

파손 감지관 현장 적용 적정성에 관한 연구

안정진, 정상용, 박교식, 김래현*

한국가스안전공사 가스안전연구원 공정연구팀, 서울산업대학교 신에너지공학과*

The Study on the Field Property of the Breakage Sensible Pipe

Ahn Jeong Jin, Jung Sang Yong, Park Kyo Shik, Kim Lae Hyun*

Korea Gas Safety Corporation, Institute of Gas Safety R&D, Process Research Team
Seoul National University, Department of New Energy Engineering*

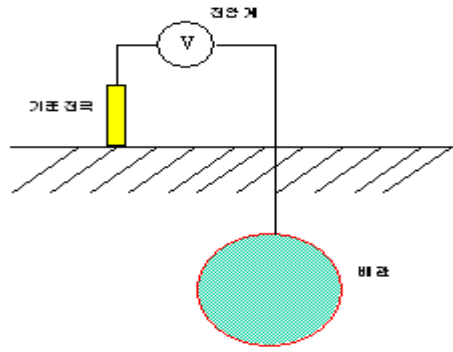
I. 서론

도시가스에 대한 의존도가 높은 현실에서 소비자에게 원활한 공급을 위해 지하에 매설되는 배관은 지속적으로 증가하는 추세에 있으나, 이러한 매설 가스배관은 자연부식뿐만 아니라 다른 지하매설 구조물 즉, 지하철이나 상하수도관에 의한 전기적 간섭 등 외부의 다른 요인들에 의하여 부식손상을 받고 있다. 미국의 경우 배관 파손을 유형별로 살펴보면 타공사 36%, 내부부식 16%, 외부부식 14%, 자연재해 11%, 배관 제조시 오류 4%, 기타 19%를 각각 차지하고 있다. 그러므로 부식에 의한 배관 파손은 발생빈도가 매우 높은 실정이다. 이에 가스배관의 부식손상을 방지하기 위하여 내식성 배관 재료를 사용하거나 피복, 전기방식 및 배관의 절연 등의 다양한 방법들을 강구하고 있다. 그러나 전기방식이 영구적으로 배관의 부식을 방지할 수는 없으며 또한 지속적인 점검 및 보수가 필요하다. 이러한 관리의 어려움을 해결하고자 본 연구에서는 배관에 도선을 삽입한 파손감지관 및 TDR 기기의 적용을 통한 실시간 파손감지를 할 수 있는 시스템을 구축하고 1년간의 모니터링을 하였다.

2. 이론

2.1 방식 전위 측정

매설배관의 방식 진단에서 가장 일반적이며 확실한 방법이 배관의 방식전위를 측정하는 방법이다. 일반적으로 방식전위는 <그림.1>과 같이 매설배관에서 인출한 전선과 토양 표면에 접촉시킨 기준전극 사이에 볼트메타(voltmeter)를 연결시켜 기준전극에 대한 배관의 전위를 측정한다. 이렇게 측정한 값을 P/S전위 (Pipe to Soil potential)라고 한다. 현장에서 P/S전위 측정시 기준전극으로 가장 많이 사용하는 것은 포화황산동전극(Cu/CuSO₄)이며 특수한 상황 하에서는 염화은(Ag/AgCl) 전극을 사용하기도 한다. 일반적으로 배관의 방식전위는 대략적으로 300~500mV 마다 위와 같은 방법으로 측정하며 이렇게 측정한 방식전위는 그 지역 배관의 방식현황을 나타내는 척도가 된다. 만약 측정 전위값이 방식기준인 -850mV 보다 낮은 값이면 그 지역의 방식전위는 양호하다고 할 수 있고, 만약 -850mV 근처이거나 그 이상이면 방식 상태를 정밀 점검할 필요가 있다.



<그림.1>매설배관의 방식 전위 측정 개념도

3. 실험(결과 및 고찰)

3.1 파손감지관의 안전성 검토

실험에 사용된 파손감지관의 재료적 안전성을 확인하기 위하여 한국화학시험연구원, 한국건설방식기술연구소, SK 화학시험연구소에 장비 검사를 의뢰하였다. 피복강관의 안전성, 전기방식으로 적용되는 희생양극식 또는 외부전원식 시스템의 영향 유무, 감지선의 폴리에틸렌 피복에 미치는 영향 등을 의뢰하여 <표.1>과 같이 적합함을 판정 받았다. 또한 파손감지관

에 흐르는 에너지는 전파이나 이 전파 발생으로 인하여 파손감지선에 전류가 흐를 경우 전류에 의하여 도시가스의 주성분인 메탄의 점화에너지를 제공할 수 있는지 확인하였으나 메탄의 최소점화 에너지보다 작아 이상이 없는 것으로 판단되었다.

