

LED와 전기 저항적 특성을 적용한 스마트 콘크리트의 개발

Development of Smart Concrete adopting Light-emitting Diode and the Resistance Property of Electric Fuse

김 화 중* 김 이 성** 김 병 용*** 고 관 호***
Kim, Wha Jung Kim, Ie Sung Kim, Boung Yong Ko, Kwan Ho

ABSTRACT

Use of concrete has undoubtedly become widespread in construction. Sensors are used to add functional characteristics to concrete. Self-diagnosing, smart concrete is also being developed. Development of these functional materials and structures will play an important role in protecting buildings and structures against external factors brought about by unusual weather among others.

In this study, the innovative measurement system is presented where material damages and internal stress can simply be detected against the compressive and bending force of the structure using light-emitting diode and the resistance property of electric fuse.

요 약

콘크리트에서 발생하는 균열 및 손상을 평가하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있으며, 주요 콘크리트 부재(Element)에 균열이 발생하면 LED가 동작하는 스위칭(Switching) 개념의 기능성 콘크리트에 대한 연구도 진행 중이다. 이러한 자가 진단형(Type of Self-diagnostic) 시스템은 관리자가 모니터링을 통하여 교량 등의 구조물을 관리하는 데 편리성을 주지만, 보행자나 운전자들에게 갑작스런 LED 점등으로 구조물에서 발생하는 손상신호(Signal Damage)의 전달이 미비하게 될 가능성도 배제할 수 없다.

따라서, 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 주요 부재에 균열 및 손상이 발생하면 LED가 소등되어 보행자 및 운전자가 위험을 인지하게 되는 시스템을 구상하게 되었다. 이를 이용하면 주요 부재에 균열이 발생하여 콘크리트 내부의 센서를 파괴하여 센서 내부의 전선이 단전되어 야간 및 악천후 시 가로등 및 신호기 등이 소등되어 위험을 알리는 스마트 콘크리트를 개발할 수 있기 때문에 이에 대한 연구를 구상하였다. 또한, 외력에 의해 발생한 균열 손상에 의해 센서내부의 전선이 신장(Elongation)되어 할렬될 때의 저항변화를 검토하여 관리자가 주요 부재의 손상을 검토할 수 있는 기능성 콘크리트를 개발하기 위한 기초적 연구이다.

*정회원, 경북대학교 건설공학부 공학박사 정교수

**정회원, 경북대학교 건설공학부 공학박사 연구교수

***정회원, 경북대학교 건설공학부 석사과정

1. 서론

국내외적으로 인간의 오감을 본떠 만든 센서(Sensor)들을 주요 부재(Element)에 내포하거나 부착하여 외력 및 외부 조건에 의해 손상이 발생되었을 때, 이를 스스로 나타내는 기능성 재료 및 구조를 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 이러한 연구가 활발히 진행되고 있지만 건설 시공현장에 적용되고 있는 경우는 미진한 실정이다. 이러한 원인은 손상계측의 복잡함과 경비 증가 등의 원인과 외부환경 및 조건에 의해 센서동작이 영향을 받는 경우 등을 들 수 있다.

따라서, 외력에 대하여 부재 및 구조물에 손상이 발생하였을 경우, 이를 나타내는 방법의 간소화 및 건설 현장 적용성 향상을 위하여 전기퓨즈(Electric Fuse)를 이용하게 되었다. 전기 퓨즈는 과부하에 의해 회로에 적정 이상의 전류가 흐르게 되면 이를 차단시켜주는 일종의 센서이며, 이는 전기 저항체이기 때문에 음향기기 등에서 이로 인해 발생하는 잡음(Noise)을 저감시키기 위한 연구도 진행 중인 실정이다¹⁾. 전기 퓨즈는 파이렉스 중공 유리관과 구리선으로 구성되어 있어 콘크리트 내부에 매입하여 적용할 경우, 균열이 발생되어 유리관을 파손시키면 내부의 나전선이 할렬된다. 이를 LED와 응용하면 정상상태의 콘크리트는 점등상태이고 균열발생에 의해 손상된 콘크리트는 내부의 나전선이 할렬되어 소등 상태가 된다.

