철근 콘크리트 구조물용 표면 처리형 철근 부식억제제의 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Corrosion Inhibitor Treating Surface for Reinforcement Concrete Structures

김 도 겸* 고 경 택** 류 금 성***

Kim, Do-Gyeum Koh, Kyoung-Taek Ryu, Gum-Sung

Abstract

When the concrete is subjected to chloride attack or carbonation, the passive steel normally initiate corrosion. By product of corrosion make volume of concrete expand 3 to 8 times and induce the stress which lead cracking and spalling of concrete. It result in the loss of the integrity of the concrete structures. Several corrosion inhibitors imported from America, Japan and Europe are currently being used to repair the concrete structures in Korea. However, questions has been raised for protective effect of the corrosion inhibitors which applied in steel reinforced concrete structures. Therefore, we investigated the influence of type and amount of corrosion inhibitors through the tests immersing in salty water. In addition, we developed the corrosion inhibitive agent treating to surface of concrete structures for improving resistance to penetration and corrosion of the steel reinforcement.

요 지

콘크리트는 내구성이 우수하고 경제적이기 때문에 강재와 더불어 건설재료로서 가장 많이 사용되어 왔다. 그러나 최근 들어 여러 연구결과와 현장점검 결과에 의하면 노출환경과 사용재료에 따라 내구성이 저하되어 실제 구조물에 심각한 문제를 일으키는 것으로 조사되고 있다. 우리나라는 삼면이 바다로 이루어져 있어 염해 피해 가능지역이 많을 뿐만 아니라 도시집중화에 따른 배기가스에 의한 중성화 현상이 심하게 발생하고 있다. 즉 염해와 중성화에 의한 철근부식이 발생할 가능성이 어느 나라 못지 않게 높다고 말할 수 있다.

본 연구에서는 먼저 철근부식을 억제 또는 방지 가능한 물질에 대해 철근부식시험을 실시하여 방청효과를 검토하여, 그 결과를 바탕으로 콘크리트로의 침투성능 및 방청성능을 고려하여 도포형 철근부식억제제를 개발하였다.

Keywords : Steel corrosion, Penetrative corrosion inhibitor, Reinforced concrete structure

핵심 용어 : 철근부식, 철근부식억제제, 철근 콘크리트

* 한국건설기술연구원 선임연구원((주)콘테크 대표이사)

** 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원

*** 한국건설기술연구원 토목연구부 연구원

E-mail : ryu0505@kict.re.kr 017-430-0502

• 본 논문에 대한 토의를 2003년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 2004년 4월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

콘크리트는 다공성의 건설재료로서 그 내부에 미세한 공극들이 존재하며, 건조수축 등에 의해 생성된 미세한 균열이 다수 존재한다. 이러한 공극과 균열들은 외부의 수분과 열화물질 등이 침투하는 통로가 되어 내구성을 저하시켜 콘크리트 구조물에 심각한 문제를 일으키는 것으로 조사되고 있다.[1] 우리나라는 삼면이 바다로 이루어져 있어 염해 피해 가능지역이 많을 뿐만 아니라 도시집중화에 따른 배기가스에 의한 중성화 현상이 심하게 발생하고 있다. 즉 염해와 중성화에 의한 철근 부식이 발생할 가능성이 어느 나라 못지 않게 높다고 말할 수 있다.

1997년 12월에 발간된 서울특별시 보고서 [콘크리트 구조물의 부식상태 조사 및 방지 대책][2]에 따르면 서울특별시에서 관리하는 콘크리트 구조물 중 약간이라도 부식이 발생하여 콘크리트에 균열 또는 박리 및 탈락이 발생한 구조물이 전체의 약 18%로 나타났다고 한다. 그리고 콘크리트 구조물의 철근 부식 현황을 조사한 결과에 의하면, 도심지 콘크리트 교량 중에서 자연전위가 -350mV 이하의 값을 나타낸 교량은 조사대상 교량 중 15%이었으며, 철근 부식의 원인으로는 허용 염화물량 초과가 48%, 중성화가 피복두께를 초과한 경우는 38%이라고 하였다.

이처럼 철근 부식이 발생한 철근 콘크리트 구조물은 적절한 보수가 필요하고, 국내에서도 철근 부식이 발생한 구조물에 대한 보수기술 및 부식억제제가 시판되어 사용되고 있다. 그러나 철근 부식억제제의 대부분이 외국에서 수입하여 사용되고 있어 비싼 로열티를 지불하여 외화낭비를 초래할 뿐만 아니라 비슷한 성분의 철근 부식억제 물질이 다른 상품명으로 판매되고 있어 혼란마저 야기 시키고 있으므로 국내실정에 맞는 철근 부식억제 물질을 개발하는 것이 시급히 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 먼저 철근 부식을 억제 또는 방지 가능한 물질에 대해 철근 부식 시험을 실시하여 방청효과를 검토하여, 그 결과를 바탕으로 콘크리트로의 침투성능 및 방청성능을 고려하여 도포형 철근 부식억제제를 개발하였다.

