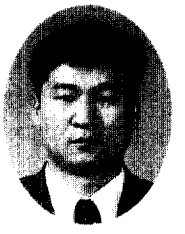
염화물을 함유한 콘크리트 중의 철근방식을 위한 방청제의 효과

Effect of Corrosion Inhibitor for Reinforcing Steel in Concrete Containing Chlorides



문한영* 김성수**

Moon, Han-Young Kim, Seong-Soo

ABSTRACT

Under the seawater environment, the reinforced concrete structure is deteriorated due to physical and chemical attacks. The main deterioration mechanism is the chloride corrosion of reinforcing steel.

The corrosion inhibitors have been used to protect the rebars from corrosion which are susceptible to chlorides in concrete. However, there is not clear conclusion about corrosion inhibitors yet. In this study, it is made the accelerated experiment with 3 kinds of corrosion inhibitors for various chloride ingresses.

It is estimated corrosion inhibitors by Half-Cell Potential, corrosion area ratio and weight loss ratio. It is concluded that inhibitors are not effective to corrosion inhibition for excessive chloride ingress. However, the effect of inhibition is directly proportional to contents of corrosion inhibitors in some chloride ingress.

Keywords : corrosion inhibitors, chlorides, Half-Cell Potential, corrosion area ratio

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 대진대학교 이공대학 토목공학과 전임강사

·본 논문에 대한 토의를 1999년 4월 30일까지 학회로 보내 주시면 1999년 6월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

바다속 또는 해안가와 같은 염화물 환경하에서 건설되는 콘크리트 중의 철근의 부식을 방지하는 가장 일반적인 방법으로서는 콘크리트 덮개를 충분히 확보하고 밀실한 콘크리트가 되도록 시공함으로서 철근의 부식을 유발하는 염화물과 수분의 침입 및 산소의 공급을 차단하는 방안을 들 수 있다. 그러나, 염화물환경하에 놓인 콘크리트 구조물이 혹심한 동결융해의 반복작용 및 조수간만의 영향으로 건습의 반복작용 등을 받을 경우 콘크리트만으로 철근의 부식을 억제하는데는 한계가 있다. 이러한 환경에 건설되는 콘크리트 구조물의 경우 외국에서는 콘크리트 구조물에 대한 적극적인 철근방식법의 개발 연구가 활발히 진행되고 있다.[1~4]

특히 근년에 와서 콘크리트 중의 철근부식을 억제하기 위한 방안으로 철근을 에폭시 등으로 코팅한 도장철근을 사용하는 방법, 콘크리트 중의 철근에 방식전류를 공급하는 전기방식법 또는 유기 및 무기방청제를 콘크리트 혼합시 사용하므로서 철근부식을 억제하고자하는 연구 및 시공실적이 보고되고 있다.[5,6] 콘크리트 중의 철근의 부식을 억제하기 위하여 사용되는 방청제는 염화제1주석, 염화아연, 염화납, 질산나트륨 및 질산칼슘을 주성분으로 하는 무기방청제와 아질산아민, 안식향산염(sodium benzoate), 에칠아닐린 및 메르캅토벤조시어졸(mercaptobenzothiazole) 등을 주성분으로 하는 유기방청제가 주로 사용되고 있다.[7,8] 특히, 질산나트륨을 주성분으로 하는 방청제는 유럽에서 방청성능이 유효한 것으로 사용되어 왔으며, 미국에서도 질산칼슘 및 질산나트륨을 주성분으로 하는 방청제는 콘크리트의 성질에 나쁜 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다.[8] 그러나 국내에서는 아직까지 방청제를 사용하여 콘크리트 중의 철근방식에 대한 연구성과나 사용실적이 많지 않은 것 같다.

본 연구에서는 염화물을 함유한 콘크리트 중의 철근의 부식을 억제하기 위한 방안으로 콘크리트용 방청제를 사용하여 철근의 부식억제 효과를 고찰하기 위하여 3종류의 방청제와 사용량을 변화시킨 시험체를 제작하여 부식촉진실험을 실시하였다. 그리고 시험체 중의 철근의 자연전위와 부식면적 및 중량감소를 측정하여 방식효과를 평가하므로서 염화물의 영향을 받는 해양환경하에 건설될 철근콘크리트 구조물의 방식효과에 대한 기초 및 평가자료를 얻고자 한다.

2. 실험개요

Table 1 Chemical composition and physical properties of cement

Chemical composition (%)							Specific gravity	Specific surface (cm^2/g)
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Ig.loss		
21.95	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15	3,112

Table 2 Physical properties of aggregates

Items / Type	Specific gravity	Absorption (%)	F.M	Organic impurities	Unit weight (kg/m^3)	Percentage of solids (%)
Fine agg.	2.60	1.83	2.66	Good	1,584	61.0
Coarse agg.	2.62	1.21	6.83	-	1,586	62.5

Table 3 Physical properties of inhibitors

Items / Type	State	Solubility	Color	Smell	pH	Specific gravity	Viscocity (cps)
NR	Liquid	Good	Brown	Slight	10±1	1.3±0.2	6±2
MCI	〃	〃	〃	〃	11~12	0.88±0.02	-
RI	Solid	〃	Light yellow	〃	8.5	1.29	-

2.1 사용재료

(1) 시멘트 : 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 Table 1과 같다.

