

시멘트 재료를 이용한 강재의 방청기술

이종열/쌍용양회 중앙연구소 신제품개발실장

매년 우리나라는 사회간접 자본의 확충에 따라 대규모의 토목, 건축 공사가 활발히 진행되고 있으며, 그 중 많은 부분이 해양과 육상의 운송, 교량 및 수리관계 부문에 몰입되고 있다. 그러나 1960년대 말부터 시공되어 20~30년이 경과된 많은 구조물들이 구조 및 내구성 면에서 우수성이 보장되어야 하나 현재에는 구조물의 열화에 따른 부식으로 안정성면에서 많은 문제점이 대두되고 있는 실정이다. 특히 작년의 성수대교 붕괴사고와 그 원인이 부식된 강재의 반복된 피로에 기인된다는 학계의 조사결과가 나온 후부터는 콘크리트 및 철강 구조물에 대한 부식방지와 유지 관리에 많은 사회적 관심이 집중되고 있으며, 업계 스스로도 내구성 증진을 위한 시공 및 재료 분야에 많은 투자를 하고 있는 추세이다.

현재 토목, 건축 구조물의 방식처리는 대부분 용체를 이용한 용융성의 도료가 대부분을 차지하고 있으나, 다량의 유기용체를 사용하는 기존의 도장 재료는 환경오염, 인화성, 사용조건에 제약(바탕처리 조건) 외에도, 주로 강재의 보호, 도장에 적합한 성질을 강조함에 따라 콘크리트와의 적합성 측면은 다소 등안시 되었던게 사실이다.

지금까지 주로 현장에서 사용되던

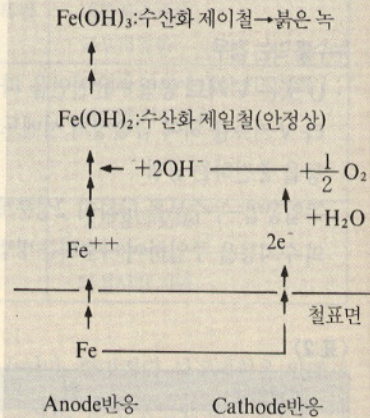
시멘트 재료를 이용한 방청방법은 시멘트 페이스트를 노출철근에 칠하여 임시방편으로 부식을 감춰주는 것이 관행이고, 현재는 내구성, 성능 외관 등에서 기존의 용제형 도료를 대체할 마땅한 재료가 없다. 따라서 본 보에서는 이와 관련하여 강재의 부식을 방지하기 위한 도장재의 기술동향을 검토함과 아울러 당소에서 새로이 개발된 시멘트계의 방청제에 관해 간략히 소개하고자 한다.

철의 부식 메커니즘

철의 부식은 크게 물이 개입되지 않은 상태에서 고온의 산화나 가스 등에 의해 일어나는 부식과 물이나 다른 전해질 용액 등에 의해서 발생하는 부식으로 양분될 수 있는데 우리가 일상생활에서 보는 대부분의 부식은 후자에 속하는 것이다. 철의 부식을 일으키는 요인은 여러가지가 있으나 현재는 철의 전기화학적인 작용에 의해 일어나는 것이 정설이다. 철이 부식되기 위해서는 다음의 세가지 조건이 만족되어야 한다.

- 전해질(물) 용액의 존재
 - 산소의 존재
 - 철근 각 부위의 전위차 발생
- * 기타 촉매 존재(예 : 염소이온, 황화물 등)시 상기 반응은 가속화됨.

• 부식반응 모식도



수산화 제이철은 결정학적으로 $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ 로 표시되며, 그 결정구조는 $\alpha Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, $\gamma Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ 로 되며 이것이 녹의 구성물질이 된다. $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ 에서 수분을 잃으면 붉은 녹이 되는 것이다. 특히 염화물 존재시에는 다음과 같은 반응으로 부식 현상이 나타난다.

