



# 콘크리트 포장도로 양생초기 내부 습도 및 수화열 측정 기법 및 거동 분석에 대한 기초연구

## Experimental Investigation of Internal Relative Humidity and Temperature of Concrete at Early Age

홍성기\*  
Hong, Sungki

박철우\*\*  
Park, Cheolwoo

이봉학\*\*\*  
Lee, Bonghak

김희성\*\*\*\*  
Kim, Heesung

### 1. 서론

도로포장의 파손은 차량 통행 등에 의한 직접하중과 온도 및 습도의 변화에 의한 환경하중에 의하여 발생하는 것으로 알려져 있다. 최근 들어 표면건조수축에 의하여 발생하는 도로 초기 균열 및 스펀링, 편치아웃, 내부수평균열 등 환경하중 영향에 의한 문제점들에 대한 관심이 높아짐에 따라 도로포장체 내·외부의 정확한 온도 및 습도의 측정이 다양하게 시도되어지고 있다.(김성민 외2006)

환경하중 중에 온도변화는 도로포장체 내·외부의 온도변화 측정이 용의하여 온도하중에 의한 거동분석은 많은 연구가 이루어져왔다. 하지만 도로포장체 내·외부 습도변화는 측정이 곤란하여 습도분포 및 거동분석에 대한 연구가 상대적으로 부족한 실정이다. 또한 지금까지는 직접적인 포장구조물 내부에 습도 분포 및 거동 측정이 이루어지지 못하였고 표면 습도 및 대기습도 측정에 의하여 수치해석을 통한 내부 습도거동을 예측하는데 국한되어왔다.

따라서 본 논문에서는 콘크리트도로 포장시 내구성 및 장기공용성에 가장 큰 영향을 미치는 양생초기 포장구조물의 내·외부 온도 및 습도의 거동을 직접적으로 측정할 수 있는 합리적이고 편리한 측정 기법을 제시하고 그에 따른 콘크리트 구조물의 온습도 거동을 측정 분석하는데 있다.

### 2. 온습도 계측 시스템 개발

#### 2.1 측정 센서 개발

콘크리트 타설 직후, 초기재령의 내부의 직접적이고 세부적인 온습도 계측은 콘크리트 양생 거동 분석에 중요한 데이터를 제공할 수 있다. 그러나 기존 측정 방식은 내부 습도를 추정하는 방식이나, 측정기를 이용한 몇몇 부분에 대한 제한적인 측정 방식이 대부분이었다. 본 연구에서 개발한 온습도 계측 시스템은 계측을 담당하는 센서부와 디지털 신호를 처리하는 데이터 로거와 컴퓨터로 구성되어 있으며 동시에 15개 채널의 데이터를 측정할 수 있다. 사용된 센서는 Fig. 1과 같은 온습도 계측이

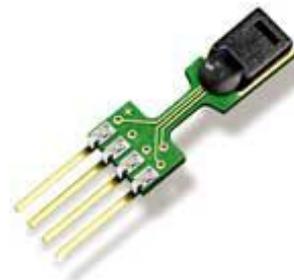


Fig. 1 SHT75 sensors

\* 학생회원 · 강원대학교 공학대학 건설공학부 토목공학과 석사과정 · 공학사 · E-mail : he1358@naver.com - 발표자  
\*\* 정회원 · 강원대학교 공학대학 건설공학부 토목공학과 조교수 · 공학박사 · E-mail : tigerpark@kangwon.ac.kr  
\*\*\* 정회원 · 강원대학교 공과대학 건설공학부 토목공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : bonghak@kangwon.ac.kr  
\*\*\*\* 학생회원 · 강원대학교 공학대학 건설공학부 토목공학과 학사과정 · E-mail: khs38455@naver.com

가능한 S사의 고정밀 온습도센서(SHT75)를 활용하였다. 센서는 1.27mm 소켓용 핀 타입 패키지 센서로서 4개의 연결핀을 가지고 있으며 기존의 전기저항식을 활용하는 아날로그 방식이 아닌 디지털 방식이다. 또한 센서는 반도체 타입으로 수분에 직접적인 접촉시 파손을 유발함으로 별도의 보호 소켓이 필수적이다. 따라서 온도 및 습도의 측정이 용이한 구조의 보호 소켓을 제작하였다.

