

# 에노드형 방청제를 사용한 콘크리트중 철근의 부식 억제효과

## Corrosion Protection of Rebar in Concrete Using the Anodic Inhibitor

문 한 영\*      김 성 수\*\*      김 홍 삼\*\*\*      안 기 용\*\*\*  
Moon, Han-Young      Kim, Seong-Soo      Kim, Hong-Sam      Ann, Ki-Yong

### ABSTRACT

Recently it has become general to use the inhibitor with a view to protecting corrosion of rebars in concrete. As the inhibitors used in construction works are almost made in America or Japan, we immediately need to begin home production of inhibitors.

In this paper, to estimate the domestic anodic inhibitor of nitrite in comparison with foreign made inhibitor we made some fundamental experiments of setting time, slump and compressive strength. Besides, we analysed the effect of corrosion protection of inhibitor on the ground of corrosion current, resistance to chloride penetration and diffusion of chloride ingress in concrete.

### 1. 서 론

최근 영종도의 신국제공항을 잇는 연육교, 서해안 고속도로 및 광안대교의 건설공사 등 해상 또는 해양환경하에 건설되는 콘크리트 구조물이 크게 증가할 뿐만 아니라 양질의 하천골재의 고갈로 인한 해사사용이 급증함에 따라 콘크리트 구조물중의 철근부식을 억제하기 위한 대책의 하나로 방청제의 활용이 매우 보편화되고 있는 실정이다.

그러나 현재 대부분의 건설현장에서 사용되고 있는 콘크리트용 방청제는 미국이나 일본에서 개발된 제품이 주로 사용되고 있어 방청제의 국산화가 매우 절실한 현실이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 개발된 아질산염을 주성분으로 하는 에노드형 방청제가 콘크리트의 제 물성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 외국산 방청제 2종류와 국내에서 개발된 방청제를 사용한 콘크리트의 응결시간, 슬럼프 및 압축강도를 측정하였으며, 또한 콘크리트의 염소이온 침투저항성과 전위차 염분확산시험 및 부식전류를 측정하여 콘크리트 시험체 중의 철근의 방청효과에 대하여 비교 고찰하였다.

\* 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*\* 대진대학교 공과대학 토목공학과 전임강사

\*\*\* 한양대학교 토목공학과 대학원

## 2. 실험 개요

### 2.1 사용 재료

- (1) 시멘트 : 비중 3.15, 비표면적  $3,112\text{cm}^2/\text{g}$ 인 S회사의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다.
- (2) 골재 : 잔골재는 비중 2.60, 흡수율 1.00%, 조립률 2.80인 바다모래를 세척하여 사용하였으며, 굵은 골재는 비중 2.74, 흡수율 1.10%, 조립률 7.30인 부순돌을 사용하였다.
- (3) 방청제 : 국내 E회사에서 개발한 아질산계열을 주성분으로 하는 복합성분의 애노드형 방청제 (이하 ACI로 약함)와 외국 수입 방청제 2종류 (이하 B 및 C로 약함)를 콘크리트 중의 염화물 함유량에 대한 각 제품별 추천값을 사용하였다.

### 2.2 실험 방법

- (1) 콘크리트 배합 : 3종류의 방청제를 사용한 단위시멘트량  $370\text{kg}/\text{m}^3$ , 물-시멘트비 50%인 콘크리트의 배합은 표 1과 같다.

Table 1. Mix proportion of concrete

$G_{\text{max}}$ (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit Weight( $\text{kg}/\text{m}^3$ )				Inhibitor ( $\ell/\text{m}^3$ )
					W	C	S	G	
20	8	1	50	44	185	370	787	1055	3

- (2) 콘크리트의 응결시간, 슬럼프 및 압축강도 : 방청제가 콘크리트의 기초물성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 KS F 2436, 2402 및 2405에 의하여 측정하였다.
- (3) 콘크리트의 염소이온 침투저항시험 : 방청제의 사용유무에 따른 콘크리트 중 염화물의 침투확산 정도를 비교하기 위하여 Dhir의 “전위차 염소이온 확산시험”과 ASTM C 1202에 의한 “염소이온 침투저항성 시험”을 실시하였다.
- (4) 부식전류의 측정 : ASTM G 109 시험법에 의하여 그림 1과 같이  $320 \times 228 \times 175\text{mm}$ 의 각주형 시험체를 제작하여 Macrocell을 구성하고 부식을 촉진시키기 위하여 공시체 상단에 3% NaCl용액을 2주간 공급한 후, 2주간 건조를 반복하여 부식 촉진 60일 까지의 부식전류를 측정하여 시간으로 적분한 값을 철근의 총 부식량으로 계산하였다.

