

# 부식촉진시험에 의한 콘크리트 내의 철근의 부식특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Corrosion Characteristics of Reinforcing Steel in Concrete by the Accelerated Corrosion Test

배 수 호<sup>\*</sup>      정 영 수<sup>\*\*</sup>      김 년 산<sup>\*\*\*</sup>      권 영 우<sup>\*\*\*</sup>      권 혁 진<sup>\*\*\*</sup>  
Bae, Su Ho    Chung, Young Soo    Kim, Nyun San    Kwon, Young Woo    Kwon, Hyuk Jin

---

### ABSTRACT

The corrosion protection methods of reinforcing steel in concrete are the various methods such as increasing thickness of cover concrete, using of reinforcing bars coated with epoxy, dosage of corrosion inhibitor as concrete admixture, cathodic protection method and etc. In this study, the performance of corrosion protection was investigated for the test specimens using corrosion inhibitors and cathodic protection, respectively.

For this purpose, the accelerated corrosion tests for reinforcing steel were conducted according to the periodic cycles(140 days) of wetting(65°C, 90% R.H.) and drying period(15°C, 65% R.H.) for the test specimens. As a result, it can be concluded from the test that the effect of corrosion inhibitor was found to be variable with products, the cathodic protection method was found to be independent of salt concentration in concrete

---

### 1. 서 론

염해환경하에 있는 콘크리트 내의 철근의 방식법에는 피복두께를 증가시키는 방법, 에폭시 수지 도장철근의 사용법, 방청제 사용법 및 전기방식법 등이 있는데, 본 연구에서는 방청제 사용법 및 전기방식법 각각을 채택하여 콘크리트 내의 철근의 방식 효과를 검토하였다. 이를 위하여 방청제 사용법과 전기방식법의 일종인 음극방식법 각각의 경우에 대해서 콘크리트 내의 염분함량을 잔골재 증량비로 0.1%, 0.2% 및 0.5%로 변화시켜 철근 콘크리트 공시체를 제작한 다음 일본 콘크리트공학협회의 부식촉진시험법안(JCI-SC3)에 따라 항온항습기에 의한 부식촉진시험(고온고습: 65°C, 90% R.H., 저온저습: 15°C, 65% R.H.)을 20사이클(140일간) 실시한 후 철근의 방식성능을 규명하였다. 결국, 콘크리트 내의 철근의 방식법으로 방청제의 방식효과는 제품에 따라 차이가 많았으며, 전기방식법의 일종인 음극방식법의 효과는 콘크리트 내에 함유된 염분함량과는 무관한 것으로 나타났다.

---

\* 정회원, 안동대학교 토목환경공학과 조교수

\*\* 정회원, 중앙대학교 토목공학과 교수

\*\*\* 정회원, 안동대학교 토목환경공학과 석사과정

## 2. 실험 개요

### 2.1 사용재료

#### (1) 시멘트

본 연구에 사용된 시멘트는 H사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표 1.과 같다.

#### (2) 골재

본 연구에 사용된 잔골재는 낙동강산(경북 안동시) 하천사, 굵은골재는 안동산(경북 안동시) 부순돌을 이용하였으며, 이들의 물리적 성질은 표 2. 및 표 3.과 같다.

#### (3) 철근

콘크리트 공시체 내의 철근부식 촉진시험을 위한 철근은 D19인 이형철근을 사용하였다.

#### (4) 방청제

콘크리트 내의 철근의 부식억제 효과를 규명키 위하여 본 연구에 사용된 방청제는 A사 및 B사 제품이며, 이들의 품질 특성은 표 4.와 같다.

#### (5) 고성능 감수제

본 연구에 사용된 화학혼화제는 고강도 및 유동화 콘크리트용으로 사용되고 있는 나프탈렌계의 고성능 감수제(표준형, K사)를 사용하였다.