## 2.2 데이터 로거 및 데이터저장

개발된 데이터 로거는 ATmega128 Pro 개발키트 AB-M128-PRO-A를 기반으로 제작되었으며 동시에 15개 센서의 측정이 가능하다. AB-MI28-PRO-A 개발 키트의 구성은 Fig. 2와 같으며 외부 12V 입력, 내부동작 5V 단일 전원을 사용한다. 데이터 로거는 보호 케이스 내부에 센서의 신호를 PC에 연결하여 주는 메인보드와 센서와 메인보드를 연결해주는 screw terminals부로 이루어져 있다.

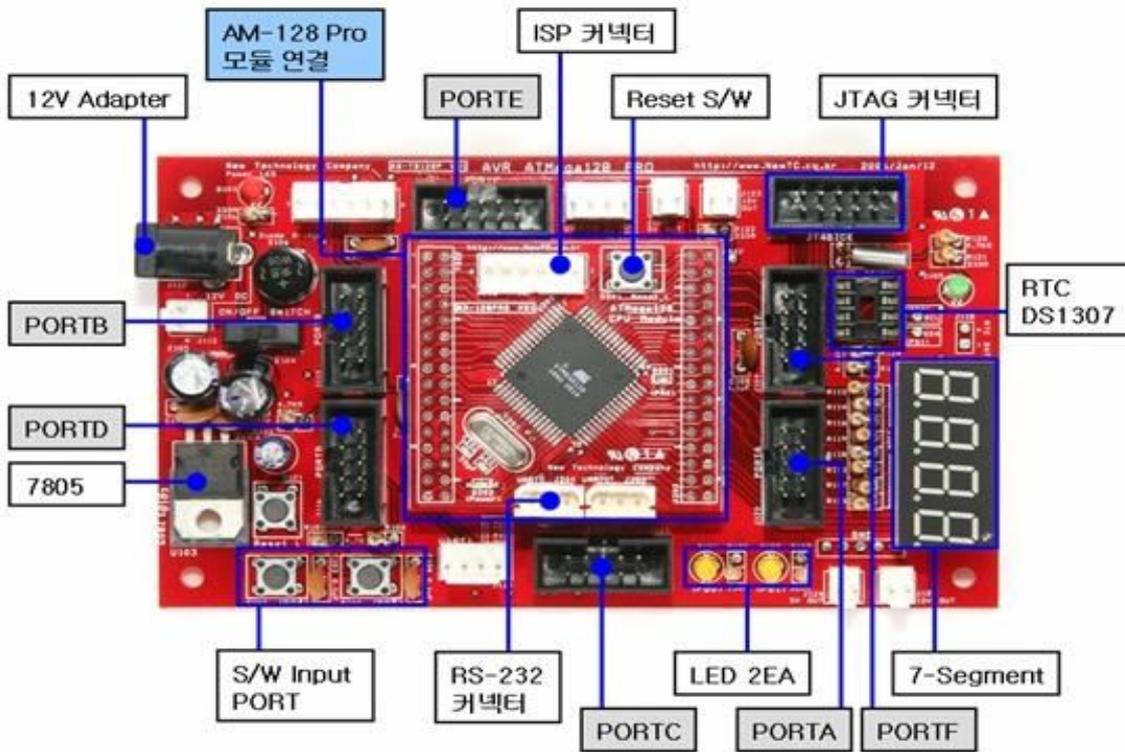


Fig. 2 AB-MI28-PRO-A 개발 키트 구성

센서의 측정과 데이터 로거의 관리는 LabView 7로 제작된 프로그램(Fig. 3)으로 이루어진다. 센서의 측정 간격은 임의로 조절이 가능하도록 하였으며, 각 센서의 온습도 거동을 실시간 그래프로 관찰이 가능하다. 또한 측정된 데이터는 ASCII 형식으로 저장이 가능도록 설계되었다.



