송수관로 부식방지를 위한 전기방식 선정 방법 고찰

이은춘*, 신강욱, 홍성택
한국수자원공사

Investigated Selection Method of Electric Corrosion for Corrosion Prevention of Water Pipe Line

Lee, Eun-Chun, Shin, Gang-Wook, Hong, Sung-Taek
Korea Water Resources Corporation

Abstract - Measurement and analysis for earth resistivity and grounding resistance of Jeon-Ju's widearea-waterworks water pipe line. This result propose to improvement method for exactness analyze the causes for lack of corrosion voltage.

제 1 장 서 론

전주권 광역상수도 도·송수 관로에 대한 방식전위 측정 및 전기방식 양극매설 위치에 대하여 대지비저항과 접지저항을 측정, 분석하였고, 방식전위가 미달되는 곳에 대한 미달원인을 정밀 분석하여 개선방안을 제시하였다.

제 2 장 본 론

2.1 전기방식 시설현황

전주권 광역상수도의 도·송수관로 부식방지용 전기방식설비 현황은 다음과 같다.

-. 관로 : 도수관로(3,725m), 송수관로(34,464m)
-. 관 종류 : 콜타르에나멜 도복장강관
-. 방식방법 : 외부전원공급식(ICS)
-. 준공년도 : 1997년
-. 설계수명 : 30년
-. 사용양극 : 고규소철(H.S.C.I), Φ2"×L60", 44 Lbs/개
-. 양극수량 : 361개(도수 : 43개, 송수 : 318개)
-. 정 류 기 : 16개소(DC 60V, 30A)
-. 도장효율 : 85%(도수), 84%(송수)

2.2 방식시설 관리현황

전주권 광역상수도 전기방식 설비의 운영현황을 살펴보면, 준공당시에는 전 구간의 방식전위가 기준전위인 -850mV 이하를 유지하고 있었으나, 준공 1년이 경과한 시점에서 재 측정한 결과, 상당 부분이 방식전위 값을 유지하지 못하고 있었다. 준공시점인 '98년과 1년이 경과한 '99년도의 측정한 방식전위를 그래프로 나타내면 그림 2.1 및 2.2와 같다.

그림 2.1 및 2.2에서 보는 바와 같이 도수관로 부분과 정수장 후단의 TB 20 까지는 정류기 근처에서 방식전위가 상당히 높게 나타나고, 그 이외의 지역에서는 방식 전위에 미달하거나 약간 상회하고 있고, TB 21부터는 비교적 안정적으로 방식설비가 운영되고 있음을 알 수 있다.

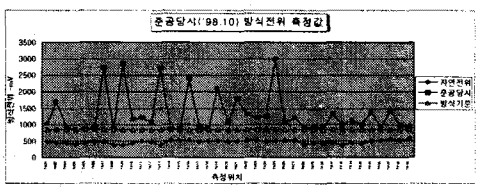

그림 2.1 준공당시 방식전위 측정값

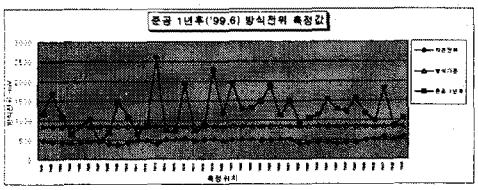

그림 2.2 준공 1년 후 방식전위 측정값

2.3 방식전위 측정

방식전위 측정은 과거에 측정한 Data를 분석한 후 이상개소를 중심으로 측정하였고, 결과는 그림 2.3과 같다. 정류기 주변은 방식전위가 올라가고 정류기에서 멀어질수록 방식전위는 상대적으로 높은 것을 알 수 있다. 정류기와 정류기 중간지점에 적정 방식전위를 유지하기 위하여 전압탭을 높이게 되고, 그 결과 정류기에서 가까운 곳은 필연적으로 과방식(-2,500mV이하)이 일어나고 있다. 이러한 현상은 시일이 경과할수록 심할 것으로 예측되며, 몇 년 후에는 방식의 역할을 할 수 없게 될 수도 있다.

