



## 전압강하를 고려한 전기방식 기준 개정에 관한 연구

†류영돈 · 이진한 · 조영도 · 김진준\*

한국가스안전공사, 호서대학교\*

(2016년 7월 28일 접수, 2016년 8월 30일 수정, 2016년 8월 31일 채택)

## A Study on the Amendments of the Cathodic Protection Criteria Considering IR Drops

†Young-don Ryou · Jin-han Lee · Young-do Jo · Jin-Jun Kim\*

Korea Gas Safety Corporation, Hoseo University\*

(Received July 28, 2016; Revised August 30, 2016; Accepted August 31, 2016)

### 요약

도시가스사업법령에서는 매설된 강관에는 부식을 방지하기 위하여 전기방식 조치를 하도록 하고 있다. 미국 등 국외에서 방식전위기준은 방식전류가 흐르는 상태에서 포화황산동 기준전극으로 -850 mV(On potential) 이하로 하도록 하고 있으며, 이 경우 전압강하(IR-Drop)를 고려하도록 하고 있다. 그러나, 국내의 방식전위 기준은 포화황산동 기준전극으로 -850mV 이하로 하도록 규정하고 있을 뿐, 전압강하를 고려하도록 규정하고 있지 않다. 다만, KGS GC202에서 가스시설에 대한 전위측정은 가능한 한 가스시설과 가까운 위치에서 기준전극으로 실시하도록 하고 있다. 본 연구에서는 기준전극을 매설배관 주위, 지표면 및 지표면 하부 50cm에 각각 설치하여 방식전위를 측정하고, 측정위치에 따른 전위값을 비교하여 전압강하를 분석하였다. 전위 측정결과 기준전극을 매설배관 가까이에 위치하였을 때 IR-Drop이 가장 적고, 지표면에 기준전극을 위치할 때 IR-Drop 값이 가장 큼을 확인하였다. 따라서, 고체기준전극을 매설하는 경우에는 가능한 한 매설배관 가까이에 설치할 것을 제안하였다. 또한, 기존에 설치된 배관의 원격전위 측정을 위해서는 기존에 설치된 전위측정용터미널(T/B) 하부에 고체기준전극을 매설할 수 있도록 전기방식 기준전극 설치 기준 개정(안)을 제시하였다.

**Abstract** - According to the urban gas business legislation, cathodic protection systems should be applied for buried steel gas pipelines to prevent corrosion. In advanced countries including United States, the criteria for Cathodic Protection Potential is at least -850mV with respect to a saturated copper/copper sulfate electrode(CSE) when the CP applied, and the IR drops must be considered for valid interpretation. However, the IR drop through the pipe to soil boundary has been neglected in Korea. According to KGS code, a reference electrode must be placed in proximity to gas pipelines possible when measuring the CP potential. In this study, we have installed several solid reference electrodes around the buried pipeline(1.2m depth), lower surface(0.5m depth), and the surface individually in order to measure the CP potentials through the each reference electrode and find out the IR drops according to the location of each reference electrode. We have found the IR drop is the greatest when measuring the CP potential through the electrode placed on the ground and the IR drop is the smallest through the electrode installed near pipeline. Therefore, we have suggested the solid reference electrode should be installed as close as possible to buried pipeline in order to measure the correct CP potential without IR drop. We have also suggested the amendment of CP criteria considering IR drop.

**Key words** : Cathodic Protection System, Solid Reference Electrode, IR drop, On Potential, Off Potential

†Corresponding author:rydon@kgs.or.kr

Copyright © 2016 by The Korean Institute of Gas

## I. 서론

KGS GC202 (가스시설 전기방식기준)에 따라 지하 매설 또는 수중에 설치하는 강관에는 부식으로 인한 악영향을 방지하기 위하여 전기부식방지조치를 하여야 한다[1]. 전기부식방지조치는 일반적으로 전기방식(電氣防蝕)이란 지중 및 수중에 설치하는 강재배관 및 저장탱크 외면에 전류를 유입시켜 양극반응을 저지함으로써 배관의 전기적 부식을 방지하는 것으로 정의하고 있다[2,3].

