

토양 특성 및 전기방식에 따른 연료 가스용 강관의 부식 차이에 관한 연구

임상식 · 김지선 · [†]류영돈 · 이진한

안전연구실, 한국가스안전공사

(2016년 9월 29일 접수, 2016년 12월 5일 수정, 2016년 12월 12일 채택)

A Study on the Corrosivity according to Soil Characteristics and Electrolytic Protection for the Materials of Fuel Gas Pipe

Sang-Sik Yim · Ji-sun Kim · [†]Young-don Ryu · Jin-Han Lee

Safety Research Division, Korea Gas Safety Corporation

(Received September 29, 2016; Revised December 5, 2016; Accepted December 12, 2016)

요 약

연료가스용 탄소강관이 지하에 매설되는 경우 부식을 방지하기 위해 피복강관을 사용하고 있으며, 피복강관의 결함, 타공사, 시공시 피복의 손상에 대비하여, 방식전위를 이용하여 환원 분위기를 강제로 조성한다. 일반적으로 연료가스용 탄소강관이 지하에 매설된 경우 두 방법이 병행되어 사용되지만, 토양환경의 변화를 예측할 수 없는 불확실성과 부식 정도 또는 피복의 손상 등 배관의 결함에 대해 육안으로 직접 관찰하기 어려운 문제가 공존한다. 매설배관의 부식이 발생하는 것을 직접적으로 관찰하기 어렵기 때문에, 이를 직접적으로 관찰하기 위한 방법 중 하나가 부식쿠폰을 이용한 방법이다. 본 연구에서는 3가지 토양(마사토, 진흙, 모래)과 방식전위 사용 여부에 따라 작성된 6가지의 시나리오를 토대로 약 1년간 부식쿠폰의 부식 정도를 파악하였다. 그 결과 방식전위가 흐르는 환경의 부식쿠폰은 부식이 전혀 발생하지 않았으며, 미방식 부식쿠폰은 모두 부식이 발생하였다. 토양에 따라서는 진흙에서 가장 적은 부식속도를 보였으며, 모래와 마사토는 유사한 경향을 갖는 것으로 확인되었다. 진흙의 경우 높은 함수량에 의해 국부부식이 발생하였으며, 모래에서 부식이 발생한 것은 모래에 함유된 화학적 성분에 기인한 것으로 확인되었다.

Abstract - Coating pipe (PLP) has been generally used in buried site for protecting the corrosion. To prevent the damage by occurring the defect, other construction or execution works, an anti-oxidation environment was forcibly made by using protective potential. Coating and protective potential are applied simultaneously, but corrosion rate or defects are not easy to observe because soil composition has many uncertainty. Also, defect of coating pipe can not be directly observed. A corrosion coupon can easily measure a corrosion rate directly. The corrosion rate was measured with 6 scenarios using corrosion coupon during about 1 year (6 scenarios are based on soil type and protective potential or not in this research). Resultingly, the corrosion coupon has not occurred in the case of protected by potential current, but corrosion has occurred in a non-protected site. The corrosion rate was measured at least in the clay, and the propensity of corrosion rate was similar in other soil (sand and loams). The local corrosion has occurred in the clay because of high water content. On the other hand, general corrosion was occurred in sand and loams. Commonly, sand is not to corrosive soil. Although, corrosion occurred in sand can be estimated by chemical component and valid with chemical analysis report.

Key words : PLP, Corrosion coupon, Corrosion rate, Local corrosion, General corrosion

[†]Corresponding author: rydon@kgs.or.kr

Copyright © 2016 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

도시가스 배관 중 일반도시가스 사업자 또는 공급자 배관의 경우 공간의 효율성 및 안정성을 위해 매설하는 경우가 많으며, 일반적으로 탄소강관(KS D 3631, 연료가스용 탄소강관)이 원관으로 사용된다. 그러나 금속성 물질로 제작된 배관(KS D 3589 및 KS D 3607 등)을 매몰하게 되면 부식 정도를 파악하기 어렵고, 이를 방지하면 큰 인적·물적 피해를 가져오게 된다. [1,2]

특히 국내의 경우 가스공급망의 장기 운영에 따른 매설배관의 노후화는 진행형이며, 매설배관의 특성상 부식 또는 손상 정도를 육안으로 직접 관찰하는 것이 상당히 제한적이다.