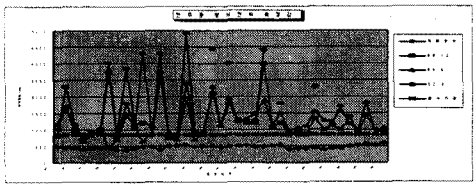

그림 2.3 방식전위 측정결과

2.4 대지비저항 측정 및 분석

전주권관리단 전기방식 양극매설 부지에 전기수직 탐사법을 이용하여 다층 대지비저항을 측정하였으며, 측정방법은 Winner 4전극법과 Schlumberger의 혼합 배열 형태로 겉보기 저항을 측정하였으며, 다층 대지구조 해석을 위한 자료를 취득하였다.

현장에서 측정된 겉보기 저항을 입력으로 하여 수직 토양구조의 비저항을 해석하는 ESII Program을 이용하였다.

2.4.1 도수관로 부분(2번 BED)

도수관로 주변에 위치한 2번 정류기의 양극매설 부분 대지비저항을 다층적으로 해석한 결과는 그림 2.4와 같다. 해석 결과 지표면에서 약 2m 까지는 640 Ω·m이고, 2~5m까지는 약 2,600Ω·m로 암반층이 있는 것으로 분석되며, 다음 5~100m까지는 230Ω·m로 자갈층이 존재하는 것으로 나타났으며, 2번 BED주변의 비저항은 산악지대에서 볼 수 있는 높은 비저항의 지층구조와 유사하고, 본 측정지점은 산악지대의 골짜기에 위치하는 지역이며, 계절적으로도 토양이 건조한 시기이므로 비저항이 높게 나타날 것임을 예측할 수 있었다.

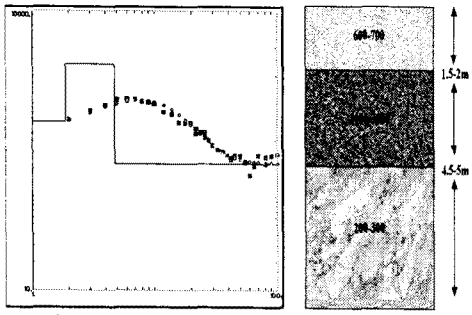

그림 2.4 도수관로 부분 대지비저항 해석결과

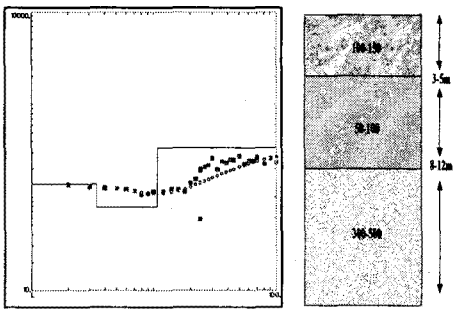

그림 2.6 전주시내 주변 대지비저항 해석결과

2.4.2 만경강 주변(12번 BED)

그림 2.5는 만경강 주변의 해석결과이며, 점토질 지역으로 대지비저항이 비교적 낮게 나타났다. 지표면에 약 1.8m 까지는 100Ω·m로 건토층이기 때문에 다소 높게 나타났고, 약 30m 까지는 아주 낮은 34Ω·m로 낮다. 다음 30m에서 100m까지는 약 100Ω·m로 자갈섞인 토양구조를 형성하고 있는 것으로 분석된다.

양극 BED 12번의 경우 양극매설 깊이가 대략 지표면에서 45까지이므로 대지비저항이 아주 낮은 곳에 포설 되어 있다. 이러한 토양환경에 양극이 매설될 경우 접지저항이 상대적으로 낮아 정류기 출력전압 상승에 비례하여 전류도 같이 상승한다.

