

석조문화재 적용을 위한 초음파 탐사의 신뢰도 검증

조영훈 · 노태군 · 전유근 · 조성남 · 이찬희

공주대학교 문화재보존과학과

Reliability Verification of Ultrasonic Survey for Application to the Stone Cultural Heritage

Young Hoon Jo, Tae Gun No, Yu Gun Chun, Seung Nam Jo,
Chan Hee Lee

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

1. 서 언

현재 초음파 탐사는 석조문화재의 비파괴 진단 영역 중에서 가장 중요한 위치를 차지하고 있으며, 최근에는 이를 통한 정량적 훼손도 평가의 필요성이 증대되고 있다. 하지만 석조문화재의 구성암석은 재질의 다양성, 상대적 풍화도, 표면요철, 생물침해 등에 따라 표면의 산출상태가 아주 다양하여 석재의 정량적 내구성 평가가 어려운 실정이다. 또한 초음파 탐사에 대한 이해와 축적 기술이 부족하고 대상에 따른 적합한 탐사방법이 수립되어 있지 않아 데이터의 신뢰도가 부족한 상태이다.

따라서 이 연구에서는 석조문화재의 재질과 표면상태에 따라 적합한 탐사방법 및 데이터의 신뢰도 확보를 위한 다양한 실험적 연구를 수행하였다. 이를 이해 석조문화재 표면에 적합한 탐촉자 및 접촉매질을 선정하였고, 암종별 직접 및 간접 전달방식을 비교하여 회귀식 및 보정계수를 추정하였다. 또한 초음파 속도를 이용한 압축강도 추정과 실제 파괴실험을 통한 압축강도를 비교하여 적합성을 검증하였다.

2. 연구방법

이 연구에서는 우리나라 대표적인 화강암과 석조문화재의 산지로 추정되는 곳의 암석 7개를 대상으로 20cm 정육면체 공시체로 제작하여 실험을 수행하였다. 우선 탐촉자 및 접촉매질 선정 실험에서는 초음파 탐사에 적합한 탐촉자와 접촉매질별로 5가지의 유형으로 구분하여 비교실험을 실시하였다(표 1). 또한 직접 및 간접 전달방법

비교를 위해서 동일한 축별로 5회 이상 측정하여 회귀식과 보정계수를 추정하였다.

초음파 속도와 수분과의 관계를 파악하기 위해 물에 24시간 함침 시키기 전·후의 속도를 비교하여 속도비를 산출하였다. 초음파 속도를 이용한 압축강도 신뢰성 검증 실험에서는 기존에 다양하게 제안된 식들을 통해 추정된 압축강도와 실제 파괴실험을 통해 얻어진 압축강도를 비교하여 재검토를 실시하였다.

표 1. 탐촉자 및 접촉매질 선정 실험 유형.

유형	비교 대상		실험 대상		
	유형 1	유형 2	유형 3	유형 4	유형 5
탐촉자	UTR54kHz	UTREXTX	UTREXTX	UTREXTX	UTR220kHz
접촉매질	그리스(grease)	그리스(grease)	고무찰흙	×	실리콘

3. 결과 및 고찰

탐촉자 및 접촉매질 선정실험 결과, 전반적으로 유형 5를 적용하였을 경우 가장 좋은 속도를 얻을 수 있었다. 하지만 간접방식의 경우 반려암에서는 전체적인 속도 경향에 이탈하여 속도가 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 UTREXTX 탐촉자는 접촉매질로 고무찰흙을 사용한 유형 3에서 높은 속도를 보였다.

직접 및 간접의 방법 비교실험 결과, 가장 높은 결정계수를 보인 익산화강암에서는 $Y=1.787Vp-1106(R^2=0.83)$ 이라는 회귀식을 얻었다. 또한 거창, 익산, 양주, 남산 화강암을 종합했을 경우의 회귀식은 $Y=1.298Vp+133(R^2=80)$ 이었고, 반려암과 섬록암을 합치면 $Y=1.184Vp+458(R^2=0.76)$ 의 높은 결정계수를 가지는 회귀식을 나타냈다.

또한 거창화강암, 반려암, 섬록암을 대상으로 초음파 속도와 수분과의 속도비를 알아보았다. 이 결과, 거창화강암은 1.29, 반려암은 1.28, 섬록암은 1.13 정도 건조 상태보다 높은 속도를 보였다. 이는 암석마다의 물성 차이를 보이기도 하지만 수분이 함유된 상태에서의 초음파 속도는 과대평가 될 수 있음을 지시하였다.

초음파 속도를 이용한 압축강도 추정을 위해 여러 연구자들이 제시하였던 회귀식 중 상관성이 좋은 5개의 식을 선별하여 추정해 보았다. 이 결과, 흑운모화강암을 대상으로 백승철(2006)이 제시한 회귀식이 가장 적합하였으며, 대부분의 석조문화재에 사용되었던 Iliev(1967) 식은 상당히 과소평가되어 있음을 알 수 있다. 이 연구결과는 석조문화재 적용을 위한 초음파 탐사의 신뢰도를 높이기 위한 최초의 연구로서 앞으로 지속적인 보완 연구가 필요할 것으로 판단된다.