

콘크리트 구조물의 균열진행 측정용 간이센서 개발

The easy-check sensor to evaluate the development of concrete crack

전규식*

Jeon, Gyoo-Shick

ABSTRACT

The crack of concrete is one of the most important factors to evaluate the safety of the structures. The more important point for the safety-evaluation of the concrete structures is to check the development of the concrete crack. In order to check the crack development, the conventional window papers(Chang Ho Ji) have been used as a simple method in the past, and nowadays the strain gauge is used for more correct way to check the development of the concrete crack quantitatively. However the window-paper method is too simple and not so scientific, and the strain-gauge method is rather complicated for people in general. This Easy-Check Sensor provides the simple usage for the various concrete structures, but also the more correct results to evaluate the development of the concrete crack.

1. 서 론

삼풍백화점 및 성수대교의 붕괴사고 이후로 구조물의 안전에 대한 우리들의 안전의식이 많은 지탄을 받아왔음에도 불구하고, 아직까지 그다지 개선되었다는 국민적인 지지를 받지 못하고 있음도 사실이다. 일반적으로 구조물에 문제가 발생된 이후에는 그 원인을 분석하고 대책의 미흡함을 지적할 수 있는 전문가가 수없이 많으나, 사전에 이를 미리 감지하고 적절한 해결책을 제시할 수 있는 전문기술자는 그다지 많지도 않으며, 또한 안전에 관련된 사전 징후가 전문가에게 보고되지 않는 경우가 대부분이다. 구조물의 대부분을 차지하고 있는 콘크리트 구조물에 있어서 균열이란 혁신적인 혼화재료가 개발되지 않는 현 단계에서는 인력으로 예방할 수는 없으며, 단지 균열의 크기, 위치 및 진행 여부에 따라 구조물에 치명적인 영향을 미칠 것인가, 그렇지 않는가를 판단하는 정도에 그치고 있다. 그러나 구조물을 구성하는 재료 및 구조적인 지식을 갖고 있지 않는 일반인들은 콘크리트 구조물에 조그만 균열이라도 발생하면 과민한 반응으로 건설인들을 불신하는 경향이 있으며, 또한 중요부재의 균열을 너무 안일하게 취급하여 심각한 피해를 초래하는 원인을 제공하기도 한다. 옛부터 우리 선조들은 구조물의 균열진행 여부를 판단하기 위하여 균열부위에 창호지를 부착하여 창호지가 찢어짐을 기준으로 균열진행 여부를 판단하는 기준으로 삼는 지혜를 보여왔다. 본 간이센서의 개발은 이러한 선조들의 지혜를 이용하여 센서에 파손이 발생하면 공기 및 수분과 화학적인 반응에 의해 색깔이 변할 수 있는 화학물질이 내장된 연신율이 상이한 간이용 센서를 균열부위에 부착하고 센서에 파손이 발생하는 순서에 의해 균열의 진행여부를 판단하도록 하는 약간의 과학적인 지식을 내포한 아이디어를 사용하였다.

* 정희원, 유니슨산업(주) 건설사업부문 기술이사

2. 기존의 균열 측정용 센서

압축력에는 강하나 인장력에는 취약한 특성을 갖고 있는 콘크리트의 균열을 측정하는 전문적인 방법으로서의 균열이 발생한 부재의 양면에 측정의 기준이 되는 못과 같은 고정점을 설치하고 확대경을 통하여 고정점의 간격을 눈으로 직접 확인하는 간이방법, 또는 균열이 발생한 부재의 양면에 스트레인 게이지가 부착된 반원형 브릿지 형태의 센서를 설치하고 스트레인 게이지의 응력변화를 통하여 균열 진행 여부를 지속적으로 관찰하는 정밀방법이 주로 사용되어 왔다. 그러나 이러한 정밀방법은 스트레인 게이지에서 발생하는 응력의 변화를 전류적인 신호로 변경하는 전자기기가 필요함으로 일반인들이 손쉽게 균열진행 여부를 판단하는데는 어려움이 있었다. 그리고 가장 간편한 민간요법으로서의 균열면에 쉽게 찢어지는 창호지를 부착하고 창호지의 찢어짐을 통하여 균열이 진행하였음을 판단하는 방법을 사용하기도 하였으나, 어느 정도 균열이 진행되었다는 정량적인 판단이 어려운 단점이 있다.

