

## 모사세공용액( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )에 첨가된 염분과 억제제가 철근의 부식거동에 미치는 영향에 관한 전기화학적 연구

김 광 근 · 이 명 훈 · 문 경 만  
한국해양대학교 부식방식공학연구소

### An Electrochemical Study on the Effect Affecting to Corrosion Behavaior of Reinforced steel in Simulated Porous Solution by Adding Salt and Inhibitors

Kawang Kuen Kim, Myung Hoon Lee, Kyung Man Moon  
Institute of Corrosion & Corrosion Control, Korea Marritime University

The corrosion behavior of reinforced steel in simulated porous solution was studied at the point of electrochemical view with parameters adding chloride and inhibitors(Amine series organic inhibitor,  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  inhibitor series). Corrosion potential of reinforced steel in simulated porous solution containing chloride was lower than that of chloride-free solution and also corrosion current density increased with adding chloride ion to simulated porous solution. But corrosion current density in chloride ion addition solution as well as in chloride ion-free solution decreased with addition inhibitors both Amine series organic inhibitor and  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  inhibitor series

However Amine series organic inhibitor showed relatively continuous inhibition effect decreasing corrosion current density during immersed time from 1hr to 11days while inhibitor  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  series showed a good inhibition effect in the immersed time of 1hr but in the immersed time of 11days it didn't appeared a good inhibition effect compared to immersed time of 1hr.

Eventually it was suggested that Amine series organic inhigitor operated as cathodic inhibitor with shifting corrosion potential to active direction and  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  series inhibitor as anodic inhibitor with shifting corrosion potential to noble direction.

**Keywords :** reinforced steel, simulated porous solution, inhibitor, corrosion current density.

## 1. 서 론

콘크리트는 시멘트, 물, 모래로 구성된 몰탈에 골재를 배합하여 압축강도를 증가시킨 복합재료이다. 그러나 콘크리트만으로는 압축강도는 우수하나 인장강도와 굽힘강도는 극히 취약하기 때문에 내부에 철근을 삽입하여 만든 철근 콘크리트가 육·해상의

모든 구조물에 널리 사용되고 있다. 그리고 콘크리트의 내부는 수화작용시에 생성된  $\text{OH}^-$ 에 의해 12~13정도의 pH값을 나타내는 강알칼리성 분위기에 있으며 이 영향으로 철근 표면에 강한 부동태 피막이 형성되어 콘크리트 내부의 철근은 방식되고 있다고 한다.<sup>1-3)</sup>

그러나 콘크리트에 사용되고 있는 육상 골재의 고갈로 해양 골재 즉, 해사의 사용빈도가 빈번하여 졌으며 이로 인해 콘크리트내에 침입한 염화물이 철근의 부식을 촉진하여 구조물의 안전성을 저해하는 요인으로 작용한다는 사실이 보고되고 있다.<sup>4~6)</sup> 뿐만 아니라 해안가나 해양에 설치된 철근 콘크리트 구조물의 경우 바다에서 불어오는 해풍의 영향과 해수와의 직접적인 접촉을 통해서 염화물의 침입에 의한 콘크리트의 열화<sup>7~9)</sup>에 의한 철근의 부식도 결코 배제할 수 없는 실정이다.

이와 같은 철근의 부식문제를 억제하기 위해서 철근에 에폭시 코팅등의 피복방식법이나 W/C(물/시멘트) 비를 낮추는 방법<sup>10~11)</sup> 혹은 피복두께를 증가시키는 방법<sup>12)</sup> 및 콘크리트 표면에 도장 혹은 라이닝하는 방법<sup>13~14)</sup>과 철근의 전기방식법<sup>15)</sup> 등이 있다. 그리고 최근에는 콘크리트 타설시에 인히비터를 첨가하여 철근의 부식을 억제하기도 한다.<sup>16)</sup>

본 논문에서는 염소 이온의 첨가 유무에 따라 인히비터가 철근의 부식억제작용에 미치는 효과와 인히비터의 분극작용이 양극 또는 음극반응 중 어느 반응이 지배하는지를 규명하기 위하여 일차적으로 콘크리트 내부의 분위기와 비슷한 모사세공용액(simulated porous slolution)을 만든 후 염소 이온 및 인히비터를 첨가하여 철근의 부식거동에 미치는 상호 영향에 대해서 전기화학적 측면에서 고찰하여 보았다.