국내의 경우 방식을 위한 전위는 방식전류가 흐르는 상태(On 전위)에서 토양중에 있는 배관의 방식전위가  $-0.85V$  이하가 되도록 하고 있다.[3] 미국, 일본 및 국제기준 등에서는 국내의 경우와 달리 방식전류가 흐르는 상태(On 전위) 뿐만 아니라 방식전류가 일시적으로 흐르지 않는 상태(Off 전위, 분극전위)에서의 방식전위 기준을 규정하고 있다[4]. 또한, 방식전류가 흐르는 상태에서 방식전위를 측정할 때에는 전압강하(IR Drop)를 고려하도록 하고 있다. 전압강하(IR Drop)란 옴의 법칙( $V=IR$ )에 따라 전류가 토양과 같은 저항을 통과할 때 발생하는 전압을 말하는 것[8]으로써 기준전극과 금속사이에 흐르는 전류로 인한 전압을 말한다.

본 연구에서는 고체 기준전극을 이용하여 매설배관의 주위(지면으로부터 1.6m 아래) 및 전위측정용 터미널(T/B 또는 테스트박스라고도 함) 하부 50cm 지점에 고체기준전극을 설치하고, 설치된 기준전극을 이용하여 방식전위(P/S 전위, Pipe-to-Soil potential)를 측정하였다. 또한, 지표면에 포화황산동 기준전극을 접하도록 하여 지표면에서의 방식전위를 측정하고, 기준전극의 위치(측정위치)에 따른 방식전위값을 비교하고 전압강하를 분석하였다. 또한, 전압강하 분석 결과 기존의 방식전위 측정의 문제점을 제시하였으며, 이를 보완하기 위한 방식전위 측정기준 개정(안)을 제시하였다.

## II. 국내외 방식전위 측정 기준 비교

### 2.1. 국내의 방식전위 측정 기준

국내 가스시설의 방식전위 측정 기준은 KGS GC202에서 규정하고 있으며, 부식방지를 위한 전위기준(2015년 이전)은 다음과 같았다[2,3].

① 방식전류가 흐르는 상태에서 토양 중에 있는 배관의 방식전위 상한 값은 포화황산동 기준전극으로  $-0.85V$  이하(황산염환원 박테리아가 번식하는 토양에서는  $-0.95V$  이하)로 하고, 방식전위 하한 값은 전기철

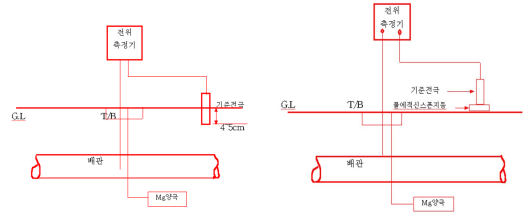


Fig. 1. Method for pipe-to-soil potential measurement[2,5].

도 등의 간섭영향을 받는 곳을 제외하고는 포화황산동 기준전극으로  $-2.5V$  이상이 되도록 노력한다.

② 방식전류가 흐르는 상태에서 자연전위와의 전위변화가 최소한  $-300mV$  이하로 한다.

또한, 한국가스안전공사 전기방식 검사지침에 따르면 전위측정 시 기준전극은 Fig. 1과 같이 가능한 배관의 직상부에 위치시키고 전극의 하부는 토양 중으로 4~5cm 정도 묻히도록 하되, 사정이 여의치 않을 경우 전극의 하부가 충분히 접지 되도록 하고 있다[2,5].

### 2.2. 국외의 방식전위 측정기준

국외의 방식전위기준(Cathodic Protection Criteria)은 주로 미국의 NACE International 기준을 따르고 있으나, 각국의 기준이 동일하지는 않다[6,7]. 여기에서는 국제기준을 비롯하여 미국, 영국, 호주, 캐나다 및 일본의 방식전위 기준을 검토하였다.

#### 2.2.1 미국기준

NACE SP0169-2007에서는 다음과 같이 방식전위 기준으로 On 전위, Off전위 및 100mV 분극 전위 기준을 규정하고 있다[8]. Fig. 2는 On 전위와 Off 전위 및 100mV 분극 기준을 그림으로 보여주고 있다.