지하에 매설된 배관을 육안으로 관찰하기 위해서는 굴착을 통한 방법이 유일한데, 시간과 비용의 측면에서 볼 때 배관 노후화를 파악하기 위한 용도로는 적합하지 않다.

또한 배관이 매설되어 있는 지역의 토양 조건에 따라 부식에 대한 예측 결과가 상이해지며, 동일 토양이라 할지라도 기후 등에 의해 토양 조건이 변하게 된다.

결국 매설배관의 부식방지 조치를 위해 강관에 피복하는 방법(격리)과 환원조건(anti-oxidation condition, 희생양극법 또는 외부전원법) 형성을 병행하여 사용하고 있으며, 피복강관은 토양과 배관의 격리 역할, 피복 손상부에 대한 음전하 공급을 통한 환원 조건(anti-oxidation condition)을 조성한다. 이는 2종의 부식방지 조치(격리 및 환원조건 등)를 취하고 있는 것인데, 문제는 2가지 방법 모두 간접적인 방법으로서만 유지관리 상태를 점검할 수 있으며, 부식 환경의 다양한 요인을 모두 점검 할 수는 없다는 단점을 지니고 있다. [3,4]

부식 환경은 결국 불확실성을 갖는 토양에 의해 결정되는데, 토양의 부식 환경을 직접적으로 측정 할 수 있는 방법 중의 하나가 부식속도 측정 시험편(이하 “부식쿠폰”)을 이용한 방법이다.

부식쿠폰을 통한 시험의 이유는 불확실한 토양 환경으로 인한 부식성을 알아보기 위함이며, 토양의 부식성을 직관적으로 알아볼 수 있는 가장 확실한 방법이기 때문이다.

부식쿠폰은 시간에 따라 부식이 진행되는 정도(corrosion rate)를 파악하기 위해 사용되며, ANSI/NACE Standard RP0104에서는 “부식의 정도 또는 적용한 음극 방식의 효과를 정량화시키기 위해 사용하는 표면적이 알려진 대리용 금속샘플”로 정의하고 있으며, ISO 15589-1에서는 “쿠폰은 시험대상인 파이프

라인과 유사한 재료와 피복재로 구성됨”으로 규정하고 있다.

일반적으로 부식쿠폰은 “계획간격시험”이란 방법(일정 시간을 두고 여러개의 시험편을 순차적으로 채취하여 시간에 따른 시험편의 질량 감소율을 측정하는 방법)을 적용하여 여러개의 부식쿠폰을 서로 다른 기간동안 부식환경에 노출시켜 시간에 따른 질량감소량을 측정한다. [5]

본 연구에서는 1년동안 주요 토양 성분(모래, 진흙, 마사토)에 따른 부식의 진행속도와 방식전위의 유무에 따른 부식 진행 속도를 비교하기 위한 실험을 진행하였다.

II. 부식쿠폰 제작 및 실험방법

부식쿠폰을 이용한 토양의 부식성을 관찰하기 위해 Fig 1과 같이 최초 시작공정부터 마무리 과정까지 부식 실험 흐름도를 작성하였으며, 이 중 부식환경 노출 및 부식 생성물 제거가 계획간격시험에 속한다.

