

전기 저항을 이용한 스마트 콘크리트의 개발 Development of the Smart Concrete Using Electric Resistance

김 화 중* 김 이 성** 김 형 준***
Kim, Wha-Jung Kim, Ie-Sung Kim, Hyung-June

ABSTRACT

Various structural materials have been used in construction projects using stones, concretes, and steels materials. Among of these projects, concretes may use widely because concretes have high compressive strength, and comparatively easy maintenance and management. Reinforced concrete Buildings will be deteriorated as time passed. These problems will be accelerated by propagation of cracks. In order to manage such cracks, time, efforts and expense are required. In this study, leakages of fluorescence and adhesive material were investigated using glass sensors that were embedded in a model beam and column. In addition, currents in glass pipe sensor were observed to find leakage of liquid in glass pipes. Progressive cracks were generated by fracture of glass pipe sensor. In this investigation, a reinforcement clothing system was wrapped for a glass pipe sensor. The glass pipe sensor that can make control and reinforce cracks simultaneously.

Keywords: Hybrid Sensor, Electric Resistant, Acrylonitrile, Repair System, FEM :

1. 서 론

1.1. 연구의 목적

지속적인 경제성장으로 경제적, 사회적, 문화적 생활수준이 더욱 향상되어 지구환경파괴, 생태계파괴 등의 지구 환경문제에 대한 의식 및 안전의식이 고조되고 국민들의 삶의 질 향상을 위한 질 높은 요구도가 증대되고 있다.

현재 일반적으로 사용되는 구조재료로서는 가장 많이 사용되고 있는 재료는 콘크리트이다. 콘크리트는 압축강도가 높고 유지관리가 비교적 쉬운 재료이기는 하지만 균열에 의한 구조물의 손상은 피할 수가 없다. 이로 인하여 매년 증가되는 노후 및 성능저하구조물의 성능저하상태점검, 해체여부 판정 또는 보수·보강 대책수

* 정회원·경북대학교 건축공학과 정교수

** 경북대학교 건축공학과 박사과정

*** 경북대학교 건축공학과 석사과정

립 등을 위한 진단기술 필요성 역시 절실해지고 있다. 국외 각국에서는 이러한 연구의 일환으로 스마트 센서에 관한 연구와 적용사료가 빈번해지고 있는 실정이며 이러한 기술의 도입은 경제적인 면과 적용분야에 어려움이 많은 실정이다.

자기 손상을 나타내는 수법으로 유리관과 성형 중공 튜브를 사용하여 자기 손상자현을 나타낼 수 있으나 센서내부에 보수물질을 투입할 경우 손상자현을 관측할 수 없는 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 전기저항을 이용하여 구조물의 보수 시기 및 보강시점을 알 수 있는 스마트 콘크리트를 개발하기 위한 기초적인 연구이다.

1.2. 연구의 방법 및 절차

본 연구에서 스마트 튜브센서의 내부 물질로 시안화 아크릴레이트(Acrylonitrile)를 이용하였다. 이 물질은 첨가중합의 과정을 거치는 이액행보수제 보다 물이나 알코올의 제거로 인해 공기 중에서 고분자물질로 변화하기 때문에 보수재로서 적용범위가 넓다. 따라서 이를 이용하여 휨시험체 및 판 실험을 하였다.

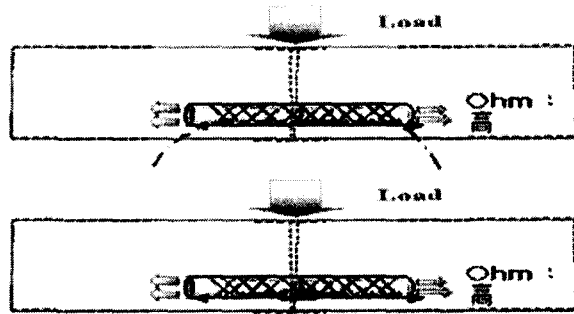


그림 1 시험체 개요

10×10×40cm의 휨시험체 내부에 1200ohm 저항을 삽입하였으며 또한 동일한 시험체에 전기선을 내포하여 전기저항을 측정하였으며, 압축강도가 210kgf/cm³ 인 콘크리트를 타설하여 양생하였다.

