

토양의 함수율에 따른 상수도용 도복장 강관의 부식거동에 관한 연구

박경화*, 배정효, 하태현, 이현구, 하윤철, 김대경
한국전기연구원 지중시스템 그룹

Corrosion behavior of coated steel pipes for water works with water content of soil

Kyung-Wha Park, Jeong-Hyo Bae, Tae-Hyun Ha, Hyun-Goo Lee, Yoon-Cheol Ha, Dae-Kyeong Kim
Underground systems group, Korea Electrotechnology Research Institutes

Abstract - The corrosion rate of buried steel pipes for water works was investigated under soil environment. Steel pipe shows various characteristics caused by complicated environment condition of underground and especially the corrosion rate of it depends on the resistivity of soil controlled by content of water. In this paper, the corrosion behavior of steel pipe was observed by polarization test under soil and the silica sand in the water content range of 0 - 50 %. Generally it is well known that the resistivity of soil decreased rapidly over 15 % water content. In fact the corrosion rate, corrosion potential, and corrosion consumption (MPY) of steel pipe were shown very different aspects within 20 % water content.

1. 서 론

현재 국내에서 사용되는 상수도용 배관의 경우 매설시 방식 조치는 표면 코팅 처리가 대부분이다. 재질과 지중의 환경에 따라 차이가 있으나 시간이 경과함에 따라 매설 배관은 노후화되어 관로 내에서의 수질 변화와 파손과 같은 부식 현상이 발생한다. 매설 이후의 대표적인 방식 방법으로서 외부전원방식법이 대표적이다. 그러나 외부에서 매설관에 전류를 흘려줄 경우 적정 전류 이하의 경우 방식 효과가 없고 과도한 전류가 흐를 경우에는 과방식이 되어 수소가스가 발생하고 이것은 다시 음극 주위의 알칼리 성분에 의해 코팅의 박리같은 열화현상을 촉진시킨다.^{1,2)} 따라서 적절한 방식 대책을 위해서는 매설 배관의 기본적인 부식특성을 평가해야할 필요성이 있다.

기존 선진국에서의 상수도용 매설 배관의 부식 평가법의 항목을 고찰해 보면 대표적으로 토양 비저항, pH, 수분, 산화환원전위와 토양성분 등으로 구성되어 있다. 그리고 매설 배관의 부식에 가장 크게 영향을 미치는 토양의 경우 비저항이 높고 함수율이나, pH, 구성 성분, 온도 등에 따라 부식율의 차이가 매우 큰 것으로 알려져 있다.³⁾ 특히 토양의 함수율이 낮아지면 저항이 높아지므로 부식율의 차이가 크다. 그러나 토양에서는 이온의 이동시 높은 저항이 발생하고⁴⁾ 따라서 실제 현장에서의 무게 감량과 같은 방법을 병행하지 않고서 단순히 분극 곡선을 통하여 간단하게 부식 저항율을 계산하는 것은 무리가 따르나 일반적인 부식 거동을 고찰하는 데 있어서 분극 실험은 필수적인 것이며, 또한 짧은 전위 구간 내에서의 부식율의 측정은 나름대로의 신뢰성을 가진다.⁵⁾ 그리고 상수도 배관의 전반적인 전기화학적 특성의 고찰은 상수도 배관에 대한 외부 전기방식과 같은 부가적인 방식 대책의 중요한 지침으로 활용될 수 있을 것으로 여겨진다. 본 연구에서는 현재 국내에서 사용되고 있는 상수도용 배관의 부식거동을 일반적인 토양과

모래, 두 가지의 환경 하에서 분극 실험을 통하여 고찰하여 보았다.

2. 본 론

2.1 실험방법

실험 시편은 일반적으로 상수도용 도복장 강관으로 사용되고 있는 KSD 3565 규격의 관을 사용하였으며 대략 1.5 × 2 cm 의 크기로 절단하여 emery paper # 80 에서 표면의 도장을 모두 제거한 다음 # 220, # 400, # 600 에서 단계적으로 표면을 연마하고 구리선을 연결한 다음 1cm²의 면적을 남기고 실리콘으로 절연 처리하여 사용하였다.

실험 조건은 모래와 토양 두 종류로 나누어 각각 함수율을 0 wt.%, 10 wt.%, 20 wt.%, 30 wt.%, 그리고 50 wt.%별로 분극실험을 수행한 다음 Tafel 분석을 통하여 부식율을 추정하였다.

모래의 경우 ASTM C 778 에 규정된 40 - 50 mesh 크기의 silica sand를 사용하였고 토양의 경우 한국 전기연구원 실증 시험장의 토양으로 지표 30 cm 이하의 토양을 채취하여 KS M 9706 에 의거하여 모래와 토양을 105t에서 16시간 정도 건조 시킨 다음 건조기 내부에서 실온으로 냉각시켜 사용하였다. 건조시킨 모래와 토양의 무게를 10 mg 단위의 정확도로 계량하여 1개 셀 당 토양과 모래 모두 1 kg 으로 두고 증류수로 함수율을 조절하였다.