- TDR에서 발생하는 최대에너지는 2×10^{-3} mJ
 $J = VIT = 5 \times (40 / 1,000) \times (10,000 / 10^9)$
 $= 0.002$ mJ

- 메탄의 최소 점화에너지 : 0°C 1기압에서 0.29mJ

※ 발생기 에너지가 최소점화에너지 보다 작으므로 이상없음(0.002 mJ < 0.29 mJ)

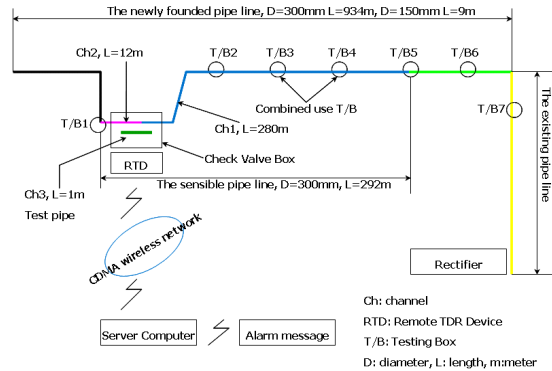
<표.1>파손감지관의 적합성 검사

	검사항목	검사결과
한국화학시험연구원	압출식 폴리에틸렌 피복강관의 외관 등	외관 : 이상없음 두께 : 3.6mm(기준2.5mm) 핀홀검사 : 이상없음 당김강도 : 122N/1 mm(기준≥35N/10mm)
한국건설방식 기술연구소	파손감지관 작동시 방식전위 영향 유무	외부전원법에 의한 시험 결과 이상 없음
SK 화학시험연구소	감지선이 PE(폴리에틸렌) 피복에 미치는 영향	절연과피전압 : PE(폴리에틸렌)절연과피전압이 30,000V에 비해 파손감지장치 최대전압은 5V임 물리/화학적 반응 : 제품제작 온도 약 170~200°C에서 PE와 PVC의 결합 등 물리적, 화학적 손상 없음

3.2 설치현황

pilot system은 충남 아산에 있는 LNG배관을 이용하였으며 총 대상 배관 길이는

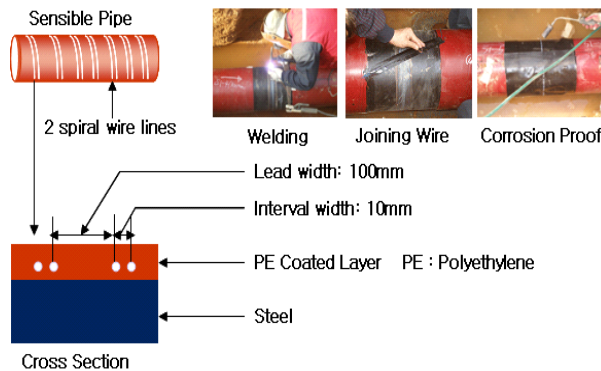
943m(MP 300A 934m, 150A 9m)이고, 시험배관의 길이는293m (단관 1m 별도)이다. 현장설치 및 실시간 감지 정보 수신을 위해 구성된 네트워크는 <그림.2>와 같다.



<그림.2>시스템 구성도

3.3 파손감지관 설치

시스템 가운데 가장 중요한 부분은 파손 감지관으로 구조는 기존의 폴리에틸렌 피복강관(PEP 강관)의 외면 코팅층 사이에 감지선을 나선형으로 삽입하여 만들었다. 강관의 내면은 에폭시 도장이 이뤄져서 내면의 부식을 방지하도록 하였고 관단부에서는 관이음시에 이웃하는 관의 감지선과 연결할 수 있도록 감지선을 노출시켜 놓았다. <그림.3>은 파손감지관 설치 과정을 나타낸다.



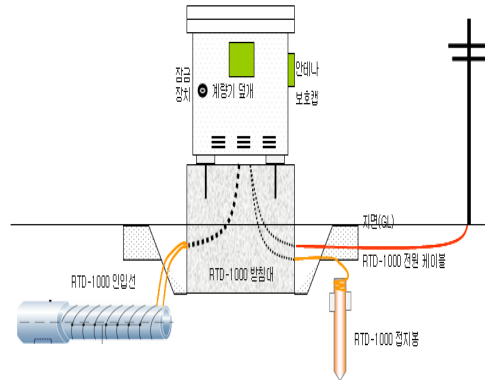
<그림.3>파손감지관 설치 과정

감지선 연결은 관단에 노출된 감지선을 점프선으로 연결하고 연결부의 부식을 막기 위해 방식성 열 수축튜브로 씌워서 연결하였다 그리고 관단부의 방식을 위해서 방식 테이프로 마감하며, 또한 연결선을 보호하기 위해서 보호커버를 씌운다. 대상 총 배관(943m) 중 293m 길이(단관1m 별도)를 시험배관(파손감지관 설치 기구간)으로 삼았으며, 파손감지관을 3개 채널로 구분하여 설치하였다.