- 일반적으로 콘크리트로 피복된 철근 표면은 20~60Å의 얇은 부동태 피막(강재표면에 OH^- , 용존 산소가 치밀한 막을 형성하므로써 강재의 활성을 소실시키는 작용)을 유지하고 있으나 염분 존재시에는 부동태 층을 파괴, 또는 피막을 콜로이드 상으로 분산시켜 염분의 침투를 촉진시킴
- 염화물의 침투를 받은 강재 표면에

(표 1)

방식방법	전기화학적 인자	대 책
부식 환경의 차단	양극과 음극간의 전기저항의 확대	<ul style="list-style-type: none"> • 투과성이 적은 도료선택 • 도막의 두께 증진 • 차단효과가 큰 안료사용
금속면의 부동태화	양극분극의 증대	<ul style="list-style-type: none"> • 납과같은 방청안료 사용 • Inhibitor의 배합
음극방식 작용	음극분극의 증대	<ul style="list-style-type: none"> • 철로부터 이온화 경향이 큰 금속, 즉 아연 등의 배합 • 아연 도금 및 용사

서는 국부적인 피막의 파괴와 파괴 부위에서 부식 발생

• 염화물에 의한 철의 부식은 염소이온으로 파괴된 부분이 양극이 되어 부식이 진행되며, 국부적으로 파손된 양극면적이 부동태 피막으로 덮인 음극에 비해 지극히 적으므로 부식이 양극에 집중함.

→ 염화물 존재시의 부식특징은 pitting(공식)의 형태

강재의 방청처리 기술 (도료를 중심으로)

강재의 부식방지를 위한 방청처리 방법을 크게 대별하면 <표 1>과 같이 분류될 수 있다.

현재 국내 방청도료의 전개방향은 앞에서 언급한바와 같이 환경에 부적합한 재료는 성능의 우수성에도 불구하고 점차 도태되고 있는 실정이며 도장 자체가 system화하고 있다.(표 2) 참조

방청시멘트의 방청 메카니즘

콘크리트에 함침된 철근의 경우 콘크리트의 알칼리성과 수밀한 조직을 유지하여 외부로부터의 오염물질(산, 염, 황화물, CO₂ 등)이 차단되면 철근 방청이 지속적으로 유지된다. 시멘트 재료를 이용한 방청 방법은 얇은 塗膜

(표 2)

구 분	사 용 재 료 동 향
下 塗	<ul style="list-style-type: none"> • 광명단 ↓ • 알칼리계 징크 실리케이트(수용성:後경화형) • 알킬계 징크 실리케이트(유용성:自硬性)→현재 주로 적용 ↓ • 포타슘, 리튬계 징크 실리케이트(수용성:自硬性)→가장 최근의 하도용 도장재료
中,上塗	<ul style="list-style-type: none"> • 알키드 수지계 도료(일반 조합 페인트) ↓ • 염화고무계, 염화비닐계 도료, 탈함유(예, 탈-에폭시) 수지계 도료 *Cl⁻의 대기발산 규제(VOC 강화로 점차 사용 감소 추세 *탈 함유 수지계 도료는 발암성 등의 이유로 미국에서는 사용 감소 추세 • 에폭시 수지, 폴리 우레탄 수지계 *내 화학, 내후, 내수성, 미관(우레탄계) 우수 *가격의 고가 • 불소 수지계 도료
향후 개발방향 (주목되는 도료)	<ul style="list-style-type: none"> • 고성능, 고기능+환경대응+성력화 →도장재의 수용화(water based) →고내구성, 표면처리 완화, 후막화 등

만으로도 콘크리트와 같이 시멘트의 알칼리성 유지와 수분, 산소 등의 차단을 통해 철의 방청을 유지하고자 한 것이다.

