

무선전위측정시스템에 사용하는 아연전극 활용성 검토

이종락* · 임사환* · 김상오**

*한국가스안전공사 가스안전교육원

**한국가스안전공사 안전진단본부

The Usability of Zinc Electrode using Wireless Measuring System of Electric Potential

JONG-RARK LEE*, SA-HAWN LEEM* AND SANG-O KIM**

*Institute of Gas Technology Training, Korea Gas Safety Corporation, Cheonan, Korea

**Technology consulting center Korea Gas Safety Corporation, Shihung-Shi, Korea

KEY WORDS: Reference electrode 기준전극, gas pipelines 가스배관, zinc 아연, the pipe-to-soil potential 관대지전위, wireless measuring system 무선전위측정시스템.

ABSTRACT: this study is to make a basic study if solid zinc (Zn) can be used for buried reference electrode, so we examined the adequacy of zinc as reference electrode by using zinc which showed regular electrode for buried period. The deference of electric potential of zinc electrode for corrosion factor such as soil resistivity or pH didn't show fixed trend and there was no clear trend on the change of measurement period. From field test, it is known that the natural electric potential difference of CSE electrode and zinc electrode is 1,100mV, but the electric potential of zinc electrode for CSE electrode in the natural soil and copying soil was 1,094~1,158mV. There was no fixed trend on the change of measurement period and electric potential difference of zinc electrode for corrosion factors such as soil resistivity or pH. Consequently, there was 40~60mV of electric potential difference in every copying soil during the experiment measurement.

1. 서론

가스배관의 부식을 방지하기 위하여 전기방식 및 피복을 실시하고 있으며, 배관의 부식은 여러 가지 원인으로 손상이 발생, 이를 방지하기 위하여 배관에 전기방식인 음극방식을 병행하여 실시하고 있다. 전위 측정에 사용하는 포화황산동 기준전극(Cu/CuSO₄)은 현장측정 시 일반적으로 사용한다. 그러나 장시간 사용할 경우 내부에 있는 포화황산동 용액이 틈 부분으로 소모되므로 사용기간의 제약이 있으며 용액의 주기적인 보충이 필요하다. 그리고 장시간 사용 시 내부용액의 소모가 된다면 측정전위는 달라진다. 그리고 이러한 방법은 매번 배관관리를 담당하는 점검원이 현장으로 출동하여야 하는 번거로움과 측정 자료를 수작업으로 전산화하여야 하는 불편함이 있다. 최근에는 외국에서 포화 황산동 기준전극을 이용하여 용액이 누설되지 않는 영구기준전극을 제작하여 판매하고 있으나 상당히 고가여서 사용이 용이치 않다.

이에, 국내에서는 외부전원을 적용하는 일부구간에서 자동으로 전위를 측정하여 관리센터로 보내어 전산화하고 있으나 대체전극에 대한 실증이 없는 상태로 본 연구는 가스배관의 방식상태를 무선 등으로 자료를 수집하고 분석하기 위한 전위 측정시스템의 영구기준전극의 대체용으로 아연(Zn)고체전극이

대두되고 있어 고체 아연(Zn)을 영구기준전극으로 활용할 수 있는지에 대하여 실험실적으로 기초조사를 수행하여 보고자 일정시간이상 일정한 전위를 나타내는 아연(Zn)을 이용하여 기준전위로서의 타당성을 검토하였다.

2. 무선전위측정시스템 개요

2.1 방식관리 문제점

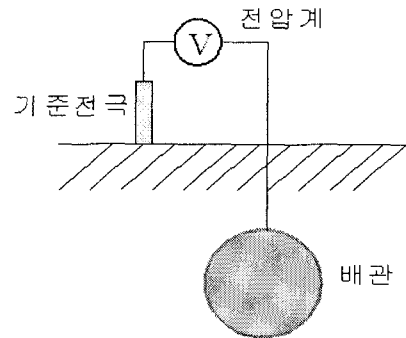


Fig.1 Measurement of Electric potential

인력에 의한 방식전위 측정시 문제점으로는 토양저항에 의한 측정 오차, 지표 토양의 상태에 의한 오차, 기준전극의 위치에 의한 측정 오차, 측정 장비의 오차(EPR), 인력에 의한 고

의 조작 등이 발생할 수 있다.

