

# 콘크리트에 매입된 철근부식에 대한 전기특성 고찰

최종범 · 김찬오\* · 손기상\*

서울산업대 안전공학과 대학원 · \*서울산업대 안전공학과

## 1. 서론

국내외적으로 철근부식에 영향을 받아 콘크리트가 변하는 특성을 실험적으로 연구한 논문이 많이 발표되고 있다.

본 연구에서는 이들 기존 연구에서 시행된 부식촉진방법, 주로 전기적인 방법을 다양한 실험을 통하여 최적방법을 찾고자 하는데 있다. 기존의 연구 중에는 “전위차 부식촉진법을 이용한 철근 콘크리트의 내부식성 예측을 위한 새로운 기법 연구”에서는 20V 직류전원장치를 NaCl용액에 직류회로를 구성한 후 양극과 음극의 전위차를 이용 전류량을 측정하는 방법이 있었으며,

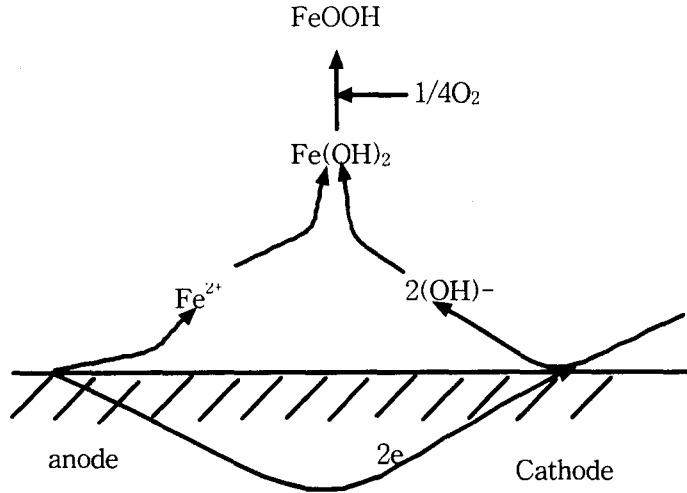
철근부식을 일으키는 많은 원인은 염소이온에 의한 것이다. 철근의 부식반응은 전기화학적반응이다. 부식콘크리트 실험에 많이 이용하고 있는 자연전위법, 분극저항법, 콘크리트저항법들이 있다.<sup>9)</sup>

페러데이법칙에 착안하여 염분침투를 시켜 철근부식을 촉진시키는데, 콘크리트등의 각종 결함이나 밀실정도의 차, 염분과 알칼리농도의 차등 불균일성 또는 철근표면의 화학적 불균일성 때문에 양극과 음극부가 생겨 국부전류가 흐른다.<sup>8)</sup>

이들 부식의 일반이론에 근거한 각종 전기부식실험방법을 이용한 연구들을 조사하여 방법의 타당성에 대한 고찰을 하도록하고, 분석을 통하여 결론을 구하고 앞으로의 전기부식촉진법에 의한 철근부식실험의 적합한 기법을 제시하고자하는데 본 연구의 목적이 있다.

## 2. 문헌고찰

첫째로, 수산화칼슘용액을 베이스로 하여 여기에 염화물 및 부식억제용 혼화제를 첨가한 수용액 중에서의 철근의 자연전극전위의 시간에 따른 변화를 측정, 철이 용액중에 존재하는 경우 표면이 어떠한 상태에 있는지는 자연전극전위를 측정함으로써 추정가능하다.



[그림 1. 철의 표면상에서 일어나는 부식반응 기구]

시험용액중의 철근에 발생하는 부식형태는 점식, 공식, 전면부식으로 귀결된다. 전면부식일 경우의 최종전위차는  $-700\text{mV}$ 를 초과하는 값이 되며 1일정도에서 안정된다. 공식부식에 있어서는 최종전위차가  $-550\sim 650\text{mV}$ 가 된다. 이것은 부식이 생성되는 과정을 전기화학적으로 측정할 수 있다는 것외에 부식형태도 전위차와 경사별전위차의 변화에 의하여 판단할 수 있음을 의미한다.

