

자기 손상을 나타내는 콘크리트의 개발 연구

A Study on the Development of Concrete showing Self-damage

○박 신 일* 박 준 영* 전 철 송** 임 병 호** 김 화 중***
Park, Shin Il Park, Jun Young Jeon, Chel Song Lim, Byung Ho Kim, Wha Jung

ABSTRACT

The purpose of this paper is to develop concrete which presents self-damage as soon as the crack by external force occur. In experiment, when concrete specimens inserted glass filled with mixed liquid into were loaded, glass tube was break and crack around became red color. Failure properties were investigated according to type, location of sensor and existence of reinforced bar.

1. 서 론

콘크리트 재료는 압축강도가 높고 유지관리가 비교적 용이한 건설재료이며, 사회기반 구조와 건축 구조물을 만드는데 주요재료로써 사용되고 있으며, 여러 가지 새로운 사회적 요구에 대응하여 종래에 콘크리트에 구비된 강도성능과 시공성은 더욱 향상시키고 단점을 극복하고 여러 가지 기술이 개발되어 오늘날에 이르고 있다.

그러나 콘크리트의 품질상 여러 가지 요인에 의해 발생하는 균열에 의한 열화의 축진은 피할수 없는 것으로 받아들여져 왔다. 이런 열화를 수복하는 것은 말할 나위도 없고 검사하는 일도 불가능한 경우라 생각되어져 큰 사회 문제가 될 가능성을 포함하고 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.

한편, 자기손상을 나타내는 수법으로 균열을 즉각적으로 나타내는 액체를 유리관에 내포해 콘크리트 속에 매설하는 것에 의해 감지하는 기능을 부여함으로써, 외력에 의한 균열발생을 감지하여 보수시기를

* 정회원, 경북대학교 건축공학과, 석사과정

** 정회원, 경북대학교 건축공학과, 박사과정

*** 정회원, 경북대학교 건축공학과 교수, 공박

알려주는 콘크리트 개발을 목적으로 하는 인텔리전트 콘크리트의 가능성에 대해 검토한 기초적 연구의 결과를 보고한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 연구의 실험계획은 유리관 센서에 의한 콘크리트의 손상을 자가진단하는 콘크리트를 만들기 위한 기초단계로서 모형시험체를 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ 로 계획하였다. 우선 센서의 형태에 따른 균열발생을 나타내는 위치와 분포를 검토하고, 이러한 휨시험체의 연성파괴 및 취성파괴에 따른 유리관 센서의 거동을 검토하고자 하였다. 시험체에 투입하는 콘크리트는 설계강도 240kgf/cm^2 이며, 다짐으로 인해 미리 매입된 유리관의 파괴를 예방하기 위해 슬럼프 18cm 정도의 콘크리트를 사용하였다. 다시말하면, 휨시험을 하여 콘크리트의 인장측에서 먼저 미세한 균열이 발생한 직후의 변형에서, 콘크리트보다 변형능력이 적은 유리관센서가 먼저 파괴하도록 유도하여 유리관에 내포된 혼합물이 흘러나와 균열을 감지하는 것으로 목표로 설정하고 시험체를 계획하였다.

표 1 시험개요

시험체	배합조건			시험체 조건				
				철근 유무	센서 형태		센서 매입위치	
	단위수량	W/C	S/A		순수 유리관	시멘트 결합재	중앙부	측면
N-G-C	175	48	43	-	○	-	○	-
R-G-C				○	○	-	○	-
N-B-CS				-	○	○	○	○
R-B-CS				○	○	○	○	○

주) N : 철근 무, R : 철근 유, G : 순수유리관, B : 시멘트 결합재 CS : 중앙부, 측면

2.2 시험체 개요

본 실험에서 계획된 시험체의 개요도가 그림 1~그림 4에 나타나 있다. 센서의 형태 및 철근의 보강, 그리고 센서의 매입 위치에 따라 구별된다.

