

물 시멘트비와 이산화탄소 농도에 따른 콘크리트의 장기 탄산화에 관한 해석적 연구

According to Water Cement Ratio and Internal Temperature and Humidity,
An Analytical Study on the Carbonation of Long-Term Concrete

이 준 해*

Lee, Jun-Hae

박 동 천**

Park, Dong-Cheon

Abstract

In the field of architecture, concrete and steel bars are the most common and popular combinations. The relationship between the two in a structure is a complementary good that increases in utility when consuming both materials at the same time. However, the combination of the two, which has been perceived as semi-permanent, often faces repairs or reconstruction without its lifespan reaching decades. There are a number of deterioration factors at work for the reason for this phenomenon. Among them, the neutralization of concrete in particular refers to the process in which calcium hydroxide inside concrete reacts with carbon dioxide and loses alkalinity, which creates a corrosive environment for rebars inside concrete, causing serious damage to concrete. In this study, we intend to use a multi-physical analysis program using finite element analysis method to analyze the degree of carbonation according to the internal temperature and concentration of carbon dioxide in concrete, thereby contributing to the prediction of long-term neutralization of concrete and the research related to measures for neutralization of concrete.

키 워 드 : 콘크리트, 유한요소법, 콘크리트 탄산화

Keywords : concrete, FEM model, concrete carbonation

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건축이라는 분야에서 콘크리트와 철근은 가장 보편적이고 대중적인 조합이다. 구조물에서 둘의 관계는 두 재료를 동시에 소비할 때 효용이 증가하는 보완재이다. 하지만 반영구적이라고 인식되어온 둘의 조합은 그 수명이 수십 년에도 이르지 못한 상태에서 보수나 재건축을 맞이하는 경우가 많다.¹⁾ 이러한 현상의 이유에는 여러 가지 열화인자가 작용을 한다. 그 중 특히 콘크리트의 중성화는 콘크리트 내부의 수산화칼슘이 탄산가스와 반응하여 알칼리성을 소실하게 되는 과정을 지칭하며 이는 콘크리트 내부 철근의 부식 환경을 조성하여 콘크리트의 심각한 손상을 야기한다.

특히 이산화탄소 농도의 경우 지난 300년 동안의 대기 중 이산화탄소 농도 증가의 절반은 1980년 이후에 발생했다는 통계가 있으며, 현재 2000년대 이전과 비교하였을 때 11% 증가한 수치로써 대기에 노출된 콘크리트 구조물의 경우 과거보다 콘크리트 중성화에 관한 위험성이 더 증가하였다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 유한요소해석법을 이용한 다중물리해석프로그램을 사용하여 콘크리트의 내부 온습도와 외부 이산화탄소의 농도에 따른 탄산화의 정도를 수치 해석하여 콘크리트의 장기 중성화에 대한 예측과 콘크리트 중성화의 대책과 관련된 연구에 기여하고자 한다.

2. 연구의 내용

2.1 콘크리트 중성화 수치해석에 관한 기존 연구

다른 열화 인자들의 평가 방법과 다르게 중성화의 평가 방법에는 다년간의 페놀프탈레인 시약을 이용한 실험 결과값을 \sqrt{t} 에 근사시키는 연구에 의존해왔다.¹⁾ 그러나 실제 건축물의 경우 여러 가지 마감재의 사용으로 외기의 탄산가스에 직접적으로 폭로되는 경우가 거의 없으며 해석대상에 대해서는 시간의 제공근을 적용하기에는 한계가 있다.

* 한국해양대학교 해양건축공학과 석사과정

** 한국해양대학교 해양건축공학과 교수, 교신저자(dcpc@kmou.ac.kr)

2.2 콘크리트 중성화 수치해석에 관한 해석방정식

본 해석에서는 픽의 확산 법칙을 기반으로 하였으며 수산화칼슘과 탄산가스의 반응 계수를 이용하여 수치해석을 하였다.

식 (1)의 경우 수산화칼슘이 탄산칼슘으로 변화함으로 pH가 저하하는 현상을 나타낸 화학반응식이며 식(2)의 경우 콘크리트 내부에서 이산화탄소의 확산과 소비를, 식(3)의 경우 콘크리트 내부에서 수산화칼슘의 확산과 소비를 식(4)의 경우 픽의 확산 법칙과 수산화칼슘과 탄산가스의 반응계수를 이용한 수치해석방정식을 나타내었다.

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O \text{ ----- (1)}$$

$$\frac{\partial c_{CO_2}}{\partial t} = D_{CO_2} \frac{\partial^2 c_{CO_2}}{\partial x^2} - R[c_{CO_2}/2][C_{Ca(OH)_2}] \text{ ----- (2)}$$

$$\frac{\partial c_{Ca(OH)_2}}{\partial t} = D_{Ca(OH)_2} \frac{\partial^2 c_{Ca(OH)_2}}{\partial x^2} - R[c_{CO_2}/2][C_{Ca(OH)_2}] \text{ ----- (3)}$$

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} + \nabla \cdot (-D\nabla c_i) = R_i \text{ ----- (4)}$$

여기서 c_i 는 농도 D 는 확산계수 R_i 는 반응계수를 나타낸다.

2.3 콘크리트 중성화 폭로시험

아래의 배합표에 따라 물시멘트비를 달리하여 3가지 배합으로 콘크리트 공시체를 제작하였으며 온도 20℃, 습도 95% 이상의 환경에서 28일 양생한 후 가속탄산화 챔버에서 폭로시험을 진행하여 실험값과 해석 값을 비교하였다.

표 1. 배합표

Series	굵은골재 최대치수	슬럼프 범위	공기량 범위(%)	잔골재율 (%)	단위질량 (kg/m ³)				
					물	시멘트	잔골재	굵은골재	혼화제(%)
series 1	25mm	120±15	4.5±0.5	38	172	505	611	1014	0.1
series 2	25mm	120±15	4.5±0.5	39.3	173.6	434	653	1026	0.1
series 3	25mm	120±15	4.5±0.5	40.3	175.16	390	682	1030	0.1

3. 결 론

- 1) 물시멘트비와 이산화탄소의 농도에 따른 탄산화 깊이를 예측 가능한 해석모델을 구축하였다.
- 2) 실험값과 결괏값은 유사하게 나타났으며 약간의 오차는 수산화칼슘 외의 시멘트 수화물의 중성화가 해석되지 않은 점과 중성화가 된 부위의 수산화칼슘의 잔존량에 대해서는 아직 명확히 규명되지 않았기 때문이라 사료된다.
- 3) 구축된 수치 해석 모델을 통해 축진 중성화뿐만 아니라 외기 폭로 환경에서의 중성화 진행을 예측할 수 있게 되었다.

Acknowledgement

Following are results of a study on the "Leaders in INdustry-university Cooperation +" Project, supported by the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea

참 고 문 헌

1. 박동천, 수산화칼슘의 반응과 확산에 주목한 장기중성화 예측에 관한 연구. 대한건축학회 논문지 제23권 제8호
2. 鐵筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)同解説, 日本建築學會