

화재의 영향을 받은 콘크리트 구조물의 염해내구성 예측에 관한 연구

Durability Estimation of Fire-Hit Concrete Structure to the Chloride Ion

박 동 천* **강 병 희****
Park, Dong-Cheon Kang, Byeung-Hee

Abstract

The purpose of this study is to evaluate chloride ion attack durability of concrete structure having experienced the high temperature fire. Mechanical properties and anti chloride ion diffusivity of concrete specimens were measured which have experienced of 2 hours heating at 200°C, 400°C, 600°C, 800°C. The coupling FE model of thermal transfer and chloride ion diffusion was built to predict the life expectancy of RC structure using the property values by a series of experiment.

키 워 드 : 고온, 콘크리트, 염소이온 확산, 열전달
Keywords : High Temperature, Concrete, Chloride Ion Diffusivity, Heat Transfer

1. 서 론

1.1 연구의 목적

해안가의 콘크리트 구조물이 화재 피해를 입을 경우 콘크리트 재료 자체는 온도 팽창과 동시에 건조에 의하여 수축이 발생하며, 수분이동, 가스방출, 탈수화 등 물리 화학적으로 성능에 변화가 발생한다¹⁾. 물리적으로는 밀도, 탄성계수, 압축강도가 저하하며, 그러한 상태로 해안가에서 장기에 걸쳐 비래염분의 영향을 받을 경우, 시간경과에 따라 콘크리트 내부로 염소이온은 확산하여 철근 부식을 유발하게 된다. 고온수열에 의한 물리화학적 내부조직 변화는 콘크리트 구조물의 수명을 상당히 단축시킬 것으로 예상된다. 본연구에서는 일련의 요소실험을 통하여 물성값을 구하고, 염해 내구수명을 산정하기 위해 유한요소 모델을 구축하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 실험실내에서 제작한 고/중/저 강도 콘크리트 시험체를 이용하여 화재를 상정한 전기로 가열과, 염소이온 확산 성능을 평가하기 위하여 전기영동법 기반 촉진 염분 확산 실험법을 채용하여 물성평가를 실시하였다. 화재로 인한 콘크리트 내부 온도상승은 깊이에 따라 달라지며, 따라서 깊이별 성능변화도도

차이를 가지게 된다. 이러한 현상을 염소이온 확산에 고려하여 발청한계까지의 부식수명을 산정하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료 및 물성

시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트, 2.6비중의 굵은골재, 2.54비중의 잔골재, 폴리카르보산계 고성능 감수제를 사용하였다.

2.2 실험인자 및 배합

실험인자 및 수준은 표1과 같다. 배합은 표2에 나타낸 바와 같다.

표1 실험인자 및 수준

| 인자 | 수준 | 수 |
|----------|-----------------|---|
| W/C(%) | 45,55,65 | 3 |
| 가열온도(°C) | 200,400,600,800 | 4 |
| 가열시간(분) | 120 | 1 |

표2 콘크리트 배합

| W/C (%) | S/A (%) | W (kg/m³) | Unit weight | | | SP (g/m³) |
|---------|---------|-----------|-------------|-----|-----|-----------|
| | | | C | S | G | |
| 45 | 44 | 185 | 411 | 283 | 942 | 1440.0 |
| 55 | 46 | 182 | 331 | 311 | 942 | 933.3 |
| 65 | 48 | 179 | 275 | 332 | 942 | 1363.0 |

* 한국해양대학교 해양공간건축학부 조교수 공학박사
** 동아대학교 건축공학과 교수 공학박사, 교신저자
(bhkang@dau.ac.kr)

