

# 진기화학시험에 의한 부식용액별 구조물의 부식 특성 연구

## A study on the corrosive behaviour of Rolling stock structures by electrochemical experiments

오창록\*, 구병준\*\*

Chang-Rok Oh, Byeong-Chun Goo

---

### Abstract

The present paper describes an experimental study on the corrosive behaviour of Rolling stock structures. It is important to predict corrosive behaviour of rolling stock structures for safe service and to know relation between corrosion and fatigue life. This paper practiced electrochemical corrosion test of SS400 and SM400A. This study will examine the corrosive properties and differences of SS400 and SM400A from measuring corrosion potential, corrosion current density and corrosion rate.

---

### 1. 서 론

최근들어 고속철도의 개통으로 철도차량에 대한 관심이 사회적으로 높아지고 있는 가운데 철도 차량의 효율적인 사용을 위한 수명평가연구에 대해서도 많은 연구가 이루어지고 있다. 철도차량의 수명평가를 위한 기본적인 연구에는 사용 특성상 발생하게 되는 부식연구가 포함되어 있다.

부식(corrosion)은 주변 일상생활에 존재하는 금속이나 합금에서 흔히 발생하는 현상으로 이러한 재료들이 주변 환경과 화학적 반응을 일으킴으로써 파괴적인 현상을 나타내게 되는 현상을 일컬어 말한다[1-4]. 이러한 부식현상이 특히 사회전반에 걸쳐 중요하게 다루어지는 이유는 환경적인 요인으로 인해 불가피하게 발생되며 부식으로 인해 경제적 손실을 포함한 많은 피해가 발생하기 때문이다. 여러 선진국들에서 부식으로 인해 발생하는 경제적 손실은 GNP의 3-5%에 달할 정도로 막대한 피해를 나타내는 것으로 보고되고 있다[5]. 또한 우리 나라에서도 성수대교 붕괴사고, 당산철교 철거사건 및 전국의 상수도 배관의 부식과공과 같은 크고 작은 부식피해사례들이 보고되고 있는 실정이다[1, 2]. 이러한 부식은 산업화의 발전으로 생긴 살성비에 의해 악화되기 때문에 산성비에 의한 부식경향을 알아보는 것은 중요한 연구분야이다. 본 논문에서는 산성비에 포함되어 있는  $SO_4^{2-}$  와  $Cl^-$  이온이 금속의 부식속도에 어떠한 영향을 미치는지 연구하고자 한다.

---

\* 한국철도기술연구원 연구원, 비회원

\*\* 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원

## 2. 부식시험의 준비

본 실험에는 일반적으로 절도차량에 사용되는 일간 압연강인 SS400과 용접성을 향상시킨 용접 구조용 압연강인 SM490A으로 제작된 시험편을 사용하였다.

재료의 부식 전위 및 부식 속도를 측정하기 위해 부식 시험을 실시하였다. 모든 시험편은 1cm×1cm 크기로 직사각형 절단기를 사용하여 절단한 후 SiC 연마지(#800-2000)로 기계적인 연마를 마치고 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 분말로 1μm까지 연마한 다음 부식시험을 실시하였다. 부식 전위와 부식 속도는 정전압 장치(potentiostat)를 사용하여 전기화학적으로 측정하였는데, Fig. 1은 실험장치인 PARSTAT 2263 model을 보여주고 있다. 표준 전극(reference electrode)으로는 SCE(Saturated Calomel Electrode)를 사용하였고, 상대 전극(counter electrode)으로는 백금(Pt) 전극을 사용하였다. 부식 용액은 노르말농도(N)를 달리하는 NaCl과 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액을 사용하였다.

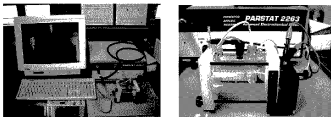


Fig. 1 Potentiostatic polarization equipment

## 3. 부식 시험 결과

### 3.1. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액의 부식시험

Fig. 2와 3은 노르말농도가 다른 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액내에서의 SS400과 SM490A의 Tafel 곡선을 나타낸 것이다. Fig. 4와 5는 중황수와 각 용액에서의 부식결과를 각 재질별로 나타낸 것이다.