2. 철근 부식억제제 개발 개요

본 연구에서 도포형 철근 부식억제제를 개발하기 위해 먼저 철근 부식억제가 가능한 물질에 대하여 방청효과를 검토하여 최적의 방청물질을 선정하였다. 그리고 최적의 방청물질에 대해 방청효과와 콘크리트의 침투성능을 개선시켜 도포형 철근 부식억제제를 개발하였으며, 최종적으로 콘크리트 시편을 적용하여 개발된 철근 부식억제제의 성능 검증 및 철근 부식억제 메카니즘을 분석하였다.

3. 철근 부식억제제의 구성 물질 선정

3.1 철근 부식억제 물질

철근 부식억제제는 부식환경 하에서 소량을 첨가하더라도 금속의 부식을 현저하게 감소 또는 방지하는 무기 또는 유기약품을 말한다. 철근 부식억제제는 전기화학적으로 anode형, cathode형 및 혼합형으로 분류하고 있다. anode 형 철근 부식억제제는 주로 양분극을 증가시켜 부식전위를 정방향으로 변화시키는 것으로서 크롬산염, 아질산염, 규산염 등이 있다. cathode형 부식억제제는 음극반응을 억제시키는 것으로서 폴리산염, $ZnSO_4$, 아황산나트륨 등이 있다. 그리고 복합형은 양극과 음극의 양쪽 반응을 억제시키는 것으로서 질소, 유황 또는 이것들을 혼합한 유기억제제 등이 있다.[3]~[6]

본 연구에서는 여러 문헌 및 자료를 통해 조사된 철근 부식억제 물질 중에서 대표적인 물질로 아질산계 6종류, 알루미늄계 3종류, 음극형 3종류, 유기계 5종류, 총 17가지 물질을 사용하였다. 철근 부식억제물질은 모두 시약용으로 사용하였다.

3.2 시험방법

본 연구에서 사용한 철근 부식 용액의 성분을 Table 2에 나타내었다. Table 1에 나타난 철근 부식 용액의 성분은 KS F 2561의 철근 콘크리트 용 방청제에 나타낸 염분용액의 조성과 동일하다.

Table 1 철근 부식억제 물질의 물성

분류	물질명	비중	pH	고형분(%)
아질산계	KN	2.14	12.2	24
	LN	2.16	11.3	25
	MN	1.89	11.4	24
	NN	2.17	11.6	31
	CN	2.04	12.2	25
	AN1	1.68	11.5	25
알루미늄계	AN2	1.87	10.8	28
	AS	2.54	9.5	33
	AC	2.12	9.6	34
음극형	ZS	2.01	10.9	32
	CH	1.68	11.2	29
	NS	1.59	10.8	34
유기계	MEA	1.12	8.2	34
	TEA	2.11	8.5	29
	CCA	2.15	7.9	28
	DEA	2.15	7.4	31
	DCA	2.12	8.1	30

Table 2 철근 부식 용액의 조성

약품명	중량 (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

철근 부식 용액의 농도는 NaCl 농도로 환산하여 사용하였다. 철근의 염수침지 시험은 철근 부식억제에 필요한 물질의 종류와 양을 검토하기 위한 시험으로, KS F 2561에 준하여 실시하였다. Fig. 1에 철근의 염수침지 시험개요를 나타내었다. 자연전극 전위(mV)를 연속적으로 측정하기 위해 Data Logger를 사용하였으며 많은 시험변수의 자연전극 전위를 동시에 측정하기 위해 스캐너를 접속시켰다.

철근은 10mm 이형철근을 사용하였으며 부식용액 중에 침지시키기 전에 연마지를 사용하여 녹을 제거한 다음 아세톤에 탈지시켜 표면처리를 한 다음에 사용하였다. 그리고 비교전극으로는 철근과 동일한 크기를 가진 스테인레스를 사용하였다.

