

철근콘크리트에 매립된 철근의 부식 모니터링에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Monitoring of Corrosion of Rebar Embedded in Reinforced Concrete

박 장 현* 이 한 승**
Park, Jang-Hyun Lee, Han-Seung

Abstract

In this study, a sensor for detecting corrosion of rebar embedded in reinforced concrete structures was fabricated and its performance was verified. In order to monitor the open circuit potential(OCP) of the rebar embedded in reinforced concrete, a concrete embedded solid electrode was constructed as a sensor using MnO₂. The OCP of the rebar could be observed using a sensor and a data logger. The decrease of the OCP to -510mV (vs.MnO₂) or less was judged to be corrosion of the rebar. Since it is a solid-mediated sensor, it is more stable and durable than an electrode using an aqueous solution, and it is considered that the corrosion state of the rebar can be monitored for a long period of time.

키 워 드 : 철근 콘크리트, 부식, 센서, 모니터링
Keywords : reinforced concrete, corrosion, sensor, monitoring

1. 서 론

콘크리트에 매립된 철근은 콘크리트의 강알칼리성에 의해 표면에 부동태피막을 형성하며 부식으로부터 보호받지만, 콘크리트 내부에 염소이온이 침투하는 경우 부동태피막이 파괴되고 부식이 시작된다. 철근의 부식이 시작되면, 철근의 자연전위가 감소하며, 철근의 자연전위는 기준전극을 이용하여 실시간으로 관측이 가능하다. 본 연구에서는 MnO₂를 이용한 철근부식센서를 제작하고, 센서를 콘크리트에 매립하여 철근의 자연전위 모니터링을 통한 철근의 부식상태를 실시간으로 확인할 수 있는지 검증하고자 하였다.

2. 실험개요 및 방법

콘크리트에 매립된 철근의 부식모니터링을 위해 제작된 센서는 MnO₂를 이용해 제작된 전극으로, 그 개요도를 그림 1에 나타내었다. 또한 실험에 사용된 콘크리트 시험체의 배합비를 표 1에 나타내었다. 실험수준은 고로슬래그와 플라이애쉬 치환율에 따라 4가지 수준으로 구분하였으며, 100mm*100mm*400mm의 사각형몰드에 콘크리트를 타설하고 콘크리트 피복 20mm와 25mm위치에 철근을 매립하여 제작하였다.

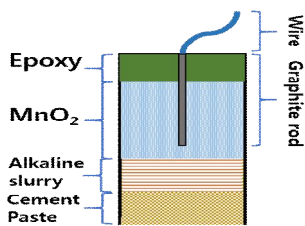


그림 1. MnO₂센서 개요도

표 1. 실험수준 및 배합비

| 실험 체명 | 단위중량 (kg/m ³) | | | | | | 단위중량 (g/m ³) | | |
|----------|---------------------------|-----|-----|----|-----|-----|--------------------------|------|------|
| | W | C | BSF | FA | S1 | S2 | G | S.P | A.E |
| OPC | 180 | 300 | - | - | 640 | 273 | 867 | 3007 | 93 |
| S30 | 180 | 210 | 90 | - | 640 | 273 | 867 | 2400 | 120 |
| S60 | 180 | 120 | 180 | - | 633 | 267 | 867 | 2100 | 250 |
| TBC | 180 | 120 | 120 | 60 | 620 | 267 | 867 | 2100 | 1000 |

* 한양대학교 대학원 건축시스템 공학과 박사과정
** 한양대학교 ERICA 건축학부 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

콘크리트에 매립된 철근의 부식을 가속화하기 위해 시험체 중앙에 NaCl 수용액 공급셀을 설치하고, NaCl 10wt% 수용액을 지속적으로 공급하였다. NaCl 수용액 공급시간에 따른 철근의 자연전위를 모니터링하기 위하여 철근과 센서를 data-logger에 연결하였으며, 철근의 자연전위가 약 -510mV(vs.MnO₂)이하로 감소하는 순간을 철근의 부식이 시작하는 시기로 판단하였다.

3. 실험결과 및 고찰

NaCl 수용액 공급시간에 따른 콘크리트에 매립된 철근의 자연전위 측정개요도와 그 결과를 그림 2와 3에 나타내었다.