또한 방식제를 첨가한 용액중의 철근의 전위차에 대해서 나타난 경우 염분함유량에 있어서도 방식제를 첨가하면 전혀 부식발생이 억제되며 전위값도 이에 대응하여 고전위값을 나타내고 있다.

$$\text{부식면적율(\%)} = \frac{\text{부식면적}}{\text{측정면적}} \times 100$$

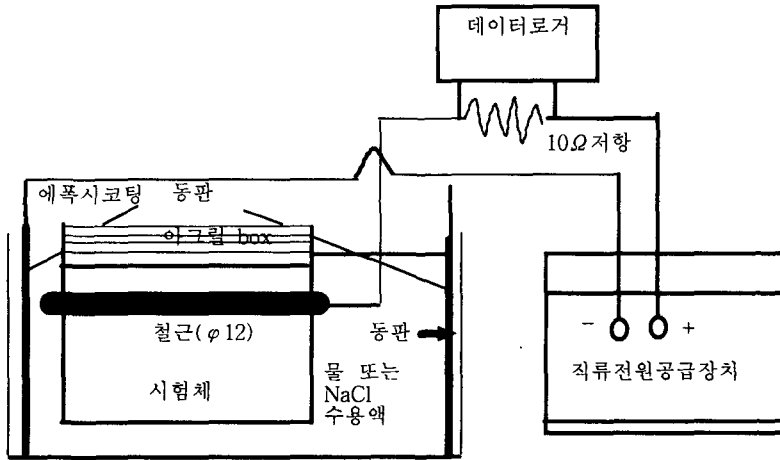
실험에서 사용한 방식제와 같이 anode 억제형 방식제인 경우에는 이방법으로 해명할 수 있으나 cathode 억제형방식제인 경우에는 측정불가능하다.

둘째, 콘크리트시험체중에 철근을 매입시켜 외부로부터 직류전원을 가함으로써 철근부식을 촉진시켜, 철근부식으로 인한 균열발생시기 및 전하량으로부터 철근부식량의 예측, 철근부식량과 인장강도와의 관계등을 실험적으로 구한다.

실험인자는 물시멘트 3수준(0.45, 0.55, 0.65), 피복두께 2수준(1, 2cm), 자체염분 3수준(0, 3, 6  $\text{kg/m}^3$ )으로 시험체를 제작하여 자연폭로, 3% 및 6% NaCl 수용액 중에 침지, 수중침지의 3가지 폭로조건 하에서 실험하였다. 자연폭로를 제외한 나머지 촉진시험의 조건은 온도  $60^\circ\text{C}$ 용액중에서 3일간 직류전원에 의한 촉진을 시킨 다음, 온도  $20^\circ\text{C}$ , 습도 70% 이하에서 4일간 건조시키는 사이클을 1사이클로 하여 소정 재령까지 반복하였다. 시험도중 시험체의 성능저하상황(부식균열발생, 녹물발생)을 관찰하고 부식전류값을 측정하였다.

해수중에서 염소이온량과 거의 동일한 3%와 그 2배인 6%로 실험을 실시한다.

외부부식환경과의 차단을 목적으로 에폭시로 철근의 양끝을 덧씌운다. 또한 철근의 부식으로 인한 녹의 석출이 전류의 흐름을 방해할 수 있으므로, 철근을 매입한 가장 가까운 면을 아크릴 박스로 둘러싸 녹이 석출을 하더라도 이상전류가 흐르지 않도록 한다. 그리고, 그림2와 같이 리드선을 철근과 직류전원공급장치와 전기적으로 접속하여, 외부로부터 미세한 직류전원(4.5V)을 가해 철근의 부식을 촉진시킨다.