- ①  $-850\text{ mV}$  polarized potential
- ②  $-850\text{ mV}$  "on" potential with sound IR drop correction
- ③ minimum 100 mV cathodic polarization

최초의 NACE SP01-69버전부터 이후 4번째 버전(1969, 1972, 1976, 1983)까지는 다음과 같이 5개의 방식전위기준이 사용되었으나, ③ 300 mV shift 기준 ④ E Log I 기준 및 ⑤ Net protective current 기준은 현장에서의 측정의 어려움 등으로 인해 실효성이 없어 삭제되었다.[6,7]

- ① -850mV polarized potential
- ② 100 mV polarization
- ③ 300 mV shift
- ④ E Log I
- ⑤ Net protective current

새로운 버전(1992)에서는 IR Drop을 보정하는 기술적으로 새로운 방법이 제시되었으며, 이후 버전(1996, 2002, 2007)에서는 현재의 기준이 적용되고 있다[6,8].

**2.2.2 국제기준**

국제기준 ISO 15589-1에서 방식전위 기준은 부식 환경에서 IR-drop이 제거된 전위로서 CSE 기준으로 -850mV 보다 더 음의 전위로 분극하도록 규정하고 있

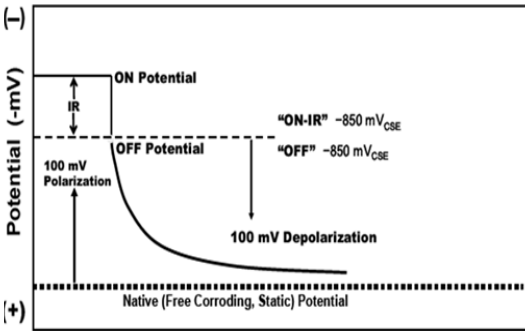
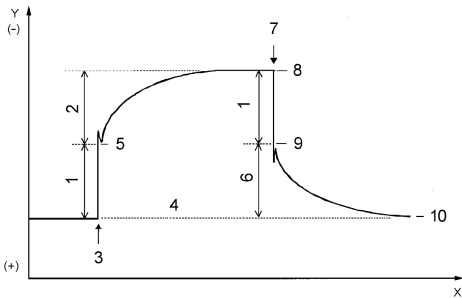


Fig. 2. CP polarization diagram(On, Off potential).



- Key
- 1 IR Drop
  - 2 polarization
  - 3 rectifier on
  - 4 corrosion potential
  - 5 instant-on potential
  - 6 depolarization
  - 7 rectifier off
  - 8 on potential
  - 9 instant-off potential
  - 10 depolarized potential (corrosion potential)
- X Time  
Y Structure-to-electrolyte potential, mV

Fig. 3. CP polarization diagram[9].

으며, 미국 NACE 기준과 같이 On 전위 기준 및 Off 전위 기준을 명시하고 있다. 또한, 혐기성 토양, 황산염 환원 박테리아(SRB) 또는 배관에 악영향을 주는 박테리아가 있는 토양에 설치된 배관에 대해서는 외부부식을 관리하기 위해 -950mV(CSE 기준) 이하의 전위가 되도록 하고 있다. 다만, 100mV 음분극 기준은 규정하고 있지 않다[9].

**2.2.3 영국 및 유럽기준**

유럽기준 BS EN 12954는 다음과 같이 환경조건(예, 토양비저항, 통기성, 박테리아 존재, 배관 온도, 과방식 등)에 대해 보다 구체적인 기준을 제정하고 있으며, 미국 및 국제 기준과 같이 On 전위를 측정할 때에는 IR Drop이 제거된 전위를 측정하도록 하고 있다. 또한, 국제기준과 마찬가지로 100mV 음분극 기준을 포함하고 있지는 않다.[6,10]

- 토양비저항이  $\rho < 100 \Omega\text{m}$ 이고, 박테리아를 감소시키는 황산염이 없는 경우 탄소강관에 대한 전위는 -0.85V로 규정
- 방식전위 기준은 부식 환경에서 IR-drop이 없는 전위임.