3.3 시험결과 및 고찰

3.3.1 아질산계 철근 부식억제 물질

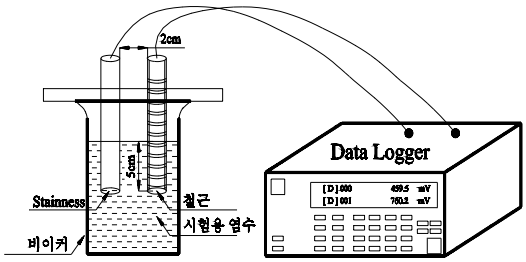

Fig. 1 철근의 염수침지 시험 개요

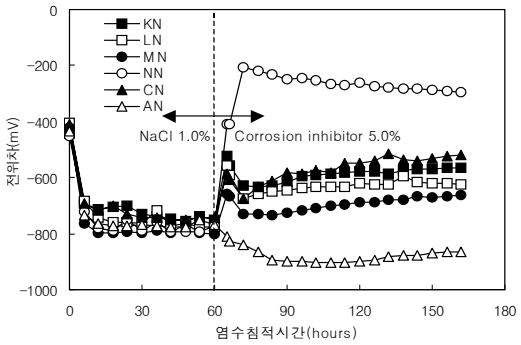

Fig. 2 아질산계 부식억제 물질 종류에 따른 방청효과

Fig. 2는 부식용액 1.0%에 60시간 동안 철근을 부식시킨 다음, 아질산계 철근 부식억제 물질 5%를 첨가시킨 결과이다. 부식용액 1.0%에 철근을 60시간 동안 침전시킨 결과, 전위차 값이 -800mV 정도까지 도달하였으며 철근은 붉은 녹이 발생하였다. 이런 상태에 철근 부식억제 물질을 부식용액에 5%를 첨가시킨 결과, 철근 부식억제 물질에 따라 전위차 값의 복원량은 다르지만, 대부분 철근 부식억제 물질에서 전위차값이 복원되었다. 아질산염계 부식억제물질 중에서 NN이 가장 복원량이 큰 것으로 나타났으며 CN, KN, LN 등도 어느 정도 방청효과가 있는 것으로 판단된 다. 그러나 AN은 첨가이후의 전위차 값이 오히려 낮아지고 있어 방청효과가 없는 것으로 나타났다.

이상의 아질산염계 철근 부식억제 물질들은 철을 산화시켜 $\gamma-Fe_2O_3$의 부동태 피막을 형성하여 부식을 억제한다. 아질산염 중 아질산 이온(NO^{2-})과 제1철 이온(Fe^{++})과 반응하여 anode부로부터 Fe^{++}의 이동이 저해되어 Fe_2O_3로서 철근 표면에 부착하여 부동태

피막을 형성하여 부식반응이 억제된다는 이론이다. 이 부식반응을 화학식으로 표현하면 식 (1)과 같다.[6]

$$2Fe^{++} + 2OH^- + 2NO_2^- \rightarrow 2NO\uparrow + Fe_2O_3 + H_2O \quad (식\ 1)$$

아질산 이온이 충분히 많은 경우에는 억제반응은 신속히 진행되며 Fe_2O_3 피막에 의해 anode 부를 폐쇄시켜 아질산 이온의 소비를 정지시킨다.

Fig. 3은 부식용액 1.0%에 60시간 동안 철근을 부식시킨 다음 철근 부식억제 물질 NN의 양이 방청효과에 미치는 영향을 검토한 결과이다. 실험결과, NN은 첨가율 5%까지 첨가한 양이 많을수록 방청효과가 우수하고, 첨가율 7% 까지는 거의 차이가 없고, 그 이상부터 오히려 방청효과가 저하되는 것으로 나타났다. 아질산염은 부동태화제이므로 적정농도가 용존하여 있으면 형성된 산화피막을 끊임없이 보수하도록 작용하나, 아질산염으로 철근 부식을 억제할 수 있는 염화물 농도 범위를 벗어난 경우에는 오히려 부식을 촉진시킬 우려가 있으므로 아질산염을 철근 부식억제 물질로 사용할 경우에는 적정농도의 유지에 유의하여야 한다. 이상과 같이 부식용액 1% 환경 하에서 철근 부식억제에 필요한 부식억제 물질 NN의 양은 5% 정도로 판단된다.

3.3.2 알루미늄염계 부식억제 물질

Fig. 4는 알루미늄계 철근 부식억제 물질 종류의 영향이다. AC은 초기에 전위차가 상승하나 점차 전위차가 감소하는 경향을 하고 AN과 AS는 첨가하더라도 전위차 값이 감소하고 있다. 알루미늄 이온의 부식억제 작용은 철근 표면에 극히 얇은 수산화 알루미늄의 보호피막을 형성하기 때문으로 알려져 있으나, 본 연구의 결과에서는 알루미늄계 부식억제물질은 방청효과를 크게 기대할 수 없는 것으로 확인되었다.

3.3.3 음극형 철근 부식억제 물질

Fig. 5는 음극형 철근 부식억제 물질 종류의 영향이다. 음극형 철근 부식억제 물질의 종류에 상관없이 첨가 초기에는 전위차가 상승하나 점차적으로 전위차

