



## 외면부식직접평가 장비 개발 및 실증 시험에 관한 연구

†류영돈 · 이진한 · 정성원\* · 박경원\*

한국가스안전공사, 코렐테크놀로지(주)

(2016년 9월 21일 접수, 2016년 10월 12일 수정, 2016년 10월 13일 채택)

## A Study on the Development and the Verification Experiment of ECDA Equipment

†Young-Don Ryou · Jin-Han Lee · Sung-Won Jung\* · Kyeong-Wan Park\*

KoreaKorea Gas Safety Corporation, Correl Technology Co. Ltd.\*

(Received September 21, 2016; Revised October 12, 2016; Accepted October 13, 2016)

### 요약

매설된 강관의 피복이 손상되는 경우에는 부식이 발생할 수 있고, 부식으로 인한 핀홀이 발생하여 가스누출 사고가 발생할 수도 있다. 미국과 영국 등 국외에서는 이를 방지하기 위하여 DCVG 또는 ACVG 등을 이용하여 매설된 배관의 피복손상을 탐측하고 이상부위에 대하여 직접 굴착을 통해 배관의 외면부식여부 등을 확인하고 필요시에는 보수를 하고 있다. 이를 외면부식 직접평가법(ECDA)이라 하며, NACE 기준 등에서 ECDA에 대한 기준을 규정하고 있다. 국내의 경우에는 2014년 중압배관의 정밀안전진단 제도를 도입하면서 KGS 코드에 외면부식직접평가에 대한 내용을 포함하여 규정하고 있다. 본 연구에서는 매설배관의 외면부식을 탐측할 수 있는 장비를 개발하고, 개발된 장비의 실증시험을 위한 배관시험장을 구축하였다. 또한, 개발된 장비의 성능을 입증하기 위하여 배관 시험장에서 현장 실증시험을 실시하였다. 현장 실증 시험은 개발된 장비와 국내에 도입되어 사용중인 국외 장비와의 피복결함 탐측 성능 비교시험으로 실시하였다. 개발한 장비를 이용하여 매설배관 탐측 시험을 실시한 결과, 개발한 장비는 미국이나 영국에서 개발되어 국내에 보급되어 사용중인 장비에 비해 훨씬 사용이 편리하고 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

**Abstract** - When the coatings of buried steel pipelines are damaged, corrosion could be occurred on the surface of the damaged areas. Moreover the pinhole occurred by corrosion of pipelines may cause accidents due to gas leakage. To prevent these accidents, foreign countries including UK and USA have carried out coating defect detection on the buried gas pipelines by using a DCVG or a ACVG and have conducted direct assessment of pipelines through digging the ground, and if necessary, have repaired the pipelines. That is called ECDA i.e External Corrosion Direct Assessment which is regulated by NACE standards(SP 0502) and etc. In Korea, the ECDA provisions were included in KGS FS551 in 2014 when the regulations of Safety Validation in Detail for the medium-pressure piping were introduced. We have developed the equipment which can be used to detect external corrosion of the buried gas pipelines. We have also constructed pipeline test bed for empirical test of the developed equipment. In addition, we have carried out the verification experiments of the developed equipment on the test bed to demonstrate the performance of the equipment. The experiments were conducted by comparison tests of the developed equipment and other equipments which have been introduced and used in Korea. As the result, we have found the developed equipment is easier to use and has far superior performance compared to other equipment being used in Korea.

**Key words** : External Corrosion Direct Assessment, DCVG, ACVG, CIPS, Defect detection

†Corresponding author:rydon@kgs.or.kr

Copyright © 2016 by The Korean Institute of Gas

## I. 서론

매설된 강관의 피복이 손상되는 경우에는 부식이 발생할 수 있고, 부식이 발생하는 경우에는 배관의 강도가 약화되어 배관의 파열사고로 이어질 수 있다. 또한, 편홀이 발생하여 가스누출사고가 발생할 수도 있다. 따라서 피복손상탐지장치 또는 지하매설 배관부식탐지장치 등을 이용하여 매설된 배관의 결함을 탐측하고 이상부위에 대하여 직접 굴착을 하여 배관외면부식여부 등을 확인하고 필요시에는 보수를 해야 한다[1, 2]. 국외에서는 이를 외면부식 직접 평가법(ECDA; External Corrosion Direct Assessment)이라 명하고 있으며, NACE 기준 등에서 직접 굴착을 통한 매설배관의 평가 방법에 대하여 규정하고 있다[3, 4]. 국내의 경우에는 2014년 중압배관의 정밀안전진단 제도를 도입하면서 KGS 코드에 외면부식직접평가에 대한 내용을 포함하여 규정하고 있다[5].

KGS 코드에서는 정밀안전진단 대상 배관의 자료 검토 결과를 토대로 위험도가 높은 배관에 대해 배관의 안전상태를 현장에서 직접 장비를 이용하여 현장조사를 하도록 하고 있다[5].

