

목제 조각품의 수피부에 대한 충전제 적용 연구

A Study on the Application of Filler to the Bark of Wooden Sculpture

김영목¹, 권희홍¹, 김수철^{2*}

¹국립현대미술관 작품보존미술은행관리과, ²한국전통문화대학교 문화재보존과학과

Young Mok Kim¹, Hee Hong Kwon¹, Soo Chul Kim^{2*}

¹Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and Contemporary Art, Korea, Cheongju 28501, Korea

²Department of Conservation Science, Korea National University of Culture Heritage, Buyeo 33115, Korea

Received February 7, 2021

Revised February 25, 2021

Accepted March 6, 2021

*Corresponding author

E-mail: oldforest@nuch.ac.kr

Phone: +82-041-830-7383

Journal of Conservation Science

2021;37(2):135-143

<https://doi.org/10.12654/JCS.2021.37.2.05>

pISSN: 1225-5459, eISSN: 2287-9781

© The Korean Society of Conservation Science

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초 록 목재 문화재의 결손부 보존처리는 동일 수종의 목분, 목재를 성형 후, 천연 접착제 또는 합성수지와 혼합하여 결실 부위를 충전하는 방식으로 접착한다. 그러나 대상의 종류와 상태에 따라 사용하는 접착제 및 첨가제의 농도, 혼합비율이 다양하게 나타난다. 이에 본 연구에서는 수피가 들뜨고 분리된 상태의 국립현대미술관 소장품을 대상으로 보존처리에 적합한 충전제 조건을 알아보기 위한 평가를 진행하였다. 건조속도, 수축·팽창률, 물리적 변형 정도를 기준으로 접착제별 최적 충전 조건을 선정하고, 실제 적용성을 확인하기 위해 해당 충전제들을 목재에 적용한 후 고습 환경에 노출하여 단면을 관찰하였다. 충전제는 아교, PVAc 접착제, Acryl 접착제 순으로 안정적인 적용 결과를 보였다. 결론적으로 수피가 들뜬 목재 조각품을 보존처리 시, 적합한 충전제는 아교와 목분 1 : 2 비율의 혼합물로 확인되었다. 이번 연구 결과를 통하여 목제 조각품의 들뜨고 분리된 수피를 안정화하는 적절한 방법을 제시하고, 향후 유사한 상태의 수피부 보존처리에 도움이 될 것으로 기대한다.

중심어 수피, 목제 조각품, 충전제, 아교, Acry계 접착제, PVAc계 접착제

ABSTRACT Conservation treatment that involved filling the lifting parts of wooden cultural heritage is carried out by obtaining wood or wood powder of the same species and mixing it with synthetic resin or natural glue to charge the blank area. Various concentrations and mixing ratios of adhesives and additives are used, depending on the type and condition of the target. Accordingly, in this study, we determined the conditions of the filler suitable for conservation treatment of wooden sculptures with lifted or separated bark in the National Museum of Modern and Contemporary Art. The optimal filler conditions for each adhesive were selected based on drying speed, shrinkage and expansion rates, and physical deformation degree. Then, to verify their actual applicability, these fillers were applied to wood and exposed to high-humidity environment and their cross-sections were observed. The fillers showed stable application in the following order: animal glue, PVAc adhesive, acrylic adhesive. In conclusion, a 1:2 mixture of animal glue and wood powder is a suitable filler for conservation treatment of wooden sculpture with lifted bark. The results of this study suggest appropriate ways to stabilize the bark that was lifted or separated from a wooden sculpture, thus enabling the future conservation treatment of the artworks under similar conditions.

Key Words Bark, Wooden sculpture, Filler, Animal glue, Acrylic adhesive, PVAc adhesive

1. 서론

목재는 목조 건축물, 목가구, 목조각품 등 여러 용도와 목적에 따라서 오랜 세월 동안 이용되어 왔다. 또한 금속, 석재 등 무기 재료와 비교하여 중량에 비해 높은 강도를 가지고 있고 자르거나 붙이는 등의 작업이 간단한 편이다. 이처럼 가볍고 가공이 쉬운 물성을 가지고 있어 조각이나 공예 등 미술품 제작에 많이 사용되고 있다. 이러한 미술품의 경우, 실용적인 목적의 도구나 건물과는 달리 목재 특유의 문양 및 질감과 같은 예술적인 요소를 활용하기 위하여 수피(樹皮)를 제거하지 않고 조형하는 경우가 있다.

수피란 나무껍질을 뜻하며, 수목의 줄기, 가지, 뿌리의 2차 목부 원주체 바깥쪽에 포함된 전 조직으로 즉 형성층의 바깥 방향에 있는 전 조직을 포괄한다. 수피는 1차 조직과 2차 조직, 통칭 외수피와 내수피로 나뉘게 되는데 이중 2차 조직은 수종마다 차이가 있지만, 형성층 시일세포의 분열작용으로 새로운 조직과 코르크 형성층을 형성한다. 살아있는 나무에서는 지속적으로 새로운 수피 형성과 표피 박리의 과정이 반복되지만, 재단된 나무는 잘린 순간의 조직 상태로 남아있게 된다. 이렇게 형성된 수피, 특히 코르크화된 조직은 형성층 안쪽의 목부 조직과 비교하였을 때, 수분 이동에 따른 수축 및 팽창 능력이 떨어진다고 한다(Park, 1987). 이러한 수축, 팽창 과정이 반복되었을 때 수피의 들뜸, 박락 및 목질부와의 분리 등 물리적 변형이 발생할 수 있다.

