

# EIS를 이용한 시멘트 모르타르에 매입된 철근의 부식거동에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Corrosion Behavior of Rebar in Cement Mortar by Using EIS Method

박 장 현\*

이 한 승\*\*

Park, Jang-Hyun

Lee, Han-Seung

### Abstract

In this study, Corrosion behavior in mortar was observed by the passage of time by using EIS method. As a result of EIS experiment, equivalent circuit and changes of Impedance parameter could be observed. In addition, it was confirmed that impedance of rebar in mortar and corrosion rate according to the amount of NaCl were different.

키 워 드 : 철근, 전기화학, 임피던스 분광법, 부식거동

Keywords : rebar, electrochemical, impedance spectroscopy, corrosion behavior

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

철근 콘크리트는 콘크리트의 인장력을 철근으로 보완하고, 철근의 부식을 콘크리트가 보호하는 우수한 내구성을 지닌 복합체이다. 하지만, 콘크리트의 보호에도 불구하고 철근의 부식을 진행시키는 주된 요인으로는  $\text{CO}_2$ 에 의한 탄산화와 염해에 의한  $\text{Cl}^-$ 이온의 침투 등이 있다. 철근의 부식이 진행되면 부식생성물로 인해 철근의 체적이 증가하며 구조물의 균열을 발생시키고, 이러한 균열을 통하여 공급되는 여러 부식요소들에 의해 부식은 더욱 가속된다. 이러한 철근의 부식현상에 대한 이해와 측정 방법 및 방식에 대한 연구는 세계적으로 오랜 기간 수행되어 왔으나, 국내의 경우 연구가 굉장히 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 철근부식거동을 관측하기 위한 기초연구로서, 전기화학적 임피던스 분광법을 이용하여 철근 콘크리트 구조물의 부식거동을 관찰하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 EIS 실험방법 및 개요

실험은 모르타르에 매입된 전극을 WE로, SUS를 CE로, Ag/AgCl을 기준전극으로 사용하였으며, 시험체를 3.5wt%의 수용액에 침지하여 침지재령일별로 교류 임피던스 실험을 진행하였다. 시험체는 3종류를 제작하였으며, 시멘트 모르타르 배합은 W/C는 50%, 시멘트-잔골재 비는 1:3의 중량비로 설정하였으며, 실험체 종류별로 NaCl을 시멘트 중량비 0.17%, 0.85%, 1.70%로 수준을 구분하여 배합수에 섞어서 사용하였다.  $\varnothing 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ 의 원형 실린더 몰드에 모르타르를 채우고, 바닥으로부터 40mm를 띄운 상태로 철근을 원형 가운데에 고정하여 제작하였다.

표 1. 시험체 제작계획

Name	W/C (%)	C:S	NaCl (%)	Weight (kg/m <sup>3</sup> )			
				Cement	Water	Sand	NaCl
0.17 NaCl	50	1:3	0.17	510	255	1530	0.867
0.85 NaCl			0.85				4.335
1.70 NaCl			1.70				8.67

\* 한양대학교 건축시스템공학과 석사과정

\*\* 한양대학교 ERICA캠퍼스 건축학부 교수, 교신전자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

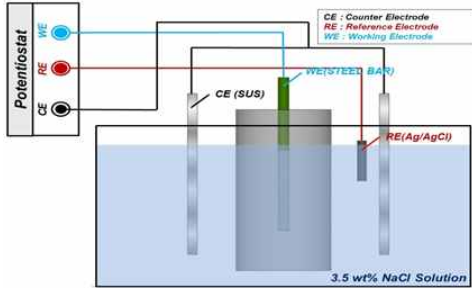


그림 1. EIS 실험 개요도

표 2. EIS 실험 매개변수

분 류	내 용
NaCl 혼입률	0.17%, 0.85%, 1.7%
측정범위	105 ~ 10 <sup>-1</sup> Hz
공시체 크기	∅100×200 mm <sup>2</sup>
모르타르 피복 두께	44mm
WE	∅12mm 원형철근
RE	Stainless Steel
CE	Ag/AgCl

