

건축물 실내 CO₂ 농도 분포에 따른 콘크리트 탄산화 깊이 산정에 관한 연구

Analytic Expectation of Carbonation Depth of Indoor Concrete According to CO₂ Concentration

박 동 천* **박 근 석***** **안 재 철****** **강 병 희*******
 Park, Dong-Cheon Park, Kun-Suok Ahn, Jae-Cheol Kang, Byung-Hee

Abstract

Carbon dioxide in atmosphere causes concrete carbonation which is the phenomenon, that is, the pH of concrete changes from 12-13 to 8.85-10. Even though the carbon dioxide concentration of indoor is higher than that of outdoor, the micro measurement has not carried out. The concentration of carbon dioxide was measured in three places. The data was used as boundary condition to FEM analysis for expectation of concrete carbonation depth. The affect of building finish materials to concrete carbonation was discussed.

키 워 드 : 콘크리트, 이산화탄소, 탄산화, 유한요소해석, 마감재료
 Keywords : concrete, carbon dioxide, carbonation, finite element method, finish materials

1. 서 론

대기 중의 이산화탄소는 콘크리트의 수화생성물과 반응하여 탄산칼슘을 생성함으로써 자체의 높은 알칼리성을 잃게 되고 결과적으로 철근이 부식하기 쉬운 환경이 된다. 부동태 피막이 파괴된 철근에 산소와 수분이 지속적으로 공급되면 철근은 팽창하며, 피복 콘크리트에 균열을 유발하게 된다.

이산화탄소 농도는 탄산화 깊이 산정의 주요 인자가 되며, 대기의 경우는 매해 지속적으로 증가하는 추세에 있으나 그 값의 변화가 탄산화 깊이에 미치는 영향은 아직 미미하다고 저자의 기존 연구에서 밝혀졌다.¹⁾ 하지만 실내의 경우에는 대기의 약 10에 이른다는 가정 하에 예측을 실시하고 있지만²⁾ 실측의 사례도 상당히 부족하며, 마이크로 레벨의 측정에 기초한 예측사례도 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 일반 주거지, 대학 도서관, 강의실의 3곳에서 이산화탄소 농도를 측정하였으며, 그 값을 경계값으로 하는 유한요소 해석을 실시하여 농도에 따른 탄산화깊이를 계산하였다. 또 마감재의 유무에 따른 영향에 대해서도 해석적을 예측하여 토론하였다.

2. 탄산화깊이 산정을 위한 연구개요

그림 1은 본 연구의 흐름을 나타낸 개념도이다.

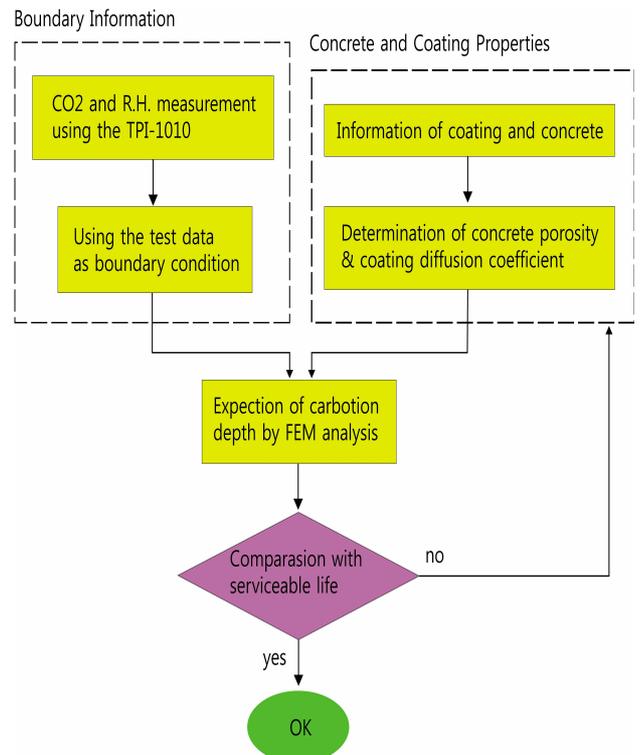


그림 1. 연구흐름도

* 한국해양대학교 해양공간건축학과, 조교수, 정희원
 ** 한국해양대학교 해양건축공학과, 석사과정, 정희원
 *** 동아대학교 건축공학과, 연구원, 정희원
 **** 동아대학교 건축공학과, 교수, 정희원, 교신저자
 (bhkang@dau.ac.kr)

2.1 이산화탄소 농도측정

표 1에 측정관련 상세를 나타내었다. 측정은 실내공기질 측정기 TPI-1010을 사용하여 실시하였다.