국립현대미술관에서 소장하고 있는 작품 중 일부는 본래 나무가 가진 수피를 유지한 상태로 제작되었다. 그중 수피에 물리적 변형이 발생한 목재 조각품은 대표적으로 조성묵(生沒, 1940~2016) 작가의 작품 ‘무제(Untitled)’(1972)가 있다. 해당 작품은 목질부와 수피 간 수축·팽창률 차이로 인하여 이격이 발생하였고, 이에 따라 들뜨거나 박락된 수피가 존재하며, 일부 수피는 결실되었다. 또한 수피와 목질부 틈 사이로 소형 목재 편들이 지속적으로 탈락하고 있다. 전시 및 수장 등의 이유로 작품 이동을 위한 취급 과정에서 접촉 시 가해지는 압력을 버티지 못하여 수피부 탈락 등 물리적 손상이 지속해서 발생하고 있다.

이에 따라 소형 목재 편들의 지속적인 탈락을 방지하고 안정적인 관리가 이루어질 수 있도록, 수피와 목질부 사이의 빈 공간을 채워주고 들떠있는 수피 부위를 안정시킬 수 있는 보존처리가 필요한 상황이다.

목제품에 발생한 균열, 결실 및 들뜬 부위를 보존처리하는 방법은 유실된 부분이 적은 경우, 에폭시 수지, Isocyanate계 순간접착제와 목분 등을 사용하여 면을 메워주는 반면 유실된 부위가 큰 경우, 처리 전 조사 결과에

따라 동종의 목재를 유실된 부위에 맞게 제작하여 복원해 주는 방법이 있다(National Research Institute of Cultural Heritage, 2018).

이러한 보존처리 지침을 바탕으로 복원이 이루어진 문화재 보존처리 사례를 조사한 결과, 결실 부위 복원을 위한 충전제 제작 시에는 천연 접착제인 아교를 활용하는 경우가 많이 발견되었다. 일반적으로 균열 및 터짐 등으로 인한 파손 부위를 아교와 목분을 혼합하여 충전하는 방법이 사용되었다(Seo, 2008; Kim *et al.*, 2014; Park, 2015).

천연 접착제 이외에도 가역성이 있어 보존처리 후 제거가 가능하다고 알려진 다양한 합성수지도 복원에 사용되고 있으며, 대표적으로 Acryl계 접착제와 Polyvinyl acetate (PVAc)계 접착제가 사용되었다. 해당 접착제도 결손 부위에 대해 Micro Balloon 또는 목분을 혼합하여 충전하는 방법으로 보존처리가 진행되었다(National Museum of Modern and Contemporary Art, 2007; Seo *et al.*, 2017).

이처럼 목재 문화재의 보존처리에서는 동일 수종의 목분 또는 목재를 성형 후, 아교 등의 천연 접착제 또는 합성수지와 혼합하여 결실 부위를 충전하는 과정이 이루어지고 있었다. 다만 보존처리 대상의 종류와 상태 등에 따라 사용하는 접착제 및 첨가제의 농도, 혼합비율 등이 다양하게 나타났으며, 보존처리자 개인의 노하우 또는 정보공개 제한 및 보안 등의 이유로 보존처리에 사용된 충전제에 대한 정보가 자세히 서술되지 못한 경우도 존재하였다. 특히, 수피가 있는 목제품의 경우 해당 대상에 적절한 접착제 종류 및 첨가제의 혼합비율 등에 관한 연구가 활발히 이루어지지 않고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 목재 조각품의 수피부 보존처리에 필요한 충전제로써 적합한 접착제 종류 및 첨가제의 혼합비율을 알아보고자 하였다. 접착제는 기존에 많이 사용되어왔던 천연 접착제에 더하여, 아크릴계 접착제 및 PVAc계 접착제를 대상으로 하였다. 접착제 종류 및 첨가제의 혼합비율을 달리한 충전제의 물성 평가를 통해 접착제별 적절한 혼합비율을 선정하고, 해당 조건의 충전제를 실제 작품과 동일한 상태의 목재에 적용한 후 적용성 및 내후성을 평가하였다. 이를 통해 목질부로부터 들뜬 수피를 안정화하는 데 적합한 충전제를 확인하고 추후 목재 조각품 보존처리에 활용하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

충전제 제작을 위한 접착제로 아교 1종, Acryl계 접착제

1종, PVAc계 접착제 2종을 사용하였으며, 접착제명은 상품명을 참고하여 약자로 표기하였다(Table 1). 각 접착제는 20 wt% 농도의 용액을 활용하였으며 아교와 PVAc계 접착제는 증류수, Acryl계 접착제는 Acetone을 용매로 사용하였다. 첨가제로 사용한 목분은 작품을 구성하는 수종 중, 전체 수량의 절반을 차지하고 수피부의 코르크층이 가장 두꺼운 참나무를 대상으로 하여 제작하였다. 같은 목분의 함량으로 만들어진 복합재에서 작은 크기의 목분이 사용된 경우, 큰 입자 크기의 목분에 비하여 인장강도 및 휨강도에서 높은 물성을 나타냈다는 연구 결과(Kang *et al.*, 2009)를 참고하여, 시중에서 구매 가능한 참나무 목분의 최소 규격인 AA-Type (100~400 mesh)(Woori wood powder, 2014)에 맞추어 목분 제작 시 400 mesh 거름 체를 사용하였다.