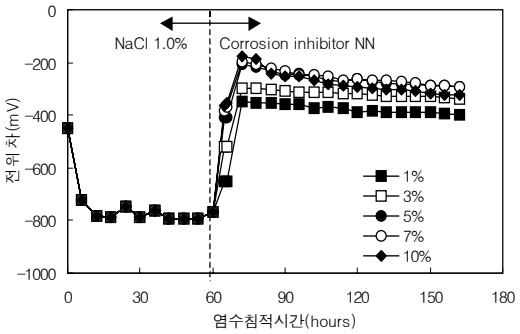

Fig. 3 NN 부식억제 물질 양에 따른 방청효과

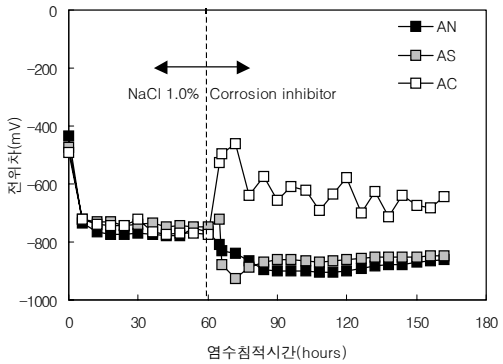

Fig. 4 알루미늄계 부식억제 물질 종류에 따른 방청효과

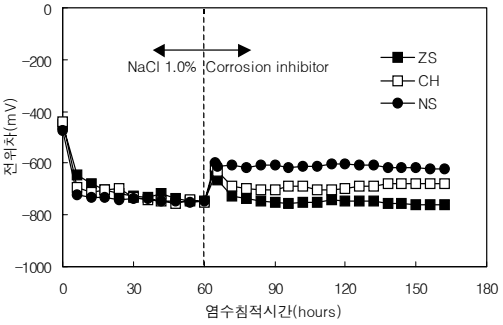

Fig. 5 음극형 부식억제물질 종류에 따른 방청효과

가 감소하고 있는 결과를 얻었다. 음극형 부식억제 물질은 크게 화합물 피막을 형성하는 물질과 산소를 흡수하는 억제 물질로 구분되는 데 본 연구에 사용한 철근 부식억제 물질 CH와 ZS는 전자에 속하고 NS는 후자에 속한다. CH와 ZS는 cathode 반응에 의해 생

긴 알칼리와 반응하여 철근 표면에 금속피막을 형성한다. 그리고 NS는 철근 부식의 원인인 산소를 제거 또는 고정시켜 철근 부식을 경감시키는 것이다.

이상과 같이 음극형 철근 부식억제 물질은 종류에 상관없이 첨가초기에는 약간의 방청효과가 있으나 점차적으로 방청효과가 감소하는 결과로부터 음극형 철근 부식억제 물질은 방청효과를 크게 기대할 수 없는 것으로 판단된다.

3.3.4 유기계 철근 부식억제 물질

Fig. 6은 유기계 철근 부식억제 물질 종류의 영향이다. 유기계 철근 부식억제 물질은 첨가 초기부터 전위값이 상승하여 그 후의 전위차가 안정되는 경향을 하고 있으며, 특히 TEA, DCA의 철근 부식억제 물질은 철근을 부식용액에 침지시킨 전의 전위차 값까지 상승하여 그 값이 계속 유지되고 있다. 본 연구의 결과에 의하면, TEA, DCA는 철근 부식억제 물질로 사용하면 방청효과를 충분히 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

유기계 철근 부식억제 물질은 철근표면에 흡착되어 철근표면에 피막을 형성, 산소 및 부식성 물질의 침입을 방지하여 철근 부식을 억제시키는 것이다. 그리고 무기계 철근 부식억제 물질은 주로 알칼리성, 산화성에 한정되어 있으며 산소가 없는 환경에서는 억제효과가 없는 것이 많으나, 유기계 억제물질은 대부분 산의 존재 시 또는 염수 및 고온환경에서도 방식효과가 있는 것으로 알려져 있다. 또한 유기계 부식억제 물질은 일종의 계면활성제이므로 친수성의 원자단과 친유성의

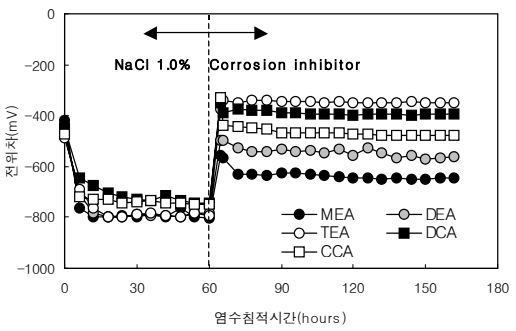

Fig. 6 유기 부식억제물질 종류에 따른 방청효과

원자단의 두 부분으로 구분된다. 친유성의 원자단이 철근에 접근하는 부식성의 물질을 반발시켜 이들의 금속과 접촉시키지 못하게 한다.

4. 최적의 철근 부식억제제 분석

앞의 실험에서 아질산계 NN와 유기계 TEA, DCA 철근 부식 물질이 방청효과가 우수함을 알았다. 따라서 본 장에서는 아질산계 철근 부식억제 물질인 NN과 유기계 TEA, DCA 및 유기계 침투강화제의 조합에 의한 철근 부식억제 성능과 콘크리트로의 침투력을 분석하므로써 최적의 철근 부식억제제 배합비율을 분석하였다.