전기방식하에서의 방식전류분포는 피복 결함부위에서 특징적인 분포를 나타내기 때문에 토양에서의 분포상태를 해석하면 피복결함의 위치, 크기 및 형태까지도 진단해 낼 수 있다. 이러한 기술은 직류를 이용한 기법과 교류를 이용한 기법이 있다. 직류를 이용한 방법은 직류전압구배법(DCVG), 근접간격전위측정법(CIPS)이 있으며, 교류를 이용한 방법으로는 교류전압구배법(ACVG)과 Pearson survey법, Woodberry 방법이 있다[1, 2].

국내의 기준( KGS FS551)에서는 매몰배관의 외면부식은 매설배관 피복손상부 탐지장치(DCVG 또는 ACGV)와 근접간격전위측정장비(CIPS) 및 배관 굴착을 통해 조사하도록 하고 있다[5].

### 1.1 직류전압구배법(DCVG)

DCVG(Direct Current Voltage Gradient) 탐측법은 배관주변에 직류전류를 인가하여 발생하는 전위구배를 측정하여 피복손상부를 탐측하는 방법이다. 이 방법은 두 개의 기준전극을 사용하여 지표면에서 배관의 길이방향으로 배관을 따라 전위(soil-to-soil)를 측정하면 Fig. 1과 같이 손상부 주변에서 전위의 부호가 역전되는 현상이 발생하는데, 이 역전지점이 손상부위라는 것을 알 수 있다[2].

### 1.2 근접간격전위측정법(CIPS)

CIPS(Close Interval Potential Survey)법은 음극방식이 행해지고 있는 배관의 직상부를 따라 일정거리마다(보통 1~5m) 관대지 전위를 측정하여 코팅손상부의 전위구배를 알아내는 방법이다. 이 방법은 Fig. 2와 같이 배관과 연결된 전선을 길게 하여 배관의 직상부에서 배관을 따라 P/S(pipe-to-soil)전위를 일정한 간격으로 측정하는 것으로서 이를 거리에 따라 나타내면 그 지점에서의 국부적인 방식전위 불량 지점을 정확히 찾을 수 있는 방법이다. 이는 전구간에 대한 방식전위측정 데이터를 저장하여 전체적인 배관 방식상태를 확인하는 것으로서 매설배관의 부식성 평가에 가장 많은 정보를 제공하는 검사기법이라 할 수 있다[1, 2].

### 1.3 교류전압구배법(ACVG)

ACVG(Alternating Current Voltage Gradient) 탐측법은 저주파의 교류전류를 배관에 인가하여 배관주변에 발생하는 교류 전위구배를 측정하여 매설배관의 피복손상부를 탐측하는 방법이다. ACGV법

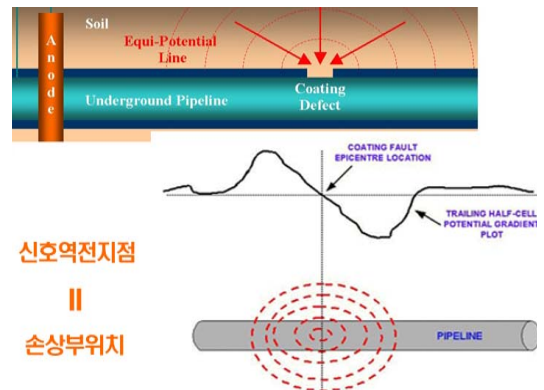


Fig. 1. Illustration of DCVG[1,2,8].

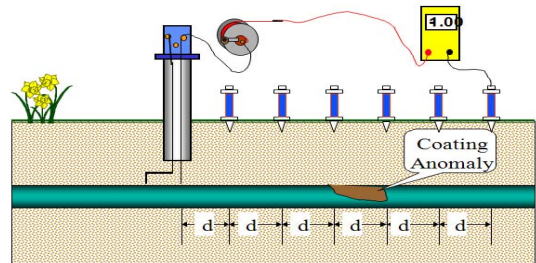


Fig. 2. The principle of CIPS[1,2].

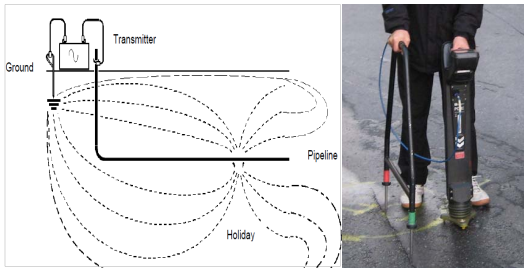


Fig. 3. Illustration of ACVG survey [1, 2, 5].

은 Fig. 3과 같이 A프레임을 통해 도양에 접촉된 지점간의 신호감쇄 측정을 통해 피복손상부를 탐측하는 방법이다[2, 5].

