

염소이온 저감능 박테리아가 모르타르의 염소이온 농도에 미치는 영향

Effect of Chloride Ion-reducing Bacteria on the Chloride ion Concentration in Cement Mortars

황지원¹ · 윤현섭² · 양근혁^{3*}

Hwang, Ji-Won¹ · Yoon, Hyun-Sub² · Yang, Keun-Hyeok^{3*}

Abstract

This study examined the potential of halophilic bacteria in reducing the chloride ion concentration within the cement mortars exposed to chloride attack. As a result of the experiment, the compressive strength of mortar with *Halomonas venusta* showed an equivalent performance to that of counterpart mortars without bacteria. Also, the chloride ion concentration measured in mortars including *Halomonas Venusta* was 71% lower than that of the counterpart mortars without bacteria.

키 워 드 : 염소 이온, 박테리아, 모르타르

Keywords : chloride ion, bacteria, mortar

1. 서 론

해양 환경에 밀접한 구조물의 경우 콘크리트 내부로 염화물 이온과 같은 유해 이온이 침투하게 된다. 이때 건축물이 장기간 염분에 노출되면 피복두께 이상으로 염소 이온이 침투하게 되고 이는 철근의 부식을 유발하여 콘크리트의 열화를 야기한다. 이와 같은 열화현상은 콘크리트 내구수명 감소로 이어진다. 이 연구에서는 콘크리트 구조체 내부로 유입되는 염소 이온 농도 저감을 위해 전자공여체로 염소 이온을 활용하여 성장하는 호염 박테리아를 혼입한 내염해 모르타르를 제작하였으며, 이들 박테리아의 종(species)을 달리할 때 모르타르의 압축강도 및 내부 염소 이온 농도 변화에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 실험 계획

본 연구에서는 염소 이온 저감능 박테리아로서 109cell/mL 의 고농도로 배양된 *Halomonas venusta*, *Pseudomonas putida* 및 *Pseudomonas plecoglossicida*를 이용하였다. 내염해 모르타르 제작을 위해 사용된 각각의 박테리아는 경화 모르타르에서의 균주 성장성 확보를 위하여 밀도 0.25g/cm³의 다공성 재료인 팽창질석에 고정화하여 모르타르 배합 시 골재 부피의 30%를 치환하여 투입하였다. 모르타르 제작을 위한 물-결합재비(water to binder ratio, W/B) 및 잔골재-결합재비(sand to binder ratio, S/B)는 각각 35% 및 2로 하였으며 결합재는 보통포틀랜드시멘트(ordinary portland cement, OPC)와 밀도 0.5 g/cm³의 에틸렌 초산 비닐(ethyl vinyl acetate, EVA)계 재유화형 분말 수지를 각각 90% 및 10%의 질량비로 혼합하였다(표 1). 제작이 완료된 모르타르는 KS F 5105에 따라 50×50×50mm 크기의 입방형 시험체를 이용하여 재령 28일에서 압축

표 1. 염소이온 저감능 박테리아 종류별 변화에 따른 내염해 모르타르의 배합상세

Specimens	W/B (%)	S/B	Bacteria strain	Replacement of expanded vermiculite (sand vol, %)
Plain	35	2	-	-
HV			<i>Halomonas venusta</i>	30
PU			<i>Pseudomonas putida</i>	
PL			<i>Pseudomonas plecoglossicida</i>	

1) 경기대학교 일반대학원, 건축공학과 석사과정

2) 경기대학교, 스마트시티공학부 건축공학전공, 연구교수

3) 경기대학교, 스마트시티공학부 건축공학전공, 교수, 교신저자(yangkh@kyonggi.ac.kr)

강도를 측정하였다. 염소이온 농도 저감 평가는 NT Build 443의 방법을 이용하여, 40×40×160mm 크기로 제작된 시편의 길이 방향 1면을 18.9g/L인 염소이온 수용액에 56일간 노출 시킨 후 시험체의 표면으로부터 25mm 깊이에서의 염소이온 농도를 측정하였다.