2. 시험체 개요

2.1. 매입위치

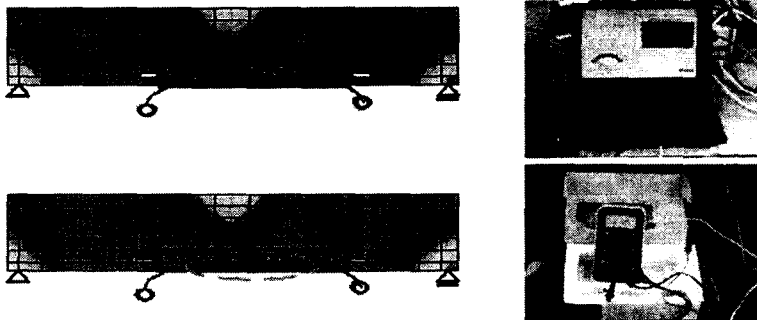


그림 2 2차원해석에 의한 센서배치

표 1 사용재료

사용재료	특 징
시멘트	보통포틀랜드 시멘트, 비중 : 3.15, 분말도 : 3,260cm ² /g
잔골재	낙동강모래, 최대치수 : 2.5mm
굵은골재	칠곡산 깬자갈, 비중 : 2.6, 최대치수 : 13mm
유리관	ø10 파이렉스 유리
내포액	일액형보수제(Acrylonitrile)
보강피복	SS41 ø0.01
Strain Gage	Gage Resistance 120.3+-0.5Ohm

1차 시험에서는 보강피복과 전기저항소자를 한 하이브리드 센서와 콘크리트와의 거동을 파악하여 시험체 전체에 대한 내력 검토와 전기저항측정, 손상자현 물질의 성능검토를 하였다. Midas를 통한 2차원 해석을 통하여 센서의 위치를 정하였다. 본 실험에 사용된 재료에 대한 물성은 표1에 나타내었다.

10×10×40cm의 무근콘크리트에 저항측정을 위해 전기선과 스트레인 게이지, 리드저항을 사용하였다. 스트레인 게이지의 경우 1200hm의 저항을 가지므로 이 저항과 동일한 리드저항소자를 유리관센서에 적용하여 실험하였다.

2.2. 실험 결과와 분석

(1) 전기선을 이용한 전기저항 측정

일반적인 전기선은 길이에 따라 혹은 단면의 지름에 의해 저항이 결정되어지곤 한다. 그러나 전기선에 의한 저항 측정은 고성능센서에 비해 가격이 저렴하기 때문에 여러 분야에서 시험적으로 사용되고 있다. 이를 이용하여 불포화폴리에스테를 이용한 연성거동 튜브센서와 유리관센서를 사용하여 저항을 측정하였다.

저항측정의 결과 하중이 증가하게 되면 전기선의 저항이 커지는 것을 알 수 있었으며 유리관 튜브를 이용한 경우 불포화 폴리에스테보다 저항이 더 높게 나타남을 알 수 있었다. 이는 유리관이 취성파괴를 하기 때문으로 사료된다.

