

안성 청룡사 삼층석탑의 풍화훼손도 평가 및 보존처리

이선명* · 이명성* · 조영훈* · 전성원** ·

김주옥** · 김선덕** · 이찬희*

*공주대학교 문화재보존과학과, **서진문화유산(주)

Deterioration Assessment and Conservational Treatment of the Three-storied Stone Pagoda in the Cheongryongsa Temple, Ansong, Korea

Sun Myung Lee*, Myeong Seong Lee*, Young Hoon Jo*, Seong Won Jeon**
Joo Ok Kim**, Sun Duk Kim** and Chan Hee Lee*

**Department of Cultural Heritage Conservation Sciences, Kongju National University,
Kongju 314-701, Korea*

***Seojin Cultural Heritage Conservation Co. Ltd., Gwangmyeong 247-2, Korea*

1. 서 론

안성 청룡사 삼층석탑은 문화재자료 제59호로서 경기도 안성시 서운면 청룡리 28번지에 위치한다. 이 석탑을 구성하는 암석은 불균질한 입도를 갖는 편마상 복운모 화강암과 세립질 화강암이 대부분을 이루고 있으며 부분적으로 화강암질 편마암, 안산암질암, 안구상 편마암이 혼재한다. 이 석탑은 우리나라 대부분의 석조문화재와 마찬가지로 대기 중에 무방비 상태로 노출되어 물리적, 화학적, 생물학적 풍화의 복합작용으로 손상된 상태이다.

이 연구에서는 이 석탑을 대상으로 구성암석의 재질특성과 요인별 훼손상태를 진단하고 이를 바탕으로 종합 풍화훼손지도를 작성하였다. 또한 초음파 측정기를 통해 정량적인 풍화지수를 산출하고, 석탑의 실측도면에 초음파 전달속도를 투영하여 전체적인 풍화도를 규명하였다. 이 결과를 종합하여 석탑의 보존방안을 제시하고 부분적인 보존처리를 실시하였다.

2. 현황 및 연구방법

청룡사 삼층석탑은 단층기단 위에 3층 탑신을 올린 높이 2.4m의 일반형 석탑으로 현재 청룡사 경내의 대웅전 앞에 있다. 현재 이 석탑은 자연적 풍화와 인위적 훼손에 의한 복합적인 풍화작용으로 인해 표면 손상이 진행된 상태이다. 이 석탑의 곳곳에는 수평 또는 수직에 가까운 균열이 발달하고 있으며, 특히 전면에 걸쳐 부재의 탈락이 심각하다. 이 석탑의 표면은 무기오염물에 의해 적갈색 및 황갈색과 암흑색으로 원암의 색이 변질 또는 착색되어 있다. 또한 기단부와 옥개석 상부를 중심으로 생물학적 오염이 가중되어 미관을 해칠 뿐만 아니라 석탑 표면의 손상을 촉진시키고 있다.

이 연구를 위해 석탑 전면에 걸쳐 전암대자율을 측정하였고, 탑에서 탈락된 암편을 수습하여 암석학적 및 광물학적 분석용 시료로 사용하였다. 수습한 암석시료는 미세조직 및 풍화에 의한 변질광물 생성을 관찰하기 위해 편광현미경과 주사전자현미경 관찰을 하였다. 또한 정밀한 광물동정을 위하여 일부 시료에서 X-선 회절분석을 실시하였다. 이 석탑의 정량적 훼손도 진단을 위해 풍화작용에 따른 훼손상태를 정밀 진단하고 실측도면을 바탕으로 종합 훼손지도를 작성하였다. 또한 초음파 탐사를 통해 석탑 구성부재의 물성을 측정하여 강도추정 및 풍화도를 산출하였으며, 초음파 속도를 실측도면에 투영하여 정량적 훼손도 평가에 대한 보충자료로 제시하였다.

