

서울시 上水道 非防蝕管路
電氣防蝕 環境調査 및 設計用役
綜合 報告書

2005. 11.

서울特別市 上水道事業本部

제 출 문

서울特別市 上水道 事業本部 丈 貴下

2005년 6월 22일자로 契約 締結한

上水道 非防蝕管路 電氣防蝕 環境調査 및 設計 用役 을 貴 本部의 課業
指示에 따라 誠實히 遂行하고 이에 用役 報告書를 作成하여 提出 합니다.

2005년 11월

서울특별시 강남구 역삼동 689번지
주식회사 (주)다산전기기술사사무소
대표이사 원 진 희

목 차

제1장 과업의 개요

- 1.1 과업목적
- 1.2 과업기간
- 1.3 과업대상시설
- 1.4 과업내용
- 1.5 과업수량산출서

제2장 전기부식 과 전식 개요

- 2.1 서 론
- 2.2 부식의 형태
- 2.3 전기철도 누설전류
- 2.4 조사 및 측정
- 2.5 부식 및 전식방지
- 2.6 전기적 간섭

제3장 측정결과 및 분석자료

- 3.1 조사목적 및 방법
- 3.2 측정 및 결과분석

제4장 전기방식 설계

- 4.1 개요
- 4.2 적용문헌
- 4.3 전기방식 방법의 결정
- 4.4 전기방식 설계 계산

<부 록>

부록# 1. 측정 위치도

부록# 2. 측정 기록표

부록# 3 대관 업무

부록# 4 측정계기 및 장비 매뉴얼

부록# 5. 부식관련용어

제1장 과업의 개요

1.1 과업목적

1.2 과업기간

1.3 과업대상 시설

1.4 과업내용

1.5 과업 수량산출서

제1장 과업의 개요

1.1 과업의 목적

서울시내의 지중에 매설되어 있는 상수도관의 부식과 누수로 인한 경제적 손실을 줄이고 또한 안정된 급수를 할 수 있도록 하기 위하여 이를 미연에 방지하고자 주 공급 상수도관에 대하여 조사측정하고 부식의 영향 유무를 확인하여 적합한 부식방지 시설을 할 수 있도록 설계를 하고 대책을 수립하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업기간

2005. 6 . 22 ~ 2005. 11. 18

1.3 과업대상 시설

과업 대상시설 : 총 관로연장 : 56,336 m

구분 분류	조 사 구 간		관 경(mm)	대상길이[m]
	정수장수계	용역대상		
1	• 광 암	비방식 배수관로	Φ 900~Φ 1,200	11,198
2	• 상 도	비방식 배수관로	Φ 700~Φ 1,000	2,900
3	• 대 방	비방식 배수관로	Φ 1000~Φ 1,650	31,992
4	• 청 담	비방식 배수관로	Φ 700~Φ 1,000	10,246
계			Φ 700~Φ 1,650	56,336

1.4 과업내용

비방식 구간 환경 조사후, 전기방식 설계기준 및 유지관리기준을 참고하여 최적 설계 및 관리방안을 제시 한다.

- 1.4.1 전기방식의 경제성 분석 및 타당성 검토
- 1.4.2 대지 고유저항 및 pH조사
- 1.4.3 전위 측정
- 1.4.4 Anode Bed 예정지 조사 및 측량
- 1.4.5 가 통전시험
- 1.4.6 상수도관로 주변 타 매설물 파악 및 관련 기관과의 업무협의
- 1.4.7 타 배관 간섭영향조사
- 1.4.8 누설전류 및 절연보강 위치조사(국부부식 등)
- 1.4.9 기타작업
 - 1) 관로 전기적 연결
 - 2) 신축관 절연효과 제시
- 1.4.10 방식시설 최적 설치방안 제시

1.5 과업 수량산출서

NO	용 도	단위	수 량	비 고
1	대지 비저항 및 PH조사	개소	69	
2	전위 측정(주,야)	개소	132	
3	ANODE BED 예정지조사	개소	43	
4	가통전 실험	개소	42	
5	절연플랜지 절연저항측정	개소	96	
6	시험용 측정선 설치	개소	96	
7	침수변실 양수 및 사전정비	개소	30	
8	방식 최적보강 방안 및 설계서 작성	개소	43	
9	상세 도면 작성	개소	43	