### 4. 시험 시편 계측

시험 시편은 80×120×20(cm)의 크기로 제작하였으며 한국도로공사 시멘트 콘크리트 설계기준 포장 배합을 기준으로 제작하였으며 실내온도 25℃, 습도 55%의 항온항습실에서 양생하였다(Fig. 4). 센서의 계측은 타설 즉시부터 양생 9일까지 10분 간격으로 측정하였다. 콘크리트 양생 초기 온도분포 측정결과 Fig. 5와 같은 분포를 나타내었으며, 시험체의 우각부의 경우 발열이 자유로워 최대 발생 온도가 약 27℃ 정도로 낮게 측정되었고 부위별 온도 차이가 거의 발생되지 않는 것으로 나타났다. 시험체 중심부의 경우 최대 발생 온도가 상부 28℃, 중부 31℃, 하부 32℃로 측정되었다. 이는 중부와 하부에서 대기로의 발열이 진행되지 못하고 주위 콘크리트에 전도만 이루어졌기 때문인 것으로 판단된다.

습도분포 측정 결과 Fig 6.와 같은 분포를 나타내었으며, 우각부의 경우 3면으로 증발이 가능한 상부의 경우 양생 9일까지 약 28%의 수분손실을 나타내었고, 2면으로 증발이 가능한 중부와 하부의 경우 거의 동일한 거동을 나타내며 약 20%의 수분손실을 나타내었다. 중심부의 경우 역시 상부표면으로만 수분 증발이 이루어짐으로 양생 9일까지 상부의 경우 약 8%, 중부의 경우 약 4%, 하부의 경우 2% 정도의 수분손실을 나타내었다.

측정 결과 양생초기 콘크리트 구조물은 우각부의 경우 양생온도에 의한 온도응력보다 수분 손실에 따른 수축응력에 많은 영향을 받을 것으로 판단되며, 중심부의 경우는 온도응력이 지배적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

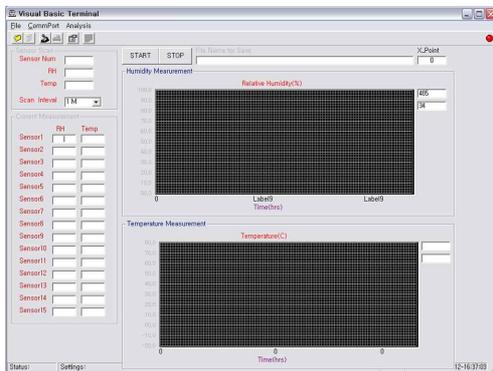
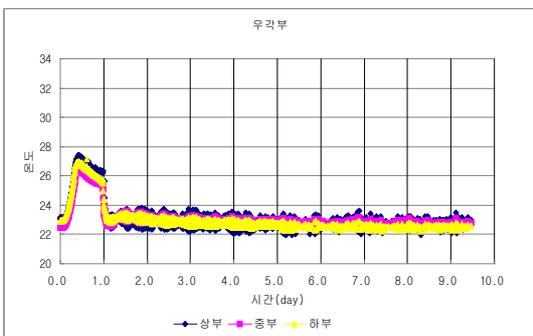