방식관리의 문제점으로는 분기 1회 측정(간섭, 장비 고장시 부식의 진행이 빨라짐), 과거의 정확한 측정 데이터가 없기 때문에 부식 진행 정도 예측이 어려움이 발생, 측정데이터의 정확성 부재 및 방식전위 이력관리가 되지 않고 있다.

2.2 국내기술 동향

(1) GIS 구축

대부분의 도시가스사 및 지하매설물 업체에서 추진 및 운영중에 있다.

(2) GIS와 방식관리 연계

대구도시가스사 등 일부 도시가스사에서 운영중이며, 주로 정압실에서 유선으로 운영하고 있다.

(3) 방식 data 원거리 모니터링

순찰차량을 이용한 TB 방식전위 모니터링 기술을 개발하였으며, CDMA를 이용한 데이터 전송 시스템이다.

2.3 무선전위측정시스템

본 실험에 사용된 무선전위측정시스템의 개략도 및 설치상태를 Fig.2 및 Fig.3에 나타내었다.

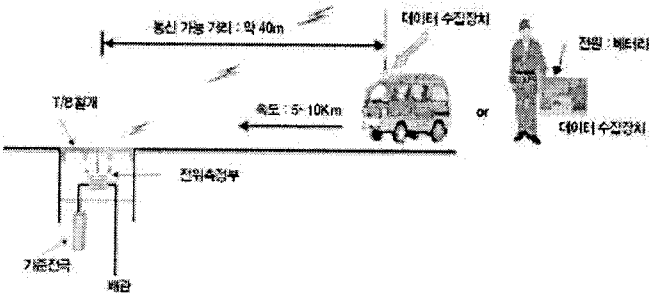
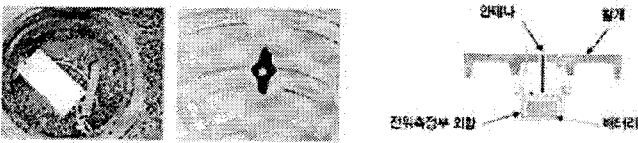


Fig.2 System of wireless monitoring system measuring potential(pipe-to-soil potential(P/S)).



(a) Transmitter and antenna in T/B (b) A cross section
Fig.3 Schematic diagram of monitoring system

전기방식 전위측정함(Test box, T/B)에 전위측정부의 측정 조건으로는 양방향 통신으로 10mV, 측정범위는 DC±20.48V, 데이터로거는 365 point 저장이 가능하며, 측정주기는 짝수일 2회(오전, 오후), 전위측정은 10분동안 16회 측정후 평균값을 기록하였다. 데이터 수집은 차량속도를 5~10 km로 주행하면서 데이터 수집을 하였다.

3. 아연전극 타당성 검증 실험

3.1 부식환경

희생양극으로 사용되는 상용 Back Fill 아연전극을 이용하

여 여러 가지 토양환경에 노출시키고 자연전위를 측정하여 비교 하였다. 실험용 여러 가지 토양 환경은 모사토양을 만들어 [Fig.4 참조] 토양 비저항과 pH를 조정하여 4가지 환경을 만들었고 1개를 실제 토양에 설치하여 전위의 변화를 측정하였다 (Table1 참조).

원통형 상자에 모래(강사)와 황토를 1:1의 비율로 섞은 흙을 채운 후 물(H₂O)과 염산(HCl)을 이용하여 토양비저항과 pH를 조절하여 만든 모사토양의 용기를 실내의 공간에 위치시켜 균일한 온도로 유지시켰고 초기의 pH와 토양비저항을 유지할 수 있게 하였다.