본 연구에서는 매설배관의 외면부식을 탐측할 수 있는 장비를 개발하고, 개발된 장비의 실증시험을 위한 배관시험장을 구축하였다. 또한, 개발된 장비의 성능을 입증하기 위하여 배관 시험장에서 현장 실증시험을 실시하였다. 현장 실증 시험은 개발된 장비와 국내에 도입되어 사용중인 국외 장비와의 피복결함 탐측 성능 비교시험으로 실시하였다.

개발한 장비를 이용하여 매설배관 탐측 시험을 실시한 결과 개발한 장비는 미국이나 영국에서 개발되어 국내에서 사용중인 장비에 비해 훨씬 사용이 편리하고 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

## II. 외면부식직접평가(ECDA) 장비 개발

### 2.1 외면부식 직접평가(ECDA)란

ECDA(External Corrosion Direct Assessment)란 Fig. 4와 같이 매설배관의 피복손상 및 외면부식여부를 평가하기 위해 사전에 배관의 이력 등을 조사하고, 지상에서 장비를 이용하여 간접 검사를 실시한 후, 부식 위험성을 파악하여 위험성이 높은 지점을 굴착하고, 직접검사를 실시함으로써 그 배관의 건전성을 파악하는 방법을 말한다. 즉, 외면부식 직접평가는 다음과 같이 4단계로 구분할 수 있으며 [2~4], 이 중 가장 중요한 것이 간접검사이다.

- (1) 제1단계 : 사전평가단계
- (2) 제2단계 : 간접검사단계
- (3) 제3단계 : 직접굴착확인검사단계
- (4) 제4단계 : 사후평가단계

간접검사는 장비를 통해 배관의 각 지점에 대한 위험도를 평가하는 것을 말하며, 간접검사에서 가장 많이 사용되는 기술은 매설배관의 피복손상탐측 방

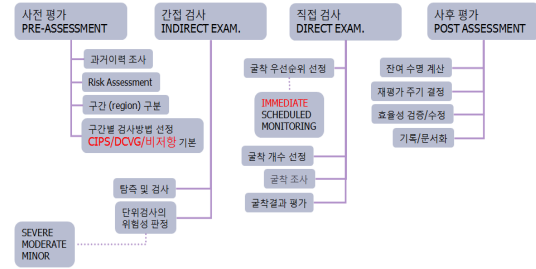


Fig. 4. Illustration of ECDA [1, 2, 5].

법인 DCVG(Direct Current Voltage Gradient)와 ACVG(Alternating Current Voltage Gradient), 그리고 배관의 상세 방식전위를 측정하는 CIPS(Close Interval Potential Survey) 기술이다. DCVG와 ACVG 탐측법은 각각의 특징과 장단점에 따라 상호 보완적인 방법으로 활용되고 있다[1, 2].

S.M. Segall은 10년간의 ECDA 시험 결과 AC 간섭상황에서는 AC 전압의 정류 등에 따라 간섭이 발생할 수 있으므로 각별한 주의가 필요하며, 토양비저항의 급격한 변화 환경에서는 %IR 계산시 상당한 측정여러를 유발할 수 있으므로 이러한 상황에서는 %IR 계산시 충분한 주의를 기울여야 한다고 했다 [6]. 또한, John Peter Nicholson은 CIPS와 DCVG 조사를 각각 수행하는 경우 음극방식상태와 피복손상부를 정확히 연계하여 검토하기가 어려우므로 CIPS와 DCVG 동시탐측법(Combined CIPS and DCVG Survey)이 측정데이터 품질과 정확성을 향상시킨다고 주장했다[7].

### 2.2 외면부식직접평가(ECDA) 장비 개발

본 연구에서 개발한 장비는 간접검사에서 가장 많이 사용되는 기술인 DCVG와 CIPS를 동시 또는 개별로 이용할 수 있는 장비로서 그 구성 및 주요 사양 등은 다음과 같다.

#### 가. ECDA 측정 장비의 시스템 구성

ECDA 측정 장비의 시스템 구성은 Fig. 5와 같이 같이 크게 측정모듈과 처리모듈(processing Module), 사용자 인터페이스 모듈로 분류할 수 있다.

측정모듈은 데이터를 측정하고 AD 컨버터를 통하여 디지털 데이터로 변환을 시키는 역할을 수행한다. 처리 모듈과 사용자 인터페이스 모듈을 합하여 제어모듈이라고 할 수 있는데, 제어모듈에서는 측정모듈을 제어하고 측정된 데이터를 받아서 디스플레이 하며, 유용한 데이터를 생성하여 저장하는 모듈이다.