제2장 전기부식 전식 개요

2.1 서론

2.2 부식의 형태

2.3 부식 및 전식방지

2.4 전기적 간섭

제 2 장 전기부식 전식 개요

2.1 서 론

국내에서 전기부식은 1940년대부터 부식 관계에 대한 연구가 부분적으로 이어졌고 본격적인 연구 및 시공은 1970년 중반부터 이루어 졌다 볼 수가 있으며, 현재 LNG 배관, 송유관, 도시가스 배관 등 안전을 최우선시 하는 지중 매설배관은 이미 방식 조치가 90% 이상 되었고 방식 수준은 많이 향상되었다 보겠다.

지중매설 상수관로역시 부식, 전식에 의한 경제성 손실방지와 수질개선을 하기 위하여 부식방지(음극방식)를 인식 전환의 가치로 세우며 활발한 대책을 강구하고 있으며, 또한 지하철 운행구간의 인근에 매설된 상수관로는 직류누설전류의 유입 유출에 의해 전식이 발생되므로 전식에 대한 이론적인 개념과 현장측정을 하고 분석을 하여 부식 및 전식이 발생될시 이에 따른 문제의 대책을 강구하여야한다.

2-2. 부식의 형태

2-2-1. 부식의 종류

부식이란?

금속 그 자체는 산화물 또는 함수산화물로서 자연계에 존재하고 있었던 광석을 채광하여 고온에서 화학적으로 환원을 하거나 전기 분해하여 정련한 것이다.

정련 시에는 큰 에너지가 필요하며, 안정된 광석을 정련한 금속은 불안정한 상태로 된다.

부식이라는 것은 가해진 에너지를 천천히 방출시켜 주위환경과 접하게 되므로서 물, 공기 등 주위환경과 반응을 일으켜 그들의 본래상태인 산화물로 되돌아가려는 현상이다.

즉, 제련과정에서 많은 양의 에너지가 투입된 금속은 불안정하여 에너지를 버리고 자연 상태로 회귀하려는 경향(부식)이 크고 제련이 용이한 금속은 부식되려는 경향이 작다고 할 수 있다.

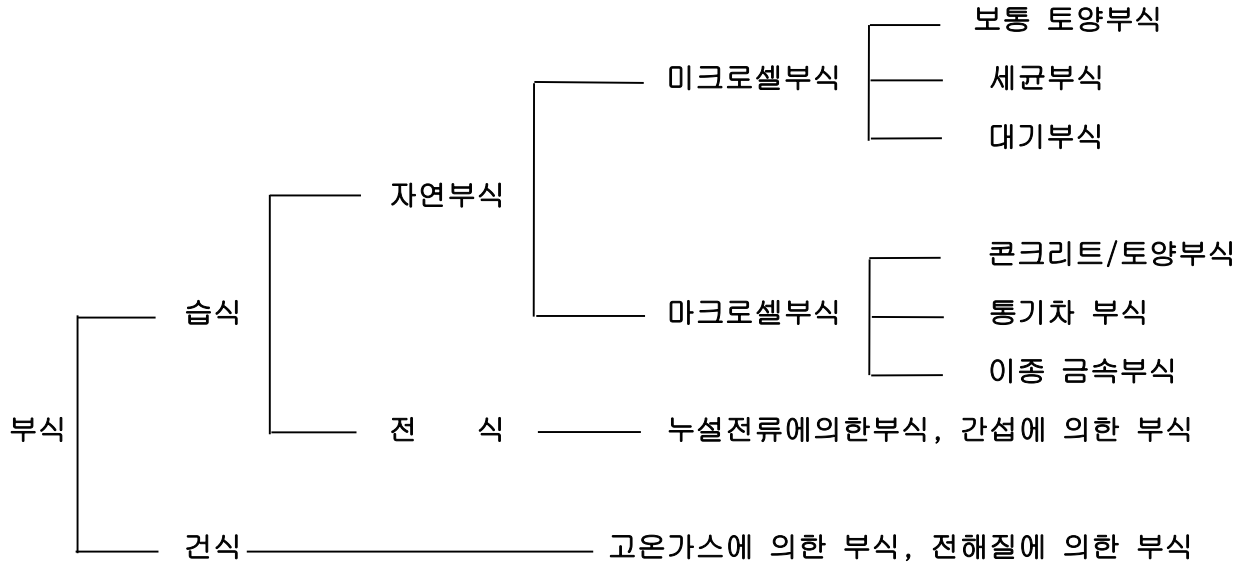
철광석을 환원시켜 얻은 금속상태의 철은 지표상의 환경 하에서 원래의 산화상태로 돌아간다.