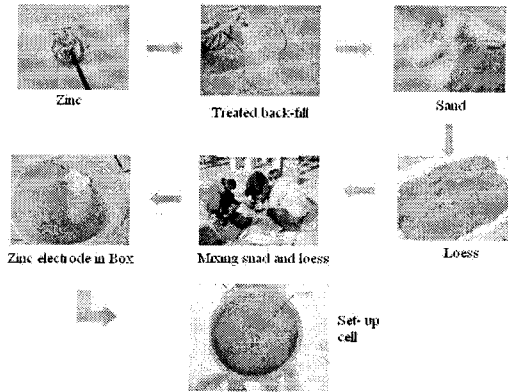


Fig. 4 The experimental set-up for potential monitoring

Table 1. The conditions of soil resistivity, pH.

번호	토양비저항($\Omega \cdot \text{cm}$)	PH	비고
1	6,000	8.11	모사토양
2	2,200	6.48	모사토양
3	12,000	5.74	모사토양
4	6,000	4.87	모사토양
5	22,608	8.38	실제토양

3.2 시간에 따른 전위변화 측정실험

포화황산동 기준전극(Cu/CuSO₄)과 Back Fill 아연전극의 전위차를 알아보기 위하여 전위측정 장비인 Voltmeter를 이용하여, Table2에 나타난 것처럼 8개소를 선정하여 40일간 주 4~5회 정도 전위를 측정하였다.

Table 2 Field test condition

측정 대상	관 경	매설연도	공급압력	전기방식	비고
E010	300A	2000년	중압	정류기법	신규아연전극
E007	300A	1996년	중압	정류기법	
E008	250A	2001년	중압	정류기법	
OO기지	200A	2001년	중압	희생양극	시료 배판
D005	200A	1992년	중압	배류기법	
D006	300A	1992년	중압	배류기법	
A003	80A	1995년	저압	희생양극	
A004	80A	1995년	저압	희생양극	

4. 실험결과

4.1 토양비저항

여러 가지 토양이 갖는 인자들 중에서 부식에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 토양비저항이다. Table.1에 토양비저항 및 pH의 토양상태를 정리하여 나타내었다. 비저항이 높은 지역에서는 누설전류량이 적어 미주전류(Stray Current)에 의한 부식의 위험도 감소할 뿐 아니라 그 속에 포함되는 화학성분(그 대부분이 유해 인자임)의 양이 적기 때문에 자연부식의 위험도 적어진다고 할 수 있다. 토양 비저항은 수분 함유량에 의해서도 좌우되는데, 함유량이 커질수록 비저항이 낮아지기 때문에 부식량이 증가하는 경향을 나타낸다. 그러나 완전히 물로 채워진 토양에서는 부식에 필요한 산소의 농도가 희박하게 되므로 부식량이 오히려 감소하게 되며, 토양에 관계없이 수분포화도가 65% 정도일 때 부식량이 최대가 되는 것으로 알려져 있다.

4.2 pH측정

토양의 pH는 탄산(carbonic acid; H_2CO_3)함량, 광물, 유기 및 무기산 등의 함량 및 산업 폐기물 또는 산성비 등에 의해서 결정된다. 강산성의 토양(pH 4이하; 예를 들 이탄층(泥炭層; peat) 및 침엽수림과 같은 산성 수목이 집중되어 있는 토양 등)을 제외하면, 대부분의 토양에서 pH는 5-8정도의 값을 보이는 것이 일반적이다. 따라서 이러한 pH 조건에서 금속구조물의 부식은 토양 pH 이외의 다른 인자들에 의해서 주로 결정된다. 토양 입자의 pH는 부식생성물의 용해도(solubility)에 영향을 미칠 수 있다. pH 약 4.5이하에서는 보호성을 가지는 부식생성물 피막(rust layer)이 철강재료 표면에 생성될 수 없다. 따라서 부식속도는 상대적으로 증가할 수 있다. 또한, pH가 4 이하이면 수소이온 농도의 증가로 전기전도도(electric conductivity)가 증가하므로 좋은 전해질의 역할을 할 수 있고, 이 시점부터 부식성이 커지기 시작한다고 볼 수 있다. 중성의 pH(6.5-7.5)에서는 화학적인 부식성은 감소한다. 이 실험에서 모사토양의 정확한 pH를 측정하게 위하여 약간의 토양과 증류수를 1:3의 비율로 혼합하여 약30분 동안 유지시킨 후 pH를 측정하였다.

