

전압제어형 센서를 이용한 스마트 콘크리트의 개발

Development of the Smart Concrete Using the Voltage Control Type Sensor

김 이 성* 이 수 곤** 김 화 중***
Kim, Ie Sung Lee, Soo-Gon Kim, Wha-Jung

ABSTRACT

Today, peoples have much interest about safety while an abnormal weather phenomenon is weighted increased. R.C buildings are consisting of main loaded members. Concrete are brittle materials and they are which come to brittle fracture rapidly by progress of cracks. With the exchange of such research in inside and outside of the country, the structure measurement method of having used PZT and the optical fiber (FBG) will be the actual condition which has accomplished the stock. Specially, seismic activity that gives damage to construction and members happens in on time. Therefore, the purpose of this study is the fundamental research which detects damages of main members using the compound sensor which consisted of the radio sensors of resistance, PZT, and FM system.

1. 서론

1.1 연구의 목적

현재 이상기후 현상이 가중되면서, 안전에 대한 인식이 증대되고 있는 실정이다. 콘크리트 구조물은 주요 내력부재들로 구성되어 있으며, 이러한 부재들은 외력과 기타 요인으로 인하여 균열이 발생되고, 이러한 균열이 가속됨으로써 구조적 문제를 야기하고 있다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위하여 외력에 대해 부재의 상태를 예측하고 균열발생을 방지하기 위한 기술이 요구되고 있다. 구조물 및 주요부재의 손상을 예측하고 측정하는 대표적인 센서는 압전소자(PZT)와 광섬유센서(FBG)며, 부재의 변형량을 측정하는 센서류로는 Strain Gauge가 사용된다.

이러한 센서는 각각 독립적으로 손상 및 변형을 측정하는 것으로 국한되어 있으며, 이를 혼합 응용하는 연구는 미진한 상태이다. 일반적으로 역압전체인 PZT는 물리적인 힘을 받게 되면 전압을 발생하게 된다. 주요 부재의 변위를 측정하는 Strain Gauge는 저항의 변화에 의해 변위값을 산출하며, 이러한 저항의 변화는 무선발신자의 스위치로 응용할 수 있다. 이러한 방법은 국내에서 활발히 연구 중에 있으나 정적하중에 대하여 연구하였다. 저항은 전류의 흐름을 방해하는 것으로 일정 전류이상이

*정회원, 경북대학교 건축학부 박사과정
**정회원, 전남대학교 건축학부 명예교수, 공학박사
***정회원, 경북대학교 건축학부 정교수, 공학박사

흐르게 되면 본 기능을 할 수가 없게 된다. 이러한 개념을 응용하게 되면 압전소자와 전기저항 소자를 합성한 복합형센서를 개발할 수 있다. 시험체에 진동 및 하중이 작용하게 되면 압전소자에서 전압이 발생하게 되고, 이로 인하여 무선발신자의 발신시기를 앞당길 수가 있다.

따라서 본 연구에서는 압전소자와 전기저항 소자, 무선송수신 장치를 이용한 기초적인 회로를 통해 부재의 초기 내력상태의 감지를 위한 기초적 연구이다.

1.2 연구의 방법 및 절차

압전소자를 이용한 부재 손상에측은 부재의 표면에 부착하여, 임피던스의 변화에 의해 감지하는 방법을 이용하고 있다. 임피던스의 일반적인 정의는 전류가 흐르기 어려운 정도를 의미하며, 단위는 옴(Ohm)으로 표시하게 된다. 또한 이것은 직류회로(AC)에서는 전류와 전압의 비로 고려할 수 있으며, 이는 전기저항과 같다. 따라서 4×4×16cm 휨시험체의 하단면 중앙부에 압전센서, 압전센서와 전기저항소자, 무선송수신장치를 이용한 복합형센서와 휨 시험체 중앙부 하단내부에 시멘트 페이스트로 피복한 센서를 삽입하여 임피던스와 직류 전압, 하중-변위와 비교 검토하였으며, 복합센서를 이용한 무선발신자가 하중재하 초기에 작동하는지를 비교검토하였다.