특히 시멘트계 재료는 기존의 용제형 도료에 비해 수용성(무용제형), 비휘발성, 비인화성, 무독성인 특징을 가지고 있어 환경적용성이 높은 재료라고 말할 수 있다. 재료의 구성은 시멘트와 내수성, 내약품성이 강한 무기질

필러가 혼합된 분체와 방청성과 도장에 적합한 성능을 가진 수용성의 특수 고분자 수지로 되어 있으며 스프레이, 브러싱에 의해 도장을 하게 된다. 수용성인 수지에 함유된 물은 시멘트의 수화반응에 소비되어 지는데, 이때 시멘트 경화에 필요한 최소량의 물이 사용됨에 따라 일반 시멘트와는 달리 치밀성이 높은 경화체를 얻을 수가 있으며 동시에 폴리머와의 결합을 통해 불투

수, 불투과성의 안정한 탄성 도막을 생성하게 된다. 기존의 도료의 방청방식은 달리 알칼리 분위기(PH 11~12) 유지를 통한 철의 부동태화와 수분, 산소 등의 물리적인 차단을 통해 방청을 하는 것이다. 상기와 같은 방청방식은 도막층의 原도장이 가능하고(1회 300 μ 코팅), 바탕면에 수분이 있거나 시멘트 재료에 일부 오염이 되어 있어도 부착성이 우수한 특징이 있어 하지 처리 정도를 기존 유성 도료에 비해 완화시킬 수 있는 장점이 있다. 방청시멘트에 관한 주요 품질 시험결과는 <표 3>과 같다.

현재 방청시멘트는 올해부터 본격적인 상품화를 위해 현장 적용과 평가를 위한 시험을 진행 중에 있으며, 주로 고속철도의 pler 노출철근 부위, 선박의 갑판, 토목, 건축 현장의 장기간 방치된 강재의 부식 방지에 적용을 하였다.

철근 콘크리트 중의 철근이나 강재의 부식방지를 위한 방청기술과 당소에서 개발된 방청용 시멘트에 관하여 간략하게나마 소개하였다.

맺는말

지금까지 철근 콘크리트 중의 철근이나 강재의 부식방지를 위한 방청기술과 당소에서 개발된 방청용 시멘트에 관하여 간략하게나마 소개하였다. 시중에 나와있는 방청용 재료의 종류는 그 수와 도장방법면에서 수십가지

로 적합한 재료의 선정이 쉽지는 않은 실정이며, 특히 현장에서 장기적인 노출 위험이 있거나 부식방지가 요구되는 강재의 방청처리 방법에 관해 많은 고심을 하고 있는 것으로 알고 있다. 시멘트를 이용한 강재, 철근 등의 방청방안은 아직까지는 사용실적이 적고 잘 인지되지 않은 방법이지만 성능면에서 기존의 유성계 도료에 비해 동등하게 나타나고 있어 경제성, 사용성, 콘크리트와의 적합성 등 제반 특성을 고려해 볼 때 바람직한 방향이라고 사료된다. 현재 방청시멘트는 보다 많은 데이터의 축적의 일환으로 방청시멘트 도포 철근 사용 부재의 제반 거동과 균열, 파괴 특성, 각종 재료와의 부착성, 장기 내구성 시험을 진행 중에 있으며, 학계와의 공동연구도 추진 할 예정으로 있어 향후 건축, 토목 분야에 새로운 개념의 방청재료로 사용되어 지길 기대해 본다. **S**

<표 3>

시 험 항 목	품질규정	방청시멘트(600 μ 두께)	비 고
<input type="checkbox"/> 고착건조 <input type="checkbox"/> 부착성(테이프)	5시간 이내 도막의 벗겨짐이 없어야 함.	1시간 10분 도막의 벗겨짐 없음	K S M 5331 : 강선 외판용 K S M 5250 : 수지 분체 도료 규격
<input type="checkbox"/> 내약품성 • 3몰의 염화칼슘 • 3몰의 수산화나트륨	45일간 침지 후 도막의 부풀음, 갈라짐, 벗겨짐이 없어야 함.	도막의 부풀음, 갈라짐, 벗겨짐 없음	
<input type="checkbox"/> 내충격성 (추무게:1kg, 높이 1m)	박리현상 없을 것	양호	
<input type="checkbox"/> 염수분무 시험 <input type="checkbox"/> 철근부착(인발) 강도(%)	600시간의 분무시험에 견딜 것	발청, 박리 없음 무처리 철근대비 110%	K S D 9502 : 염수분무 시험방법