

상수도관로 전기방식 시스템의 진단 및 개선 사례

한창동*, 이승용*, 장정호*, 이상군*, 최준**, 김태호**, 정성원**, 이선엽**
 한국수자원공사*, 코렐테크놀로지(주)**

In-depth investigation and improvement of cathodic protection system for water pipelines

Chang-Dong Han*, Seung-Yong Lee*, Jeong-Ho Jang*, Sang-Gun Lee*,
 Jun Choi**, Tea-Ho Kim**, Sung-Won Jung**, Seon-Yeob Li**
 Korea Water Resources Corporation*, CorRel Technology Co. Ltd.**

Abstract - 전기방식이 실시되고 있는 상수도 관로는 관의 노후화, 코팅의 열화, 부적절한 방식시스템의 적용 및 타 시설물과의 간섭 등으로 부분적으로 방식전위 미달구간이 존재한다. 이러한 방식전위 미달구간에 대하여 토양환경 측정 및 방식소요전류량 산정, 간섭 시험 등을 통하여 토양환경은 부식이 '발생하는 구간' 및 '미약하게 발생'하는 구간으로 나타났다. 임시 가동전 시험을 통하여 방식소요전류량을 구할 수 있었다. 간섭영향 시험으로 간섭 여부 및 전식 발생지점을 추정할 수 있다. 현장 측정 결과와 설계기준을 바탕으로 적절한 전기방식 보강 계획을 수립하여 현장에 부분적으로 설치하였으며 방식상태를 분석하였다. 단순히 설계된 소요전류량만을 증가시키는 방안보다 부분적인 방식보강 및 주변 배관 상태를 고려하여 적절한 통합 방식방안을 적용하는 것이 더 효율적인 것으로 나타났다.

가 필요하다고 볼 수 있다. pH와 습도는 모두 중성토양 혹은 국내 일반적인 토양의 값을 나타내었으므로 전기방식 공사시 별도의 대책을 마련하지 않아도 될 것으로 보인다.

2.1.2.2 방식 소요전류량 산정

방식소요전류량은 미달전위구간에 임시양극을 설치하여 가동전 시험을 실시함으로써 보다 실질적인 값을 구할 수가 있다. 임시양극은 주변 매설 구조물 혹은 함석관을 이용하였고, 배관에서 리드선을 인출하고, 임시정류기를 설치하여 외부전원 방식회로를 구성하였다. 전체 대상구간에서 적절한 혹은 방식기준에 만족하는 방식전위가 나타났을 시에 인가된 전류량을 방식소요전류량으로 책정하였다. 방식전위는 포화황산동 기준전극(Cu/CuSO₄)을 이용하였으며, 배관의 직상부에서 측정하였다. 가동전 시험결과 A, B 구간에서 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 서 론

상수도관로 대부분의 구간이 PE 혹은 아스팔트 코팅된 강(steel)으로 제작되어 매설되어 있다. 강관이 토양중에 매설되어 있는 특성으로 인해 부식이 발생하게 되는데 이를 방지하기 위하여 희생양극식 및 외부전원식 전기방식법을 적용하여 보호하고 있다.

그러나 적절하지 못한 전기방식법 혹은 전기방식법의 미적용으로 인하여 부분적으로 상수도관은 부식 및 누수되는 구간이 존재하게 된다. 이에 각 방식전위 미달 구간에 대한 정밀한 진단을 통하여 적절한 방식방안을 제시하고, 이를 바탕으로 시공된 후의 개선 사례를 제시하여 향후 방식불량구간의 개선에 도움이 되고자 한다.

2. 본 론

2.1 진단내용

상수도 관로와 다른 상수도 관로와의 간섭 혹은 방식불량으로 인해 방식전위가 방식기준 이하인 지점을 선정하였다. 대상구간을 선정하고 토양의 부식특성 및 가동전시험을 통한 방식소요전류량 산정, 타시설물과의 간섭영향평가 등을 토대로 최적의 방식방안을 제시하였다.

2.1.1 구간선정

진단대상은 2개 구간을 선정하였다.

A구간의 경우 10년이 조금 넘는 관로로 일부구간은 방식전위를 만족하나 구간의 뒤쪽에서는 방식전위가 미달로 나타났다. 또한 도심을 통과하면서 지장물 및 인근 타 배관과 병행 및 교차하고 있었다.

B구간의 경우 약 20년 정도인 배관으로 일부 구간에 방식전위를 만족하지 못하고 있었으며 인근에 C단계 관로가 병행하여 매설되어 있다.

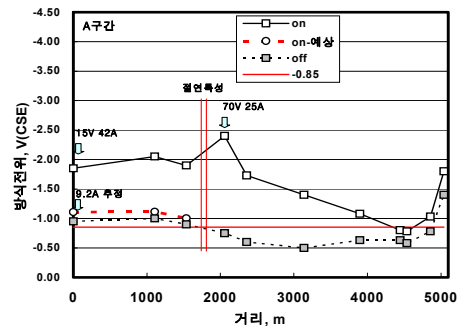
2.1.2 진단방법

2.1.2.1 토양 특성 평가

토양특성은 토양비저항, 토양pH, 토양습도를 측정하여 토양의 부식특성을 평가하였다.