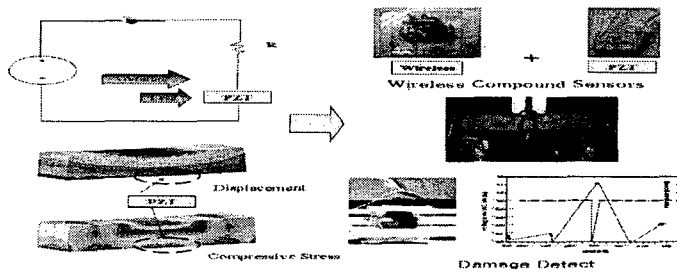


그림 1 시험체 개요

2. 시험체 개요

2.1 매입위치

휨시험체의 중앙부에 시멘트 페이스트로 피복한 2.5×2.5×1.5cm의 압전소자를 매입하여 하중이 재하 되면 내부의 압전소자가 압력을 받도록 구상하였다. 또한, 무선센서를 응용하기 위하여 이러한 센서에 리드저항소자를 압전소자와 결합하여 내포하였다. 또한 이와 비교하기 위하여 같은 물성의 시험체에 응력이 최대가 되는 부분에 압전소자를 부착하여 전압과 임피던스를 측정하여 비교하였다.

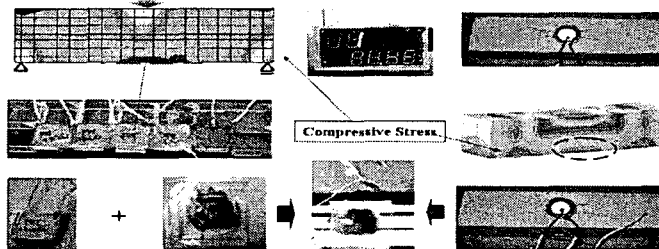


그림 2 FEM에 의한 센서의 배치

2.2 실험 결과와 분석

(1) 부착에 의한 압전센서와 복합형센서의 비교

압전소자와 리드저항을 복합한 무선센서를 이용하여 휨시험체의 하중변위와 비교검토하였다. 압전소자의 일반적인 측정방법인 부착으로 실험결과, 압전소자의 임피던스는 최대내력 80%에서 최대가 되었다. 압전소자와 전기저항소자, 무선발신자를 복합한 센서에서는 전압 및 전기저항을 측정하였다. 실험결과 무선발신자는 최대내력 이후 발신하였다. 이러한 이유는 무선발신장치의 전원은 저항으로 제어되고 있었으나 압전소자의 전압이 공급되지 못해 리드저항의 소자가 할렬되는 시점에서 발신을 한 것으로 사료된다.

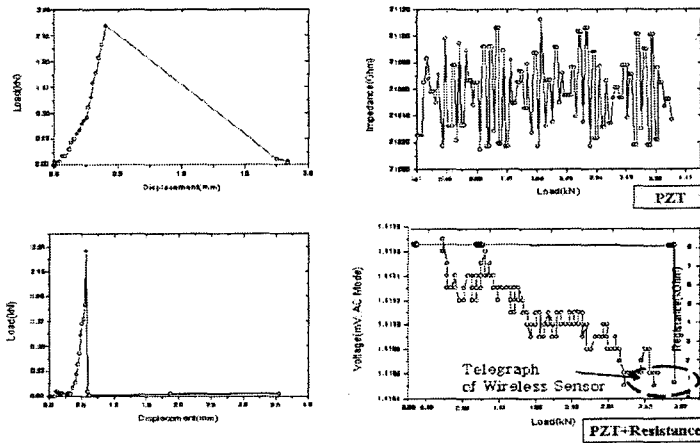


그림 3 부착한 압전센서와 복합형센서의 임피던스 및 전압과 하중변위와의 비교

(2) 내설에 의한 압전센서와 복합형센서의 비교

휨시험체의 응력 최대 예상부분에 센서를 부착하는 방법 이외에 시험체의 물성과 유사한 시멘트 페이스트로 피복한 압전센서 및 복합센서를 내설하여 실험하였다. 시험체에 하중이 재하되면 내부의 압전소자가 전압을 발생하게 되고 이는 무선발신자의 전압제어를 하고 있는 저항의 용량보다 높은 전류를 형성하기 때문에 손상신호를 조기 발신할 것으로 예측하였다. 실험결과, 압전소자만을 시멘트 페이스트로 피복한 센서를 매입한 시험체의 경우, 부착하여 실험경우보다 전압과 임피던스의 최대시점이 최대하중과 유사하게 나타났다.

