

EIS를 이용한 표면코팅 경량골재 종류별 시멘트 경화체의 계면 분석

ITZ Analysis of Cement Matrix According to Surface Coated Lightweight Aggregate Type using EIS

김창현¹ · 정수미² · 김주성² · 박선규^{3*}

Kim, Chang-Hyun¹ · Jeong, Su-Mi² · Kim, Ju-Sung² · Park, Sun-Gyu^{3*}

Abstract : Lightweight aggregates has a dry specific gravity of 2.0 or less, which is lower than natural aggregates. Lightweight aggregate is efficient for weight reduction but has low compressive strength. In this study, EIS(electrochemical Impedance Spectroscopy) was used to confirm the ITZ(Interfacial Transition Zone) between the lightweight aggregate and cement paste according to the coated of blast furnace slag powder. As a result of EIS measurement, the correlation between ITZ characteristics and compressive strength was determined. The phase angle of EIS was different depending on the blast furnace slag powder coated of the lightweight aggregate. The surface-coated lightweight aggregate was improved and the ITZ was strengthened.

키워드 : 경량골재, 골재 계면, 고로슬래그, 골재표면 코팅, 전기화학 임피던스 분광법

Keywords : lightweight aggregate, interfacial transition zone, blast furnace slag, surface-coated aggregate, electrochemical impedance spectroscopy

1. 서론

1.1 연구의 목적

현대 도시의 발달로 인구 밀집을 해결하기 위해 건축구조물은 고층화가 진행되고 있다. 철근콘크리트의 하중은 전체 체적의 약 60~80%의 차지하는 천연골재의 높은 단위중량이 문제점으로 작용하고 있다. 철근콘크리트를 사용하여 고층건축물로 시공할 경우 높은 하중으로 기초에 크리프가 발생하여 지반침식으로 이어진다. 지반침식을 방지하기 위해 기초 크기를 확장하면 재료량과 작업량이 늘어나 공사 기간이 증가한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 경량골재를 사용하여 콘크리트 경량화에 대한 연구가 진행되고 있다.

경량골재는 절대건조 비중이 2.0 이하로 천연골재에 비해서 낮은 비중이며 경량골재 콘크리트는 1,400~2,100kg/m³로 콘크리트 경량화에 효과적인 모습을 보인다. 경량골재의 제조과정은 고온에서 팽창 및 소성을 거치고 급속 냉각 과정으로 인해 다공질 공극이 발생한다. 경량골재를 콘크리트에 적용할 경우 다공질 공극이 시멘트 페이스트에 부착 시 생성되는 계면(Interfacial Transition Zone, ITZ) 영역에 변화를 주어 콘크리트의 품질을 저하시키는 원인이 발생한다. 경량골재에 생성된 다공질 공극은 시멘트 페이스트와 경량골재 사이의 계면에 천연골재를 사용한 콘크리트 보다 미세공극 및 균열이 발생하여 취약해지는 문제점이 있다.

본 연구에서는 고로슬래그를 경량골재의 표면에 코팅하여 경량골재의 취약한 계면 영역을 강화하기 위한 실험적 연구를 진행하였다. 전기화학 임피던스 분광법(Electrochemical Impedance Spectroscopy, EIS)를 이용하여 계면 특성 및 압축강도의 상관성과 계면 변화를 측정하였다.

2. 실험 계획

2.1 실험 재료

본 실험에서 사용된 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 천연골재는 입도 5~13mm의 쇄석을 제한하여 사용하였으며, 경량골재는 입도 2~8mm, 부피 밀도 360g/cm³, 800g/cm³와 밀도 0.67, 1.43의 독일산 경량골재 2종류를 사용하였다. 경량골재의 표면코팅 재료는 고로슬래그 미분말을 사용하여 진행하였다.

1) 목원대학교,

2) 목원대학교, 석사과정

3) 목원대학교, 교수, 교신저자(psg@mokwon.ac.kr)

2.2 실험 계획

경량골재의 코팅 유무에 따른 압축강도 및 EIS 차이를 확인하기 위한 실험배합은 표 1과 같이 배합을 진행하였다. 본 실험에 사용한 경량골재는 천연골재에 비해서 높은 흡수율로 인해서 동일하게 조정하기 위해 프리웨팅(Pre-Wetting) 과정을 거쳐 표면건조 및 포화 상태를 조성하였다. 코팅 조성물은 W/B 50%로 제작하였다. 코팅 조성물에 프리웨팅 과정을 거친 경량골재를 표면에 도포하여 코팅을 진행하였다.

표 1. 시멘트 경화체 배합표

유형	물 / 시멘트 비 (%)	단위 용적 질량 (kg/m ³)		
		물 (g)	시멘트 (g)	골재 (g)
천연골재	35	240	684	1318
F3.5 경량골재	35	240	684	340
코팅 F3.5 경량골재	35	240	684	340
F8 경량골재	35	240	684	725
코팅 F8 경량골재	35	240	684	725

2.3 실험 방법

압축강도 측정용 공시체는 50×50×50mm 몰드를 사용하여 제작하였으며, EIS 측정용 공시체는 15×15×15mm 몰드를 사용해서 제작하였다. 압축강도 및 EIS 측정용 공시체는 20±2°C에서 수중양생을 진행하여 재령 7, 28일에 측정하였다. EIS 측정은 공시체에 그라파이트 시트(Graphite Sheet)를 부착한 뒤 2전극 시스템을 사용하여 측정하였다. 주파수 범위는 5MHz~0.1MHz, 인가전압은 10mV를 인가하여 측정하였다.

3. 실험 결과

1) 압축강도

압축강도 측정결과 경량골재에 고로슬래그 표면코팅 시 압축강도가 상승하였으며, 표면코팅으로 인한 경량골재 계면 영역이 강화되어 압축강도 증가하였다고 판단된다.

2) EIS

EIS 측정 결과 압축강도가 높은 골재에 따라 높은 전기저항이 측정되었으며, 표면코팅 경량골재는 계면 영역이 강화되어 계면 영역의 감소로 경량골재에 비해서 높은 전기저항이 측정되었다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 20NANO-B156177-01)을 밝히고 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 배성철, 임수민. 시멘트 경화체와 골재 계면 천이 영역 (ITZ) 의 성능 평가 및 개선을 위한 나노-마이크로 기술의 적용. 콘크리트학회지. 2022. 제34권 6호. p. 65-71.
2. 박대오, 사순현, 김상현, 지석원, 최수경, 서치호. 경량골재의 공극구조와 흡수특성에 따른 경량골재콘크리트 특성 평가 연구. 대한건축학회 논문집-구조계. 2009. 제25권 3호. p. 85-92.
3. 김호진, 배제현, 정용훈, 박선규. 골재 종류별 시멘트 경화체 계면의 전기저항 특성. 한국건설순환자원학회논문집. 2021. 제9권 3호. p. 268-275.