(2) 골재 : 시험체의 콘크리트 덮개를 고려하여 굵은골재의 최대치수는 15mm의 강자갈, 잔골재는 한강산 강모래을 사용하였으며, 물리적 성질은 Table 2와 같다.

(3) 방청제 : 질산나트륨을 주성분으로한 무기방청제인 NR-1900(이하 NR로 약함) 및 RI-1(이하 RI로 약함)과 아질산아민를 주성분으로한 유기방청제인 MCI-2000(이하 MCI로 약함)를 사용하였으며, 표준사용량은 염화물 함유량이 1.5kg/m3일 때 NR 및 MCI가 각각 1.5 및 0.7ℓ/㎥, RI는 2.0kg/㎥ 정도이며, 물리적성질은 Table 3과 같다.

(4) 철 근 : 직경10mm의 원형강봉(SR24)을 아세톤으로 표면을 깨끗이 닦아 사용하였다.

2.2 실험방법

(1) 실험조건 : 콘크리트 배합시 혼입염화물량은 각각 1.5, 3 및 6kg/m^3을 혼합하였으며, 방청제는 표준사용량을 기준으로 염화물량에 따라 Table 4에서와 같이 혼합하였다.

Table 4 Test variables

Inhibitors	NaCl (kg/m^3)	Dosage of Inhibitors	Specimen Labels
None	1.5	0	C15
	3.0	"	C30
	6.0	"	C60
NR	1.5	1.5 l/m^3	C15N15
	1.5	3.0 "	C15N30
	3.0	3.0 "	C30N30
	6.0	4.5 "	C60N45
RI	1.5	2.0 kg/m^3	C15R20
	1.5	4.0 "	C15R40
	3.0	4.0 "	C30R40
	6.0	6.0 "	C60R60
MCI	1.5	0.7 l/m^3	C15M07
	1.5	1.4 "	C15M14
	3.0	1.4 "	C30M14
	6.0	2.1 "	C60M21

(2) 공시체의 제작 및 자연전위의 측정 : 10×10×20cm의 콘크리트 시험체 속에 직경 10mm의 원형강봉을 매입깊이 1 및 2cm로 묻고 양단면을 에폭시로 코팅하여 제작하였으며, 콘크리트 중의 철근의 자연전위는 포화황산동전극을 사용하여 Fig.1과 같이 측정하였다.

(3) 철근의 부식촉진시험 : 일본콘크리트공학협회규준(안)[9]에 규정된 "염화물을 함유한 콘크리트 중의 보강용 강봉의 촉진부식시험방법"에서 건습반복법을 참조하여 콘크리트 공시체를 항온항습기를 사용하여 온도 60±5℃ 및 습도 90%로 3일, 온도 20±5℃ 및 습도 60%로 4일을 1싸이클로 24싸이클까지 Fig. 2와 같은 조건으로 실시하였다.

(4) 철근의 부식면적율 : 부식촉진 시험을 거친 콘크리트 속의 철근을 꺼내어 트래이싱지에 부식 부분을 표시하고 방안지에 의해 철근의 부식면적을 측정하여 전체 철근면적에 대한 비율로서 부식면적율로 나타내었다. 부식면적은 철근표면의 공식 및 붉은 녹 부분을 포함한 것임.

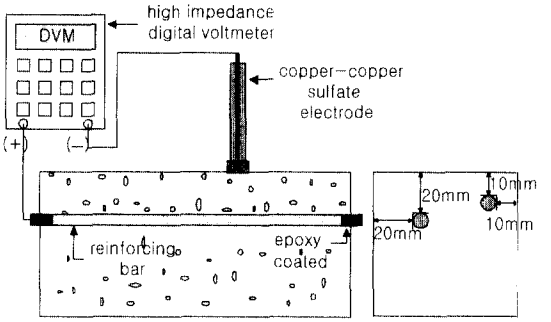


Fig. 1 Specimen configuration and testing set-up of Half-Cell potential

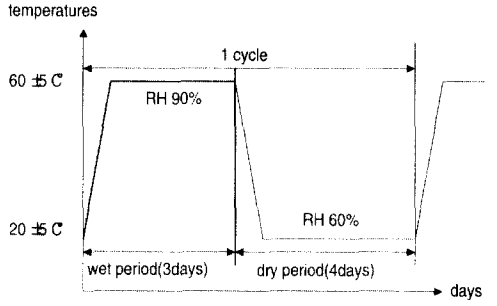


Fig. 2 Condition of accelerated test

(5) 철근의 중량감소율 : 콘크리트 속의 철근을 꺼내어 60℃의 10%구연산암모늄용액에 적당한 시간동안 침지한 후 브러쉬로 부식생성물을 제거하고, 철근표면을 세정하여 건조한 후 중량을 측정하였으며, 다음과 같은 식에 의해 방청효율로 나타내었다.

$$\text{방청효율}(\%) = \frac{P-I}{P} \times 100$$

P : 방청제를 사용하지 않은 콘크리트 중의 철근의 중량감소율(%)