#### (6) 염화나트륨

콘크리트 내의 염분농도를 조절하기 위하여 고체상태의 공업용 염화나트륨(순도 96% 이상)을 미분쇄하여 콘크리트 혼합수 중에 첨가하였다.

표 1. 시멘트의 물리적 성질

시멘트 종 류	비중	응결시간		분말도 ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	압축강도 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )		
		초결(min)	종결(hr)		$f_3$	$f_7$	$f_{28}$
보 통 포틀랜드	3.15	250	6.2	3,400	235	330	400

표 2. 잔골재의 물리적 성질

항 목 시 료	비중	흡수율 (%)	단위용적 중 량 ( $\text{tf}/\text{m}^3$ )	200번체 통과량 (%)	조립률
하천사 (낙동강산)	2.60	1.47	1.597	2.2	2.43

표 3. 굵은골재의 물리적 성질

항 목 시 료	굵은골재 최대치수 (mm)	비중	흡수율 (%)	단위용적 중 량 ( $\text{tf}/\text{m}^3$ )	조립률	마모율 (%)
부순돌 (안동산)	25	2.68	0.58	1.648	7.27	28.5

표 4. 방청제의 품질 특성

제품 회사	비중	pH	첨가량 ( $\text{l}/\text{m}^3$ )	고형분 (%)	빙점 ( $^{\circ}\text{C}$ )
A사	1.3	$9 \pm 1$	10~30	32~36	-15
B사	1.3	$7 \pm 1$	5.0	38	-

### 2.2 실험방법

#### (1) 공시체 제작

본 연구에서는 콘크리트 내의 철근 방식법으로서 방청제 사용법 및 음극방식법의 방식성능을 규명하기 위하여, 콘크리트 내의 염분 농도를 잔골재 중량비로 0.1%, 0.2% 및 0.5%로 변화시키면서 각주형 철근콘크리트 공시체(15×15×25cm)를 제작하였다. 공시체는 성형 후 3일 경과하여 거푸집을 제거하였으며, 공시체의 수분증발을 방지하기 위해 부식촉진시험 전인 재령 28일까지 비닐로 덮어 양생하였다. 이때 방청제 첨가량은 각 제품 회사의 표준 사용량(A사: 10 l/m<sup>3</sup>, B사: 5.0 l/m<sup>3</sup>)으로 하였으며, 음극방식법을 적용한 시험체는 양극재로서 티탄메쉬를 사용하였다.

한편, 방청제가 콘크리트의 강도특성에 미치는 영향을 파악하기 위해 방청제 사용유무에 따른 콘크리트 공시체를 추가 제작하였다.

표 5.는 콘크리트 내의 철근부식 촉진시험 및 압축강도 시험을 위한 콘크리트의 배합표를 나타낸 것이다.

표 5. 콘크리트의 배합표

NaCl((%) (잔골재 중량비))	방식법	G <sub>max</sub> (mm)	Slump (cm)	V <sub>a</sub> (%)	W/C (%)	S/a (%)	단 위 량(kgf/m <sup>3</sup> )				고성능 감수제 (C×%)	
							W	C	S	G		
0.1	기준 콘크리트	25	16±2	4.0±1.0	51	40	184	360	689	1,065	1.6	
	방청제											A사
												B사
음극방식												
0.2	기준 콘크리트											
	방청제											A사
												B사
음극방식												
0.5	기준 콘크리트											
	방청제	A사										
		B사										
음극방식												

## (2) 실험방법

### ① 철근부식 촉진시험

콘크리트 내의 철근의 부식특성을 규명하기 위해서는 실제 부식환경하에서의 실험이 효과적이거나, 이는 장기간 소요되기 때문에 여러 가지 변수에 의해 부식특성을 파악하는 데는 비효율적이다. 따라서 본 연구에서는 「일본콘크리트공학협회」의 건습반복법에 의한 콘크리트 내의 철근의 부식촉진시험법에 따라 촉진시험을 수행하였다.

