 큰 영향을 미치지 않으며 PVAc계열 고착제는 전체적으로 타 고착제에 비해 고착성이 낮다고 해석할 수 있다.

연구결과 아교는 모든 채색층에서 타 고착제들에 비해 안정적으로 고착되었으나, 실외에 노출되어 있는 삼청에 사용할 시 황변이 우려된다. 우뭇가사리는 아교와 마찬가지로 삼청에 사용할 시 자외선에 영향을 받으나, 이외에 급격한 온도·습도에는 타 고착제와 비교할 때 고착력이 가장 우수했다. Methyl cellulose는 일정 농도 이상에서 사용할 때 광택에 유의하여야 하며, 급격한 온도·습도 변화에 비교적 강했다. PVAc계열 고착제는 타 고착제에 비해 가장 고착성이 떨어졌다.

본 실험에서는 접도비가 아닌 현장에서 적용되고 있는 농도비를 기준으로 실험을 진행하였다. 하지만 모든 물질들은 서로 다른 접도비율을 가지고 있기 때문에 추가적으로 접도비에 따른 비교 실험도 진행되어야 할 것이다. 또한 동일한 안료의 경우, 지지체에 따라 실험결과에 많은 차이가 있을 것이기 때문에 판벽화 지지층과 채색층 간의 화학적 상관관계에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다. 이를 계기로 보존처리 대상물, 환경에 따라 가장 최적의 효과를 줄 수 있는 고착제의 개발과 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- Dongguk Buddhist Academy, 2005, Art in the temple. Korean Buddhism Promotion Foundation, Seoul, 36. (in Korean)
- Han, G.S. and Shin, S.J., 2007, Effect of vehicle resin on coating performance of Dan-chung. Journal of the Korean Wood Science and Technology, 35(1), 44-50. (in Korean with English abstract)
- Han, K.S., 2002, The consolidation medium for the conservation of mud wall Painting. Journal of Conservation Science, 11(1), 39. (in Korean with English abstract)
- Han, K.S., 2017, Study on the conservation of wooden murals from Shinrek temple in Jaechun. Korea Science and Art Forum, 28, 303-304. (in Korean with English abstract)
- Im, Y.S., 2005, A study of the cultural properties renovation and conservation of the governmental. Master's thesis, Yonsei University, Seoul. (in Korean)
- Industry-Academic Cooperation Foundation Gyeonju University, 2008, Studies in the characteristics of coloring techniques for palace architecture. 15. (in Korean)
- Kim, C.S., 2008, Research about the preservation properties of the paper processed by methyl cellulose in use of acetcdated Aging. Master's thesis, Joongbu University, Geumsan, 24. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.H., 2014, A study on the color change of pigment caused by ultraviolet ray. Ph. D. dissertation, Hongik University, Seoul, 161-167. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.J., 2018, Conservation philosophy and ethics, its key concepts and challenges. Journal of Conservation Science, 34(3), 228. (in Korean with English abstract)
- Lim, I.K., 2014, Functionality of gloiopeltis tenax used in the conservation of paintings and calligraphic works. Master's thesis, Myongji University, Seoul, 21. (in Korean with English abstract)
- National Research Institute of Cultural Heritage, 2017, Investigation and analysis of traditional pigment minerals of Dancheong. 19. (in Korean)
- Oh, J.S., 2005, Influence of mechanical properties of painting layers and priming methods to weathering resistance of danchung. Journal of Conservation Science, 17, 19-32. (in Korean with English abstract)
- Osswald, Tim A. and Menges, G., 1998, Materials science of polymers for engineers. Hanser Publications, Cincinnati.
- Park, J.Y., 2010, A study on restoration Dancheong of Korean traditional architecture -with focus on Jinnamgwang, Yeosu. Master's thesis, Seokyeong University, Seoul, 1. (in Korean with English abstract)
- Park, S.Y., Hong, C.Y., Kim, S.H., Choi, J.H. and Choi, I.K., 2016, Photovoltaic and stabilization of wood veneer by UV exposure. The Korean Society of Wood Science and Technology, 20, 75.