I : 방청제를 사용한 콘크리트 중의 철근의 중량감소율(%)

2.3 콘크리트의 배합

콘크리트의 배합은 Table 4에서 서술한 방청제의 종류와 사용량이 상이한 총 15배합으로 Table 5와 같으며, 슬럼프를 확보하기 위하여 고성능유동화제(SP)를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 염화물를 혼입한 콘크리트 중의 철근부식

염화물을 각각 1.5, 3.0 및 6.0kg/m^3 혼입한 콘크리트 중에 덮개 1 및 2cm로 철근을 매입하고 철근의 부식을 촉진시켜 싸이클수에 따른 자연전위값의 변화를 측정하여 정리한 것이 Fig. 3 및 Fig. 4이다. 이들 그림에서 염화물을 혼입하지 않은 콘크리트 중의 철근의 자연전위값이 -180~-250mV정도인데 비해 염화물을 혼입한 콘크리트 중의 철근은 자연전위값이 -250~-350mV 정도로 낮은(卑) 전위를 나타내고 있어 철근의 부식이 시작되고 있음을 알 수 있으며, 부식촉진시험 초기부터 자연전위값이 급격히 낮아지고 있는 것을 알 수 있다.

먼저 Fig. 3에서 철근의 부식이 진행되는 것으로 판단되는 자연전위값 -350mV이하로 낮아지는 촉진싸이클수를 살펴보면 염화물량 1.5 및 3.0kg/m^3 혼입한 콘크리트의 경우 4~6싸이클 정도였으며, 6.0kg/m^3 혼입한 콘크리트는 불과 2싸이클 이후부터 낮아지고 있음을 알 수 있다. 한편 Fig.4의 덮개 2cm에서도 염화물을 혼입한 경우 Fig. 3과 같은 유사한 경향을 나타내고 있으며, 자연전위값이 -350mV이하로 낮아지는 촉진싸이클이 염화물혼입량에 따라 3~8싸이클로 다소 늦어짐을 알 수 있다. 이는 동일한 염화물량의 혼입량에도 불구하고 덮개가 클 경우에는 철근의 부식요인인 수분과 산소가 철근에 도달하는

Table 5 Mix proportion of concrete

G_{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m^3)				SP (C×%)
					W	C	S	G	
15	15±1	2.3	50	41	175	350	755	1107	0.41

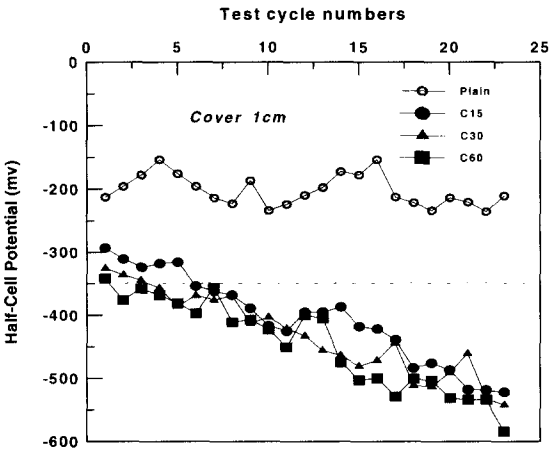


Fig. 3 Half-Cell Potential according to test cycle numbers (cover 1cm)

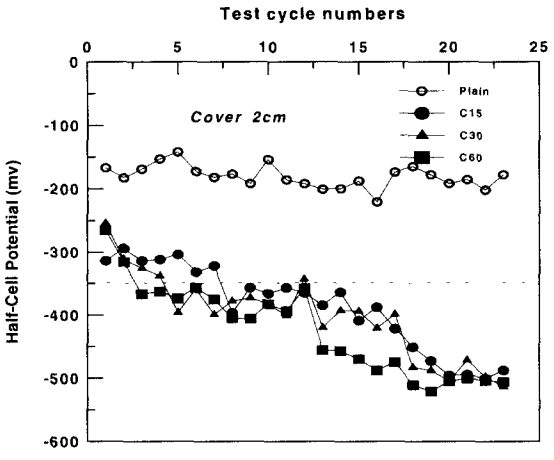


Fig. 4 Half-Cell Potential according to test cycle numbers (cover 2cm)