3.4 원격감시기

단선인 원격감시제어기는 4채널 인터페이스를 지원하도록 하여 여러 방향으로 펼쳐진 관망에 대해서 동시에 감시가 가능하도록 하였다. TDR은 관의 파손 및 누출의 상태를 수신한 반향파를 분석하여 그 원인을 찾게 된다. 분석 유형은 두 가지로 구분된다. 단선인 경우와 단락인 경우이다. 단선(Open)인 경우는 관의 피복이 파손되어 감지선이 끊어진 경우에 발생하며, 단락(Short)은 누출에 의한 감지선에 쇼트가 생긴 경우에 발생한다. 따라서 감지

관이 파손되었는지 누출이 발생되었는지는 이러한 유형 변화에 의하여 판단이 가능하다. 이로써 원격감시제어기는 위의 방법으로 초기에 시공된 상태가 유지되지 않고 변화(이벤트 발생)가 감지되면 그 즉시 감지선의 길이와 분석 유형 정보를 서버 컴퓨터로 전송한다. <그림. 4>는 서버와 파손감지관의 통신 개요를 도식한 것이다.



<그림.4>원격장치 RTD구성도

현장 운용 방식은 설치된 구간에서 채널별로 순환하게 되며 한 채널에서 보내는 인가전압은 평균2.5V, 펄스 단위유지 시간은 2000ns, 채널당 측정횟수는 2,018번(AVG 16 × 128), 채널 순환 대기시간은 1분으로 실시간 모니터링이 가능하도록 하였다.

3.5 기준전위 설정

TDR은 장비의 특성상 Noise 방해를 막기 위해 레퍼런스 값을 보수적인 값인 75mv(Threshold Value)로 하여 그 이상 값을 Event로 인식하도록 제안하고 있으나, 본 연구에서는 설치 배관의 특성 및 현장 특성을 반영하고자 수회의 파형변화를 분석하여 새로운 기준값(Threshold Value)을 적용하였다. 장비 설치 후 정상 측정된 값을 확보하기 위해 일정한 시간 동안 수회의 반복 측정(각 점검구당 5회)을 통하여 정상 파형의 범위가 -4~5mv 인 것을 확인하였다. 파손시의 파형변화를 확인하기 위하여 인위적인 Event를 준 후 1주일간의 펄스 변화를 관측한 결과 비정상 범위가 -10,000mv 이상인 것을 확인하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 비정상 범위(-4~5 < x < -10000)를 초과하지 않고 정상범위를 인지할 수 있는 -2500mv를 기준값으로 Setting 하였다.

3.6 모니터링결과

3.6.1 KS D 3589 시험항목 적합여부

파손감지관의 물리적 화학적 성질 등을 검토하기 위하여 실험용으로 매설한 파손 감지관의 샘플을 1년간 방치한 뒤 이를 채취하여 KS D 3589 시험 항목에 따라 코팅 손상여부 및 배관의 상태를 확인하였으며 결과는 <표.2>와 같이 나타났다.

<표.2>KS D 3589 시험항목

시험·검사종목	단위	시료구분	시험·검사방법	시험·검사결과
겉모양-외면	-	압출식 폴리에틸렌 피복강관	KSD3589 : 2005	이상없음
피복두께-외면	mm	압출식 폴리에틸렌 피복강관	KSD3589 : 2005	3.1
핀홀시험-외면	-	압출식 폴리에틸렌 피복강관	KSD3589 : 2005	이상없음
당김감도	N/10mm	압출식 폴리에틸렌 피복강관	KSD3589 : 2005	57

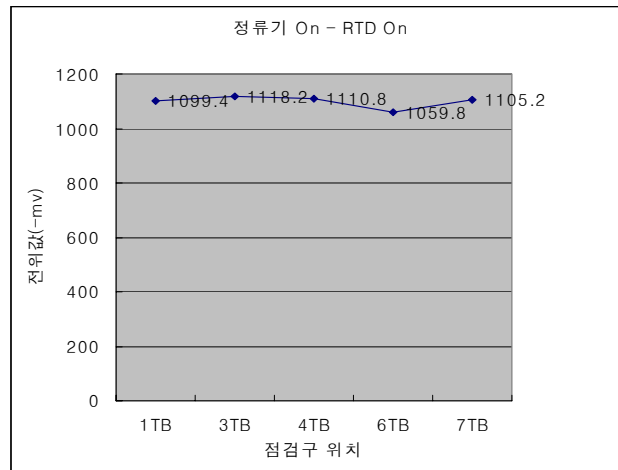
3.6.2 정류기와 RTD의 영향분석

측정을 위해 설치한 T/B(Testing Box)의 현황은 <표.3>와 같다. 방식전위 측정 리드선과 감지선 이벤트 리드선이 설치 (파손감지관에 위치)되어 있는 시험관에 위치하며, 일반 T/B는 비시험관에 위치한다.

