

계룡산 청량사지 오층 및 칠층석탑의 종합 풍화훼손도 평가

김재철*, 이찬희*, 이명성*, 최석원**

*공주대학교 문화재보존과학과, **공주대학교 지질환경과학과

Deterioration Assessment of the Site 5-Storeyed and 7-Storeyed Stone Pagoda in the Cheongryangsaji Temple Site at the Gyeryongsan, Korea

Jae Cheol Kim*, Chan Hee Lee*,
Myeong Seong Lee* and Seok-Won Choi**

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

***Department of Geoenvironmental Sciences, Kongju National University,
Kongju 314-701, Korea*

1. 서 론

청량사지 오층 및 칠층석탑(남매탑)은 충남 공주시 계룡산에 위치하고 있으며, 각각 보물 제1284호와 제1285호로 지정된 석조문화재이다. 두 탑은 고려중기의 시대적 조형수법을 잘 나타내고 있어 역사적, 미술적 및 학술적으로 아주 중요한 의미를 가지며 구성재질은 주로 중립질의 담홍색 흑운모화강암으로 계룡산 동학사 일대에 분포하는 기반암과 동일한 암석이다. 현재 두 탑은 암석학적, 물리적, 화학적, 생물학적 및 구조적 요인 등으로 인해 풍화 및 훼손상태가 심각한 편이다.

이 두 탑의 보존수복을 위해서는 명확한 훼손요인이 규명되어야 하며, 풍화과정과 훼손부위의 산출상태에 대해 정확한 과학적 진단이 필요하다. 따라서 이 연구에서는 청량사지 오층 및 칠층석탑의 재질분석과 풍화상태 및 훼손현황을 정밀진단하였다. 이를 바탕으로 두 탑에 대한 훼손지도를 작성함으로써 구성암석의 풍화훼손 요인을 종합적으로 평가하여, 향후 보존방안과 수리복원에 필요한 보존과학적 자료를 제시하고자 한다.

2. 현황 및 연구방법

청량사지 오층 및 칠층석탑은 자연석을 허튼 층으로 쌓아 만든 높은 대 위에 동서로 서 있으며 일부 부재는 결실되었다. 두 탑은 주변의 수목과 지반에 생육하고 있는 하등생물들로 인해 옥개석 낙수면과 기단부의 생물학적 오염이 심각한 상태이다. 또한 보수 시 무의식적으로 쌓아 올린 부재에 의해 상부로 올라갈수록 탑신부가 기울어진 양상을 볼 수 있으며 부재와 부재 사이에는 첩편이 삽입되어 있어 암갈색 변색을 발생시키고 있다. 탑 주위에는 이중으로 호석을 두르고 보호 철책을 세웠으나 관광객들에 의한 훼손으로 기능이 저하되어 있으며 지반의 부등침하도 나타난다.

이 연구를 위해 청량사지 오층 및 칠층석탑의 사이트 환경을 조사하고 부재의 정밀 실측도를 작성하였으며, 종합적인 풍화훼손도 정밀분석을 실시하였다. 두 탑을 구성하는 암석을 대상으로 대자율을 측정하였고, 탑에서 탈락한 암편을 수습하여 암석학적 및 광물학적 분석용 시료로 사용하였다. 또한 암석의 미세조직 및 풍화에 의한 변질광물의 생성 등을 관찰하기 위해 편광현미경 관찰과 주사전자현미경(SEM) 관찰을 하였다.

일부 시료에 대해서는 X-선 회절분석(XRD)과 정량화학분석을 통해 광물의 조성 및 암석화학적 특성을 규명하였으며 두 탑의 부재에 초음파 탐사를 실시하여 구성암석의 물성을 분석하였다. 한편 정확한 훼손진단을 위해 분석된 자료를 이용하여 종합 훼손지도를 작성하였으며, 이를 근거로 두 석탑을 구성하고 있는 암석의 풍화상태와 훼손인자 및 종합 훼손상태를 평가하였다.

3. 결과 및 토의

청량사지 오층 및 칠층석탑의 부재는 암석학적, 물리화학적, 기상학적 및 생물학적 풍화요인이 복합적으로 작용하여 석질이 약화되었다. 두 탑 모두 북측면 기단부 면석이 결실되어 있으며 부재 표면에는 파손이탈, 균열, 박리박락 및 마모 등이 나타난다. 탑의 균형을 맞추기 위해 부재 사이에 삽입된 첩편과 보수 시 사용된 시멘트는 강수와 반응하여 표면을 변색시키고 이차적 오염물을 생성하여 두 탑을 훼손시키고 있다.