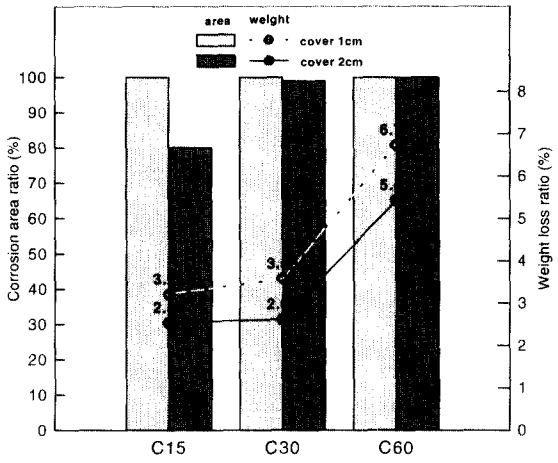


Fig. 5 Corrosion area ratio and weight loss ratio of reinforcing steel

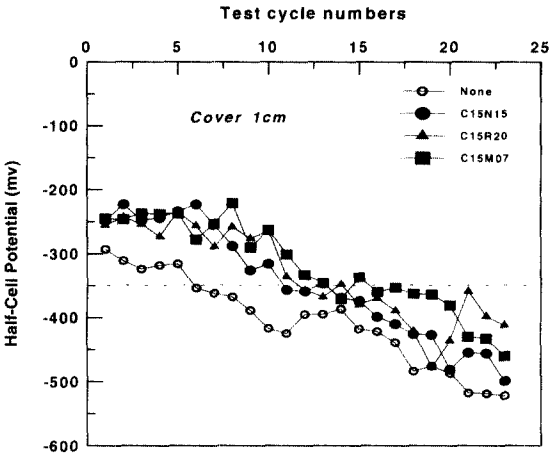


Fig. 6 Half-Cell Potential according to test cycle numbers (NaCl : 1.5kg/m^3)

시간이 지연되므로 부식이 다소 늦어진 탓으로 생각된다.

이번에는 염화물의 혼입량에 따른 철근의 부식정도를 알아보기 위하여 24싸이클의 부식촉진시험 후 철근의 부식면적율과 중량감소율를 측정하여 정리한 것이 Fig. 5이다.

이 그림에서 알 수 있듯이 부식촉진시험 24싸이클 후 덮개 1cm 깊이에 묻은 철근은 전 면적에 걸쳐 부식이 발생하였으며, 덮개 2cm인 경우 염화물을 3.0 및 6.0kg/m^3 혼입한 시험체의 경우에서는 전 면적에 걸쳐 부식이 발생하였다. 한편 철근의 중량감소율은 염화물 혼입량이 1.5 및 3.0kg/m^3 경우 덮개 1cm에서 각각 3.21 및 3.58%정도였으나, 염화물 혼입량이 6.0kg/m^{3}에서는 6.74%로 급격히 증가됨을 알 수 있다. 그러나 덮개 2cm의 경우에는 철근의 부식면적율과 중량감소율이 약간 작은 값을 나타내었다. 이상의 실험결과를 종합해 보면 염화물을 혼입할 경우라도 콘크리트의 덮개가 크면 철근의 부식 및 부식에 따른 중량감소를 줄이는데 유효함을 알 수 있었다.

3.2 염화물의 혼입량에 따른 방청제의 효과

방청제의 철근부식 억제효과을 알아보기 위하여 염화물량을 1.5kg/m^3 혼입하고 방청제를 표준량 사용하였을 때 철근의 부식 촉진싸이클수에 따른 자연전위값을 측정하여 정리한 것이 Fig. 6

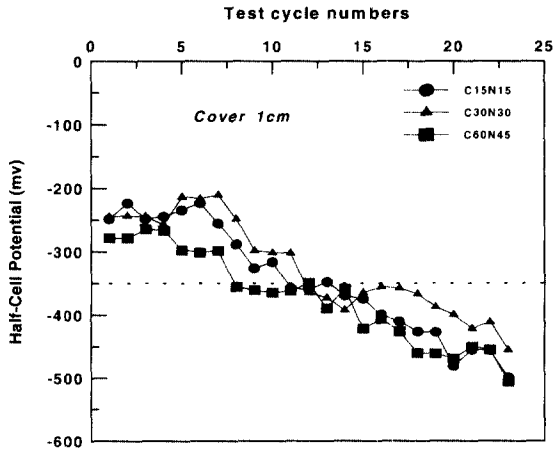


Fig. 7 Half-Cell Potential according to test cycle numbers (NR)

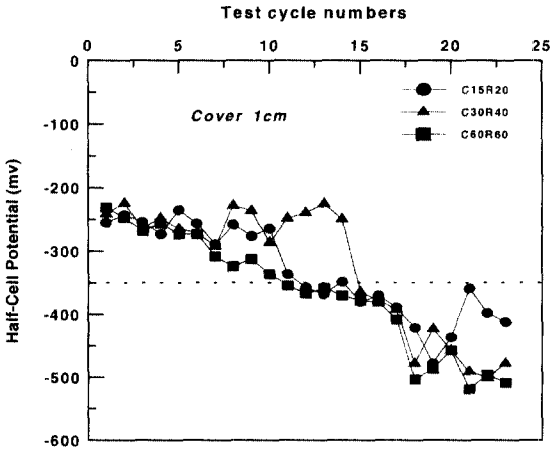


Fig. 8 Half-Cell Potential according to test cycle numbers (RI)

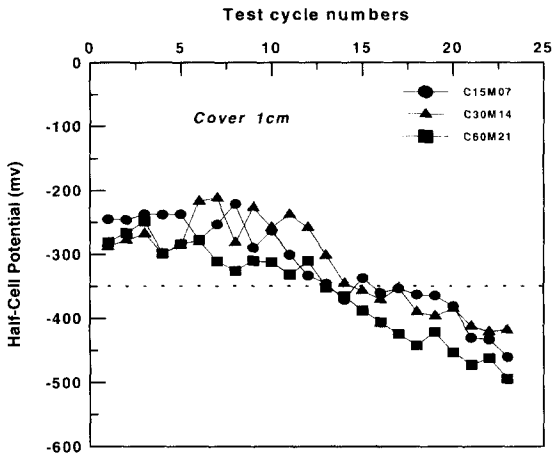


Fig. 9 Half-Cell Potential according to test cycle numbers (MCI)

