

초음파탐사를 통한 석조문화재의 강도 및 풍화지수 해석

최희수*·서만철**·이찬희*

*공주대학교 문화재보존과학과, **공주대학교 지질환경과학과

Interpretation of Strength and Weathering Index of Rock Cultural Properties by the Ultrasonic Exploration

Hee Soo Choi*, Mancheol Suh**, Chan Hee Lee*,

**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 언

석조문화재는 대부분 야외에 노출되어 있어 기상환경 변화에 직접적인 영향을 받는다. 특히 최근에는 대기오염으로 인한 산성비가 석조유물의 손상을 가중시키고 있다. 석조문화재의 보존관리를 위한 일반적인 연구에서는 풍화훼손상태 조사, 암석의 재질분석 및 물성조사, 부재 간 이격상태, 하중전달 메커니즘과 구조적인 문제 해석, 지반환경조사, 생물오염조사, 주변환경 및 인위적인 영향 등의 원인을 과학적으로 규명하고 보존대책을 강구한다.

이 연구는 석탑의 부재에 대한 암석의 물성을 파악하기 위하여 비파괴탐사를 실시하였다. 탐사방법은 석조문화재에 많이 적용되고 있는 초음파탐사이다. 연구대상은 불국사 석가탑, 감은사지 서탑, 춘궁동오층석탑으로서 암석 표면에 탐촉자와 수신자를 접촉시켜 초음파펄스가 석재면을 따라 전달되는 초음파전달속도를 측정하고 매질에 따른 물성을 정량적인 자료로 취득하여 추정 압축강도와 풍화도지수를 산출하였다. 이 결과는 석조문화재 구성암석의 강도와 풍화도 산정에 적용되며 보존처리 지침을 수립하는데 이용될 것이다.

2. 연구방법

초음파탐사 측정준비는 석재표면의 평탄한 곳을 선정하고, 이끼류에 의한 생물오염 부위와 균열, 박리, 박락이 발생된 부분을 피해야 한다. 또한 습도가 높고 비 내리는 경우나 습윤한 경우에는 가급적 피해야 하며, 측정시는 석재면에 접촉제인 Couplant를 사용하여 접촉면이 밀착되도록 하여야 한다. 또한 석탑에 대한 초음파탐사는 각 부재에 대한 고유번호를 부여한 후 실시한다(그림 1).

초음파속도 측정은 두 개의 압전결정인 탐촉자와 수신자를 석재 표면에 직접 접촉하여 측정하는 방법으로서 조사방법은 직접전달 방식, 반직접전달 방식, 간접전달 방식 등의 3가지 방법으로 측정할 수 있다. 이 연구에서는 옥개석 및 갑석부 끝단에서는 직접전달 방식으로, 기단부의 하대중석, 상대중석과 탑신부 등은 간접전달 방식을 적용하였다(그림 2).

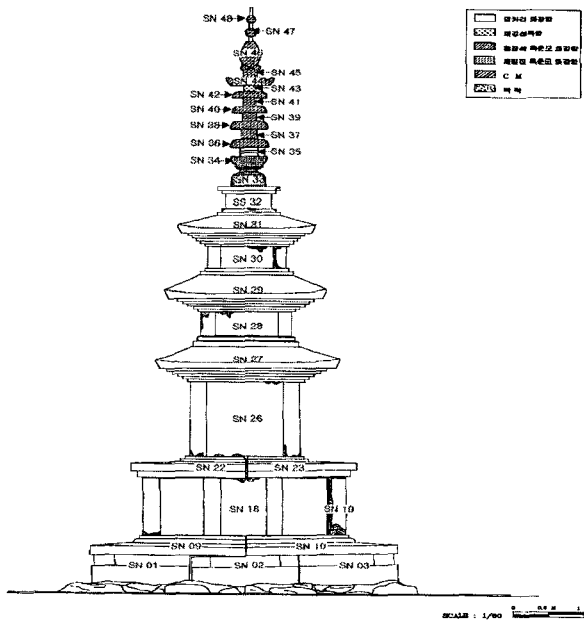


그림 1. 석가탑 북쪽면의 부재별 번호

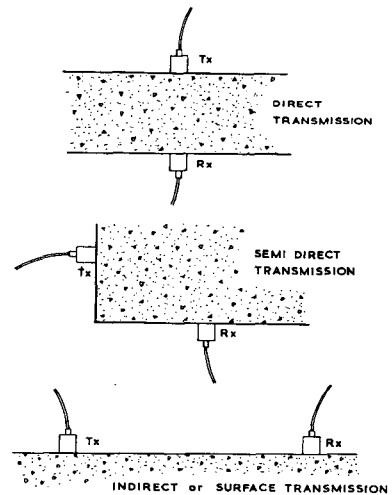


그림 2. 초음파속도 측정방법

3. 결과 및 토의

석탑의 부재에 대한 물성은 측정된 초음파속도를 압축강도로 환산하였으며 Iliev의 풍화도지수의 관계식을 이용하였다. 풍화등급은 절대수치에 따라 1등급~5등급으로, 1등급(F) Fresh, 2등급(SW) Slightly Weathered, 3등급(MW) Moderately Weathered, 4등급(HW) Highly Weathered, 5등급(CW) Completely Weathered로 구분한다. 연구 대상 석탑의 전반적인 풍화등급을 살펴보면, 석가탑은 3등급(MW), 감은사지 서탑은 4등급(HW), 춘궁동오층석탑은 5등급(CW)으로 조사되었다.