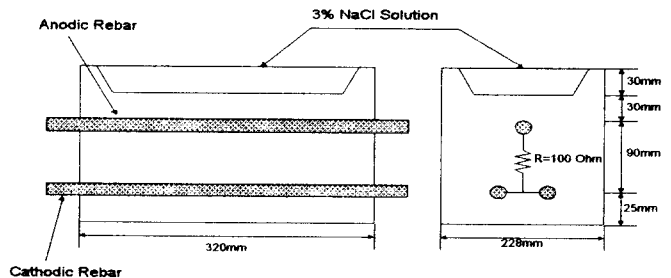


Fig. 1 Schematic description of macrocell test

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 방청제 사용 콘크리트의 기초물성

방청제를 사용한 콘크리트의 기초물성을 파악하기 위하여 3종류의 방청제를 각각 표준량 사용하여 제조한 균질한 콘크리트의 응결시간 및 슬럼프 값을 측정하여 정리한 것이 표 2이며, 경화한 콘크리트의 압축강도를 측정하여 정리한 것이 그림 2이다.

Table 2. Properties of concrete using inhibitor

Item Type	Slump (cm)	Initial set (hour : min.)	Final set (hour : min.)	Compressive strength(kg/cm <sup>2</sup> )		
				7days	28days	60days
Control	8	5 : 37	7 : 45	302	377	394
ACI	9.5	5 : 43	7 : 27	368	403	410
B	10	5 : 48	7 : 50	311	396	416
C	10	5 : 30	7 : 44	323	386	411

표 2에서 방청제 3종류 사용 콘크리트의 응결시간을 방청제를 사용하지 않은 콘크리트(이하 기준 콘크리트 또는 Control로 약함)와 비교해 보면 초결 및 종결시간 다같이 거의 유사함을 알 수 있다. 한편, 방청제를 사용한 콘크리트의 슬럼프 값은 기준 콘크리트보다 약 2cm 정도 큰 값을 나타내었다.

이번에는 방청제 3종류를 사용한 콘크리트의 재령 7, 28 및 60일의 압축강도를 비교한 것이 그림 2로서 이 그림에서 알 수 있듯이 방청제 3종류 사용 콘크리트의 압축강도가 기준 콘크리트와 비교해서 재령에 관계없이 큰 값을 나타내었으며, 특히 ACI 방청제 혼합 콘크리트의 초기재령에서 압축강도가 월등히 크게 나타났다.

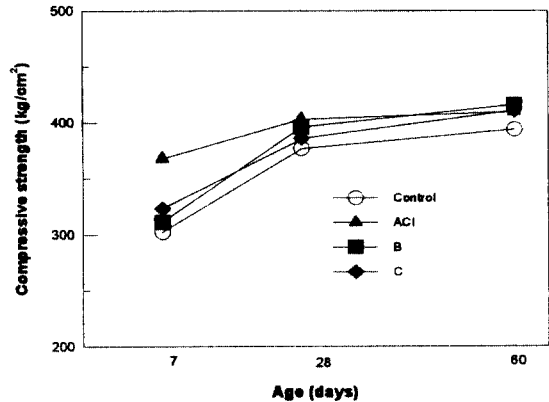


Fig. 2 Compressive strength of concrete using inhibitor

### 3.2 방청제 사용 콘크리트의 염소이온 침투 및 확산

방청제를 사용한 콘크리트의 염소이온의 침투 및 염소이온의 확산 정도를 알아보기 위하여 Dhir의 전위차 염소이온 확산 시험과 ASTM에 의한 염소이온 침투저항 시험을 실시한 결과를 경과시간 별로 정리한 것이 그림 3 및 그림 4이며, 전위차 염분확산 지수로 구한 것이 표 3이다.