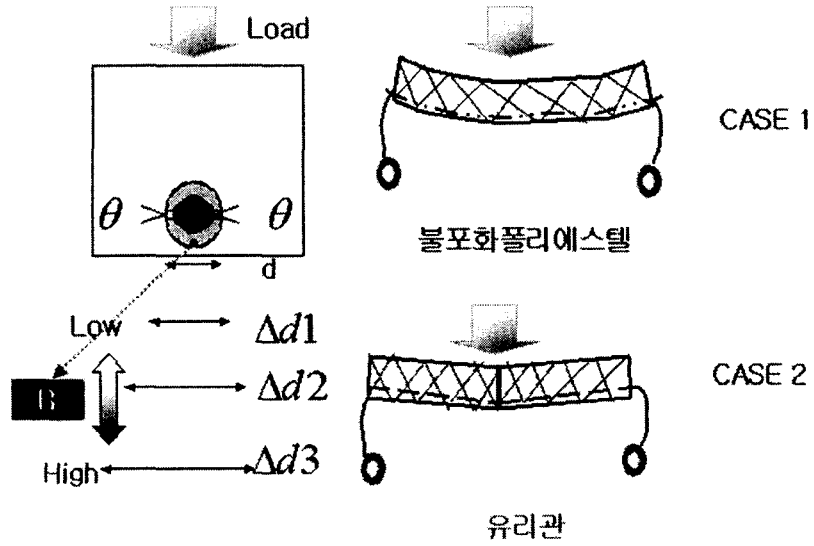


그림 3 전기선을 이용한 하이브리드센서 거동의 특성

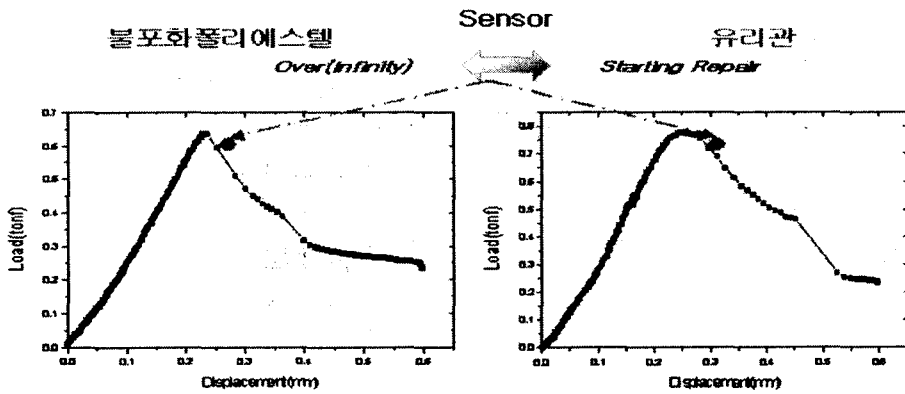


그림 4 전기선을 이용한 하이브리드센서의 하중변위

(2) Strain Gage를 이용한 전기저항 측정

Strain Gage의 저항과 하중 변위를 비교하여 측정하였다.

그림 5는 무근 시험체의 하중변위와 저항을 나타낸다.

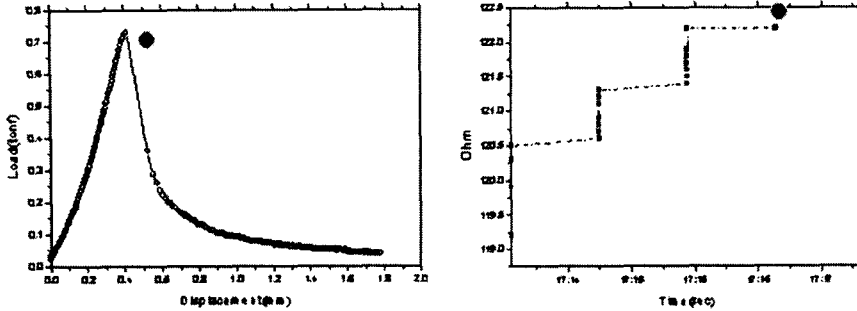


그림 5 무근 시험체에서의 하중변위와 측정저항

콘크리트의 균열은 미세균열에서 큰 균열로 발전하기 때문에 Strain Gage는 결국 보수시점에서 단선되어 무한대로 발산하게 되는 것을 응용하였다. 실험결과 95%정도의 콘크리트파괴에서 Strain Gage의 저항이 최대가 됨을 나타내었다.

(3) 리드저항에 의한 하중변위와 저항의 관계

리드저항소자는 일반적으로 전자회로에 사용되는 저항으로 120~500Ohm등의 종류로 다양하다. 이 소자의 특징으로는 중앙의 세라믹부분에 압력이 가해지면 전기저항이 증가하지만 주위에 인장이 가해지면 저항이 줄어들다가 결국 내부 합선으로 0Ohm되는 특성을 지니고 있다.