2.2. 방법

2.2.1. 시편 제작

충전제 특성 평가 시편은 조건별로 바닥면 25×25(가로×세로) mm에 2 mm, 4 mm, 6 mm의 높이들을 가진 시편을 제작하였다. 조성목 작가의 작품 ‘무제(Untitled)’를 관찰한 결과 들뜬 수피의 높이가 최대 6 mm로 측정되었다. 들뜬 부위를 충전하는 과정에서 충전되는 높이에 따른 물성 차이가 발생하는지를 확인하고 알맞은 방법을 판단하고자, 하나의 충전제 조건당 시편 높이를 2 mm, 4 mm, 6 mm(이후 H₂, H₄, H₆로 표기)로 다르게 제작하였다(Figure 1). 목분의 혼합비율은 처리 대상의 상태와 상황에 따라 다양하게 사용되므로 접착제와 목분의 비율을 각 1 : 1, 1 : 2, 1 :

3(이후 W₁, W₂, W₃으로 표기)으로 혼합한 충전제를 만들고 그에 따른 물리적 특성 차이를 비교하고자 하였다.

목재 적용 평가 시편은 먼저 참나무를 길이 방향 100 mm 규격으로 자른 후 침수와 건조를 반복하여 실제 작품과 유사한 수피 상태를 만들었고, 접착제별로 선정된 조건의 충전제(4가지)에 대해 5배수로 제작하였다. 들뜬 수피 부위 아래로 선정된 충전제를 적용하였다. 건조가 완료된 후 각 목재시편을 20 mm 간격으로 4등분하여 단면을 비교·관찰하고자 하였다(Figure 2). 시편명은 상품명 및 목분(Wood powder) 비율, 시편 높이(Height), 참나무속(*Quercus*) 목재 시편을 참고하여 약자로 표기하였다(Table 2).

2.2.2. 충전제 특성 평가

보존처리 시 작업 소요 시간을 확인하기 위하여 전자저울을 사용해 건조 시간을 측정하였다. 수피 아래로 충전처리를 하였을 때, 비가시적인 상황에서 발생 가능한 변화를 파악하기 위해 수축·팽창률, 표면 관찰을 진행하였다. 수축률 측정은 KS L 4004(도자기용 점토의 건조 수축과 소성 수축률의 측정 방법)를 참고하여 버니어 캘리퍼스를 사용해 조건별 5개의 시편에 대해 측정 위치별 2회 이상 측정하여 평균값을 계산하였다. 표면 관찰을 통해 균열 및 휨 발생, 기공 생성 여부 등 물리적 변형상태를 확인하고 비교하였다. 수축률 측정 및 표면 관찰이 끝난 시편들을 고습 환경(온도: 20±4 °C, 습도: 90±5%)에 노출시키고, 더 이상 수분을 흡수하지 못하는 포화점에 이를 때까지 지속하였다. 수축률 측정 방법을 참고하여 조건별 5개의 시편에 대해 측정 위치별 2회 이상 측정하고 평균값을 계산하였다.

Table 1. Specific information about adhesives

Types of adhesive	Product information	Manufacturer information	Abbreviation
Animal glue	Bonghwang [®]	Nakagawa, JPN	A
Acrylic adhesive	Paraloid B-72 [®]	Rohm & Hass, USA	B
PVAc adhesive	Caparol binder [®]	Caparol, GER	C
	Polysol [®]	Daeyang Chemical, KOR	P



Figure 1. Filler evaluation specimens.



Figure 2. Wooden specimens.

