

# 탄소강의 분극특성에 미치는 산소와 염화물이온의 영향

이종락, 조영도, 강태연, 西方篤\*, 水流徹\*

한국가스안전공사 가스안전시험연구원, \*東京工業大學 理工學研究科

## The Effect of Oxygen Partial Pressures and Cl ion on Polarization of Carbon steel

Jong-Rark Lee, Young-Do Jo, Tae-yeon Kang, Atsushi Nishikata\* and Tooru Tsuru\*

Institute of Gas Safety Technology, Korea Gas Safety Corporation

\*Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

### 1. 서론

지하수를 포함하는 토양은 여러 가지 이온이 용해한 전해질로 되어 있기 때문에, 토양중에 매설되어 있는 금속재료와 토양의 계면에는 부식반응이 전기화학적인 프로세스로 진행된다. 매설된 금속의 부식에 영향을 미치는 인자로서는 토양의 종류, 수분량(함수량), 토양전도율(토양비저항), Cl<sup>-</sup>, pH, 용존산소, 미생물의 존재 등을 열거할 수 있다. 일반적으로 토양중 혹은 지하수중에 용해되어 있는 이온종이 증가하면 비저항이 감소하기 때문에 부식량은 증가하는 것으로 알려져 왔다. 특히 염화물이온의 경우는 금속표면의 보호피막을 파괴하여 부식을 가속시킨다. 또한 산소는 중성 및 알칼리환경에서는 주로 산화제로 된다.

그러나, 지하의 부식환경을 특정시키는 것은 매우 어렵다. 따라서 이들 부식인자의 농도범위를 크게 변화시킨 조건상태에서 체계적으로 금속의 부식거동을 검토해야 한다. 그리고 이들 환경에서 강구조물을 사용해야 할 경우에는 충분한 방식대책을 실시하여야 한다. 이를 위한 기초로써 각 사용환경에 대한 강재의 전기화학적인 거동을 파악해 둘 필요성이 있다.

따라서 본 연구에서는 지하환경을 상정한 부식환경중, 서로 다른 농도의 염화물이온과 산소농도에 대한 탄소강의 전기화학적 특성을 조사하였다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 시험편제작

10mm×10mm×3mm의 크기로 절단한 탄소강(SM401A)판재를 이용하여, 에폭시수지로 경화시켜 만든 시험편의 노출표면을 샌드페이퍼 1,000번까지 연마하여

증류수로 초음파세척을 한 후 30분 이내에 용액에 침지하였다. 사용한 전해질 용액은 0.5M NaCl, 0.1M NaCl, 10mM NaCl 및 1mM NaCl 4종류이며, 실험온도는 상온이다.

## 2.2 분극측정

분극측정장치는 Fig.1에 나타내 것처럼, 시료극과 대극(백금)을 서로 마주보게 하였으며, 참조극은 KCl 염화은/염화은 전극(SSE)를 이용하여, 수용액중에서 동전위법을 이용하여 측정하였다. 질소가스를 180 ml/min. 유량으로 흘러 주면서 1시간 유지시의 부식전위로부터 0.5mV/sec의 주사속도로 -1.2V까지 캐소드분극을 실시한 후, 별도의 시편을 이용하여 부식전위로부터 -0.2V까지 아노드분극을 실시하였다. 분극중에도 가스는 40 ml/min.의 유량으로 계속하여 흐르게 하였다.

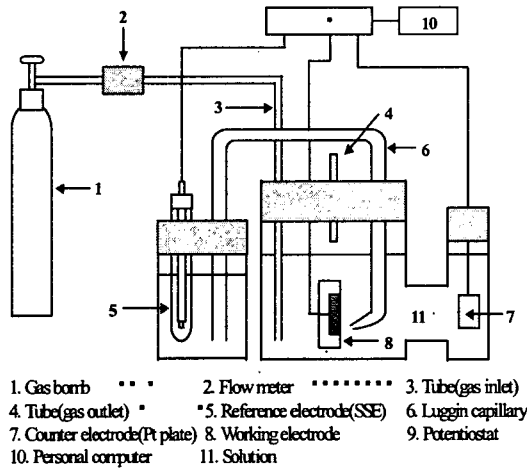


Fig.1 Schematic diagram for polarization measurement.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 부식전위 경시변화