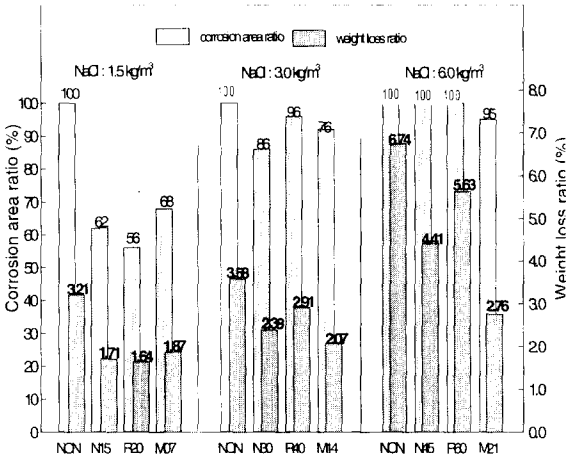


Fig.10 Corrosion area ratio and weight loss ratio of reinforcing steel(cover 1cm)

이다. 이 그림에서 방청제를 혼입하지 않은 경우 철근의 자연전위값이 급속히 낮아지고 있는 반면 방청제를 사용한 콘크리트는 사용하지 않은 콘크리트에 비해 상당히 높은(貴) 자연전위값을 나타냄을 알 수 있었다. 따라서 방청제를 사용함으로서 염화물에 의한 철근의 부동태피막의 파괴를 억제할 수 있어 철근의 부식을 방지하는데 어느 정도 효과가 있을 것으로 사료된다.

염화물량을 1.5, 3.0 및 6.0kg/m^3 혼입하고 3종류 방청제의 사용량을 각각 증가시켜 철근의 부식 촉진싸이클수에 따른 자연전위값을 측정하여 나타낸 것이 Fig. 7, 8 및 9이다. Fig. 7은 무기방청제인 NR을 사용한 경우 염화물량을 1.5 및 3.0kg/m^3 혼입한 경우에는 6싸이클 이후부터 자연전위값이 낮아지고 있으나, 염화물 혼입량이 6.0kg/m^{3}이일 경우에는 4싸이클 이후부터 낮아지며, 유기계 방청제 2종류의 경우 Fig. 8 및 Fig. 9에서도 염화물 혼입량 및 방청제 사용량이 큰 6.0kg/m^{3}인 경우가 자연전위값의 감소가 가장 크게 나타남을 알 수 있다.

염화물혼입량과 방청제의 사용량을 변화시킨 공시체를 24싸이클 동안 부식촉진시킨 후 방청제 종류별 철근의 부식면적율과 중량감소율로 정리한 것이 Fig. 10이다.

이 그림에서 염화물 혼입량 1.5kg/m^3, 방청제의 표준량을 사용했을 경우 부식면적이 56~68%정도로서 부식면적이 크게 감소되는 효과가 있음을 알 수 있다. 그러나, 염화물 혼입량과 방

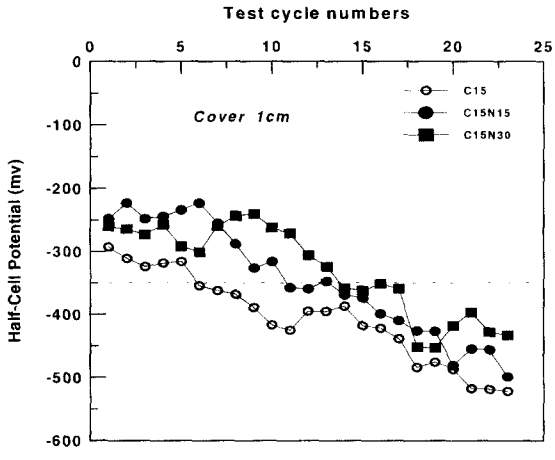


Fig. 11 Half-Cell Potential according to test cycle numbers (NR)

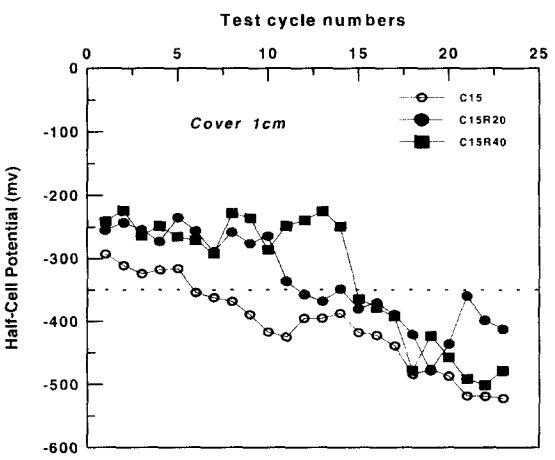


Fig. 12 Half-Cell Potential according to test cycle numbers (RI)

