

# 콘크리트 내에서의 Cr강방식철근과 보통강재와의 갈바닉 부식에 관한 연구

## Galvanic Coupling between Carbon Steel and Cr-bearing Rebar in Concrete

태성호\*      이한승\*\*      정해문\*\*\*      안태송\*\*\*\*  
Tae, Sung Ho   Lee, Han Seung   Cheong, Hai Moon   An, Tai Song

### ABSTRACT

The galvanic currents between carbon steel and Cr-bearing rebars have been studied in concrete subjected to carbonation and chloride attack.

The results revealed that in case of SD345 contacted with Cr-bearing rebar in concrete under chloride attack environment and carbonation environment, the corrosion acceleration by galvanic corrosion is not generated. Therefore, Cr-bearing rebar can be used together with the carbon steel in the new establishment structure.

### 1. 서론

최근 철근콘크리트 구조물에는 수명 100년 이상의 장수명화가 요구되어지고 있다. 이러한 이유로 철근의 방식을 목적으로 한 다수의 연구가 진행되어져 왔으나, 그러한 연구들은 콘크리트의 품질 향상을 통한 방식기술에 편중된 경향이였다. 그러나 저 물시멘트비의 적용 등 콘크리트의 품질 개선 측면만으로는 초 장수명 구조물에 필요한 충분한 방식성을 기대하기 어려우며 이러한 이유에서 철근자체의 성질개선에 의한 방식성 향상기술에 관한 연구가 요구되어지고 있다. 그러나 종래의 방식철근은 우수한 방식성에도 불구하고 단가가 높은 이유로 일반적으로는 사용되지 못한 실정이다.

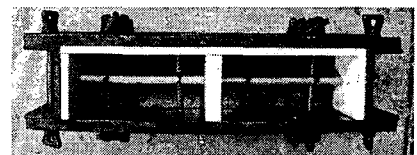
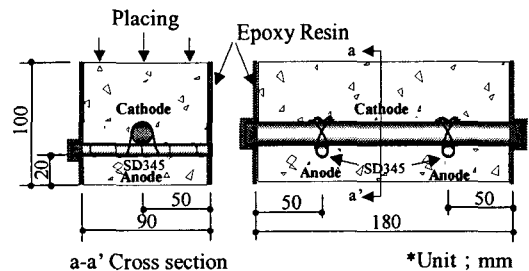


그림 1 공시체의 수법

\*정회원, 한양대학교 건축학부 친환경건축 기술혁신 연구센터 연구조교수

\*\*정회원, 한양대학교 건축학부 조교수

\*\*\*정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 재료환경연구그룹 책임연구원

\*\*\*\*정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 재료환경연구그룹 수석연구원

따라서 필자는 합금원소의 함유율을 감소시킴으로 보통강과 동일공정에서 제조가능하며 또한 합금원소의 함유율에 상응하는 방식성을 갖는 저가의 방식철근 (Cr강방식철근) 을 개발하기 위하여 콘크리트 내에서 Cr강방식철근에 접하고 있는 보통강재의 갈바닉 부식에 대하여 검토하였다. 부식환경으로는 염해 환경과 중성과 환경을 대상으로 각각의 부식환경을 모사한 콘크리트 공시체를 제작한 후, 고저온 건습반복 부식촉진양생을 실시, 소정의 재령에서 아노드 철근인 SD345의 부식면적률과 부식감량률을 측정하였다.