즉) 부식반응은 편의상 기체상태의 산소가 관련하여 고온에서 진행되는 전식(乾蝕)과 실온근방에서 산소와 물의 존재 하에 진행되는 습식(濕蝕)으로 분류한다.

습식은 산소와 수분을 동반하는 부식으로서 전기 화학적 반응에 의해 진행이 되며 자연부식과 전식이 있다.

건식은 수분이 동반되지 않는 부식으로서 습도가 높은 공기나 반응성가스에 의한 것으로 화학적 반응에 의해 진행된다.

관로의 부식은 습식이며 형태별로 분류하면 다음과 같다.



2-3. 부식 및 전식방지

1. 방식이론

가. 부식은 전해질이 존재하는 환경에서 양극과 음극이 존재할 때 발생되며 방식은 부식을 예방하는 것으로서 구조물의 기대수명 중에 발생할 수 있는 부식에 의한 손실(수명연장, 중요성, 안전성 및 영향성 등)과 방식에 필요한 초기투자비용 및 유지보수비의 경제성을 비교하고 종합적으로 판단 하여 적절한 방식법을 선택하여 설계하는 것이 중요하다.

☞ 부적합한 판단 설계 시

방식법 설계의 효과를 얻을 수가 없고, 예정되고 있는 방식효과를 얻지 못하며, 부식이 계속 진행되게 되며, 시공 후 막대한 유지보수비가 필요로 되어 비경제적이다.

나. 마이크로셀 부식이 일어나고 있는 강관에 직류전원을 투입하여 전해질 중에 설치한 양극에 방식전류를 유입 시키면 먼저 전류는 음극부분으로 유입한다. 그 결과 음극부의 전위는 낮은 쪽으로 변화하여 결국 음극부와 양극부의 전위가 같게 되어 마이크로셀 부식은 소멸하나, 이때의 전위는 철 본래의 자연전위에 상당하며 마이크로셀 부식이 남아있는 불완전한 방식 상태로 된다.

이것에 특히 방식전류를 증가시키면 양극 부였던 부분으로도 방식전류가 유입되어 강관전체의 전위는 자연전위보다 낮은 방향으로 되고 마이크로셀 부식이 소멸되어 완전하게 방식 상태로 된다.

2. 부식 및 전식 대책

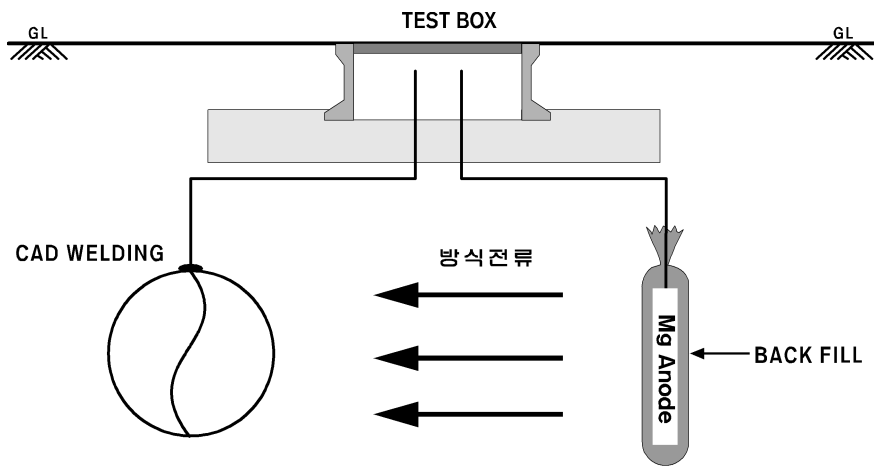
방식대책을 세우고저 하는 경우에는 매설물의 자연전위, 대지고유저항, PH, 누설 전류의 영향, 소요방식 전류, 전원사용의 용이성, 인접시설의 영향, 부지의 매입, 소요공사비, 유지관리비 등을 고려하여 선정하여야한다.

