

콘크리트 중의 철근방식을 위한 방청제의 적용

Application of Corrosion Inhibitors to Protect the Corrosion of Reinforcement in Concrete

문 한 영^{*}

Moon, Han Young

김 성 수^{**}

Kim, Seong Soo

김 홍 삼^{***}

Kim, Hong Sam

안 기 용^{****}

Ann, Ki Yong

Abstract

Corrosion inhibitors are widely used to protect chloride-induced corrosion of reinforcement in concrete. However, the number of researches on the corrosion of reinforcement, when corrosion inhibitor is used, is not enough for actual application in the field.

In addition, on corrosion of reinforcement a quantitative standard about corrosion inhibitor does not exist and the data about its influencing concrete are relatively rare.

In this study, the effectiveness of rebar corrosion protection, setting time, compressive strength, chloride ion's penetration, and diffusion test were performed using with three different kinds of corrosion inhibitors.

1. 서론

해양환경 또는 해사를 사용한 콘크리트 중의 염화물에 의한 철근의 부식을 억제하기 위한 방안으로 콘크리트의 제조 시 방청제를 혼화제로서 널리 사용하고 있으나, 철근의 방식효과에 대한 연구성과나 사용실적에 대한 평가가 국내에서는 아직까지 미흡한 실정이다. 또한, 시공현장에서 방청제를 사용하고자 할 경우 현장의 상황에 따른 방청제의 사용량에 대한 정량적인 기준이 정립되어 있지 않을 뿐만 아니라 콘크리트의 물성에 미치는 영향에 대한 기초자료가 부족한 현실이다.

본 연구에서는 3종류의 방청제를 사용하여 콘크리트 중의 철근부식억제 효과와 방청제의 사용유무에 따른 콘크리트의 응결시간, 압축강도 및 전위차염소이온 확산시험과 염소이온 침투저항시험 결과에 대하여 비교 고찰하였다.

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 대전대학교 이공대학 토목공학과 조교수

*** 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

**** 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정

2. 실험개요

2.1 사용재료

- (1) 시멘트 : 비중 3.15, 비표면적 $3,112\text{cm}^2/\text{g}$ 인 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다.
- (2) 골재 : 잔골재는 비중 2.60, 흡수율 1.00%, 조립률 2.80의 바다모래를 세척하여 사용하였으며, 굵은골재는 비중 2.74, 흡수율 1.10%, 조립률 7.30의 부순돌을 사용하였다.
- (3) 방청제 : 아질산칼슘을 주성분으로 하는 3종류의 애노드형방청제 (이하 A, B 및 C로 약함)를 콘크리트 중의 염화물량에 대하여 회사별 추천 값을 사용하였다.

2.2 실험방법

- (1) 모르터 중의 철근부식 시험 : 염화물 0, 1.5, 3 및 $6\text{kgf}/\text{m}^3$ 에 각각 해당하는 방청제의 양을 결정하여 물-시멘트비 48.5%, 시멘트와 모래의 중량비 1:2.45의 표준배합의 모르터를 제조하여 28일간의 수중양생을 실시하였다. 재령 28일에서 전기화학적 기법을 이용하여 모르터 중의 철근부식속도를 측정하였다
- (2) 콘크리트의 염소이온 침투저항시험 : Dhir의 “전위차 염소이온 확산시험” 및 ASTM C 1202에 의한 “염소이온 침투저항시험”을 실시하였다.

2.3 콘크리트의 배합

물-시멘트비 50, 60% 및 단위시멘트량 370, $308\text{kgf}/\text{m}^3$ 인 2종류의 표 1과 같은 콘크리트 배합에 대하여 방청제 세종류를 각각 사용한 여섯가지 배합과 방청제를 사용하지 않은 두가지 배합으로 실험을 실시하였다.