## 2. 시험편 및 모사세공용액 제작과 실험 장치

### 2.1 철 시험편 제작

본 실험에 사용된 철근은 KSD3504의 원형철근이며 길이는 200mm이다. 그리고 밀 스케일(mill scale)을 제거하지 않은 생산출하 제품상태 그대로의 상태의 표면적을 3.14cm<sup>2</sup>를 노출시키고 나머지는 에폭시수지로 절연시켰다. 밀 스케일(mill scale)을 제거하지 않은 이유는 현장용 철근이 검은 밀 스케일(mill scale)을 그대로 유지한 채로 사용되는 것을 감안하여 실험의 현장성을 높이기 위해서였다.

### 2.2 모사세공 용액(simulated porous solution)의 제작

시멘트의 수화반응으로 생성되는 Ca(OH)<sub>2</sub>, KOH,

NaOH 등의 알칼리 분위기를 시뮬레이션하기 위해서 가장 함량비율이 큰 Ca(OH)<sub>2</sub>를 증류수 1 l에 2g을 첨가하여 pH 12.5이상의 모사세공용액을 제작하였다. 그리고 부식거동에 미치는 염분의 영향을 고찰하기 위하여 1급(extra pure) NaCl을 첨가(0.3%NaCl solution, 1800ppm Cl<sup>-</sup>)한 용액과 국내 외에서 사용되어지고 있는 두 종류의 인히비터 A(Amine series organic inhigitor)와 인히비터 B(Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)계를 채택하여 제작사에서 규정한 정량을 첨가한 시험용액을 만들었다.

### 2.3 실험장치 및 실험방법

상기한 모사세공수용액을 실험장치의 부식셀(Cell)에 주입한 다음 11일간에 걸쳐 부식전위를 측정하였다. 그리고 침지 1시간 후와 11일 후의 분극거동을 동전위분극법 및 LP법(linear polarization method)으로 측정하여 비교 고찰하였다. 이때 사용된 전위차계는 일본의 Hokuto Denko사 HE-104였으며 분극시험장치는 미국의 Gamry사의 CMS100 시스템이었으며 주사속도는 1mV/sec였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 모사세공용액에 침지된 강의 시간적 변화에 따른 부식전위변화를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 Ca(OH)<sub>2</sub> 모사세공용액(이하 무첨가 용액)에 침지된 강의 부식전위는 시간의 경과에 따라 큰 변화가 없었으며 약 -0.15V(SSCE : Silver-Silver Chloride Electrode)전위를 유지하였다.

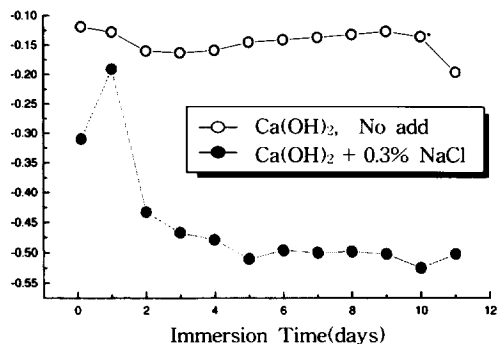


Fig. 1 Variations of corrosion potential of reinforced steel in simulated porous solution with or without salt

한편 염분이 첨가된 모사수용액에서는 침지 초기에 귀(貴)한 방향으로 이행하였다가 침지 2일 후에 비(卑) 방향으로 급격한 전위변화를 보인 후 이후 안정된 부식전위변화를 나타내고 있음을 알 수 있다.

무첨가 수용액에서는 강의 표면주위가 강한 알칼리성 분위기에 있으므로 OH-기에 의한 부동태 피막이 형성되어 있어 부식전위가 귀(貴)한 그리고 안정된 값을 유지하는 것으로 사료된다. 그러나 염분이 첨가된 수용액(이하 염분첨가 수용액)에서는 침지 초기에는 귀(貴)한 전위값을 유지하였으나 첨가된 Cl-의 피막파괴 작용이 본격화 됨에 따라 전위는 급격히 비(卑)한 방향으로 이행하는 것으로 사료된다.<sup>18, 19)</sup> 그러나 강 표면 주위의 알칼리성 분위기에 의한 피막의 형성작용이 상호 동시에 일어남으로써 부식전위는 일정한 안정된 값을 다시 유지하는 것으로 사료된다.