토양비저항은 Wenner 4pin법을 적용하여 측정하였으며, 측정된 비저항을 깊이별 비저항을 환산하여 관로중에 배관의 매설 깊이의 비저항을 구하였다. 토양의 습도와 pH는 직독식 측정기(Accumet 950, Fisher sci. 미국)를 사용하여 측정하였다.

토양의 비저항은 Metalogic사 자료에 의하면 A구간은 부식이 '발생'하는 수준의 비저항(8,465Ω·cm)이며, B구간은 '미약'하게 발생하는 단계(21,159Ω·cm)로 구분지을 수 있다. 하지만, 관로전체의 평균 비저항을 나타낸 것이므로 부분적으로 비저항이 낮은 지역의 경우는 부식이 발생할 수 있으므로 이에 대한 방식설비

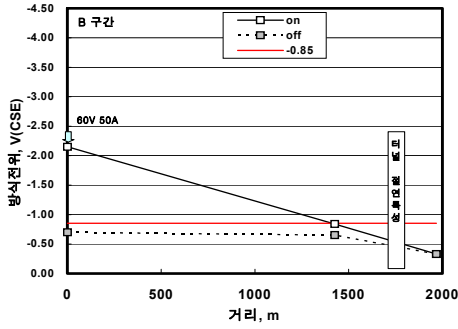


〈그림 1〉 A구간의 가동전시험 결과

A구간에서 수행된 가동전 및 방식소요전류량 산정 결과는 다음과 같다.

- 인가전압, 전류 : 15V 42A(1Bed), 70V 25A(2Bed)
- 소요전류량 환산 : 9.2A(1Bed), 25A(2Bed)
- 적용(x 1.5) : (전체 34.2A) x 1.5 = 51A

A구간의 전단과 후단의 중간지점에 있는 신축관에서 절연특성(붉은색 세로줄)을 나타내었다. 전단에 설치된 임시의전 전류가 후단에는 나타나지 않았다. 이에 절연부를 중심으로 전단과 후단을 별도의 외전을 설치하여 방식함이 적당할 것으로 보인다. 전단의 경우 임시의전 방식전위가 상당히 낮게 나타났으므로 이를 비례식을 계산(-1,000mV 이내)하였고, 실제 산정된 전류량에 안전율(x 1.5)을 고려하여 전체 대상구간의 방식소요전류량은 51A가 책정되었다. 이는 상당히 큰 양으로 양단에 강관으로 연속적으로 이어져 있기 때문에 방식소요전류가 구간외부에도 전달되기 때문으로 보인다.



〈그림 2〉 B구간의 가동시험 결과

B구간에서 수행된 가동전 및 방식소요전류량 산정 결과는 다음과 같다.

- 인가전압, 전류 : 60V 50A(1Bed)
- 소요전류량 환산 : 50A(1Bed)
- 적용(x 1.5) : (전체 50A) x 1.5 = 75A

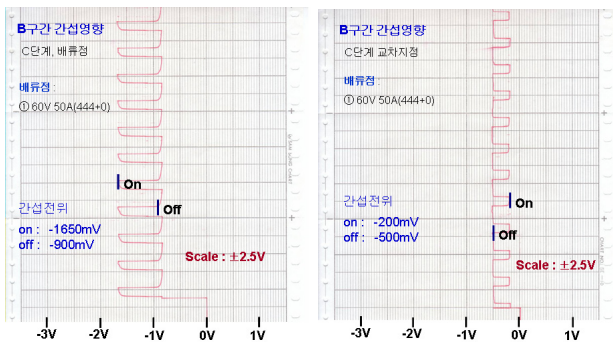
B구간에서는 터널이 존재하였고, 가동전 중에 터널 후단에는 방식전위의 변화가 나타나지 않았다. 터널은 관이 연속적으로 연결되지 않은 것을 알 수 있다. B구간에서는 별도의 환산없이 가동전 시험시 나타난 소요전류량을 그대로 적용하였다. 방식소요전류량을 그대로 적용하여 안전율(x 1.5)을 고려할 시에 75A로 나타났다. 이 구간 역시 A구간과 동일하게 특정하게 분리된 강관구간이 아니며, 인근에 C단계 관로가 함께 매설되어 영향을 주기 때문에 판단된다. C단계 관로의 영향은 뒤에서 다시 거론하겠다.

2.1.2.3 간섭영향 평가

매설된 배관에서 간섭영향은 C 단계 관로와의 간섭, 가스관, 도시가스관, 송유관 등의 배관과 타 시설물(철탑, 케이싱 등) 교차 및 병행, 접촉으로 인하여 방식불량현상이 나타남을 말한다. 간섭영향은 대상배관에 가동전 시험장치를 설치하고, 정류기를 On/Off 하면서 인근배관 및 시설물과 대상구간의 방식전위경향을 연속적으로 측정하는 방식으로 진행하였다.