본 개발에서는 제어모듈을 스마트기기를 이용하

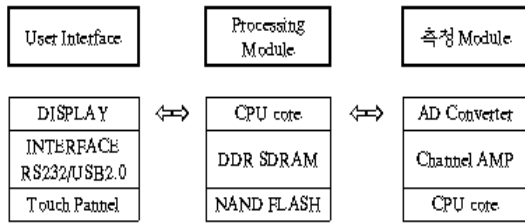


Fig. 5. ECDA equipment module interface.



Fig. 6. Developed ECDA equipment.

여 제어모듈로 사용하였다.

스마트기기를 제어모듈로 사용하는 경우에는 제어모듈을 항상 업그레이드하여 사용할 수 있고, 스마트기기의 GPS를 그대로 사용할 수 있으며, 제어모듈 고장시 쉽게 교체할 수 있다는 장점이 있다.

**나. ECDA 측정 장비의 주요 기능**

ECDA 측정 장비의 주요기능은 다음과 같다.

- 피복손상 탐측(DCVG) 및 분석
- CIPS 측정 및 분석

- GPS 측정
- % IR 측정 및 분석

**다. ECDA 측정 장비의 주요 사양**

개발한 ECDA 측정 장비의 주요사양은 다음과 같다.

- ① 측정부 사양
  - 채널 : 2채널
  - Input range : ±1V, ±10V, ±100V
  - CPU : 16bit micro-processor
  - 분해능 : 0.1mV(±1V range), 1mV(±10V range), **10mV(±100V range)**
  - 연속전위 측정 속도 : 초당 20회
  - 측정 오차 : 20mV(±1V range), 20mV(±10V range), 50mV(±100V range)
  - 내부저항 : 10MΩ 이상
  - 통신방식 : 블루투스  
**(측정부와 제어모듈 사이 통신)**
- ② 스마트 기기 사양
  - 운영체제 : 안드로이드(4.1이상)
  - 기기 : 갤럭시4 또는 갤럭시 노트3 동등이상
  - Touch Screen 지원
- ③기타 하드웨어 사양
  - 전원 : 보조전원장치(LCD 사용시 4시간, **LCD 미사용시 24시간 (EPR 연속 측정 기능))**
  - 측정 스위치 : Touch Screen

**④ 안드로이드 용 APP(앱)**

- 데이터 측정 및 저장 명령 : 연속전위 측정, 현재 전위 1회 측정
- 입력 채널 및 RANGE 설정
- 측정용도 설정 기능
- 각종 정보 입력 기능 : 구간 명, TB명, 기타 메모
- 측정 데이터 디스플레이
  - 현재전위 : 숫자
  - 연속전위 측정 : 숫자 및 그래프
- 측정 데이터 분석 : 평균, 최대, 최소 분석
- CIPS 데이터 분석, DCVG 데이터 분석

**2.3 외면부식직접평가(ECDA) 장비 S/W 개발**

본 연구에서 개발한 ECDA S/W는 ECDA 진단을 전체적으로 도와주고 분석하는 프로그램이다. 즉 배관의 GIS 데이터를 입력 받아 구현하여 주고 사전평가 데이터를 분석하며, 측정 장비로부터 간접검사

결과를 받아서 사전평가 데이터와 더불어 분석하여 위험도를 분석하는 기능을 수행한다. 또한, 직접검사 결과를 이용하여 전체적인 도시가스배관의 건전성 평가 결과 및 사후 평가 주기를 도출하는 것을 도와주는 프로그램이다.

본 프로그램은 개발되는 ECDA 장비와 완벽하게 호환을 가질 수 있도록 개발하여 사용자가 쉽고 정확하게 배관의 외면부식을 직접평가할 수 있도록 구현하게 된다.

개발한 ECDA 분석 S/W 주요 사양은 다음과 같다.

- ① 기본 기능
  - GIS에 의한 배관 경로 구현 기능
  - 모든 데이터의 그래프(2D 혹은 3D) 구현
  - 모든 데이터의 엑셀화
- ② 사전 평가 사항
  - 배관 정보 입력
  - 배관 환경 입력
  - 과거 측정 데이터 입력 및 분석
  - 배관 환경별 측정 구간 선정
  - 측정 구간별 간접 측정 방법 선정
- ③ 간접 검사 사항
  - DCVG 결과 입력 및 분석
  - CIPS 결과 입력 및 분석
  - 피복손상부 %IR 입력 및 분석
  - 토양비저항 입력 및 분석
  - PCM 측정 결과 입력 및 분석
  - 위험성 평가 기준 조정
  - 위험성 평가 결과 디스플레이
- ④ 직접 검사
  - 피복 손상부 형상 및 특이사항
  - 모재 부식 형상 및 깊이
  - 토양 환경 분석 결과
  - 모재 결함 평가 및 분석
  - 배관의 추가 부식 가능성 분석
- ⑤ 사후 평가
  - 전체 검사 배관 건전성 여부 분석
  - 사후 평가 주기 분석