Fig 2 는 본 연구에서 사용하기 위해 제작된 부식

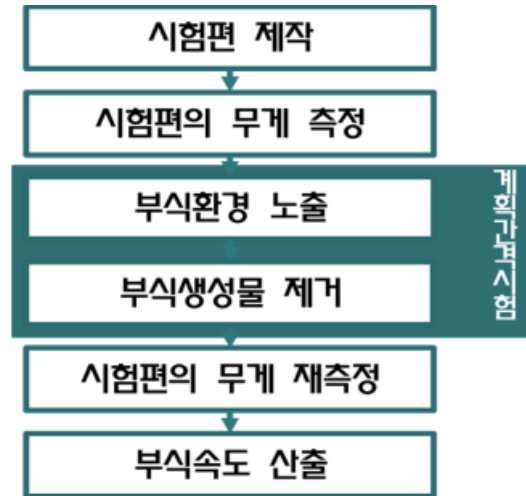


Fig. 1. Flow chart of experiment.



Fig. 2. Corrosion coupon.

쿠폰으로 막대형으로 제작하였다. 두 부식쿠폰 모두 노출부위는 50mm로 제작하였으며, 별도의 피복을 통해 ISO 15589-1의 요건을 만족시키도록 하였다. 또한 노출부는 질량감소량 측정을 위해 피복부에 탈착이 가능한 나사 결합을 채택하였으며, 나사산을 통한 부식 방지를 위해 피복부와 노출부에 오링(O-ring)을 삽입하였다.

부식쿠폰은 배관과 동일한 재질(KS D 3589의 연료 가스용 탄소강관의 재료 부분)로 제작하였으며, 매설 위치는 한국가스안전공사 가스안전교육원에 매설된 배관 근처에 매설하였다. 토양의 종류는 총 3가지(진흙, 모래, 마사토)이며, 각 토양에는 2개의 부식쿠폰을 매설하되, 1개는 전기방식 시설과 접촉하여 방식이 유지되도록 설치하고, 다른 1개는 자연부식 속도 측정을 위해 방식 시설물과 접촉하지 않은 채로 토양속에 매설하였다.

Fig 3 은 매설된 배관과 부식쿠폰의 위치를 도식화 한 것이다. 매설배관은 10mmX10mm의 인위적인 홈을 만들었으며, 매설된 배관 근처에 토양(모래, 진흙, 마사토)을 타설 후 부식쿠폰을 매설하였다.

또한 배관 근처에는 정류기를 통한 방식전위와 마그네슘 전극을 이용한 희생양극법이 동시에 진행중이 있으며, 배관의 매설 심도는 1.2m, 강관의 호칭 지름은 200A(PLP 배관)이다.

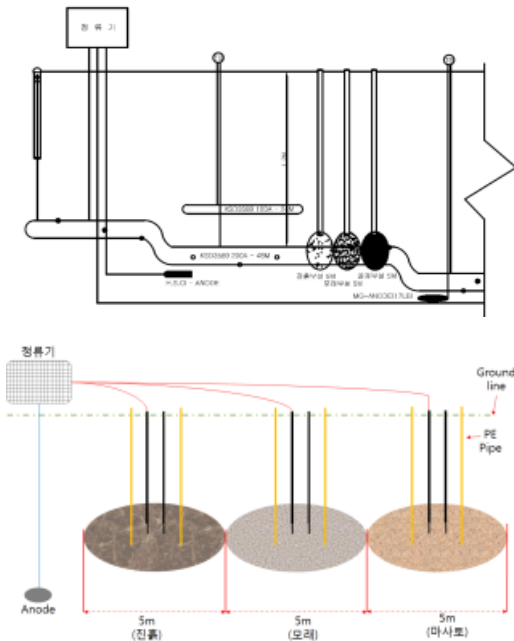


Fig. 3. corrosion coupon and pipe line buried site.

III. 실험결과

부식속도 및 부식영향의 검토를 위해 1차적으로 측정된 항목은 쿠폰의 방식전위(방식쿠폰, 미방식쿠폰) 및 토양의 전기적 특성(비저항, 수분, PH 농도)이다.

