

습포제를 이용한 석조문화재의 페인트 오염물 제거기법 연구

이주완* | 함철희* | 김사덕* | 이찬희**¹

*국립문화재연구소 보존과학센터, **공주대학교 문화재보존과학과

Removal Methods of Paint Pollutants on the Stone Cultural Heritage using Poultices

Joo Wan Lee* | Chul Hee Ham* | Sa Dug Kim* | Chan Hee Lee**¹

*Conservation Science Center, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 305-380, Korea

**Department of cultural Heritage Conservation Science, Kongju national University, Gongju, 314-701, Korea

¹Corresponding Author: chanlee@kongju.ac.kr, +82-42-850-8543

초 록 이 연구는 2007년에 발생된 삼전도비(사적 제101호)의 페인트 낙서에 대한 긴급 보존처리에 관한 것이다. 오염물 제거 앞서 삼전도비에 사용된 락카페인트를 분석한 결과, 전색제인 알키드 수지와 니트로셀룰로오스 수지를 주성분으로 하고 있으며 적색안료로 사용되는 Pb_3O_4 가 첨가된 일반 시판용 스프레이 락카로 판명되었다. 페인트오염물의 제거를 위한 예비실험은 레이저를 이용한 오염물 제거법 등 여러 방법을 수행하였으나, 가장 적절한 방안으로 유기용제를 이용한 습포법이 효과적이었다. 그러나 예비실험에 사용된 페인트 보다 현장의 페인트는 시간경과로 상당히 경화가 진행되어 실험상황과는 현격한 차이를 보였다. 따라서 현장에서의 새로운 실험결과, 페인트 제거제인 시판용 리무버의 주성분인 유기용제 디클로로메탄에 메틸셀룰로오스를 혼합한 습포제가 가장 효과적인 것으로 입증되었으며, 이를 이용하여 페인트의 주성분인 알키드 수지와 니트로셀룰로오스를 용해시켜 제거하고 나머지 부분은 라포나이트(Laponite® RD)를 사용하였다.

중심어: 삼전도비, 페인트오염물, 예비실험 습포법, 유기용제

ABSTRACT This research was carried out focusing on the urgent treatment and related studies for paint scribbling on Samjeondobi Monument (Historic Sites No. 101) in 2007. Before the preliminary test, the paint lacquer used on the surface of Samjeondobi Monument was analyzed. The paint lacquer turned out to be the paint lacquer spray composed of Pb_3O_4 used for the red pigment in the market. It was proved that the poultice used with the organic solvent was the best way to remove the paint pollutants following the preliminary test for the removal of paint pollutants which was performed with various removal methods by the laser, etc. However, the removing the paint pollutants was found in difficulty in contrast to the preliminary tests because the paint on the spot was hardened so rapidly over time that there was difference from the situation of the laboratory. For that problem, the poultice method with ethylene dichloride of main component from Remover (goods in the market) was the most efficient, therefore the pollutants were removed with the solution of alkyds resin and nitrocellulose and the rest part was removed by the Laponite® RD.

Key Words: Samjeondobi Monument, Paint pollutants, Preliminary test, Organic solvent

1. 서론

문화유산의 훼손은 매우 다양한 형태로 발생한다. 이 문화유산들은 각각의 주변 환경과 오랜 역사 속에서 자연적, 환경적 및 인위적인 피해로 손상된다. 문화유산의 많은 부분을 차지하고 있는 석조문화재는 대부분 외부 환경에 노출되어 있어 자연풍화에 의한 것이 주요 훼손요인이다. 그러나 인위적인 훼손으로 발생하는 손상은 자연적인 풍화에 의한 손상에 비해 그 속도나 정도가 심각하다. 인위적 훼손은 낙서 등과 같이 무분별한 행위, 반달리즘에 의한 문화재의 훼손(Figure 1), 과거의 잘못된 보존처리 등 다양한 형태로 나타난다¹.

석조문화재의 오염물 제거에 관한 최초의 기록으로는 석굴암(국보 제24호)의 내부 불상과 석상에 청태가 발생되어 1934년에 수증기세척을 실시하였다는 기록이 있으나 구체적인 내용은 언급되어 있지 않다. 이후 체계적인 연구를 통하여 상황에 따라 다양한 세척방법이 적용되었다². 이 연구는 인위적으로 발생된 페인트낙서에 대한 보존처리 사례연구로서 예비실험과 현장적용으로 나누어 상세히 보고하고자 한다.

석조문화재의 오염물 세척은 크게 물리적인 방법과 화학적인 방법으로 나눌 수 있다. 물리적 방법은 압축공기를

이용한 세척, 압축 수증기를 이용한 세척 및 블라스팅(blasting)기법 등이 있으며, 화학적 방법은 계면활성제나 산성 및 알칼리 계열의 용제, 유기용제 등을 이용하는 방법이 있다. 화학적 방법의 하나인 습포법은 오염물과 용제의 작용시간을 조절하여 용해된 오염물을 습포제가 흡수하여 제거하는 방법이다. 이러한 습포시스템의 장점은 용제에 의해 용해된 오염원이 유물내부로 재침투 되는 것을 막아 주는 것이다^{3,4,5,6,7}.