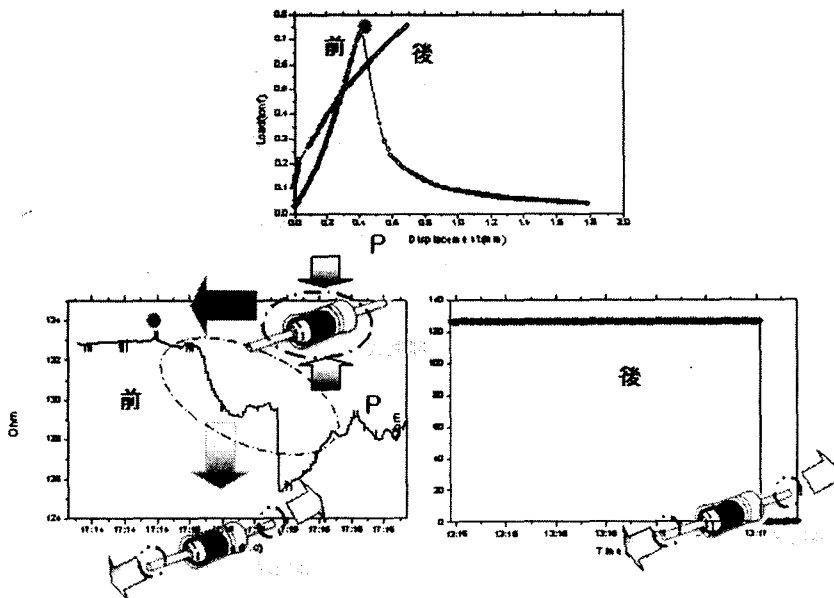


그림 6 리드저항에 의한 하중변위와 저항의 관계

실험결과 리드저항을 이용한 경우 Strain Gage보다 더 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 보수작용 후 리드 저항은 원래의 저항을 회복하지만 중국에는 내부합선에 의해 00hm이 되는 것을 알 수 있다. 전기선을 이용한 측정의 경우는 하중증가에 따른 내부전선의 단면손실에 의한 저항증가로 보수시기 및 파괴시점을 알 수 있었으나 리드 저항의 경우 손상예측센서로 적용 가능한 것으로 사료된다.

3. 결론

전기 저항을 이용한 콘크리트의 개발을 위해 실험에 사용된 센서의 형태 및 위치에 따른 특성을 실험한 결과는 다음과 같다.

(1) 전기저항을 이용한 센서가 매입된 콘크리트는 외력을 받았을 때 최대하중 시점에서 손상을 감지할 수 있다.

(2) 전기선 저항측정의 결과 하중이 증가하게 되면 전기선 내부의 저항이 커지는 것을 알 수 있었으며 유리관 튜브를 이용한 경우 불포화 폴리에스테르 튜브보다 저항이 더 높게 나타남을 알 수 있었으며 이는 유리관이 취성파괴를 하기 때문으로 사료된다. 또한 저항이 무한대가 되면 센서 내의 보수제가 보수작용을 하는 시점을 예측할 수 있다.

(3) Strain Gage를 이용한 저항시험에서 초기균열시 저항이 증가하여 중국에는 저항이 무한대가 되어 보수시기를 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

(4) 리드저항을 이용한 경우 전기선과 Strain Gage보다 더 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 보수작용 후 리드 저항은 원래의 저항을 회복하지만 중국에는 내부합선에 의해 00hm이 되는 것을 알 수 있었으며, 내부저항이 감소하게 되면 보수작용시점을 예측할 수 있으며 00hm에서 시험체의 파괴를 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

(5) 불포화폴리에스테르를 이용하여 다양한 종류의 휨센서 및 전단센서, 발광센서를 이용하여 휨균열 및 전단균열을 예측 감지할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2003년 과학재단지정 스마트사회기반연구센터의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임

참고문헌

1. 三橋博三(2000) “인공지능콘크리트—その展開と可能性”, *セメント・コンクリート*, No641, Jul
2. 三橋博三 外 1人(2000) “止水性能の自己修復機能を有する高耐久性インテリジェントコンクリートの開発に関する研究”, *日本建築學會技術報告集*, No10
3. 三橋博三 外 3人(2000) “強度の自己修復機能を有するインテリジェントコンクリートの開発に関する基礎的研究”, *コンクリート工学論文集*, Vol 11, No2, pp21-28.
4. Jin Keun Kim, Sang Hun Han, Kwang Myong Lee, “Estimation of Compressive Strength by a New Apparent activation Energy Function”, *Cement and Concrete Research*, 31, 2001, pp.217-225
5. Jin Keun Kim, Sang Hun Han, Seok Kyun Park, “Effect of Temperature and Aging on the Mechanical Properties of Concrete Part II. Prediction Model”, *Cement and Concrete Research*, 32, 2002, pp.1095-1100

6. *MIDAS Gen Users Manual*. POSCO Engineering & Construction Co. Ltd, 2000.
7. Surendra P. Shah, Stuart E. Swartz, Chengsheng Ouyang, **Fracture Mechanics of Concrete**, JOHN WILEY & SONS, INC, 1995, pp.388-396