

자기손상자현 기능성 콘크리트 개발

Development of Self-Diagnosis Function Concrete for Damage

장 주 영*

Jang, Ju-Young

김 이 성**

Kim, Ie-Sung

김 화 중***

Kim, Wha-Jung

ABSTRACT

The R.C Building will be superannuated as time passes. This program is generated by propagation of cracks. In order to manage such cracks, time and efforts, expense, etc. are required. In this study, glass sensors were embedding in a model beam and column and leakage of fluorescence and adhesive material was investigated. Further, currents in glass pipe were observed to find the leakage of liquid in glass pipes. Progressive cracks generated by cause the fracture of glass pipes. Therefore, the liquid become to flow and electric current stops, and the cracked part of the member can be found easily. Moreover, the adhesive delays progressive cracking system that responds in air, and the life of a structure can be made to extend.

The purpose of this research is to develop of low price sensors that can perform of self-diagnosis in addition to ability of concrete repair concrete to damage.

1. 서 론

1.1 연구의 목적

현재 일반적으로 사용되는 구조재료로서는 목재, 콘크리트, 강재 등이 있으며, 이들 중 널리 사용되고 있는 것은 콘크리트와 강재이다. 특히 콘크리트는 압축강도가 높고 유지관리가 비교적 쉬운 재료이기 때문에 널리 사용되고 있으나, 그 특성상 여러 가지 요인으로 인하여 균열에 대한 문제가 발생하게 된다. 또한 매년 증가되는 노후 및 성능저하구조물의 성능저하상태점검, 해체여부 판정 또는 보수·보강 대책수립 등을 위한 진단기술의 필요성 역시 절실해지고 있다. 이에 대하여 자기손상자현의 기능을 콘크리트에 부가하여 균열에 대한 손상을 예측할 수 있다.

따라서 본 실험은 이런 콘크리트의 내구성 저하 및 외력에 의한 성능저하를 감지하여 콘크리트의 열화에 의한 수명을 연장시키기 위한 기초적 연구의 일환으로써 자기손상을 나타내는 콘크리트 개발을 목표로 하였다. 자기손상을 나타내는 수법으로 균열을 즉각적으로 나타내는 액체, 즉 형광·발광 물질을 내포하거나 균열에 대한 진단을 억제시킬 수 있는 물질을 유리관에 내포해 콘크리트 속에 매설하여 자기손상자현 및 보수의 기능을 부여함으로써, 외력에 의한 균열발생을 감지하여 보수시기를

*정회원, 경북대학교 건축학부 석사과정

**정회원, 경북대학교 건축학부 박사과정

***정회원, 경북대학교 건축학부 정교수

예측함으로써 구조물을 보강하게 하는 콘크리트 개발을 위한 기초적 연구의 결과이다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구의 1차 실험에서 일방향 센서를 제작하여 휨시험체의 연성 및 취성 파괴에 따른 유리관 센서의 거동과 유리관을 매설했을 때 시험체의 전체적인 내력 비교를 실험과 범용 유한요소 프로그램인 Midas를 이용하여 2차원 해석을 통해 검토했으며, 2차 실험에서는 양방향센서를 제작하여 일반적인 구조물에서 발생할 수 있는 전단파괴에 대한 센서의 거동을 파악하기 위하여 전단시험체 모델을 구상하여 이를 2차원 해석을 통하여 센서 매입위치를 정하여 실험을 수행하였다. 또한 3차 실험에서는 시안화 아크릴레이트(Acrylonitrile)를 이용하여 첨가중합의 과정을 거치는 이액형보수제 보다 물이나 알코올의 제거로 인해 공기 중에서 고분자물질로 일액형보수제를 구상하여 시험체를 구상하였다.

2. 실험 개요

2.1 실험방법

본 1, 2, 3차 실험에 사용된 재료는 다음 표1과 같다.

