

탄산화가 진행된 기존 RC구조물의 표면보수공법 적용 후 FDM 해석을 이용한 탄산화 진행 예측 연구

A Study on Predicting Progress Carbonation using FDM Analysis After Carbonated RC Structures Surface Repair

이 형 민* 이 한 승** 김 영 관***
Lee, Hyung-Min Lee, Han-Seung Kim, Yeung-Kwan

Abstract

Carbonation is the results of the interaction of carbon dioxide gas in the atmosphere with the alkaline hydroxides in the concrete, in other words, of the hydrates in the cement pastes, the one which reacts with readily is $\text{Ca}(\text{OH})_2$, the product of the reaction being CaCO_3 and which decreases the alkalinity of concrete. Consequently, RC structure is deteriorated due to steel corrosion in concrete. As the importance of maintenance of reinforced concrete structure recently has emerged, the attention of durability of structure has been increasing. There are many studies about durability decline especially due to the carbonation. In order to study carbonation progress after surface repair of carbonated concrete, each carbonation penetration velocity from different repair materials of concrete structure is compared through the experiment of carbonation accelerating CO_2 concentration to 100%. As carbonation infiltration progress is predicted through this study, the counterplan of service life evaluation will be prepared on selection of repair materials of concrete structure.

키 워 드 : 콘크리트, 표면 보수공법, 탄산화 진행, FDM 해석

Keywords : concrete, surface repair method, carbonation progress, FDM analysis

1. 서 론

최근의 철근콘크리트 구조물의 유지관리에 대한 중요성의 확산으로 구조물의 내구성에 관한 관심이 증대 되고 있다. 특히 탄산화로 인한 내구성 저하에 대하여 다양한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 콘크리트 구조물의 보수후 탄산화 내구수명예측을 위하여 탄산화가 진행된 콘크리트를 대상으로 보수 후 촉진탄산화 실험을 실시하였다. 또한 신뢰성 확보를 위해 FDM(유한차분법)해석을 이용하여 콘크리트 구조물의 보수 후 탄산화로 인한 내구수명평가 방안을 마련하고자 한다.

2. 실험 및 분석

예비 촉진 탄산화를 실시하여 탄산화가 진행된 건축물을 가정한 후 표면 보수공법을 적용하여 보수시 각 보수재에 따른 탄산화 속도 비교를 위해 CO_2 농도 100%로 촉진 탄산화 실험을 실시하였다. 실험을 통해 각 보수재별 탄산화 속도계수를 도출 후 보수후의 탄산화 진행 예측식을 이용하여 탄산화 내구 수명 예측하고 탄산화 속도계수를 바탕으로 FDM 해석을 통한 내구수명예측 비교하였다. 실험은 표 1과 같은 배합으로 물시멘트비 55%인 콘크리트 실험체를 제작하였다.

표 1. 배합표

물시멘트비(%)	중량(kg)				AE감수제(C×%)
	물	시멘트	잔골재	굵은 골재	
55	9.54	17.4	42.3	45.9	0.4

* 한양대학교 건축시스템공학과 박사과정

** 한양대학교 ERICA캠퍼스 건축학부 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

*** 세화산업(주) 기업부설연구소, 소장

식 (1)을 이용하여 콘크리트 구조물이 20년 경과 시 보수할 경우에 대하여 각각의 보수재에 따른 탄산화 진행 예측식을 구하였다.

$$C = A'(\sqrt{t} - \sqrt{t_0}) + A\sqrt{t_0} \quad \text{----- (식 1)}^1$$

A : 보수 전 탄산화속도계수(cm√년), A' : 보수후의 탄산화속도계수(cm√년), t, t₀ : 경과기간(년)

또한 FDM 분석은 식(2)를 이용하여 Ca: 1.3×10⁻⁶mol/cm³, k: 500,000, D_{CO₂}: 0.0005cm²/day 조건으로 분석을 실시하였다. 탄산화에 의해 철근의 부식이 시작되어 보수가 필요하다고 판단되는 시기를 철근 매입깊이보다 20mm 얇은 위치에서 Ca(OH)₂의 농도가 초기값의 70%까지 감소한 때로 가정하였다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_{CO_2} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - kCCa \quad \text{----- (식 2)}^2$$