### III. 매설배관 결함탐측 시험설비 구축

실제 배관이 매설된 현장에서 배관의 결함 탐측 시험을 하는 경우 결함으로 추정되는 탐측부위가 실제

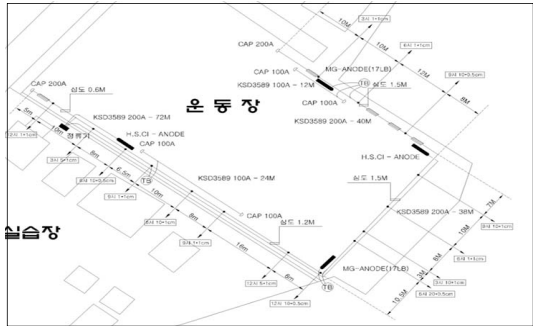


Fig. 7. Pipeline installation drawing for ECDA test.



Fig. 8. Artificial coating defect on the pipe installed in the test site.



Fig. 9. Installation of pipelines with a magnesium anode and a corrosion coupon in the test site.

결함인지 여부를 확인하기 위해서는 굴착을 해야만 가능하며, 매설배관의 결함을 100% 탐지했는지를 파악하는 것도 어렵다. 따라서 개발된 장비의 결함 탐지 성능을 검증하기 위해서는 결함의 크기 및 모양 등을 알고 있는 시험장에서 탐측시험을 해야 정확한 평가 및 검증이 가능한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 개발된 장비의 성능시험을 위해 Fig. 7과 같이 가스안전교육원의 운동장에 배관 결함탐측 시험장을 구축하였다. 매설배관의 결함탐측 시험을 위해 Fig. 8과 같이 배관에 인위적인 피복결함을 만들고, 배관의 설치깊이에 따른 배관의 위험도 등을 모사하기 위해 배관의 심도를 1.2m와 1.5m로 다르게 하였다. 또한, 보호판 설치에 따른 배관의 위험도 변화 및 보호판이 배관탐사에 미치는 영향 등을 조사하기 위해 일부 구간에는 보호판을 설치하였다.

결함 위치 및 크기에 따른 진단 결과 차이를 모사하기 위해 결함의 크기를 1mm<sup>2</sup>, 5mm<sup>2</sup>, 10mm<sup>2</sup> 등으로 하고, 그 길이 및 폭을 달리하였다. 또한, 배관 탐측 신호의 변화를 관찰하고자 결함의 위치를 배관의 정상부(12시 방향), 측면부(3시 및 9시 방향) 및 하부(6시 방향)에 각각 설치하였다.

타 시설물의 접촉에 의한 간섭을 모사하기 위해 환경이 다른 배관을 배관 주변에 설치하고, 배관의 간섭전류 점핑 및 절연 등의 효과를 관찰하기 위해 배관을 절연 가스켓으로 분리하고, 매설배관의 부식속도를 측정하기 위해 Fig. 9와 같이 부식쿠포를 매설하였다.

#### IV. 배관 결함탐측 시험 결과

##### 4.1 매설배관 모의 결함 탐측 시험 결과

매설배관 결함 탐측 1차 시험은 미국에서 개발된 장비를 이용하여 시험장에서 DCVG와 CIPS를 이용하여 실시하였다. 먼저 매설배관의 피복 결함 위치 및 양극의 위치 등을 탐측자가 모르는 상황에서 탐측한 결과 Fig. 10과 같이 72m 근처에서 큰 결함이 발견되었다. 결함으로 발견된 위치에는 배관의 부식을 방지하기 위해 설치한 마그네슘이 매설되어 있는

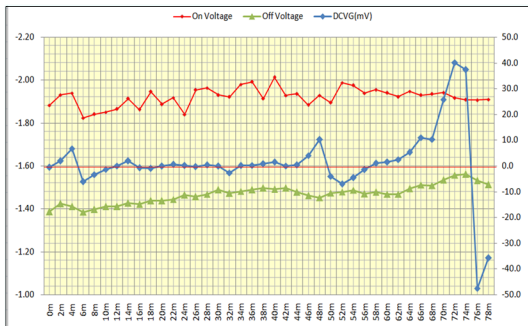


Fig. 10. Results of Pipeline defect detection using DCVG and CIPS.

데, 이 마그네슘이 큰 결함으로 탐측되면서 근처에 있는 2 개의 작은 인위적 피복 결함은 탐지되지 않았다.

2차 탐측 시험은 Fig. 11 및 Fig. 12와 같이 3종류의 장비(ACVG, 아날로그 DCVG 및 디지털 DCVG)를 이용하여 탐측하였다. 1차 시험과 마찬가지로 매설배관의 결함 위치 및 양극의 위치 등을 탐측자가 모르는 상황에서 시험한 결과 Fig. 13과 같이 72m 근처에서 매설된 마그네슘이 큰 결함으로 탐측되었으며, 1차 시험과 마찬가지로 2개의 작은 결함을 탐지하지 못하였다.