Fig. 2는 상기의 모사수용액에서 침지 1시간 경과 후에 측정된 강의 분극곡선을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 무첨가 수용액에서는  $6 \times 10^{-6} \text{ A/cm}^2$ 에서 강한 부동태 영역을 나타내고 있음을 알 수 있다. 반면에 염분첨가 용액에서는 무첨가 용액보다 부식전위가 낮은 값에서 양극 및 분극거동을 나타내고 있으며,  $3 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ 에서 부동태 영역을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

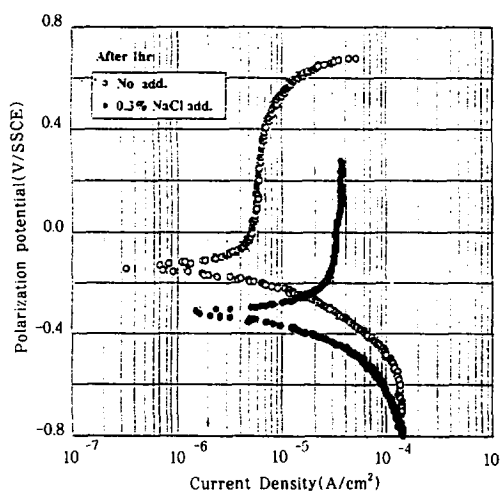


Fig. 2 Polarization curves of reinforced steel evaluated in simulated porous solution with or without salt after immersed 1hr.

Fig. 1과 Fig. 2의 결과를 통하여 볼 때 염소 이온은 부동태 피막을 파괴하여 부식전위를 비(卑)한 방향으로 이행시키고, 동시에 부동태전류밀도를 증가시켰음을 알 수 있다고 판단된다.

Fig. 3은 전술한 모사수용액에서 침지 11일 후에 측정된 강의 분극곡선을 나타내고 있다. Fig. 2의 침지 1시간 후의 무첨가 용액의 양극분극곡선에서는 뚜렷한 부동태전류밀도가 나타났으나, 침지 11일 후의 양극 분극 곡선에서는 부동태전류밀도가 명확하게 나타나지 않고 있음을 알 수 있다. 그러나 염분첨가의 경우에는 침지 11일 후의 분극곡선에서 약  $8 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ 의 부동태전류밀도값을 나타내어 침지 1시간후의  $3 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ 보다 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 따라서 침지시간이 경과됨에 따라 염소 이온에 의한 피막파괴 작용으로 부동태 형성에 필요한 전류밀도가 증가하는 것으로 사료된다.<sup>20)</sup>

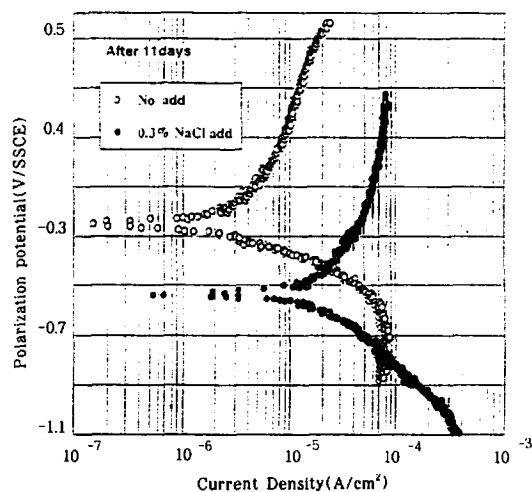


Fig. 3 Polarization curves of reinforced steel evaluated in simulated porous solution with or without salt after 11days.

Table 1은 지금까지 측정된 분극곡선에서 선형분극법으로 측정된 분극저항과 기울기 및 부식전류밀도등을 보여주고 있다. 그리고 부식전류밀도( $i_{\text{cor}}$ )와 부식속도( $\text{mm/Yr}$ )는 다음의 관계식에 의해서 구하였다. 즉

Table. 1 The results of corrosion test of reinforced steel obtained by LP method in simulated porous solution

Division	$E_{corr}$ (mV)	$i_{corr}$ (A/cm <sup>2</sup> )	$R_p$ ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ )	$\beta_a$ (mV/dec.)	$\beta_c$ (mV/dec.)	mm/yr
No add	1hr -119	$3.582 \times 10^{-7}$	$2.790 \times 10^4$	71.5	33.9	0.00416
11days	-271	$1.583 \times 10^{-7}$	$5.085 \times 10^4$	47.0	30.6	0.00184
Salt	1hr -310	$1.441 \times 10^{-6}$	$8.223 \times 10^3$	65.9	46.6	0.0167
add	11days -539	$5.469 \times 10^{-7}$	$1.472 \times 10^4$	47.0	30.6	0.00634

$$i_{cor} = \frac{\beta_a \cdot \beta_c}{2.3(\beta_a + \beta_c)} \cdot \frac{1}{R_p} \quad (1)$$

$$\text{mm/yr} = \frac{87.6W}{DAT} = 0.00327 \times \frac{W \times i_{cor}}{nD} \quad (\text{icor} : \mu\text{A/cm}^2) \quad (2)$$