측정용 셀은 W.E. 도복장 강관, C.E. Pt mesh, Ref. SCE(Saturated Calomel Electrode) 로 구성하였다.

측정 기구는 Solartron 1440 multi stat를 사용하였다.

분극 실험의 경우 다음과 같은 조건으로 실험하였다. 전위가 안정화 되기 위한 초기 시간은 1800 sec를 주었고 초기 전위는 $V_{int.} = -0.25 V$ vs. OCP, 최종 전위는 $V_{fin.} = 1.0 V$ vs. OCP 그리고 Scan rate 0.1667 mV/sec의 조건으로 실험하였다.

2.2 실험결과

2.2.1 분극 곡선의 고찰

토양 함수율별에 따른 분극 곡선 Fig. 1을 고찰해 보면 함수율 10%와 20%,30%, 40%, 그리고 50%의 경우가 분극 곡선의 거동 영역이 매우 다름을 보여주고 있다. 분극 곡선의 거동 영역은 함수율이 높아짐에 따라 부식 전위영역은 낮아지고 부식전류 밀도 영역은 높아지고 있음을 보여주고 있다. 모래의 경우도 토양의 경우와 동일하다는 것을 보여주고 있지만 토양의 경우 함수의 정도가 높으므로 분극 곡선의 거동 영역이 함수율에 따라 단계적으로 변화하고 있지만, 모래의 경우 함수율이 높더라도 모래 성분 자체의 함수 정도가 낮아 배수가 용이한 관계로 수분 함유량 20% 이상의 함수율에서는 분극 곡선의 거동 영역에 큰 차이가 없음을 보여주고 있

다.

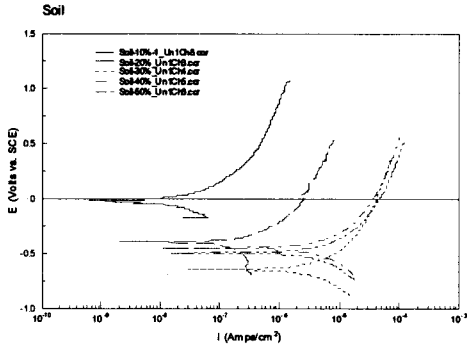


Fig. 1 The comparison of polarization curves in soil as to water content.

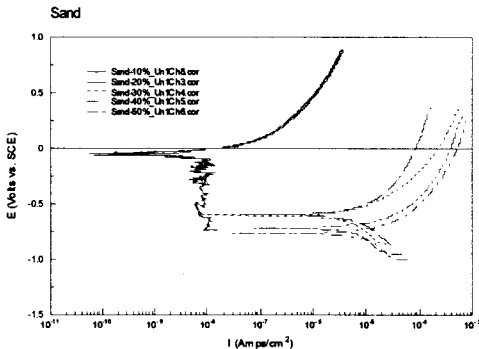


Fig. 2 The comparison of polarization curves in sand as to water content.

2.2.2 함수율별 부식전위

Fig. 1과 Fig. 2의 분극곡선을 통하여 $-0.002 < OCV < +0.002$ 영역에서 Tafel분석을 시도하여 Fig. 3과 같은 결과를 얻었다.

Fig. 3에 의하면 토양의 경우 수분 함유량의 증가에 따라 부식 전위역시 증가하나 그 변화 정도가 완만하였고 모래의 경우 부식 전위의 증가폭이 상대적으로 높았다.

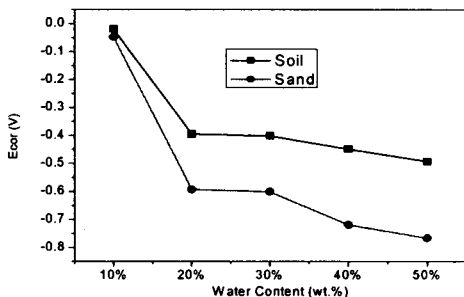


Fig. 3 The variation of corrosion potential in soil and sand as to water content.

일반적으로 모래의 경우 수분의 함유 정도가 매우 낮은 반면 실험에 사용한 토양의 경우 함유 정도가 높았다. 일반적으로 사질 토양의 경우 배수가 매우 잘 되는 것으로 알려져 있으며 본 실험의 경우 셀 내부의 모래에 수분 함유량이 30%를 초과할 경우 더 이상의 함유가 일어나지 않고 셀 상부에 물이 고였다. 반면 토양의 경우 40%까지는 수분을 함유하였으나 50%부터는 셀의 상부에 물이 고였다. 모래의 경우 배수가 용이한 관계로 토양과는 달리 자체의 함유 시간이 짧기 때문으로 생각된다.

