

# 표면 코팅 유무에 따른 경량골재의 EIS 특징

## EIS Properties of Lightweight Aggregate According to Surface Coating

편명장<sup>1</sup> · 정수미<sup>1</sup> · 김주성<sup>1</sup> · 김호진<sup>2</sup> · 박선규<sup>3\*</sup>

Pyeon, Myeong-Jang<sup>1</sup> · Jeong, Su-Mi<sup>1</sup> · Kim, Ju-Sung<sup>1</sup> · Kim, Ho-Jin<sup>2</sup> · Park, Sun-Gyu<sup>3\*</sup>

**Abstract** : In recent years, the construction industry has a tendency to increase of high-rise buildings. High rise buildings can use limited space efficiently. But High rise buildings have problem that have extremely heavy weight. Various studies are being conducted to reduce the weight of buildings. Although lightweight aggregate is a material that can effectively reduce the weight of buildings, the strength of the aggregate itself is weak and the absorption rate is high, so the strength of the ITZ(Interfacial Transition Zone) area is weak. Therefore, it is essential to improve the interfacial area when using lightweight aggregates. In this study, an experiment was conducted to improve the adhesion between the aggregate and cement paste and to strengthen the interfacial area by coating the surface of the lightweight aggregate with Blast Furnace Slag. To confirm the improvement, compressive strength and EIS(Electrochemical Impedance Spectroscopy) measurements were performed. Using EIS, the change in electrical resistance of the cement hardened body was confirmed. As a result, it was confirmed that the lightweight aggregate coated on the surface showed higher compressive strength and electrical resistance than the non-coated lightweight aggregate, and that the coating material was filled in the interfacial area and inside the aggregate that helped to strengthen the compressive strength and higher electrical resistance.

**키워드** : 하중 저감, 경량골재, 압축강도, 전기화학 임피던스 분광법

**Keywords** : load reduction, lightweight aggregate, compressive strength, electrochemical impedance spectroscopy

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

최근 건축 산업은 건물을 고층화, 대형화 하는 추세이며, 건축물을 경량화 하기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 경량골재는 다공질성 물질로 천연골재에 비해 낮은 밀도를 가지고 있으며, 건축물의 효과적인 경량화가 가능하여 건축물의 무거운 단위질량을 감소시키는데 효과적인 재료이다. 하지만 경량골재는 점토, 혈암 등을 팽창, 소성시켜 제조하기 때문에 천연골재에 비하여 골재 자체의 강도가 약하고 흡수율이 높다. 콘크리트의 강도는 크게 시멘트 페이스트의 강도, 골재의 강도, 시멘트 페이스트와 골재 사이의 계면 영역의 강도로 결정된다. 경량골재의 높은 흡수율은 시멘트 경화체의 배합수를 흡수하여 골재와 시멘트 페이스트의 부착력을 약하게 하고, 계면 영역을 약하게 하여 균열이 발생할 때 그 균열이 계면 영역을 따라 파괴된다. 따라서 경량골재를 사용한 시멘트 경화체의 경량화 및 품질 개선을 위해 계면영역의 개선은 필수적이라 판단된다. 선행 연구에 의하면 골재 계면 영역의 두께는 대략 40-50  $\mu\text{m}$ 이며, 골재의 종류 및 크기, 표면의 거칠기, 시멘트 복합체의 물 결합재 비 등에 의해 그 특성이 변화한다[1].

본 연구는 고강도 콘크리트에 경량골재를 적용하기 위한 일련의 연구로서, 경량골재의 표면에 고로슬래그를 코팅하여 경량골재의 표면을 개질 하였다. 그 후, 압축강도를 측정하여 시멘트 경화체의 물리적 강도를 확인하였고, EIS를 사용하여 경량골재의 표면에 적용한 코팅재로 인한 경화체 계면 영역의 전기화학적 특성을 검토하였다[2,3].

## 2. 실험 재료 및 방법

### 2.1 실험 재료

본 실험에서는 국내에서 구매 할 수 있는 H사의 1종 시멘트로 시멘트 경화체를 제작하였고, 국내산 고로슬래그를 사용하여 경량골재의 표면을 코팅하였다. 골재는 2~10mm 크기의 천연골재 쇄석과 독일산 경량골재의 2종류를 사용하였다. 본 실험에서 사용한 경량골재의 물리적 성질은 표 1에 나타내었다.