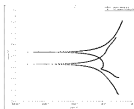


Fig. 2 Polarization curves of materials in 0.0005N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

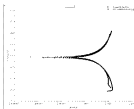


Fig. 3 Polarization curves of materials in 0.002N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

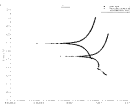


Fig. 4 Polarization curves of SS400 in various solutions

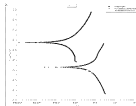


Fig. 5 Polarization curves of SM490A in various solutions

노르말 농도를 달리하는 증류수 및  $H_2SO_4$  용액들은 부식 시험을 실시한 결과는 전형적인 Tafel 가동을 보이고 있으며 SS400과 SM490A 합금은 거의 비슷한 활성화 분극 거동을 나타내었다.

Tafel 곡선의 기울기로부터 구한 부식 조건에 따른 각 재료의 부식전위( $E_{cor}$ ), 부식전류밀도( $i_{cor}$ ) 및 부식물( $R_{cor}$ ) 값을 각각 Table 1-3에 나타내었다. 각 용액에 대해서 두 금속은 비슷한 값의 부식전위를 나타내고 있지만 부식전류밀도에 있어서는 두배이상의 차이를 나타내고 있다. 이로 인해 두 금속간의 부식물은 상당한 차이를 나타내게 되며 노르말농도가 높아질수록 부식물은 급격하게 늘어났다는 것을 알 수 있다. 두 금속의 부식물을 그래프로 나타낸 것을 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7에 의하면  $H_2SO_4$  용액에 대한 부식밀감도는 SS400이 SM490A에 비해 더 높은 것으로 나타나고 있다.  $SO_4^{2-}$ 의 농도가 높아질수록 SS400의 부식물은 상당히 빨라지는 것으로 나타나고 있다. 이것은 SM490A은 내후성강으로 설계가 되어 방식층이 형성되므로  $SO_4^{2-}$ 의 이온농도에 민감한 반응을 나타내지 않는 반면 SS400은 농도가 높아질수록 부식률이 높아지며 이것은 실제 산성비내에  $SO_4^{2-}$  이온이 많아지게 되면 상당한 영향을 미칠 것으로 보인다.

Table 1 Corrosion potential ( $E_{cor}$ ) of materials in various solutions

$E_{cor}(mV)$	distilled water	0.0005N $H_2SO_4$	0.002N $H_2SO_4$
SS400	-310.227	-467.692	-618.481
SM490A	-327.385	-373.047	-611.344

Table 2 Corrosion current density ( $i_{cor}$ ) of materials in various solutions

$i_{cor}(mA)$	distilled water	0.0005N $H_2SO_4$	0.002N $H_2SO_4$
SS400	2.728	21.68	143.3
SM490A	0.7222	15.61	63.75

Table 3 Corrosion current density ( $R_{cor}$ ) of materials in various solutions

$R_{cor}(mpy)$	distilled water	0.0005N $H_2SO_4$	0.002N $H_2SO_4$
SS400	1.268	10.87	71.85
SM490A	0.3621	7.826	31.95

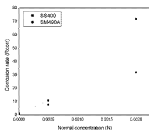


Fig. 6 Graphs of corrosion rate for SS400 and SM580A in  $H_2SO_4$  solutions

### 3.2. NaCl 용액의 부식 시험

Fig. 6과 7은 노르말 농도가 다른 각각의 NaCl 용액 내에서 분극 선행한 재료의 분극 곡선을 나타낸 것이며, Fig. 8과 9는 각 재료별로 나타낸 것이다. NaCl의 농도를 달리하는 세 가지 수용액 중에서 부식 시험을 실시한 결과 재정에 따른 분극 곡선은 전형적인 Tafel 거동을 보이고 있다. 역시  $H_2SO_4$  용액에서의 같이 두 금속 모두 활성화 한극 거동을 나타내고 있다.  $H_2SO_4$  용액에서의 부식시험과 다른 점은 용액의 농도에 따라 두 금속 모두 부식물의 증가속도가 비례관계를 유지하고 있다는 점이다.

Tafel 곡선의 기울기로부터 구한 부식 조건에 따른 각 재료의 부식전위( $E_{corr}$ ), 부식전류밀도( $I_{corr}$ ) 및 부식물( $R_{corr}$ ) 값을 각각 Table 4-6에 나타내었다. 노르말농도의 변화에 따라 각각의 값은 증가하는 경향을 나타내고 있다. Fig. 10은 NaCl 용액에서 두 금속의 부식률을 나타내고 있다.