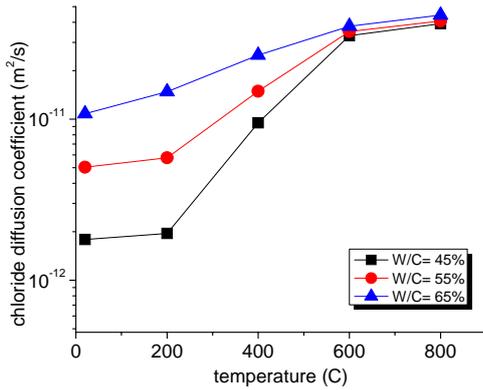


그림1 가열온도에 따른 염소이온 확산계수의 변화

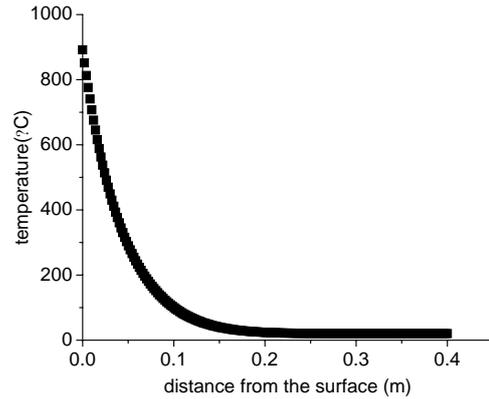


그림2 W/C=55% 시험체의 내부온도 분포

3. 물성측정 및 고찰

3.1 고온수열

콘크리트 시험체는 수중양생 28일후, 105℃의 건조로에서 5일간 건조하여 고온 전기로의 수열에 따른 폭열의 가능성을 최소화 하였다. 상온 20℃의 상태의 시험체는 200℃, 400℃, 600℃, 800℃에서 2시간 가열하여 모의 화재를 구현하였다.

3.2 염소이온 확산특성 평가

염소이온 확산특성 평가는 NT BUILD 492법을 사용하였다. 그림1에 온도 변화에 따른 염화물 이온의 확산계수 변화를 나타내었다. 상온에서 200℃까지는 많은 변화를 나타내지 않으나 400℃에서 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다.

4. 연성 유한요소 모델 구축

4.1 열전달 초기/경계조건

콘크리트의 초기는 온도 20℃, 경계는 대류와 복사를 고려하였다. 화재온도는 Eurocode1의 Actions on structures : Part1-2²⁾의 값을 사용하였다.

4.2 염소이온 확산 지배방정식

표 1의 결과를 이용하여 온도의존성 염화물 확산계수를 사용하였다. Fick의 제2법칙을 이용하여 식(1)을 구성방정식으로 하였다.

$$\frac{\partial C_T}{\partial t} = D_a(T) \left(\frac{\partial^2 C_T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_T}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

4.3 온도 해석결과

4.1의 초기/경계조건을 사용하여 해석한 콘크리트 깊이별 온도분포를 그림2에 나타내었다. 1시간의 화재의 결과이다.

4.4 염소이온 확산에 따른 수명

해석조건은 해안에서 0.5km떨어진 지점의 구조물로 가정하여 염화물이온의 농도를 2.0kg/m³로하여 계산하였다. 그림3에 1시간 화재의 영향을 받은 W/C=55% 시험체를 대상으로 한 해석결과를 나타내었다.

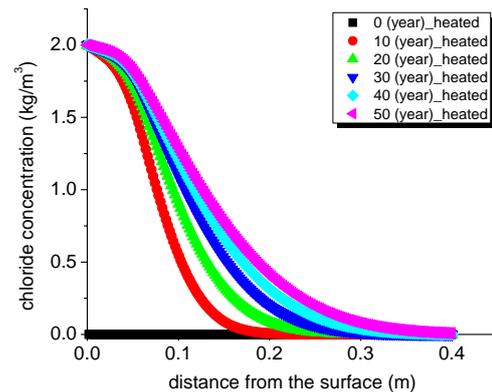


그림3 시간경과에 따른 염화물이온 농도분포

5. 결론

본 연구에서는 물시멘트비와 가열온도를 실험변수로 하여 화재의 영향을 받은 콘크리트의 염소이온 확산특성을 예측하는 모델을 구축하였다. 400℃의 수열을 경계로 염소이온 확산계수는 급격히 증가하는 것을 알 수 있었으며, 열전달-염소이온 연성확산해석을 통하여 피복두께별 철근부식 발생시간을 산출할 수 있었다.

참고 문헌

1. 신성우의 9인, 고강도 콘크리트 구조내화 설계, 대한건축학회, 2008
2. Eurocode 1, Actions on Structures Part 1-2 : General Actions - Actions on Structures exposed to fire, 2002