C : 이산화탄소 농도, t : 시간, x : 깊이, D_{CO₂} : 콘크리트 중의 탄산가스 확산계수, Ca : 수산화칼슘 농도, k : 반응속도정수(1/day)

3. 결 과

그림 1은 약 30년 경과후 보수재를 이용하여 보수를 실시했을 때의 탄산화 예측식을 이용하여 내구수명을 나타내었다. 철근피복두께 30mm를 가정할 경우 신축 후 20년 지나 보수시 무마감일때 35년에 탄산화가 침투하여 철근위치에 도달하였지만 방청모르타르는 약 80년 내구수명 예측을 할 수 있었다. 그림 2는 FDM 해석을 통한 내구수명을 나타내었으며 방청 모르타르를 사용한 경우가 약 33년 내구수명을 예측할 수 있었다.

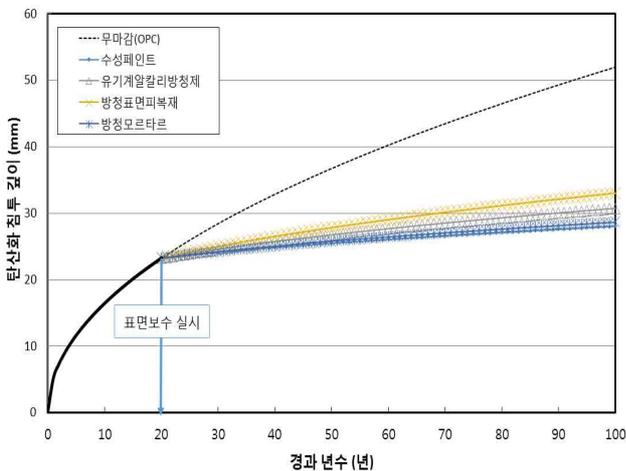


그림 1. 탄산화 예측식을 통한 내구수명 예측

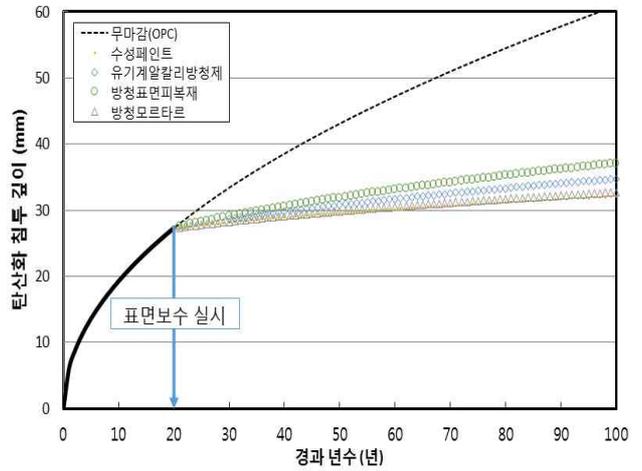


그림 2. FDM 해석을 통한 내구수명 예측

4. 결 론

본 연구에서는 탄산화가 이미 진행된 콘크리트 구조물을 대상으로 표면 보수공법을 적용하여 보수시 각 보수재에 따른 내구수명예측을 하였다. 방청모르타르로 보수후의 탄산화 진행 예측식을 이용할 경우 약 80년, FDM 해석을 통한 예측할 경우 약 33년의 탄산화에 의한 내구수명예측을 할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임을 밝히며 이에 감사를 드립니다. (과제번호: 2015R1A5A1037548)

참 고 문 헌

1. 리포트工業會, 중성화억제효과에 관한 실험결과 및 이용법, 보고서, 2013
2. 이상현, 박원준, 이한승, 경제운, 변영모, 콘크리트 표면보수재의 탄산화 억제성능 평가를 위한 FEM 해석 연구, 대한건축학회 논문집(구조계) 제23권 제9호, 2007