Table 2. Information about specimen abbreviations

Adhesive information	Height (mm)	Wood powder rate			<i>Quercus</i> wood				
		1 : 1	1 : 2	1 : 3	Wood 1	Wood 2	Wood 3	Wood 4	Wood 5
Animal glue	2	AW ₁ H ₂	AW ₂ H ₂	AW ₃ H ₂	AQ ₁ 1	AQ ₂ 1	AQ ₃ 1	AQ ₄ 1	AQ ₅ 1
	4	AW ₁ H ₄	AW ₂ H ₄	AW ₃ H ₄	∴	∴	∴	∴	∴
	6	AW ₁ H ₆	AW ₂ H ₆	AW ₃ H ₆	AQ ₁ 4	AQ ₂ 4	AQ ₃ 4	AQ ₄ 4	AQ ₅ 4
Paraloid B-72 [®]	2	BW ₁ H ₂	BW ₂ H ₂	BW ₃ H ₂	BQ ₁ 1	BQ ₂ 1	BQ ₃ 1	BQ ₄ 1	BQ ₅ 1
	4	BW ₁ H ₄	BW ₂ H ₄	BW ₃ H ₄	∴	∴	∴	∴	∴
	6	BW ₁ H ₆	BW ₂ H ₆	BW ₃ H ₆	BQ ₁ 4	BQ ₂ 4	BQ ₃ 4	BQ ₄ 4	BQ ₅ 4
Caparol binder [®]	2	CW ₁ H ₂	CW ₂ H ₂	CW ₃ H ₂	CQ ₁ 1	CQ ₂ 1	CQ ₃ 1	CQ ₄ 1	CQ ₅ 1
	4	CW ₁ H ₄	CW ₂ H ₄	CW ₃ H ₄	∴	∴	∴	∴	∴
	6	CW ₁ H ₆	CW ₂ H ₆	CW ₃ H ₆	CQ ₁ 4	CQ ₂ 4	CQ ₃ 4	CQ ₄ 4	CQ ₅ 4
Polysol [®]	2	PW ₁ H ₂	PW ₂ H ₂	PW ₃ H ₂	PQ ₁ 1	PQ ₂ 1	PQ ₃ 1	PQ ₄ 1	PQ ₅ 1
	4	PW ₁ H ₄	PW ₂ H ₄	PW ₃ H ₄	∴	∴	∴	∴	∴
	6	PW ₁ H ₆	PW ₂ H ₆	PW ₃ H ₆	PQ ₁ 4	PQ ₂ 4	PQ ₃ 4	PQ ₄ 4	PQ ₅ 4

2.2.3. 목재 적용 평가

충전 및 건조가 완료된 목재시편을 잘라 내부 단면을 관찰하고 충전제 적용에 따른 수피부의 물리적 변형 정도를 확인하였다.

미술관의 경우 전시실 및 개방형 저장고의 특성상 관람객 등의 방문에 따른 외부 대기의 유입을 고려해야 한다. 특히 여름철 장마로 인해 일시적인 고습 환경에 노출될 수 있으므로, 이러한 환경에 대한 목재의 변화양상을 확인할 필요가 있다고 판단하였다.

단면 관찰이 완료된 목재시편들을 고습 환경(온도 20±4 °C, 습도 90±5%)에 일주일간 노출시켰다. 일주일 노출 실험 완

료 후 단면 관찰을 진행하고, 일주일간의 노출로는 나타나지 않은 상태변화를 확인하기 위하여 목재시편들을 수분포화상태에 이를 때까지 고습 환경에 노출시킨 후 단면을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 충전제 특성

3.1.1. 건조 시간

6시간 간격으로 시편 중량을 측정한 결과, 90시간 이후

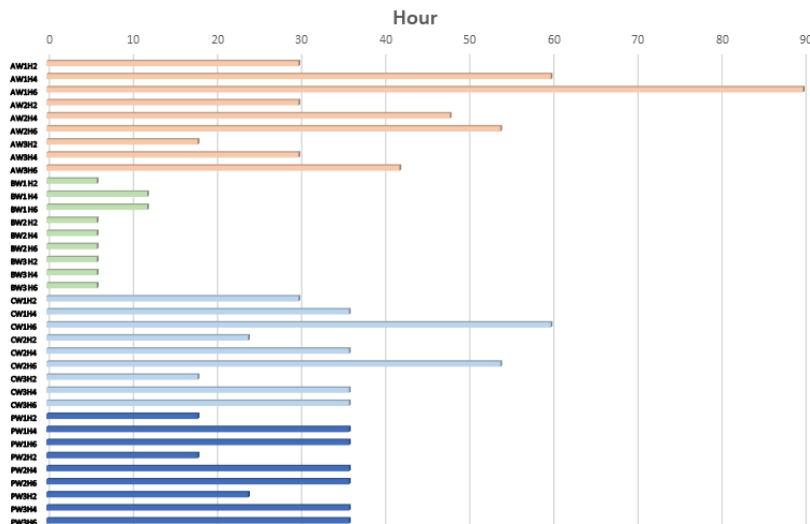


Figure 3. Chart of drying time according to specimen.

에는 모든 시편이 일정한 중량을 유지하여 건조가 완료되었다고 판단하였다. 접착제 A를 사용한 충전제의 경우 W₃H₂와 W₃H₄를 제외하고, 같은 제작 조건에서 다른 접착제에 비해 장시간의 건조가 진행되었다. 접착제 B를 사용한 모든 시편은 12시간 이내로 건조가 완료되었으며, A>C ≥P>B 순으로 건조 시간이 오래 소요됨을 확인하였다. 사용된 접착제가 동일한 경우, 시편의 높이가 낮아질수록, 목분 비율이 높아질수록 빠른 건조속도를 나타냈다(Figure 3).

