

전기화학적 부식촉진 기법을 이용한 철근 콘크리트 부식의 영향평가

Application of Electrochemical Accelerated Corrosion Technique to Detection of Reinforcing Corrosion in Concrete

이 수 열* 이 재 봉** 정 영 수***
Yi, Su Youl Lee, Jae Bong Jung, Young Soo

ABSTRACT

Rebar corrosion in concrete containing both chloride ions and calcium nitrite inhibitors were investigated by the various electrochemical methods. Rebar corrosion was accelerated by applying the impressed current to the rebars in concrete. Effect of chloride content and inhibitors on rebar corrosion were evaluated. Accelerated corrosion technique is the method to measure the time to the initiation of cracks of reinforced concretes, by applying constant voltage between rebar and the stainless steel cathodes. The increase of concentration of chloride ions in concrete result in the increase in anodic currents and the reduction of time to crack. However addition of inhibitors did not improve corrosion resistance of rebar in concrete. Rebar corrosion in concrete with chloride ions and inhibitors was also analyzed by the immersed tests though the measurement of corrosion potentials.

1. 서론

콘크리트 내부의 철근은 알칼리성 분위기를 가짐으로써 강의 표면에 부동태 피막을 형성시켜 뛰어난 내식성 분위기를 제공한다. 또한 콘크리트의 낮은 투과율은 부식을 야기시키는 물질들의 투과를 극소화시키고 전기화학적 부식전류의 흐름을 막아서 콘크리트의 전기저항을 증가시킨다. 그러나 대기 중의 이산화탄소에 의한 콘크리트의 중성화, 해사 및 동결기의 제설제등의 사용에 의해 유입되는 염소 이온은 이러한 피막을 파괴하여 부식을 유발함으로써 철근의 단면적의 감소와 무게감량을 일으킨다. 일단 철근이 부식하면 초기에 비해 약 2.5배이상의 체적 증가를 가져오게 되어 콘크리트 구조물의 균열을 가져오며 이러한 균열은 부식에 필요한 산소, 수분 및 염분의 침투를 더욱 용이하게 하여 철근의 부식속도를 가속화 시킴으로서 구조물의 안정성 및 수명에 심각한 영향을 주게 된다. 이러한 부식현

*정회원, 국민대학교 금속재료공학부 석사과정

**정회원, 국민대학교 금속재료공학부 조교수, 공학박사

***정회원, 중앙대학교 건설대학 토목공학과 교수

상을 방지하기 위해서 ① 철근의 콘크리트 피복두께를 증가시키는 방법, ② 철근을 아연 혹은 에폭시 수지로 코팅하는 방법, ③ 철근의 음극방식법, ④ 철근의 방청제 첨가방법 등이 연구되고 있는데, 본 연구에서는 염화물을 함유한 콘크리트에 A사의 방청제를 첨가하고, 철근을 에폭시 수지로 코팅하는 방법을 사용하여 철근 콘크리트의 부식특성에 염화물 및 방청제가 미치는 영향을 정전압을 인가하는 부식촉진실험과 철근의 부식전위, 분극저항, 교류 임피던스를 측정하여 부식상태를 정량적으로 고찰하는 부식침지실험을 실시하여 평가하였다.

2. 실험개요

2.1 공시체 제조

본 실험에 사용한 철근 콘크리트 시험체는 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 의 원통형 Lollypop 공시체이며, $\phi 13\text{mm}$ 의 철근을 정 중앙에 매입하였으며, 물/시멘트비를 조절하여 콘크리트의 강도를 280kg/cm^2 210kg/cm^2 으로 하였다. 염소이온의 농도는 잔골재(모래)량에 대한 무게로 계산하여 0.04, 0.2, 2.0wt%의 3가지로 첨가하였으며, 방청제는 염소이온의 농도에 따라 각사의 추천량을 첨가하였고, 동일조건의 공시체를 각각 3개씩 제작하였다.