Fig 4는 매설 후 1년(374일) 후의 부식 쿠폰을 수거한 모습이다. ①과 ②는 진흙에 매설된 부식쿠폰으로 각각 방식, 미방식 환경에 노출된 것이며, ③과 ④는 모래, ⑤와 ⑥은 마사토에 매설된 것이다. 2개가 1종의 토양에 매설되었으며, 각 번호 중 홀수가 방식전위가 흐르는 부식쿠폰, 짝수는 미방식된 쿠폰이다.

- ① 진흙 방식쿠폰
- ② 진흙 미방식 쿠폰
- ③ 모래 방식쿠폰
- ④ 모래 미방식 쿠폰
- ⑤ 마사토 방식 쿠폰
- ⑥ 마사토 미방식 쿠폰



Fig. 4. corrosion coupon and pipe line buried site.

2016/07/11 10:09:58 Printing = 5 ea	2016/07/11 10:10:56 Printing = 5 ea	2016/07/11 10:01:38 Printing = 5 ea
001 DCV - 1841 mV	001 DCV - 504 mV	001 DCV - 1810 mV
002 DCV - 1848 mV	002 DCV - 487 mV	002 DCV - 1913 mV
003 DCV - 1840 mV	003 DCV - 496 mV	003 DCV - 1915 mV
004 DCV - 1849 mV	004 DCV - 502 mV	004 DCV - 1907 mV
005 DCV - 1849 mV	005 DCV - 497 mV	005 DCV - 1914 mV
MAX - 1840 mV	MAX - 486 mV	MAX - 1907 mV
MIN - 1849 mV	MIN - 504 mV	MIN - 1915 mV
AVG - 1845 mV	AVG - 498 mV	AVG - 1911 mV
Battery Volt: 5.619	Battery Volt: 5.585	Battery Volt: 5.679
진흙 방식전위 -1,845mV	진흙 미방식전위 -499mV	모래 방식전위 -1,911mV
2016/07/11 10:04:10 Printing = 5 ea	2016/07/11 10:08:00 Printing = 5 ea	2016/07/11 10:06:48 Printing = 5 ea
001 DCV - 1135 mV	001 DCV - 1898 mV	001 DCV - 455 mV
002 DCV - 1136 mV	002 DCV - 1902 mV	002 DCV - 455 mV
003 DCV - 1135 mV	003 DCV - 1900 mV	003 DCV - 455 mV
004 DCV - 1136 mV	004 DCV - 1892 mV	004 DCV - 454 mV
005 DCV - 1140 mV	005 DCV - 1895 mV	005 DCV - 453 mV
MAX - 1135 mV	MAX - 1892 mV	MAX - 453 mV
MIN - 1140 mV	MIN - 1902 mV	MIN - 455 mV
AVG - 1136 mV	AVG - 1897 mV	AVG - 454 mV
Battery Volt: 5.655	Battery Volt: 5.622	Battery Volt: 5.649
모래 미방식전위 -436mV	마사토 방식전위 -1,897mV	마사토 미방식전위 -454mV

Fig. 5. corrosion coupon and pipe line buried site.

Fig 5는 각 토양별, 방식 여부별 방식 전위를 측정하는 것으로 방식된 쿠폰은 배관의 방식전위(-1,900mV) 값과 유사하며, 미방식된 쿠폰의 전위는 탄소강관의 자연전위 값이 측정되었다. 다만 모래의 미방식 전위는 자연 전위값보다 높게 측정되었다.

Fig. 6.은 각 토양별 비저항 값을 측정한 것으로 부식성을 측정 할 수 있는 척도가 되는 토양의 전기적 특성 값이다. 마사토의 비저항 값이 가장 낮게 측정되었으며, 모래의 비저항 값이 가장 높게 측정되었다. 일반적으로 토양의 비저항 값은 토양의 함수량에 따라 크게 좌우된다. 건조한 토양은 부도체이지만, 토양에 수분이 함유되게 되면, 수분이 전자를 이동 할 수 있게 하는 매개체가 되어 전류가 흐를 수 있는 환경이 조성된다.