3.1.2. 수축률

수축률은 목분 비율이 동일한 경우, A>C≥P>B 순서로 크게 나타났으며 시편 높이에는 영향을 받지 않았다. 다른 접착제를 사용한 시편과 비교하였을 때 접착제 A를 사용한 시편에서 폭 방향과 높이 방향 모두 가장 높은 평균 수축률을 나타내었다. AW₁H₂ 시편의 높이 방향 수축률은 27%로 A를 사용한 시편 중 가장 큰 수축률이 관찰되었다. 폭 방향 수축률 중 가장 큰 수축률은 AW₁H₄에서 16.7%로 나타났다. 접착제 B를 사용한 시편은 다른 접착제를 사용한 경우와 비교하여 가장 수축률이 작게 나타났다. 이는 빠른 건조속도로 인하여 다른 충전제에 비해 응력이 크지 않아 수축이 덜 발생한 것으로 판단된다. 접착제 C와 P를 사용한 시편들은 AW₃의 시편들과 유사한 수축률을 나타

냈다. C와 P를 사용한 경우, W₂에서는 수축이 거의 발생하지 않았으나 W₃에서 높이 방향 수축률이 비교적 크게 나타났다. 이는 목분 비율 증가에 따른 접착제 비율 감소로, 접착력이 약화되어 표면에 가루화가 발생한 것이 원인으로 판단된다(Table 3, Figure 4).

3.1.3. 표면 관찰

충전제 시편 건조 후, 표면에 나타난 물리적 변화는 휨, 기공 형성, 가루화, 균열 생성으로 구분되었다(Table 4). 휨 현상은 A를 사용한 충전제 시편에서만 발생하였는데, W₁ 조건 시편에서는 모두 변화가 일어났고 W₂와 W₃ 조건에서는 시편 높이 2 mm인 경우에만 휨 현상이 나타났다. 기공은 W₁ 조건의 모든 시편에서 형성되었다. 접착제가 건조되면서 목분 및 수지 입자 사이에 존재하던 용매(물, 아세톤)가 빠져나가며 입자끼리 접촉하게 됨에 따라 표면에 기공이 형성된다. 목분 비율이 높아질수록 건조되는 용매량도 작아져 기공 형성 정도가 낮아지므로, W₂ 조건 이상의 충전제를 활용하는 것이 효율적이라고 판단하였다. 가루화는 B와 C를 사용한 충전제 시편에서 주로 관찰되었으며 P를 사용한 경우도 미세하게 발견되었는데, 모두 W₃ 조건에서만 나타났다. 균열은 전체적으로 발생 빈도가 적었는데, 시편 제조 시 틀에 충전제를 채워 넣는 과정에서 압력을 지속적으로 가하며 최대한 충전하고자 한 것이 영향을 주었다고 판단된다.

3.1.4. 팽창률

충전제 시편들의 높이 방향 팽창률은 제작 조건에 따른 특정한 경향성 없이 불규칙적으로 나타났다. 폭 방향의 팽창률을 비교한 결과, 목분 비율이 증가함에 따라 팽창률이 감소하는 경향을 나타내었다. AW₁ 시편의 폭 방향 평균 팽창률은 1.7%로 다른 충전제 시편과 비교하여 가장 큰 팽창률이 확인되었다(Table 5). 접착제 종류별 폭 방향의 평균 팽창률은 A>B≥C>P 순으로 크게 나타났다(Figure 5). Acryl계 접착제의 경우 수분에 대한 반응성이 PVAc계 접

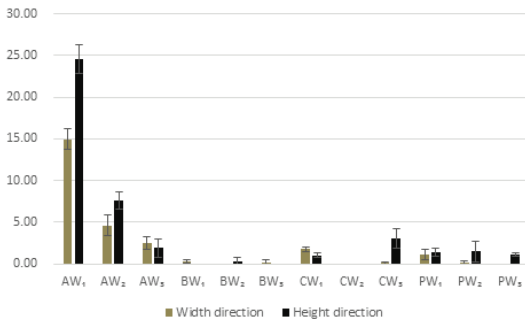


Figure 4. Chart of average shrinkage rate by adhesives.

Table 3. Average rate of shrinkage comparison (%)

Type	AW ₁	AW ₂	AW ₃	BW ₁	BW ₂	BW ₃	CW ₁	CW ₂	CW ₃	PW ₁	PW ₂	PW ₃
Width direction	14.97	4.63	2.53	0.27	0.00	0.23	1.77	0.00	0.13	1.13	0.13	0.00
Standard deviation	1.23	1.23	0.71	0.19	0.00	0.33	0.26	0.00	0.12	0.62	0.19	0.00
Height direction	24.60	7.57	1.93	0.00	0.33	0.00	1.07	0.00	3.07	1.40	1.50	1.17
Standard deviation	1.70	1.02	1.11	0.00	0.47	0.00	0.33	0.00	1.11	0.54	1.22	0.24

Table 4. Some of specimens which physical changed

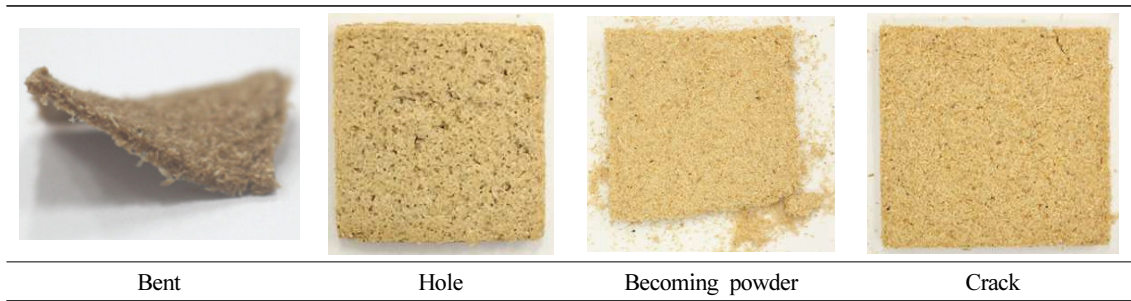


Table 5. Average rate of expansion comparison of width direction (%)