**2.2.4 호주기준**

호주기준 AS 2832.1에서는 방식전위기준으로 -850mV On-전위 또는 100mV 음극 분극 기준과 함께 쿠파 또는 전기저항(ER; electrical resistance) 프로브 사용을 권장하고 있다[11].

- 매설된 철 구조물의 방식 전위 기준은 포화황산동 기준 전극에 대해 -850mV 이하로 규정

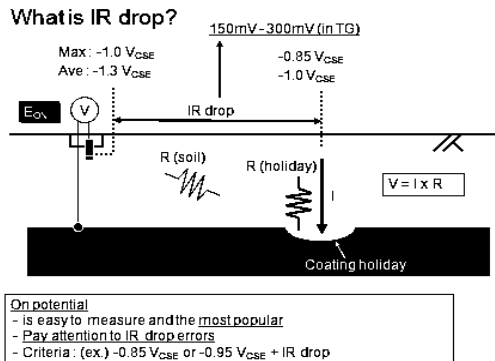


Fig. 4. CP potential considering IR Drop in Japan[13].

**2.2.5 캐나다 기준**

캐나다 기준(OCC)에서는 미국의 NACE 기준과 같이 On 전위, Off전위 및 100mV 분극 전위 기준을 규정하고 있다[6,7,12]. On 전위 측정은 IR Drop을 고려하여 측정하도록 하고 있다[12].

**2.2.6 일본 기준**

토쿄가스 등 일본의 도시가스사에서는 미국의 NACE 기준을 따르고 있으며, On 전위를 측정할 때에는 IR Drop을 고려한다. 도쿄가스의 경우 IR Drop은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 보통 150mV~300mV 정도라고 한다[13].

**III. 기준전극 위치에 따른 방식전위 분석**

**3.1. 고체기준전극 매설**

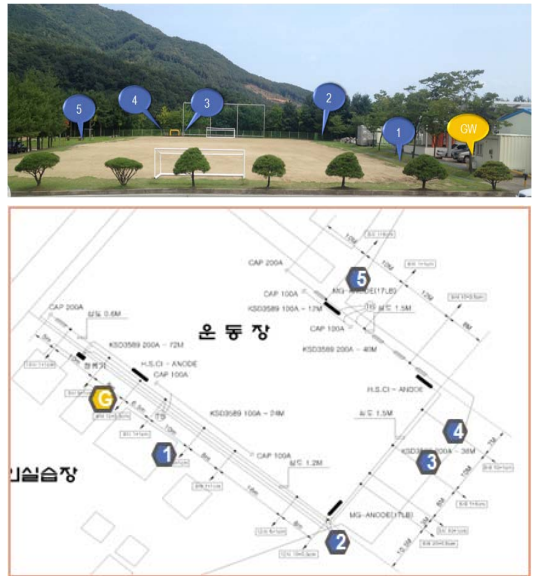
국내에서는 KGS GC202에 따라 Fig. 5와 같이 방식 전류가 흐르는 상태에서 토양 중에 있는 배관의 방식 전위를 측정하고, 포화황산동 기준전극으로 -0.85V 이하가 되면 전기방식이 적합한 것으로 명시하고 있다.

본 연구에서는 국내의 토양에서 발생하는 IR Drop을 측정하고, 그 값을 분석하기 위하여 방식전위 시험을 위한 테스트베드를 Fig. 6과 같이 구축하였다. Fig. 6에서 G는 정류기 위치를 나타내고, 숫자 1부터 5까지는 T/B의 위치를 나타낸다. 설치한 배관의 길이 및 재질 등 매설 정보는 Table 1과 같다.

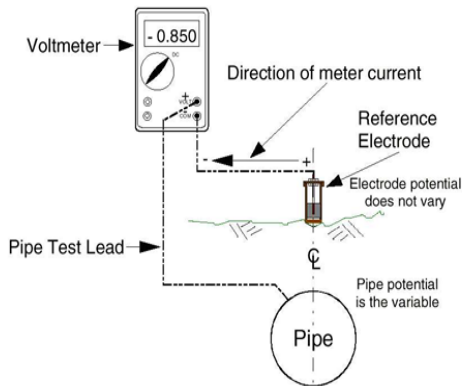
기준전극의 위치에 따른 배관의 방식전위(P/S potential) 값의 차이를 측정하기 위하여 Fig. 7과 같이 배관의 주위(1.2m)에 고체 기준 전극을 설치하고, Fig. 8과 같이 테스트박스 옆 또는 하부에 지면으로부터 50cm 아래에도 고체기준전극을 매설 설치하였다.