한편, 음극방식법을 적용한 시험체는 부식촉진시험 기간 동안 초기의 자연 전위(-200mv)로부터 음극으로 200mv 분극시키는 방식전류를 가하였다. 표 6.은 철근콘크리트 공시체의 부식촉진시험 조건을 나타낸 것이다.

표 6. 철근콘크리트 공시체의 부식촉진시험 조건

실험방법 실험조건	습윤기간(3일)	건조기간(4일)	1사이클	비고
건습반복	65℃, 90% R.H.	15℃, 65% R.H.	7일	20 사이클 실시

## ② 압축강도 시험

방청제가 콘크리트의 강도특성에 미치는 영향을 파악키 위한 압축강도 시험은 KS F 2405 (콘크리트의 압축강도 시험 방법)에 따라 재령별(3일, 7일, 28일, 91일, 182일)로 하였으며, 재령 270일, 360일 및 720일 강도시험을 위한 공시체는 현재 양생 중이다.

## 3. 결과분석 및 고찰

### 3.1 방식법에 따른 철근의 부식 성능

방식법에 따른 철근의 부식 특성을 규명하기 위하여 방청제 및 음극방식법 각각을 사용한 시험체에 대해서 건습반복법에 의한 부식촉진시험을 수행한 후 시험체를 파괴하여 철근의 부식면적률을 측정한 결과는 그림 1.과 같다. 즉, 음극방식법을 적용한 시험체는 콘크리트 내의 염분함량에 관계없이 철근표면의 부식발생이 나타나지 않아, 완전 방식효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 음극방식법은 방식효과만으로 볼 때 염분함량의 다소에 관계없이 적용할 수 있는 매우 강력한 방식수단인 것으로 판단된다. 그러나 이 방법은 시공이 복잡하고 설치비가 고가이기 때문에, 음극방식법 적용시 타 방식법과 경제성 및 효과 등을 사전에 충분히 검토하여야 할 것으로 생각된다. 한편, 방청제를 사용한 시험체는 제품 회사별로 철근의 방식성능의 차가 큰 것으로 나타났는데, 예를 들면 A사 제품을 사용한 경우는 염분함량 0.2%까지 부식발생이 나타나지 않았고, 염분함량 0.5%인 경우 부식면적률도 방청제를 사용하지 않은 기준 콘크리트보다 크게 감소하는 것으로 나타났으나, B사 제품을 사용한 경우는 기준 콘크리트의 경우와 마찬가지로 염분함량 0.1%부터 부식발생이 나타났으며 철근의 부식면적률도 A사 제품의 경우보다 크게 나타났다. 따라서, 콘크리트 내의 철근의 방식법으로 방청제를 사용할 경우, 사전 성능시험을 반드시 거쳐야 할 것으로 판단된다.