Type	Average rate by wood powder ratio		Standard deviation	Average rate by adhesive	Standard deviation
A	W ₁	1.7	0.08	1.1	0.07
	W ₂	0.9	0.05		
	W ₃	0.8	0.03		
B	W ₁	0.9	0.06	0.7	0.05
	W ₂	0.6	0.03		
	W ₃	0.7	0.06		
C	W ₁	0.5	0.04	0.7	0.05
	W ₂	0.7	0.04		
	W ₃	0.7	0.07		
P	W ₁	0.5	0.04	0.4	0.04
	W ₂	0.4	0.03		
	W ₃	0.4	0.04		

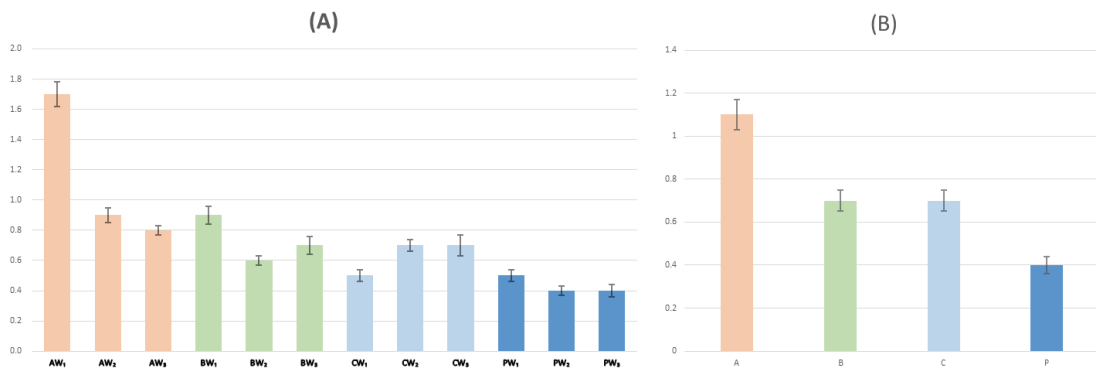


Figure 5. Average expansion rate of width direction (%). (A) By adhesives and wood powder rate. (B) By only adhesives.

착제보다 작으나 충전제 제작 시 목분이 가진 이방성이 팽창률에 영향을 준 것으로 판단된다.

이러한 결과를 바탕으로 접착제별 최적 제조 조건을 AW₂H₆, BW₂H₆, CW₂H₆, PW₃H₆로 각각 선정하였다.

3.2. 목재 적용

선정된 조건에 따른 충전제를 목재에 적용하고 단면을 관찰한 결과, 나타나는 물리적 특성은 충전 부위 ‘균열’(10 mm 이하) 생성 및 ‘들뜸’(10 mm 이상 갈라졌으나, 분리되지 않은 상태), 수피가 목질부로부터 완전히 떨어져 나온 ‘분리’로 구분할 수 있었다(Table 6). A 충전제를 적용한 목재시편에서 균열 1건(AQ₄), 들뜸 2건(AQ₃1, AQ₄2)이 관찰되었다. B 충전제를 적용한 경우 들뜸 4건(BQ₁1, BQ₁4, BQ₃1, BQ₃2), 분리 4건(BQ₁2, BQ₂2, BQ₃3, BQ₄1)이 발생하였다. C 충전제의 경우 균열 2건(CQ₄3, CQ₅3), 들뜸 3건(CQ₃4, CQ₄1, CQ₄2), 분리 1건(CQ₄4)이 관찰되었으며, P 충전제의 경우 균열 1건(PQ₂4), 들뜸 4건(PQ₃3, PQ₄2, PQ₄3, PQ₅3)이 발생하였다(Table 7).

수분 흡수에 따른 상태 변화를 확인하기 위해 단면 관찰이 완료된 목재시편을 고습 환경에 일주일간 노출시킨 결과, 단면 관찰 시 변화가 없던 목재시편에 물리적 변형이 발생하거나 기존 변형 정도의 추가적인 진행을 확인하였다. A 충전제를 적용한 목재시편에서 들뜸 2건(AQ₁1, AQ₃4)이 새로 발견되었다. B 충전제를 적용한 경우 새로운 들뜸 1건(BQ₃3)이 관찰되었고, BQ₄의 단면에 있던 기존 들뜸 부위가 더 확장된 것을 확인하였다. C 충전제의 경우 분리 4건(CQ₁3, CQ₁4, CQ₃1, CQ₃2)이 새로 발견되었고, 기존 균열의 확장 1건(CQ₅3), 들뜸의 확장도 1건(CQ₄4)이 확인하였다. 기존 들뜸 부위의 분리도 2건(CQ₄1, CQ₄2) 관찰되었다. P 충전제의 경우 균열 1건(PQ₁1), 들뜸 1건(PQ₂2)이 새로 발견되었으며, 기존 들뜸 부위가 분리된 것을 4건

(PQ₂3, PQ₄2, PQ₄3, PQ₅3) 확인하였다(Table 7).