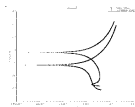


Fig. 6 Polarization curves of materials in 0.005N NaCl

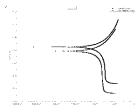


Fig. 7 Polarization curves of materials in 0.01N NaCl

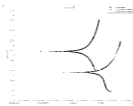


Fig. 8 Polarization curves of SS400 in various solutions

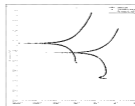


Fig. 9 Polarization curves of SM490A in various solutions

Table 4 Corrosion potential ( $E_{cor}$ ) of materials in various solutions

$E_{cor}$ (mV)	distilled water	0.005N NaCl	0.01N NaCl
SS400	310.227	518.841	477.216
SM490A	327.385	420.682	508.821

Table 5 Corrosion current density ( $i_{cor}$ ) of materials in various solutions

$i_{cor}$ (nA)	distilled water	0.005N NaCl	0.01N NaCl
SS400	2.738	13.06	22.11
SM490A	0.7222	8.722	18.24

Table 6 Corrosion current density ( $R_{cor}$ ) of materials in various solutions

$R_{cor}$ (mpy)	distilled water	0.005N NaCl	0.01N NaCl
SS400	1.298	6.548	11.08
SM490A	0.2621	4.573	9.148

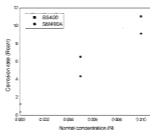


Fig. 10 Graphs of corrosion rate for SS400 and SM490A in NaCl solution

Fig. 10에서 보면 두 금속 모두 NaCl 용액의 부식률은 노르말농도의 증가에 정비례적으로 증가하고 있다. SM490A의 경우는  $\text{SO}_4^{2-}$  이온에 대한 부식과 비슷한 경향을 나타내고 있지만 SS400은 급격한 부식률의 증가를 보였던  $\text{H}_2\text{SO}_4$  용액과는 달리 비슷한 증가률을 나타내고 있다. 이것으로 볼때 내후성강의 성질을 나타내고 있는 SM490A는  $\text{SO}_4^{2-}$  와 Cl 이온에 대해 비슷한 부식경향을 나타내고 있는 반면 SS400은 경우는 Cl 이온보다  $\text{SO}_4^{2-}$  이온에 대해 더 민감한 반응을 나타내는 것으로 보인다. 또한 두 금속 모두 Cl 이온보다  $\text{SO}_4^{2-}$  이온에 대해 더 많은 부식률을 나타내고 있는 것으로 나타났다.

## 6. 결 론

선성비에 가장 많이 포함되어 있는  $\text{SO}_4^{2-}$  및 Cl 이온에 대한 SS400과 SM490A 금속의 부식경향을 노르말농도를 달리하여 시험한 결과는 다음과 같다.

SM490A는 내후성강의 성질을 나타내고 있기 때문에 두 용액에 대해 전반적으로 SS400보다 낮은 부식률을 나타내고 있으며 노르말농도의 증가에 따라 정비례적인 부식률증가경향을 나타내고 있다. 반면 SS400은 SM490A에 비해 더 빠른 부식률을 나타내며 특히  $\text{SO}_4^{2-}$  이온에 대해서는 급격한 부식률의 증가를 나타내는 것으로 나타났다.

또한 두 금속에 대해 두 용액의 부식경향을 알아본 결과는 Cl 이온에 비해 두 금속 모두  $\text{SO}_4^{2-}$  이온에 대한 부식률이 더 높게 나타난 것을 알 수 있었다. 이것은 전반적으로 Cl 이온에 비해  $\text{SO}_4^{2-}$  이온이 두 금속의 부식물에 더 많은 영향을 끼친다는 것을 의미한다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 국가지정연구실사업의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 이의효, 이학렬, 황윤석, 김광근 (1999), "부식과 방식의 원리", 동화기술
2. 이학렬 (1995), "금속부식공학", 연경문화사
3. 손운택 (1981), "금속부식학", 남영문화사
4. 전대회 (1975), "부식과 방식", 한국해양대학 해사도서관부
5. M. G. Fontana and N. D. Greene (1978), "Corrosion Engineering", McGraw Hill