두 탑 주변에는 수목이 서식하고 있으며 지반에 생육하고 있는 다양한 생물들로 인해 직접적으로 피해를 받고 있다. 특히 칠층석탑의 옥개석 낙수면에 고착된 지의류 및 선대류 등은 90% 이상의 피도를 보이며 두꺼운 생물층을 형성하였다. 이러한 생물들은 부재사이의 이격을 확장시킬 뿐만 아니라, 근압으로 인해 암석의 기계적 풍화를

가중시키게 된다. 또한 두 탑은 생물 서식으로 인한 지반의 약화와 부재의 이격, 파손 이탈 및 점접촉 저하 등으로 구조적 문제점이 야기되고 있다. 육안으로도 관찰할 수 있을 만큼 기울어짐 현상이 뚜렷하게 나타나며, 부재의 결실로 인해 더욱 불안정한 모습을 보이고 있다.

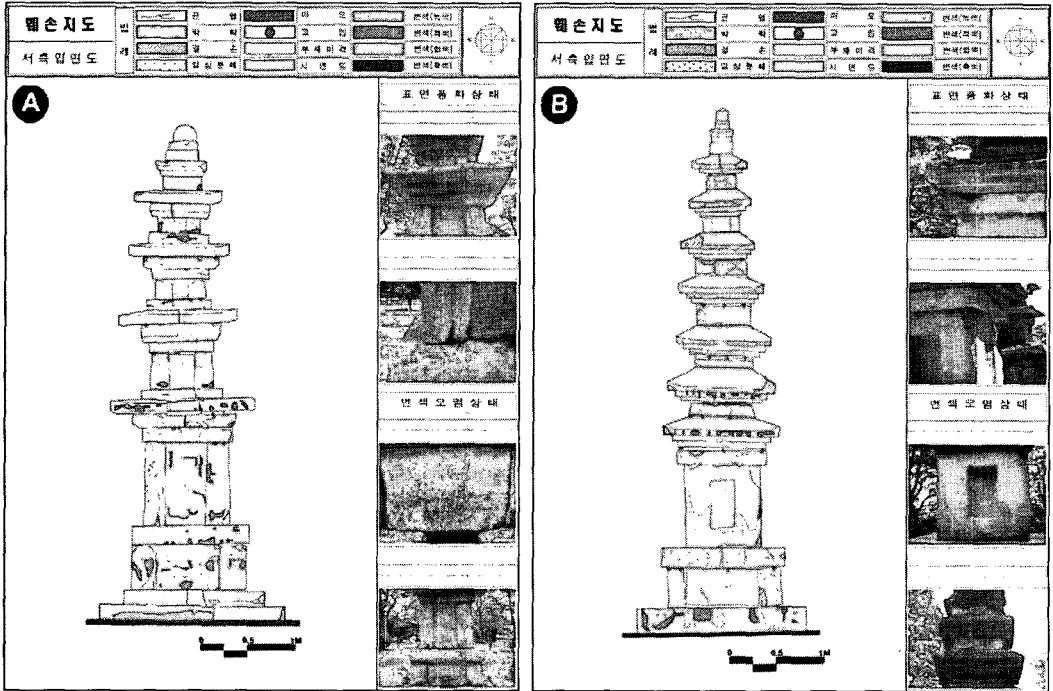


그림 1. 청량사지 오층 및 칠층석탑의 풍화훼손지도. (A) 청량사지오층석탑 서측면의 풍화 및 변색도. (B) 청량사지칠층석탑 서측면의 풍화 및 변색도.

이 탑들의 훼손도 평가에는 물리적인 요인, 화학적인 요인 및 생물학적인 요인으로 나누어 각각의 인자에 대한 기호를 정하고 사진과 실측에 의해 도면을 작성하였다. 각각의 요인들을 종합하고 훼손지도에 표현된 양상과 초음파 탐사를 통한 구성암석의 물성 결과를 대조해 보면, 청량사지 오층 및 칠층석탑의 풍화등급은 D4~D5 등급에 해당하며 이는 두 탑이 상당히 많이 풍화되었다는 것을 지시해준다(그림 1). 따라서 이 석탑들의 보존을 위한 정밀안전진단과 구조거동의 모니터링이 필요하며 표면풍화를 저감할 수 있는 보존처리가 수행되어야 할 것이다.