2.2 부식 실험

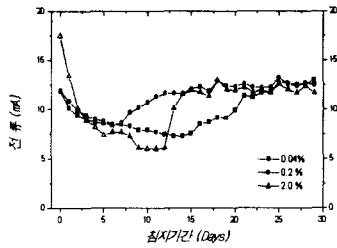
본 연구에서 실시한 부식실험은 부식촉진실험과 부식침지실험이다. 부식촉진실험의 경우 각각의 공시체와 스테인레스강 음극판 간에 흐르는 전류를 측정하여 염화물 및 방청제에 따른 콘크리트 공시체의 파괴시간을 측정하였고, 부식침지실험의 경우 부식전위 측정, 분극저항 측정, 교류 임피던스 측정을 실시하여 방청제와 염화물에 따른 부식 가능성을 평가하고 부식속도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

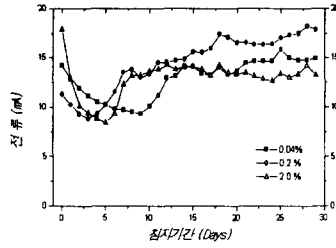
3.1 부식촉진실험 결과

3.1.1 280kg/cm^2 강도 콘크리트 공시체에서 Cl^- 농도의 영향

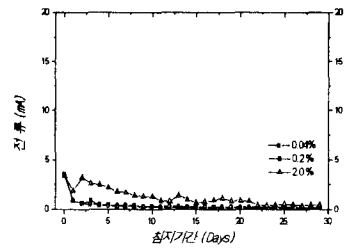
그림 1은 염분농도의 변화(0.04wt%, 0.2wt%, 2.0wt%)에 따른 방청제 및 에폭시 수지로 코팅한 공시체의 시간-전류 곡선이다. (a)와 (b)는 방청제가 첨가되지 않은 공시체와 A사의 방청제를 첨가한 공시체의 측정결과이다. 측정 초기에는 콘크리트 내부에 존재하는 철근의 전류값이 침지기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보이다가 침지 4일~15일 경과후 급격히 증가하였다. 이것은 침지 초기에는 철근이 콘크리트 내부에서 안정화 단계를 거치면서 전류가 감소하다가 침지기간이 경과할수록 콘크리트 내부에 존재하는 염소이온이 철근의 부동태 피막을 공식의 형태로 파괴하여 형성된 부식생성물에 의해 철근의 체적이 증가하여 콘크리트에 균열을 발생시킴으로서 콘크리트의 파괴에 따른 IR drop의 감소로 전류값이 급격히 증가한다. 실험결과 전류가 증가한 후 3일~5일 경과후 시험체에 발생한 균열을 육안으로 관찰할 수 있었다. Rosenberg¹⁾ 등에 의하면 Calcium Nitrite는 염화물이 존재하여도 철근의 방청성이 있고 기계적 강도를 저하시키지 않는 방청제이고, Virmani²⁾ 등은 염화물을 첨가한 콘