**Table 1.** Attribute of pipeline installed in testbed

배관 구경	200A
배관 길이	150m
배관의 규격	KSD 3589
매설깊이	1.2m
전기방식	희생양극법/외부전원법 병행
테스트박스	5개



**Fig. 6.** Test bed for Cathodic Potential analysis.



**Fig. 5.** Cathodic Potential measuring method.



**Fig. 7.** Installation of reference electrode near pipe.



**Fig. 8.** Installation of reference electrode under T/B.

**Table 2.** PS potentials according to the location of the reference electrodes when the rectifier is on

Date	Recti fire state	T/B 1			T/B 5		
		Surface	Under GL 0.5m	Under GL 1.6m	Surface	Under GL 0.5m	Under GL 1.6m
9.8	ON	-2,020mV	-1,923mV	-1,919mV	-1,750mV	-1,732mV	-1,713mV
9.23	ON	-2,914mV	-2,816mV	-2,766mV	-2,640mV	-2,628mV	-2,163mV

**Table 3.** PS potentials according to the location of the reference electrodes when the rectifier is off

Date	Recti fire state	T/B 1			T/B 5		
		Surface	Under GL 0.5m	Under GL 1.6m	Surface	Under GL 0.5m	Under GL 1.6m
9.8	OFF	-1,357mV	-1,345mV	-1,314mV	-1,489mV	-1,451mV	-1,431mV
9.23	OFF	-1,367mV	-1,279mV	-1,203mV	-1,446mV	-1,433mV	-1,422mV

**3.2. 기준전극 위치에 따른 IR drop 분석**

IR Drop 값을 측정하기 위하여 배관 시험장에서 2 회에 걸쳐 매설배관의 방식전위를 측정하였다. Fig. 6 의 번호 1부터 5까지에 설치된 테스트박스에서 방식 전위를 지하 1.6m에 설치된 고체기준전극, 지하 0.5m에 설치된 고체기준전극, 그리고 지상에 설치된 포화 황산동 기준전극을 기준으로 배관의 방식전위를 각각 측정하였다. 테스트베드의 전기방식은 희생양극법과 외부전원법으로 병행설치하였으므로 정류기를 OFF 한 상태에서의 방식전위값(P/S potential)은 희생양극법에 의한 방식전위값이 측정되었다. Table 2는 정류기를 켜 상태에서, Table 3는 정류기를 끈 상태에서 테스트박스 1번과 5번에서 각각 기준전극 위치(지하 1.6m, 지하 0.5m, 지면)에 따라 방식전위를 측정한 값이다.

Table 2에서 보는 바와 같이 정류기의 전류크기를 높여서 방식전위를 측정한 경우 기준전극의 위치에 따른 전압강하(IR Drop)값이 최대 477mV까지 나타남을 확인하였다. 그러나, 정류기를 OFF 한 상태에서의 기준전극의 위치에 따른 방식전위값의 차이는 Table 3에서 보는 바와 같이 최대 58mV로 ON 상태에서의 전압강하(IR drop) 보다는 작았다. 즉, 정류기를 켜 상태에서 IR Drop 값이 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 이는 IR Drop은 전류에 비례하므로 전류의 크기를 크게 할수록 IR Drop이 커짐을 알 수 있었다.