4.1 사용재료

철근 부식억제 물질은 아질산계 NN과 유기계 TEA, DCA를 사용하였고, 침투력을 향상시키기 위해 유기계 침투강화제 A를 사용하였다.

4.2 시험방법

철근 부식억제제는 콘크리트 덮개 이상으로 침투하여 그 효과를 발휘할 수 있는가가 중요한 요소가 되므로 철근 부식억제 개발에서 철근 부식억제 물질의 침투력과 방청효과 측면에 대해 검토하였다. 철근방청효과는 KS F 2561에 준하여 실시하였다. 그리고 콘크리트의 침투력은 철근 부식억제 물질에 침투깊이 측정용 시약 1%를 혼입하여 제조한 다음 ø100×100 mm 콘크리트 시편에 도포하여 3일 경과한 후 인장시험에 의해 2등분으로 할렬하여 버니어켈리퍼스로 철근 부식억제 물질의 콘크리트 내부로 침투된 깊이를 측정하였다. 시험에 사용된 콘크리트의 배합조건은 210 kgf/㎠, 슬럼프 10cm, 공기량 2.0%로 하였다. Table 3은 사용된 콘크리트의 배합비이다.

Table 3 콘크리트의 배합

W/C (%)	S/a (%)	Air (%)	Slump (cm)	Unit content(kg/㎥)			
				W	C	S	G
54.9	47.7	2.0	10	168	306	871	963

4.3 시험결과 및 고찰

4.3.1 최적의 철근 부식억제 물질 선정

최적의 철근 부식억제 물질을 선정하기 위해 먼저 NN, TEA, DCA만을 사용한 효과에 대해 검토하였다. Fig. 7은 철근 부식억제 물질의 침투력, Fig. 8은 철근 부식억제 물질의 방청효과에 대해 검토한 결과이다. 그 결과, NN는 방청효과가 뛰어나지만, 콘크리트내부로의 침투력 측면에서 저하되는 것으로 나타났고, TEA와 DCA는 콘크리트 내부로의 침투력 침투에서 우수하나, 방청효과는 NN에 비해 저하되는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 침투력 측면에서 뛰어난 TEA와 방청효과가 뛰어난 NN의 조합에 의해 최적의 철근 부식억제 물질에 대해 다음과 같이 검토하였다.

Fig. 9와 Fig. 10은 철근 부식억제 물질 TEA와 NN의 질량비에 따른 침투력과 방청효과에 대해 검토한 결과이다. 그 결과, TEA와 NN의 질량비 97:3에 의한 조합은 방청효과가 뛰어나고, 침투력 측면에서도 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나 TEA와 NN의 질량비 93:7 이상부터 침투력 측면에서 저하되고, TEA와 NN의 질량비 93:7 이하부터 침투력 측면에서 우수하나, 방청효과가 향상되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 최적의 철근 부식억제 물질은 유기계 철근 부식억제 물질 TEA와 무기계 철근 부식억제 물질 NN와의 질량비 95:5의 조합(이하 철근 부식억제제 CIA)이 침투력과 방청효과 측면에서 가장 우수한 것으로 나타났다.

4.3.2 철근 부식억제제의 침투력 강화

앞에서 TEA와 NN의 질량비 95:5의 조합에 의한 철근 부식억제제 CIA는 방청효과가 뛰어나지만, 콘크리트 내부로의 침투력이 30mm 정도로 철근덮개 이상으로 침투시키기 위해서 충분하지 않다고 판단된다.

