

콘크리트 표면도장에 의한 내구수명 연장효과

Effect of Concrete Surface Coating on the Service Life Extension

김 기 현^{*} 차 수 원^{**} 장 승 업^{***}
Kim, Ki Hyun Cha, Soo Won Jang, Seung Yup

ABSTRACT

Developed is a chloride penetration analysis program that can consider a concrete surface coating. The effect of concrete surface coating on the service life is simulated by the developed finite element program. It was revealed that the coating at the earlier age is the more effective way to extend the service life.

요 약

콘크리트 표면도장을 고려한 염소이온 침투해석 프로그램을 개발하고, 이를 사용하여 내구수명 연장 효과를 분석하였다. 해석결과에 의하면 표면도장은 가능한 초기에 실시하는 것이 효과적이었다.

1. 서 론

해양환경과 같이 극심한 환경조건에 건설되는 토목구조물이 증가하면서 염해환경에 존재하는 콘크리트의 내구수명 확보가 최근 중요한 문제로 대두되고 있다. 염소이온 침투가 이미 상당히 진전된 경우에는 피복 콘크리트를 제거하여 철근의 녹을 처리하고 다시 콘크리트로 표면을 마무리하는 방법이 자주 사용되고 있으나, 이 방법을 해상교각과 같은 주요부재에 적용하기에는 무리가 있고 또한 보수작업 여건에도 어려움이 있다. 이에 국내 일부 해상교량의 교각에서는 표면도장을 초기부터 적용하기도 하여 내구수명 증진을 꾀하고 있다. 본 논문에서는 콘크리트의 내구수명 연장을 위해 콘크리트 표면도장을 실시하는 경우의 내구수명 산정을 위한 유효요소해석 프로그램을 개발하고 이를 사용하여 내구수명 증진효과에 대해 분석하였다.

2. 경계조건 변화를 고려한 염소이온 침투해석

2.1 염소이온 침투 지배방정식

확산방정식을 이용한 염소이온 침투 지배방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \quad t < t_c: D = D_0 \left(\frac{t_0}{t} \right)^m, \quad t \geq t_c: D = D_0 \left(\frac{t_0}{t_c} \right)^m \quad (1)$$

여기서, ϕ 는 염소이온농도, D 는 확산계수, D_0 는 기준확산계수, t_0 는 기준재령, m 은 재령계수이다.

* 정희원, 서울대학교 건설환경종합연구소 선임연구원

** 정희원, 울산대학교 건설환경공학부 교수

*** 정희원, 한국철도기술연구원 선임연구원

2.2 표면도장에 의한 경계조건과 해석 알고리즘

외부환경과 콘크리트의 경계면에서의 유동률은 다음과 같다.

$$J^s = B(\phi - \phi_{en}) \quad (2)$$

여기서, J^s 는 유동률, B 는 표면 염소이온전달계수, ϕ 는 콘크리트 표면의 염소이온농도, ϕ_{en} 은 외부 환경의 염소이온농도이다.

본 연구에서는 표면도장을 실시하면 10년간 외부환경으로부터의 염소이온 침투가 차단된다고 가정하였으며, 이 경우 표면을 통한 염소이온 유동이 발생하지 않으므로 $B=0$ 으로 설정하였다. 염소이온이 침투되지 않는 시기 동안에는 내부에 이미 침투된 염소이온의 재분배만 발생하게 되고 따라서 철근 표면에 염소이온이 축적되는 속도를 지연시킬 수 있어 내구수명이 연장되는 효과가 있다.

표면도장을 실시하는 경우나 표면도장의 성능이 끝나는 시기에는 경계특성이 절연면에서 침투가 능조건으로 급변하기 때문에 유한요소해석의 수렴이 어렵고, 따라서 본 연구에서는 각 단계의 마지막 염소이온 분포를 초기값으로 하여 재해석하는 방법을 사용하였다.

3. 표면도장에 의한 내구수명 연장효과

표면도장을 실시하는 시기를 변화시켜 가면서 철근 위치에 축적되는 염소이온농도를 보인 것이 그림 1이다. 예제해석 조건은 $m = 0.3$, $t_c = 30 \text{ year}$, $t_0 = 28 \text{ day}$, $D_0 = 3.16 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$, 순피복두께는 100mm 이다. 염소이온 확산계수가 재령에 따라 감소되다가 t_c 이후에는 일정해지는 모델을 사용하였으므로, 가능한 초기에 표면도장을 실시해 염소이온을 침투를 차단시키는 것이 내구수명 연장에 가장 효과적인 것으로 나타났다.

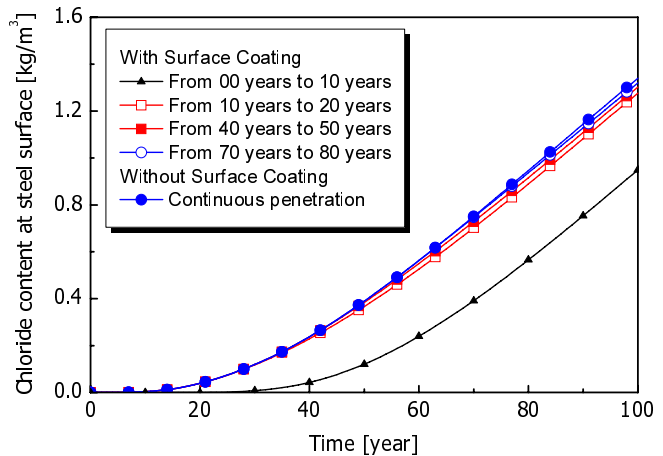


그림 1. 표면도장 시기에 따른 철근표면의 염소이온 축적

4. 결 론

염소이온 침투에 대응하여 내구수명을 연장하기 위해 표면도장 공법을 실시하는 경우 구조물 사용 초기에 표면도장을 실시하는 것이 가장 효과적이었다. 그 외 표면도장 적용시기를 바꾸는 방법들은 내구수명 연장에 크게 효과적이지 않은 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 건설교통부의 지원사업인 콘크리트코리아연구단의 “고성능다기능 콘크리트의 개발 및 활용기술” 과제의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Bathe, K. “Finite element procedures”, Prentice Hall, Saddle River, NJ, USA, 1996.