Fig. 9는 정류기를 OFF한 상태에서 T/B1에서 측정

**Table 4.** PS potentials according to the location of reference electrode measured in on-site

Date	T/B A		T/B B	
	Surface	Under GL 1.2m	Surface	Under GL 1.3m
2014.12.17	-861mV	-859mV	-1,105mV	-1,074mV

2015/09/23 13:37:19 Printing = 5 sec	2015/09/23 13:38:25 Printing = 5 sec	2015/09/23 13:41:10 Printing = 5 sec
001 DCV - 1369 mV	001 DCV - 1279 mV	001 DCV - 1211 mV
002 DCV - 1369 mV	002 DCV - 1279 mV	002 DCV - 1206 mV
003 DCV - 1367 mV	003 DCV - 1280 mV	003 DCV - 1203 mV
004 DCV - 1366 mV	004 DCV - 1280 mV	004 DCV - 1199 mV
005 DCV - 1366 mV	005 DCV - 1281 mV	005 DCV - 1196 mV
MAX - 1366 mV	MAX - 1279 mV	MAX - 1196 mV
MIN - 1369 mV	MIN - 1281 mV	MIN - 1211 mV
AVG - 1367 mV	AVG - 1279 mV	AVG - 1203 mV
Battery Volt: 5.560	Battery Volt: 5.590	Battery Volt: 5.520

**Fig. 9.** PS potentials according to the position of reference electrode in T/B 1 when the rectifier is off.



**Fig. 10.** Measurement of PS potentials at T/B 5.



**Fig. 11.** Test Boxes which have leds(yellow color line) of solid reference electrode.



Fig. 12. PS potentials according to the position of reference electrode at T/B A.



Fig. 13. PS potentials according to the position of reference electrode at T/B B.

한 기준전극 위치별 방식전위 값이며, Fig. 10은 T/B 5에서 포화황산동 기준전극을 지상에 위치하고 방식전위를 측정하는 모습이다.

### 3.3. 실제 배관의 IR drop 분석

실제 배관이 설치된 현장에서의 IR drop 값을 분석하기 위해 고체기준전극을 매설한 울산의 현장을 찾아 기준전극 위치별 방식전위를 측정하고 분석하였다. Table 4는 A지역과 B지역에서 각각 측정된 기준전극 위치별 방식전위 측정값을 나타내며, Fig. 11은 A지역에 설치된 고체기준전극 접속선(노랑색 선)과 배관 측정선(검정색 선)을 인출하여 고정시킨 테스트박스의 모습이다.

Fig. 12와 Fig. 13은 A지역과 B지역에서 각각 지면에 매설된 고체기준전극과 지면에 위치한 기준전극을 이용하여 측정한 방식전위값을 측정한 것이다. Table 4와 Fig. 12에서 보는 바와 같이 A지역에서의 전위값의 차이(IR Drop)는 2mV였고, Table 4와 Fig. 13에서 보는 바와 같이 B지역에서의 IR Drop은 31mV였다.

## IV. 방식전위 측정기준 개선안 도출

### 4.1. 고체기준전극 매설 기준 도출

앞에서 살펴본 바와 같이 보다 정확한 방식전류를

측정하기 위해서는 기준전극을 배관과 가장 가까운 곳에 설치할 필요가 있다. 호주의 AS 2832.1-2004에서는 고체 기준전극을 설치한 희생양극법과 외부전원법의 전기방식 방법을 Fig. 14와 같이 그림으로 보여주고 있다[11]. 그러나, 국내에는 기준전극을 매설하는 기준이 없어서 현장에서는 자체적으로 방식전위를 관리하기 위하여 전위측정용터미널 근처 또는 정압기 주변에 기준전극을 매설하고 있다. 따라서, 다음과 같이 KGS GC202에 기준전극 설치 기준을 신설하는 개정(안)을 마련하였다.

#### 2.2.2.3 기준전극 설치

매설배관 주위에 기준전극을 매설하는 경우 기준전극은 배관으로부터 50 cm 이내에 설치한다. 다만, 데이터로거 등을 이용하여 방식전위를 원격으로 측정하는 경우 기준전극은 기존에 설치된 전위 측정용터미널(T/B) 하부에 설치할 수 있다.

상기 개정(안)에서 단서조항으로 기준전극을 전위 측정용 터미널 하부에 설치할 수 있도록 한 이유는 기존에 설치된 배관에 고체기준전극을 설치하려고 하는 경우 굴착공사가 쉽지 않을 뿐만 아니라 현재 도시가스사에서 정압기 주변에 설치된 전위측정용터미널 하부에 고체기준전극을 매설 설치하여 원격으로 전위를 측정·관리하고 있는 실정이기 때문에 이를 허용해 주기 위함이다.