(a) control



(b) A사



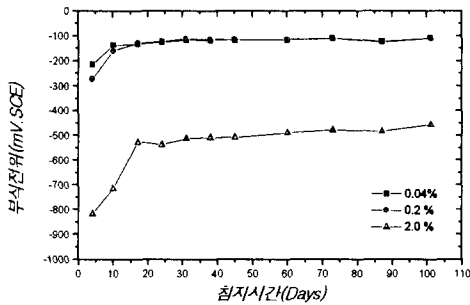
(c) 에폭시 코팅

그림1 염분농도 변화에 따른 방청제 및 에폭시 코팅한 공시체의 시간-전류 곡선

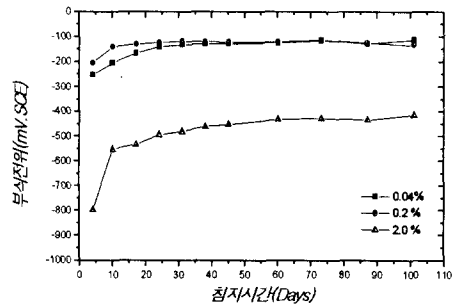
크리트에서 Calcium Nitrite가 철근의 부식속도를 10분의 1 이하로 저하시킨다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서 실시한 전기화학적 부식촉진실험(constant voltage method)에서는 방청제가 첨가되지 않은 그림1과 비교하여 전류가 급격히 증가하는 시점, 즉 공시체가 균열을 생성하는 기간이 4일~10일로 단축되는 것으로 보아 부식촉진실험시 방청제가 철근의 부식저항성을 향상시키지는 않았다고 할 수 있다. 그렇지만 에폭시 수지로 코팅한 공시체인 (c)의 경우 측정 100일 경과후에도 매우 낮은 전류가 측정되어 우수한 부식저항성을 나타내고 있다.

3.2 부식침지실험 결과

3.2.1 부식전위 측정 결과



(a) control



(b) A사

그림2 염분농도 변화에 따른 방청제의 시간-부식전위 곡선

그림2의 (a)는 방청제를 함유하지 않고, 각각 다른 3가지의 염소이온 농도로 제작된 공시체의 침지시간에 따른 부식전위 측정결과이며 (b)는 A사의 방청제를 첨가한 경우의 부식전위 결과이다. 침

지기간 100일 경과후 염소이온이 0.04wt%, 0.2wt%첨가된 공시체인 경우 약 -100mV vs SCE로 매우 귀한(noble) 전위를 나타내고 있는 반면에 2.0wt%의 염소이온이 첨가된 공시체는 -500mV vs SCE로 천한(active) 전위를 지시하고 있다. ASTM 876의 기준에 따르면 방청제가 없는 (a)의 결과와 방청제를 함유한 (b)의 결과 모두 0.04%, 0.2%의 공시체는 부식되지 않는 반면에 2.0%의 염소이온이 첨가된 공시체의 경우에는 현저하게 부식이 진행되고 있음을 나타내고 있다.

4. 결론

본 연구는 콘크리트내의 철근에 대한 염화물 및 방청제의 영향을 평가하기 위하여 부식촉진실험과 부식침지실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 부식 촉진실험(constant voltage method) 결과 염화물의 농도변화(0.04wt%, 0.2wt%, 2.0wt%)에 관계없이 방청제의 첨가가 공시체의 파괴에 이르는 시간을 연장하지 않으므로 철근의 부식저항성을 향상시키지 않았다.

(2) 철근표면에 에폭시 수지로 코팅한 공시체의 경우 100일 경과 후에도 균열을 생성시키지 않았고, 매우 낮은 전류가 측정되므로 constant voltage method의 부식촉진실험 결과 뛰어난 부식저항성을 나타내었다.

(3) 철근 콘크리트내의 Cl^- 농도가 0.04wt%에서 0.2wt%로 증가함에 따라 부식저항성을 감소시키므로 파괴까지 걸리는 시간을 단축시켰으나, 2.0wt%로 염소이온이 과포화 되었을 때는 현저한 부식저항성의 감소가 나타나지 않았다.

(4) 부식 침지실험 결과, 방청제를 첨가한 경우와 방청제를 첨가하지 않는 경우 모두 2.0wt% Cl^- 가 함유된 공시체는 0.04wt%, 0.2wt% Cl^- 가 함유된 공시체보다 낮은 부식전위와 분극저항을 나타내므로 공시체내에 염소이온이 증가할수록 부동태 피막을 더욱 파괴시켜 철근의 부식을 촉진시킴을 알 수 있다.

감사의 글

이 연구는 인위재해 방재기술사업 건설구조물 안전진단 분야 중 염해 환경하에 있는 교량의 방식공법 제시 및 지침마련 과제로 수행된 결과의 일부로 연구에 대한 지원에 대해 감사를 드립니다

참 고 문 헌

1. A. M. Rosenberg, J. M. Gaids, T. G. Kossivas, R. W. Previte : ASTM, STP 629(1977)
2. Y. P. Virmani, K. C. Clear, T. J. Pasko : FHWA RD-83-012(1983)
3. ASTM876