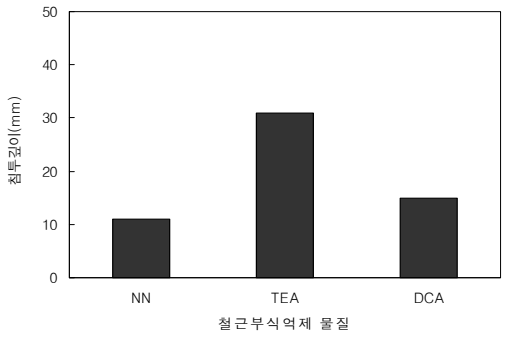

Fig. 7 철근 부식억제 물질의 침투력

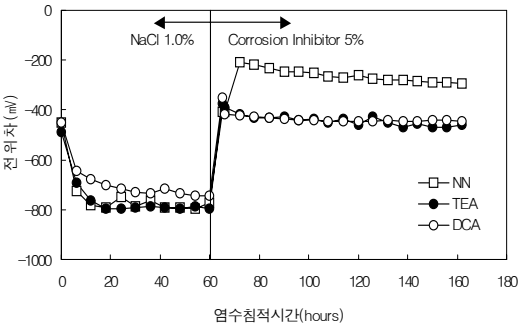

Fig. 8 철근 부식억제 물질의 방청효과

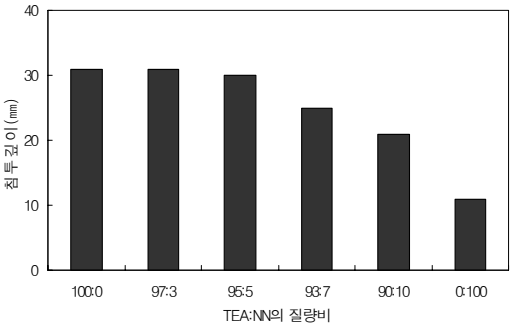

Fig. 9 철근 부식억제 물질 TEA와 NN의 질량비에 따른 침투깊이

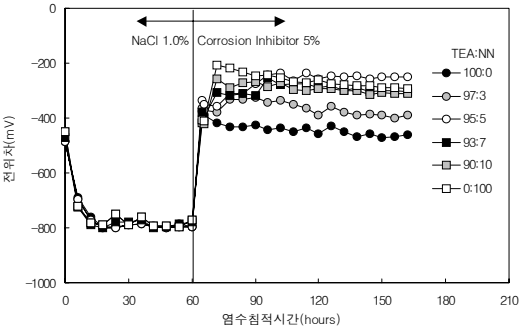

Fig. 10 철근 부식억제 물질 TEA와 NN의 질량비에 따른 방청효과

따라서 여기서 유기계 침투강화제 A를 첨가하여 철근 부식억제제 CIA의 침투력을 강화시키는 방법을 검토하였다.

Fig. 11과 Fig. 12는 CIA와 A의 조합에 의한 물질이 콘크리트 내부로의 침투력 및 방청효과를 검토한 결과이다. 그 결과, CIA와 A의 조합은 2:1인 경우에 방청효과가 뛰어나나, 침투력 측면에서 다소 저하되고, 1:2인 경우에 반대로 침투력 측면에서 우수하나, 방청효과가 저하되는 것으로 나타났다. 즉 침투력과 방청효과 측면에서 철근 부식억제제 CIA와 유기계 침투강화재 A의 조합은 1:1이 가장 우수한 것으로 나타났다. 이상과 같이 철근 부식억제 물질 TEA와 NN의 질량비 95:5의 조합에 제조된 철근 부식억제제 CIA의 침투력을 강화시키기 위해 유기계 침투강화제 A의 첨가하는 방법을 검토한 결과, 침투력과 방청효과 측면에서 철근 부식억제제 CIA와 유기계 침투강화제 A의 조합은 1:1이 가장 뛰어난 것으로 분석되었다.

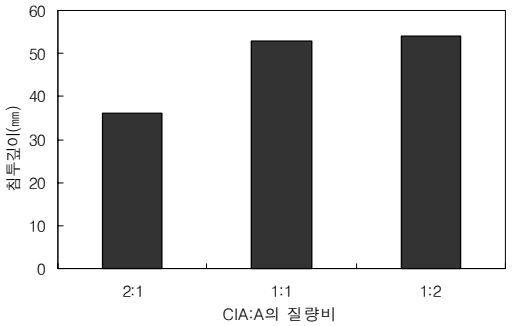

Fig. 11 철근 부식억제제 CIA와 침투강화제 A의 질량비에 따른 침투깊이

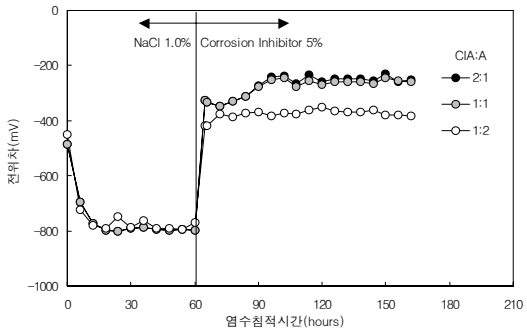

Fig. 12 철근부식억제제 CIA와 침투강화제 A의 질량비에 따른 방청효과

4.3.2 철근 부식억제제의 메카니즘

철근 부식억제 물질 TEA와 NN로 구성된 철근 부식억제제 CIA에 유기계 침투강화제 A를 조합을 하면 방청효과와 콘크리트 내부로의 침투력이 뛰어난 것으로 나타났다. 이처럼 철근 부식억제제 CIA가 철근 부식억제를 시키는 메카니즘을 정리하면 다음과 같다.

Fig. 13은 CIA의 철근 부식억제 메카니즘의 개념도이다. CIA는 유기계 침투강화제 A와 철근 부식억제 물질 TEA에 사용에 의해 친화성을 나타내는 친유기를 갖고 있어 표면장력 저하와 분자간의 반데르발스 인력에 의해 중력 작용이 무시될 정도로 콘크리트 내부 깊숙이 침투될 수 있다. 이렇게 침투된 철근 부식억제제는 TEA 물질에 의해 철근 표면에 철근 부식억제 물질이 흡착되어 철근 표면을 산소와 부식성의 물질의 침입을 방지하여 안정된 방청막을 형성하고, 또한 NN 물질에 의해 철근을 산화시켜 $\gamma-Fe_2O_3$의 부동태 피막을 형성함으로써 철근 부식을 억제시키는 것으로 판단된다.