3차 시험에서는 마그네슘 양극의 위치를 탐측자에게 알려주고, 양극을 배관과 분리한 상태에서 재탐측을 실시하였다. 그러나, 배관탐지를 위한 신호전류를 배관 가까운 위치에서 인가해 준 경우에는 배관 상부에 있는 결함은 쉽게 탐측이 되었으나, 배관 하부에 있는 작은 결함은 역시 탐지하지 못하였다. DCVG에 필요한 전류를 멀리(remote earth)에서



Fig. 11. Pipeline defect detection using ACSVG.



Fig. 12. Pipeline coating defect detection using 2 types of DCVGs.

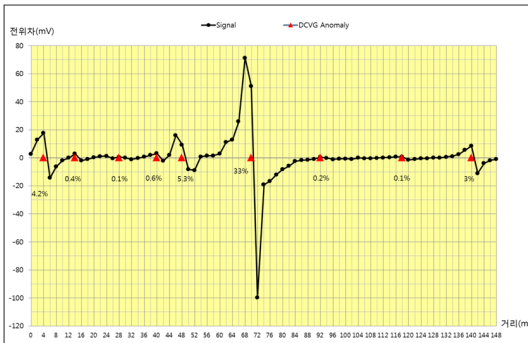


Fig. 13. Results of Pipeline defect detection using DCVG with anode of pipeline.

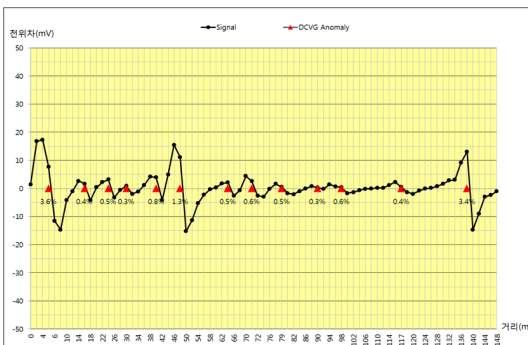


Fig. 14. Results of Pipeline coating defect detection using DCVG with remote earth.

공급한 경우에는 Fig. 14와 같이 모든 결함을 탐지할 수 있었다. Fig. 15는 결함탐측에 필요한 신호 전류를 멀리서 공급하기 위해 설치한 외부 양극, 정류기 전원 및 인터럽터를 설치한 모습이다.

#### 4.2 개발 장비 결함탐측 시험 결과

본 시험에서는 개발한 장비의 사용 편의성 및 성능 평가 시험을 위해 국내에 도입되어 사용중인 다른 장비와 동시에 시험을 실시하고 탐측 성능을 비교하였다.

개발한 장비는 DCVG와 CIPS를 동시 또는 개별 실시할 수 있으나, ACVG 기능은 가지고 있지 않다. 따라서, ACVG를 이용한 매설배관 피복손상 탐측을 먼저 실시하고, DCVG 탐측 시험은 공정한 탐측조건을 부여하기 위해 타 장비와 동시에 실시하였다.

ACVG를 이용한 결함 탐측 결과 ACVG 장비는 거의 모든 결함을 탐측하였으나, 기록이 되지 않아 결함의 크기를 계산하기 위해서는 Fig. 16과 같이 수



Fig. 15. Installation of an anode and an interrupter for pipeline coating defect detection.



Fig. 16. Test of defect detection by ACVG.



Fig. 17. Test of defect detection by using an analog DCVG and the developed DCVG.

기로 기록해야 하는 문제점이 있었다.

DCVG를 이용한 배관 탐측은 공정한 조건을 부여하기 위하여 Fig. 17과 같이 영국 A사의 아날로그 DCVG와 본 연구에서 개발한 장비를 이용하여 동시에 실시하였다.

개발한 장비를 이용한 배관 결함 탐측 시험과 영국에서 개발한 A사의 아날로그 DCVG를 이용한 결함 탐측 시험 결과 두 장비가 탐측한 결함 위치와 결함 수는 동일하였다. 그러나, 아날로그 DCVG 장비는 결함의 크기를 계산하기 위해 Fig. 18과 같이 수기로 %IR을 기록하고 계산해야 하는 문제점이 있었다. 반면, 개발한 장비는 기록 및 저장 기능이 있어 %IR을 자동계산 할 수 있다는 장점이 있었다.

미국의 B사에서 개발한 디지털 DCVG를 이용하

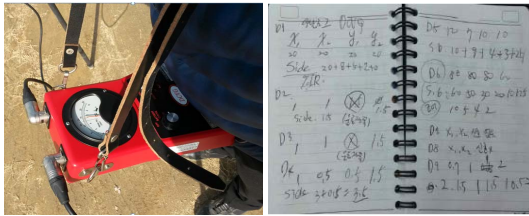


Fig. 18. Defect detection by using analog DCVG (left picture) and Memo of defect size (right picture).