3. 훼손도 진단 및 보존처리

이 석탑의 훼손상태를 정밀 진단하고 이를 바탕으로 종합훼손지도를 작성하였다. 이 석탑의 종합훼손지도를 통해 각 방위별 훼손상태를 살펴본 결과, 석탑의 동측면과 북측면이 다른 면보다 부재의 균열 및 박리박락과 탈락이 심각하였다. 기단부와 각 층의 탑신부 및 옥개석 상부에서 무기오염물에 의한 변색과 생물오염이 가중된 상태이다. 또한 석탑의 초음파 속도 측정을 통한 방위별 분석 결과에서도 전체적으로 저속도 대의 값을 보이고 있으며, 특히 동측면(1599.4~2898.2; 평균 2193.0m/s)이 최저속도로 분석되었다.

이 석탑의 방위별 입면도에 각 초음파 속도를 투영하여 전체적인 풍화도를 분석한 결과, 동측면에 저속도대가 넓게 분포되어 있었다. 이는 훼손지도 작성을 통해 분석된 결과와 일치하는 것으로 정량적 훼손도 평가를 뒷받침 한다. 암석의 풍화도지수와 초음파 속도 관계식을 이용하여 산출한 석탑의 풍화도 지수는 0.28~0.85(평균 0.54)의 범위를 보이며, 추정 압축강도는 102.8~524.9(평균 259.0)kg/cm²의 범위로 나타났다(그림 1). 따라서 이 석탑은 현저히 풍화된 상태로 보존처리가 시급한 상태였다.