W : 원자량(g)      D : 밀도(g/cm<sup>3</sup>). T : 시간(hr)  
A : 표면적(cm<sup>2</sup>)      n : 이온가

그리고 Table 1에서 알 수 있듯이 침지 시간의 경과에 관계없이 전반적으로 무첨가 수용액에서의 분극저항이 염분첨가 수용액보다 큰 값을 나타내고 있으며 동시에 부식전류밀도 역시 적은 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그리고 염분의 첨가 유무에 관계없이 침지 시간의 경과에 따라 부식전위는 비(卑)한 방향으로 이행하는 경향이 있으나 분극저항은 침지 시간의 경과에 따라 증가하는 경향이 있으며 동시에 부식전류밀도 역시 감소하는 경향을 알 수 있었다.

그러나 거시적으로 볼 때 무첨가 용액의 부식전위에 미추어 염분첨가 용액의 부식전위가 낮으며 부식속도 역시 부식전위가 낮을수록 증가하는 경향이 있음을 알 수 있었다.

Fig. 4는 모사수용액에 인히비터와 염분을 첨가하였을 경우 시간의 경과에 따른 부식전위의 시간적 변화를 나타내고 있다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 인히비터A를 첨가한 경우는 무첨가의 경우보다 비(卑)한 전위값을 나타내었으며 인히비터B를 첨가한 경우에는 역으로 귀(貴)한 전위값을 나타내었다. 그리고 0.3% NaCl을 첨가한 용액에 인히비터A를 첨가한 경우에도 역시 비(卑)한 전위값을 나타내었으며 인히비터B를 첨가한 경우에는 귀(貴)한 전위값

을 나타내었다. 그리고 인히비터B를 0.3% NaCl용액에 첨가한 경우 0.3% NaCl용액만의 부식전위에 비해서 귀(貴)한 방향으로 이행한 전위변화폭은 무첨가 용액에 인히비터B를 첨가한 경우의 전위변화 상승폭에 비추어 크다는 사실을 알 수 있었다. Fig. 4의 인히비터 첨가에 의한 부식전위 변화의 결과를 전기화학적 관점에서 고찰하여 볼 때 인히비터A는 음극반응을 억제시키는 음극 인히비터로서 그리고 인히비터B는 양극반응을 억제시키는 양극 인히비터로서 작용하는 것으로 사료된다.<sup>21~24)</sup>

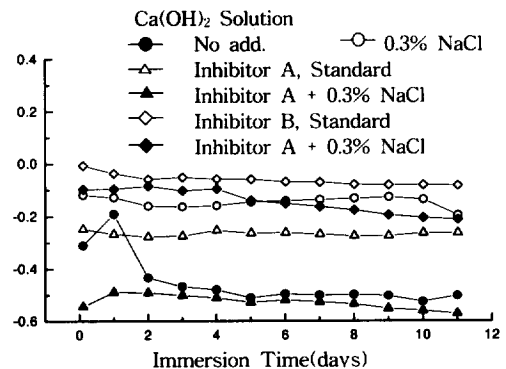


Fig. 4 Variations of corrosion potential of reinforced steel in simulated porous solution with or without inhibitor A, B and salt.

Fig. 5는 상기의 모사수용액에 인히비터A와 염분을 첨가한 후 침지 1시간 후의 분극곡선을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 양극분극곡선에서는 인히비터A의 첨가가 무첨가보다 오히려 부동태 전류밀도가 뚜렷하게 나타나지 않고 있으나 음극분극곡선의 경우에는 무첨가에 비해서 음분극이 현저하게 증가되었음을 알 수 있다. 그러나 염분에 인히비터A가 첨가된 경우에는 비록 부식전위는 인히비터A만의 첨가보다 비(卑)방향을 떨어졌으나 음분극의 증가는 보이지 않고 있음을 알 수 있다.