5. 철근 부식억제제의 방청효과 검증

5.1 성능검증 시험개요

이상과 같이 본 연구에서 개발된 철근 부식억제제는 염수침지시험에 의하면 방청효과가 뛰어난 것으로 나

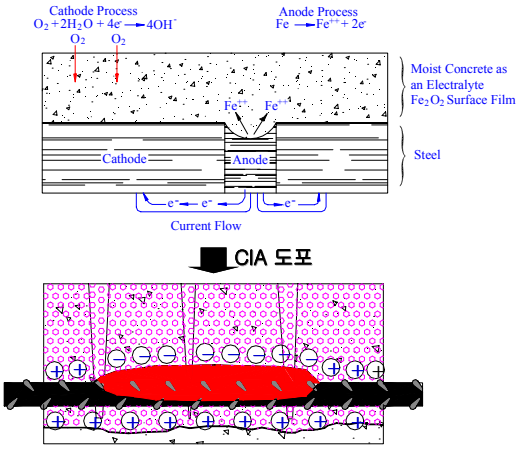

Fig. 13 CIA의 철근 부식억제 메카니즘

타났으나, 철근 콘크리트에 적용성에 대해 검증할 필요가 있다. 따라서 철근 부식억제제의 철근 부식억제성을 검토하기 위해 Table 2에 나타난 W/C 54.9%인 콘크리트로 제작된 175×175×450mm 각주 공시체를 사용하여 NaCl 10% 수용액에 5일 동안 침지시켜 철근 부식 환경을 높인 다음 철근 부식억제제 CIA를 전면을 도포한 후 ASTM C 876[Half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete]에 준하여 자연 전위차법에 의해 측정하였다. Fig. 14는 시험체의 형상 및 철근배치 상태이다. 자연전위차의 측정법은 철근과 기준전극과의 전위차를 측정하여 철근의 부식 여부를 확인하는 방법으로서 본 연구에서는 포화황산동-동 전극(copper-copper sulfate half cell)을 기준전극으로 사용하였다. 측정한 자연 전위차가 나타내는 부식의 경향은 다음과 같다.

- 전위차가 -200mV보다 크면, 90%의 확률로 철근이 부식하지 않고 있다.
- 전위차가 -200mV와 -350mV 사이의 값이면, 철근의 부식이 불확실하다.
- 전위차가 -350mV보다 작으면, 90%의 확률로 철근이 부식하고 있다.

5.2 성능검증 결과

Fig. 15는 철근 부식억제성 시험결과이다. 재령 1일에는 전위차가 -200mV정도로 90%의 확률로 철근이 부식하지 않은 범위에 있다. 그리고, 10% NaCl수용액에 5일정도 침지시킨 콘크리트의 전위차는 철근덮개에 관계없이 모두 -500mV이상으로 철근 부식이 90% 확률하고 있는 범위인 -350mV를 초과하고 있다. 즉, 10% NaCl 수용액에 5일정도의 침지로 콘크리트 속에 매입되어 있는 철근이 부식될 우려가 상당히 높았진 것으로 판단된다.

염화물의 침투에 의해 철근 부식이 우려되는 콘크리트에 철근 부식억제제 CIA를 적용한 결과, 철근덮개에 관계없이 전위차가 계속 상승하여 적용 후 20일(재령 40일)후에 -300mV, 45일(재령 65일)후에 -250mV로 철근의 부식이 불확실한 범위까지 높아지고 있다. 적용 후 70일(재령 91일)후에 전위차가 철

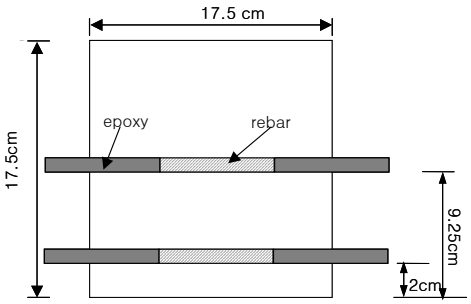

Fig. 14 철근 부식 억제성 시험체 형상

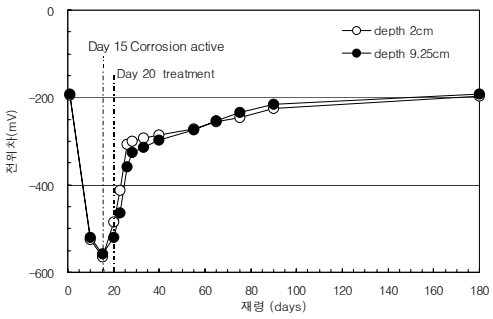

Fig. 15 철근 부식억제성 시험결과

근이 부식되지 않은 90% 확률의 범위인 -200mV에 근접하고 있으며, 재령 180일에서도 -200mV의 전위차를 유지하고 있다. 또한 본 연구의 결과와 같이 철근덮개에 상관없이 철근 부식억제 효과의 차이가 거의 없는 것은 개발된 철근 부식억제제 CIA가 콘크리트 내부 깊숙이 침투하여 그 성능을 발휘했기 때문으로 사료된다.