Fig. 20. CIPS by using a developed equipment (left and middle of the picture) and monitor readings (right side picture).



Fig. 19. Defect detection by using a developed DCVG equipment and the monitor.

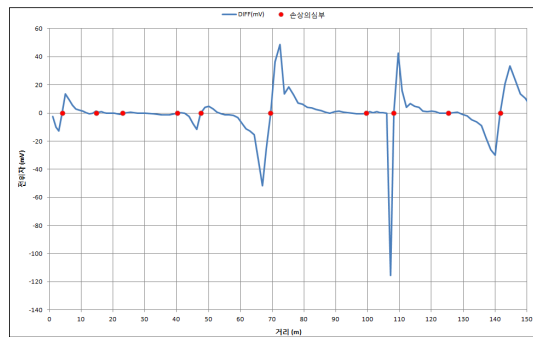


Fig. 21. Results of DCVG by using the developed equipment(DCVG).

여 배관 결함을 탐측하는 시험에서도 현장에서는 장비의 작동 방법(모드 변환)이 쉽지 않아 %IR을 수기로 기록 하여 계산하는 문제점을 확인하였다.

Fig. 19는 개발한 장비의 DCVG 기능을 이용하여 결함 탐측을 하고 모니터에 탐측 결과가 기록되는 모습이다.

개발한 장비를 이용하여 CIPS를 측정하는 시험에서는 Fig. 20과 같이 모니터를 통해 CIPS on/off 전위값을 그래프와 숫자로 볼 수 있어서 편리하게 측정이 가능하였다. 또한, 무엇보다도 큰 장점은 모니터의 내용이 한글로 표시되고 조작이 용이하기 때문에 현장에서 초보자라도 쉽게 다룰 수 있다는 장점이 있었다.

개발한 장비를 이용한 매설배관의 DCVG 탐측 결과는 Fig 21과 같았다. 1차 및 2차 시험과 마찬가지로 매설배관의 결함 위치 및 양극의 위치 등을 탐측자가 모르던 상황에서 탐측 시험을 한 결과 마그네슘을 설치한 곳이 Fig. 21에서 보는 바와 같이 큰 결함으로 탐측되었다. 따라서 배관탐측을 할 때에는 사전조사를 통해 매설배관의 상황 및 양극의 위치 등을 미리 파악할 필요가 있는 것으로 확인되었다.

개발한 장비를 이용한 매설배관의 CIPS 측정 결과는 Fig. 22와 같았다. 측정 과정에서 마그네슘을 분리하지 않고 실시한 결과 마그네슘이 설치된 부근

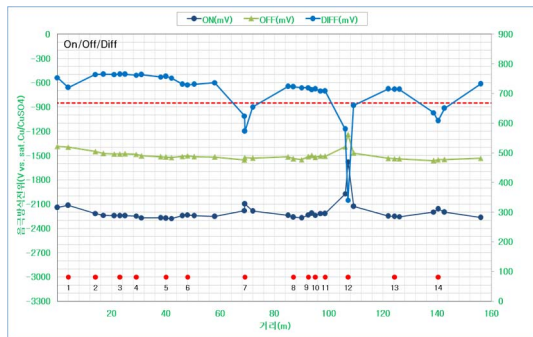


Fig. 22. Results of CIPS by using the developed equipment.

(72m 근처)에서의 On 전위값이 조금 낮아지는 것을 확인하였다. 또한, 105m 근처에는 부식쿠폰이 매설되어 있는데, 그 주변에서 On 전위값이 눈에 띄게 낮아짐을 확인할 수 있었다. 이는 부식쿠폰에 많은 양의 방식전류가 흐르고 있음을 알 수 있다. CIPS를 하는 경우에도 사전에 배관 근처의 타 시설물에 대



한 정보를 알고 있다면 탐측된 값이 결함에 의한 것인지 또는 다른 시설물의 접촉 또는 부식에 의한 것인지를 좀 더 명확하게 구분할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 ECDA를 하는 경우에는 정확한 사전조사를 실시해야만 간접검사를 통한 굴착여부를 판단하는데 도움이 될 것으로 보인다.

## V. 결 론

매설된 강관의 피복이 손상되어 부식이 발생하는 경우에는 핀홀 발생 등으로 인하여 가스누출사고가 발생할 수도 있다. 그래서 미국, 영국 등 국외에서는 피복손상탐지장치 또는 지하매설배관부식탐지장치 등을 이용하여 매설된 배관의 결함을 탐측하고 이상 부위에 대하여 직접 굴착을 실시하여 배관외면의 부식여부를 확인하고 배관의 잔존 수명평가 및 필요시에는 보수를 실시하고 있다.