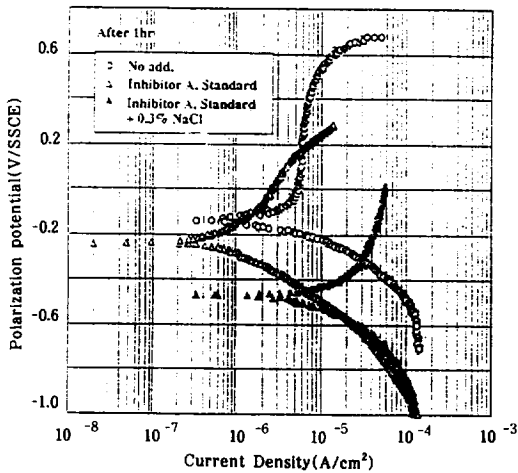


Fig. 5 Polarization curves of reinforced steel evaluated in simulated porous solution adding Inhibitor A and with or without salt after immersed 1hr.

Fig. 6은 침지 11일 후의 분극거동을 나타내고 있다. 전반적인 분극거동은 침지 1시간의 경우와 거의 같은 양상을 나타내고 있음을 알 수 있으며 단지 염분에 억제제A가 첨가된 경우에는 침지 1시간보다 음분극이 다소 증가한 양상을 보여주고 있음을 알 수 있다. 그러나 상기의 분극곡선의 형태만으로 억제제A의 부식억제효과를 정량적으로 파악할 수 없다고 사료된다. 따라서 선형분극법으로 정량적으로 측정한 부식거동을 Table. 2에 나타내었다. Table. 2에서 알 수 있듯이 억제제A의 첨가는 분극저항의 증가와 함께 부식전류밀도 역시 현저하게 감소되었음을 보여주고 있다. 그리고 염분첨가

용액에 억제제A를 첨가한 경우에는 무첨가용액에 억제제를 첨가한 경우보다 부식억제효과가 크지는 않았으나 Table. 1의 염분첨가용액에서 침지 11일 후의 부식전류밀도가  $5.469 \times 10^{-7} \text{ A/cm}^2$ 임에 비추어 Table 2에서 염분첨가 용액에 억제제를 첨가한 경우 침지 11일 후의 부식전류밀도가  $2.728 \times 10^{-7} \text{ A/cm}^2$ 의 값으로 부식속도가 감소되었음을 알 수 있다. 따라서 억제제A는 무첨가 용액은 물론 염분첨가 용액에서도 부식억제효과가 있음을 알 수 있으며 음분극의 증대가 양분극의 증대보다 큰 음극인hibiter로서의 작용이 지배한다고 사료된다.

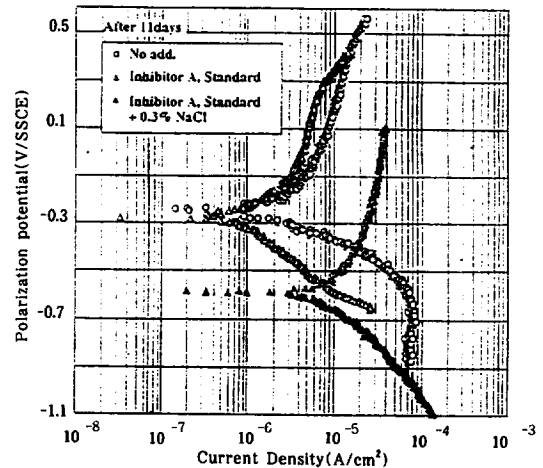


Fig. 6 Polarization curves of reinforced steel evaluated in simulated porous solution adding Inhibitor A and with or without salt after 11days.

Table. 2 The results of corrosion test of reinforced steel obtained by LP method in simulated porous solution adding Inhibitor A and Inhibitor A+salt

Item		$E_{corr}(\text{mV})$	$i_{corr}(\text{A/cm}^2)$	$R_p(\Omega \cdot \text{cm}^2)$	$\beta_a$ (mV/dec.)	$\beta_c$ (mV/dec.)	mm/yr
No add	1hr	-119	$3.582 \times 10^{-7}$	$2.790 \times 10^4$	71.5	33.9	0.00416
	11days	-271	$1.583 \times 10^{-7}$	$5.085 \times 10^4$	47.0	30.6	0.00184
Inhibitor A add	1hr	-248	$1.888 \times 10^{-8}$	$1.990 \times 10^5$	29	12.3	0.000219
	11days	-262	$1.538 \times 10^{-8}$	$2.157 \times 10^5$	119.6	20.6	0.00041
Inhibitor A + salt add	1hr	-544	$3.597 \times 10^{-7}$	$2.877 \times 10^4$	57	40.9	0.00417
	11days	-599	$2.728 \times 10^{-7}$	$2.797 \times 10^4$	119.6	20.6	0.00316