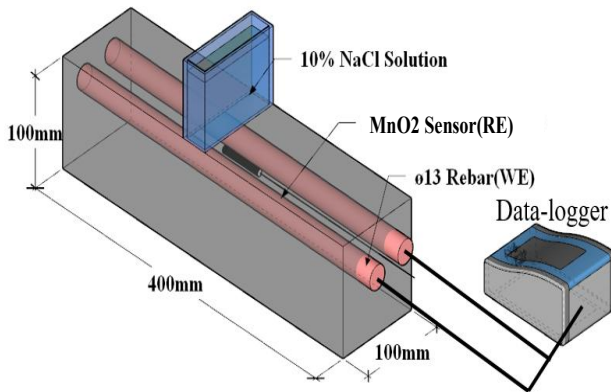


그림 2. MnO₂센서를 이용한 철근의 자연전위 측정 개요도

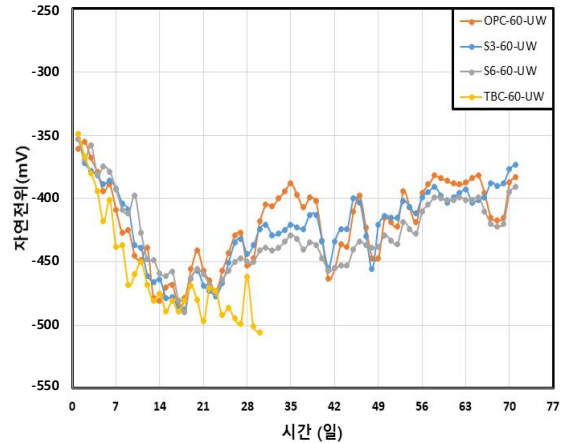


그림 3. 염화물 공급시간에 철근의 자연전위 측정결과

NaCl 10wt% 수용액 공급시간에 따른 철근의 자연전위를 MnO₂센서와 data-logger를 이용하여 실시간으로 모니터링 한 결과, MnO₂센서가 강알칼리 환경인 콘크리트 내부에서도 철근의 자연전위를 측정할 수 있음을 확인하였다. 실험이 장기간 진행됨에 있어서도 센서가 안정적으로 철근의 자연전위를 탐지하였으며, 이는 고체인 MnO₂ 파우더를 이용한 전극의 내구성능이 수용액을 사용하는 전극보다 높은 것을 확인하였다. 또한 NaCl 수용액 공급 약 30일만에 TBC 시험체에 매립된 철근의 자연전위가 -510mV이하로 감소하며, 철근이 부식한 것으로 관찰되었다. TBC 시험체의 경우 염화물 확산계수가 OPC 시험체보다 낮음에도 불구하고 철근의 부식이 OPC 시험체보다 빠르게 일어난 것을 확인하였으며, 이는 콘크리트의 pH감소로 의하여 철근부식 임계염화물량이 감소하였기 때문으로 사료된다. 추후 부식한 철근 주변의 콘크리트시료를 이용한 전염화물량 분석과 부식 전 철근주변에 생성되는 부동태피막 분석 등 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 철근콘크리트 구조물에 매립되어있는 철근의 부식을 모니터링하기 위해 MnO₂를 이용한 고체전극을 제작하여 콘크리트에 매립하고, 데이터로거를 이용하여 철근의 자연전위를 MnO₂센서에 대하여 실시간 모니터링 하고자 하였다. NaCl 수용액 공급시간에 따라 철근의 자연전위가 변화하는 모습을 실시간으로 관측할 수 있었으며, 제작된 MnO₂ 센서가 수용액 전극보다 더 안정적이고 내구성능이 높은 것을 확인하였다. 또한 OPC시험체보다 TBC시험체의 염화물 확산계수가 낮음에도 불구하고 철근의 부식이 더 빠르게 발생한 모습이 관찰되었는데, 이는 시멘트를 고로슬래그와 플라이애쉬로 치환함에 따른 철근부식 임계염화물량의 감소로 사료되며 추후 미세분석을 통한 명확한 원인분석이 필요할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No.2015 R1A5A1037548).

참 고 문 헌

1. Kenichi, H., Toshinobu, Y., Tsuyoshi, M., Koji, T., 2015. "A Study on the Method of measuring the Chloride threshold value of Corrosion and on the Estimation of the Value." Journal of Japan Society of Civil Engineers