

콘크리트 구조물 강도 측정을 위한 임피던스 기반 압전센서의 성능 검증 연구

김동호, 김이슬, 나원기
서울과학기술대학교 건설시스템공학과
e-mail:wongi@seoultech.ac.kr

A Study on Performance Verification of Impedance-Based Piezoelectric Sensor for Strength Measurement of Concrete Structure

Dong-Ho Kim, Yi-Seul Kim, Wongi S Na
Dept. of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology

요약

구조물의 안전성을 평가하기 위해서는 콘크리트의 강도에 대한 변화를 점검해야한다. 일반적으로 비파괴검사 방법인 슈미트해머를 이용하여 콘크리트의 표면강도를 측정할 수 있지만, 해당 기법의 정확도가 떨어져 신뢰도가 비교적 높은 편은 아니다. 이에 따라 정확도를 높여줄 수 있는 추가적인 비파괴검사 기법이 필요하다. 본 연구에서는 영구적으로 부착하던 기존의 압전패치(PZT)를 탈부착식으로 가능하게 만들어서 콘크리트의 강도를 측정할 수 있는 센서를 제안한다. 동일한 강도의 두 몰탈 실험체에 대해 수차례 임피던스를 측정하는 결과, 탈부착으로 인한 신호가 존재하지만 결론적으로 비슷하다고 계산된다. 이를 통해 탈부착식으로 제작된 압전패치(PZT)에 대한 기본성능이 검증된 것을 보여주고 있다.

1. 서론

우리가 흔히 볼 수 있는 고층 건물, 교량 등 뿐만 아니라 수많은 구조물에 콘크리트가 사용된다. 구조물의 안전성을 이야기 하고자 할 때 콘크리트의 강도는 매우 중요한 의미를 갖는다. 콘크리트의 강도를 확보하기 위해서 압축 강도 측정을 통해 강도측정과 꾸준한 품질관리를 필히 수행 해야한다.

구조물의 압축 강도 측정은 구조물로부터 콘크리트 코어를 채취해 강도시험을 하는 것이 가장 정확한 방법이지만 채취 위치나 개수의 한정, 구조물의 손상에 따른 문제점 및 경비가 발생하므로 대상에 대한 손상 없이 진행되는 비파괴시험으로 추정 하고 있다.

비파괴시험의 대표적 방법인 슈미트 해머의 경우 반발경도법으로, 콘크리트면 타격 시 측정된 경도로부터 반발도와 압축 강도 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 하는데, 타격 시 반발도를 표시 하고 반발도의 크기에 따라 압축강도를 추정하며, 이 때 타격면의 골재의 유무, 콘크리트의 재령, 습윤상태 등에 따라 반발도의 차이가 발생한다. 따라서 경우에 따른 반발경도의 보정이 필수적이다. 각각 타격 방향과 콘크리트의 건조수축 상태, 재령에 따라 보정 후 추정 강도식을 통해 압축강도를 추정 한다.

측정된 반발도를 보정 하여 압축강도를 추정하는 과정속에서

측정오차 발생, 측정값의 해석 오차, 해석의 의한 판정 오차로 인한 오류로 결과값에 대한 정확도가 70%밖에 되지 않아서 신뢰성이 부족하다. 따라서 이를 보조 할 수 있는 추가적인 비파괴검사 기법을 통해 정확도를 높이는 방법을 개발할 필요 있다.

구조물의 안전성을 평가하는 비파괴검사의 방법으로 압전소자(PZT)를 이용한 다양한 기술들이 개발되고 있다. 압전패치의 경우 주파수에 따라 임피던스를 측정할 수 있고, 이를 바탕으로 구조물 손상 또는 변화를 감지할 수 있다. 전기역학적 임피던스 기법은 현재 압전패치를 구조물에 영구적으로 부착하거나 또는 매립 하여 지속적인 모니터링을 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 영구적으로 부착되는 방식에서 탈부착식으로 가능하게 만들어 콘크리트의 강도를 측정할 수 있는 센서로서의 가능성을 파악하고자 한다.

2. 실험방법

2.1 실험준비

탈부착식 압전센서의 기본 성능을 검증하기 위해서 본 실험에서는 동일한 조건으로 만들어진 몰탈 실험체에 대해 강도를 반복하여 측정을 하였다. 측정에 앞서 상온 23℃의 물과 드라이몰탈(아세아몰탈)를 섞어서 만든 몰탈 실험체를 2개

(A,B)를 제작하고 7일간 수중양생을 진행하였다.

2.2 사용재료

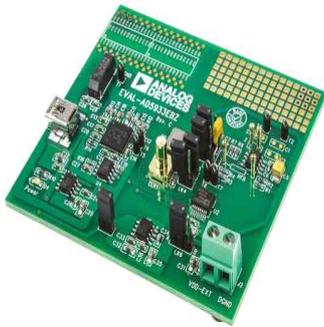
[그림1]는 실험에 사용된 사용재료의 압축 강도이다. 해당 재료와 상온 23°C의 물을 이용하여 동일한 콘크리트A,B를 제작 하였다

		당사제품	KS기준
Flow(%)		102	100±5
압축강도(MPa)	7일	11 이상	7 이상
	28일	15 이상	10 이상

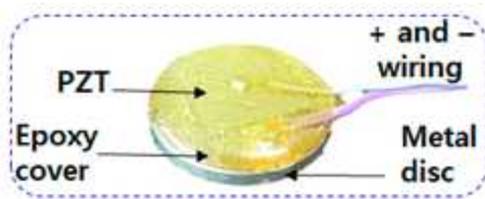
[그림 1] 사용재료의 압축강도(<https://www.asiacement.co.kr/>)

2.3 실험진행

본 실험에서는 압전센서의 임피던스 측정을 통해 콘크리트의 강도를 발현하는 기법을 이용하였다. 콘크리트의 임피던스는 구조물 손상이나 강도 변화 발생 시 공진주파수가 이동하는 특징이 있는데, 이를 기반으로 공진주파수 변화를 관측한 기법이다. 이번 실험에서는 AD5933 evaluation board를 사용하여 두 몰탈 시멘트 강도를 측정 했다. 우선 실험체 A에 대해서 탈부착화된 압전센서를 붙인 후 임피던스를 총 10회 측정 한 뒤, 마찬가지로 몰탈 실험체 B에 대해서도 동일한 방법으로 10회 측정하였다.



[그림 2] 실험에서 사용된 AD5933 evaluation board



[그림 3] 탈부착 압전센서

3. 실험결과

본 연구에서는 기존에 영구적으로 부착하는 압전센서를 탈부착식 압전센서로의 형태로 만들어 몰탈 실험체에 대한 임피던스 신호를 측정하였다. 동일한 강도의 몰탈 실험체 2개를 제작하여 측정한 결과, 두 측정된 신호들이 완벽하게 매칭이 안 되지만 어느 정도 비슷하다는 점을 발견할 수 있었다. 이를 통해서 탈부착식 압전센서의 기본 성능에 대해 유효성을 검증하였다. 이번 실험결과를 토대로 탈부착식 압전센서의 정확도와 신뢰도를 높일 수 있는 여러 변수들을 설정한 연구를 추가로 진행 할 예정이다.

참고문헌

- [1] Na, S., Lee, H.K. Resonant frequency range utilized electro-mechanical impedance method for damage detection performance enhancement on composite structures. *Composite Structures*, 2012, 94(8), 2383-2389.