Fig. 7은 모사수용액에 인히비터B와 염분을 첨가한 경우 침지 1시간 후의 분극곡선이다. 그림에서 알 수 있듯이 양극분극곡선의 경우 무첨가 용액에서는  $6 \times 10^{-6} \text{ A/cm}^2$ 의 부동태전류밀도를 보였으나 인히비터B를 첨가한 경우에는 뚜렷한 부동태전류밀도는 보이지 않으나 약  $1 \times 10^{-6} \text{ A/cm}^2$ 로 현저하게 부동태전류밀도가 감소하였음을 알 수 있다. 그리고 음분극곡선에서는  $2 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ 까지는 인히비터B의 첨가가 오히려 음분극이 감소하고 있음을 알 수 있으며, 또한 염분첨가에 인히비터B를 첨가한 경우에는 양분극과 음분극 모두 무첨가에 비해서 분극이 다소 증가되었음을 알 수 있었다.

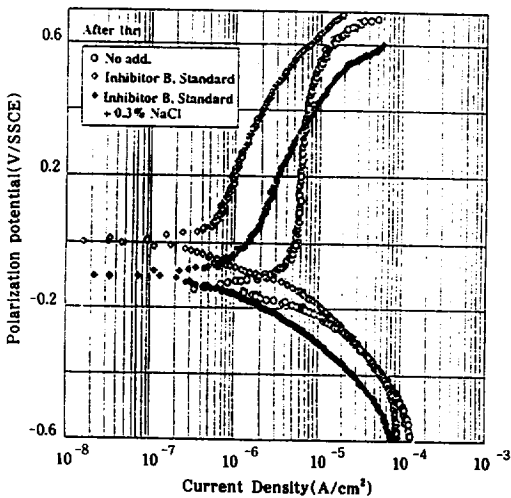


Fig. 7 Polarization curves of reinforced steel evaluated in simulated porous solution adding Inhibitor B and with or without salt after 1hr.

Fig. 8은 인히비터B를 첨가 하고 11일 경과 후의 분극곡선을 나타내고 있다. 양극분극거동은 침지 1시간 후와 거의 같은 양상을 보이고 있으나 염분첨가 용액에 인히비터B를 첨가한 경우에는 양극과 음극곡선상에서 모두 분극정도가 감소되었음을 알 수 있었다.

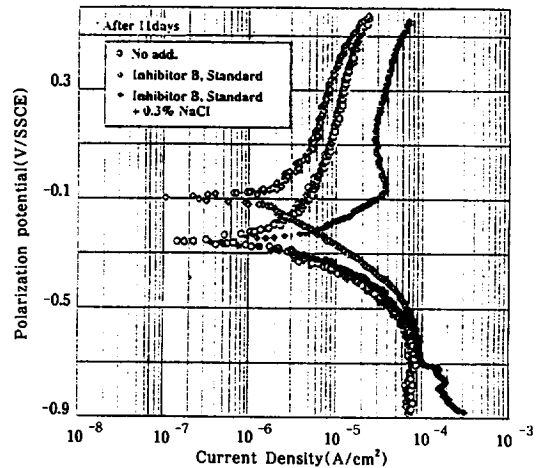


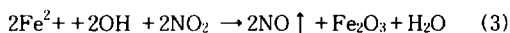
Fig. 8 Polarization curves of reinforced steel evaluated in simulated porous solution adding Inhibitor B and with or without salt after 11days.

Table 3은 Fig. 7과 Fig. 8의 분극거동에서 선형 분극법에 의해서 구한 부식속도 관계등을 구한 결과표이다. Table 3에서 알 수 있듯이 인히비터B를 첨가함에 따라 무첨가의 경우보다 부식전위의 상승과 함께 부식속도가 현저하게 감소하였음을 알 수

Table. 3 The results of corrosion test of reinforced steel obtained by LP method in simulated porous solution adding Inhibitor B and Inhibitor B+salt

Item		$E_{corr}(\text{mV})$	$i_{corr}(\text{A/cm}^2)$	$R_p(\Omega \cdot \text{cm}^2)$	$\beta_a$ (mV/dec.)	$\beta_c$ (mV/dec.)	mm/yr
No add	1hr	-119	$3.582 \times 10^{-7}$	$2.790 \times 10^4$	71.5	33.9	0.00416
		-271	$1.583 \times 10^{-7}$	$5.085 \times 10^4$	47.0	30.6	0.00184
Inhibitor B add	1hr	-8	$1.759 \times 10^{-8}$	$4.249 \times 10^5$	33.9	34.7	0.000204
		-98	$1.177 \times 10^{-7}$	$6.484 \times 10^4$	119.6	20.6	0.00137
Inhibitor B + salt add		-98	$2.370 \times 10^{-8}$	$1.817 \times 10^5$	15	29.2	0.000275
	1hr	-232	$3.794 \times 10^{-7}$	$6.868 \times 10^4$	120	120	0.00440