A구간 인근에 가스 배관이 매설되어 있었으며, 간섭영향 평가시 On 전위 : -1,180mV, Off 전위 : -1,000mV로 나타났다. 간섭영향은 존재하지만, 방식전위가 기준에 만족하므로 별도의 조치는 필요없는 것으로 나타났다.

B구간의 경우는 간섭의 영향이 나타났는데, 임시양극이 설치된 배류점에서 측정된 결과와 C 단계 배관이 교차하는 지점의 배관의 방식전위를 나타내었다. B구간의 배류점에서 C 단계의 방식전위는 On 전위 : -1,650mV, Off 전위 : -900mV로 나타났으며, 두배관의 교차부분에서는 On 전위 : -200mV, Off 전위 : -500mV로 나타났다. 이는 B구간에 설치 방식을 실시할 경우 C 단계 두배관의 교차지점에서 방식전위의 유출이 발생하고, 이는 곧 급격한 전식이 발생함을 의미한다. 이러한 간섭을 방지하기 위해서는 저항박스를 설치하는 등의 작업이 필요하다.



〈그림 3〉 간섭영향 평가

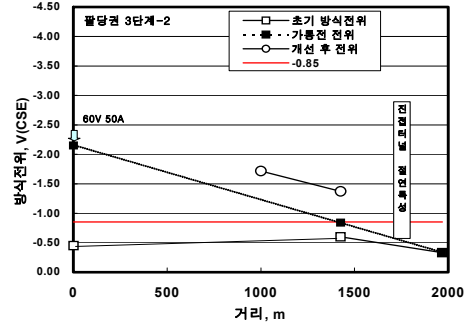
2.1.2.4 Anode Bed 예정지 조사 및 방식방안 제시

방식방법은 소요전류량이 크게 필요하기 때문에 희생양극식으로는 불가능하여, 외부전원식으로 선정하였다. 외부전원식 방법중에 천매식 분산배치 양극배치법의 경우 전체 관로구간을 연속적으로 굴토하여야 하기 때문에 시간과 비용이 크게 발생하며, 천매식 집중배치법의 경우 양

극 매설부지를 확보하기가 어려우며, 도심지의 경우 지장물로 인하여 간섭영향이 발생할 수 있다. 이에 적정 양극배치법은 공공부지내에 설치할 수 있으며 설치가 비교적 용이한 심매식 집중배치법을 적용하였다.

2.2 방식시스템 개선 결과

A구간은 2개 Anode Bed 중에 1개의 Anode Bed만 설치하였고, 나머지 한개의 Anode Bed는 방식전위를 만족하여 추가로 공사를 수행하지 않았다. B구간은 인근 C단계의 배관과 본딩을 수행하여 공동으로 방식을 수행하도록 하였으며, 두 구간의 간섭영향이 있던 부분도 해소되었다.



〈그림 4〉 B구간의 방식시스템 개선 결과

B구간의 경우 초기 방식전위는 방식기준에 만족하지 않았고, 가동전 시험 결과 50A의 전류량이 필요하고 여기에 안전율(x 1.5)을 고려하여 75A로 설계가 되었다. 이 구간의 경우 간섭의 영향이 존재하였으나, B구간과 C단계를 본딩으로 통합방식하고, 2개소(개선 후 전위측정지점)에 Anode Bed를 설치한 결과 Bed #1 지점에서 5A, Bed #2 지점에서 15A를 인가하더라도 더 낮은 방식전위가 나타났다. 이는 단순히 소요전류량만을 증가시키는 방안보다 주변 배관 상태를 고려하여 적절한 통합 방식방안을 적용하는 것이 더 효율적인 경우가 있다는 것을 알 수 있다.

3. 결 론

전기방식 시스템이 운영중이었으나, 방식전위가 미달되는 구간을 선정하여 토양상태 및 방식 소요전류량 산정, 간섭실험 등을 통하여 정밀 진단을 실시하고, 이를 바탕으로 전기방식 시스템을 개선 및 보강한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 관로 인근과 anode bed 후부지의 토양비저항 측정과 임시외전을 이용한 가동전 시험을 통하여 각 구간별 방식소요전류량을 구할 수 있었다.
- 타배관과의 간섭영향 시험으로 간섭영향을 평가할 수 있었으며, 전류의 유출 및 유입지점을 발견하여 적절한 대책을 제시할 수 있었다.
- 현장측정 결과와 설계기준을 바탕으로 적절한 전기방식 보강 계획을 수립할 수 있었다.
- 단순히 소요전류량만을 증가시키는 방안보다 주변 배관 상태를 고려하여 적절한 통합 방식방안을 적용하는 것이 더 효율적이었다.