

# 염수 환경하에서 콘크리트내 철근의 마크로 및 마이크로 셀 부식

## Macrocell and Microcell Corrosion of Reinforcing Steel in Concrete Immersed in Saltwater

이 재 봉<sup>\*</sup> 이 수 열<sup>\*\*</sup> 정 영 수<sup>\*\*\*</sup> 이 광 명<sup>\*\*\*\*</sup> 정 원 기<sup>\*\*\*\*\*</sup> 배 수 호<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
Lee, Jae Bong Yi, Su Youl Jung Young Soo Lee, Kwang Myung Jung Won Gi Bae, Su Ho

### ABSTRACT

염화물 및 방청제가 함유된 철근 콘크리트의 부식특성을 마크로 셀 부식측정 방법인 갈바닉 전류 측정과 마이크로 셀 부식측정 방법인 선형분극 측정법 및 교류 임피던스법을 이용하여 염화물 및 방청제의 영향을 평가하였다. 마크로/마이크로 셀 부식측정시 Calcium Nitrite 방청제가 첨가된 시험체의 경우 갈바닉 전류 측정결과 낮은 전류값을 유지하였고, 교류 임피던스 측정결과 분극저항의 감소가 나타나지 않았으므로, 방청제의 첨가가 콘크리트내 철근의 부동태 피막을 보호하여 부식저항성을 향상시킴을 알 수 있었다.

### 1. 서론

콘크리트 내부의 철근은 pH 12.5~13.6정도의 강 알칼리성 분위기를 가짐으로서 철근 표면에 부동태 피막을 형성하여 뛰어난 내식성 분위기를 제공하므로 정상적인 상태에서 콘크리트 내부의 철근은 거의 부식되지 않는다. 그러나 콘크리트에 염소이온이 허용치 이상 존재하면 콘크리트의 보호적 특성이 상실되어 철근에 부식이 발생할 수 있다. 일단 콘크리트 내부의 철근이 부식되면 표면에 부식생성물을 형성하여 본래의 체적보다 약 2.5배 이상 팽창하여 콘크리트 구조물의 균열을 형성하게 되며 이러한 균열은 부식에 필요한 산소, 수분, 염분의 침투를 용이하게 하여 철근의 부식을 가속화 시킨다.

이러한 철근의 부식반응은 마크로 셀 부식과 마이크로 셀 부식으로 분리할 수 있다. 마크로 셀 부식의 측정은 시험체내에 상부와 하부의 염분농도를 서로 다르게 제작하여 철근의 부식환경에 차이를 형

\* 정회원, 국민대학교 금속재료공학부 조교수

\*\* 정회원, 국민대학교 금속재료공학부 대학원생

\*\*\* 정회원, 중앙대학교 건설대학 교수

\*\*\*\* 정회원, 성균관대학교 토목공학과 부교수

\*\*\*\*\* 정회원, 동아건설 기술연구소 수석연구원

\*\*\*\*\* 정회원, 안동대학교 토목환경공학과 조교수

성하여 애노드와 캐소드를 전기적으로 연결하므로 갈바닉 전류를 측정하여 마크로 셀 전류를 구하였다.<sup>1),2)</sup> 마이크로 셀 전류 측정은 선형분극법과 교류 임피던스법을 실시하여 측정하였으며, 마크로 셀 전류와 비교 분석하였다<sup>3)</sup>. 본 연구의 목적은 전기화학적 반응인 철근의 부식을 마크로 셀 부식과 마이크로 셀 부식으로 분리하여 각각의 부식에 미치는 염화물 및 방청제의 영향을 평가하는 것이다.

## 2. 실험개요

### 2.1 공시체 제조

마크로/마이크로셀 실험용 공시체는 그림1에서와 같이 15X20X40cm의 직사각형이며 내부에 4개의 19mm 철근을 매입하였으며 공시체 상부에는 염분을 첨가하지 않았으나, 하부에는 잔골재량의 2.0wt%의 염분을 첨가하여 상부와의 염분농도를 크게 다르게 하여 부식이 하부에 집중되도록 하였다.

