

매설배관 방식시스템의 효율 향상을 위한 실효성 제고

표민태*, 김병직*, 정성원**, 최준**, 이선엽**
한국수자원공사*, 코렐테크놀로지(주)**

Implementation of external corrosion direct assessment (ECDA) on water pipelines

Min-Tae Pyo*, Byoung Jig Kim*, Sungwon Jung**, Jun Choi**, SeonYeob Li**
Korea Water Resources Corporation*, CorRel Technology Co., Ltd.**

Abstract - 광역상수도관에 대하여 외면부식직접평가(ECDA)를 실시하였다. ECDA평가는 과거 방식이력 등에 대한 사전검사, CIPS-DCVG-비저항 측정의 3단계 간접검사를 통해서 배관의 부식가능성이 큰 지점을 검출하여 위험성 우선순위를 판정하고 최종적으로 굴착을 통한 직접검사 우선순위를 선정하였다. 직접검사 후 사후단계로 수집한 모든 데이터를 종합적으로 분석하여 검사구간의 건전성을 종합 평가를 하였다. 이러한 검사기법을 도입함으로써 배관의 부식위험지역을 파악하고 적절한 조치를 취할 수 있는 체계적인 근거를 마련한 것으로 판단하였다.

배관의 현 상태를 확인하였다. 대상배관의 방식전위는 대부분 기준값을 만족하지 않았다.

1. 서론

지금까지는 매설배관의 부식 위험성을 최소화하고 전기방식의 효율을 극대화하기 위한 목적으로 다양한 비굴착 간접검사기법들이 수십 년 전부터 적용되어 왔다. 배관의 피복손상부의 위치를 찾아내는 피복검사기법(DCVG, ACVG), 배관의 방식전위를 세밀하게 측정하여 전기방식 효율을 측정하는 짧은 간격 전위측정 (close interval potential survey; CIPS), 배관 주변 토양의 부식성을 평가하는 토양비저항 측정 등의 검사가 개별적으로 진행되어 왔다. 그러나 각각의 기법을 독립적으로 적용하게 되면 부식 위험성이 높은 지점을 바로 찾아낼 확률은 적다. 따라서 가능하다면 세 가지 부식위험요소가 모두 갖춰진 조건을 찾아낼 수 있는 방법들이 필요해졌고, 이러한 목적으로 외면부식 직접평가법(external corrosion direct assessment: ECDA)이란 기법이 미국에서 개발되어 특히 고압가스배관을 중심으로 적용범위를 점차 넓혀가고 있다.[1]

이러한 외면부식 직접평가법 (ECDA)을 이용하여 광역상수도관로 중 다른 시설물과의 상호간섭 영향 및 절연 미확보에 따른 집중부식 우려구간에 대하여 평가를 실시하였다.

2. 본론

2.1 외면부식 직접평가법 (external corrosion direct assessment: ECDA)

기존 검사방법은 각각 부식의 발생요인 중지만을 목적으로 실시되는 방법이므로 부식발생의 '필요조건'을 찾기는 하나, '충분조건'을 완벽하게 검출하는 데에는 한계가 있다. 따라서 기존 검사방법들을 체계적으로 조합하여 세 가지 부식발생 조건을 모두 만족하는 지점을 검출하는 것이 ECDA의 목적이다. ECDA 진행단계 및 검사내용은 표1과 같다. ECDA 검사 순서는 그림1과 같다.

〈표 1〉 ECDA 진행 단계 및 단계별 검사 내용

단계	수행 내용
1 단계: 사전평가 Pre-assessment	- 과거이력/데이터분석 - 구간별 검사기법 선정
2 단계: 간접검사 Indirect Examination	- 구간별 비굴착 검사시행 - 검사결과 판정 (severe, moderate, minor)
3 단계: 직접검사 Direct Examination	- 굴착구간의 우선순위 선정 - 굴착을 통한 부식상태 조사
4 단계: 사후평가 Post-assessment	- 잔여수명 평가 및 방식 대책 제시 - ECDA 프로세스의 보완/개선 (필요시)

2.2 ECDA 대상구간

집중부식이 우려되는 3.7Km의 공업용수도관로에 대하여 외면부식 직접평가법을 적용하였다. 매설년도는 1994년도로 14년동안 사용하였다. 대상배관은 회생양극법으로 방식을하고 있다.