이 연구에서는 습포법을 이용한 석조문화재의 오염물 제거 방법 중 페인트 오염물 제거 방안을 정립하는 것을 목적으로 크게 두 가지 주제로 나누어 논의하고자 한다. 첫째로 습포법을 이용한 석조문화재의 페인트 오염물질에 대한 실험적인 제거 방안에 대한 고찰이다. 둘째는 현장적용을 위한 실험 및 제거방법의 효과와 검증을 통한 실제적 적용 사례이다.

이 연구에서 수행된 실험 중 습포법은 삼전도비 페인트 낙서의 긴급보존처리에 적용된 습포법을 대상으로 하였고 다양한 오염물 제거 방법 또한 기준에 잘 알려진 검증된 방법들을 사용하였다. 이와 같은 비교 실험을 통하여 습포법을 이용한 석조문화재의 오염물 제거에 대한 방법론을 정립하였으며 국내 석조문화재에 적용 가능한 습포법에 대한 적용 기술을 도출하였다.



Figure 1. Damaged aspects of the Samjeondobi Monument. (A) Front side. (B) Back side. (C) Tortoise pedestal.

2. 현황 및 재질특성

2.1. 현 황

이 연구의 적용 대상인 삼전도비의 정식명칭은 ‘대청황제공덕비’이며 비문에는 3개국의 문자가 새겨져 있다. 비의 전면 오른쪽은 만주(여진)문자 20행이, 왼쪽에는 몽고문자 20행이 새겨져 있고, 뒷면은 한문이 새겨져 있다. 그러나 부분적으로 손상되어 알아볼 수 없는 글자도 있으며 특히 천자, 이경석 이름 등이 훼손되어 있다. 이 비는 이미 사라져버린 만주어와 몽고어를 연구하는데 귀중한 자료가 되고 있다. 비는 전체 높이가 5.7m, 비신 높이 3.23m, 너비 1.45m, 두께 0.39m이며 비신과 이수는 일체형으로 제작되었다. 재질은 비신과 이수는 대리암, 귀부는 화강암으로 구

성되어 있다^{8,9}.

2007년 2월 3일에 천도교 교인이라 자처하는 이가 사회적, 정치적 불만을 갖고 위정자들에게 경각심을 주고자 삼전도비의 비신 앞·뒷면에 스프레이식 붉은색 페인트로 낙서하는 사건이 발생하였다. 비의 전면에는 “철”자와 병자호란이 발생한지 370년을 뜻하는 것으로 “370”을, 후면에는 “거”와 아래에 “병자”라는 글자를 페인트로 낙서하였다. 페인트 글씨의 너비는 8~12cm 정도이고 글자의 음각 안에 깊숙이 침투되어 있는 것으로 나타났다(Figure 1).

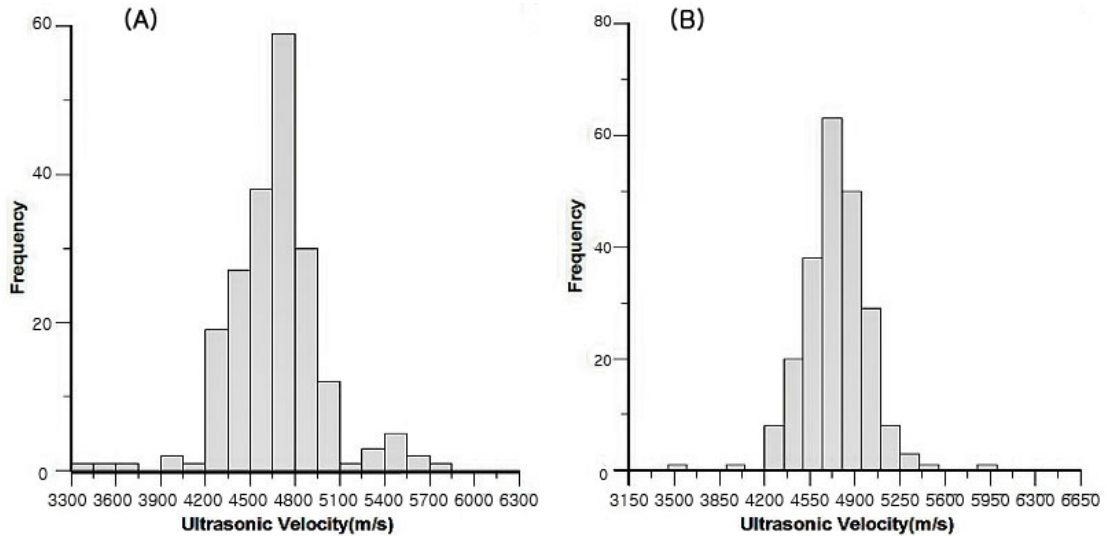
또한 낙서를 제외한 비문 전체에 붉은색 페인트 분진들도 묻어 있는 상태였다. 이 외에도 귀부에는 왼쪽 눈 부위에 일(一)자 형태로 낙서가 되어 있었다. 따라서 손상된 삼전도비를 대상으로 오염물을 세척하기 위한 임상실험을 바탕으로 약 5개월간의 긴급 보존처리를 통하여 낙서를 제거



Figure 2. Lithological characteristics of the Samjeondobi Monument. (A) A single rock of body and dragon capital. (B, C) Body and dragon capital made by light-gray marble. (D) Tortoise pedestal made by biotite granite.