Fig. 2는 침지시간에 대한 탄소강의 부식전위의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 (a)의 No purge는 공기포화를 의미한다. 부식전위,  $E_{corr}$ 은 침지후 떨어졌다. 산소농도가 높게 될수록 부식전위가 안정되는 시간은 짧게 되는 경향을 보이고, 질소와 0.01%의 산소 농도의 경우는 약 20분후에 부식전위는 안정되었다. 또한 용액의 농도가 높아 질수록 부식전위의 안정시간이 짧게 되었다. 부식전위가 침지시간이 경과할수록 떨어지는 것은 침지전에 공기중에서 생성한 피막의 용해 및 초기용존산소(공기포화)에서 소정의 산소분압으로

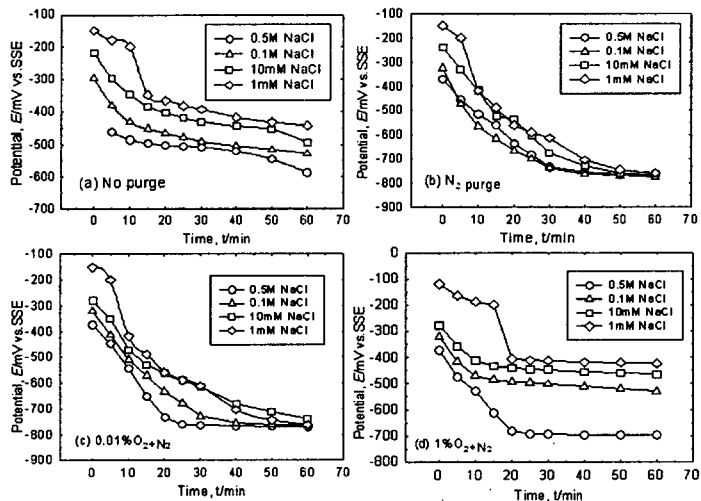


Fig.2 Variation of corrosion potential with immersion time in various NaCl solution to different purge condition.

변화하기 때문으로 추측된다. 또한 부식전위는 염화물이온의 농도가 크게 될수록 부식전위는 낮아지는 경향이 있으며, 이것은 염화물이온에 의해 탄소강의 아노드 용해가 가속되는 것을 의미한다.

### 3.2 산소농도의 영향

Fig.3은 0.5M NaCl용액중에서의 여러 가지 산소농도에 대한 양극 및 음극의 분극곡선을 나타낸 것이다. 부식전위로부터 정방향으로 분극(양분극)하면, 산소포화(그림중의 No)이외의 모든 경우 -0.5V부근에 전류의 정체가 관찰된다. 이 전류정체는 후술하는 것처럼 다른 조건에서도 관찰되었으며, 현재 이에 대하여는 조사중에 있다. 이 실험용액에서의 양극부의 타펠기울기는 39-60mV/decade 범위의 값을 나타내었다.

음극분극의 경우, 산소농도가 0.01%의 경우를 제외하고는 모든 농도범위에서는 용존산소의 환원반응에 의한 임계한계전류로 되는 영역이 관찰되었다. 산소포화 및 10%산소농도의 경우는 전류가 전위에 의존하지 않은 한계전류를 나타내었지만, 1%산소농도로 탈기한 경우는 물의 환원반응이 함께 일어나기 때문에 완전히 용존산소의 확산속도에 의한 한계전류는 나타나지 않고 어느 정도 전위의존성을 보였다. 또한 전위가 -0.9V이상으로 분극하면 물의 환원에 의한 수소발생이 생겨 전류가 증가한다. 0.5MNaCl용액중의 모든 산소농도에 대한 음극부의 타펠기울기는 120-142mV/decade 범위의 값을 나타내었다.