이상과 같이 본 연구에서 개발된 철근 부식억제제 CIA를 전위차가 -500mV 이상으로 철근 부식이 90% 확률 범위에 있는 콘크리트 표면에 도포한 결과, 시간이 경과함에 따라 전위차가 높아지는 경향을 하고 있고, 재령 91일 이후에서 철근이 부식되지 않은 90% 확률인 -200mV 범위까지 전위차가 높아지는 결과를 얻었다.

6. 결 론

본 연구에서 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 철근 부식을 억제할 수 있는 물질을 분석하기 위해 아질산계, 알루미늄계, 음극형 및 유기계 철근 부식억제 물질 17종류에 대해 1% 부식용액에 60시간 동안 철근을 부식시킨 다음 철근 부식억제 물질을 첨가한 결과, 아질산계 NN와 유기계 TEA 등 철근 부식억제 물질이 방청효과가 뛰어난 것으로 분석되었다.
2) 최적의 철근 부식억제 물질은 유기계 철근 부식억제 물질 TEA와 무기계 철근 부식억제 물질 NN와의 질량비 95:5의 조합(이하 철근 부식억제제 CIA)이 침투력과 방청효과 측면에서 가장 우수한 것으로 분석되었다.
3) 철근 부식억제 물질 TEA와 NN의 질량비 95:5의 조합에 제조된 철근 부식억제제 CIA의 침투력을 강화시키기 위해 유기계 침투강화제 A의 첨가하는 방법을 검토한 결과, 침투력과 방청효과 측면에서 철근 부식억제제 CIA와 유기계 침투강화제 A의 조합은 1:1이 가장 뛰어난 것으로 분석되었다.
4) 철근이 매입되어 있는 콘크리트 시험체를 NaCl 10% 수용액에 침지시켜 철근 부식 환경을 높인 다음 본 연구에서 개발된 철근 부식억제제 CIA를 적용한 결과, 전위차가 시간이 경과함에 따라 높아지는 경향을 하고 있으며, 재령 91일에서 철근이 부식되지 않은 90% 확률인 -200mV 범위까지 전위차가 높아지는 결과를 얻었다.
5) 본 연구에서 개발된 철근 부식억제제의 성능은 초기재령에서만 검증되어 있으므로 향후 보다 장기재령 및 현장적용 등 폭넓게 성능을 검증할 예정이며, 철근 부식억제제의 방청에 대한 메카니즘 분석 등을 수행 할 예정이다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, “RC구조물 보수·보강재에 관한 연구”, 1996
2. 서울특별시, “콘크리트 구조물의 부식상태 조사 및 방지대책”, 1998
3. 권영진 외, “중성화 및 염해를 입은 콘크리트 구조물의 보수시공기술”, 콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 제8권 1호, 1996.
4. 고경택 외, “부식억제물질의 방청효과에 관한 검토”, 한국구조물진단학회 봄학술발표회 논문집, 2002.
5. Hansson, C.M. and Hope, B.B., "Corrosion inhibitors in concrete -Part I : the principles", Cement & Concrete Research, Vol. 28, No. 12, 1998.
6. Nakayama, N., "Inhibitors effects of nitriotris (methylenephosphpnic acid) on cathodic reation of steel in saturated Ca(OH)2 solutions, Corrosion Science, Vol. 42, 2000
7. Arthur, L.W., "Calcium nitrite offers long-term corrosion prevention", Concrete Construction, 1985.
8. Andrade, C. and Alonso, C., Preliminary testing of Na_2PO_3F as a curative corrosion inhibitor for steel reinforcement in concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 22, 1992.
9. Monticelli, C. et. al., " A study on corrosion inhibitors for concrete application", Cement and Concrete Research, Vol. 30, 2000.
10. Virmani, Y. P. et. al., "Time to corrosion of reinforcing steel in concrete slabs", Report No. FHWA-RD-83-02, Federal Highway Adminstration, Washington, D. C., 1983.
11. Arthur L. W., "Calcium nitrite offers long-term corrosion prevention", Concrete Construction, 1985.
12. Miyagawa, T., "Durability design and repair of concrete structures ; chloride corrosion of reinforcing steel and alkali-aggregate reaction, Magazine of Concrete Research, Vol. 43, No. 156, 1991.
13. 村上聖 等, “塗布工法によるコンクリート用無機系防錆剤の防錆効果”, セ技年報, No. 40, 1985.
14. シーエムシー, “新・コンクリート用混和材料 技術と市場”, 1988.

(접수일자 : 2003년 10월 30일)