Table 1. Ultrasonic velocity of the Samjeondobi Monument.

Velocity (^m /s)	Body				Capital				Total
	Front	Back	Left	Right	Front	Back	Left	Right	
Min	4,253	4,306	4,223	4,223	3,409	3,583	3,467	4,014	3,409
Max	6,865	6,970	7,261	6,798	5,075	5,898	6,861	6,687	7,261
Mean	4,731	4,783	5,017	4,822	4,456	4,693	5,224	5,287	4,877
k	0.05	0.04	0.00	0.04	0.10	0.06	0.00	0.00	0.03
Class	SW	SW	FR	SW	SW	SW	FR	FR	SW

**Figure 3.** Ultrasonic velocity distribution of the Samjeondobi Monument. (A) Body. (B) Dragon capital.

하였다. 삼전도비의 상태는 비문 자체에 풍화가 진행되어 있기는 하지만 암석 표면은 비교적 양호한 상태였다.

2.2. 재질특성

삼전도비는 크게 일체형으로 제작된 비신과 이수, 귀부로 구성되어 있다(Figure 2A). 비신과 이수는 회백색의 세립질 대리암으로 구성되어 있으며, 귀부는 담회색의 중립 내지 조립질 흑운모화강암으로 구성되어 있다. 비신과 이수를 구성하는 대리암은 부분적으로 차별풍화에 의해 표면이 침식 및 도출된 부분과 일정한 방향으로 형성된 층리가 발달되어 있다(Figure 2B, 2C).

귀부를 구성하는 담회색의 흑운모화강암은 등립상 조립질 조직을 보이며 석영, 장석, 흑운모 등이 관찰된다(Figure 2D). 일체형인 비신과 이수, 귀부를 구성하고 있는 각각의 암종은 색상, 조직 및 광물 조성이 큰 차이를 보이고 있어

육안으로도 쉽게 구분된다. 따라서 삼전도비는 서로 다른 두 종류의 암석을 이용하여 제작되었음을 알 수 있다.

삼전도비 구성재질의 물성을 파악하고자 초음파 전달속도를 측정하여 강도를 산출하였다. 초음파 탐사는 석조문화재의 풍화와 훼손에 대하여 육안관찰을 통한 현상적 연구로부터 얻어진 결과를 보완하고, 이를 검증하여 정량화하는데 유용한 방법이다. 초음파측정은 CNS Farnell사 PUNDIT PLUS를 사용하였으며 문화재 탐사를 위해 특수 제작된 54kHz의 주파수를 가진 탐촉자를 장착하여 이용하였다.

측정된 초음파 속도를 이용하여 부재의 균열 발달정도 및 풍화정도를 추정하였으며 암석의 강도도 산출하였다. 삼전도비의 초음파 속도 측정 결과, 전체적으로 3,409~7,260^m/s(평균: 4,877^m/s)의 범위를 나타냈다. 따라서 삼전도비를 구성하는 암석은 약한 풍화단계(SW; slightly weathered)로 나타나 비교적 신선한 상태를 유지하고 있는 것으로 판

