

Bacillus licheniformis 균주를 혼입한 모르타르의 동결융해 저항성 평가

An Evaluation on Freezing and Thawing Resistance of Mortars with Bacillus licheniformis

황지원¹ · 윤현섭² · 양근혁^{3*}

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

Abstract : This study used *Bacillus licheniformis* generating glycocalyx as a protective membrane to enhance the salt-damage resistance of cement mortars. The mortar specimens with *Bacillus licheniformis* exhibited a comparable compressive strength development and 1.1~1.3 times higher dynamic modulus of elasticity under 300 freezing and thawing cycles when compared with the counterpart control mortar.

키워드 : 모르타르, 동결융해, 박테리아

Keywords : mortar, freezing and thawing, bacteria

1. 서론

해양 구조물은 염해에 의한 열화뿐만 아니라 외부 노출 환경 특성상 동절기의 동결융해에 또한 콘크리트의 내구성능을 저하시키는 복합적 원인으로 작용한다. 따라서 이 연구에서는 생체보호막으로 글라이코 칼릭스를 형성하는 *Bacillus licheniformis*를 활용하여 염해로 열화된 콘크리트 표면의 보수·보강을 위한 모르타르를 제작하였으며, 이들 박테리아를 고정화한 다공성 재료의 치환율 변화에 따른 모르타르의 압축강도 및 동결융해 저항성을 평가하였다.

2. 실험 계획

이 연구에서는 글라이코 칼릭스를 생성하는 박테리아로서 *Bacillus licheniformis*를 이용하였다. 모르타르 배합의 결합재로서 보통 포틀랜드시멘트(ordinary portland cement, OPC)와 에틸렌 초산 비닐(ethyl vinyl acetate, EVA)계 재유화형 분말 수지를 사용하였으며 각각 90% 및 10%의 질량비로 활용하였다(표 1). 모르타르 시험체 제작을 위하여 물-결합재비(W/B)는 35%로 설정하였으며, 잔골재-결합재비(S/B)는 2로 하였다. 모르타르 내부에서 박테리아의 성장성을 확보하기 위하여 박테리아는 109 cell/mL 수준의 고농도로 배양하였으며, 이후 고흡수율의 다공성 팽창질석에 박테리아 배양액을 고정화하여 모르타르 배합시 잔골재 부피의 10% 및 30%를 치환하였다. 박테리아 고정화재료가 혼입된 모르타르와의 비교를 위해 박테리아 고정화재료가 혼입되지 않은 일반 모르타르 시험체를 함께 제작하였다. 제작이 완료된 50×50×50mm 크기의 입방형 시험체를 이용하여 KS F 5105에 따라 재령 28일에서 압축강도를 측정하였다. 모르타르의 동결융해 저항성 평가는 Ø100×200mm 크기의 시험체를 제작하여 KS F 2456 중 B법(기중 급속 동결 후 수중 융해 시험방법)으로 각 사이클별 상대 동탄성계수를 측정하였다.

표 1. 글라이코 칼릭스 형성 박테리아 고정화 재료 치환율 변화에 따른 내염해 모르타르의 배합상세

Specimens	W/B (%)	S/B	Bacteria strain	Replacement of expanded vermiculite (sand vol, %)
Plain	35	2	-	-
B_10			<i>Bacillus licheniformis</i>	10
B_30			<i>Bacillus licheniformis</i>	30

3. 실험 결과

모르타르의 재령 28일 압축강도 및 각 사이클별 상대 동탄성계수 산정 결과를 각각 그림 1과 그림 2에 나타내었다. Plain 시험체의

1) 경기대학교 일반대학원, 건축공학과 석사과정
 2) 경기대학교, 스마트시티공학부 건축공학전공, 연구교수
 3) 경기대학교, 스마트시티공학부 건축공학전공, 교수, 교신저자(yangkh@kyonggi.ac.kr)

재령 28일 압축강도는 31.9MPa이었으며, B_10은 Plain보다 약 1.1배 높은 36.9MPa이었다. B_30의 압축강도는 31.4MPa로 Plain과 거의 차이가 없는 동등 수준의 압축 강도 성능을 보였다. 각 사이클별 모르타르의 상대 동탄성계수 측정 결과, Plain 시험체가 모든 사이클에서 가장 낮은 상대 동탄성계수를 보였다. B_10 및 B_30 시험체는 300 cycle을 기준으로 각각 Plain 시험체보다 1.3배 및 1.1배 높은 상대 동탄성계수를 보였으며 특히, B_10 시험체는 각 사이클별로 모든 시험체 중 가장 높은 상대 동탄성계수가 측정되었다. 박테리아가 혼입된 시험체의 경우 균주로부터 생성되는 글라이코 켈릭스에 의한 표면 보호 효과로 인해 수분 침투의 차단이 가능하여 Plain 시험체보다 동결융해 저항 효과가 크게 나타난 것으로 판단된다. 또한 B_10의 경우 상대적으로 높은 압축강도 결과로부터 타 시험체에 비해 밀실한 구조를 가져 가장 우수한 동결융해 저항성을 나타냈다.

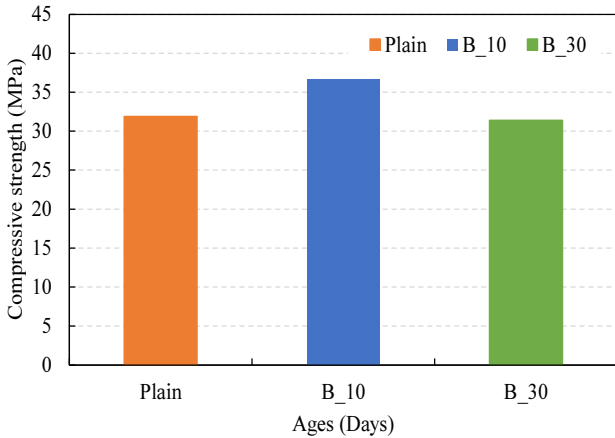


그림 1. 모르타르의 재령 28일 압축강도

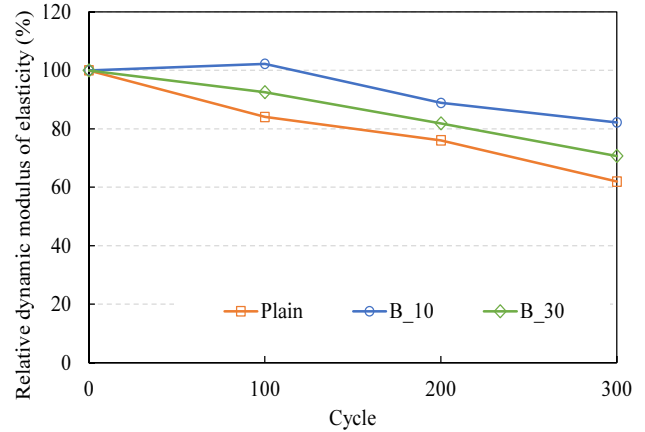


그림 2. 각 사이클별 모르타르의 상대 동탄성계수

4. 결론

Bacillus licheniformis 고정화 재료를 혼입한 모르타르는 일반 모르타르와 동등한 수준의 압축강도 성능을 보였으며, 상대 동탄성계수 또한 박테리아의 글라이코 켈릭스에 의한 표면 보호 효과로 모든 동결융해 사이클에서 일반 모르타르보다 높게 측정되었다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 이승찬, 윤다애, 길배수, 이강민, 윤현도. 실란계 바닥강화형 침투성 프라이머가 도포된 콘크리트의 동결융해 저항성. 한국콘크리트학회. 2020. 제32권 1호. p. 37-44.