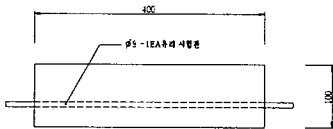


그림 1 순수 유리관센서 매입 형태

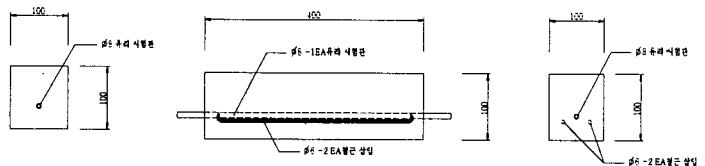


그림 2 순수 유리관센서와 철근이 보강된 시험체

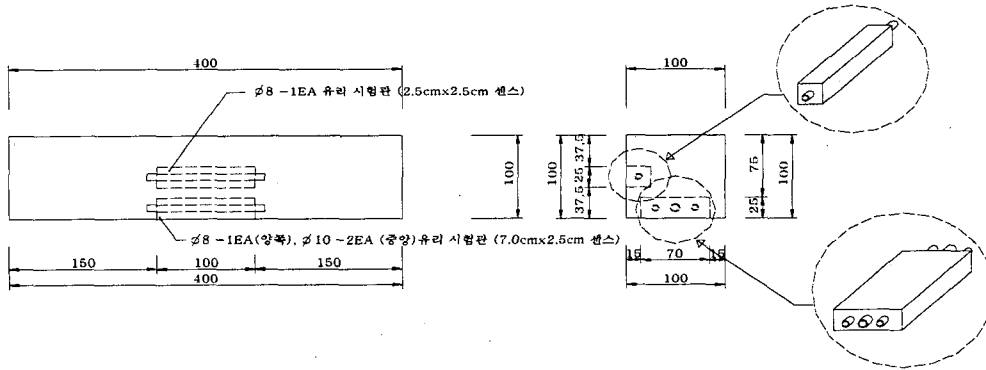


그림 3 시멘트 결합재 센서와 중앙부 및 측면 매입

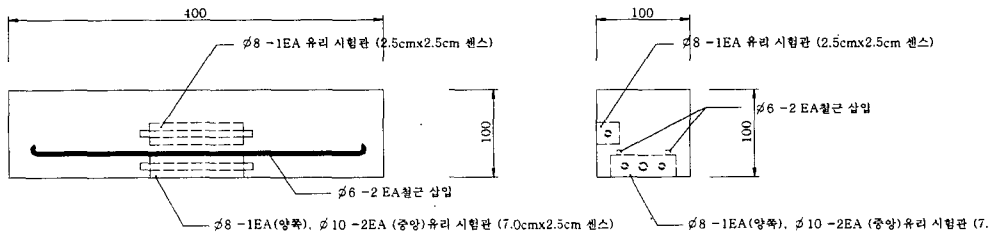


그림 4 시멘트 결합재 센서와 철근 보강, 중앙부 및 측면 매입

2.3 사용재료

본 실험에 사용된 재료에 대한 물성을 표3과 그림 5에 나타내었다.

표 3 사용재료

사용재료	특징
시멘트	보통포틀랜드 시멘트, 비중 : 3.15, 분말도 : $3,260\text{cm}^2/\text{g}$
잔골재	낙동강모래, 비중 : 2.56, 최대치수 : 2.5mm
굵은골재	칠곡산 깬자갈, 비중 : 2.6, 최대치수 : 13mm
유리관	φ6 파이렉스 유리
내포액	알코올과 붉은색 잉크 혼합물

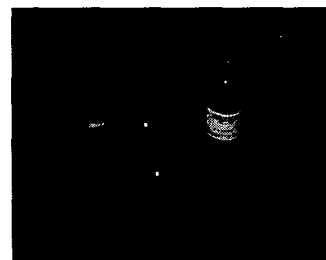


그림 5 유리관 센서 재료

2.4 실험방법

센서를 삽입하지 않은 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ 의 무근콘크리트 및 6mm 철근을 시험체 하단부에 매입한 콘크리트 시험체를 제작하여 휨용력을 파악하였다. 그리고 나서, 균열 유무를 파악할 수 있는 붉은색

잉크와 알코올의 혼합물이 내포된 유리관센서와 시멘트 결합재 센서를 제작하여, 10×10×40cm의 시험체에 매입한 후 콘크리트를 타설하여 양생시킨다. 이 때에 제작된 시험체와 그 측정 장면을 그림 6, 7에 나타내었다.



그림 6 제작된 시험체

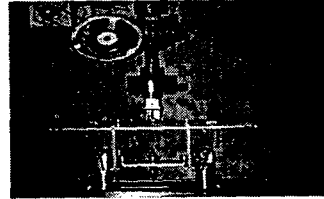


그림 7 시험 장면

3. 실험 결과 및 분석

3.1 철근의 보강유무에 따른 센서의 자기손상 특성

그림 8, 9는 제작된 시험체의 휨 시험에서의 하중-처짐관계를 철근의 유무에 따라 나타내고 있다. 무근 콘크리트의 경우 최대내력의 95%정도의 콘크리트의 변형과 동시에 센서의 파괴가 일어났으며, 그림 9의 철근으로 보강된 시험체는 최대 내력의 50%정도의 변형에서 센서의 파괴가 일어났다. 또한 센서의 매입에 따른 전체 내력의 저하는 발생하지 않았다.