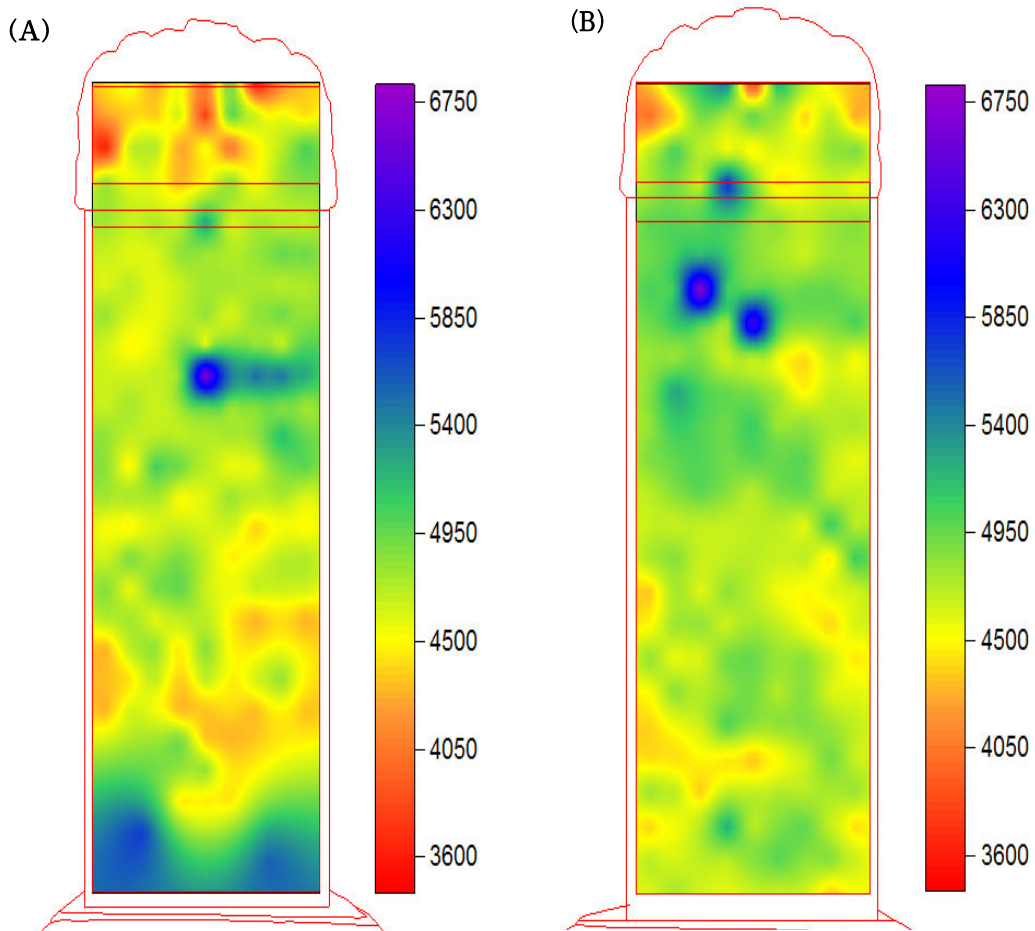


Figure 4. 2D modeling of ultrasonic velocity for the Samjeondobi Monument. (A) Front side. (B) Back side.

단된다(Table 1).

삼전도비의 초음파 속도로 보았을 때 구성암석은 신선한 단계에 속하지만 속도에 대한 빈도 그래프를 도시했을 때 4,000㎞ 이하의 속도분포를 보이는 지점도 있다(Figure 3). 이를 풍화지수 등급으로 산출하면 보통 풍화단계(MW; moderately weathered)에 포함된다. 따라서 부분적으로 균열 및 박리박락의 진행이 예상되는 부분을 자세히 살펴보기 위해 응용 프로그램을 이용한 2D 모델링을 실시하였다(Figure 4).

여기서 투영도의 컬러스케일은 데이터의 빈도그래프를 참조하여 3,400~6,800㎞로 동일하게 적용하였다. 전면의 투영도를 살펴보면 비신 하부에서 넓은 분포를 가진 저속도대가 발견된다. 삼전도비의 초음파 속도는 평균적으로 높지만 상대적으로 다른 지점보다 저속도대를 보이는 것은

풍화에 민감한 영역이라 볼 수 있으며, 이러한 부분에 대해서는 정기적인 모니터링이 필요하다. 또한 이수 모서리 부근에서도 낮은 속도가 나타난다(Figure 4A).

후면의 투영도를 살펴보면 비교적 전면보다 높은 속도대를 유지하는 것으로 나타났다. 그러나 모서리 부근의 저속도대는 언제든 박리박락, 탈락 및 마모와 같은 풍화작용이 일어날 가능성이 커, 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다(Figure 4B). 삼전도비의 추정 압축강도는 평균 초음파 속도 4,877㎞를 기준으로 볼 때 1,110kgf/cm² 값이 도출된다. 이는 건설부 표준품셈의 압중별 탄성과 속도 및 내압강도 기준표에서 보통암에 속하는 수치로서 풍화지수 등급과 마찬가지로 현재의 삼전도비 구성암석은 비교적 신선하다고 볼 수 있다.