[그림 2. 전식방법의 개요]

외부전원공급장치는 4.5V의 직류전원을 공급하는 장치를 사용한다. 양극재료는 순도 99.9%, 두께 1mm의 동판과 스테인레스판을 사용한다. NaCl은농도 99.5%로 시판되는 것을 사용한다. 이 시험체는 동일조건의 공시체 3개로 한다.<sup>5)</sup>

셋째, 부식촉진방법에 사용되는 충전하량과 자연부식에 사용되는 충전하량(총부식량)이 같아야 한다는 점에서 자연부식전류량을 측정함으로써 자연부식에 소요되는 총시간을 구하여 시편의 내구년한을 구할 수 있다는 이론을 제시한다.

혼화제혼입에 따른 부식저항그래프는 y축을 전류 (0~200mA), x축을 시간 (0~500h)으로 하며 급격한 전류상승이 이루어질때까지의 부식저항그래프 시간이 길수록 부식저항성이 우수 시멘트 종류별 물시멘트비에 따른 시간에 대한 전류량의 적분값이 부식량을 측정한다.

$$\text{부식량(물)} = \frac{1}{2 \times 96500} \cdot \int q \, dt$$

부식량 : 부식한 철분자의 몰수

q (Ampere) = 각 단계에서의 통과 전하량

부식이 진행됨에 따라 철근의 부식속도가 촉진부식이나 자연부식 모두 증가하는 것이 아닌 것으로 나타났다.<sup>8)</sup>

넷째, 두 개의 콘크리트 렉크에서 전기저항( $\rho$ ), 상대습도(RH), 온도(T)측정, 약 5mm두께 폴리우레탄코팅처리, 아크릴 CO<sub>2</sub> 방지막을 콘크리트에 입힘, 콘크리트렉크에는 구멍을 뚫어서 스테인레스틸 볼트를 넣고 몰탈로 매꾸고 난후 두 볼트사이에서 전기저항 측정을 한다. 볼

트사이 거리는 30mm, 볼트는 콘크리트표면에서 10~50mm사이에서 깊이가 덜 묻힌 상태이다.  
 전기저항은 1KHz에서 AC전류를 사용해서 기록되었다.

$$\rho = \frac{h}{\ln\left[\frac{a-d/2}{d/2}\right]} \cdot \frac{U}{I}$$

단,  $\rho$  - 저항

$U/I(=R)$  - 측정저항

$h$  = 전극길이,  $d$  = 전극직경,  $a$  = 전극사이의 거리

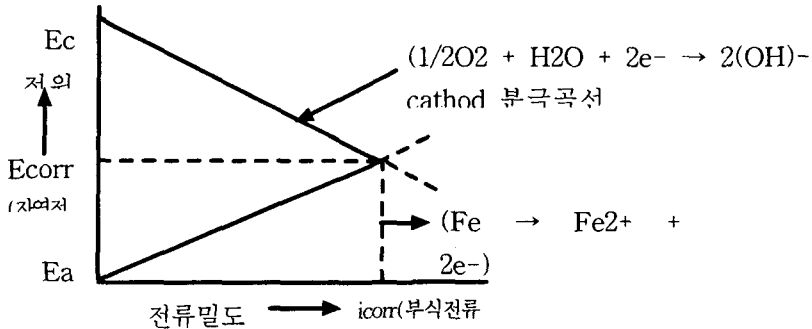
자연전위법은 전기화학적 방법중에서 가장 많이 검토되고 있는 방법으로서 비교적 간편한 방법이다. 자연전위란 금속이 그 존재하는 환경속에서 유지하고 있는 전위를 말한다.

콘크리트중의 철근의 부식성을 자연전위로부터 판단하는 기준으로서 ASTM C 876에서 제정된 Table 1.이 사용되고 있다.<sup>10)</sup>

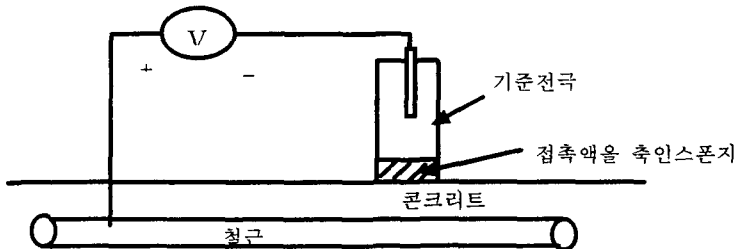
Table 1. ASTM에 의한 자연전위와 철근부식성과의 관계

측정전위의 범위	콘크리트중 철근부식의 가능성
$-200\text{mV} < E$	90% 이상의 확률로써 부식 없음
$-350\text{mV} < E \leq -200\text{mV}$	불확정
$E \leq -350\text{mV}$	90% 이상의 확률로써 부식 있음