4.3 분극실험

기준전극으로 사용하기 위하여 가장 이상적인 것은 기준전극에 측정을 위한 전류가 흐른다고 할지라도 기준전극의 전위가 변화하지 않는 것이다. 상용으로 사용되는 기준전극의 규격을 살펴보면 분극에 대한 자료가 있음을 알 수 있다. 일반적으로 사용 기준전극에서는 $3\mu A$ 를 인가하였을 때 $10mV$ 이하로 분극 되는 규격을 사용한다. 이러한 규격이 Standard로 정해져 있는 것은 아니나 대체적으로 기준전극 제조사에서 사용하는 규격이다. 이러한 기준에 아연(Zn)전극이 적합하지를 파악하기 위하여 분극실험을 수행하였다. 실험은 $2,000\Omega cm$ 용액에서 수행 되었으며 $3\mu A$ 를 1시간동안 인가하면서 전위변화를 관찰하였다. 관찰한 결과는 약 $20mV$ 의 분극 변화를 확인하였다.

4.4 전위측정

일반토양 및 모의 조성한 토양에서 포화 황산동 기준전극에 대한 아연전극의 약 40여일 동안의 전위거동을 Fig.6에 나타내었다. 측정기간동안의 두전극의 부식전위의 측정범위는 $-1,094\sim-1,158 mV$ 를 나타내었다. 그러나 토양비저항이나 pH등의 부식인자의 변화에 대해 아연전극의 전위차가 일정한 경향을 나타내지 않았으며, 측정기간의 변화에도 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 토양비저항값이 가장 큰 일반토양($22,608\Omega cm$)에서의 최대변화는 약 $60mV$ 정도이며, 토양비저항 값이 가장 낮은 $2,200\Omega cm$ 인 토양에서도 최대변화는 $60mV$ 이었다.

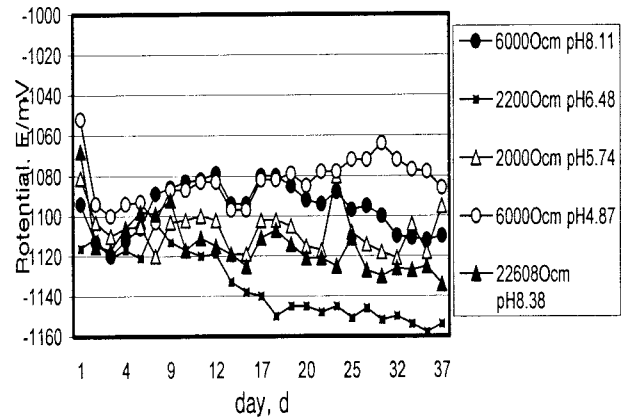


Fig. 5 The behavior of potential during about 40 days.

4.5 각 전극의 현장비교

비교측정기간은 약60일간(2005.2.15~4.10) 동안 희생양극법(3개소), 외부전원법(3개소), 배류기법(2개소) 총8개소를 선택, 10회에 걸쳐서 포화황산동과 아연전극 값을 현장측정 후 비교검토 하였다. 측정 당시 날씨(온도) 변화에 따른 측정값 변화 정도의 추이를 알아보고자 하였으며, 이에 시간대를 가능한 한 달리 하였다. 아연기준이 매설된 T/B에서 포화황산동 측정값과 아연기준전극 측정값을 동시에 읽어주는 장비(FLYKE 85)를 사용하였으며 측정속도 $20ms/sec$, 10분간 연속 1초당 데이터가 읽어주는 형식으로 1곳에서의 측정수치는 약530~610 정도가 이었다.

두전극(포화황산동전극 및 아연전극)을 이용하여 A003 측정지역에 대한 전위거동을 Fig.6에 나타내었으며, Table 3에 각 지역에 대한 관대지전위(P/S)값을 정리한 것이다.