Table 1 Mix proportion of concrete

G_{\max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit Weight(kgf/m^3)				Inhibitor (ℓ/m^3)
					W	C	S	G	
20	8	1	50	44	185	370	787	1055	3
20	8	1	60	46	185	308	846	1046	3

3. 실험결과 및 고찰

3.1 방청제 사용 콘크리트의 기초물성

아질산칼슘을 주성분으로 하는 무기계 방청제의 사용량을 달리한 콘크리트의 응결시간을 측정한 결과가 그림 1로서 방청제의 사용량이 증가하는데 따라 초결 및 종결시간이 크게 감소함을 알 수 있었다. 그러나 해사 사용시 방청제의 표준사용량에 해당되는 $3\ell/\text{m}^3$ 를 사용한 콘크리트의 경우, 방청제를

사용하지 않은 콘크리트(이하 기준콘크리트 또는 Control로 약함)와 응결시간에서 큰 차이가 없었으며, KS F2561의 방청제 성능규정 ± 60 분 이내임을 알 수 있었다. 한편, 방청제 3종류를 사용한 콘크리트의 압축강도를 재령별로 정리한 것이 그림 2이다. 방청제를 사용한 콘크리트의 압축강도는 물-시멘트비에 관계없이 재령과 더불어 증가하였으며 기준콘크리트보다 강도발현이 좋음을 알 수 있었다. 이는 아질산칼슘을 주성분으로 하는 무기계의 방청제를 사용한 콘크리트의 압축강도가 방청제를 사용하지 않은 콘크리트의 압축강도보다 크다고 하는 Berke의 연구보고와도 일치한다.

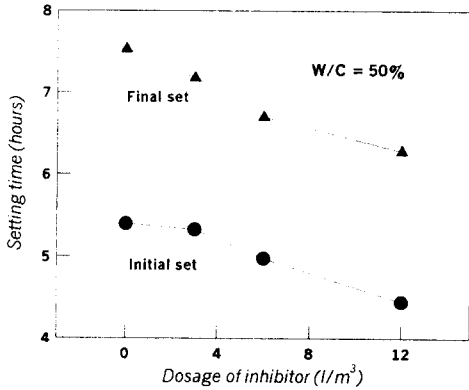


Fig.1 Setting time of concrete using inhibitors

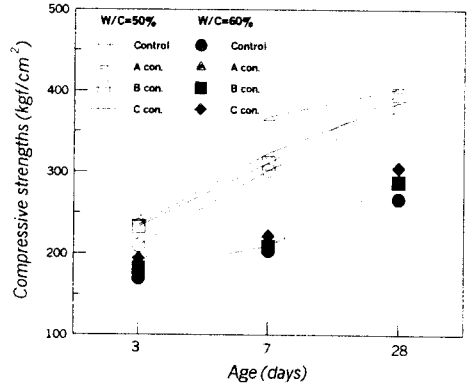


Fig.2 Compressive strengths of concrete

3.2 방청제 사용 콘크리트 중의 염소이온 침투저항성

방청제 3종류를 사용한 콘크리트 시험편의 경과시간 266시간까지의 전위차 염소이온 확산시험결과를 나타낸 것이 그림 3이다. 이 그림에서 콘크리트 시험편을 통과한 염화물의 농도는 시간이 경과함에 따라 직선적으로 증가하였으며, 방청제의 종류에 따라 기울기가 상이함을 알 수 있었다.

이때 그림 3의 직선 기울기로부터 구한 확산지수가 표 2로써 기준콘크리트의 확산지수(PD Index)에 비하여 방청제를 사용한 콘크리트의 확산지수가 작게 나타남으로써, 방청제를 사용한 콘크리트가 염소이온의 침투에 대한 저항성이 좋음을 알 수 있었다.

