

# 철근 방식을 위한 방청제의 성능 평가에 관한 연구

## Evaluation and Application of Anti-Corrosion Inhibitor for the Corrosion Protection of Reinforcing Bars

김상철\*  
Kim, Sang Chel

강승희\*\*  
Kang, Seung Hee

이두재\*\*\*  
Rhee, Doo Jae

---

### Abstract

The study was carried out to evaluate material characteristics and environmental effects of anti-corrosion inhibitor which is known to be very easy to use, since the admixture is added during concrete mixing. Specimens were fabricated with 6 different dosages of anti-corrosion inhibitor and cured in the autoclave chamber with different number of cycles. As a result of measuring corrosion of reinforcing bars embedded in concrete, it was found that even small amount of admixture application can prevent reinforcing bars from corrosion and the efficiency is gradually decreased with increase of the number of autoclave cycles and of percentage of chloride content. In addition, the admixture will not affect material characteristics such as compressive strength and air content.

---

### 1. 서 론

건설공사의 급속한 팽창으로 인해 건설자재의 수요는 급증하고 있으나 수자원 개발, 하천 개수 및 정비 사업 등으로 인해 기존에 골재원으로 사용되던 유효 하천 수효는 점차 줄어 가고 있는 실정이다. 이러한 하천 골재원의 부족은 건설자재의 고갈이라는 심각한 국면을 맞이하게 하여 새로운 골재원으로 해양자원의 사용은 불가피하게 되었다. 그 외에도 최근들어 부산 광안대로, 영종도 신공항 및 서해 대교와 같은 중요 대형구조물이 해양에 축조됨에 따라 외부로부터 침투하는 염해에 의한 콘크리트구조물의 열화현상 및 철근부식 방지대책 또한 현재의 큰 과제로 주목되고 있다. 일반적으로 해양골재원

---

\* 정회원, 동아건설산업(주) 책임연구원

\*\* 동아건설산업(주) 선임연구원

\*\*\* 동아건설산업(주) 주임연구원

은 물론이고 해양환경에 축조되는 철근콘크리트 구조물은 염분성분이 철근과 반응을 일으켜 부식이 발생되는데, 이 때 발생한 부식으로 부피가 증가하게 되어 콘크리트균열과 박리현상을 유발시키므로 구조물에 치명적인 손상을 입힌다. 철근의 부식을 억제하기 위해 기존에 많이 사용하던 방법으로는 철근을 에폭시로 도막처리하여 철근과 염수를 차단하는 방식이 사용되어 왔다. 이 방법은 철근이 완전히 도막보호처리가 되었을 때는 가장 확실한 방식방법이었으나, 철근의 운반 및 조립중 취급상의 부주의, 콘크리트 타설시 철근과 골재간의 마찰 및 다짐기의 사용등으로 도막이 손상을 입게되면 그 효율성은 급격히 저감된다. 특히 철근 구부리기 작업시 도막이 떨어지게 되면 그 손상된 부위로 염분이 집중적으로 침투하게 되어 손상된 부위에서 급진전으로 녹이 진행되기 때문에 오히려 도막처리를 하지 않았을 경우 보다 구조물에 악영향을 미치게 된다. 그 이외에도 에폭시로 도막처리를 할 경우에는 콘크리트와 철근과의 부착효율이 저하되어 상대적으로 철근이음 작업시 소요 정착길이가 늘어나 철근량이 증가되며, 에폭시 처리 비용이 고가라는 단점이 있다. 그 외 방법으로 콘크리트 구조물 외부에 침투성 도포제를 살포하여 철근방식처리를 하는 벽체도장 방수처리방법이 있으나, 해양구조물에서는 시공하기가 어려워 적합하지 않고, 일반적으로 대형구조물의 경우 철근의 피복두께가 크기 때문에 확실한 침투길이의 보장이 어렵다.

따라서 본 연구는 철근콘크리트 구조물의 철근부식 억제대책의 일환으로, 콘크리트 믹싱시 방청제를 투입하여 혼합하기 때문에 사용이 간편하고도 그 효율성이 우수한 것으로 평가되는 방청제의 제반 성능을 실험을 통해 평가하였다. 방청제의 투입비율에 따른 방청효과와 성능과 오토클레이브의 사이클수와 부식율과의 상관관계, 방청제의 투입에 따른 콘크리트 물리적 특성 변화를 본 연구에서 검토하였다.