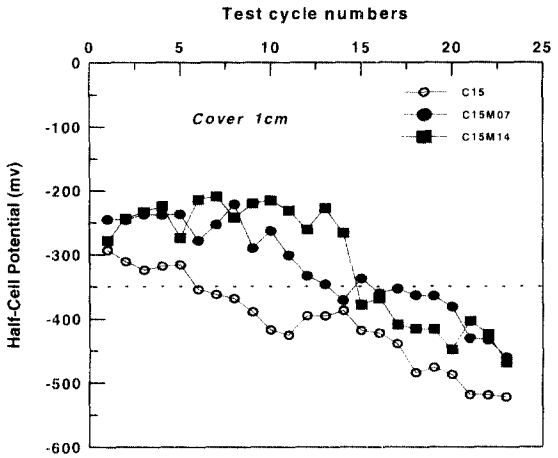


Fig. 13 Half-Cell Potential according to test cycle numbers (MCI)

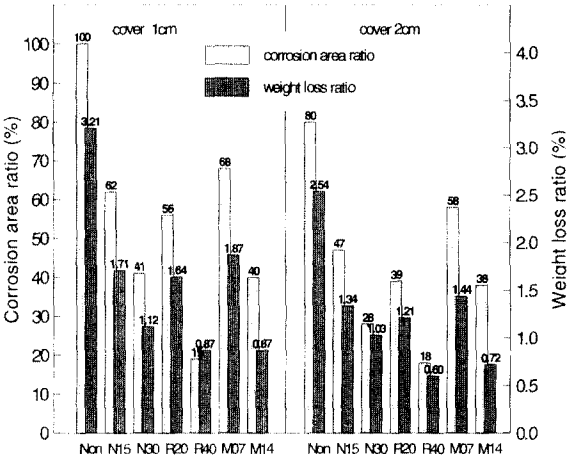


Fig. 14 Corrosion area ratio and weight loss ratio of reinforcing steel

청제의 사용량을 각각 증가시킬수록 부식면적율이 크게 증가됨을 알 수 있으며, 특히 염화물 혼입량이 6.0kg/m^{3}인 경우 부식면적율이 95~100%정도로 크게 나타남을 알 수 있었으며, 이는 염화물 혼입량이 많을 경우에는 방청제의 사용량을 증가시켜도 철근의 방청효과는 비례하여 증가되지 않음을 알 수 있었다.

이상의 결과를 정리한 것이 Table 6이며 방청제를 사용하지 않은 경우에는 자연전위값이 -350mV이하로 내려가는 부식촉진 싸이클수가 덮개 1cm의 경우 2~6싸이클 정도였으나, 방청제를 사용한 경우에는 9~15싸이클 정도 됨을 알 수 있었다. 방청효율의 경우 방청제의 종류에 따라 상당히 상이한 결과를 나타내었으며, 혼입염화물량과 방청제의 사용량이 동시에 증가할수록 NR은 방청효율이 약간 저하되고 있으나 MCI는 방청효율이 증가되고 있음을 알 수 있다. 그러나 RI의 경우에는 방청제를 표준량 사용한 경우 방청효율이 77%로 좋은 방청성능이 있음을 나타내었다. 또한 염화물 혼입량이 많을 경우에는 무기방청제보다 유기방청제인 MCI가 좋은 방청효과를 나타내었으며, 염화물 혼입량과 방청제의 종류에 따라 방청효과가 상당한 차이가 있음을 알 수 있다.

Table 6 Efficiency of protection and Half-Cell Potential as contents of chlorides

종류	염화물 혼입량 (kg/m^3)	방청제 사용량	-350mV이하가 되는 싸이클수		방청효율 (%)*		
			1cm	2cm	1cm	2cm	평균
None	1.5	-	6	8	-	-	-
	3.0		4	5	-	-	-
	6.0	-	2	3	-	-	
NR	1.5	1.5ℓ/m^3	11	14	48	48	48
	3.0	3.0 〃	12	14	36	46	41
	6.0	6.0 〃	9	11	34	43	39
RI	1.5	2.0kg/m^3	12	16	49	52	51
	3.0	4.0 〃	15	16	76	77	77
	6.0	6.0 〃	12	13	16	21	19
MCI	1.5	0.7ℓ/m^3	14	16	42	43	43
	3.0	1.4 〃	15	16	42	47	45
	6.0	2.1 〃	14	16	59	73	66

3.3 방청제의 사용량에 따른 철근의 방청효과

염화물 혼입량을 1.5kg/m^{3}로 동일하게 하고 방청제의 종류별로 각각 사용량을 두배로 증가시켰을 때의 촉진싸이클수에 따른 자연전위값의 변화를 나타낸 것이 Fig.11~Fig.13이다. 먼저 무기방청제인 NR을 사용한 Fig.11의 경우 1.5ℓ/m^{3}를 사용한 경우에는 자연전위값이 6싸이클 이후부터 낮아지는데 비해 표준사용량의 두 배인 3.0ℓ/m^3 사용한 경우에는 10싸이클 이후부터 낮아지고 있으며, 또 다른 방청제를 사용한 Fig.12 및 Fig.13에서도 방청제의 양을 두배로 증가시킨 경우에는 자연전위값이 낮아지는 부식