즉, 토양의 비저항이 낮으면, 옴의 법칙에 따라 전류가 많이 흐를 수 있게 되며, 부식성이 높은 토양이 된다.

Fig. 7.은 각 토양별 함수량 및 수소이온농도 (PH)를 측정한 값이다. 모래의 토양 비저항 값이 가장 높게 나온 결과와 마찬가지로 모래의 함수량이 가장 적게 나타났으며, 진흙의 함수량이 가장 높게 나타났다. 또한 수소이온농도는 모두 7전후로 중성 토양으로 확인되었다.

Fig. 8.은 부식쿠폰의 질량 감소율을 측정하기 위해 Fig. 4.의 부식쿠폰을 따로 분리(나사산 결합)하여, 세척 후 녹을 제거한 모습이다. 육안으로 관찰하면 방식전위가 흐른 부식쿠폰의 경우 표면이 매끈하여 부식이 거의 발생하지 않았음을 알 수 있으며, 미방식된 쿠폰의 경우 표면이 불규칙하여 부식이 진행된 것을 알 수 있다.

Table 1 은 각 토양별 방식·미방식에 따른 부식 쿠폰의 질량 감소량을 나타낸다. 방식전위가 흐른 부식쿠폰의 경우 0.1mg의 분해능으로 측정된 결과

질량 감소량은 없었으며, 이는 육안 관찰 결과와 동일하다. 반면 방식 전위가 흐르지 않은 쿠폰은 질량

Table. 1. corrosion coupon and pipe line buried site

토양종류	매설 전 중량(g)	감소량(g)
진흙	방식	8.9835
	미방식	9.0003
모래	방식	8.9950
	미방식	8.9796
마사토	방식	8.9808
	미방식	8.9868



Fig. 7. corrosion coupon and pipe line buried site.

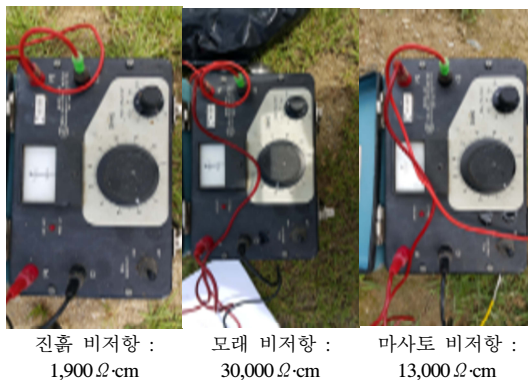


Fig. 6. corrosion coupon and pipe line buried site.



Fig. 8. corrosion coupon and pipe line buried site.

감소량이 뚜렷하게 나타났으며, 마사토가 가장 많은 질량 감소량을 보이며, 진흙이 가장 적은 질량 감소량을 보인다.

IV. 결과분석

부식쿠포를 통한 토양의 부식성에 대한 직관적인 비교를 위해서는 부식 속도의 개념을 도입해야 한다. 부식속도는 단위시간당 부식되는 질량을 나타내며, 부식 속도 계산을 위한 산식은 식 (1)과 같다.[7,8]

$$CR = 87.6 \frac{W}{DAT} \quad (1)$$

식 (1)에서 CR은 부식속도(corrosion rate)이며, 단위는 mm/year이다. W는 질량 감소량(g)을 나타내며, D는 밀도(density, g/cm³), A는 표면적(area, cm²), T는 시간(time, hr)를 나타낸다.

본 실험에 사용된 부식쿠포의 재질은 KS D 3589(연료가스용 탄소강관의 재료 부분)를 사용하였으며, 밀도는 7.85 g/cm³, 노출 표면적은 10cm², 노출 시간은 374일로 8,946시간이다.