## 2. 실험개요 및 방법

### 2.1 사용 재료

#### 2.1.1 시멘트

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 S사 보통 포틀랜드 시멘트로서 표 1에 나타난 바와같이 KS L 5201 규정을 만족하고 있다.

표 1 사용할 시멘트의 물성

분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	비중	오토클레이브팽창도	입 경 (μm)			용결시간	
			최대	80%통과	평균치	초결 (min)	종결 (min)
3,254	3.15	0.1	100	40	21	290	425

#### 2.1.2 골재

본 실험에서 사용한 굵은골재는 13 mm 쇄석으로써 경남 대복산에서 채취한 것이고, 잔골재는 섬진강 합천사를 사용하였으며 그 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2 골재의 물리적 성질

항 목	비 중	흡수율 (%)	조립율 (F.M)	단위중량 (kg/m <sup>3</sup> )	최대입경 (mm)	유기불순물
잔골재	2.61	1.20	2.56	1.625	5	양호
조골재	2.64	0.30	5.95	1.670	13	-

### 2.1.3 염분용액

염분용액은 KS F 2561 부속서 1에 제시한 바와 같이 표 3에 나타낸 각 소정의 약품무게를 용해한 후 전량이 1l의 수용액이 되도록 하여 사용하였다

표 3 염분의 조성

약품	무게 (g)
염화나트륨 (NaCl)	24.5
염화마그네슘 ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ )	11.1
황산나트륨( $Na_2SO_4$ )	4.1
염화칼슘( $CaCl_2$ )	1.2
염화칼륨(KCl)	0.7

### 2.1.4 철근

철근은 KS D 3526의 SGD 3에서 규정하고 있는 마봉강 재질로 직경 13mm이고 길이 178mm의 원형철근 양끝을 모떼기 가공한 후, 600번의 연마지로 연마하고 아세톤에 탈지하여 사용하였다.

### 2.1.5 방청제

국내 J사에서 생산하고 있는 액상의 염해물 전해제를 사용하였으며 본 실험에서는 그 성능을 평가하기 위해 사용량을 시멘트량의 1.0~3.0%까지 변화하여 실험하였다.

## 2.2 콘크리트 배합 및 시험체 제작

Ø100×200mm의 몰드에 철근을 사용하는 것과 사용하지 않는 것을 별도로 준비하여 철근을 설치하지 않은 공시체는 재령별로 압축강도 시험을 실시하였고, 철근을 설치한 공시체는 그림 1과 같이 철근덮개의 두께가 20mm가 되도록 스페이서를 사용하여 각 공시체마다 철근을 2개씩 설치하였다. 배합은 표 4와 같이 물·시멘트비 60%를 기준으로 믹싱을 실시한 후 각 준비된 몰드에 투입하였고, 철근을 설치한 공시체는 재령 1일에 상부 스페이서를 제거한 후 물·시멘트비 28%의 시멘트페이스트

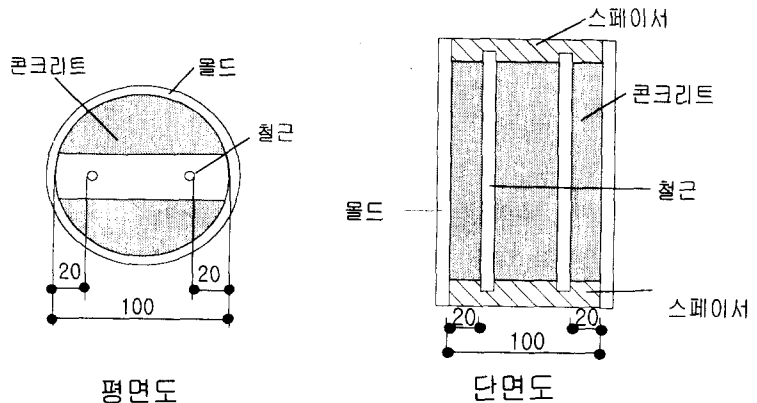


그림 1 콘크리트 시험체의 모양, 치수 및 철근배치

표 4 콘크리트 배합비

W/C (%)	S/A (%)	배합비 ( $kg/m^3$ )			단위수량 ( $kg/m^3$ )			비고
		시멘트	잔골재	조골재	물	염분용액	방청제	
60	55	360	947	805	216	-	-	
					157.8	58.2	-	C×0.0%
					154.2	58.2	3.6	C×1.0%
					152.4	58.2	5.4	C×1.5%
					150.6	58.2	7.2	C×2.0%
					148.8	58.2	9.0	C×2.5%
					147.0	58.2	10.8	C×3.0%

로 충전하고 재령 2일에 시험체의 상하면을 바꿔 놓고 밑부에 대해서도 같은 방법으로 캡핑하였다.