### 4.2. Instant off 전위 기준 도출

미국, 캐나다, 일본 및 ISO 등에서는 방식전위를 측정할 때 IR Drop을 고려하도록 규정하고 있다. 그러나 국내의 KGS GC202에서는 방식전위를 측정할 때 IR Drop을 고려하도록 규정하고 있지 않다. 즉, 배관의 부식을 방지하기 위한 전위는 방식전류가 흐르는 상태에서 포화황산동 기준전극으로 -0.85V 이하(황산염 환원 박테리아가 번식하는 토양에서는 -0.95 V 이하)로 하도록 규정하고 있으나, 전위측정시 IR Drop을 고려하도록 규정하고 있지 않으며, 분극전류 또는 Off potential 전위에 대해서도 규정하고 있지 않다[3].

일본 도쿄가스의 경우 IR Drop이 보통 150mV~300mV 정도로서 방식전류가 흐르는 상태에서 방식전위를 측정할 때에는 IR Drop을 고려하도록 하고 있다[13].

앞서 언급한 실험결과 및 현장조사 결과에서 보는 바와 같이 방식전위값은 기준전극의 위치에 따라 다르므로 방식전류가 흐르는 상태(On전위)에서 전위를 측정할 때에는 IR Drop을 고려해야 할 필요가 있다.

Fig. 2 및 Fig. 3에서 보는 바와 같이 instant off 상태

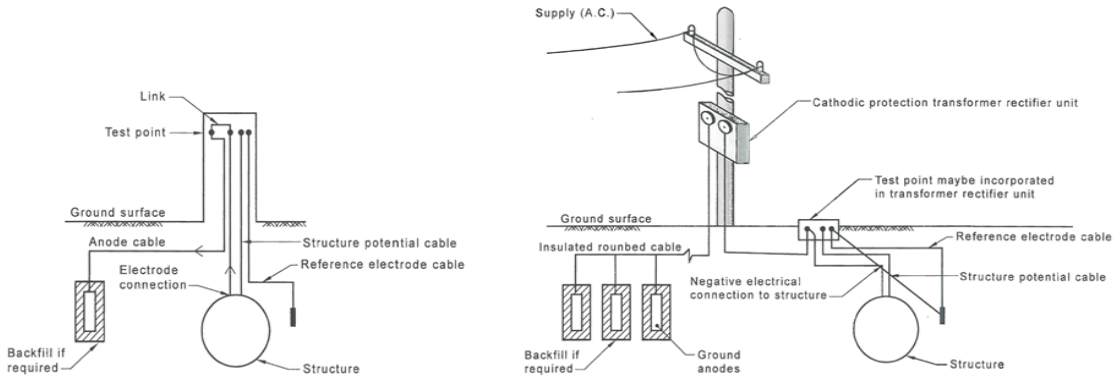


Fig. 14. Cathodic protection of buried structure using a sacrificial galvanic anode system(left) and impressed current system(right)[11].

에서 측정하는 방식전위는 IR Drop이 제거된 전위이며, 현재 국내에서는 정밀안전진단 등을 통해 측정을 하고 있는 실정이다.

따라서, 미국, 캐나다, 일본 등에서 사용하는 방식전위 기준을 반영하여 국제기준과 부합하도록 다음과 같이 instant off 전위 기준을 신설하는 개정(안)을 제시하였다.

2.3.3.3 토양 중에 있는 배관의 방식전위 상한 값은 방식전류가 일순간 동안 흐르지 않는 상태 (instant-off)에서 포화황산동 기준전극으로 -0.85 V(황산염환원 박테리아가 번식하는 토양에서는 -0.95 V) 이하로 한다.

## V. 결론

지하에 매설하는 강관에는 부식으로 인한 악영향을 방지하기 위하여 전기부식방지조치를 하도록 하고 있다. 국내의 방식전위 기준은 방식전류가 흐르는 상태(On 전위)에서 토양중에 있는 배관의 방식전위가 포화황산동기준전극으로 -0.85V 이하가 되도록 규정하고 있다.

