

호염성 박테리아 기반 코팅재의 염소이온 확산계수 평가

Evaluation of Chloride Ion Diffusion Coefficient of Coating Materials based on Halo-philic Bacteria

윤 현 섭*

Yoon, Hyuun-Sub

이 재 욱**

Lee, Jae-Wuk

양 근 혁***

Yang, Keun-Hyeok

Abstract

This study examined the potentials for developing a biological coating material with high chloride resistance. The bacteria strains isolated were *Halomonas alkaliphile*, *Halomonas venusta*, and *Sulfidobacter mediterraneus*. Test results revealed that the developed approach is very promising in reducing the chloride ion diffusion coefficient of concrete.

키 워 드 : 박테리아, 코팅재, 염소이온 확산계수

Keywords : bacteria, coating materials, chloride diffusion coefficient

1. 서 론

노후 콘크리트 구조물에서 발생하는 균열 및 단면 손실로 인해 침투되는 염소(Cl^-) 이온은 콘크리트 내부 철근의 산화 및 부식과 팽창에 의한 구조물 열화에 심각한 피해를 미친다. 이에 따라 콘크리트 구조물의 단면 복구와 함께 염해 저항성 향상을 위한 보수재료의 개발이 요구되어 지고 있는데, 근래에는 기존의 유-무기재료가 아닌 환경 친화적인 생태 소재를 이용한 융합기술 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 이 연구에서는 해양환경에서 성장하는 호염성 균주로서 성장과정에서 염소이온을 소모하거나 슬라임 막을 형성하여 콘크리트로의 염소이온의 침투를 저해하는 박테리아 기반의 보수 코팅재를 제작하였으며, 이들 코팅재에서 염소이온 확산계수를 평가하였다.

2. 실험계획

본 연구에서는 해양환경에서 성장하는 호염성균주로서 성장 과정에서 염소(Cl^-) 이온을 영양분으로서 소모하는 균주인 *Halomonas alkaliphile* 및 *Halomonas venusta* 균주가 이용되었으며, 성장과정에서 세포 표면 점질의 슬라임(slime) 막을 형성하여 염소 이온의 물리적 침투를 저해하는 균주인 *Sulfidobacter mediterraneus*가 이용되었다. 이들 균주는 경화된 보수 코팅재에서 성장성 확보를 위하여 밀도 0.25 g/cm^3 의 팽창질석으로 고정화 되어 배합 시 투입하였으며, 이때 수분 및 유기영양분(배지)을 포함할 수 있도록 하였다. 내염해 보수 코팅재의 제작을 위한 배합상세는 표 1과 같다.

표 1. 내염해 보수 코팅재의 배합상세

Specimens (bacteria type)	W/B (%)	S/B	Replacement of immobilization materials (sand vol %)	Binder composition (wt %)	
				OPC	EVA polymer
<i>Halomonas alkaliphile</i>	35	2	15	90	10
<i>Halomonas venusta</i>					
<i>Sulfidobacter mediterraneus</i>					

보수 코팅재의 물-결합재비(water to binder ratio, W/B)는 35%로 하였으며, 잔골재-결합재비(sand to binder ratio, S/B)는 2로 하였다. 보수 코팅재 배합 시 호염 균주가 고정화된 팽창질석은 골재 부피의 15%를 치환하여 혼합하였으며, 결합재로서는 OPC

* 경기대학교 건축공학과 박사과정

** 경기대학교 건축공학과 석사과정

*** 경기대학교 건축공학과 교수, 교신저자(yangkh@kgu.ac.kr)

및 EVA계 폴리머가 각각 90% 및 10%의 질량비로 혼합되었다. 제작이 완료된 보수 코팅재는 재령 28일 동안 수중양생을 실시하였다. 양생이 완료된 시험체는 압축강도 측정과 함께 NT BUILD 492의 방법에 따라 염소이온 확산계수를 측정하였다.