전주권 광역에서 심매법을 적용할 수 있는 가장 이상적인 곳이며, 실제 정류기 출력시험을 한 결과, 전압-전류 상승 특성이 양호하게 나타났다. 본 지점은 평야지대에 속하며, 바로 옆에 만경강이 흐르고 표고(E.L)도 낮아 비저항을 측정하기 전에도 낮을 것으로 유추할 수 있다.

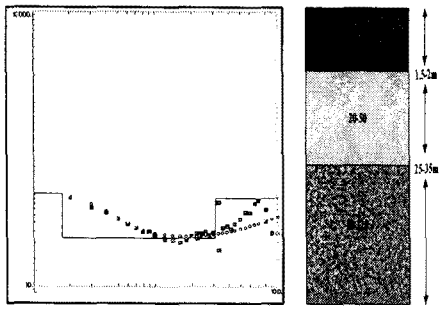

그림 2.5 만경강 주변 대지비저항 해석결과

2.4.3 전주시내(B-Line) 부분(13번 BED)

그림 2.6은 B-Line구간의 13번 BED주변 대지비저항 해석결과를 나타내었다. 지표면 약 3.5m까지는 건토층으로 약 140Ω·m정도를 나타내고 있고, 11m까지는 77 Ω·m로 자갈섞인 점토질 지층을 형성하고 있다. 나머지 100m까지는 약 340 Ω·m로 자갈층을 형성하고 있는 것으로 분석된다. 따라서 대지비저항이 비교적 낮은 층은 지표면에서 약 11m까지 임을 알 수 있다.

13번 BED의 경우 실제 양극이 묻히는 깊이는 지상에서 약 15m 이하이므로 비저항층이 가장 높은 부분에 양극이 매설되어 있는 실정이다. 따라서 본 지점에 방식설비를 적용할 경우 접지저항이 커져 방식전류를 원활히 흘려줄 수 없다. 그러한 이유 때문에 정류기 전압을 최대로 올려도 출력전류가 나오지 않는다.

이러한 지점에는 지상에서 대략 15m까지의 낮은 비저항층을 효과적으로 활용하여 천매법을 적용하였을 경우 방식효과가 기존의 방법보다 좋을 것으로 판단된다.

2.4.4대지비저항 해석결과

전주권 광역상수도의 방식전위와 정류기 출력변화의 특성이 특이한 곳을 대상으로 대지비저항을 측정한 결과를 종합적으로 검토해 보면, 도수관로 부분은 5m 이하 부분이 대지비저항이 낮은 편이나, 양극을 매설하기에는 비저항이 높다. 그리고 만경강 주변의 대지비저항은 전반적으로 낮게 나타나고 있으며, 심매법보다 천매법을 적용하는 것이 효과가 더 좋을 것으로 분석된다. 13번 Bed 주변의 비저항은 깊을수록 비저항이 높아지므로 방식효과를 높이기 위해서는 천매법이 유리하다. 측정지점 3개소를 대상으로 효과적인 양극매설방법을 나타내면 표 2.1과 같다.

표 2.1 등가대지비저항 계산결과

구 분	대지비저항(Ω-m)		적용 검토
	등가저항(심매)	지표3m(천매)	
2번 BED	246.5	650	심매
12번 BED	39.38	30	천매
13번 BED	225.1	60	천매

2.5 접지저항 측정, 분석

개소당 접지저항 측정은 전압강하법을 이용하여 실시하였으며, 측정결과 해석방법은 IEEE에서 권장하고 있는 그래프 해석법을 이용하였다.

2.5.1 전기방식 1번 BED

양극 1번 BED의 접지저항 측정결과는 그림 2.7과 같으며, 양극 매설깊이를 약 45m로 보고 5배 이상의 거리인 230m를 이격하여 접지저항을 측정한 결과 그 값이 안정적으로 나타났다. 1번 BED중 1개의 접지저항은 측정거리 61.%지점(142m)에서 49Ω 정도를 나타내고 있다. 또한 나머지 1개의 BED를 61.8%지점에서 약식으로 측정한 결과 35Ω정도로 측정되었다. 그리고 1번 BED의 2개 양극을 Bonding한 후 측정한 값이 22Ω로 나타났다.