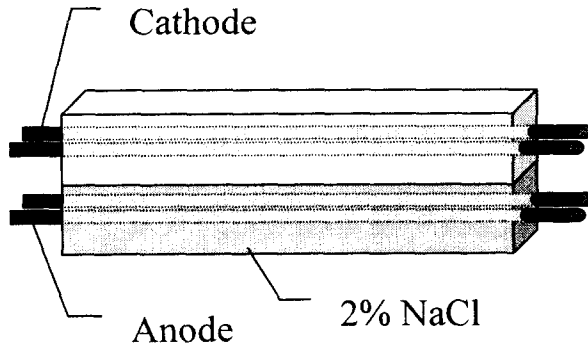


그림 1 마크로/마이크로 셀 공시체

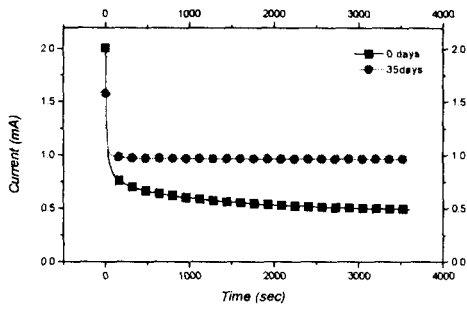
마크로 셀 시험체는 애노드(하부철근)와 캐소드(상부철근)를 전기적으로 연결하여 갈바닉 전류를 측정하였고, 마이크로 셀 시험체는 상부와 하부간에 전기적인 연결을 하지 않고 부식이 발생하는 하부철근을 선형분극 시험과 A.C Impedance 방법을 이용하여 분극저항(Rp)을 측정하여 부식전류를 구하였다. 변수로는 A사의 방청제(Calcium Nitrite) 함량을(0, 3.0, 3.9, 6.0kg/m<sup>3</sup>)로 변화시켜가며 실험하였다.

### 2.2 전기화학실험

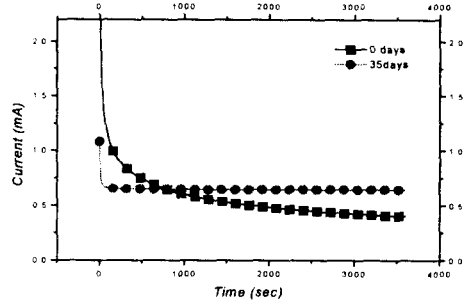
본 연구에서 실시한 부식실험은 애노드와 캐소드간의 형성된 전위차이로 갈바닉 전류측정법을 실시하여 마크로 셀 전류를 측정하였으며, 선형분극법과 교류 임피던스법에 의해 마이크로 셀 전류를 측정하였다. 교류 임피던스 측정법은 구성된 전기화학적 전극 시스템에 교류 signal을 인가하여 다양한 주파수 영역에서 전극의 응답특성을 측정하여 분극저항 측정을 통하여 부식전류를 측정하는 방법이다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 마크로 셀 전류 측정 결과