1) 목원대학교, 석사과정

2) 목원대학교, 공학석사

3) 목원대학교, 교수, 교신전자(psg@mokwon.ac.kr)

표 1. 경량골재의 물리적 성질

구분	크기(mm)	부피밀도(g/cm <sup>3</sup> )	건조밀도(g/cm <sup>3</sup> )	흡수율(% by mass)	분쇄저항(N/mm <sup>2</sup> )
F3.5	2~8	360	0.67	16	1.6
F6.5	2~10	650	1.19	15	8.0

## 2.2 실험 방법

본 실험에서는 경량골재의 종류, 코팅 유무별로 제작한 시멘트 경화체의 강도 발현의 차이를 확인하기 위하여 압축강도 측정을, 계면 영역의 강화 여부를 확인하기 위해 전기화학 임피던스 분광법(EIS)을 사용한 시멘트 경화체의 전기저항 측정을 진행하였다. 본 연구에서는 천연골재와 2종류의 독일산 팽창점토 골재를 사용하여 시멘트 경화체를 제작하였으며 골재들간의 밀도가 다르기 때문에 시멘트와 골재를 1:2의 부피비로 배합하였다. 경량골재는 종류별로 표면에 코팅을 한 것과 하지 않은것의 2가지 수준을 사용하였다.

압축강도를 측정하기 위한 공시체는 40×40×160mm<sup>3</sup>의 크기로 제작하였으며, 압축강도 측정은 KS F 2405에 의거하여 재령일 7일 동안의 부피 밀도별 강도 발현의 차이를 파악하였다. 각 공시체의 전기저항 특성을 알아보기 위해 EIS 측정을 진행하였다. EIS는 실험체에 교류전류를 인가하여 그에 응답하는 전기저항을 측정하는 방식이다. EIS 측정을 위한 공시체는 15×15×15mm<sup>3</sup> 크기의 몰드를 사용하여 제작하였고, 7일동안 수중 양생을 한 후 측정 24시간 전에 NaCl 3.5%의 수용액에 침지하여 공시체 내부에 전해질을 흡수시킨 후 전기저항 측정을 진행하였다. EIS의 측정은 공시체에 1T 사이즈의 그래파이트 시트를 재단하여 양 측면에 붙인 후 전극을 이용하여 그래파이트 시트에 전류를 인가하는 방식으로 측정을 진행하였다.

## 3. 실험 결과

본 연구의 실험 결과, 골재의 종류, 경량골재의 경우 표면 코팅 유무에 따라 시멘트 경화체의 압축강도의 차이가 나타남을 알 수 있었다. 이는 높은 비중과 낮은 흡수율로 인하여 수화 시 시멘트 페이스트의 혼합수를 흡수하는 비율이 줄어들어 시멘트 페이스트의 강도와 계면 영역의 강도가 확보되었고, 경량골재의 표면에 진행한 코팅으로 인하여 골재와 시멘트 페이스트간의 부착력이 증가하였기 때문인 것으로 판단된다. EIS 측정 결과, 경량골재의 강도가 높을수록, 코팅 재료의 물 시멘트 비가 낮을수록 높은 전기 저항을 보였다. 이는 계면의 부착력이 강해지고, 골재 내부의 공극이 코팅 재료로 충전되어 전해질이 이동할 수 있는 공간을 확보할 수 없기 때문인 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원(과제번호:20NANO-B156177-01)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Ke S, Ortola AL, Beaucour H, Dumontet. Indentation of microstructural characteristics in lightweight aggregate concretes by micromechanical modeling including the interfacial transition zone (ITZ)". Cement and Concrete Research. 2010. 40(11). p. 1590-1600.
2. 김호진, 배제현, 정용훈, 박선규. 골재 종류별 시멘트 경화체 계면의 전기저항 특성. 한국건설순환자원학회 논문집. 2021. 제9권 3호. p. 268-275.
3. 김호진, 정용훈, 배제현, 박선규. EIS를 활용한 경량골재 종류별 시멘트 경화체의 계면특성 분석. 한국건설순환자원학회 논문집. 2020. 제8권 4호. p. 498-505.