

# 철근콘크리트 내부 온습도 경시변화 추정 모델 구축

## Prediction Model for the Change of Temperature and R.H. inside Reinforced Concrete

박 동 천\*

Park, Dong-Cheon

### Abstract

Surplus water inside a concrete other than moisture that is used for hydration of the cement affects the physical properties of the concrete (modulus of elasticity, compressive strength, drying shrinkage, and creep) by drying. Changes in temperature and humidity inside a concrete has correlation with the movement speed and reaction rate of deterioration factors such as carbon dioxide and chloride ions. In this study, comparison was performed between temperature and relative humidity inside the concrete and meteorological data for exposure environment through measurement at the site for two years. Surface temperature of the concrete (depth 1cm) was measured higher by 6°C during the summers, while it was measured lower by 2°C during the winters due to solar radiation, wind, and radiation cooling. As for relative humidity, change was large in the depth of 1cm, while more than 85% was maintained in the depth of 10cm.

키 워 드 : 철근콘크리트, 온도, 습도, 수치해석 연성모델

Keywords : reinforced concrete, temperature, relative humidity, FE coupling model

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

콘크리트의 믹싱에는 시멘트 수화반응에 필요한 수분 이외에 시공성 향상을 위하여 많게는  $W/C = 60\%$  이상까지 다량 사용하고 있다. 수화반응에 이용된 수분 이외의 잉여수(surplus water)는 콘크리트 내부에서 시간의 경과에 함께 건조에 의해 함수분포상태가 변하게 되며 이러한 수분이동은 건조수축이나 크리프와 같은 장기 거동 및 압축강도, 탄성계수, 내화성(폭렬) 및 내구성 관련 열화인자의 확산과 반응에 밀접한 관계를 가진다.

본 연구에서는 앞에서 말한 거시적 모델에 기초하여 외부환경 인자(온도, 습도, 바람, 일사량, 천공온도 등)의 복합작용을 수치해석 모델에 효율적으로 반영하고자 하였다. 열전달 및 수분 확산이 연성한 시뮬레이션 모델을 구축하였으며 기초 연구 실험 데이터 및 실환경에 폭로된 콘크리트 시험체의 깊이별 온습도 측정데이터를 이용하여 모델의 정확도를 검증하였다.

## 2. 실험 개요

### 2.1 시험체 제작 및 측정

콘크리트 배합은  $W/C = 60\%$  로 하였으며 28일 강도 27.2MPa의 보통강도 콘크리트를 사용하였다. 온습도 센서는 T&D Corporation 사의 제품(RTR-53) 사용하였으며 습도센서의 경우 수분의 직접적 접촉을 막기 위하여 waterproof and breathable fabric을 이용하였다. 시험체는 정남을 향하게 배치하였으며 센서는 표면에서 깊이 1cm, 10cm 위치에 설치하였다.

### 2.2 측정

2005년 3월 16일 타설하여 14일간 봉합양생을 실시하고 거푸집을 제거한 후 재령 100일 경과한 시점부터 측정을 시작하였다.

\* 한국해양대학교 해양공간건축공학과 교수, 교신저자(dcpark@kmou.ac.kr)

### 3. 결 과

외기는 오후 1시경에 최대온도, 오전 5시경에 최저 온도를 나타냈지만 콘크리트 내부의 온도는 1cm에서는 오후 2시경, 10cm에서는 4시경에 최대온도를 나타내었다. 즉 최고온도 최저온도는 열전도에 소요되는 시간에 의해 외기온과 1시간~2시간 정도의 타임랙을 나타내었다.

대기의 온습도의 관계는 낮에 온도 상승과 동시에 상대습도가 낮아졌으며, 밤에는 반대의 경향이 나타났다. 콘크리트 내부 깊이 1cm에서는 오전 10시 30분경에 최대 습도를 나타내었지만 깊이 10cm에서는 80%정도를 유지하며 일교차가 거의 나타나지 않았다.

### 4. 수치해석 모델 구축

FEM을 이용하여 온습도 연성 수치해석 모델을 구축하였으며 그 결과는 온도의 경우 깊이 1cm, 10cm 동시에 상당히 정확히 추정이 가능하였으나 습도의 경우 내구 공극의 모델이 반영되지 않은 편미분 방정식에 기초하고 있어 마이크로 변화의 추정에는 한계가 있었다.

### 5. 결 론

유한요소 수치해석 온습도 연성해석을 구축하고 실제 환경에서 콘크리트 내부 온습도를 2년간 측정하여 모델의 정확도를 향상시켰다. 내부 공극 모델의 반영이 없어 미소한 습도 변화까지는 추정이 힘들었으나 온도의 경우 상당히 정확하게 추정 가능하였다.

### 감사의 글

한국연구재단의 2014년도 상반기 일반연구자지원사업, 연구과제명 비래염분으로 대표되는 해양 환경하중의 과학적 분석을 통한 염해지도 작성 모델 구축 및 건축마감재의 차염성 평가(과제번호 2014R1A1A2058264)의 지원으로 수행된 연구임

### 참 고 문 헌

1. Bazant, Z. P., Najjar, L. J., Nonlinear Water Diffusion in Nonsaturated Concrete, Materials and Structures, Vol.5, No.25, pp.3~20, 1972
2. Bliss, R. W., Atmospheric Radiation near the Surface of the Ground, Solar Energy, Vol.5, 103, 1961
3. 류동우, 콘크리트중의 열 수분 동시이동을 고려한 수분분포 예측모델, 대한건축학회 구조계 논문집, 제25권 제6호, pp.115~122, 2009.6