미국, 캐나다 일본 등에서는 방식전류가 흐르는 상태에서 전위를 측정(On 전위) 할 때에는 IR Drop을 고려하도록 하고 있으며, 순간적으로 전류가 흐르지 않는 상태(instant off)에서의 방식전위 기준도 규정하고 있다.

본 연구에서는 고체기준전극을 이용하여 매설배관의 방식전위를 측정하고, 기준전극의 위치에 따른 전위값을 비교하고 전압강하(IR Drop)를 분석하였다. 전압강하(IR Drop)란 옴의 법칙( $V=IR$ )에 따라 전류

가 토양과 같은 저항을 통과할 때 발생하는 전압을 말하는 것으로 기준전극과 매설배관의 거리가 멀수록 전압강하는 큰 것을 확인하였다. 따라서, 방식전위를 측정할 때 기준전극은 가능한 한 배관과 가까운 위치에 위치하도록 하여야 전압강하(IR Drop)로 인한 측정오차를 줄이고 정확한 방식전위를 측정할 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 고체기준전극을 배관가까이에 매설할 수 있도록 하는 기준 개정(안)을 제시하였다. 또한, 국내에서는 분극전위 또는 instant off 상태에서의 전위 규정을 명시하고 있지 않으므로, 미국, 캐나다, 일본 등 국제 기준과의 부합화를 위해 Instant off 전위 기준을 신설하는 개정(안)을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 기준은 KGS GC202(2015)에 반영되었다.

개정된 기준에 따라 도시가스사업자는 고체기준전극을 배관가까이에 매설하여 IR Drop이 제거된 방식전위를 측정할 수 있으며, 원격으로 방식전위를 측정하고 관리할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 향후 차량 등을 이용한 원격 전위 측정 기술이 개발될 때 배관가까이에 매설된 고체 기준전극을 이용하여 방식전위를 측정하는 경우 보다 더 정확한 방식 전위를 측정하고 관리할 수 있을 것으로 판단된다. 아울러 지면에 위치한 포화황산동 기준전극을 이용하여 방식전위를 측정하는 것보다 정확한 전위를 측정할 수 있어서 배관 건전성 관리에도 도움이 될 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2013년도 산업통상자원부 에너지기술개발사업[과제번호; 20132020500060]의 연구비 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사를 드립니다.

## REFERENCES

- [1] KGS FS551 Facility/Technical/Inspection/Safety Diagnosis Code for Pipes Outside of Producing and Supplying Places of Urban Gas Business, (2015)
- [2] Young-Don Ryou, Jin-Jun Kim, and Dong-Kyun Kim, "A Study on the Development of Solid Reference Electrode and Remote Protection Potential Measuring System", *KIGAS*, Vol 19, No. 3, 38-43, (2015)
- [3] KGS GC202 Code for Cathodic Protection of Gas Facilities, (2009)
- [4] Young-Don Ryou, JinHan Lee, Young-Do Jo, Yeon-Jae Lee, "A Research on the Method of Cathodic Protection Measurement Using Solid Reference Electrodes", Autumn Conference of *KOSEE*, (2015)
- [5] KGS, Cathodic protection inspection and work handling guidelines
- [6] Fengmei (Frank) Song, Hui Yu, "Review Of CP Criteria In Five Standards", *Pipeline & Gas Journal*, Vol. 238, No. 12, December (2011)
- [7] N.Dennis Burke, "A Review Of Cathodic Protection Criteria", CORRPRO company, 1986
- [8] NACE SP0169, "Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems", (2007)
- [9] ISO 15589-1, "Petroleum and natural gas industries - Cathodic protection of pipeline transportation systems - Part 1 : On-land pipelines", (2003)
- [10] BS EN 12954, "Cathodic protection of buried or immersed metallic structures - General principles and application for pipelines", (2001)
- [11] AS 2832.1, "Cathodic protection of metals - Part 1 : Pipes and cables", (2004)
- [12] OCC, "Control of External corrosion on buried or Submerged Metallic Piping Systems", (2013)
- [13] Yuji Hosokawa, "Cathodic Protection Management", International seminar, (2014)
- [14] KGS GC202 Code for Cathodic Protection of Gas Facilities, (2015)