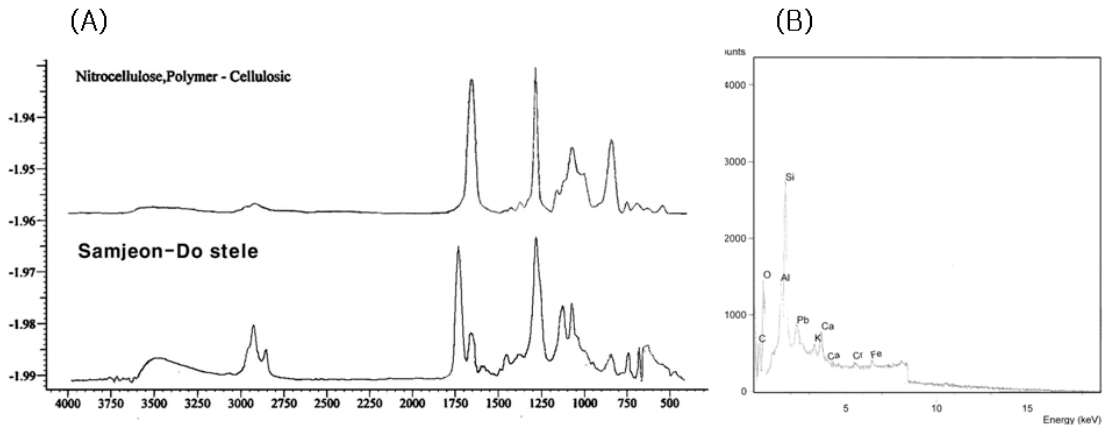


Figure 5. FT-IR spectrum (A) and SEM-EDX result (B) of the paint contaminants on the the Samjeondobi Monument.

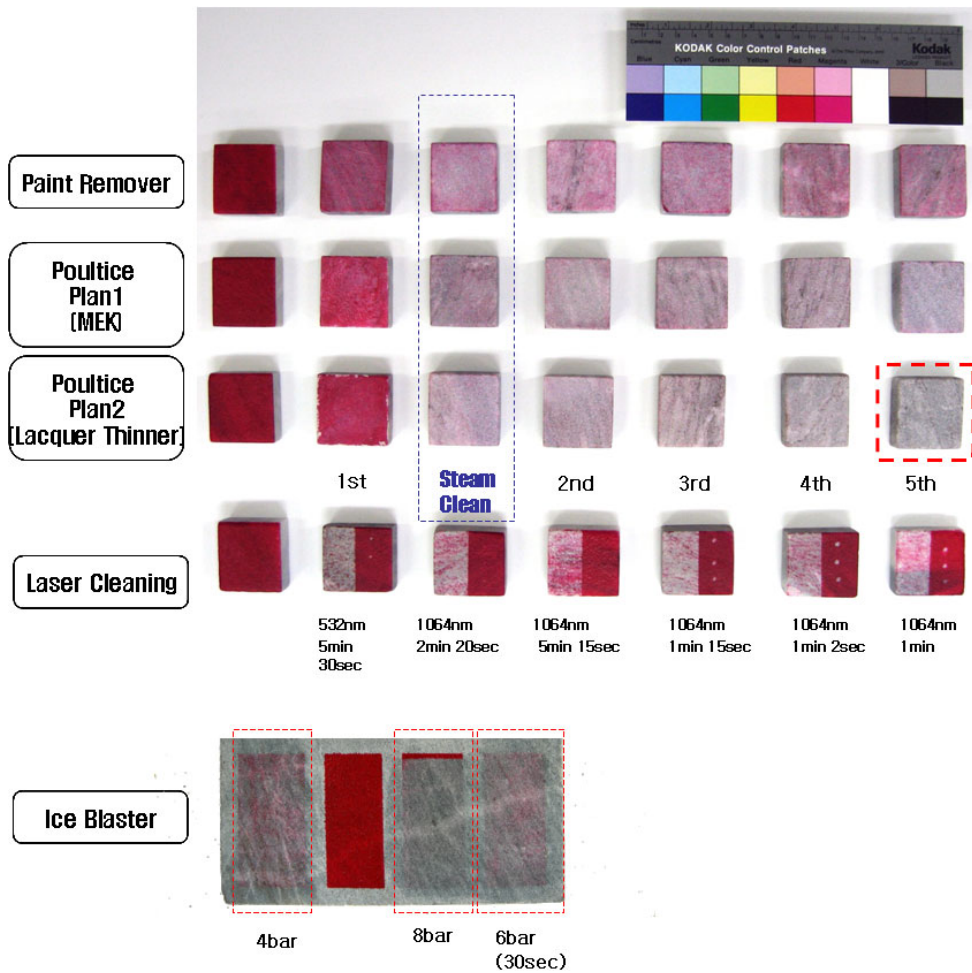


Figure 6. Results of preliminary experiments for cleaning the paint contaminants for stone cultural heritages.

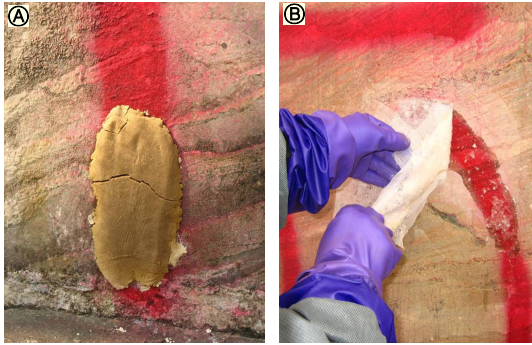


Figure 7. Partial cleaning tests for the Samjeondobi Monument. (A) Application of sepiolite and thinner. (B) Application of dichloromethane and methyl cellulose.