2.3 사전평가 (pre-assessment)

대상배관의 과거 방식 이력을 조사하고 대상배관의 매설 경로를 조사하여 정확한 경로를 파악하였으며, 배관주변의 시설물을 조사하고 대상

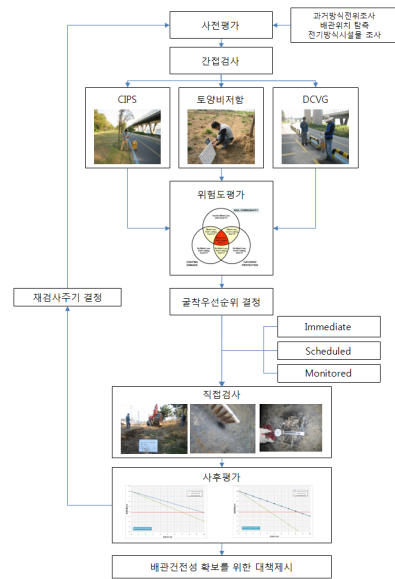


그림 2 ECDA 검사 순서

2.4 간접 검사(Indirect inspection)

2.4.1 좁은 간격 전위 측정 (close interval potential survey; CIPS)

진단 대상구간에 대한 CIPS측정결과 대부분이 방식전위를 방식기준 (-850mV_{CSE})을 만족하지 못하였으며, 이는 사전 검사에서의 방식전위 측정이력에서 확인한 결과와 잘 일치한다. 이처럼 배관의 방식상태가 좋지 않은 원인은 정확하지는 않으나 방식을 위해서 설치된 마그네슘 (Mg) 양극의 소진이 한 원인일 수 있을 것으로 판단된다.

2.4.2 피복손상탐측 (pulsed direct-current voltage gradient method; DCVG)

DCVG탐측 결과, 총 350개소의 피복손상 의심부가 탐측되었으며 손상 의심부의 구분은 손상의심부 주변의 전위를 비교하여 판정하였다.

2.4.3 토양비저항측정 (soil resistance)

손상부 인근의 1~4m 깊이의 토양에 대해 토양비저항을 측정하였다. 토양비저항은 최소 100Ω·m에서 최대 100,000Ω·m 사이가 측정되었으며 대략적으로 1,000~10,000Ω·m의 비저항이 측정되었다. 토양 부식성을 나타내는 가장 대표적인 인자로, 대략적으로 비저항이 약 3,000~5,000Ω·m 이하인 토양에서는 토양 부식성이 커져, 전기방식이 제대로 되지 않는 피복손상부에서는 부식이 발생할 가능성이 크다.

2.4.4 위험도 평가

이상과 같은 간접 검사를 거친 후 각 검사방법 별로 기준을 적용하여 대상배관에 대하여 비정상 지점으로 판명된 지점의 위험도를 "SEVERE", "MODERATE", "MINOR"로 구분하였다.

<표 2> 위험도 판정 결과

	Indication classification			
	SEVERE	MODERATE	MINOR	NI
CIPS	158	172	20	-
DCVG	135	145	70	-
비저항	190	99	61	-

2.5 직접검사 (direct examination)

2.5.1 굴착 우선순위 선정

사전 평가와 간접 검사 결과를 바탕으로 굴착 우선순위를 선정하였다. 표 5와 표 6의 기준을 적용하여 각 비정상 신호들을 "IMMEDIATE (즉시 보수가 필요한 지점)", "SCHEDULED (계획에 의한 연차 보수가 필요한 지점)", "MONITORED (경상 감시가 필요한 지점)"의 세 등급으로 구분하였다. 이러한 과정을 통해서 세 가지 간접 검사 결과가 공통적으로 불량한 지점일수록 부식 가능성이 크므로 굴착 우선순위가 높다.

<표 3> 굴착 우선 순위 평가 결과

우선순위	변실	손상부	양극	손상부 or 양극	합계
IMMEDIATE	8	40	31	54	133
SCHEDULED	4	59	51	75	189
MONITORED	0	9	8	11	28
합계	12	108	90	140	350

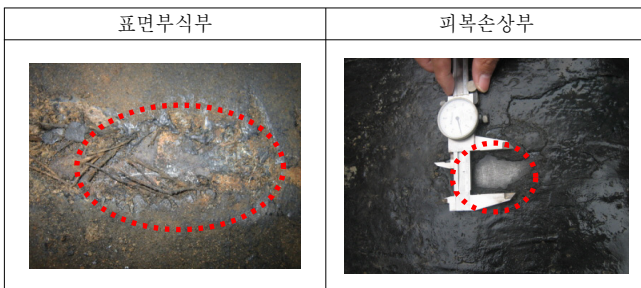
총 350개의 이상 신호 중에서 피복손상부가 확실한 신호는 108개소이고 이 손상부의 굴착 우선순위 판정결과 40개소가 "IMMEDIATE" 판정으로 굴착 검사가 필요한 지점으로 판명되었다. 이 40개소 지점에 대해서 특히 CIPS와 토양비저항을 바탕으로 한 상대적인 위험도 및 굴착 용이성 등을 고려하여 최종적으로 4개소를 굴착하였다.