본 연구는 이러한 LED와 전기퓨즈의 특성을 이용하여 주요 부재와 구조물에 손상 및 위험이 발생하였을 때, 이를 인간의 시각으로 전달할 수 있는 기능성 콘크리트를 개발하기 위한 기초적 연구이다.

2. 시험체 개요

2.1 전기 퓨즈센서의 매입위치

굽힘력(Bending Force)을 받는 콘크리트 시험체에 균열(Crack)이 발생하였을 때, 이를 시각적으로 나타내는 스마트 콘크리트를 개발하기 위해 파이렉스 중공 유리관과 구리선으로 이루어진 전기퓨즈를 이용하였다. 발광다이오드(LED)를 이용할 경우 균열이 발생되었을 때 나타내는 방법으로 소등의 경우 정상, 점등의 경우 손상상태를 나타내는 스위치 개념의 센서를 적용하는 경우와 반대 개념인 퓨즈를 적용하는 방법이 있다.

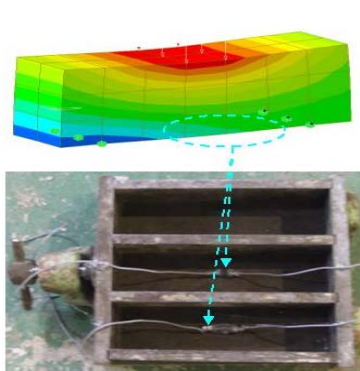


그림 1 전기퓨즈 센서의 매입위치

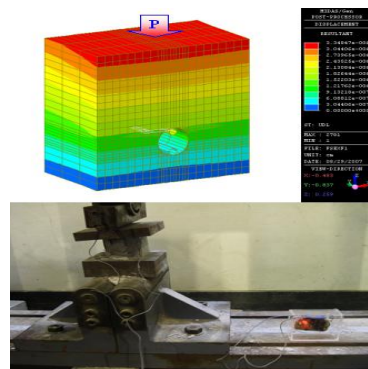


그림 2 유리관 스위치 센서의 매입위치 및 손상자현

표 1 시험체 개요

시험체	전기퓨즈	시험체 크기 (mm)	전기퓨즈 크기 (mm)	전기퓨즈 용량 (A)
Type 1	-	40×40×160	-	-
Type 2	Embed	40×40×160	φ3.2×15.2	1
Type 3	Embed	40×40×160	φ6.4×31.8	2

콘크리트 시험체에서 손상을 감지하기 위해 발광다이오드를 이용한 시각적 자기 손상자현 방법 중 균열 및 손상이 발생할 경우 발광다이오드가 소등되어 콘크리트 시험체의 손상을 알려주는 스마트 콘크리트에 대하여 연구하기 위해 휨시험체에서 균열이 증진되는 하단부 중앙에 센서를 매입하였으며, 유한요소 해석 프로그램을 이용하였다²⁾.

2.2 실험 결과와 분석

(1) 전기퓨즈센서의 매입에 따른 내력 비교

파이렉스 증공 유리관으로 이루어진 전기 퓨즈를 매입하지 않은 경우와 매입한 경우, 콘크리트 휨시험체의 내력을 비교하였다. 센서의 매입으로 인한 강도 저하는 발생하지 않았다.