표 1. 실내 이산화탄소/상대습도 측정

site	window (m ²)	door (m ²)	ventilation times	the number of user
Room A	1.5×1.4 (1EA)	0.83×2.04 (1EA)	rarely	2 persons
Room B	1.3×2.4 (1EA)	0.83×2.05 (1EA)	rarely	2 persons
Library	no	double automatic door	air-conditioning systems	92 persons
Lecture room	1.7×1.6 ₅ (4EA)	0.85×2.0 (2EA)	usually except lecture hours	50 persons

test period : 2011.05-2011.06

test condition : measurement per 20 minutes for 24hours

2.2 콘크리트 탄산화 해석모델

그림 2는 이산화탄소 확산과 수산화생물과의 반응을 모식적으로 나타낸 것이다. 수식(1)~(4)는 이산화탄소의 용해와 도막의 침투/확산을 나타낸 항이며, 식(5)와 같이 도막을 통과한 이산화탄소는 콘크리트 표면의 경계값으로 반영된다. 식(6)은 콘크리트 내부에 이산화탄소가 존재하지 않고 수산화칼슘으로 가득 차 있다는 뜻이며, 식(7)~(8)은 초기조건을 나타낸다. 식(9)는 이산화탄소 확산을 나타내며, 식(10)~(11)은 탄산화에 의한 공극의 변화를, 식(12)~(15)는 이산화탄소와 수산화칼슘의 반응으로 탄산칼슘이 생성되는 것을 나타낸 항이다. 표 2에 기호의 설명을 나타내었다.

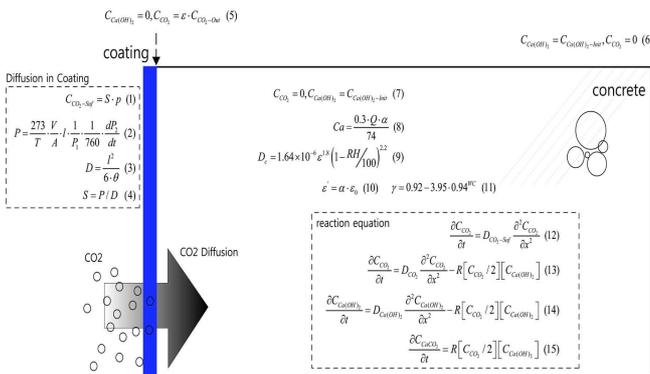


그림 2. 이산화탄소 확산과 반응 모델

표 2. 그림 2의 유효요소해석 모델에 사용된 식

t: 시간, x: 콘크리트 표면으로부터의 거리, D_{CO_2} : 이산화탄소 확산계수, $D_{Ca(OH)_2}$: 수산화칼슘 확산계수, D_{CO_2-surf} : 외장재의 겉보기 확산계수, C_{CO_2} : 이산화탄소 농도, $C_{Ca(OH)_2}$: 수산화칼슘 농도, C_{CaCO_3} : 탄산칼슘의 농도, R: 반응속도 정수, ϵ : 전공극량, RH: 상대습도(%), ϵ_0 : 탄산화후의 전공극량, α : 공극량 감소계수, α : 공극량 저감계수, WC: 물시멘트비(%), C_{CO_2-surf} : 도막 표면에서의 이산화탄소 농도, S: 용해도 계수, P: 이산화탄소 분압

3. 이산화탄소 및 상대습도 측정결과

3.1 이산화탄소 농도측정 결과

그림 3은 이산화탄소 농도 측정결과 중 주거A의 결과를 나타낸 것이다. 물론 실의 규모와 재실인원에 따라 그 값은 변하겠지만, 본 측정에서는 취침시간으로 보이는 06시경에 최대값을 나타내었으며, 대기의 약 10배에 상응하는 값이었다. 거주자 부재시 보이는 시간대(13시 이후)에서는 대기와 유사한 값을 나타내었다. 표1에 측정관련 상세를 나타내었다. 측정은 실내공기질 측정기 TPI-1010을 사용하여 실시하였다.

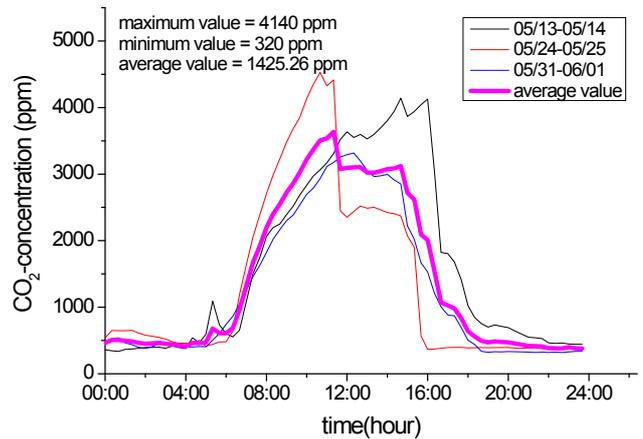


그림 3. 이산화탄소 농도

3.2 상대습도 측정

그림 4는 이산화탄소와 동시에 측정한 상대습도의 측정결과이다. 상대습도는 대체로 50~60% 범위에서 변화하는 것으로 확인되었다. 이는 공극의 상대습도를 변화시켜 이산화탄소 확산속도에 영향을 미치는 인자이다. 그러나 측정결과 이산화탄소 농도에 비하여 그다지 큰 차이가 없어 탄산화 깊이에 미치는 영향은 미비할 것으로 추정된다.