Table 2 PD Index by Dhir's test

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

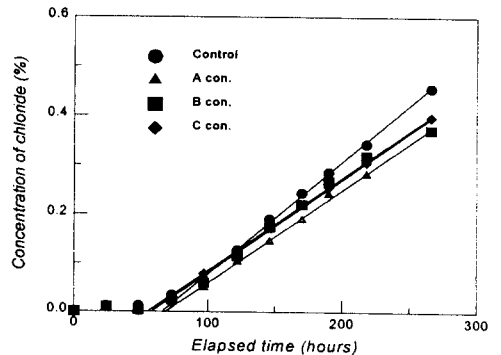


Fig. 3 Diffusion of chloride ion by Dhir's test

한편 ASTM C 1202의 “염소이온 침투저항시험” 결과를 정리한 것이 그림 4이며, 기준콘크리트의 통과전하량이 방청제를 사용한 콘크리트에 비해 작은 값을 나타냄으로써 Dhir’s test에서 얻은 표 2의 확산지수와는 상반되는 결과를 나타내었다. 그 이유는 염소이온 침투저항시험은 양단에 60V라는 높은 전압을 걸어줌으로써 온도에 의한 영향인 Joule’s effect의 가능성이 있을 뿐만 아니라 콘크리트의 침투 이온의 양을 직접 측정하는 방법이 아닌 양단에 흐르는 전류를 통해 이온의 양을 간접적으로 측정하는 방법

이다. 그러므로 콘크리트의 이온 투과성보다는 전기적인 영향을 더 많이 받음으로써 방청제를 사용한 콘크리트의 통과전하량이 더 높은 값으로 나타났다고 생각된다.

3.3 방청모르터 중의 철근부식

염화물 첨가량 및 방청제의 사용량에 따른 철근부식속도의 관계를 정리한 것이 그림 5이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 염화물의 첨가량에 관계없이 염화물과 방청제간의 비가 증가할수록 철근의 부식속도는 증가하였으며, 염화물과 방청제의 증가비와 부식속도 사이에는 직선적인 관계를 나타내었다. 한편, 염화물이 없는 조건의 부식속도인 $0.4\mu\text{m}/\text{year}$ 에 해당되는 수준으로 부식속도를 억제하기 위해 필요한 적정 방청제의 사용량은 염화물/방청제의 비가 약 0.4정도 이하라야 함을 알 수 있었다.

4. 결론

- (1) 방청제를 사용한 콘크리트의 응결시간과 압축강도를 측정된 결과, 방청제의 사용량이 증가함에 따라 초결과 종결시간은 감소되었으며, 압축강도는 기준콘크리트보다 크게 향상됨을 알 수 있었다.
- (2) 방청제를 사용한 콘크리트의 염소이온 침투저항시험결과 기준콘크리트가 방청제 사용 콘크리트에 비하여 통과전하량이 작게 나타났으나, Dhir’s test에 의한 전위차 염소이온 확산시험의 결과에서는 방청제 사용 콘크리트의 확산지수가 작게 나타났다.
- (3) 모르터 중의 철근부식속도와 염화물/방청제비와의 관계를 정리해본 결과 이들 사이에는 직선적인 관계를 나타내며, 철근의 부식억제를 위한 방청제의 적정 사용량을 산정할 수 있었다.

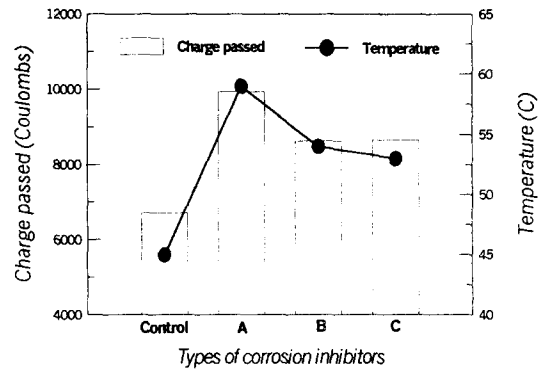


Fig. 4 Charge passed by ASTM C1202 test

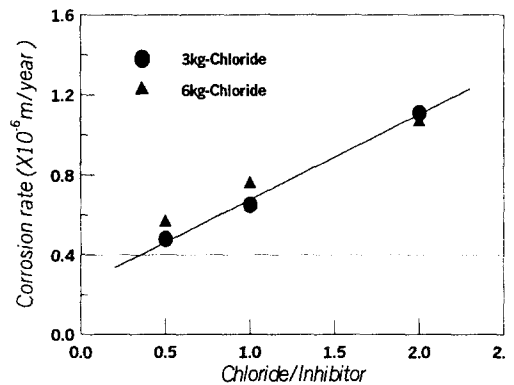


Fig 5. Corrosion rate vs Chlorides/Inhibitor