

염화물 수용액 중의 철근에 대한 고체전극의 전기화학적 성능 연구

Study on Electrochemical Performance of Solid-State-Electrode on Steel bar in Chloride Solution

박 동 진*
Park, Dong-Jin

박 장 현**
Park, Jang-Hyun

이 한 승***
Lee, Han-Seung

수비아 카식****
Subbiah, Karthick

Abstract

In order to compare the electrochemical performance with that of Calomel Electrode, MnO₂ solid-state-electrode was fabricated and its potential and impedance were measured in chloride aqueous solution. As a result, the SCPS without chloride ions showed a potential of -200 mV or more and an impedance over 2000 Ωcm, but the potential below -600 mV and the impedance below -200 Ωcm showed as the chloride concentration in the solution increased. It is considered electrochemical studies on the corrosion of rebar are necessary for the MOE, which shows the same tendency as SCE and exhibits electrochemical performance, over the Mortar level in the future.

키 워 드 : 철근 부식, 전기화학, 고체전극, 염화물 수용액

keywords : Steel Corrosion, Electrochemical method, Solid-state-electrode, Chloride Solution

1. 서 론

콘크리트를 보강하는 철근의 부식은 건설 분야에서 가장 심각한 문제 중 하나이다. 최근에는 염화물에 의한 철근의 부식으로 인해 구조물에 심각한 손상을 야기시키고 있다. 이러한 철근 부식을 구조물에 대해 비파괴적으로 진단하기 위해서 현장에서는 자연전위(OCP)를 모니터링하고 있으나, 비매설형 기준전극으로는 부정확한 결과 및 비용과 시간이 반복적으로 소요되고 있다. 최근에는 철근과 가까이 매설 가능한 기준전극 또는 센서 개발에 대한 연구가 국내외적으로 이루어지고 있으며, 본 연구에서는 콘크리트에서 안정적이라고 평가받는 MnO₂ 고체전극을 제작하고 3종류의 염화물 이온을 혼합한 콘크리트 모사 세공용액(SCPS)에 철근을 침지시키고 변화되는 철근 부식거동을 전기화학적 방법으로 평가하였다.

2. 실험 방법

2.1 시험체 개요

철근은 D13을 준비하여 10cm 길이로 절단하였으며, 샌드블라스트로 표면 처리하였다. 용액은 Flis와 Zakroczymski가 주장한 대로 콘크리트 세공용액(SCPS)을 모사하여 포화 Ca(OH)₂ 1리터에 KOH 35.6g 및 NaOH 7.4g을 혼합하여 교반하였으며, 아스피레이터로 불순물 제거를 진행하였다. MnO₂ 전극(MOE)은 그림 1의 개요도를 따라 18개를 제작하였으며, 자연전위 측정을 위해 기준전극은 MnO₂ 및 칼로멜전극(SCE)과 계측 장비인 Multimeter를 사용하였다.

2.2 실험 수준

실험 1의 수준은 칼로멜 전극과 같은 포화 KCl에서 SCE와 MnO₂ 전위차를 비교하였으며, 실험 2의 수준은 SCPS에 NaCl을 몰 농도비로 계산하여 0, 0.4, 0.8, 1.2 Cl⁻/OH⁻ 으로 설정한 후 철근 부식에 따른 MnO₂ 전위를 측정하였다.

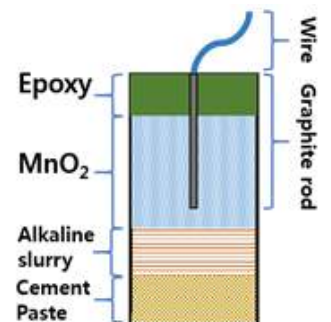


그림 1. MnO₂ 전극 개요도

* 한양대학교 대학원 건축시스템공학과 석사과정

** 한양대학교 대학원 건축시스템공학과 박사과정

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

**** 한양대학교 건설구조물 내구성 혁신연구센터 연구원

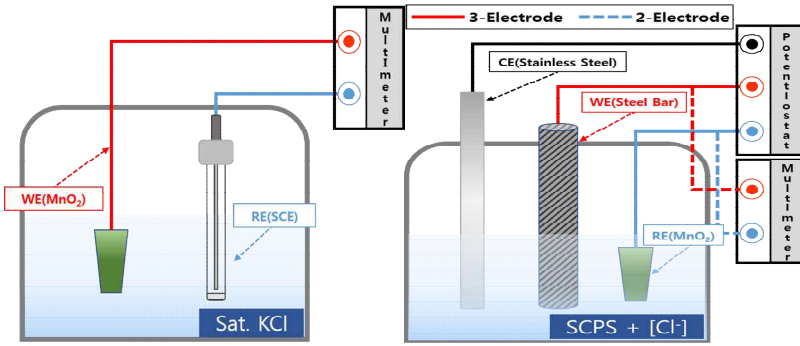


그림 2. MnO₂ 전극 자연전위(vs SCE) 측정 실험 및 3전극 실험 개요도

표 1. Half-cell 및 EIS 실험 매개변수

분류	내용	
Solution	Sat.KCl	SCPS + [Cl ⁻]
Half-cell Potential	MnO ₂ vs SCE	MnO ₂ vs Steel
Applying range	0.01~30000Hz	
RE	MnO ₂ & SCE	
WE	D13 Steel	
CE	Stainless Steel 304	