### 2.3 오토클레이브 양생 및 방청을 산정

제작된 공시체는 상온  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 에 양생하여 재령 3일만에 탈형하고, 공시체가 건조하지 않도록 비닐포대에 넣어 재령 7일까지 양생하였다. 양생을 마친 시험체는 오토클레이브에 넣고 밀봉하여 3~4시간에 온도  $180^\circ\text{C}$ , 압력  $10\text{kg중}/\text{cm}^2$ 까지 양생시킨 후 그 상태를 5시간 유지하였으며 그 후에는 상온에 자연 방랭하였다. 오토클레이브 개시부터 24시간이 경과한 후에는 시험체를 꺼내어 준비된 2%와 4%의 해수에 24시간 침수시키고, 그림 2와 같이 승온, 방랭을 다시 실시하여 24시간 경과후에 공시체를 꺼냈다. 이상의 시험을 1사이클로 하고 사이클수의 증가에 따른 방청효과를 평가하기 위해 각 사이클수를 증가하여 최대 5사이클까지 실험하였다.

소정의 오토클레이브 양생을 마친 공시체는 시험체를 갈라 철근을 떼어내고 철근표면에 투명한 모눈종이를 대어 부식된 부분을 모사한 후 전체면적에 대한 부식면적의 비를 백분율로 환산하여 방청율을 산정하였다.

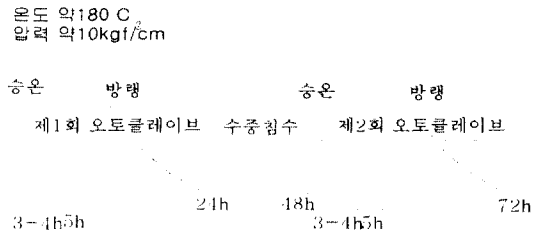


그림 2 오토클레이브양생 (1사이클)

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 오토클레이브 양생 사이클수와 방청율 효과

그림 3과 4는 오토클레이브 양생기간 동안 각 0.2%와 0.4% 해수에 침수하였을 때 오토클레이브 사이클수 별 방청제 투입율에 따른 방청율을 도시한 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 방청제 투입율이 높을수록 방청효과는 증가한다는 것을 알 수 있다. 그 예로써 방청제가 사용되지 않았을 경우에는 오토클레이브 양생 사이클수와 관계없이 0.2% 해수에 침수시에는 방청율이 0.92~4.36% 이었고, 0.4% 해수에 침수하였을 때는 0.62~4.02%로 철근의 부식이 매우 심각하게 나타났다. 그러나 방청제를 시멘트의 양에 1%정도 투입하므로써 방청효과는 급격히 상승하여 해수농도 비율에 관계없이 KS에서 규정하고 있는 방청율 95%이상을 상회함을 알 수 있다. 이러한 방청성능은 오토클레이브 사이클수를 높일수록 그 방청효율은 감소하고, 방청제의 투입율이 낮을수록 사이클수에 다소 민감하게 반응함을 보여 주었다. 그러나 일단 2.5%이상 방청제를 투입하면 사이클수를 증가시켜도 그 감소효과는 매우 작음을 알 수 있다.