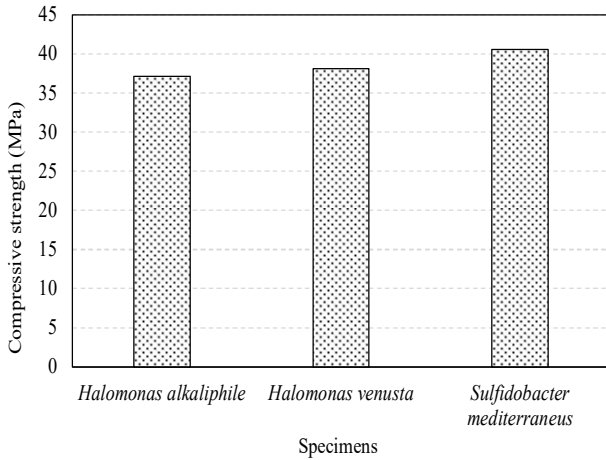


그림 1. 내염해 보수 코팅재의 재령 28일 압축강도 측정결과

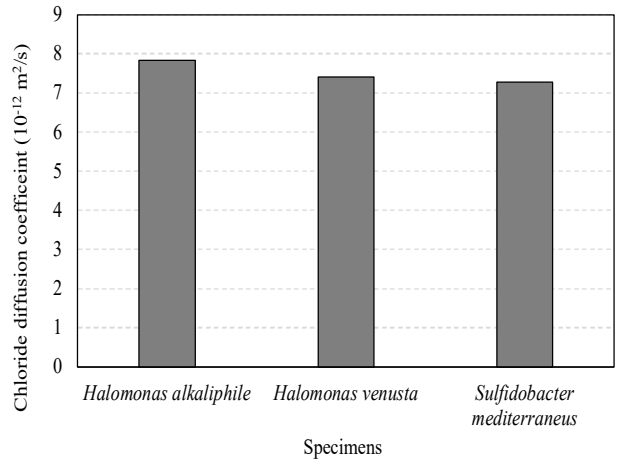


그림 2. 내염해 보수 코팅재의 염소이온 확산계수 평가 결과

3. 실험결과 및 분석

내염해 보수 코팅재의 재령 28일 압축강도 측정결과는 그림 1과 같다. *Sulfidobacter mediterraneus* 균주를 혼입한 코팅재의 재령 28일 압축강도는 40.6 MPa로 가장 높았다. *Halomonas alkaliphile* 및 *Halomonas venusta* 균주를 혼입한 코팅재의 재령 28일 압축강도는 각각 37.1 MPa 및 38.1 MPa로, *Sulfidobacter mediterraneus* 균주를 혼입한 코팅재와 큰 차이를 보이지 않았다. 그림 2에는 내염해 보수 코팅재의 염소이온 확산계수 평가 결과를 나타내었다. *Halomonas alkaliphile* 균주를 혼입한 코팅재의 염소이온 확산계수는 $7.84 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 로 가장 높은 결과를 보였으며, 세포 표면 슬라임 막을 형성하는 *Sulfidobacter mediterraneus* 균주를 혼입한 시험체는 이보다 약 7% 낮은 $7.27 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 의 확산계수를 보였다. 더불어 이들 실험체의 염소이온 확산계수는 일반적으로 $15 \sim 25 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 의 값을 갖는 일반 콘크리트($f_{ck}=35 \text{ MPa}$)에 비해 약 50~70% 낮은 결과를 보였다.

4. 결 론

세포 표면 점질의 슬라임 막을 형성하여 염소 이온의 물리적 침투를 저해하는 균주인 *Sulfidobacter mediterraneus*가 혼합된 보수 코팅재의 염소이온 확산계수는 $7.27 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 로 가장 낮았으며, 일반적으로 $15 \sim 25 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 의 염소이온 확산계수를 갖는 콘크리트($f_{ck}=35 \text{ MPa}$)에 비해 약 50~70% 낮은 결과를 보였다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 건설기술연구사업의 연구비지원(20SCIP-C158976-01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 박동천, 김용로, 설계기준 압축강도별 레미콘의 염소이온 확산 특성 평가, 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집, 제18권 제2호, pp.149~150, 2018
2. 해양 환경 폭로 시험을 통한 FA 콘크리트의 결보기 염화물 확산계수 평가, 한국구조물진단유지관리공학회 논문집, 제 23권 제3호, pp.119~126, 2019