전위값은 포화황산동 전극을 기준



[그림 3. 철근부식반응의 개념도]



[그림 4. 자연전위의 측정방법]

#### 4. 분 석

- 1) 부식촉진시험을 위한 온도, 습도, 염분 함량들은 실험마다 다르다.
- 2) 부식량과 속도를 촉진하는 방법으로 철근부식도 병행하여 촉진되지 않는 경우도 있다.
- 3) 해수중의 염소이온량과 거의 동일한 3.0%로 하는 실험은 항만 콘크리트 구조물들에만 해당되는 것으로 밀물과 썰물에 따라 다를 수도 있는 조건을 제시하지 못한다.
- 4) 4.5V 직류전원을 사용하는 경우와 AC전원을 사용하는 실험과의 차이에서 부식량 측정시 오차가 생길수 있다.
- 5) 측정전위값에 따라서 자연전위측정법은 부식되는지 확인이 안되는 경우가 생긴다.

#### 5. 결 론

이상과 같은 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 전기적인 부식촉진시험의 조건을 표준화 할 필요가 있다.
- 2) 부식촉진을 단기간 요할때는 직류전원의 범위를 상세화 할 필요가 있다.
- 3) 실제 구조물이 처해있는 환경에서의 부식되는 조건에 부합된 전기적 접근을 위해서는 다양한 전압조건에서의 부식의 영향을 검토해야 할 필요성이 있다.

#### 참고문헌

1. 尹在煥, "콘크리트 중의 철근부식에 관한 실험적 연구", 수원대 산업기술연구소 논문집, 제14집, pp. 1999.12
2. 윤재환, "콘크리트중의 조건을 모델화한 수용액중에 있어서 철근의 부식과 전위측정", 수원대학교논문집, pp. 187~192, 1989. 10
3. 이강균, 한기훈, 정영수, 장지원, "철근콘크리트 시험편의 철근방식에 관한 측정법", 한국콘크리트학회 1997년 가을 학술발표회 논문집, 제9권 2호, pp 281~286, 1997. 11
4. 하준, 최완철, 홍기성, 오승모, 장지원, 최응규, "콘크리트 구조물의 철근방식 성능 실험평가", 한국콘크리트학회 1997년 가을 학술발표회 논문집, 제9권 2호, pp 275~280, 1997. 11
5. 윤재환, 김균수, "전기적 촉진시험에 의한 콘크리트 중의 철근 부식에 관한 실험적 연구", 대한건축학회논문집 구조계 제16권 제10호, pp89~96, 2000.10
6. 정우용, "철근부식에 의한 육지 콘크리트의 잔존수명 예측(The Prediction of Remaining Service Life of Land Concrete Due to Steel Corrosion)", 콘크리트학회 논문집 제 12권 5호, pp 45~52, 2000.10
7. 김성수, "콘크리트 구조물의 철근 부식 모니터링 기술" 콘크리트학회지 VOL.12 No.3, pp45~52, 2000.05

8. 오병환, 조윤구, 차수원, 정원기, “전위차 부식촉진법을 이용한 철근 콘크리트의 내 부식성 예측을 위한 새로운 기법 연구”, 콘크리트학회논문집 제 8권 5호, pp 201~209, 1996. 10
9. O.E. Gjrv, “Electrical Resistivity for Evaluation of Concrete Corrosivity”, pp 2070~2078, Vancouver, Canada 2001.
10. 임서형, “콘크리트중의 철근부식에 관한 전기화학적 진단방법에 관한 연구”, 한국콘크리트학회지 6권 3호 통권29호, pp 281~289, 1990. 6