일주일간 고습 환경 노출로는 나타나지 않은 상태변화를 확인하기 위하여 수분 포화상태에 도달할 때까지 고습 환경 노출을 지속하였다. 4일 후 목재시편의 중량이 일정하게 나타나 수분 포화상태에 도달한 것으로 판단하였고 단면을 관찰하였다. 그 결과, A와 P의 충전제를 적용한 목재시편의 경우 추가적인 물리적 변형이 발생하지 않았다. B 충전제를 적용한 경우 BQ₁에서 기존 들뜸 부위가 확장된 것을 확인하였고, C 충전제의 경우 CQ₅3 단면의 균열이 확장된 것을 확인하였다(Table 7). B와 C 충전제를 적용한 목재시편에서 수분 포화상태 도달 시 일부 추가적인 변형이 관찰되었지만, 일주일간의 노출 과정에서 발생 가능한 물리적 변형이 대부분 나타났다고 판단된다.

충전제의 목재 적용 후 고습 환경 노출까지 목재시편에 발생한 물리적 변형을 종합하면 A 충전제를 적용한 목재시편은 전체의 30%에서만 변형이 발생하였고, B 충전제를 적용한 목재시편의 변형률은 55%로 가장 높게 나타났다. 수피 분리의 경우 A 충전제에서는 발생하지 않았으나 나머지 세 충전제에서는 발생한 변형 중 절반 이상을 차지하였다(Table 8, Figure 6). 이러한 결과를 바탕으로 목재 적용성 및 고습 환경에 대한 내후성은 A>P>C>B 충전제 순으로 나타났다.

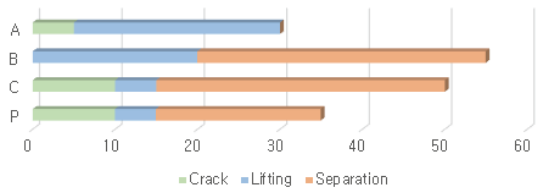


Figure 6. Overall rate of physical deformation (%).

Table 6. Physical deformation type

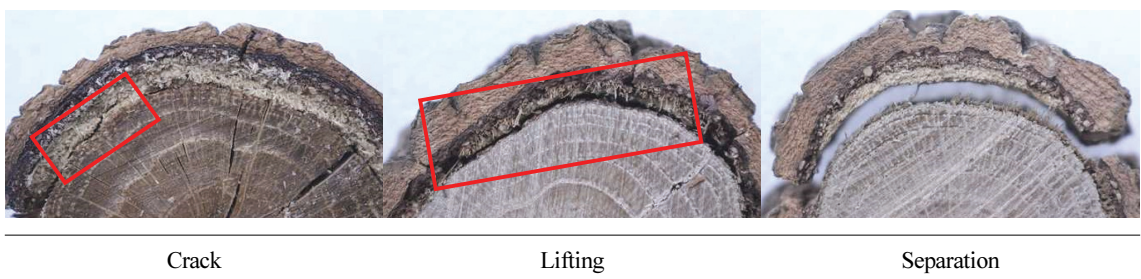


Table 7. Physical change of wood specimens according to experimental progress

(- : No additional physical deformation)

Type	Sectional observation	Exposure to high humidity environment	
		After 7 days	Moisture saturation
AQ ₁ 1	-	Lifting	-
AQ ₃ 1	Lifting	-	-
AQ ₃ 4	Lifting	-	-
AQ ₄ 2	Lifting	-	-
AQ ₄ 4	Crack	-	-
AQ ₅ 4	-	Lifting	-
BQ ₁ 1	Lifting	-	More lifting
BQ ₁ 2	Separation	-	-
BQ ₁ 3	-	Lifting	-
BQ ₁ 4	Lifting	More lifting	-
BQ ₃ 2	Separation	-	-
BQ ₃ 3	Separation	-	-
BQ ₄ 1	Separation	-	-
BQ ₄ 2	Separation	-	-
BQ ₄ 3	Separation	-	-
BQ ₅ 1	Lifting	Separation	-
BQ ₅ 2	Lifting	-	-
CQ ₁ 3	-	Separation	-
CQ ₁ 4	-	Separation	-
CQ ₃ 1	-	Separation	-
CQ ₃ 2	-	Separation	-
CQ ₄ 4	Lifting	More lifting	-
CQ ₄ 1	Lifting	Separation	-
CQ ₄ 2	Lifting	Separation	-
CQ ₄ 3	Crack	-	-
CQ ₅ 3	Crack	More crack	More crack
CQ ₅ 4	Separation	-	-
PQ ₁ 1	-	Crack	-
PQ ₂ 2	-	Lifting	-
PQ ₂ 3	Lifting	Separation	-
PQ ₂ 4	Crack	-	-
PQ ₄ 2	Lifting	Separation	-
PQ ₄ 3	Lifting	Separation	-
PQ ₅ 3	Lifting	Separation	-