## 2. 실험개요

본 연구에서는 염해를 대상으로 제작된 공시체를 염해용 공시체, 중성화를 대상으로 한 공시체를 중성화용 공시체로 지칭한다. 먼저, 그림1과 같이 JIS G 3112의 SD345 규격품, Cr강방식철근 8종류와 SUS304의 스테레스 철근을 합하여 총 10종류의 철근에 각각 좌우 1개씩 2개의 보통강재(SD345)를 결속선으로 연결, SD345와 Cr강방식철근과의 전기적 연결에 의하여 갈바닉 부식이 발생할 것으로 기대되는 공시체를 제작하였다. 캐소드와 아노드 철근은 각각 직경 13mm, 9mm로 산화피막을 제거하여 사용하였다. 염해용 공시체의 경우는, 염화물 이온량 1.2kg/m<sup>3</sup>을 용해한 물을 결합수로서 사용하여 염화물 이온이 함유된 공시체를 제작하였다. 그 후, 재령 7일까지 밀봉양생을 실시한 후 탈형하여 항온항습실 (20±3℃, 50±5%) 에서 1주일간 기중양생을 실시하였다. 또한 상기의 전 양생 후 고온고습상태 (온도 60℃, 상대습도 95%) 1일, 저온저습상태 (온도 30℃, 상대습도 50%) 1일을 1사이클로 하는 부식촉진양생을 실시하였다. 한편, 중성화용 공시체의 경우, 7일간 밀봉양생을 실시한 후 항온항습실(20±3℃, 50±5%)에서 1개월간 기중양생을 실시 후 콘크리트의 표면으로부터 안쪽에 위한 캐소드 강재의 내측면까지 중성화가 도달하도록 촉진 중성화 시험(온도 40℃, 상대습도 60%, CO<sub>2</sub>농도 5%)을 실시하였다. 그 후 고온고습상태 (온도 60℃, 상대습도 95%) 1일, 저온저습상태 (온도 30℃, 상대습도 50%) 1일을 1사이클로 하는 부식촉진양생을 실시하였다. 철근의 기본조성을 표1에 나타낸다. 또한, 사용재료와 콘크리트의 조합표는 각각 표2, 표3과 같다.

## 3. 실험방법

### 3.1. 촉진 중성화 시험

촉진 중성화 시험은 온도40℃, 상대습도 60%, CO<sub>2</sub>농도 5%의 조건으로 콘크리트 내에 매입된 철근의 내측 부분에 중성화가 도달한 시점에서 시험을 종료하였다. 중성화 깊이는 시료의 안쪽 면에 페놀프타레인 1% 알코올 용액을 분무하여 변색하지 않은 부분을 중성화 영역으로 판단하였다.

표 1 강재의 기본 조성 (온도 60℃, 상대습도 95%)

Steel	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
SD345	0.2190	0.300	1.34	0.035	0.0190	0.081	0.04	0.01
0Cr	0.0117	0.300	0.50	0.031	0.0050	0.011	0	0
3Cr	0.0106	0.305	0.52	0.033	0.0060	3.070	0	0
5Cr	0.0112	0.266	0.52	0.030	0.0050	4.880	0	0
7Cr	0.0105	0.270	0.53	0.031	0.0050	7.150	0	0
9Cr	0.0114	0.270	0.52	0.029	0.0051	9.070	0	0
11Cr	0.0098	0.276	0.52	0.030	0.0050	11.110	0	0
13Cr	0.0108	0.270	0.51	0.029	0.0060	12.900	0	0
16Cr	0.0094	0.270	0.53	0.030	0.0050	16.090	0	0
SUS304	0.0620	0.297	1.02	0.030	0.0060	18.280	8.15	0.051

표 2 사용재료

시멘트	보통 포틀랜드 시멘트	
물	수도물	
잔골재	강모래 (흡수율=1.42%, 조립율=2.73%)	
굵은골재	부순자갈 (흡수율=0.59%, 조립율=6.75%)	
혼화제	AE감수제	
염화물 조정시약	NaCl	

표 3 콘크리트 조합표

W/C (%)	S/A (%)	Slump (cm)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )			
			W	C	S	G
65	46	18	185	285	798	954

### 3.2. 부식면적률과 부식감량률

부식촉진양생 105사이클의 종료시점에서 아노드 철근인 SD345의 부식면적률과 부식감량률을 측정하였다. 부식면적률은 철근에 생긴 부식의 형상을 투명시트를 이용하여 복사한 후 자동 면적 측정용 소프트웨어를 이용하여 산정하였다. 부식감량률은 「일본 콘크리트 공학 협회의 콘크리트 구조물의 부식 방식에 관한 실험 방법 및 기준(안) 콘크리트중의 강재의 부식 평가 방법」에 근거하여 산출하였다. 철근은 구연산 암모니움 10% 수용액에 침적시켜 부식생성물을 제거하였다. 또한, 전자저울을 이용하여 철근의 질량을 0.01g 단위까지 측정 한 후 Eqs. (1)를 이용하여 부식감량률을 산정하였다.