(a) control

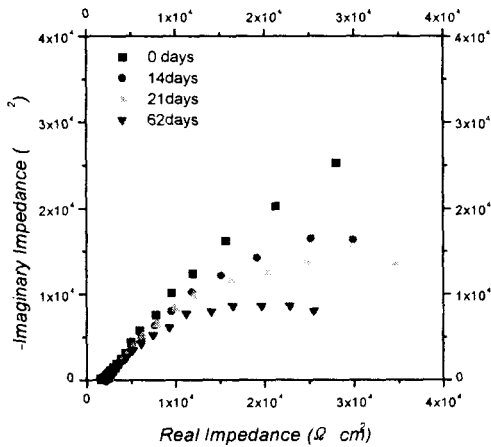


(b) A사 3.9kg/m<sup>3</sup>

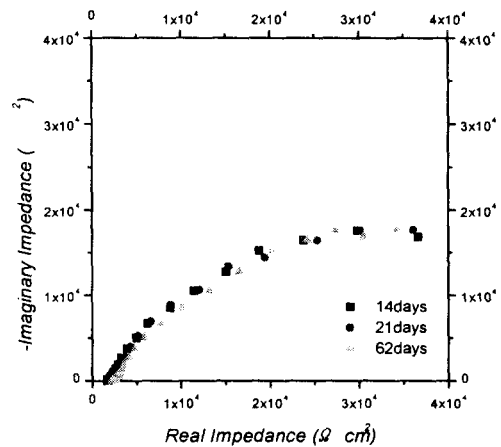
그림2 방청제 첨가에 따른 갈바닉 전류 측정결과

그림2의 (a)와 (b)는 방청제가 첨가되지 않은 시험체와 A사의 방청제가 3.9kg/m<sup>3</sup> 첨가된 시험체의 갈바닉 전류 측정결과이다. 침지후 35일이 경과한 후 각각의 시험체의 갈바닉 전류값은 증가하였지만, 방청제가 첨가되지 않은 시험체 보다 방청제가 첨가된 시험체의 갈바닉 전류값이 낮게 측정되어 방청제의 첨가가 철근의 부식저항성을 향상시킴을 알 수 있었다.

### 3.2 마이크로 셀 측정 결과



(a) control



(b) A사 3.9kg/m<sup>3</sup>

그림3 방청제 함량에 따른 임피던스 측정결과

그림 3의 (a)와 (b)는 방청제가 첨가되지 않은 시험체와 A사의 방청제가 3.9kg/m<sup>3</sup> 첨가된 시험체의 교류 임피던스 측정 결과이다. 방청제가 첨가되지 않은 (a)에서는 전극의 전하이동저항이 감소하는 경향이 측정기간이 경과하면서 뚜렷하게 나타나는 반면에, 방청제가 포함된 (b)의 경우 14일이 경과후 분극저항의 감소가 보이지 않으며 일정한 저항값을 유지한다. 이것은 철근 표면에 염소이온의 공격으

분극저항의 감소가 보이지 않으며 일정한 저항값을 유지한다. 이것은 철근 표면에 염소이온의 공격으로 부동태 피막이 파괴할 때까지는 방청제의 영향을 보이지 않다가 피막이 부분적으로 파괴하면 피막 복원을 통하여 철이 이온화되려는 것을 방해하는 양극억제제의 역할을 수행하는 것으로 판단된다. 이러한 경향은 방청제의 함량에 따라 조금씩 다르게 측정되지만 임계치 이상의 방청제가 포함된 시험체의 경우 동일한 실험결과를 나타내었다.

#### 4. 결론

본 연구는 콘크리트내의 철근에 대한 염화물 및 방청제의 영향을 평가하기 위하여 마크로 셀 측정법과 마이크로 셀 측정법을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 마크로 셀 전류 측정결과 침지기간이 경과하면서 방청제가 첨가되지 않은 시험체 보다 방청제가 첨가된 시험체의 갈바닉 전류값이 낮게 측정되어 방청제가 철근의 부식저항성을 향상시킴을 알 수 있었다.
- (2) 마이크로 셀 임피던스 측정 결과 방청제가 함유되지 않은 시험체의 경우 침지기간이 경과함에 따라 분극저항이 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타나는 반면에, 방청제가 함유된 시험체는 일정한 저항을 유지하였다.
- (3) 마크로 셀 전류 측정과 마이크로 셀 임피던스 측정시 방청제가 첨가되지 않은 시험체 보다 방청제가 첨가된 시험체가 철근의 부동태 피막을 보호하여 부식저항성을 향상시키는 결과를 나타내었다.

#### 감사의 글

이 연구는 인위재해 방재기술사업 건설구조물 안전진단분야 중 “염해 환경하에 있는 교량의 방식공법제시 및 지침마련” 과제로 수행된 결과의 일부로 연구에 대한 지원에 감사를 드립니다.

#### 참고문헌

- (1) Brian B, Hope and Alan K.C, ACI Materials Journal, 84-M32(1987)
- (2) Page, C.L. and Treadaway, K.W.T, Nature, **297** (1992), 109-115
- (3) ASTM G109-92