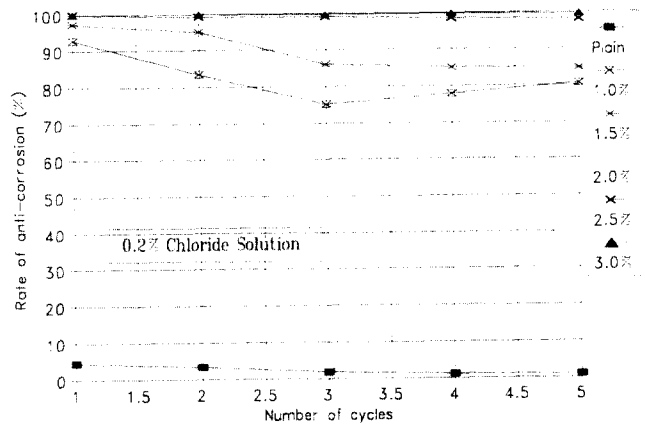


그림 3 0.2%해수에 침수시의 사이클수와 방청율의 관계

또한 그림 3과 4의 결과에서 싸이클수의 증가와 함께 방청유의 기율기가 서서히 감소하는 현상을 관찰할 수 있다. 이 실험결과에 비추어 오토클레이브 싸이클수와 실제 철근부식 내구년한과 서로 상관 관계가 있을 것으로 가정하였을 때, 부식의 촉진속도는 해수와 철근이 처음 반응하게 되었을 때에는 빠른 속도로 부식이 진행하지만 년한이 증가할수록 부식의 진행속도는 점차 감소할 것이라는 것을 제시하고 있다.

### 3.2 해수 침수 농도에 따른 방청효과

그림 5와 6은 각 오토클레이브 양생 싸이클수 2와 4에서 방청제 투입 비율에 따른 해수농도별 방청율을 나타낸 것이다. 그림 5에서 방청제 1%의 낮은 투입율을 가하였을 때에는 해수농도의 영향을 많이 받게되어 0.2% 해수에 침수하였을 때보다 0.4% 해수침수시에 방청효능은 저하된다. 그러나 방청제를 많이 투과할수록 해수의 농도 영향은 감소하여 시멘트 중량의 2.5%를 투과하면 방청성능의 차이가 0.5%이하로 감소함을 알 수 있다. 그러나 싸이클수를 증가하면 그림 6과 같이 해수농도의 영향이 보다 크게 작용하는 것을 알 수 있다. 본 실험의 결과는 방청제의 투입율이 낮은 조건에서 구조물의 내구년수가 높을수록 해수의 농도에 영향을 많이 받게되므로 기대하는 방청효과를 얻기 위해서는 충분한 양의 방청제를 투입하여야 하며, 그 양이 충분할 경우에는 해수의 농도에 크게 관계하지 않음을 제시하고 있다. 따라서 이상의 결과에 비추어 볼 때, KS에서 제시하는 방청률 95% 이상을 확보하기 위해서는 시멘트 양에 2.5%이상 투입하였을 때 확실한 방청효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

