

# 원전콘크리트 구조물의 확산에 의한 염소이온 침투평가에 관한 연구

## A Study on the Assessment of Chloride Penetration Due to Diffusion in NPP Concrete Structures

김도겸\* · 이장화\*\* · 김기범\*\*\* · 이호재\*\*\*\*

Kim, Do-Gyeum · Lee, Jang-Hwa · Kim, Ki-Beom · Lee, Ho-Jae

### 요약

원전구조물의 방사성 폐기물 처분시설의 경우 지하수에 해수가 유입되어 콘크리트에 염소이온 침투가 발생할 수 있으며, 콘크리트 내부에 존재하는 인장철근의 부식에 의한 내구성 저하 및 수명 단축이 주된 문제가 된다. 본 논문에서는 원전콘크리트 구조물에서의 확산에 의한 염소이온 침투에 대한 수학적 모델을 제시하였다. 콘크리트 중의 염소이온의 침투는 콘크리트의 노출환경, 습윤상태에 따라 확산(Diffusion), 대류(Absorption), 전기적 이동(Migration)에 의해 발생한다. 이러한 조건을 모두 고려하여 제시한 방정식에 의해 염소이온의 침투를 예측할 수 있다.

**keywords** : Chloride penetration, Diffusion, 염소이온농도, 철근부식

## 1. 서론

원전 콘크리트 구조물이 염소이온이 함유된 미디어에 노출된 경우, 콘크리트 표면에 존재하는 표면 염소이온 농도는 염소이온의 침투속도 및 원전 구조물의 철근부식개시시기를 정의하는데 가장 중요한 요소 중 하나이다. 표면 염소이온 농도는 콘크리트 중의 염소이온 농도구배에 직접적인 영향을 미치기 때문에 콘크리트 표면이 공극수에 포화된 상태, 즉 콘크리트 구조물이 염소이온이 함유된 미디어에 직접적으로 노출될 경우 확산에 의한 염소이온 침투 시 철근부식개시 시기에 영향을 미치게 된다.

## 2. 확산에 의한 염소이온의 농도

본 연구에서는 염소이온의 침투속도는 콘크리트가 미디어에 침지 (공극수의 포화상태) 상태이고, 철근부식 임계 염소이온 농도는 시멘트량의 0.4%, 염소이온의 확산계수  $1.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ 라는 가정에서 콘크리트 표면의 염소이온 농도가 부식개시시기에 미치는 영향을 정의하였다. 콘크리트 중의 철근부식 개시시기가 염소이온의 침투속도, 표면 염소이온 농도 및 철근부식 임계염소이온 농도의 복합적인 영향으로 인해 결정된다.

\* 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 dgkim@kict.re.kr  
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 선임위원 jhlee@kict.re.kr  
\*\*\* 비회원 · 한국건설기술연구원 연구원 kibeom@kict.re.kr  
\*\*\*\* 비회원 · 한국건설기술연구원 연구원 h.lee@kict.re.kr

### 3. 해석결과의 분석

#### 3.1. 모델링 결과

그림 1은 콘크리트의 침지 미디어의 염소이온 농도가 철근부식 개시시기에 미치는 영향을 수학적으로 도식화 하였다. 결론적으로 미디어의 염소이온 농도가 0.4%이하일 경우에는 실질적으로 콘크리트 중의 철근부식은 불가능한 것으로 판단된다.

그림 1 표면염화물량에 따른 부식시기 결정

##### 3.1.1 염소이온의 확산 방정식

염소이온의 확산 지배방정식을 자유 염소이온에 의하여 나타내었다. 이때, 콘크리트 중의 철근부식 개시시기는 염소이온의 침투속도, 표면 염소이온 농도 및 철근부식 임계염소이온 농도의 복합적인 영향에 의해 결정된다.

$$(1 + \alpha \beta C_{free}^{\beta-1}) \frac{dC_{free}}{dt} - \text{div}(D \nabla C_{free}) = 0 \quad (1)$$

#### 감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 2009T100100523).

#### 참고문헌

- Buenfeld, N.R., Shurafa-Daoudi, M.T. and Mcloughlin, I.M (1997) Chloride transport due to wick action in concrete, *RILEM Publication*, Paris.
- Thomas, M. (1996) Chloride thresholds in marine concrete, *Cement and Concrete Research*, 26(4), pp.513~519.