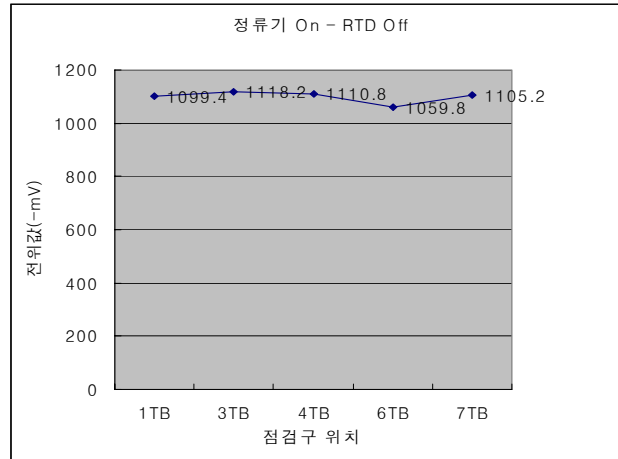
<표.3>T/B 현황

T/B 구분	위치	측정용도	배관 구분
1T/B	A	방식전위측정	신설관(비시험관)
2T/B	B	감지선 이벤트 측정	신설관(시험관)
3T/B	C	방식전위측정, 감지선 이벤트 측정	신설관(시험관)
4T/B	D	방식전위측정, 감지선 이벤트 측정	신설관(시험관)
5T/B	E	감지선 이벤트 측정	신설관(시험관)
6T/B	F	방식전위측정	신설관(비시험관)
7T/B	G	방식전위측정	기존관(비시험관)

정류기와 RTD의 상호 영향을 분석하기 위하여 방식전위측정기를 사용하여 점검구 위치별로 측정을 실시하였으며, 각각의 측정값은 5개의 데이터를 채택하여 평균값으로 나타내었다. <그림.6>은 RTD가 켜놓은 상태와 <그림.7>은 RTD를 꺼놓은 상태에서 SD-21 방식전위 측정기로 측정한 방식전위 측정값의 평균값을 그래프로 나타낸 것이며 각각의 점검구별 전위값은 위치에 따라 약간의 차이가 있으나 각각 ± 2.72 , 5.34% 범위 내에 있어 오차가 그리 크지 않음을 알 수 있다. 이들 값은 기준 허용값 -850mV 미만으로 RTD 작동은 정류기가 작동하는데 영향이 없는 것으로 나타났다.



<그림.6>The graph for potential values under rectifier-ON and RTD-ON states



<그림.7>The graph for potential values under rectifier-ON and RTD-OFF states

4. 결론

도시가스 배관 파손에 의한 사고 방지를 위하여 실시간으로 배관 손상여부를 감시하는 시스템은 아직 적용된 바가 없기에 이번 연구를 통하여 파손감지 시스템을 구축하고 실제 현장 테스트를 통하여 파손 감지관에 대한 도시가스 배관으로의 현장 적용 적정성에 대하여 연구를 수행하였다. 연구수행결과 파손감지관의 기존 도시가스 배관에 사용 중인 방식전위와의 영향, 실제 파손 지점과의 거리 측정 결과, 이벤트 발생시의 통신시스템 등 현장 적용에 대한 안전성과 적합성에 문제가 없는 것으로 나타났다. 또한 실험용 파손 감지관의 지속적인 현장 사용 가능 여부를 위한 1년간의 현장 모니터링 결과 파손 감지관을 지하 매설 도시가스 배관으로의 활용이 가능할 것으로 사료되며, 이를 활용시 실시간으로 감시 제어가 필요한 지하매설 가스관의 피복손상 및 위치를 확인할 수 있어 사고를 미연에 방지할 수 있으며, 배관재의 교체 주기를 파악함으로써 경제적인 효과가 있을 것이다.

5. 참고 문헌

1. Korea Gas Safety Corporation, 1996, "the status and counter plan for gas pipe breakage by construction work", *the Gas Safety Journal*, 3rd.
2. Kook-Wong Wang, Kou-Seok Lee, 1996, "the Development of Importation Scheme for Water Supply Facilities Management Using Personal Computer", *the Journal of Korea Survey Geometry*, 1-2, 34-36.
3. Kyong-Sik Kang, Bong-Jin Kim, 2000, "A Study on National Gas Safety Management Promotion Through Gas Industry and Safety Accident Analysis" Proceedings of the Safety Management and Science Conference" 275-307.
4. Korea Gas Corporation, 1999, "Development of Maintenance Guide for Cathodic Protection and Collection of Corrosion Failure on Gas Pipeline", the text book of pipeline execution, 159.