있었다. 그리고 염분첨가 용액에 억제버터B를 첨가하였을 경우에도 염분만을 첨가한 경우의 결과 (Table. 1 참고)보다 부식전위의 상승과 함께 부식 속도 역시 감소되었음을 알 수 있었다. 따라서 Fig. 7과 Fig. 8 및 Table 3의 결과에서 억제버터B는 양분극을 증대시키는 양극인해버터의 역할이 지배하는 것으로 사료된다. 특히 억제버터B는 다음과 같은 화학반응식에 의해서 부동태 피막을 형성하여 억제버터 효과를 나타내는 것으로 보고되고 있다.<sup>24-25)</sup> 즉



상기의 (3)식에서 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>가 부동태 피막형성에 강력한 촉매작용을 함에 따라 양분극이 증대되는 것으로 사료된다.<sup>24)</sup>

지금까지 Table. 1, 2, 3은 염분의 첨가유무 및 억제버터A, B의 첨가에 따른 부식속도의 증감에 대한 정량적인 데이터를 제시하고 있으나 좀 더 쉽게 억제버터의 부식억제 효과를 알 수 있게 하기 위해서 부식억제율을 구하여 Table. 4에 정리하여 보았다. 그리고 부식억제율은 다음의 공식에 의해서 정리하였다.<sup>25-27)</sup> 즉

$$\eta(\%) = \left(1 - \frac{i_{cor}}{i_{cor}^0}\right) \times 100 \quad (4)$$

$$\eta(\%) = \left(1 - \frac{R_p}{R_p'}\right) \times 100 \quad (5)$$

$\eta$  : 부식억제율

$R_p$  : 무첨가 용액 및 염분첨가 용액에서의 분극저항

$R_p'$  : 각각의 용액에 억제버터를 첨가하였을 경우의 분극저항

$i_{cor}^0$  : 무첨가 및 염분첨가 용액에서의 부식전류밀도

$i_{cor}$  : 각각의 용액에 억제버터를 첨가하였을 경우의 부식전류밀도

Table 4에서 알 수 있듯이 억제버터A, B 모두 염분첨가의 유무에 관계없이 부식억제 효과가 있음을 알 수 있으며 그러나 침지시간의 경과에 따라서 부식억제효과가 떨어지고 있음을 알 수 있다. 특히 억제버터B첨가의 경우에는 침지 1시간에서 95%의 부식억제 효과가 있었으나 침지 11일후에는 26%의 억제효과로 급격히 억제효율이 떨어졌다. 그러나 억제버터A는 부식억제 저하율이 억제버터B에 비해 상대적으로 적었음을 알 수 있었다.

그러나 지금까지의 연구결과는 어디까지나 모사세공용액에서 실험한 결과이므로 실제의 콘크리트로 둘러 쌓인 철근의 부식거동에 미치는 염분의 영향과 억제버터의 억제효과등에 대해서 지속적인 비

Table. 4 Corrosion Inhibition ratio of inhibitors obtained in simulated porous solution

Item		Immersed Times	Corrosion inhibition efficiency(%) formula (4)	Corrosion inhibition efficiency(%) formula (5)	remark( $i_{cor}^0, R_p$ )
I	No add	1hr	0	0	
		11days	0	0	
II	Salt add	1hr	0	0	
		11days	0	0	
III	Inhibitor A add	1hr	95	86	I의 1hr
		11days	78	76	I의 11days
IV	Inhibitor A + salt add	1hr	75	71	II의 1hr
		11days	50	47	II의 11days
V	Inhibitor B add	1hr	95	93	I의 1hr
		11days	26	22	I의 11days
VI	Inhibitor B + salt add	1hr	98	56	II의 1hr
		11days	31	26	II의 11days

교고찰이 필요하다고 사료된다.