Table 7 Efficiency of protection and Half-Cell Potential as contents of corrosion inhibitors

종류	염화물 혼입량 (kg/m^3)	방청제 사용량	-350mV 이하가 되는 싸이클수		방청효율 (%)		
			1cm	2cm	1cm	2cm	평균
None	1.5	-	6	8	-	-	-
NR	1.5	1.5 ℓ/m^3	11	14	48	48	48
	〃	3.0 ℓ/m^3	13	15	59	65	62
RI	1.5	2.0kg/m^3	12	16	49	52	51
	〃	4.0kg/m^3	16	16	73	76	75
MCI	1.5	0.7 ℓ/m^3	14	16	42	43	43
	〃	1.4 ℓ/m^3	15	16	72	73	73

촉진 싸이클 수가 다소 지연되어 방청제의 사용량을 증가시킬 경우 방청효과도 증진됨을 알 수 있다. 콘크리트 제조시 염화물을 1.5kg/m^3 혼입하고 3종류의 방청제를 각각 두 단계로 변화시킨 공시체를 24싸이클 동안 부식촉진시킨 후 콘크리트 속의 철근을 꺼내어 부식면적과 중량을 측정하여 부식면적율과 중량감소율로 정리한 것이 Fig.14이다.

이 그림에서 방청제를 사용하지 않은 콘크리트의 경우, 덮개 1cm에서 부식면적율 100%, 중량감소율 3.21%로 나타났으나 방청제를 표준량 사용한 경우에는 방청제의 종류에 따라 56~68% 정도로 부식이 적게 발생하였으며, 부식으로 인한 중량감소는 1.64~1.71% 정도임을 알 수 있다. 그러나 동일한 염화물혼입량에서 방청제를 두 배로 증가해서 사용한 경우 부식면적율은 19~41%정도, 중량감소는 0.87~1.53%로 방청제를 표준량 사용한 경우에 비해 부식면적율과 중량감소율이 상당히 감소되었으며, 방청제의 종류에 따라 정도의 차이가 있음을 알 수 있었다.

Table 7은 위의 결과를 종합하여 정리하여 것으로서, 이 표에서 알 수 있듯이 철근의 부식이 진행되는 것으로 판단되는 자연전위값 -350mV 이하로 낮아지는 촉진사이클수는 덮개 1cm에서 방청제를 혼입하지 않은 경우 6싸이클이였으나, 방청제를 혼입한 경우에는 11~16싸이클로 철근의 부식이 억제되었다. 또한 중량감소에 대한 방청효율은 방청제를 표준량 사용하였을 경우 덮개 1cm에서 42~49%정도 였으나, 동일한 염화물 혼입조건에서 방청제의 사용량을 두 배로 증가시킨 경우 65~75% 정도 방청효율도 증가하였다. 그리고 콘크리트의 덮개가 클수록 철근의 부식을 억제하는 효과가 큼을 확인하였다.

4. 결 론

(1) 염화물을 혼입하지 않은 콘크리트 중의 철근의 자연전위값이 -180~-250mV정도인데 비해 염화물을 혼입한 경우에는 자연전위값이 -250mV~-350mV 정도로 낮은 전위를 나타내었다. 또한 염화물을 혼입하고 덮개 1cm의 철근의 경우, 부식촉진시험 후 철근은 전 면적에 걸쳐 부식이 발생하였으며, 철근의 중량감소율은 염화물 혼입량이 1.5 및 3.0kg/m^3 경우 각각 3.21 및 3.58%정도였으나 염화물 혼입량이 6.0kg/m^3에서는 6.74%로 급격히 증가됨을 알 수 있었다.

(2) 염화물을 혼입하고 방청제를 사용한 콘크리트는 방청제를 사용하지 않은 콘크리트에 비해 상당히 높은 자연전위값을 나타내어 철근의 부식억제 효과가 있었으나, 염화물 혼입량이 많을 경우에는 방청제의 양을 증가시켜도 방청효과가 크게 감소됨을 알 수 있었다. 한편 염화물 혼입량이 많지 않은 경우에는 무기방청제인 NR 및 RI의 방청효과가 좋았으나, 염화물의 혼입량이 클수록 유기방청제인 MCI의 방청효과가 오히려 좋아짐을 알 수 있었다.

(3) 염화물 혼입량을 동일하게 하고 방청제의 양을 두배로 증가시킨 경우에는 자연전위값이 낮아지는 부식촉진 싸이클 수가 다소 지연되는 방청효과가 있었으며, 방청제를 사용하지 않는 경우에 비해 부식면적이 32~81%정도 적게 발생하는 효과가 있었다. 또한 방청효율은 방청제를 표준량 사용할 경우 덮개 1cm에서 40~49%정도였으나, 동일한 염화물 혼입조건에서 방청제의 양을 두 배로 증가시킨 경우에는 52~75% 정도 방청효율이 증가되는 효과가 있었다.