매설배관의 전기방식법으로는 외부 인가전원의 유무에 따라 외부전원법, 희생양극법으로 구분되며, 외부(타 시설물, 전기철도 등)로부터의 직류간섭의 영향이 있는 경우 유입전류에 대한 대책의 보조 방법인 선택배류법과 강제배류법이 있다.

2-3-1. 희생 양극법

방식대상 재료보다 이온화 경향이 큰(부식 경향이 큰) 금속을 전기적으로 접속시켜 이 희생양극이 부식되면서 구조물에 방식전류를 흘려 주므로써 방식대상 목적의 금속자체를 음극 화시켜 피 방식 구조물을 방식화 하는 방법으로 유전양극법 이라고 한다.

1) 설치방법



2) 기술적 특징

가) 적용조건

- (1) 직류철도의 영향을 받지 않을 때
- (2) 대지고유저항이 10,000 Ω-cm 미만일 때
- (3) 전체매설물의 규모가 크지 않을 때
- (4) 국부전지부식을 방지하고자하는 경우
- (5) 구간별로 시공을 하여 선 시공부분을 보호 하고 저 할 때
- (6) 전위차가 일정하고 비교적 적기 때문에 전위구배가 적은 장소에 적용한다.

나) 발생하는 전류가 적기 때문에 피복 저항이 큰 배관에 적용한다.

다) 1개소에서 흐르는 전류가 적으므로 분산 설치 필요하다.

라) 희생양극의 설치 시 희생양극에 원활한 작용에 도움을 주기 위하여 희생양극과 함께 희생양극 Backfill을 설치한다.

* 양극의 전류효율을 높인다.

- * 수분을 흡수하는 역할을 하여 희생양극 주변에 항상 습기상태를 유지한다.
- * 토양비저항이 낮아 토양비저항이 높은 토양에서 희생양극에 ANODE SIZE를 크게 하는 효과를 준다.

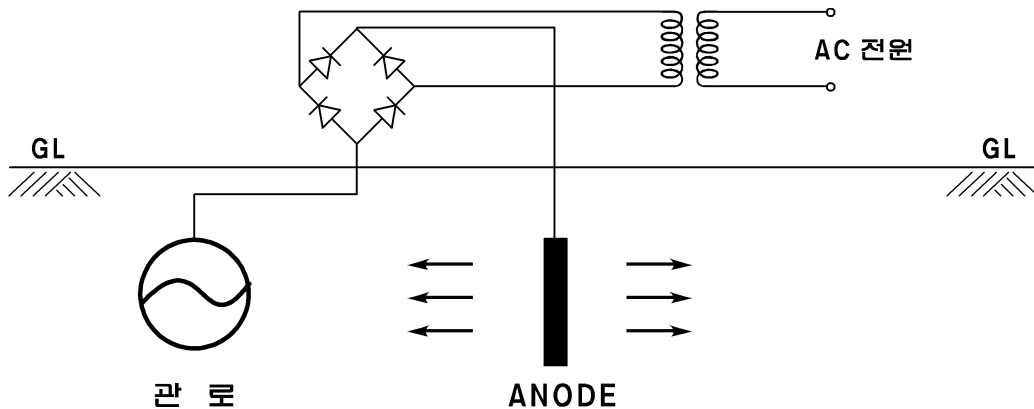
3) 장, 단점

장 점	단 점
1) 외부전원이 불필요하다. 2) 구조가 간단하다. 3) 주변구조물과 절연된 구조물의 방식이 유리하다. 4) 전위차가 낮아 간섭영향적다 5) 과 방식 우려 없다. 6) 전류분포가 균일하다. 7) 유지관리비 필요하지 않다.	1)효과범위가 좁다(토양비저항 높은 지역 사용곤란) 2) 한정된 수명을 가지고 있다. 3)전류조절이 곤란하다.(방식전류 임의조절 불가) 4) 산성 환경에서 수명이 급강하 한다. 5) 설계수명을 길게하기 위해 양극이 많이 소요된다. 6) 용액의 조성과 온도에 따라 양극전위가 달라진다.