$$\Delta W = \frac{(W_0 - W) - W_s}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

여기서,  $\Delta W$  : 부식감량률 (%),  $W_0$  : 최초의 철근질량 (g),  $W$  : 부식생성물 제거후의 철근질량 (g),  $W_s$  : 비 부식부의 용해량 (g)

## 4. 실험결과

### 4.1. 염해용 공시체의 부식면적률과 부식감량률

그림2에 염화물 이온 함유량 1.2kg/m<sup>3</sup>의 콘크리트 내의 각종 Cr강방식철근에 접촉된 SD345의 부식면적률과 부식감량률의 경시변화를 나타낸다. SD345의 부식면적률과 부식감량률은 접촉된 강재의 상이에 관계없이 부식촉진양생이 증가함에 따라 커졌다. 또 부식촉진양생의 상이에 관계없이 동일한 부식촉진양생에서 Cr강방식철근과 연결되었던 SD345의 부식면적률과 부식감량률은 SD345 동종의 강재가 연결된 경우의 부식면적률 부식감량률과 비교하여 작았다. 또한 SD345의 부식면적률, 부식감량률은 Cr함유율 3%의 Cr강재와 연결된 경우 가장 작았으며 Cr함유율이 높아질수록 서서히 증가하는 경향을 나타냈다. 그러나 스텐레스 강재인 SUS304에 연결된 경우에도 SD345 동종의 강재가 연결된 경우와 비교하여 보다 작은 부식면적률과 부식감량률이 측정되었다.

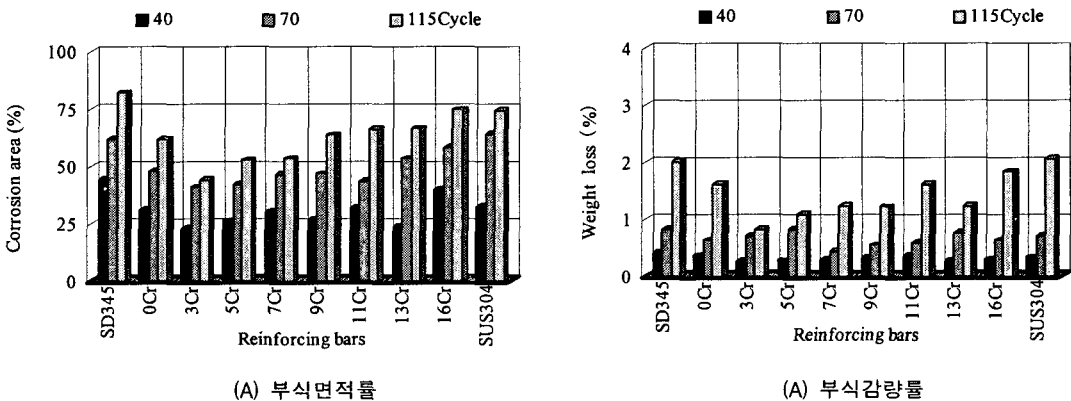


그림 2 각 강재에 연결된 SD345의 부식면적률과 부식감량률의 경시변화 [염해 환경]

#### 4.2. 중성화용 공시체의 부식면적률과 부식감량률

그림3에 중성화된 콘크리트 내의 각종 Cr강방식철근에 연결된 SD345의 부식면적률과 부식감량률의 경시변화를 나타낸다. SD345의 부식면적률과 부식감량률은 연결된 강재의 상이에 관계없이 부식촉진 양생이 증가함에 따라 높아졌다. 또 동일한 부식촉진양생에서 Cr강방식철근과 접촉되었던 SD345의 부식면적률과 부식감량률은 SD345 동종의 강재가 연결된 경우의 부식면적률과 부식감량률과 비교하여 작았다. 이것은 「4.1. 염해용 공시체의 부식면적률과 부식감량률」에서 기술한 염해 환경 하에서의 SD345의 부식과 동일한 현상이다.