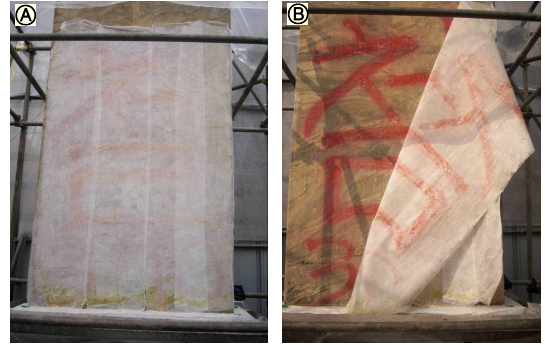


Figure 8. Practical cleaning results using dichloromethane and methyl cellulose. (A) Poultice method. (B) Removal of the poultice after drying.



Figure 9. Application of low pressure steam cleaning for the Samjeondobi Monument.

3. 예비실험 및 현장적용

3.1. 오염물 동정

삼전도비에 발생된 붉은색 페인트는 매우 진하게 비신 표면에 낙서 되었으며, 분사된 페인트 분진이 비신 전체에 흡착되어 있는 상태였다. 오염물의 동정을 위한 시료채취는 화강암으로 제작된 귀부의 눈 옆에 낙서된 페인트를 대상으로 아세톤을 이용하여 용해한 다음 면봉으로 일정량을 채취하였다. 분석은 FT-IR 과 SEM-EDX를 이용하여 각 시료의 수지 성분과 안료 성분을 확인하였다.

삼전도비의 페인트 오염물에 대한 구성 성분을 분석한 결과, 전색제인 알키드 수지와 니트로셀룰로오스(nitrocellulose) 수지를 주성분으로 하고 있다(Figure 5A). 또한 Si, Al,

Ca, K 등과 같은 무기성분 이외에 락카의 적색 안료로 사용되는 납(Pb)이 검출되는 것으로 보아 사산화납(Pb_3O_4)이 사용된 것으로 보인다(Figure 5B). 이는 일반 시판용 스프레이식 붉은색 락카 페인트와 동일한 특징을 갖는 것이다.

3.2. 예비실험

이 페인트 오염물의 제거를 위해 레이저, 아이스블라스터, 페인트 제거제(상품명: 리무버), 유기용제를 혼합한 습포법, 디클로로메탄(dichloromethane)과 메틸셀룰로오스(methyl cellulose)를 혼합한 습포법 등을 적용하여 페인트 오염물 제거에 대한 실험을 수행하였다. 실험은 대리암 시편을 제작하여 샌드블라스터로 표면을 거칠게 연마하고 시판용 붉은색 락카(상품명: 일신락카스프레이)로 3회 분사도포하였다. 페인트 제거용으로 사용한 용제는 락카신너(Canal, Modeling Lacquer Thinner Light)와 Methyl Ethyl Ketone, 디클로로메탄을 선택하였으며 이들 모두 붉은색 락카칠을 한 시편의 페인트 용해도 테스트를 수행하여 효과를 검증하였다(Figure 6).

습포제는 메틸셀룰로오스와 해포석, 벤토나이트를 가지고 각각의 용제와 혼합하여 총 6차례 반복실험을 한 결과, 락카 신너와 해포석을 혼합한 팩이 가장 빠르게 제거됨을 알 수 있었다. 또한 레이저 제거법은 검은색 페인트의 제거에는 용이하나, 붉은색 페인트오염물 제거는 용이하지 않으며, 아이스블라스터는 암석 표면이 훼손될 가능성이 높은 것으로 나타났다(Figure 6).



Figure 10. (A) Water soluble poultice (Laponite RD, distilled water and nonionic surfactant). (B) Paint contaminants after application of poultice. (C) Detailed photograph of the paint contaminants after application poultice.