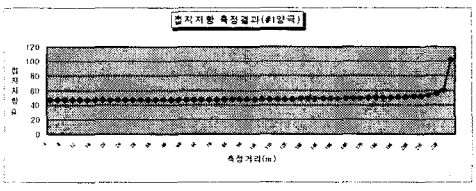

그림 2.7 양극 1번 BED 접지저항 측정결과

2.5.2 전기방식 12번 BED

양극 12번 BED의 접지저항 측정결과는 그림 2.8과 같으며, 양극 매설깊이를 약 50m로 보고 5배 이상의 거리인 260m를 이격하여 접지저항을 측정한 결과 그 값이 안정적으로 나타났다. 12번 BED중 1개의 접지저항은 측정거리 61.%지점(160m)에서 5Ω 정도를 나타내고 있다. 또한 나머지 1개의 BED를 61.8%지점에서 측정한

결과 3.6Ω정도로 측정되었고, 1번 BED의 2개 양극을 Bonding한 후 측정한 값이 2.4Ω으로 나타났다.

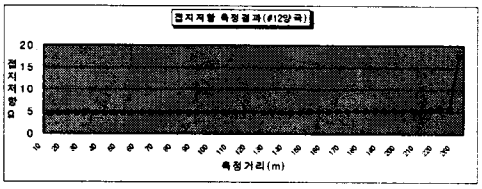

그림 2.8 양극 12번 BED 접지저항 측정결과

2.5.3 접지저항 측정결과 분석

금번 전주권 광역상수도의 전기방식용 양극의 접지저항 측정은, 정류기 출력이 정상적인 곳과 비정상적인 곳을 선정하여 측정하였으며, 그 결과 값은 최대 10배 정도 차이가 발생하였다. 2번 BED와 12번 BED의 접지저항 측정값이 큰 차이를 보이고 있다. 이와 같은 이유는 양극매설 주위의 대지비저항 차이 때문이다. 건설당시 설계 접지저항과 실측값을 비교하면 표 2.2와 같다.

표 2.2 설계값과 실측값 비교

구 분	접지저항값(Ω)		대지비저항(Ω-cm)	
	설계값	실측값	설계값	실측값
양극 BED 1	1.42	22	9,024	24,650
양극 BED 12	1.42	2.4	9,024	3,938

2.6 간섭영향 조사

전주권 광역상수도 전기방식 설비와 타 지하 매설물간의 간섭발생 여부를 알아보기 위하여 예상지역에 대해 현장 조사를 실시하였다. 관로 점검결과 3개소에서 간섭이 발생됨을 알 수 있었다.

2.6.1 A, B Line 분기점

봉동에 위치한 분기 제수변에서 방식전위를 측정한 결과 그림 2.9와 같이 간섭에 의한 전압 Hunting현상이 일어나고 있었다. 신축조인트 부분 해체 후 측정한 값이며 방식전위는 유지하고 있으나 전위측정값이 약 100mV 정도 Hunting하는 것으로 보아 주변의 어떤 매질 또는 물체에 의한 간섭이 일어나고 있는 것으로 분석되었다.

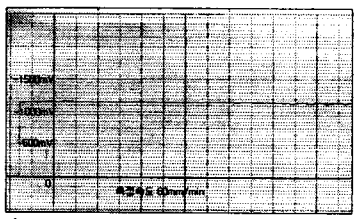

그림 2.9 A, B Line 분기점 전위측정값

2.6.2 정류기 12번 부분

본 지점은 평야지대로써 대지비저항이 낮아 출력전압이 낮은 상태에서도 방식전류가 높게 나타나는 지역이다. 전주권 12번 BED주변에 부여권 전기방식용 양극이 천매법으로 약 300~400m 이격되어 매설되어 있으므로, 상호 방식설비에 의한 간섭이 심하게 발생되고 있었다.