Table 8. Overall rate of physical deformation

Type	Deformation occurrence (%)	Deformation type (%)		
		Crack	Lifting	Separation
A	30	16.6	83.3	-
B	55	-	36.3	63.6
C	50	20.0	10.0	70.0
P	35	28.5	14.2	57.1

4. 결론

본 연구에서는 목재 조각품에서 들뜨고 분리된 수피 부위의 보존처리에 효과적인 충전제 제작 조건을 확인하고자 하였다. 이를 위해 접착제 종류, 목분 비율, 충전 두께가 다른 충전제 시편을 제작하여 물성 비교한 결과를 바탕으로 접착제별 최적 충전제 조건을 선정하였다. 선정된 충전제들을 작품(조성목 作 ‘무제(Untitled)’)과 유사한 수피 상태를 가진 참나무 시편에 적용하여 적용성 및 내후성을 평가하였다.

아교를 사용한 충전제 시편의 경우 다른 접착제에 비해 수축·팽창률이 증가하였고, Acryl계 접착제를 사용한 시편의 물성은 아교와 반대되는 경향을 나타내었다. PVAc계 접착제를 사용한 경우, 아교와 Acryl계 접착제 사이의 결핍을 가짐을 확인하였다. 목분 혼합비는 낮을수록 힘, 기공이 발생하고 높을수록 가루화 현상이 나타났다. 6 mm 이내에서는 충전되는 두께가 물성에 미치는 영향이 미미하여 작품에 필요한 충전 부위에 고르게 적용 가능할 것으로 판단되었다.

이를 바탕으로 접착제별 최적 충전제 조건을 선정하고 참나무 시편에 적용한 결과, 발생한 물리적 변형은 균열, 들뜸, 수피 분리의 유형으로 구분할 수 있었다. 이후 고습 환경에 노출하여 물리적 변형의 증가 및 확장을 관찰하였을 때, 아교를 사용한 경우 변형 발생률이 30%로 가장 적었고 유일하게 수피 분리 현상이 발생하지 않은 것을 확인하였다. 충전제는 아교, PVAc계 접착제, Acryl계 접착제 순으로 목재에 안정적인 적용이 이루어졌다.

결론적으로 수피가 들뜨고 분리된 목재 조각품 보존처리 시, 아교와 목분을 1 : 2로 혼합한 충전제를 사용하는 것이 적합할 것으로 예상된다. 다만 2 mm 이하의 틈을 충전할 경우 아교 농도를 낮추는 등의 방법을 통해, 힘 등이 발생하지 않도록 유의할 필요가 있다고 판단된다. 고습 환경 노출 시, 목재시편은 11일 만에 수분 포화상태가 되었지만, 실제 미술 작품은 본 연구에서 활용된 시편과 같은 작은 조각이 아니므로 고습 환경 노출 시 수분 포화상태에 도달하기까지 더 많은 시간이 걸릴 것으로 판단된다. 따라서 보존처리 후 지속적인 모니터링과 상태조사를 통해 관리된다면 작품에 발생할 수 있는 물리적 변형에 대한 위험

을 최소화할 수 있을 것으로 사료된다. 이번 연구 결과를 바탕으로 목재 조각품의 들뜨고 분리된 수피를 안정시킬 수 있는 적절한 방법을 제시하였다. 향후 비슷한 상태를 가진 작품의 보존처리 시 방향성 확립을 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

REFERENCES

- Kang, I.A., Lee, S.Y., Doh, G.H., Chun, S.J. and Yoon, S.L., 2009, Mechanical properties of wood flour-polypropylene composites: effects of woods species, filler particle size and coupling agent. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 37(6), 505-516. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.C., Jang, E.J. and Ahn, J.Y., 2014, Conservation of Vietnam war Homecoming box in National museum of Korean contemporary history. *Journal of Conservation Science*, 35, 121-127. (in Korean with English abstract)
- National Museum of Modern and Contemporary Art, 2007, Report on the Analysis and Conservation treatment of Artworks, 369-371. (in Korean)
- National Research Institute of Cultural Heritage, 2018, Conservation Processing Guide, 127. (in Korean)
- Park, S.J., Jung, D.U. and Yi, Y.H., 2015, Analysis and conservation of wooden standing Bodhisattva in Song Dynasty. *Conservation Science in Museum*, 16, 138-153. (in Korean with English abstract)
- Park, S.J., Lee, W.Y. and Lee, H.H., 1987, Identification and wood tissue. Hyangmunsa, 257-266. (in Korean)
- Seo, J.H., Choi, Y.K. and Hong, J.Y., 2008, Conservation treatment of the collection of wooden furniture at the Seoul Museum of History. *The Journal of Conservation of Cultural Properties*, 5, 14-25. (in Korean with English abstract)
- Seo, J.H. and Lee, N.R., 2017, Preservation of the wooden board of the 1920 SINGER sewing machine. *The Journal of Conservation of Cultural Properties*, 14, 32-42. (in Korean with English abstract)
- Woori wood powder, 2014, Wood powder gallery. <http://xn--w52b85c.xn--3e0b707e/> (February 26, 2021)