상기의 부식면적률과 부식감량률의 결과에 의하면, 염해 환경과 중성화 환경 하에서의 Cr강방식철근에 연결된 SD345의 경우, 갈바니 부식에 의한 부식 가속화 현상은 발생하지 않았으며, 반대로 부식 속도는 약간 감소하는 경향을 나타냈다. 일반적으로, 다른 종류의 금속부재를 전기적으로 연결시키면 아노드 강재의 부식속도는 아노드 강재와 캐소드 강재의 표준단극전위차가 클수록, 아노드/캐소드의 표면적비가 작을수록 증가한다. 그러나 콘크리트 내에서 보통강재와 스테인레스 강재가 전기적으로 연결된 경우, 갈바니 부식에 의한 보통강재의 부식속도의 가속화 현상은 발생하지 않는 것이 실험적 이론적으로 입증되어져 있다(Rostam, 2003). 그 이유로서, 「스테인레스 강재의 캐소드 전류가 매우 작아 보통강재에서 스테인레스 강재에 흘러들어가는 부식전류가 작게되어 보통강재 동종의 강재가 연결된 경우와 비교하여 부식속도가 작아진 것이다」라고 결론짓고 있다. 따라서 Cr강방식철근의 경우에서도 스테인레스 강재와 같은 현상이 발생, Cr강방식철근에 연결된 SD345의 부식현상은 SD345 동종의 강재가 연결된 경우보다 작은 결과가 얻어진 것으로 추측할 수 있다.

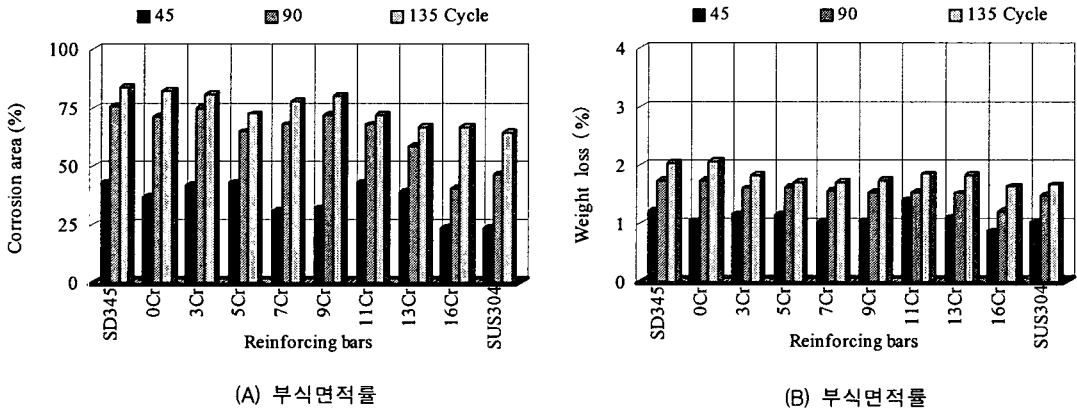


그림 3 각 강재에 연결된 SD345의 부식면적률과 부식감량률의 경시변화 [중성화 환경]

#### 5. 결 론

본 연구에서는 콘크리트 내의 Cr강방식철근에 연결된 보통강재(SD345)의 갈바니 부식에 의한 부식속도의 가속화 현상에 관하여 검토하였다. 그 결과, 염해 환경 및 중성화 환경의 콘크리트 내에서 Cr강방식철근에 연결된 SD345의 경우, 갈바니 부식에 의한 부식의 가속화 현상은 나타나지 않았다. 따라서, Cr강방식철근을 신설 구조물의 필요 부분에 선택적으로 사용하는 것 또는 단면수복의 보수재료로서 활용 가능할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. Rostam, S. (2003), "Reinforced concrete structures-shall concrete remain the dominating means of corrosion prevention?", Materials and Corrosion, Vol. 54, pp. 369~378.