부여권 정류기를 ON-OFF시험한 결과 전주권에 미치는 방식전위 변동범위는 약 400mV 정도로 기준치 50mV를 훨씬 초과하여 간섭이 심하게 발생하고 있었으며, 상호 방식설비에 의한 간섭전위 측정결과는 그림 2.10과 같다.

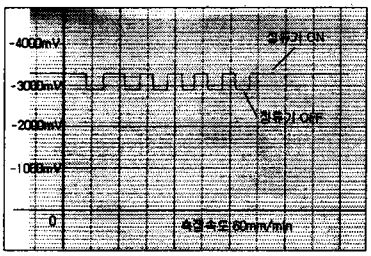

그림 2.10 정류기 12번 부분 간섭전위 측정값

2.6.3 익산교 밑 횡단부분

익산교 밑에서 부여권 관로(Ø1,100)와 전주권 관로가 상호 Cross되어 있어, 이 부분에서도 간섭이 발생되고 있었다. 실제 측정치는 간섭전압이 약 40mV로 크게 나타나지는 않았으나, 실제 현장 정밀조사를 실시할 경우 횡단부분에서 방식전류 수수현상이 일어나, 집중부식에 의한 관로사고 우려가 대단히 높은 지역으로 사료된다. 간섭전위 측정결과는 그림 2.11과 같고, 부여권 정류기를 ON-OFF시험 결과 전주권에 미치는 방식전위 변동범위는 약 40mV정도로 기준치 50mV 이하에서 유지되고 있으나 결과적으로 상호 관의 간섭이 발생하고 있었다.

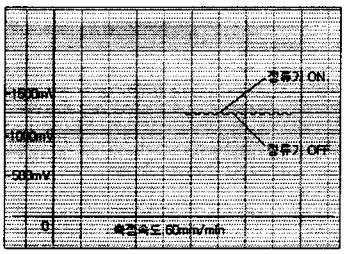

그림 2.11 익산교 밑 간섭전위 측정값

제 3 장 결 론

전주권 광역상수도의 전기방식설비를 정밀검토 분석한 결과 가장 큰 문제점은 정류기에서 출력전압을 올려도 적정 방식전류를 유출시키지 못한다는 점이다. 이로 인해서 파생되는 문제점은 정류기 근처에서는 과방식 현상이 발생하고 정류기에서 멀어질수록 방식전위가 떨어진다는 점이다.

이와 같은 원인을 분석한 결과 양극의 접지저항이 크기 때문으로 판명되었다. 해결 방안은 해당 양극의 접지저항을 저감하는 것으로 기존양극 보완방법, 심매양극으로 재시공방법 및 천매양극으로 재시공하는 방법 등이 있고, 기존설비의 이용률이 낮고 대관업무가 다소 복잡하더라도 방식효율이 가장 좋은 천매법으로 하는 것이 가장 합리적이라고 판단된다.

〔참 고 문 헌〕

〔1〕 김성모, 이형수, "접지기술입문", 동일출판사, 1995.
〔2〕 "낙뢰피해저감을 위한 접지기술 연구", 한국수자원공사, 1998.
〔3〕 "접지의 최적설계 및 최신 시공기술", 한국산업기술원, 1996.
〔4〕 김형수, 이기화, "대화식 방법을 이용한 Schlumberger 전기탐사 및 Magnetotelluric 탐사자료의 1차원적 해석", 대한지질학회지, 29권, 5호, pp. 493-506, 1993.
〔5〕 IEEE, "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding", 1986.
〔6〕 "IEEE Recommended Practice for Grounding of Indusstrial and Commercial Power Systems", IEEE, 1982.