식 (1)을 통해 산출한 부식쿠포의 부식속도를 정리하면, Table 2와 같다. 방식전류가 흐르는 부식쿠포는 질량 감소량이 없으므로, 부식속도가 산출되지 않으며, 방식전류가 흐르지 않는 부식쿠포의 경우만 부식속도가 산출된다. 마사토와 모래가 유사한 부식속도를 보이며, 진흙의 부식속도가 가장 적다.

상기 결과를 통해 알 수 있는 가장 큰 특징은 방식전류가 흐르는 부식쿠포는 부식이 전혀 일어나지 않는다는 것이다. 방식전류가 흐르지 않는 부식쿠포는 서로다른 부식 속도를 갖게 된다.[9, 10]

Table 3은 방식전류가 흐르지 않는 쿠포의 부식 특성을 알아보기 위해 III. 실험결과에서 나타낸 값

Table 2. corrosion coupon and pipe line buried site

토양종류	감소량(g)		부식속도 (mm/year)
	방식	미방식	
진흙	방식	0.000	-
	미방식	0.035	0.0044
모래	방식	0.000	-
	미방식	0.249	0.0310
마사토	방식	0.000	-
	미방식	0.302	0.0375

중 미방식 토양에 대한 내용만 추출한 것이다. pH농도는 모두 중성으로 간주 할 수 있으므로 배제하며, 차이를 보이는 것은 비저항, 전위 및 함수량이다.

토양 비저항이 500~2,000 이며, 함수량이 높을 경우 부식속도는 moderately corrosive로 표현되며, 토양 비저항이 2,000~10,000 이며, 함수량이 중간일 경우 부식속도는 middly corrosive로 표현된다. 토양 비저항이 10,000 이상이고, 함수량이 적을 경우 noncorrosive로 표현된다.[6]

토양의 전기적 특성에 따라 분류하면, 진흙은 moderately corrosive soil, 마사토는 middly corrosive soil, 모래는 noncorrosive soil로 분류 할 수 있다. 따라서 토양의 특징만으로 구분하면, 진흙이 가장 심한 부식이 일어나야 하며, 모래는 거의 부식이 일어나서는 안된다. 그러나 부식 속도를 비교해보면, 마사토(0.0375mm/year) > 모래(0.0310mm/year) > 진흙(0.0044mm/year)의 순서이다.

토양의 부식성과는 상반되는 결과로 모래는 부식이 심하게 발생하였으며, 진흙은 오히려 적게 일어났다.

Table 3. corrosion coupon and pipe line buried site

토양 종류	비저항 (ohm-cm)	전위 (mV)	pH	함수량 (%)
진흙	1,900	-499	6.5	82
모래	30,000	-436	7	30
마사토	13,000	-454	7	52

Table 4. corrosion coupon and pipe line buried site

시험항목	구 분 (단위 : ppm)		
	모래	마사토	진흙
Ca ²⁺	25400	2830	3370
Mg ²⁺	4000	5800	6240
NO ₂ -N	0.20	0.02	0.02
NO ₃ -N	0.99	6.56	0.02
Cl ⁻	109	8.52	18.8
SO ₄ ²⁻	742	3.27	76.7
CO ₃ ⁻	5.25	0.00	0.00
HCO ₂	8.66	4.52	1.11
S ²⁻	0.00	0.00	0.00



진흙(미방식) 모래(미방식) 마사토(미방식)

Fig. 9. corrosion coupon and pipe line buried site

하지만 진흙이 가장 적게 부식되고, 마사토가 가장 많이 부식되는 것은 토양의 전기적 특성으로만 판단하기는 어렵다.

토양의 부식성에 전기적 특성 외에 화학적 특성에 따라 부식성이 달라진다. 이를 확인하기 위해 한국화학시험연구원에 토양 샘플을 보내 성분 분석을 의뢰한 결과가 table 4에 나타나 있다.