이를 응용하여 전압제어를 통한 무선손상자현을 하기 위해 리드저항을 첨가하여 실험하였다. 실험결과, 무선발신자에 의해 공급된 전압은 압전소자에 영향을 주게 되는 것으로 나타났다. 그림 4는 저항을 부착하지 않은 압전센서와 부착한 복합형센서의 전압의 상태와 하중변위를 나타내었다. 저항을 부착하지 않은 경우, 전압이 하중에 의해 증가되었으나 저항소자를 부착한 경우 전압이 하중의 증가에 따라 감소하였다. 그러나 내부의 전기저항소자는 압전소자의 전압감소에 의해 전기저항만을 사용했을 때보다 손상신호발신을 최대 내력 60%에서 하였다. 이는 압전소자와 결합한 전기저항소자의 저항 안정성에 영향을 주는 것으로 사료된다.

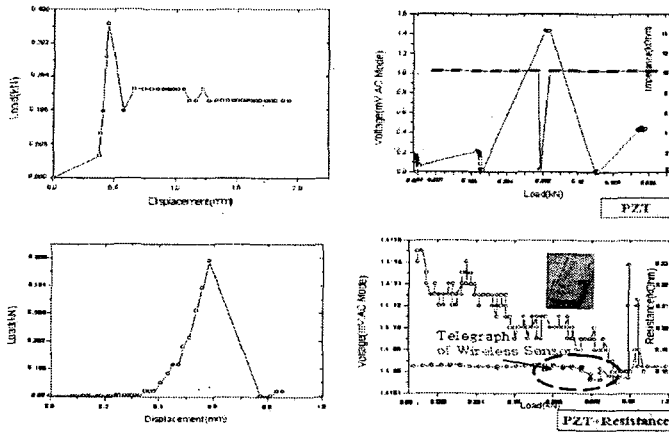


그림 4 내설한 압전센서와 복합형센서의 임피던스 및 전압과 하중변위와의 비교

3. 결론

전압제어형 센서를 이용한 스마트 콘크리트의 개발을 위해 실험에 사용된 센서의 형태 및 위치에 따른 특성을 실험한 결과는 다음과 같다.

- (1) 전압제어형 센서를 이용한 경우 매입된 콘크리트는 외력을 받았을 때 최대하중 시점을 감지할 수 있다.
- (2) 부착에 의한 압전센서와 복합형센서의 비교에서 휨시험체 표면에 부착한 압전소자의 경우, 전압이 감소하는 것으로 나타났으며, 압전소자와 리드저항, 무선 발신자를 결합한 복합센서의 경우 무선발신자는 최대내력 이후 발신하였다. 이러한 이유는 무선발신장치의 전원은 저항으로 제어되고 있었으나 압전소자의 전압이 공급되지 못해 리드저항의 소자가 할렬되는 시점에서 발신을 한 것으로 사료된다.
- (3) 시멘트 페이스트로 피복한 압전센서만 사용한 경우, 최대하중시 전압이 최대가 되었으나 저항과 무선 발신자가 복합된 경우, 전압이 하중의 증가에 따라 감소하였다. 그러나 내부의 전기저항소자는 압전소자의 전압감소에 의해 전기저항만을 사용했을 때보다 손상신호발신을 하중 60%에서 하였다. 이는 압전소자가 결합한 전기저항소자의 저항 안정성에 영향을 주는 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2004년 과학 재단 지정, 스마트 사회기반 연구센터의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

참고문헌

1. H.L.KWOK, "Electronic Materials", THOMSON, pp. 158-173, 1997
2. G. Gautschi, "Piezoelectric Sensorics", Springer, pp.1-45, 2002
3. Nellya N. Rogacheva, "The theory of Piezoelectric Shells and Plates, CRC Press, Inc, pp.73-94, 1994
4. Richard W. Hertzberg, "Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Material", JOHN WILEY & SONS, INC, pp. 634-641, 1996
5. MIDAS Gen Users Manual. POSCO Engineering & Construction Co. Ltd, 2000