2-3-2. 외부전원법

토양 중에 설치한 양극과 피 방식 매설관 사이에 직류 전원장치(정류기)를 전선으로 연결하고 양극으로부터 토양을 경유하여 매설관에 방식전류를 유입시켜 부식을 방지하는 방법이다.

1) 설치방법



2) 기술적 특징

가) 적용조건

- (1) 직류철도의 영향을 받지 않을 때
- (2) 대지고유저항이 고르지 않고 10,000 Ω-cm 이상일 때
- (3) 전체매설물 규모가 클 때
- (4) 타 매설물이 인접 시설되어 간섭이 없을 때
- (5) 정수장 취수장 가압장의 구내매설물을 방식 하고저 할 때

나) 임의 전압선정이 가능(DC 60V 이하)하고 1개소에서 큰 전류를 흘릴 수 있으므로 대 연장의 방식이 가능하다.

다) 전위구배가 큰 장소, 피복저항이 적은 구조물 및 방식 대상면적이 큰 구조물에 적용이 가능하다.

라) 외부전원용 양극은 소모되지 않는 불용성 양극을 사용하며, 재료로는 H.S.C.I(High Silicon Cast Iron)을 사용하며, 그 밖에 Graphite, Mixed Metal OXIDE 등을 사용하고 있다

3) 장, 단점

장 점	단 점
1) 효과 범위가 넓다. 2) 장거리 배관의 방식에 적합하다. 3) 전극의 소모가 적으므로 평상시 관리가 용이하다. 4) 저압 전류의 조정이 용이하다. 5) 전식에 대해 방식이 가능하다. 6) 토양비저항이 높은 지역의 방식도 가능하다.	1) 외부전원이 필요하다. 2) 초기 투자비가 크다. 3) 일정면적 이상의 설치 공간 필요로 한다. 4) 양극의 높은 전위가 타 시설물에 영향을 줄 수 가있다.(간섭)

2-3-3. 배류법

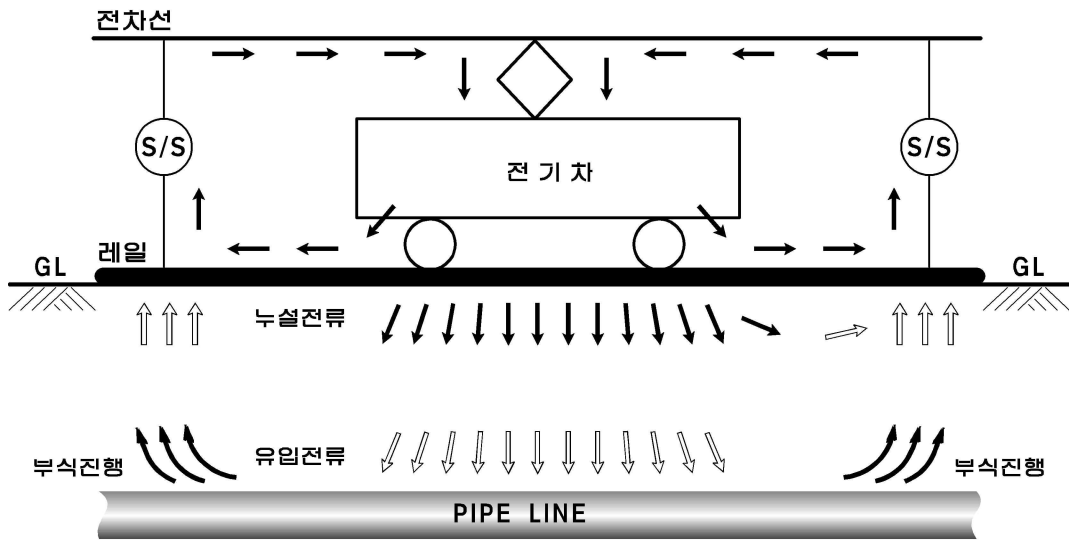
배류법은 지중매설 금속체의 전식발생에 대한 방지법이다.