3. 실험결과 및 분석

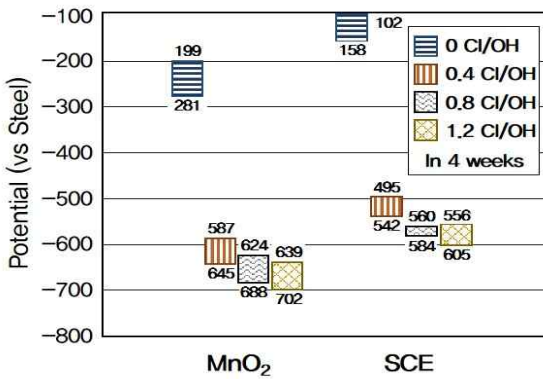


그림 3. MnO₂ 전극 및 SCE에 대한 철근의 자연전위 범위

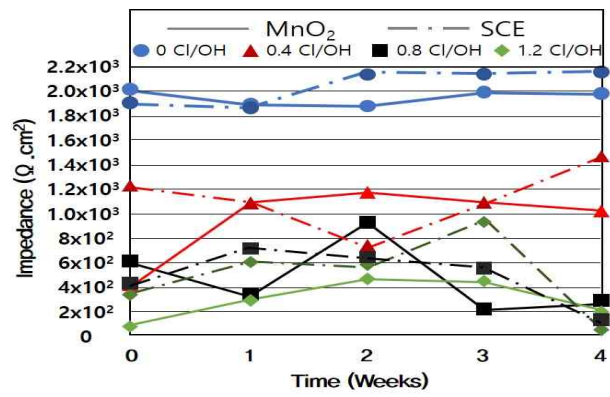


그림 4. 기준전극 별 염화물 농도에 따른 임피던스 변화

그림 3은 염화물 농도 별 MnO₂ 전극(MOE)과 SCE에 대한 철근의 자연전위를 4주 동안 측정하여 결과를 범위로 나타낸 것이며, 그림 4는 임피던스의 변화를 나타낸 것이다. 자연전위 측정결과, MOE와 SCE 모두 0 Cl⁻/OH⁻는 시간이 경과함에 따라 자연전위가 소폭 상승하는 것이 나타났으며, 염화물 수용액은 농도가 높아짐에 따라 자연전위도 대폭 하락하였다. 이는 고알칼리성인 SCPS에 침지된 철근은 부동태피막이 생성되며 자연전위가 상승하였으나, 염수에서는 부동태피막이 염소이온에 의해 파괴되며 심각한 부식이 발생한 것이라고 사료된다. 전류를 인가하여 측정하는 임피던스의 경우도 0 Cl⁻/OH⁻는 MOE와 SCE 모두 2000Ωcm² 이상이 나타났으나, 염화물 수용액에서는 낮은 임피던스가 나타났으며 특히 0.8Cl⁻/OH⁻ 이상에서는 매우 낮은 임피던스가 나타나며 피막이 모두 활성태가 된 것으로 판단된다.

4. 결론

제작한 MnO₂ 전극을 SCPS 및 염화물 농도가 높은 환경에서 SCE와 비교하며 전기화학적 성능에 대해 연구를 실시하였다. 염화물 농도가 높아짐에 따라 철근 부식 속도는 가속되며 -600mV이하의 전위가 나타난 철근은 심각한 부식이 확인되었으며, 이는 임피던스를 통해 정량적으로 측정할 수 있었다. SCE와 비교를 통해 전기화학적으로 안정적이라고 판단된 MnO₂ 전극은 향후 모르타르 내에 매립하여 염화물 침투에 따른 철근의 부식 거동을 하는 연구가 필요하다고 사료된다.

Acknowledgement

본 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다. (No.2015R1A5A1037548)

참고 문헌

- 박장현, 이한승. EIS를 이용한 시멘트 모르타르에 매립된 철근의 부식거동에 관한 실험적 연구, 한국건축사공학회 학술발표대회 논문집 제16권 제1호, pp.145~146, 2016.3