이상의 실험결과는 염화물을 함유한 콘크리트 중의 보강용 강봉의 촉진부식시험 방법을 응용하여 약 5개월에 걸쳐 실시한 내용이므로 실제의 현장보다 상당히 가혹한 조건에 해당되며, 방청제의 종류 및 사용량에 따라 방청효율이 다소 상이하게 나타났다고 생각된다. 그러므로 염화물환경

하에 노출되는 철근콘크리트용 방청제의 표준사용량으로도 비교적 좋은 방청효율을 얻을 수 있다고 사료되며, 방청제의 종류, 구조물의 종류 및 환경조건에 따른 방청제의 적정사용량 및 방청효율에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

참고문헌

1. Baweja, D., Roper, H., Guirguis, S., and Sirivivatnanon, V. "Measurement of Corrosion of Steel Reinforcement under High Chloride Conditions.", Proceedings Fourth International Conference Istanbul, ACI SP-132, 1992
2. 堅野紀元, "鐵筋コンクリート造構造物の耐久性(鐵筋の腐食とその對策)", 鹿島出版會, 1988
3. 蒔田 實, "各種防食法の特徵と實例", コンクリト工學, Vol.19, No. 3, 1981
4. 堅野紀元, "鐵筋の腐食と防食(鐵筋の腐食對策)",セメント·コンクリート化學 とその應用, セメント協會, 1987, pp.71-78
5. Braian B. Hope and Alan K. C. Ip "Corrosion Inhibitors for Use in Concrete" ACI Meterials Journal, Nov.-Dec., 1989, pp.602-608
6. Nishibayashi, S., Hideshima, S., Negami, S., and Takada, M., "The Effect of Admixtures on the Durability of Concrete in Undersea Environment", ACI SP-109, 1988, pp.481-494
7. Nmai, C. K., Farrington, S. A., and Bobrowsk, G. S., "Organic-Based Corrosion-Inhibiting Admixture for Reinforced Concrete." Concrete International, April, 1993, pp.45-51
8. ACI Committee 222, "Corrosion of Metals in Concrete." 1985, pp.11-41
9. 日本コンクリート工學協會, "コンクリート構造物の腐食, 防食に關する試驗方法ならびに規準(案)", 1987
10. Escalante, E., "Effectiveness of Potential Measurements of Estimating Corrosion of Steel in Concrete.", The Third International Symposium on "Corrosion of Reinforcement in Concrete", 1990, pp.281-292
11. Browne, R. D., "Mechanism of Corrosion in Concrete in Relation to Design", Inspection and Repair of Offshore and Coastal Structures, ACI SP-65, 1980
12. 大卽信明, "海洋環境下におけるコンクリートの鹽素含有量", セメント·コンクリート, NO. 421, 1982
13. 田村 博, 永山 勝, 下澤和幸, "鐵筋の腐食モニタリングに關するコンクリートの電氣的特性", コンクリート工學年次論文報告集, 1989, pp.575-580
14. 橫田 優, "電氣化學的手法によるコンクリート中の鐵筋腐食評價", コンクリート工學年次論文報告集, 1990, pp.545-550
15. 文翰英, 金成秀, 柳在碩,"人工海水에 浸漬한 모르터 중의 鐵筋 腐蝕에 대한 硏究," 한국콘크리트학회 학술발표회논문집, 제5권 1호, 1993
16. 天治邦一, 根本 徹, 瀨上光男, "表面被服材ならび浸透性吸水防止材による鐵筋コンクリート造鹽害防止抑制效果に關する實驗", コンクリート工學年次論文報告集, 1991, pp.551-556
17. 高橋正行, 外門正直, 志賀野吉雄, "コンクリート中の鋼材腐食に關する硏究", コンクリート工學年次論文報告集, 1990, pp.435-440
18. 文翰英, 金成秀, "人工海水에서 促進試驗한 모르터 중의 鐵筋腐蝕 評價에 대한 硏究," 大韓土木學會論文集, 第13券 第5號, 1993, pp.67-75
19. 堅野紀元, "鐵筋の腐食と防食(海砂使用による鐵筋の腐食)", セメント·コンクリート化學 とその應用, セメント協會, 1987, pp.58-63
20. 小林明夫, 牛島 榮, 越川松宏, "コンクリート中の鐵筋發金靑に對する塗布抑制劑の效果", コンクリート工學年次論文報告集, 1991, pp.539-544

요 약

염화물에 의한 콘크리트 중의 철근부식을 억제하기 위하여 콘크리트 배합시 방청제를 사용하는 방안이 일반적으로 많이 사용되고 있으나, 국내에서는 아직까지 방청제의 방식효과에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 본 연구에서는 염화물의 영향을 받는 콘크리트 중의 철근부식 억제를 위한 방안으로 방청제를 사용하여 철근의 방청효과를 알아보기 위하여 3종류의 방청제와 각각 사용량을 변화시킨 시험체를 제작하여 부식촉진실험을 실시하였으며, 철근의 자연전위와 부식면적율를 측정하여 방식효과에 대하여 평가하였다. 그 결과 염화물의 혼입량이 지나치게 많을 경우에는 방청제의 양을 증가시켜도 방청효과가 크게 향상되지 않았으나, 염화물의 혼입량을 동일하게 사용하고 방청제의 양을 증가시킬 경우에는 방청효과가 현저하게 좋아짐을 알 수 있었다.

〈접수일자 : 1998. 8. 27〉