표 1. 사용재료

사용재료	특징
시멘트	보통포틀랜드 시멘트, 비중: 3.15, 분말도: 2,800cm ² /g
잔골재	낙동 물량리 모래, 비중: 2.56, 최대치수: 2.5mm
굵은골재	상주 거동 깎자갈, 비중: 2.6, 최대치수: 13mm
유리관	∅4, ∅6, ∅8, ∅10 파이렉스 유리
내포액	알코올과 붉은색 잉크 혼합물, K사의 이액형보수제(에폭시수지, 경화제), 일액형보수제(Acrylonitrile)

1차 실험에서는 센서를 삽입하지 않은 10×10×40cm의 무근콘크리트 및 6mm 철근을 시험체 하단부에 매입한 콘크리트 시험체를 제작하여 휨용력을 파악하였다. 그리고 균열 유무를 파악할 수 있는 붉은색 잉크와 알코올의 혼합물이 내포된 유리관센서와 시멘트 결합재 센서를 제작하여, 10×10×40cm의 시험체에 매입한 후 콘크리트를 타설하여 양생시켰다. 2차실험에서는 파이렉스 유리관 ∅6은 전단센서로서, ∅10은 휨센서로 사용하여 각각 잉크와 에폭시 수지를 주입하였다. 3차실험에서는 시안화 아크릴레이트를 주입 후 붓입하였다. 유리관센서는 콘크리트 타설 시 직접 매설할 경우 파손의 가능성이 매우 높으므로 먼저 유리관센서를 시멘트 페이스트를 이용하여 일정한 크기로 제작한 후 일정강도를 가진 상태에서 콘크리트 시험체에 매설하는 방법을 사용하였다.

2.2 실험 결과와 분석

(1) 1차 실험에서 콘크리트 시험체의 휨시험

그림 1, 2는 제작된 시험체의 휨 시험에서의 하중-처짐관계를 나타내었다. 무근 콘크리트의 경우 최대내력의 95%정도에서 콘크리트의 변형과 동시에 센서의 파괴가 일어났다. 또한 센서의 매입에 따른 전체 내력의 저하는 발생하지 않았다. Midas를 이용한 무근 시험체의 2차원 해석에서도 전체 내력의

저하는 발생하지 않았다.

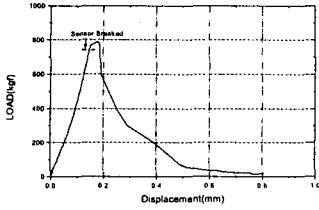


그림 2. 무근시험체의 하중-처짐관계

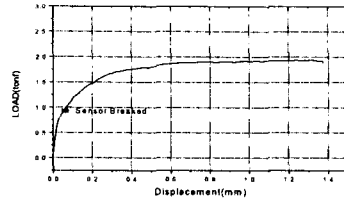


그림 1. 철근보강시험체의 하중처짐관계

(2) 전단시험

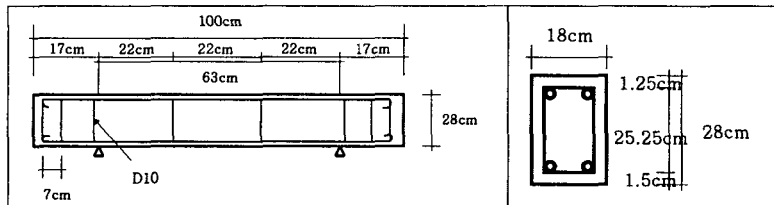


그림 3. 2차 실험계획 시험체(전단시험)