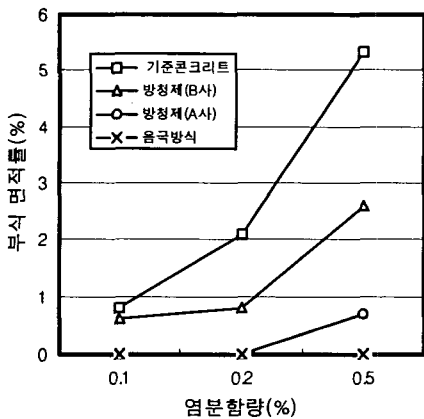


그림 1. 방식법에 따른 철근의 부식특성

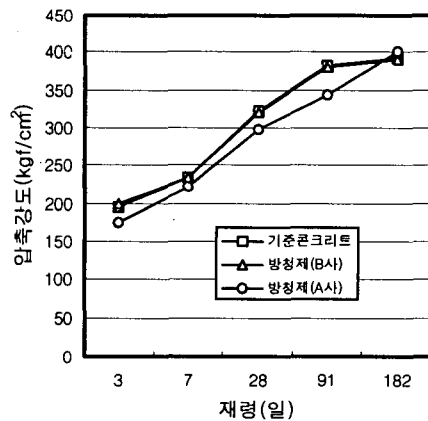


그림 2. 방청제 사용 유무에 따른 재령별 압축강도

### 3.2 방청제가 콘크리트의 강도특성에 미치는 영향

본 연구에 사용된 방청제가 콘크리트의 강도특성에 미치는 영향을 파악키 위하여 방청제 사용유무

에 따라서 재령별로 강도 시험을 수행하였는데, 그 결과는 그림 2.와 같다. A사 제품을 사용한 콘크리트의 압축강도는 기준 콘크리트의 경우보다 약간 저하되나 장기강도 발현성상에는 특이한 결과가 나타나지 않았으며, B사 제품을 사용한 경우는 시험한 전 재령(재령 3일~182일)에 걸쳐서 기준 콘크리트의 경우와 거의 동일하게 나타났다. 따라서 방청제를 사용한 콘크리트의 압축강도는 제품 회사별로 약간의 차이는 발생할 수 있으나, 방청제가 콘크리트의 장기강도 발현성상에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다.

금후, 현재 양생 중인 방청제 사용 유무에 따른 공시체의 재령 270일, 360일 및 720일의 강도특성까지 규명할 계획이다.

#### 4. 결론

(1) 음극 방식법을 적용한 시험체는 콘크리트 내의 염분함량에 관계없이 철근표면의 부식발생이 나타나지 않아, 완전 방청효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 음극방식법은 시공이 복잡하고 설치비가 고가이기 때문에 음극방식법의 적용시 타 방식법과 경제성 및 효과 등을 사전에 충분히 검토하여야 할 것으로 판단된다.

(2) A사 제품의 방청제를 사용한 시험체는 염분함량 0.2%까지 부식발생이 나타나지 않았고, 염분함량 0.5%인 경우 부식 면적률도 기준 콘크리트보다 크게 감소하는 것으로 나타났으나, B사 제품의 방청제를 사용한 경우는 기준 콘크리트와 마찬가지로 염분함량 0.1%부터 부식발생이 나타났으며, 철근의 부식면적률도 A사 제품의 경우보다 크게 나타났다. 따라서 콘크리트 내의 철근의 방식법으로서 방청제를 사용할 경우, 사전 성능 시험을 반드시 거쳐야 할 것으로 판단된다.

(3) 방청제를 사용한 콘크리트의 압축강도는 제품 회사별로 약간의 차이는 발생할 수 있으나, 본 연구에 사용된 방청제가 콘크리트의 장기강도 발현성상에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다.

(4) 방청제의 방식성능은 물-시멘트비에 따라 달라지므로 금후 이에 관한 연구가 필요하며, 음극방식법의 방식전류는 콘크리트 내에 일정량의 염분이 함유된 경우와 거기에 침투되는 염분이 추가되는 경우는 달라지므로 금후 이에 관한 실험연구도 필요하다.

#### 참고문헌

1. 배수호 외 4인, “방청제에 의한 콘크리트 내의 철근방식법에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, 제12권 1호, 2000. 5, pp. 710~713
2. 日本 콘크리트工學協會, “콘크리트 구조물의 腐蝕·防蝕에 關する 試驗方法ならびに 規準”, 1991. 4
3. 건설교통부, “콘크리트 구조물의 내구성 향상을 위한 철근방식 방안 연구”, 1997. 12
4. 官川豊業, “鹽害(その1, 原因と 腐蝕機構)”, 콘크리트工學, Vol. 32, No. 6, 1994. 6, pp. 66~71
5. 官川豊章, “鹽害(その2, 對策)”, 콘크리트工學, Vol. 32, No. 8, 1994. 8, pp. 73~80
6. 문한영, 김성수, “염화물을 함유한 콘크리트 중의 철근방식을 위한 방청제의 효과”, 콘크리트학회지, 제10권 6호, 1998. 12, pp. 325~333