본 연구에서는 매설배관의 피복손상탐지 및 근접간격 방식전위 측정을 동시 또는 개별적으로 실시할 수 있는 장비를 개발하였다. 또한, 배관에 인위적인 결함을 만들어 매설하고 이를 탐측할 수 있도록 하는 매설배관 결함 탐측 시험설비를 구축하였다. 아울러, 동 시험장에서 개발한 장비와 이미 상용화된 장비와의 성능 비교 시험을 통해 개발한 장비의 성능을 검증하였다.

개발한 장비를 이용하여 매설배관의 결함 탐측시험을 한 결과 미국 및 영국에서 개발한 장비에 비해 다음과 같이 사용이 편리하고 성능면에서 우수함을 확인하였다.

- 국외 제품에 비해 상대적으로 부피가 작고 가벼움.
- 스마트폰을 이용하여 측정값이 모니터링 되도록 이동 및 탐측이 용이
- 한국어로 표기되므로 사용이 편리함.
- 결함 위치를 찾은 후 %IR 자동 계산 및 저장 가능
- 측정값이 숫자와 그래프로 표시되어 현장에서 결함 탐측이 용이
- 메모기록이 있어 측정지점 및 측정값 기록이 편리함.
- 측정지점이 GPS 좌표로 기록이 가능

매설배관 탐측 시험결과 매설배관의 결함 위치 및 양극 등의 위치를 모르고 배관 탐측을 한 경우에는 세번의 실험에서 모두 양극이 매설된 곳에 큰 결

함이 있는 것으로 탐측되었다. 반면, 마그네슘 및 양극의 위치 등 지하 매설물의 정보를 탐측자에게 알려주고 결함탐측을 실시했을 때는 모두 정확하게 결함부를 탐지하였다. 따라서, 장비를 이용한 간접검사(배관탐측)를 할 때에는 사전조사를 통해 매설배관의 상황 및 양극의 위치 등을 미리 파악할 필요가 있는 것으로 확인되었다.

마그네슘이 설치된 주위의 결함은 마그네슘으로 유입되는 전류가 너무 커서 탐지되지 못하였고, Mg Anode를 제거했을 때 마그네슘 Anode 근처의 작은 결함 3개를 추가로 발견할 수 있었다. 따라서, 배관의 피복결함을 탐측할 때에는 마그네슘이나 전기 방식과 관련된 시설물을 배관으로부터 분리하고 실시해야 할 것으로 판단되었다.

부식쿠포과 양극(HSCI 양극)이 설치된 부근에서는 DCVG 탐측값과 CIPS 측정값에 큰 변화가 있었는데, 이는 전기방식을 위하여 많은 양의 방식전류가 흐르고 있음을 알 수 있었다. CIPS를 하는 경우에도 배관 근처의 타 시설물에 대한 정보를 사전에 알고 있다면 측정된 값이 결함에 의한 것인지 또는 다른 시설물의 접촉에 의한 것인지를 좀 더 명확하게 구분할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, ECDA를 하는 경우에는 정확한 사전조사를 실시해야만 간접검사를 통한 굴착여부를 판단하는데 도움이 될 것으로 보인다.

## 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 것(과제번호 20132010500030)으로 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- [1] KGS, "A Development of External Corrosion Direct Examination Measures for Urban Gas Pipelines", (2011)
- [2] Ryou, Y. D., Lee, J. H., Yoon, Y. K, Lim, H. S., "The Development and Introduction of External Corrosion Direct Assessment Measures for Urban Gas Pipelines", KIGAS Vol. 18, No. 5, pp12~19 (2014)
- [3] GTI-04/0071, External Corrosion Direct Assessment Implementation Protocol
- [4] ANSI/NACE SP0502-2010, Pipeline External Corrosion Direct Assessment, Standard Practice

- [5] KGS, FS551 "Facility/Technical/Inspection/ Safety Diagnosis Code for Pipes Outside of Producing and Supplying Places of Urban Gas Business" (2016)
- [6] Segall, S.M., "Lessons Learned during 10 Teats of ECDA Application" *NACE Conference*, (2015)
- [7] John Peter Nicholson, "Combined Close Interval Potential Surveys (CIPS) and Direct Current Voltage Gradient (DCVG) Surveys with GPS time and location stamping for improved accuracy and data integrity" *NACE Conference*, (2015)
- [8] GTI-04/0071, External Corrosion Direct Assessment Implementation Protocol
- [9] Ryou, Y. D., Lee, J. H., Jo, Y. D., Kim, B. K., "The Results of Indirect Survey Tests for Defects on the Site Simulation Pipelines", *KIChE Spring Conference*(2015)
- [10] Ryou, Y. D., Lee, J. H., Lim, H. S., Kwon, J. R., "Installation of Site Simulation Facilities for Defect Survey on Buried Pipeline and Survey Test Results", *KIGAS Autumn Conference*(2014)