토양의 화학성분 분석에서 주의 깊게 봐야 할 것이 모래의 sulfate(SO_4^{2-})이다. sulfate가 150~1,500인 경우 부식성은 moderate로 표현된다. 즉, 모래의 경우 이온화 경향이 강한 화학성분이 다량 함유되어 있으며, 산성인 물질과 sulfate가 포함되어 있어 부식성이 높게 나타난 것으로 판단된다. 또한 모래에는 환원성이 높은 칼슘이온이 다량 함유되어 있어, 토양이 화학적으로 높은 산화 조건을 형성한 것으로 사료된다.

하지만 마사토와 진흙을 비교했을 때, 토양의 화학적 특성은 마사토가 조금 더 높은 산화 환경이나, 토양의 전기적 특성 중 토양 비저항이 마사토가 현격히 높아 부식쿠폰의 부식속도를 설명하지는 못한다. 즉, 마사토의 부식속도가 진흙에 비해 9배 가량 차이 나는 이유를 토양의 전기적·화학적 분석 비교를 통해 설명하기는 어렵다.

전기·화학적으로 분석되지 않은 인자는 미생물 및 산소농도전지 효과 등이 있다. 미생물로 인한 부식을 방지하기 위해 -850mV 이하의 전위를 형성하도록 되어있는데, 진흙과 마사토의 자연전위 값은 -450~-500mV로 측정되어 미생물에 의한 부식으로 추정하기엔 무리가 있다.

Fig 9는 부식쿠폰의 근접 사진이다. 세 개의 사진 모두 방식전위가 흐르지 않는 미방식 쿠폰이며 부식의 정도를 확인하기 위해 확대 촬영한 사진이다.

마사토와 모래에 매설된 부식쿠폰의 경우 전면부식

(general corrosion)이 발생하였으며, 이는 광범위한 부식효과로 질량 감소율에 의해 설명이 가능하다.

반면 진흙에 매설된 부식쿠폰은 국부부식(local corrosion)이 발생하였으며, 선상부식이 발생하여 부식에 의한 질량 감소 효과는 적은 것으로 추정된다. 선상부식은 수분이 다량 함유된 부식조건에서 발생하는 것으로 특정 부분에서만 부식이 발생하며, 이는 산소농도전지효과에 기인한다. 부식이 발생하는 부분은 용존산소가 많으며, 부식이 발생되지 않는 부분은 용존산소가 적어 전위차를 발생시키고, 특정 부분에만 부식을 발생시킨다. 질량 감소효과는 전면부식에 비해 작지만, 응력 집중 및 부식성장물이 전면부식에 비해 상당히 크므로 기계적 측면에서는 전면부식에 비해 위험하다.

진흙에서의 산소농도전지 효과에 의한 국부부식 효과를 고려하더라도, 진흙에서 가장 적은 부식속도가 산출된 것에 대한 설명은 어렵다. 다만 실험 조건에 있어 진흙에서의 함유량이 높아 방식과 미방식의 구분이 모호해져, 미방식 쿠폰에 방식 전위가 흘러 실험에 영향을 미친 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구에서는 부식쿠폰을 제작하여, 매설배관의 방식·미방식 및 토양에 따른 부식성과 부식 속도를 검토하였다.

3가지 토양(모래, 진흙, 마사토)에 각 2개의 부식쿠폰을 매설하고, 토양별 매설된 2개의 부식쿠폰 중 1개를 정류기에 연결하여 방식전위를 흘리고, 다른 1개는 단선시켜 방식전위가 흐르지 않도록 설치하였다. 약 1년간 부식쿠폰을 매설 후 수거하여 토양의 부식성 및 부식쿠폰의 부식 속도를 측정하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