3. 개발된 간이센서의 특징

본 개발된 간이센서는 창호지와 같이 균열진행 여부 자체만을 판단하는 정성적인 간편한 방법과 스트레인 게이지를 사용하여 정확한 균열량의 시간적인 변화를 판단할 수 있는 정량적인 방법의 중간 단계를 채용하고 있음을 특징으로 한다. 이러한 간편성과 정확성의 중간단계인 측정방법을 채용함으로써 일반인들에게는 구조물의 안전에 대한 막연한 공포감 및 무지에 기인하는 안전불감증을 해소할 수 있으며, 전문가들에게는 선별된 상태의 구조물을 보다 많이 접할 수 있는 기회를 제공받음으로서 전문가로서의 안목을 높일 수도 있다.

우리들이 일상적으로 흔히 사용하고 있는 생활용품 중에는 색상의 변화를 통하여 이상 유무를 판단하는 물건들이 많이 있다. 예를 들어, 직장에서 실시하는 건강검진에는 필수적으로 사용되는 면봉에 소변을 묻혀 면봉의 색깔 변화를 통하여 소변에 포함되어 있는 신체호르몬의 농도를 통하여 당뇨병의 초기증상 및 임신여부를 측정하는 의약품 센서 등과 같이, 본 센서에서도 이러한 색상의 변화를 통하여 균열진행 여부를 손쉽게 판단하고자 하는 기본적인 아이디어를 사용하고 있다. 콘크리트 구조물에 있어서의 균열이란 크게 보와 기둥과 같이 균열이 발생한 자체에 문제가 있는 경우와 비구조부재와 같이 균열이 어느 정도 진행되고 있느냐에 따른 중요부재에의 영향이 더욱 중요한 경우로 대별할 수 있다. 후자의 경우에 한 개의 센서만으로는 균열의 진행성을 판단함에 어려움이 있으므로 파단까지의 연신율이 다른 여러 개의 센서를 조합하는 방법으로 진행성을 확인하는 방법이 효과적이다. 또한 건축 구조물의 균열을 측정함에 있어서는 구조물의 안전에 절대적인 영향을 미치는 보와 기둥과 같이 대부분의 중요 부재들은 외장재로 둘러 쌓여 있어 외관상 균열진행 여부를 식별해야 하는 어려움을 해소하기 위하여, 현장에서 다소 떨어진 원방에서도 균열진행 여부를 판단할 수 있도록 최근 대부분의 승용차 및 고급주택에서 설치되고 있는 도난경보장치의 원리를 도입했다. 즉 차량 및 가정에 설치되는 도난경보장치란 도선이 연결되면 전류가 흐르는 일상의 전기기기와는 역순으로 회로가 구성되어 있어, 문이 열림과 동시에 전기회로가 절단되면서 전류가 흘러 경보를 작동하는 원리이다. 즉 균열의 진행에 따라 센서가 파손되면 센서에 부착되어 있는 전기선이 절단되면서 회로가 작동하여 경보음의 발령 및 경광등이 번쩍임으로서 균열이 진행되었음을 구조물의 관리자에게 알려주는 기능을 갖게 한다. 여기서 가장 난점은 센서가 부착되는 부재의 종류 및 위치에 따라 연신율이 어느 정도인 센서에서 경보장치를 발령하게 할 것인가 하는 문제에 봉착하게 되나, 일반인들이 쉽게 판단할 수 있도록 지금까지 연구자들에 의해 발표된 연구결과를 기초로 균열이 구조물에 위협을 초래하는 정도를 간략한 사용매뉴얼로 작성하는 방법이 고려되고 있다.