#### 4. 결 론

지금까지 모사세공수용액에 염분과 인히비터를 첨가한 경우 철근의 부식거동에 미치는 영향을 전기화학적인 관점에서 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  모사수용액에서 철근의 부식전위변화는 약  $-0.15\text{V}(\text{SSCE})$ 의 귀(貴)한 전위값을 나타내었으나  $0.3\%\text{NaCl}$ 용액을 첨가한 경우에는  $-0.43\text{V}(\text{SSCE})$ 의 비(卑)한 전위값을 나타내었다. 그리고 인히비터A(Amine series organic inhibitor)를 첨가한 경우에는 염분의 첨가 유무에 관계없이 비(卑)한 전위값을 나타내었으며, 인히비터B( $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 계)를 첨가한 경우에는 염분의 첨가유무에 관계없이 (貴)한 전위값을 나타내었다.

2. 모사수용액에 염분을 첨가한 경우에는 부식전위가 비(卑)방향으로 이행하면서 부식속도는 증가하였으며 인히비터A, B의 첨가는 염분의 첨가유무에 관계없이 부식억제효과가 있었다.

3. 무첨가 용액에 인히비터를 첨가한 경우 인히비터A, B 모두 침지 1시간에서 95%의 부식억제율을 보였으나 침지 11일후에는 인히비터 A, B 모두 부식억제율이 떨어졌으며 특히 인히비터B의 경우 침지시간에 따른 부식억제율 저하의 폭이 컸음을 알 수 있었다.

4. 염분첨가 용액에서도 무첨가 용액의 경우와 마찬가지로 인히비터 B의 첨가가 인히비터A에 비해서 부식억제율 저하폭이 크다는 사실을 알 수 있었다.

5. 본 실험의 결과 인히비터A는 음극 인히비터로서 그리고 인히비터 B는 양극 인히비터로서 역할을 한 것으로 사료된다.

#### References

1. D. H. Jeon and J. H. Kang, *this Journal*, **20**, 192(1991)
2. M. Z. Noriyasu, et al, *Corrosion Engineering*, **46**, 623(1997)
3. R. S. Lillard and J. R. Scully, *Corrosion*, **52**, 125(1996)
4. G. K. Takaichi, Concrete structure durability series, salts damage(Ⅱ), Kibodo, 16(1986)
5. H. Y. Moon, S. S. Kim and J. S. Ryu, Proceedings of concrete congress, **6**, 129 (1994)
6. H. Y. Moon, S. S. Kim and J. S. Ryu, Proceedings of concrete congress, **5**, 73 (1993)
7. Takaichi, G. K et al, Concrete structure durability series, Neutralization, Kibodo, 1 (1986)
8. R. N. Swamy, S. Koyama, T. Arai, N. Mikami, ACI, SP 109-7, 147, SP 109-30, 667.
9. S. I. Pyun, *this Journal*, **24**, 223(1995).
10. J. K. Nam, K. M. Univ. Graduate school paper, 18(1998)
12. JC1-R1, Corrosion protection guide of marine concrete structure, Institute of Japan concrete engineering, 7(1986)
13. K. S. Yutakasho, *Institute of Japan concrete engineering*, **32**, 73(1994)
14. Koji. T. W, *Corrosion Engineering*, **47**, 696 (1998)
15. J. Bennett, *Anti-Corrosion*, **12**, (1986)
16. M. J. Collie, "Corrosion Inhibitors", Noyes Data Corp., New Jersey, p. 278(1983)
17. K. M. Moon, Q & A Practical Electrochemical, Hyosung, p. 63(1999)
18. K. R. Trethewey and J. Chamberlain, "Corrosion for Science and Engineering", Longman, p. 32(1995)
19. D. H. Jeon, K. M. Moon, T. S. Baek and J. H. Kang, *this Journal*, **21**, 3(1992)
20. A. J. Sedriks, "Corrosion of stainless steels", WILEY-International publication, p. 79(1996)
21. V. S. Sastri, "Corrosion inhibitors-principles and applications", Wiley, p. 689(1998)
22. Y. Y. Hiroshi, Electrochemistry, Institute of Japan chemistry, Daiipponkyokusho, p. 86(1985)
23. C. J. Kitowski and H. G. Wheat, *Corrosion*, **53**, 216(1997)
24. D. H. Jeon, *this Journal*, **41**, 147(1999)



25. J. M. Gaidis and A. M. Rosenberg, CEMENT, CONCRETE, AND AGGREGATES, p. 30(1987)
26. A. M. Kunitsugu, *Corrosion Engineering*, **46**, 342(1997)
27. A. M. Kunitsugu, *Corrosion Engineering*, **45**, 674(1996)