3. 실험 결과

박테리아가 혼합된 내염해 모르타르의 재령 28일 압축강도 및 염소 이온 수용액 노출 이후 시험체 내부에서의 염소 이온 농도 평가 결과를 각각 그림 1 및 그림 2에 나타내었다. 모르타르의 재령 28일 압축강도는 Plain 시험체의 경우 33.8MPa 이었으며, HV 시험체는 Plain 시험체와 동등 수준인 33.0MPa 이었다. PU 및 PL 시험체의 압축강도는 각각 29.7MPa 및 29.5MPa로, Plain 시험체에 비해 12.1% 및 12.7% 낮았다. 염소 이온 수용액에 침지시킨 시험체 내부에서의 염소 이온 농도는 박테리아의 혼입 유·무에 따라 큰 차이가 나타났는데, Plain 시험체 내부에서의 염소 이온 농도는 1.63g/L로 가장 높았다. 반면에 PU 및 PL 시험체의 경우 내부 염소 이온 농도는 각각 0.71g/L 및 0.82g/L로 Plain 시험체 대비 약 50% 이상 저감된 결과를 보였다. 더불어 HV 시험체의 경우에는 모든 시험체들의 염소 이온 농도 측정 결과 중 가장 낮은 0.47g/L이었으며, 이 값은 염소 이온 저감능 박테리아를 혼합하지 않은 Plain 시험체에 비해 약 71% 낮았다.

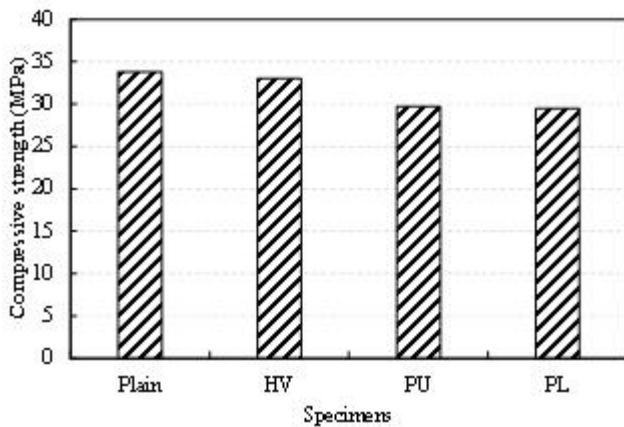


그림 1, 모르타르의 재령 28일 압축강도

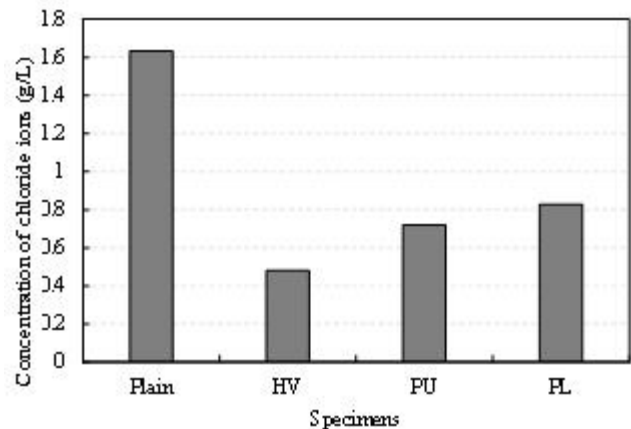


그림 2. 노출 깊이 25mm에서의 염소 이온 농도

4. 결 론

Halomonas venusta 균주를 혼입한 모르타르는 일반 모르타르와 동등한 압축 강도 발현 성능을 가지며, 우수한 염소이온 농도 저감 능력을 갖는 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 논문은 2022년 국토교통부 건설기술연구사업의 연구비지원(22SCIP-C158976-03)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 윤현섭, 이재욱, 양근혁. "호염성 박테리아 기반 코팅재의 염소이온 확산계수 평가". 한국건축시공학회 학술발표 논문집. 20권. 2호. 2020. pp. 159 ~ 160.