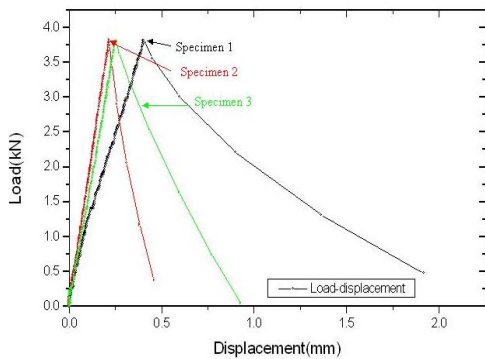


그림 3 전기퓨즈를 매입하지 않은 시험체와 매입한 휨시험체의 내력 비교

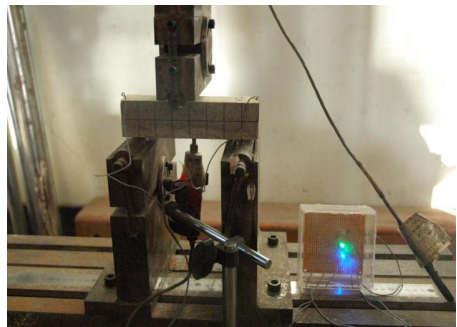


그림 4 균열 손상이 발생하기 전의 정상 휨시험체

(2) 하중 재하에 따른 전기퓨즈의 저항변화와 발광다이오드의 소등 시점 비교

발광다이오드를 이용하여 인간의 시각으로 콘크리트의 손상을 감지하는 방법은 단순하지만 전기퓨즈가 저항체이기 때문에 하중재하 시 전기퓨즈의 저항변화를 측정하면 콘크리트에서의 균열시점을 예측할 수 있으며, 이에 대한 실험을 하였다. 실험결과 시험체 2에 매입된 전기퓨즈 센서는 내력의 70%에서 할렬(Tear)되었으며, 시험체 3에 매입된 전기퓨즈 센서는 내력의 60%에서 할렬되어 콘크리트 시험체의 손상을 감지할 수 있는 것으로 나타났다.

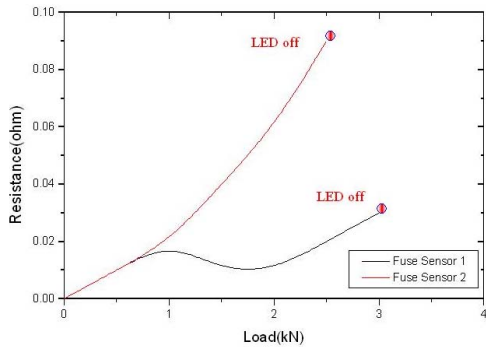


그림 5 하중재하에 따른 전기퓨즈센서의 저항변화 및 LED소등 시점

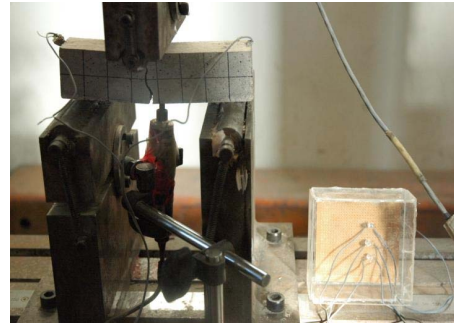


그림 6 균열 손상이 발생한 힘시험체

3. 결론

LED와 전기 저항적 특성을 적용한 스마트 콘크리트의 개발을 위해 실험에 사용된 센서의 형태 및 위치에 따른 특성을 실험한 결과는 다음과 같다.

- (1) LED와 전기퓨즈 센서를 이용한 경우 센서가 매입된 콘크리트에 외력으로 균열이 발생하면 LED의 동작으로 최대하중 시점을 감지할 수 있다.
- (2) 크기와 전류용량이 다른 전기퓨즈를 내포하여 자기손상자현 실험한 경우, 크기와 전류용량이 증가할 경우 저항의 변화가 증가되는 것으로 나타났다.
- (3) LED와 전기 퓨즈 센서를 이용하면 관리자가 외력으로 주요 부재 및 구조물에 손상이 발생하였을 때 저항의 변화로 이를 감지할 수 있으며, 보행자나 거주자는 LED의 점등상태로 간단하게 손상을 판단할 수 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

이 연구는 2008년 과학 재단 지정, 스마트 사회기반 연구센터의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

참고문헌

1. H.L.KWOK, "Electronic Materials", THOMSON, pp. 158-173, 1997
2. MIDAS Gen Users Manual. POSCO Engineering & Construction Co. Ltd, 2000
3. Richard W. Hertzberg, "Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Material", JOHN WILEY & SONS, INC, pp. 634-641, 1996