### 3. 실험결과 분석 및 고찰

그림 1과 그림 2는 EIS 실험결과인 Nyquist plot과 Bode modulus plot을 NaCl 수용액 침지일별로 나타낸 것이다. Nyquist plot 분석결과, NaCl 함유량에 따라 첨가량이 늘어날수록 전체저항  $R_{total}$ 이 줄어드는 것을 확인할 수 있었으며, 침지일이 증가할수록 전체저항  $R_{total}$ 이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 NaCl 혼입률이 높아지거나, NaCl 수용액 침지시간이 길어질수록 부식에 대한 저항성이 점점 낮아지는 것으로 판단된다. 또한 침지일이 증가할수록 시험체별 저항의 차이가 점점 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. Bode modulus plot 분석결과 침지일이 증가함에 따라  $R_{total}$ 과 철근 계면에서의 저항  $R_p$ 는 감소하고, 전하이동저항  $R_e$ 는 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 철근 표면에서의 부식이 진행됨에 따라 생성되는 부식생성물의 영향으로 사료된다.

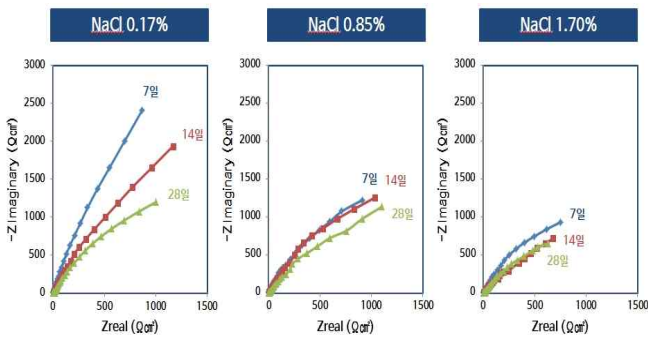


그림 2. 시험체별 침지일에 따른 Nyquist plot

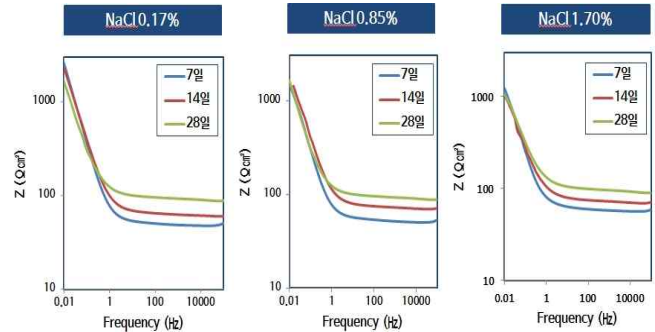


그림 3. 시험체별 침지일에 따른 Bode modulus plot

### 4. 결 론

전기화학적 임피던스 분광법을 이용하여 NaCl이 첨가된 모르타르 내 철근의 임피던스를 3.5wt NaCl 수용액에 침지하여 침지일별로 측정하였고, EIS 실험결과중 Nyquist plot과 Bode modulus plot을 분석하여 철근 계면에서의 저항과 모르타르내에서의 전하이동저항을 구분하여 측정하였고, 침지재령일별에 따른 변화를 관측하였다. 또한 이 결과를 토대로 NaCl뿐만이 아니라 방청제등의 혼합물을 첨가한 연구를 진행하여 콘크리트 내 철근의 부식특성 및 거동에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2015R1A5A1037548)임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

- 강태혁, 전기화학적 임피던스법에 의한 철근콘크리트의 부식연구, 공업화학, 제9권 제6호, pp.907~913, 1998.
- Payal K, Firodiya et al, Evaluation of Corrosion Rates of Reinforcing Bars for Probabilistic Assessment of Existing Road Bridge Girders, Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol.29, Issue.6, 2015,6