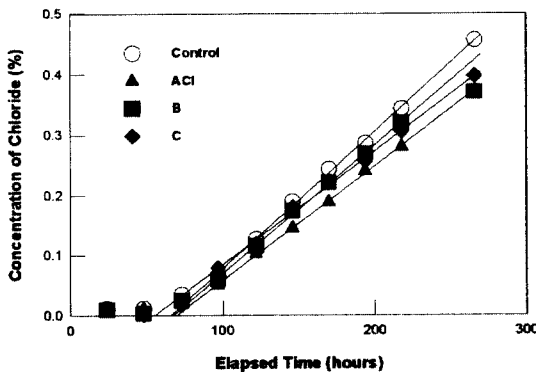


Fig. 3 Chloride of content with elapsed time

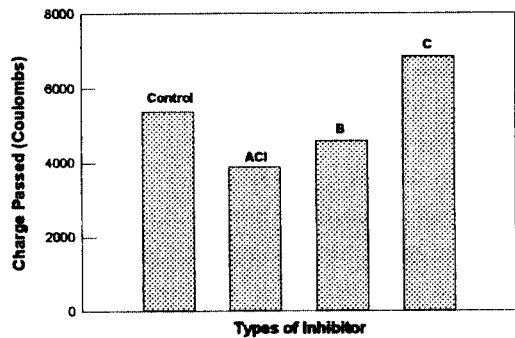


Fig. 4 Charge passed by ASTM C 1202 test

그림 3 및 표 3에서 알 수 있듯이 방청제 3종류 사용 콘크리트의 경과 시간에 따른 염화물의 침투 확산의 정도가 상이할 뿐만 아니라, 방청제 사용 콘크리트의 확산 지수는 기준 콘크리트 보다 작았다.

특히 ACI 방청제를 사용한 콘크리트의 전위차 염분 확산지수가 기준 콘크리트보다 15%정도 작게 나타나는 효과가 있었다.

한편, 그림 4는 염소이온 침투저항성 시험결과를 정리한 것으로서 C-방청제 사용 콘크리트의 통과 전하량이 기준 콘크리트보다 큰 값을 나타내었으며 전위차 염분확산 시험결과와는 상이한 결과임을 알 수 있다.

그 이유는 염소이온 침투저항성 시험방법이 콘크리트 시험편을 통과하는 전류를 측정하여 구한 것으로 단순히 콘크리트의 전기적 전도성과 관련된 물성값을 나타내기 때문인 것으로 생각된다.

### 3.3 방청제 사용 콘크리트 중의 철근부식 억제

방청제를 사용한 콘크리트 중의 철근부식 억제효과를 알아보기 위하여 측정된 부식전류를 시간으로 적분한 값을 누계하여 총 부식량(전하량)으로 나타낸 것이 그림 5이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 총 부식량은 기준 콘크리트가 약 10Coulombs인데 비하여 방청제를 사용한 콘크리트의 경우는 총 부식량이 현저하게 감소됨을 알 수 있으며 ACI 방청제를 사용한 콘크리트는 부식이 거의 발생하지 않음을 알 수 있다.

그런데 ASTM G 109에서는 최소 6개월까지의 촉진 부식에 의한 시험결과를 평가하도록 추천하고 있으므로 본 실험연구에서도 앞으로 추가적인 측정 및 연구 고찰을 계속해서 수행할 계획임을 밝혀둔다.

## 4. 결 론

- (1) 방청제가 콘크리트의 기초적 물성 즉 응결시간, 슬럼프 및 압축강도 등에 미치는 영향을 평가한 결과 방청제 사용 콘크리트의 유동성과 압축강도는 기준 콘크리트보다 오히려 좋은 결과를 나타내었으나, 응결시간은 거의 유사함을 알 수 있었다.
- (2) 방청제 사용 콘크리트의 전위차 염소이온 확산시험결과 확산 지수는 기준 콘크리트 보다 작았으며, ACI 방청제를 사용한 콘크리트의 전위차 염분 확산지수가 기준 콘크리트보다 약 15%정도 작게 나타나는 효과가 있었다.
- (3) 방청제 사용 콘크리트중의 철근부식 전하량을 측정해 본 결과, 기준 콘크리트가 약 10Coulombs인데 비하여 방청제 3종류 사용 콘크리트의 총 부식량이 현저하게 감소되었으며, ACI 방청제 사용 콘크리트는 부식이 거의 발생하지 않는 좋은 효과가 있음을 알 수 있었다.

### 참고 문헌

1. Arnon Bentur etc : "Steel Corrosion in Concrete", 1992

Table 3. PD Index of concrete using inhibitor

Item Type	PD Index	PD Index ratio (%)
Control	$6.045 \times 10^{-7}$	100
ACI	$5.136 \times 10^{-7}$	84.9
B	$5.710 \times 10^{-7}$	94.5
C	$5.629 \times 10^{-7}$	93.1

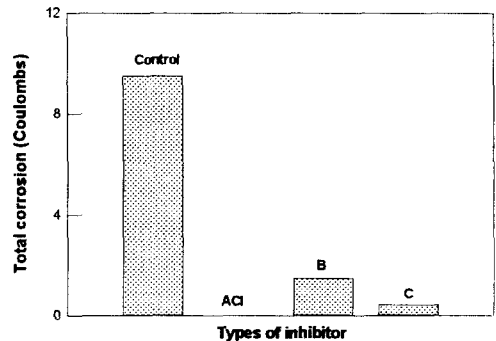


Fig. 5 Total corrosion in macrocell