①방식된 부식쿠폰의 방식전위는 배관의 방식전위(-1,900mV)와 유사한 값이 측정되었으며, 방식된 부식쿠폰은 부식이 전혀 발생하지 않음

②미방식된 부식쿠폰은 모두 부식이 발생하였으며, 부식속도는 마사토 > 모래 > 진흙의 순서로 나타남

③모래가 진흙에 비해 부식속도가 높은 것은 다량의 환원성 이온 및 sulfate의 함유 등 화학적 특성에 기인한 것으로 판단됨

④마사토와 진흙의 부식속도가 상이한 것은 전면부식(general corrosion)과 국부부식(local corrosion)에 의한 것으로 추정되며, 진흙의 부식속도가 가장 적은 것은 진흙의 미방식 쿠폰에 방식 전위가 흘러 발생한 것으로 판단됨

방식이 잘 되는 부식쿠포는 부식이 전혀 발생하지 않은 것으로 확인되어, 방식이 잘 되어있는 매설 환경에서 배관의 부식은 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

하지만 미방식 쿠포의 경우 모두 부식이 발생하였으며, 모래의 경우 일반적으로 부식이 발생하지 않는 토양으로 알려져 있으나, 모래에 포함된 다량의 이온에 의해 부식이 발생하였다.

또한 수분이 다량 함유된 진흙의 경우에는 기계적으로 위험한 국부부식이 발생되며, 다량의 수분 함량으로 인해 미방식 쿠포에도 방식 전위가 흐른 것으로 판단된다.

따라서 본 연구의 실험 결과를 토대로 고찰하면, 배관의 매설 및 타설 토양에는 염(salt)이 다량 함유된 해사(바다 모래)의 사용이 지양되어야 하며, 토양에 함유된 수분에 대한 지속적인 관찰이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제(과제번호 20132010500030)에서 도출된 내용이며, 이에 감사드립니다.

VI. 참고문헌

- [1] D.H. Jeon, W. N. Kim, K. J. Kim and E. H. Yi, "The Study on Corrosion Fatigue and Cathodic Protection of the Steel Plates Used for the Shipbuilding", KOSME, 9(2), 126-142, (1985)
- [2] J.H. Jeong, Y. H. Kim, K. M. Moon, M. H. Lee and J. K. Kim, "Evaluation of the corrosion property on the welded zone of seawater pipe by A.C shielded metal arc welding", KOSME, 37(8), 877-885, (2013)
- [3] J.J. Kim, M. S. Seo and D. K. Kim, "A Study on Development of Cathodic Protection on Underground Pipeline Measuring System", KIGAS, 18(5), 66-71, (2014)
- [4] C. H. Bae, J. H. Kim, J. H. Kim and S. H. Hong, "Assessment of External and Internal Corrosion Growth Rate for Metallic Water Pipes", KGES, 9(1), 17-25, (2008)
- [5] Winston Revie R., "Oil and Gas Pipelines, integrity and safety handbook", WILEY, New Jersey, (2015)
- [6] K. D. Park, Y. J. Shin and J. Y. Lee, "The Development of Corrosion Standard System of Water and Wastewater in Soil Environment", KSMPE, 5(4), 7-12, (2006)
- [7] S. K. Oh, "A Study on Failure Frequency Medel for Risk Analysis of Natural Gas Pipeline with Comparison Overseas Failure Data", KIGAS, 18(3), 60-66, (2014)
- [8] W. S. Kim, J. I. Jang, "The Effect of Hydrogen on Mechanical Properties of Gas Pipeline Material : 1 Tensile property", KIGAS, 15(3), 66-73, (2011)
- [9] H. T. Jeong, B. H. Choe, Y. J. Lee, J. H. Lee, K. Y. Hong, J. H. Baek, W. S. Kim, "Dynamic Ductile Fracture Analysis of Natural Gas Pipelines on the Basis of Material Grade and Charpy V-Notch Impact Energy", KIGAS, 16(5), 35-40, (2012)
- [10] J. H. Baek, W. S. Kim, "Reliability Assessment for Pressure Uprating of Natural Gas Transmission Pipelines", KIGAS, 15(5), 35-40, (2011)