2.2.3 함수율별 부식전류밀도

토양과 모래, 두 가지의 환경하에서 부식전류밀도 관계를 고찰해보면 일반적으로 함수율이 증가함에 따라 부식전류밀도 또한 증가하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 토양의 경우 부식전류밀도 값의 증가 정도가 매우 완만하였으나 모래의 경우 함수율이 증가함에 따라 그 값의 증가폭이 컸다.

Fig. 4는 토양과 모래에서의 부식전류 밀도값의 함수율에 따른 변화를 보여주고 있다.

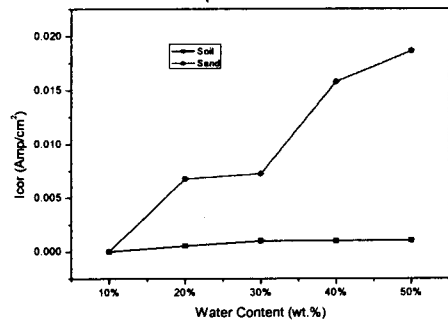


Fig. 4 The variation of corrosion rate in soil and sand as to water content

2.2.4 함수율별 부식율

부식율의 경우 토양의 경우 함수율 10%에서의 부식율과 그 이상의 함수율에서의 부식율에 차이를 보였다. 함수율 10%를 기점으로 하여 20%에서는 부식율 값의 증가가 분명하였으나 이후 30%, 40%, 그리고 50%의 부식율은 20%와 큰 차이가 없었다. 그러나 모래의 경우 함수율에 따라 부식율의 차이가 두드러졌다. 즉, 토양의 성분과 함수 특성에 따라 상수도용 매질 강관의 부식율에는 상당한 차이가 존재할 것을 보여주는 것으로 여겨진다.

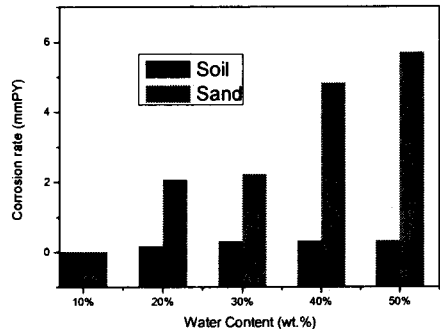


Fig. 5 The comparison of corrosion rate as to water content in soil and sand.

3. 결 론

1. 토양과 모래의 두 가지 환경하에서 실험을 수행한 결과 모래의 경우 일반적으로 토양에서의 강관의 부식율이 0.4 MPY 를 초과하지 않는데 반하여 지나치게 높은 부식율을 나타내었다.
2. 토양의 경우 함수율 10%의 부식율은 0.0017172로서 극히 낮았으나 나머지 20%, 30%, 40%, 50% 대의 경우 0.16628 MPY 에서 0.32167MPY 로서 함수율이 20% 일 경우 부식율이 급격히 상승하였다. 일반적으로 토양의 경우 수분 함량 15%를 초과할 경우 토양 비저항이 급격하게 감소한다. 따라서 함수율에 따른 토양내에서의 부식율 실험의 경우 함수율 20% 이하의 토양에서 수분 함량에 따른 단계적인 실험이 따로 수행되어야 할 필요성이 있는 것으로 여겨진다.
3. 부식 전위의 경우 함수율 10%를 초과할 경우 그 값이 급격히 낮아졌다.
4. 부식전류 밀도의 경우 함수율에 따라 계속적으로 그 값이 상승하였다. 또한 토양의 경우 함수율 10%의 경우 $5.6185E-9$ Amp/㎠ 정도 였으나 30%, 40%, 50%의 경우 그 값이 $9.9399E-7$ Amp/㎠, $1.0113E-6$ Amp/㎠, $1.0524E-6$ Amp/㎠로서 함수율 20% 이상의 경우 부식 전류밀도 값의 차이가 크지 않았다.
5. 매설된 상수도용 강관의 경우 매설 환경의 구성인자와 함수율에 따라 부식율의 차이가 두드러졌다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김석구, 이현동, 박필재, 최준향, "PE 선피복 파형강관의 내식성 평가", 대한환경공학회 논문집, PA5, p1209, 2003.
- [2] 김대경, 황치우, 최규형, 김재수, 배정효, 정성환, 조홍수, 조연규, "음극방식시스템의 전압, 전류분포 연구", 한국가스공사 연구보고서, pp. 342-360, 1995
- [3] M. Pourbaix, "Passivity and Passivation from the Thermodynamic Point of View", Corrosion, Vol. 5, No. 4 pp.121-130, 1949
- [4] G. Davis and D. B. Kellner, "Electrochemical Principles Applied to Operating Pipelines", 1989
- [5] W. J. Schwerdtfefer and O. N. McDormna, "Potential and Current Requirements for the Cathodic Protection of Steel in Soils", Corrosion, Vol. 8, No.11, pp. 391-400, 1952.