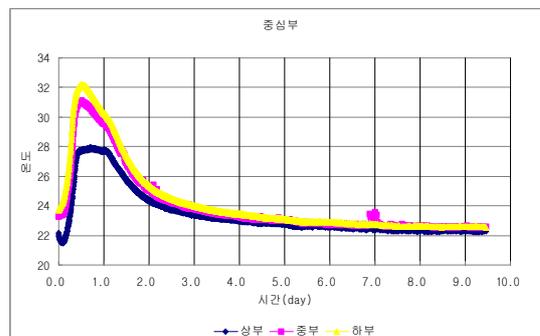
Fig. 3 data logger program



Fig. 4 실험 전경



(a) 우각부 온도 분포



(b) 중심부 온도 분포

Fig. 5 온도 측정 결과

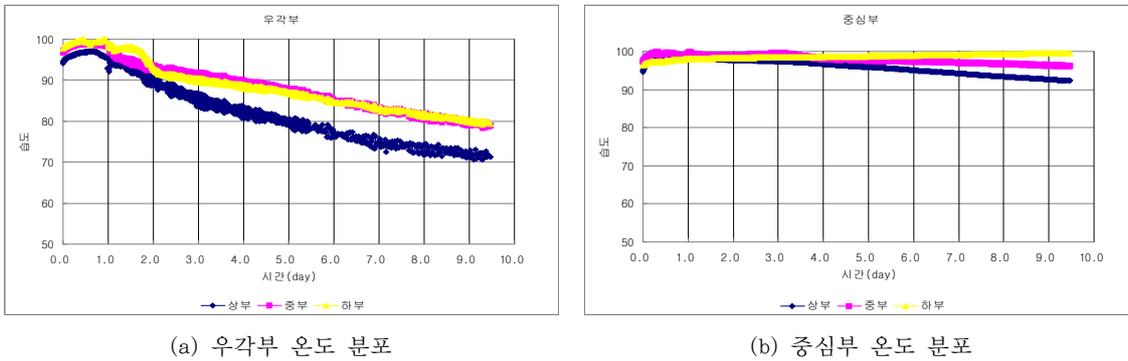


Fig. 6 습도 측정 결과

#### 4. 결론

기존 콘크리트 초기 거동 분석은 상대적으로 측정이 용이한 온도의 분석이 대부분이었으며, 습도 분석의 경우 대기습도와 표면습도 계측을 통하여 내부습도를 예측하는 경우가 대부분이었다. 또한 기존 측정 방식은 온도와 습도를 따로 측정하여 측정 방식이 매우 번거로웠다. 본 연구에서는 콘크리트 내부의 온·습도 거동을 측정 가능한 계측시스템의 개발하고자하는 기초 연구로서 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 신뢰성이 입증되어 있는 새로운 센서를 활용하여 콘크리트 내부 온·습도 거동을 직접적이고 세부적인 측정이 가능한 계측시스템을 개발하였다.
2. 양생시간에 따른 내부 온·습도 변화를 분석한 결과 우각부와 같은 콘크리트 구조물 외부의 경우 온도응력 보다도 수분 증발에 의한 건조수축응력이 크게 작용하는 것으로 나타났으며, 중심부의 경우 양생 초기 수분증발은 크게 발생되지 않았으나 부위별 온도차이가 크게 발생되어 온도응력이 크게 작용되는 것으로 나타났다.
3. 시험체의 높이에 따른 온도 및 습도 변화가 명확하게 구분되어 측정되었으며, 이러한 결과를 활용하여 콘트리크 포장, 매스콘크리트 등의 초기재령 관리를 위한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2007년 강원대학교 캠퍼스간 공동연구 지원사업으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 학교당국에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Grasley, Z. and Lange, D. A. (2004) A New System for Measuring the Internal Relative Humidity in Concrete, University of Illinois at Urbana-Champaign, IL USA.
2. 김성민, 박희범, 조병휘 (2006) 도로포장 재료의 상대습도 측정에 의한 수분변화 특성 분석 기초연구, 한국도로학회 논문집, Vol. 8 No. 4, pp.87-99.
3. 정진훈 (2005) 타설 직후 건조하는 콘크리트의 표면습도 모형, 한국도로학회 논문집, Vol. 7 No. 3, pp.23-30.