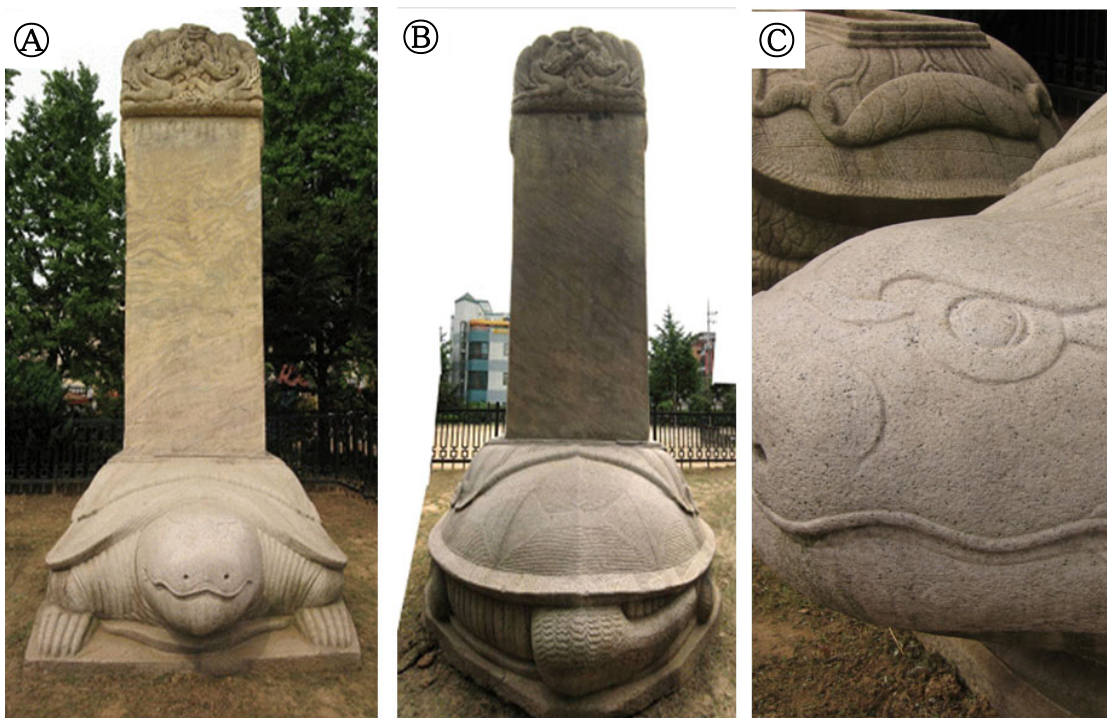


Figure 11. Final appearances after cleaning treatment of the Samjeondobi Monument. (A) Front side. (B) Back side. (C) Tortoise pedestal.

3.3. 현장적용

보존처리를 위해 먼저 삼전도비 주변에 가설집을 설치하였다. 오염물 제거에 앞서 예비실험을 토대로 용제의 용해력을 알아보기 위해 비신의 뒷면 하단 부위에 스팟 테스트(spot test)를 한 결과(Figure 7), 락카 신너와 Methyl Ethyl

Ketone는 용해되지 않았으며 디클로로메탄(dichloromethane)이 주성분인 페인트 제거제에 대해서만 반응을 보였다.

현장적용 보존처리 전 실내 실험에서는 유기용제 대부분에서 페인트 오염물이 용해되는 것과는 다르게 현장에서는 전혀 반응이 일어나지 않는 것으로 확인되었다. 또한 세피올라이트 및 벤토나이트와 같은 습포제 역할의 점토류는

Table 2. Analysis on surface composition of surface after conservation treatment(ppm).

No.	Painted				Unpainted
	1	2	3	4	5
As	31	18	-	12	-
Ba	1,985	2,491	1,030	1,678	-
Cr	148	-	-	137	-
Co	-	-	8	-	-
Fe	7,910	5,609	5,936	6,500	3,698
Mn	417	431	435	447	373
Pb	138	111	112	92	81
Rb	18	12	11	11	-
Sr	271	261	241	268	253
Ti	1,227	1,109	1,200	1,443	878
Zn	95	63	132	101	39
Zr	26	20	20	23	9

풍화된 표면 공극 사이에 침투하여 제거하기 힘든 단점이 있었다. 이러한 현상은 도포된 페인트가 많은 시간 경과로 인하여 이미 경화가 완료된 상태이고, 2002년 귀부 보존처리 후 비신에 도포한 발수경화제와의 반응이 무관하지 않을 것으로 여겨지나 이에 대한 실험자료는 구하지 못하였다.

실질적 보존처리 과정은 위 실험을 종합적으로 판단한 결과를 토대로 디클로로메탄과 메틸셀룰로오스를 혼합한 팩을 이용하여 제거하기로 하였다. 메틸셀룰로오스 팩을 비문표면에 5mm 두께로 바른 후 그 위에 거즈를 한 겹 붙이고 다시 팩을 도포 후 24시간 정도를 완전히 건조시킨 다음 제거하였다. 거즈와 함께 도포된 팩은 제거가 용이하였으며 오염물을 흡수하여 제거되었다(Figure 8).

표면에 미세한 틈 사이에 남아있는 잔여물은 전체적으로 스팀 세척기를 이용하여 3~4bar의 압력으로 세척하였다(Figure 9). 이후 앞서 언급한 메틸셀룰로오스 습포팩(접착식습포법)을 반복적으로 10회 실시하였다. 미세하게 남은 붉은색 페인트 흔적은 수용성 습포팩(라포나이트+중류수+비이온 계면활성제)을 7회 도포하여 표면손상을 최소화하며 제거하였다(Figure 10).

보존처리가 완료 후 삼전도비의 모습은 Figure 11과 같다. 처리효과를 검증하기 위해 처리 후 페인트 제거의 정도를 확인하였다. 미량합금함량검출기(Model No: Alpha 4000/mnov-x, 규격: GAT Gamma Analysentechnik, DE/GAT-TEA 4000 MP)를 이용하여 페인트가 도포되어있던 부위와 도포되어 있지 않았던 부위를 비교하여 분석하였다.