4. 개발된 간이센서의 상세 설명

4.1 균열에 따른 색상의 변화

우리들의 옛 선조들이 가옥의 흙벽 및 시멘트의 균열면에 쉽게 찢어지는 창호지를 부착하여 창호지의 찢어짐을 통하여 균열진행 여부를 판단하는 방법을 사용한 것처럼, 본 간이센서는 그림-1과 같이 균열의 진행과 더불어 쉽게 절단될 수 있는 얇은 투명한 ①플라스틱으로 제작된 캡슐의 내면에는 공기 중의 산소 및 수분과 반응하여 색상을 변화하는 ②화학물질을 내장하여 균열면에서 발생하는 인장력으로 센서가 파손되면 내장된 화학물질과 공기 중의 산소 및 수분과의 화학반응을 통하여 색상이 변화하는 원리를 이용하고 있다. 공기중의 수분과 화학 반응하여 색상이 변화하는 가장 간단한 물질로서는 의약품과 동봉하여 수분에 의한 의약품의 변질을 예방하는 실리카겔을 들 수 있다. 또한 지난 낙동강 식수 오염사건으로 유명해진 페놀과 같은 물질도 화학반응으로 색상이 변화하는 대표적인 물질 중의 하나이며, 최근에는 밤나무에서 널리 사용되고 있는 “케미라이트” 또는 “센라이트”라고 불리는 프라스틱 내부에는 발광체가 내장되어 찢을 꺾으면 스스로 발광하는 것도 개발되어 있다.

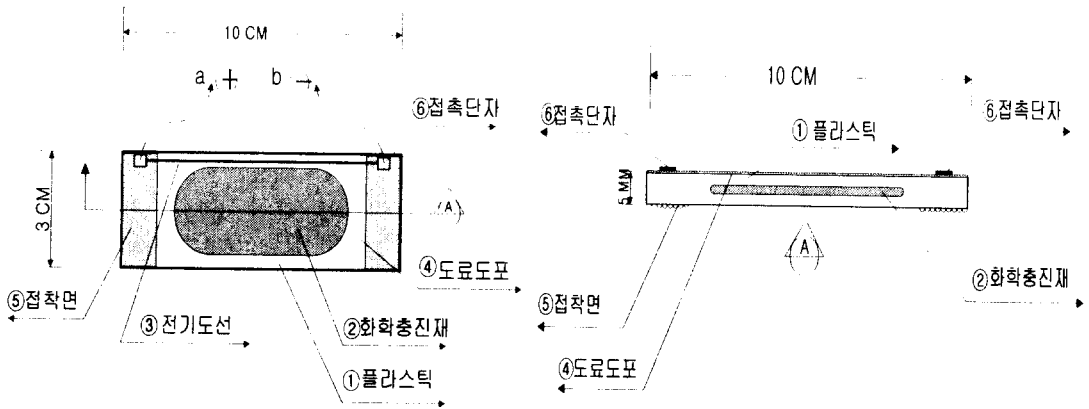


그림-1 간이센서의 평면도 및 단면도

4.2 균열진행의 판단을 위한 연신율이 상이한 센서의 조합

그림-1과 같이 파손에 의해 색상이 변화하는 한 개의 센서만으로는 창호지와 같이 균열이 발생 또는 진행되었다는 증거는 될 수 있을지라도, 어느 정도의 균열이 진행되었다는 정량적인 증거로는 불충분하다. 그러므로, 그림-2와 같이 파단까지의 연신율이 다른 여러 개의 센서를 조합하여 설치하면 균열의 진행성 여부를 판단하는 중요한 정보를 제공받을 수 있다. 예를 들어 센서 A는 약간의 인장력에 대해서도 취성파괴를 갖는 재질의 프라스틱을 사용하고, A→B→C→D→E의 순서

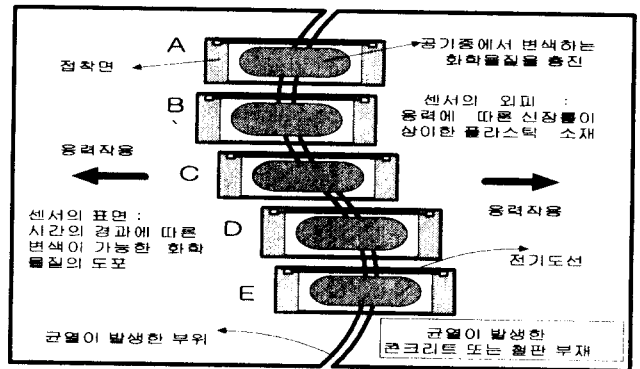


그림-3 균열 부위에 부착한 센서의 조합

로 점차 큰 연신율을 갖는 재질의 센서를 부착하면 균열의 진행 정도에 따라 센서는 A→B→C→D→E의 순으로 파손이 발생하게 되며, 색깔이 변화된 센서가 제작된 연신율로 균열의 정도 및 진행성 여부를 판단할 수 있다.