또한 이 초음파속도는 방향에 따른 분석과 수직적인 층별분석을 통하여 풍화훼손에 미치는 주요 원인을 해석하는데 이용된다. 석탑 부재의 물성은 측정된 초음파속도를 이용하여 암석의 강도와 풍화도지수로 환산하였다(그림 3). 이 값들은 석재의 보존 관리에 매우 중요한 정보가 될 것으로 판단된다.

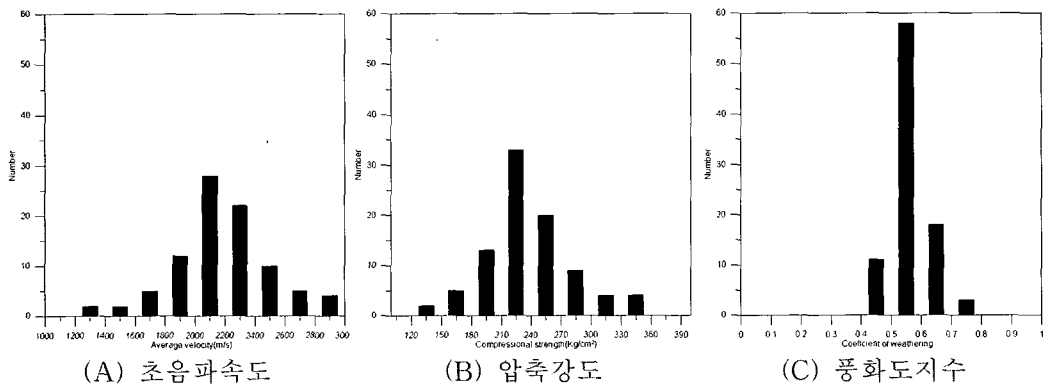


그림 3. 감은사지 서탑 암석의 물성결과

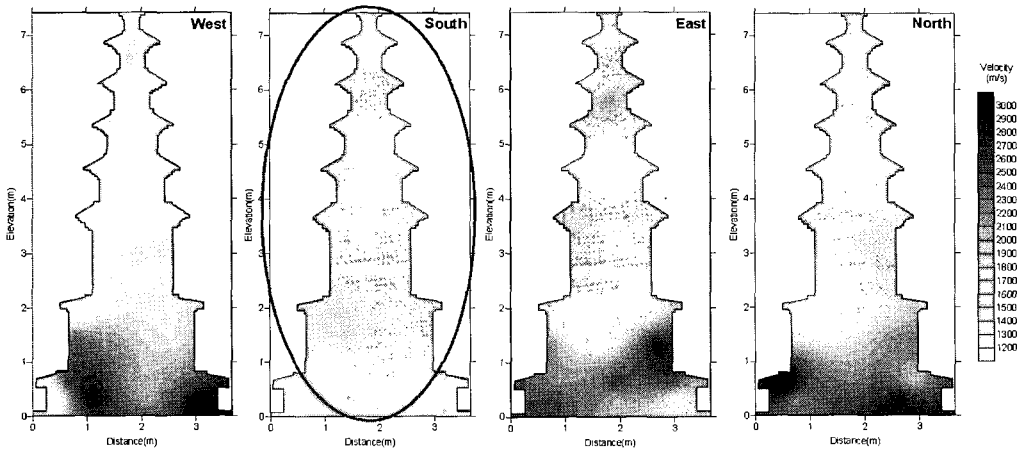


그림 4. 춘궁동오층석탑의 초음파속도에 의한 방향별 분석

대표적인 초음파분석 결과는 그림 4와 같이, 석탑의 방위별 입면도에 초음파 전달 속도를 투영하여 전체적인 풍화도를 파악할 수 있다. 이 결과, 춘궁동오층석탑은 거의 모든 부재가 5등급에 해당하는 완전히 풍화된 상태를 보였으며, 기단부에서 상륜부로 갈수록 심한 풍화도를 보였다. 또한 남쪽면의 풍화지수가 가장 심각함을 나타냈다. 이와 같이 초음파 전달 속도를 통하여 석조문화재의 물성과 강도를 비파괴방법으로도 산정할 수 있으며, 보존관리를 위한 중요한 자료를 제공할 수 있다.