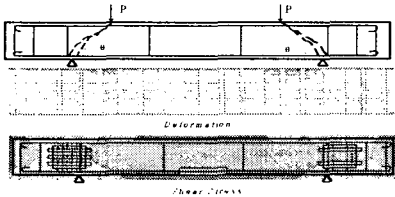


그림 4. 양방향 센서 위치

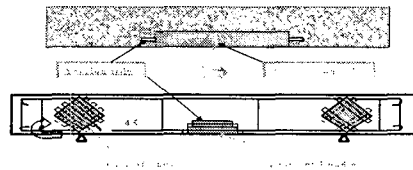


그림 5. 2차 시험 센서 및 보수제의 위치

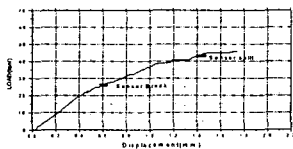


그림 6. 전단시험체의 하중과 처짐의 관계

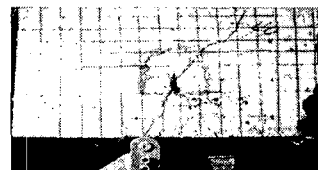


그림 7. 전단센서를 통과한 균열의 모습

전단시험체는 주근 D13, 띠근 D10의 철근을 사용하여 휨센서를 스페이서로, 전단센서를 세퍼레이터로 사용하여 설계강도 210kgf/cm^2 의 콘크리트를 타설하였다. 실험결과 하중 20tf에서 센서에 균열이 진전되기 시작하였으며, 하중 45tf에서 센서를 통과하였다. 그림 7은 균열이 통과된 시험체를 나타낸다.

3) 3차 실험에서의 일액형보수제 시험

이액형 보수제인 에폭시와 경화제는 첨가중합과정을 거치므로 능동적인 교반과정을 할 수 없기 때

문에 본 실험에서 보수제로 사용하기가 어려웠다. 따라서 알코올과 같은 성분이 제거됨으로써 공기 중에서 중합반응을 일으키는 물질로서 시안화 아크릴레이트를 이용하여 보수제로서 사용될 수 있는지 실험하였다. 이 물질은 공기 중에서 알코올이나 물이 제거되면 중합되는 축합중합을 하는데 결과 물질은 폴리아크릴(Polyacrylonitrile)이 된다.

실험결과 균열을 방지하기는 어려웠으나 일정시간 경과 후 재시험 했을 때 일정 내력을 가지는 것으로 나타났다. 그림 8, 9는 그 실험결과를 나타낸다.

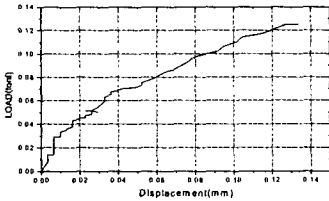


그림 8. 무근시험체의 하중-변위

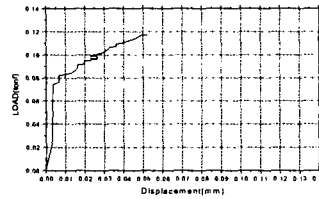


그림 9. 재시험한 시험체의 하중-변위

3. 결론

자기손상을 나타내는 콘크리트의 개발을 위해 실험에 사용된 센서의 형태 및 위치에 따른 특성을 실험한 결과는 다음과 같다.

- (1) 유리관센서가 매입된 콘크리트는 외력을 받았을 때 초기 균열발생 시점에서 자기손상을 감지할 수 있다.
- (2) 센서의 형태별로는 미리 성형된 고강도의 시멘트 결합재 센서를 이용할 경우 인장축의 휨균열 및 전단에 대한 보장효과와 더불어 철근 콘크리트 보에서의 간격재와 긴결재의 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.
- (3) 센서의 매입위치별로는 시험체의 휨균열이 발생하는 바닥 및 측면부에서도 센서가 반응을 보였으며 철근 콘크리트의 전단구간에서도 자기손상을 감지할 수 있을 것으로 사료된다.
- (4) 자기손상을 감지하여 자기보수를 위한 센서에 사용가능한 보수제로써 시안화 아크릴레이트를 전단센서와 사용하면 균열의 진전을 억제할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2003년 과학재단지정 스마트사회기반시설연구센터의 연구비지원에 의한 결과의 일부임.

참고문헌

- 1) Surendra P. Shah, Stuart E. Swartz, Chengsheng Ouyang, Fracture Mechanics of Concrete, JOHN WILEY & SONS, 1995, pp.388-396
- 2) 三橋博三 外 1人, 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發に關する研究, 日本建築學會技術報告集, No10, 2000.
- 3) 三橋博三 外 3人, 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發に關する基礎的研究, 콘크리트工學論文集, Vol 11, No2, 2000, pp21-28.