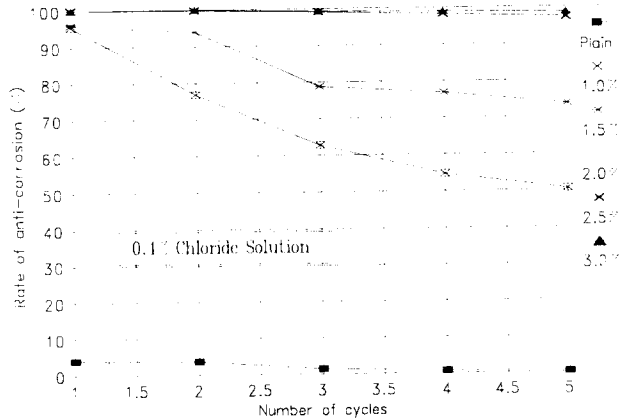


그림 4 0.4%해수에 침수시의 싸이클수와 방청율의 관계

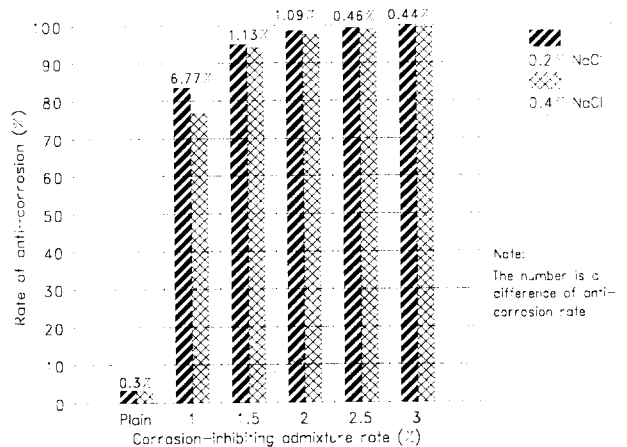


그림 5 싸이클수 2에서의 해수농도에 따른 방청효과

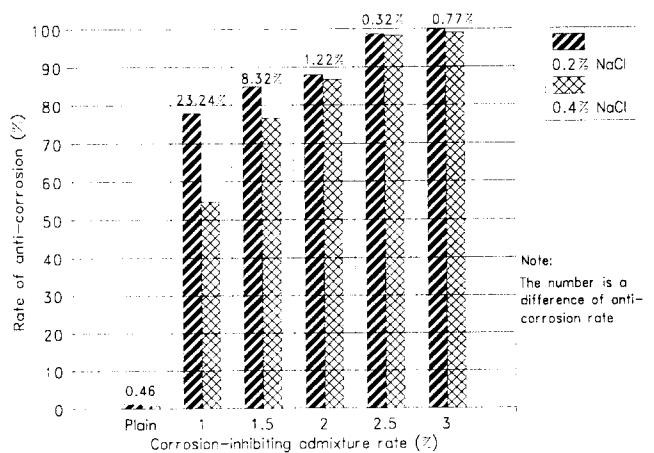


그림 6 싸이클수 4에서의 해수농도에 따른 방청효과

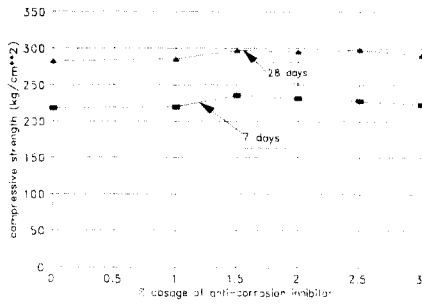


그림 7 방청제 사용에 따른 압축강도에 미치는 영향

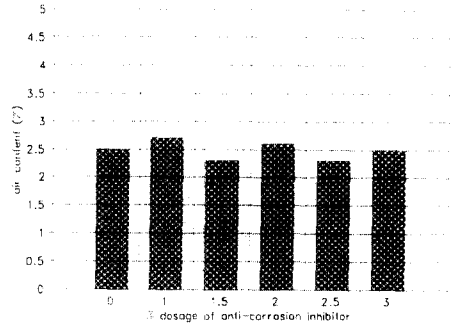


그림 8 방청제 사용에 따른 공기량에 미치는 영향

### 3.3 방청제 사용에 따른 물리적 특성

방청제를 사용함에 따라 콘크리트 압축강도, 공기량 변화에 미치는 영향에 대해서 검토하였다. 그림 7은 방청제의 사용량을 0~3%로 변화하였을 때 압축강도의 영향을 그림으로 나타낸 것으로, 배합수에 대체하여 방청제를 사용할 경우 동일한 배합비에서는 압축강도에 영향이 없음을 보여주고 있다. 또한 그림 8은 방청제 사용에 따른 공기량의 변화를 나타낸 것으로 방청제를 사용하여도 콘크리트 공기량에는 영향이 없음을 알 수 있다.

## 4. 결 론

- 1) 적은량의 방청제를 투입하여도 철근의 방식효과는 급격히 상승하며 방청제의 사용량이 증가할수록 오토클레이브 사이클수 (내구년수)에 대해 그 감소효과는 작아진다.
- 2) 방청제 투입율이 낮은 경우에는 해수농도에 민감한 영향을 받게 되어 방식효과가 급격히 저하하지만, 일정량 이상의 방청제를 사용하였을 때에는 해수농도의 영향이 매우 낮게 작용한다.
- 3) 방식에 따른 장기간 구조물 내구년수 확보를 위해서는 충분한 량의 방청제가 사용되어야 하며 본 실험결과에 비추어 KS에서 규정하고 있는 95% 이상의 방청을 확보를 위해서는 시멘트량의 2.5% 이상이 투과하여야 한다.
- 4) 동일한 배합비에서 배합수에 대체하여 방청제를 사용하였을 경우 콘크리트강도 및 공기량 확보에 미치지 않는다.

## 참 고 문 헌

1. 변근주, "염분이 콘크리트의 제성질에 미치는 영향", 한국레미콘 공업협회, 1991
2. 서울대학교 공학연구소, "해사활용기술 연구 (II)", 1992
3. 김문한, "염해와 그 대책", 한국콘크리트학회지 제4권 1호, 1992
4. 서울대학교 신소재공동연구소, "염화물 전해제 (CI-R)의 내부식성능 연구", 1995
5. 榎田佳寛, "防せい劑", 콘크리트工學, Vol.26, No.3, 1988