Fig.4는 10mM NaCl용액중에서의 서로 다른 산소농도에 대한 양극 및 음극의 분극곡선을 나타낸 것이다. 양극 및 음극분극곡선의 분극거동은 0.5MNaCl용액중의 분극특성과 거의 비슷한 거동을 나타내었으며, 다른 용액중에서도 같은 경향을 나타내었다. 그리고 부식전위는 모든 용액에서 N<sub>2</sub>, 0.01%, 1%, No purge, 10%의 순으로 높게 나타났으며, 용액농도가 높을수록 부식전위는 낮은 값을 보였다.

Fig.3과 Fig.4의 결과로부터 10%

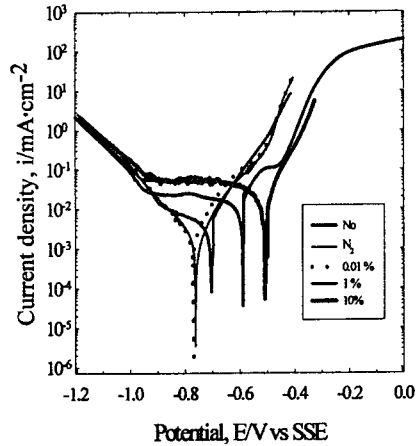


Fig.3 Polarization curves for different purging conditions in 0.5M NaCl solution.

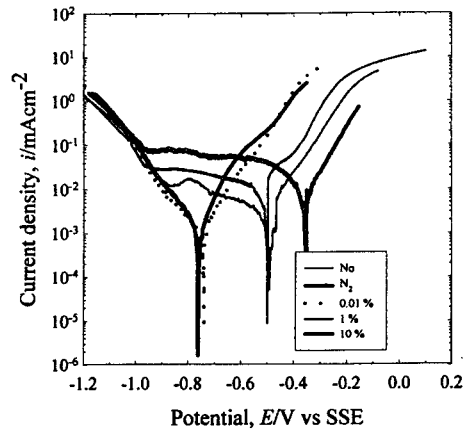


Fig.4 Polarization curves for different gas purging conditions in 10mM NaCl solution.

의 산소농도의 경우를 제외하고, 질소 및 산소부분농도에서의 부식전위는 탈기를 하지 않는 것보다 낮은 값을 나타내었으며, 산소환원반응의 물질전달에 의한 한계전류밀도는 감소한다. 이것에 의해, 형성되는 부식전위는 탄소강의 산화반응과 물질전달이 반응속도를 결정하는 용존산소의 환원반응 사이의 혼합전위라고 추측된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 지하환경을 상정한 부식환경중에서의 일반강재의 부식특성의 기초적인 조사하기 위하여, 전기화학적인 분극시험에서 서로 염화물이온과 산소농도에 대한 분극특성을 조사한 결과, SM490A강의 부식은 산소농도와 이온농도에 따라서 서로 다른 부식거동을 나타내었다. 산소농도가 1%이상으로 되면, 용액의 농도에 관계없이 음극반응은 한계전류치를 나타내는 영역이 나타났으며, 또한 타펠균배의 값은 거의 같은 값을 나타내었다. 산소농도 및 염화물이온농도의 조합에 따라서 부식의 율속단계는 변화함을 나타내었다. 향후 이들 반응에 대하여 특히 검토할 필요가 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] H.H.Uhlig, R.W.Revie, "Corrosion and corrosion control, An introduction to Corrosion Science and Engineering", 3rd edition, A Wiley-Interscience, 178-180, (1985)
- [2] J.R.Lee, A. Nishikata and T. Tsuru, " Monitoring of Underground Corrosion of Carbon Steel using AC Impedance method", Proceedings of JPN-CHA Joint Seminar on Marine Corrosion, 170-177, (2002)
- [3] 고영태, 송홍석, 이성민, 전경수, "지하매설구조물의 부식과 방식, 한국부식학회지, 26(3). 217-227, (1997)