2.5.2 굴착 검사

위에 정리한 것처럼 탐측결과 후 "Immediate" 판정을 받은 여러 지점 중 4개 지점을 선정하여 굴착조사를 실시한 결과 모든 지점에서 피복손상부가 확인되었고, 모든 지점에서 부식이 발생한 것을 확인하였다. ECDA에서는 같은 등급이면 부식위험도가 같다고 판단하므로 이 결과로부터 "Immediate" 판정을 받은 모든 지점은 거의 비슷한 정도의 부식이 발생했거나 진행되고 있을 것으로 판단된다.

따라서, "Immediate"로 판정을 받은 지점에 대하여는 가능하면 굴착 보수작업을 실시하고 외부전원법에 의한 전기방식 보강작업을 실시하여 부식을 억제하여야 한다. 특히, 가능하면 용접부와 피복손상부에 대하여 전면적인 피복보수작업이 이루어져야 하는데 피복보수를 실시하지 않고 전기방식을 실시하면 방식전류가 많이 소모되기 때문이다. 뿐만 아니라 변실 콘크리트와의 절연 및 정수장 인입 변실 플랜지에 대한 절연확보 등을 통하여 방식전류가 다른 설비로 빼앗기는 것을 방지해야 건전한 방식상태를 유지할 수 있다.

표 4 직접검사 결과 예



2.6 사후평가 (post-assessment)

일반적으로 사후 평가는 이전 세 단계에서 수집한 모든 데이터를 종합적으로 분석하여 검사구간의 건전성을 종합 평가를 한다. 또한 부식 깊이 측정결과와 매설년수 등으로 평균부식속도를 결정하여 재검사 시

점을 정한다. 일반적으로 잔여수명의 약 1/2 시점에서 재검사를 실시하게 된다.

대상배관은 희생양극으로 전기방식을 실시하고 있었다. 그러나 최근에 희생양극이 거의 소진된 것으로 보이며 방식전류에 기준이상으로 증가한 때부터 부식이 진행되고 있을 것으로 판단된다. 단 그시점은 정확히 알기 힘들다. 그러나 대상배관 주변에 관 외면부식시험세트가 있고 이 시험세트에서 구한 평균부식속도와 최대부식속도를 이용하여 수명을 계산해 보았다. 대상배관인근의 평균부식속도(0.42mm/y 0.59mm/y)와 최대부식속도(0.5mm/y, 0.96mm/y)의 값과 최소 관두께를 가지고 현재 방식상태에서의 사용기간을 계산하였다.

표 8에서처럼 부식속도와 최소관두께를 이용하여 잔여두께 및 사용연수를 계산하였다. 잔여두께가 최소관두께 이하가 되며 최대부식속도(0.5mm/y, 0.96mm/y)에 근거한 예측치를 보면 4년 ~ 8년이 경과하면 잔여두께가 최소관두께 이하가 된다.

표 5 ECDA결과를 바탕으로 한 잔여두께 결정 예

잔여두께 (mm)	초기 부식 속도 (mm/y)	경과연수										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
최대부식속도	0.5	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3
최대부식속도	0.95	8	7.05	6.1	5.15	4.2	3.25	2.3	1.35	0.4	0	0

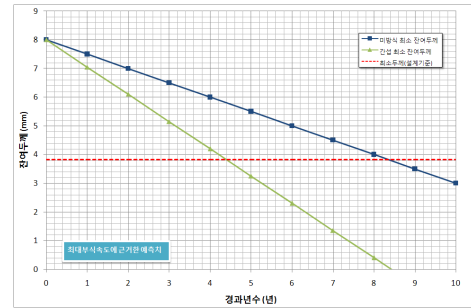


그림 6 최대부식속도에 근거한 잔여두께 예측치

3. 결 론

이상과 같이 광역상수도관에 대한 ECDA 검사를 실시한결과, 우선 과거 방식이력 등에 대한 사전검사, CIPS- DCVG-비저항 측정의 3단계 간접검사를 통해서 배관의 부식가능성이 큰 지점을 검출하여 위험성 우선순위를 판정하였다. 이를 통하여 최종적으로 직접검사 우선순위를 선정하여 굴착 검사를 통한 배관 부식가능성이 높은 지점을 선정하였으며, 굴착 결과 위험도가 높은 지점 모두에서 부식억제를 위해서 전기방식을 실시하고 있음에도 불구하고 부식이 발생한 것을 확인하였다. 이러한 검사기법을 도입함으로써 배관의 부식위험지역을 파악하고 적절한 조치를 취할 수 있는 체계적인 근거를 마련한 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

[1] NACE RP0502-2002, Pipeline External Corrosion Direct Assessment Methodology, NACE International, 2002.