4.3 인지의 편리함

콘크리트 구조물에서 발생하는 균열이란 벽체와 같이 주변 사람들의 눈에 잘 띄는 곳에서 발생하기 보다는 오히려 보나 기둥과 같이 외장재에 둘러 쌓여 발견되기 어려운 곳에서 발생하기 쉬우며, 안전 진단 등을 통하여 균열이 발견된 경우에도 균열 진행 여부를 확인하기 위하여 사람이 수시로 접근하기 어려운 경우가 많다. 이러한 사람의 자유로운 접근이 곤란한 위치에서 발생한 균열에 대해서는 아무리 센서의 색상이 변화하여도 인지할 수 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 그림-1과 같이 감지센서의 파손과 더불어 절단될 수 있는 ③ 전기도선을 센서의 표면에 부착하고, 전기도선이 절단되면 그림-3와 같은 회로도에 따라 외장된 수은전지에 의해 전원이 공급되면서 ⑫스피커 또는

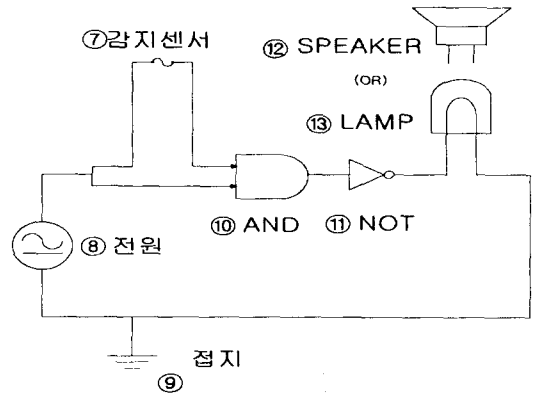


그림 -2 경보를 위한 전기 회로도

그림-3 경보발령을 위한 회로도

⑬경광등을 통해 인근 사람에게 균열이 진행되었음을 알려주는 인지시스템을 갖추고 있다. 여기서 기술적으로 가장 어려운 부분은 균열이 발생한 부재의 중요도 및 종류에 따라 어느 센서에 인지시스템을 부착할 것인가를 판단하는 것이다. 본 논문에서 이에 대한 논리적인 해답을 제시하지는 못하고 있으나 균열이 발생한 부재의 종류에 따라 구조물의 안전에 영향을 미칠 수 있는 균열의 정도를 평가할 수 있는 간단한 매뉴얼 정도는 작성이 가능하리라 판단되며, 매뉴얼에서 제시된 정도 이상의 균열이 진행되어 경보장치가 작동되었다면 안전진단 전문기관에 통보되어 전문가에게 판단을 위임하는 검사 시스템의 활성화가 기대된다.

5. 결론

금번에 개발된 콘크리트 구조물의 균열진행 측정용 간이센서는, 창호지를 이용하여 가옥의 균열진행 여부를 판단한 우리 선조들의 지혜에 약간의 과학적인 방법을 가미하여, 전문가가 아닌 일반인들도 균열진행 여부를 손쉽게 판단할 수 있는 측정장치의 아이디어를 제공하고 있다. 본 논문에서는 부재의 종류에 따른 균열의 정도가 구조물의 안전에 어떠한 영향을 미칠 것인가에 대한 명확한 제시를 하지 못한 아쉬움은 있으나, 본 제품이 하루 빨리 실물로 탄생하여 콘크리트에 균열이 발생하기만 하면 구조물의 붕괴와 연관하는 일반인들의 공포심을 해소하고 또한 안전불감증에 도치되어 중요부재의 균열에도 무감각한 일반인들의 안전의식이 본 간이센서를 통하여 전문가와 연계되어 접근할 수 있는 방안으로 사용될 수 있을 것을 기대한다.

【참고문헌】

1. 대한민국특허청 발행 공개특허공보 제2747호 (특허 제159904호)
2. Agami Industrial Co.,LTD사 제조 "Agami Chemi Light"