

계룡산 청량사지 오층 및 칠층석탑의 구조적 안정성 및 3D 영상진단

김재철* · 이찬희** · 신재호*** · 최석원****

*(재)한얼문화유산연구원, **공주대학교 문화재보존과학과

*** (주)엔가드 문화재보존연구소, ****공주대학교 지질환경과학과

Structural Safety and 3D Scanning Images Diagnosis of the Five and Seven-storied Stone Pagoda in Cheongryangsaji Temple Site, Mt. Gyeryong, Korea

Jae Cheol Kim*, Chan Hee Lee**, Jae Ho Shin***, Seok-Won Choi****

*Hanul Cultural Heritage Institute, Kongju, 314-030, Korea

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

***Research Institute of Cultural Properties, ENGUARD Co. Ltd, Seoul 134-010, Korea

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

1. 서 언

계룡산 청량사지 오층석탑(보물 제1284호)과 칠층석탑(제1285호)은 고려중기의 시대적 조형수법을 잘 나타내주는 백제계 석탑이다. 그러나 이 석탑들은 지반의 약화 및 부재의 결실 등으로 인해 구조적으로 매우 불안정한 상태이다. 두 탑에서 가장 두드러지게 나타나는 구조적 불안정 현상은 중심침하와 부재간의 수평적 불균형이다.

따라서 이 연구에서는 두 석탑의 훼손진단 및 보존방안의 일환으로 초음파탐사를 실시하였으며, 이 결과를 근거로 구조적 안정성을 평가하기 위해 3D 영상분석을 실시하였다. 분석에 사용된 3D 스캐너는 Leica 사의 모델 HDS-3000이며 세밀한 영상자료의 획득을 위해 탑 주변에 타겟을 설치하여 자료를 획득하였다.

2. 구조적 손상평가

3D 스캐너를 이용하여 두 석탑을 대상으로 북측면과 남측면의 부재별 수평 및 수직변위를 측정하였다. 이 결과, 두 탑 모두 동측으로 기울어져 있으며 다수의 부재가 수평적 불균형을 이루고 있었다. 오층석탑의 상륜부 최상단과 절대 수직간 기울기는 북측면(1.4° , 116.11mm)과 남측면(0.9° , 74.74mm)이 측정되었다. 칠층석탑은 북측면(1.3° , 154.72mm)과 남측면(0.6° , 72.02mm)에서 기울기가 나타났다. 평면측정 결과, 오층석탑의 수평변위는 최고 80.44mm, 칠층석탑은 최고 84.69mm가 왜곡되어 있으며, 정사각형의 대각선상에서 모든 부재가 어긋나 있다(그림 1).

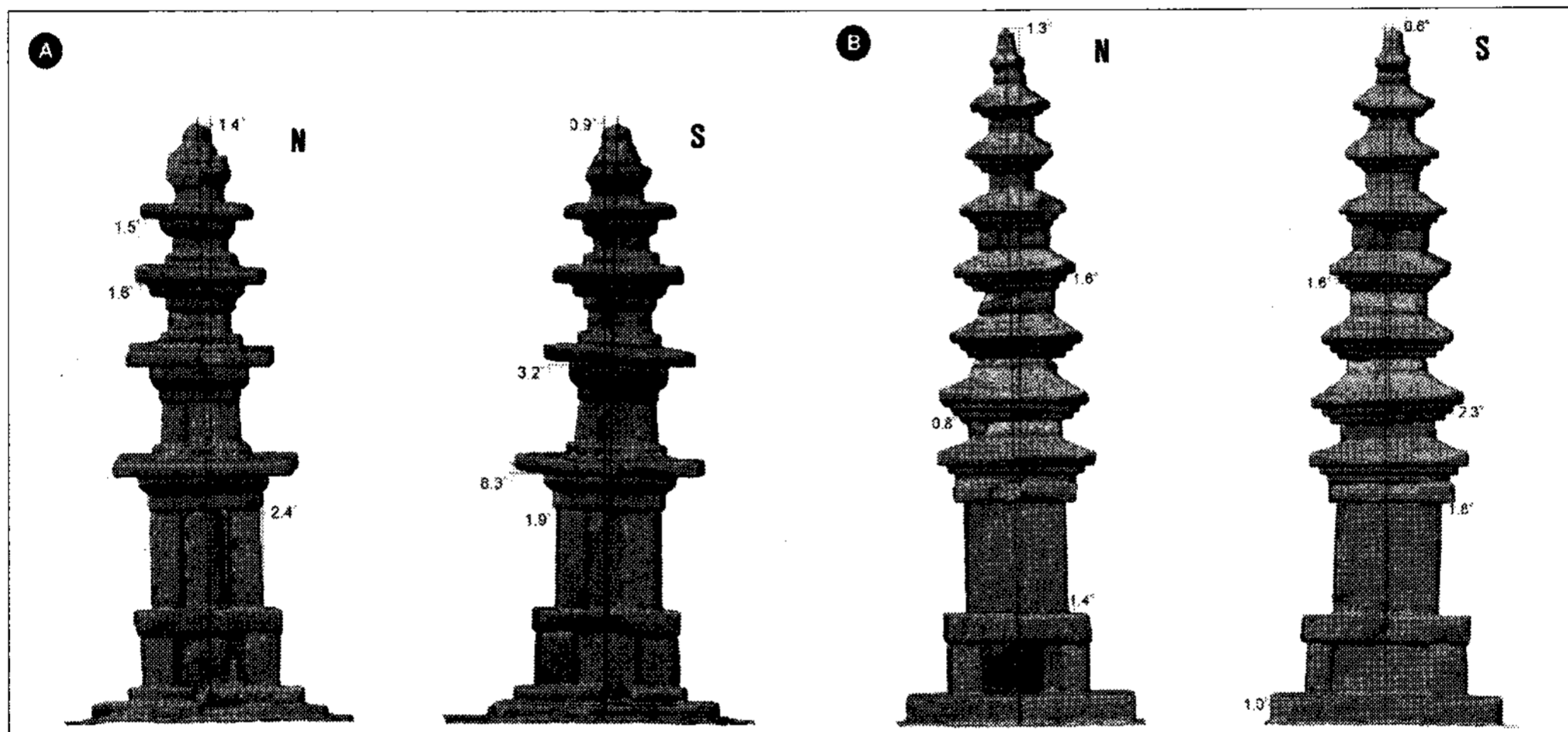


그림 1. 청량사지 오층 및 칠층석탑의 변위측정. (A) 오층석탑, (B) 칠층석탑.

3. 고찰 및 결론

3D 영상분석을 통해서 두 석탑은 구조적 문제점이 야기되고 있음을 알 수 있었다. 그림에도 불구하고 탑이 유지되고 있는 것은 부재를 엇갈려 쌓아 올리며 균형을 이루었기 때문으로 판단된다. 그러나 두 탑은 여전히 구조적으로 불안정한 상태이기 때문에 이에 대해서는 거동변화에 대한 중장기적인 모니터링이 필요하다. 또한 지반공학 적 보강방법과 암석의 강화방안도 강구되어야 하며, 이를 평가하기 위해서는 건조물 문화재의 구조에 관한 자료를 지속적으로 축적해야 할 것이다.