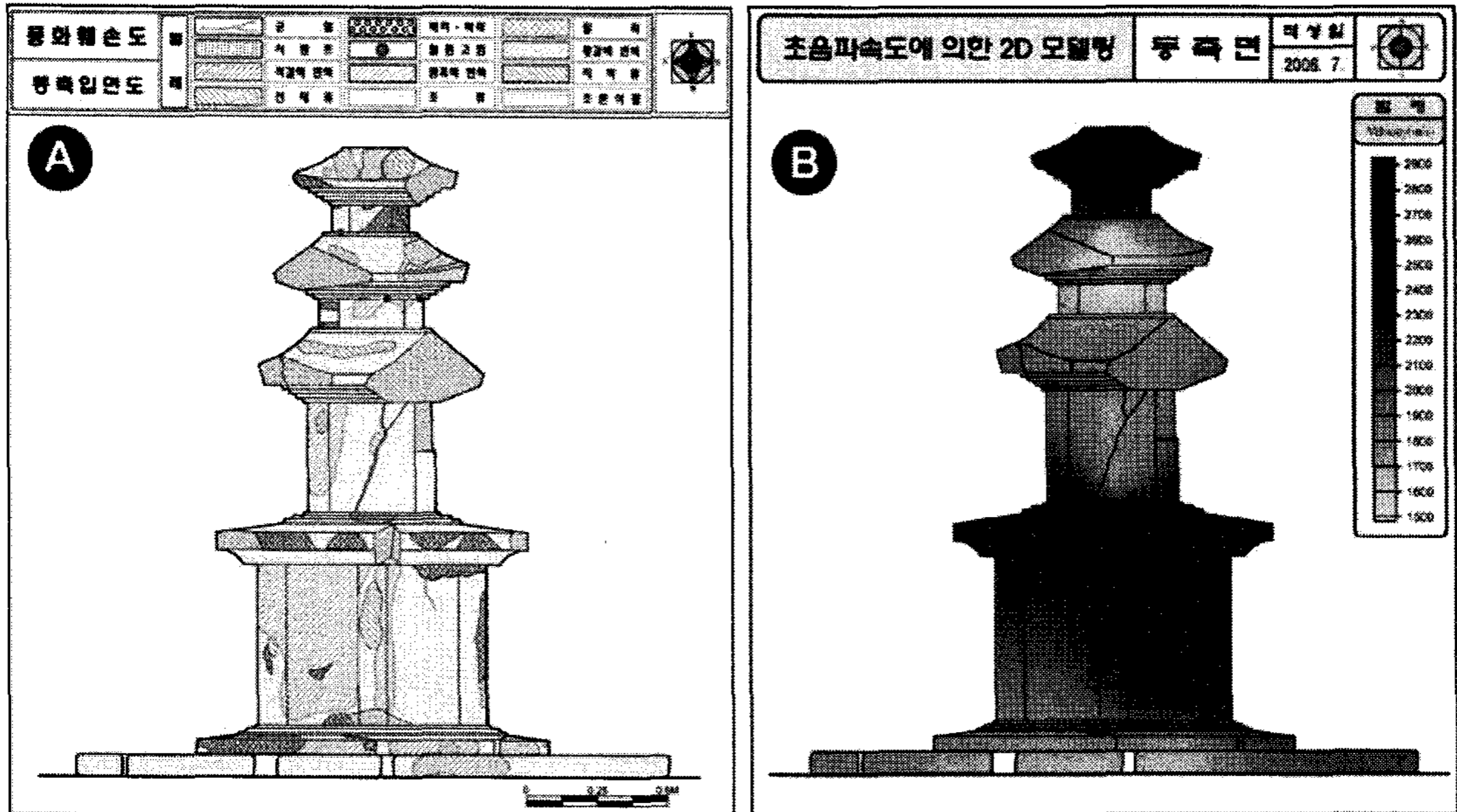


그림 1. 청룡사 삼층석탑의 동측면 훼손지도(A). 초음파속도 투영결과(B).

청룡사 삼층석탑의 정밀조사와 실내실험을 종합하여 정량적인 풍화훼손도를 진단하였고, 이를 근거로 석탑의 장기적인 보존을 위해 체계적인 보존처리를 실시하였다. 보존처리는 2006년 7월 10일부터 8월 30일까지 서진문화유산(주)에 의해 실시되었다. 보존처리에서는 삼층석탑에 가설구조물을 설치한 후 먼저 표면세정을 실시하였다. 표면세정은 석재에 손상이 가지 않도록 부드러운 솔과 나무칼을 사용하여 1차 건식 세정을 실시하였고 2차로 생물처리제(4급 암모늄 화합물, Anti-Germ Solution, Swiss Clean)를 이용하여 화학세정을 실시하였다.

생물처리제를 이용한 화학세정은 분무 후 1주일 정도 효과를 관찰한 다음 부드러운 솔과 나무칼을 이용하여 지의류 및 선태류 등을 제거하였다. 또한 처리제의 지속적인 활성과 성공적으로 생물의 성장을 억제할 수 있도록 2차 분무를 실시하였다. 상대중석의 시멘트 접착부위는 치과용 소도구 및 작업공구를 이용하여 제거하였으며 지대석과 상대갑석의 탈락된 부분은 합성수지(L-30)를 이용하여 복원작업을 실시하였다. 또한 부재사이의 부식된 철판은 티타늄 강철 합금으로 교체하였다. 발수경화제는 Wacker OH를 사용하였고 모든 공정이 완료 후 작업을 실시하였으며 총 3회 도포하였다. 삼층석탑 주변에 자갈을 보강하여 습기 발생을 최소화하여 향후 지의류 발생을 억제토록 조치하였다. 또한 관람객에 의한 훼손을 제어하기 위한 보호시설을 설치하였다.

4. 결 론

1. 청룡사 삼층석탑을 구성하는 암석은 불균질한 입도를 갖는 편마상 복운모 화강암과 세립질 화강암이 대부분을 이루고 있으며, 부분적으로 화강암질 편마암, 안산암질암, 안구상 편마암이 혼재한다.

2. 대기환경에 노출되어 있는 이 석탑은 기단부와 옥개석 상부에 지의류를 비롯한 다양한 생물이 서식하고 있다. 또한 부재의 균열 및 불균형으로 거의 대부분의 모서리가 탈락되어 있고 부분적으로 시멘트 몰탈 처리한 부분도 있다. 이 외에도 부재 사이에 끼워 놓은 철판의 부식에 의해 오염현상 등 보존처리가 시급한 상태이다.

3. 풍화방지 및 훼손을 저감시키기 위한 보존처리에서는 석탑 전면에 걸쳐 자생하는 지의류 및 오염물을 제거하였으며 상대중석의 시멘트를 제거하고 합성수지를 이용하여 복원작업을 실시하였다. 또한 부재 사이의 부식된 철판은 티타늄 강철 합금으로 교체하였으며 모든 공정이 완료된 후 발수경화처리 및 주변정리를 실시하였다.