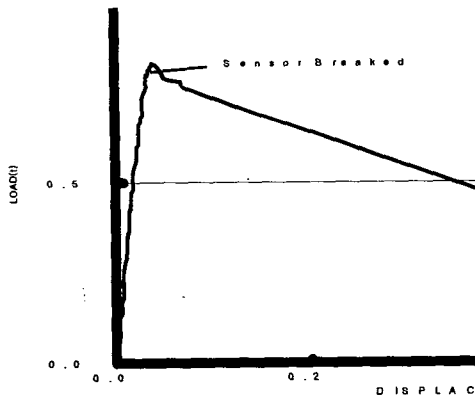


그림 8 무근 시험체의 하중-처짐관계

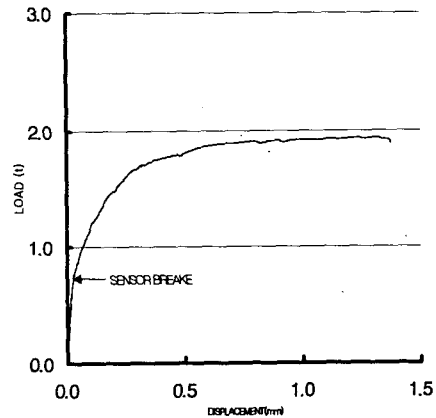


그림 9 철근 보강시험체의 하중-처짐관계

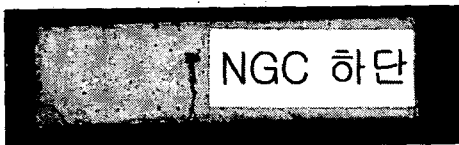


그림 10 무근 시험체 파괴상태

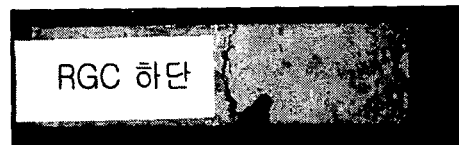


그림 11 철근 보강 시험체 파괴상태

3.2 센서 매입 위치별 자기손상 특성

그림 12~15는 센서의 매입위치에 따른 휨 시험결과의 자기 손상을 나타내고 있다. 전반적으로 시험체

의 바닥과 측면부에 매입된 센서는 휨파괴시 즉각적으로 반응하여 균열부 주변의 색상이 붉은 색으로 변하고 있다. 이는 철근 콘크리트조부재의 휨파괴 뿐만아니라 전단파괴가 일어 나는 위치에 사용할 경우에도 같은 결과가 나올 것으로 기대된다.

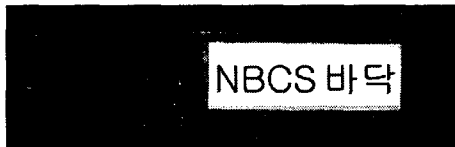


그림 12 센서의 바닥 매입에 따른 무근 시험체 파괴상태

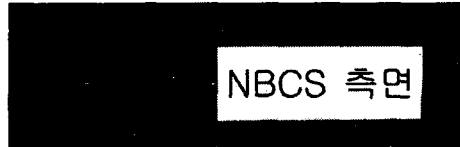


그림 13 센서의 측면매입에 따른 무근 시험체 파괴상태

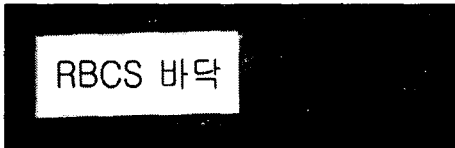


그림 14 센서의 바닥 매입에 따른 철근 보강된 시험체의 파괴상태

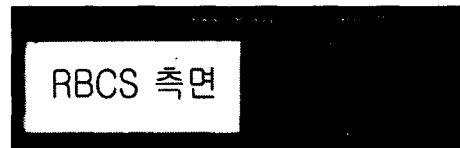


그림 15 센서의 측면매입에 따른 철근 보강 시험체의 파괴상태

4. 결 론

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

- (1) 유리판센서가 매입된 콘크리트는 외력을 받았을 때 초기균열발생 시점에서 자기손상을 감지할 수 있다.
- (2) 센서의 매입위치별로는 시험체의 휨균열이 발생하는 바닥 및 측면부에서도 센서가 반응을 보였으며 철근 콘크리트의 전단구간에서도 자기손상을 감지할 수 있을 것을 사료된다.
- (3) 센서의 형태별로는 미리 성형된 고강도의 시멘트 결합재 센서를 이용할 경우 인장축의 휨균열에 대한 보강효과와 더불어 철근 콘크리트보에서의 스페이서 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.
- (4) 진단액체로 사용되는 잉크 및 알코올의 대체재로서, 콘크리트의 중성화시험에 사용되는 페놀프탈레인 용액을 진단액체로 사용할 경우 콘크리트의 중성화의 상태를 파악할 수 있을 것을 사료된다.

참 고 문 헌

1. 三橋博三, インテリジエントコンクリート—その展開と可能性, セメント・コンクリート, No641,Jul, 2000
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エ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, 2000.6
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エントコンクリートの開発に関する基礎的研究, コンクリート工學論文集, Vol 11, No2, pp21-28, 2000.5