포화황산동과 아연의 자연전위 차이는 $1,100mV$ 으로 알려져 있으나, 일반토양 및 모의 조성한 토양에서 포화 황산동 기준전극에 대한 아연전극의 전위는 $1094\sim1158mV$ 였다. 토양비저항이나, pH등의 부식인자의 변화에 대해 아연전극의 전위차가 일정한 경향을 나타내지 않았으며, 측정기간의 변화에도 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 실험 측정기간 동안 전위 변화는 모의 조성된 모든 토양에서 $40\sim60mV$ 정도의 차이를

볼 수 있었다.

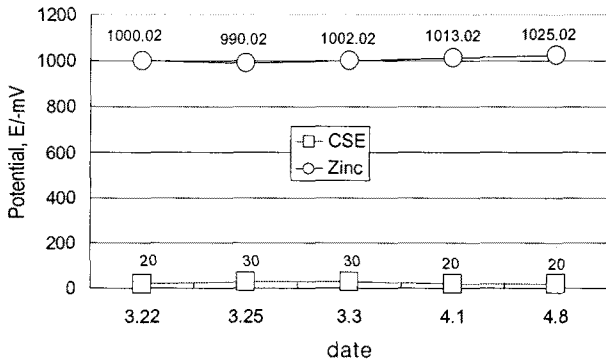


Fig.6 Example of potential measurement on field test A003)

Table 3. The value of pipe-to-soil potential by CSE and Zinc electrode

T/B No.	A003	A004	E010	D005	D006	
Measure time	Am1:02	Am1:20	Am3:18	Am02:06	Am02:24	
CSE (-mV)	Max.	1,480	1,080	2,630	770	1,320
	Min.	1,440	1,060	1,960	740	1,290
	Dev.	20	20	670	30	30
	Ave.	1,446	1,067	2,200	754	1,308
Zn (-mV)	Max.	430	20	1,530	320	300
	Min.	410	10	790	290	270
	Dev.	20	10	750	30	30
	Ave.	420	11	1,165	305	282
Ave. gap	1,025	1,055	1,133	1,059	1,026	
Ref	good	A little good	Bad	-	Good	

5. 결론

고체 아연전극을 실제 매설, 사용한 현장에서 포화황산동 및 아연전극 비교측정 결과 온도변화에 따른 포화황산동에 대한 아연전극의 보정값을 측정한 결과 4.6℃ 때가 -5.8℃ 때보다 평균보정 값이 약30mV 정도 높은 것으로 측정되었으며, 백필의 영향을 검토하기 위하여 아연전극 주변에 5144.0g, 6009.5g, 7243.0g의 벤토나이트를 채워 전위값을 측정한 결과 어느 정도의 크기에서는 백필의 효과를 무시할 수 있음을 알 수 있었다.

포화황산동과 아연의 자연전위 차이는 1,100mV으로 알려져 있으나, 일반토양 및 모의 조성한 토양에서 포화 황산동 기준전극에 대한 아연전극의 전위는 1094~1158mV 였다. 토양비저항이나, pH등의 부식인자의 변화에 대해 아연전극의 전위차이가 일정한 경향을 나타내지 않았으며, 측정기간의 변화에도 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다. 실험 측정기간 동안 전위

변화는 모의 조성된 모든 토양에서 40~60mV 정도의 차이를 볼 수 있었다.

참고문헌

- 정광보외3 (2000). "전기화학" 동화기술 103-105.
 이종락 (1998). "전기방식의 현황 및 문제점" 1998년도 한국부식학회 특별주제발표회 자료집, 한국부식학회.
 이종락 (2000). 분극전위측정 및 전기방식.
 한국부식방식학회 (2004), "부식 및 방식 강습회".
 日本ガス協會 (1993), "가스導管防食ハンドブック"
 NACE standard (1996), RP0169-96, "Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping system."
 박경완 (2006), 전기방식 원격감시 및 제어시스템 사례, 한국부식방식학회 추계학술대회논문 초록집, p.108-117.
 J.R. Lee, S.O. Kim and S.H. Leem (2006), Long-term Field Test of Zn as Reference Electrode using underground Gas Pipelines, p.319-324.