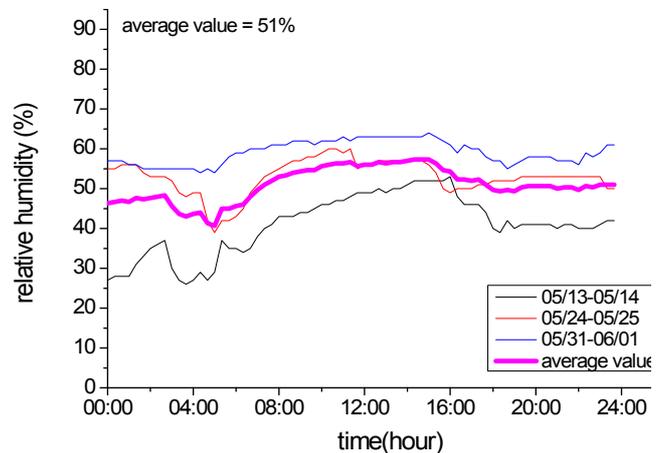


그림 4. 상대습도

4. 수치해석을 통한 콘크리트 탄산화깊이에측

그림 5는 마감재 없는 콘크리트의 탄산화 깊이를 나타낸 것이며, 그림 6은 아크릴계 마감재 적용 콘크리트 속 수산화칼슘 농도 변화를 그림 7은 탄산화 깊이를 정리하여 나타낸 것이다.

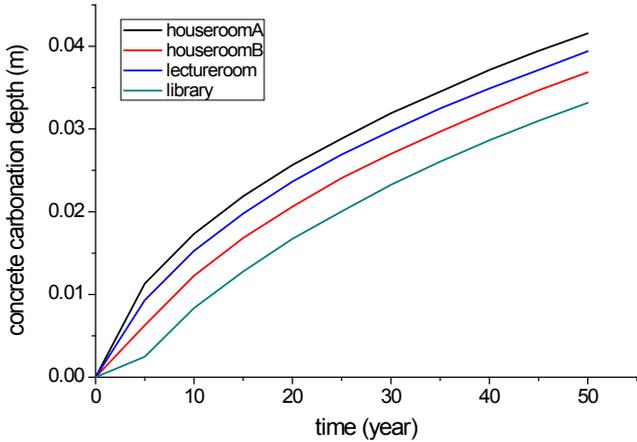


그림 5. 탄산화깊이(무도막 콘크리트)

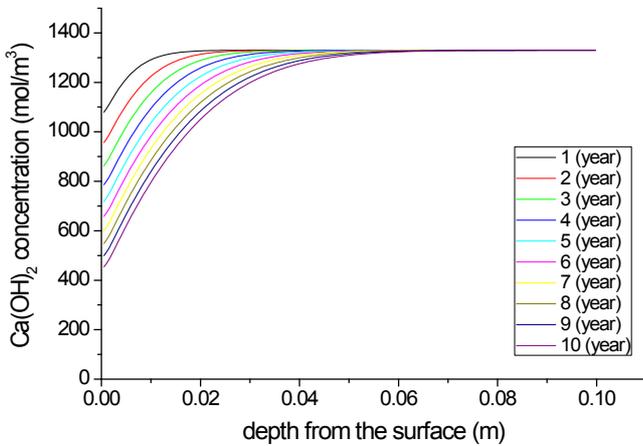


그림 6. 도막 콘크리트 수산화칼슘 농도변화

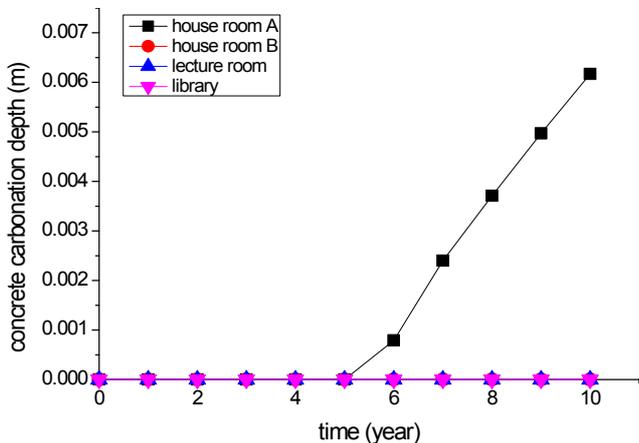


그림 7. 도막 콘크리트 탄산화 깊이

5. 결 론

내구성 해석 평가의 정확도 향상을 위해서는 경계조건이 되는 마이크로 기상데이터 축적이 필요하며, 본 측정에서는 실내 이산화탄소 농도는 대기의 약 4배에 이르는 것으로 측정되었다. 탄산화 깊이는 50년경과에 3~4cm정도로 예측되며, 도막이 있을 경우는 그 건전성에 따라 현저히 저하되는 것으로 산출되어졌다.

참 고 문 헌

1. 박동천, 송화철, 이산화탄소 증가의 환경영향을 고려한 콘크리트 중성화에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), 제25권 제9호, pp.125~131, 2009
2. 社団法人日本コンクリート工学協会, 複合劣化コンクリート構造物野評価と維持管理計画研究委員会, 2001.5