분석결과, 대부분의 검출원소는 페인트 도포부위에서

높게 측정되었으나, 붉은색 오염물의 육안적 식별은 불가능할 정도이다. 특히 붉은색 발색안료로 검출된 Pb 성분을 비교해 보았을 때, 페인트 도포부위(평균: 113ppm)와 페인트가 도포되지 않았던 부위(81ppm)에서 큰 차이를 보이지 않는 것으로 보아 습포법을 이용한 페인트 제거가 비교적 효과적인 것으로 나타났다(Table 2).

4. 결 론

이 연구는 문화재에 가해진 인위적인 페인트 오염물의 제거에 대한 객관적인 방안을 정립하는 것과 다양한 실험을 비교분석하여 오염물의 세척효과를 검증하는 것을 목적으로 하였다. 따라서 대표적인 사례라 할 수 있는 삼전도비의 긴급보존처리에 적용된 습포법을 기준으로 비교대상을 선정하여 예비실험을 실시하였다. 예비실험은 레이저, 아이스블라스터, 다양한 유기용매를 이용한 오염물 제거실험과 유기용매의 반응실험, 처리 후 잔류용매에 대한 검증실험 등을 적용하였다. 이 내용을 바탕으로 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 예비실험 결과, 레이저를 이용한 페인트 오염물 제거는 근본적으로 어렵고, 암석의 공극사이로 침투된 오염물은 레이저 빔의 열에 의해 입자가 팽창되면서 암석표면이 함께 손상되는 문제점이 있었다. 아이스블라스터를 이용한 오염물 제거는 비교적 효과가 있으나 블라스팅 과정에서 암석 표면이 오염물과 함께 박락되는 결과가 나타났다. 따라서 이 방법을 문화재에 적용하기 위해서는 다양한 예비실험을 통해 보다 안전한 방안을 모색해야 할 것으로 사료된다.
2. 삼전도비의 긴급 보존처리에 적용된 페인트 오염물 제거는 다양한 예비실험과 이를 적용하기 전에 실시한 스팟 테스트를 통하여 삼전도비에 직접 적용 가능한 습포법을 선정하여 수행하였다. 삼전도비 표면의 붉은색 페인트 낙서를 효과적으로 제거하기 위해 유기용매를 혼합한 젤 타입으로 변형시킨 메틸셀룰로오스 습포팩과 수용성 젤 형태의 라포나이트 습포팩을 이용하였다.
3. 미세한 틈 사이에 남아있는 페인트 입자와 습포팩 잔류물을 제거하기 위해 저압 스팀세척 및 라포나이트를 이용한 수용성 습포법을 실시하였다. 또한 보존 처리 후 페인트 잔류물을 확인하기 위해 실시한 표면분석에서도 페인트 오염물은 비교적 완벽하게 제거된 것으로 나타났다.
4. 삼전도비에 적용된 오염물 제거사례 연구로 보아 페인트

트 오염물은 완전히 고착되면 제거가 힘들기 때문에 발생 즉시 보존처리가 시행되어야 효과적임을 보여주었다. 이러한 오염물이 긴급히 제거되기 위해서는 다양한 연구사례를 축적하고 예비실험을 거쳐 보존처리 방안이 도출되어야 할 것이다.

사 사

이 연구는 문화재청 국립문화재연구소의 연구개발사업인 “석조문화재 손상메커니즘 및 평가기술 개발”사업으로 수행되었음을 명기하며, 재정적 및 행정적 지원에 깊이 감사한다.

참고문헌

1. 황평우, “상속되어서는 안 될 반달리즘”. 민족예술, 94, p52-54, (2003).
 2. 홍정기, 엄두성, “국보 제24호 석굴암의 보존환경”. 보존과학연구, 24, p169-186, (2003).
 3. Clifton, R. “Cleaning Stone and Masonry”. ASTM international, (1986).
 4. Lee, C.H., Lee, M.S., Kim, Y.T. and Kim, J.Y., “Deterioration assessment and conservation of a heavily degraded Korean stone Buddha from the 9th Century”. Studies in Conservation, 51, p305-316, (2006).
 5. Timar-Balazsy A., Eastop, D., “Chemical Principles of Textile Conservation”. Butterworth-Heinemanns, (1998).
 6. Caneva, G., “General ideas and case study: Removing the biofilm of stone heritage in italy”. International Symposium of Stone Conservation, p105-124, (2007).
 7. Weaver, M.E., “Removing Graffiti from Historic Masonry”. (2009).
 8. 김선균, “삼전도비수립시말”. 향토서울, 33, (1961).
 9. 문화재청, “문화재 상세정보”. 사적 제101호 삼전도비 <http://www.ocp.go.kr>, (2009).
 10. 함철희, “도자기 표면 금속오염물 제거에 관한 연구”. 한서대학교 석사학위논문, p4-14, (2007).
-