1) 지중매설 금속체의 전식발생

가) 직류전차선로의 경우 레일에 근접하는 지중매설 금속체에는 저항이 낮아 레일에서 발생하는 누설전류가 이들 금속체에 유입하여 흐르며, 변전소부근에서 레일로 되돌아가게 된다.

이때 지중 매설된 금속체에는 전지(電池)작용에 의해서 전류를 유출하며 그 부분이 부식되는 전식을 발생시키게 된다.

나) 금속체 지중관로의 전식은 주로 귀선의 부절연 부분으로부터 대지에 유출하는 누설전류에 원인이 있고, 아래 그림과 같이 누설전류의 방향과 유출입 상황을 화살표로 개괄적 나타낸 것처럼 전식 발생과 전식방지 부분을 쉽게 이해할 수 가있다.



2) 전식 방지법

가) 전식을 방지하기 위하여는 전철 측에서의 방지법(대지로의 누설전류를 적게 함)과 지중선 금속체에서의 방지법으로 나누어 볼 수 가 있다.

(1) 전철 측에서의 방법

(가) 레일과 도상간의 절연을 좋게 하여 누설저항을 크게 한다.

- (나) 레일본드의 접속을 완전하게 한다.
- (다) 보조귀선을 설치하여 귀선저항을 감소시킨다.

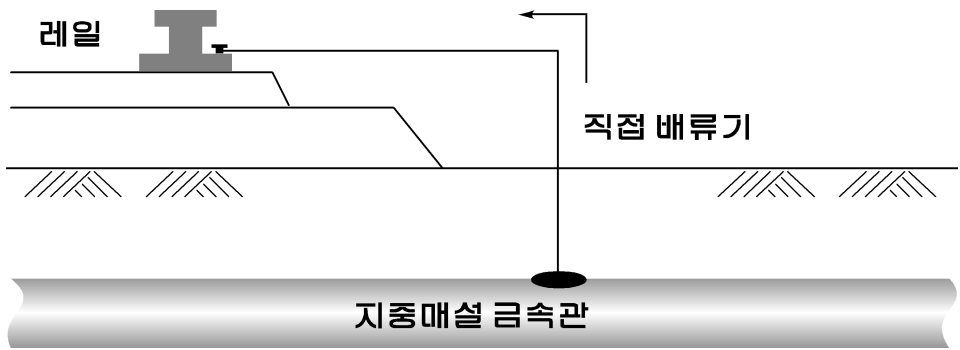
(2) 지중매설 금속체에서의 방법

- (가) 궤도와와의 이격거리가 크게 루트를 선정한다.
- (나) 매설 금속체를 절연 피복한다.
- (다) 금속관에서 차폐한다.
- (라) 지중매설 금속체와 레일을 전기적으로 접속하여 금속체에 흐르는 전류를 일괄하고 레일에 흘려서 분산 유출하는 것을 방지하여 전식을 작게 한다.

나) 전기적 접속방법

(1) 직접배류법

지중매설 금속체와 레일과의 직접 연결하는 방법으로 누설전류에 영향을 주는 전철 변전소가 부근에 한 개뿐이고 레일 측으로부터 전류가 역류할 우려가 없는 경우에만 사용되고 적용할 수 있는 경우가 거의 없다.



(2) 선택 배류방식

- (가) 선택 배류법은 매설관에 대해서 레일 대지전압이 낮은 경우, 선택배류법을 통해서 매설관을 레일이나 마이너스 전선에 전기적으로 접속하여 매설관을 흐르는 전류를 직접 대지에 유출시키지 않고 일괄하여 레일이나 변전소에 귀류 시키는 방법이다.

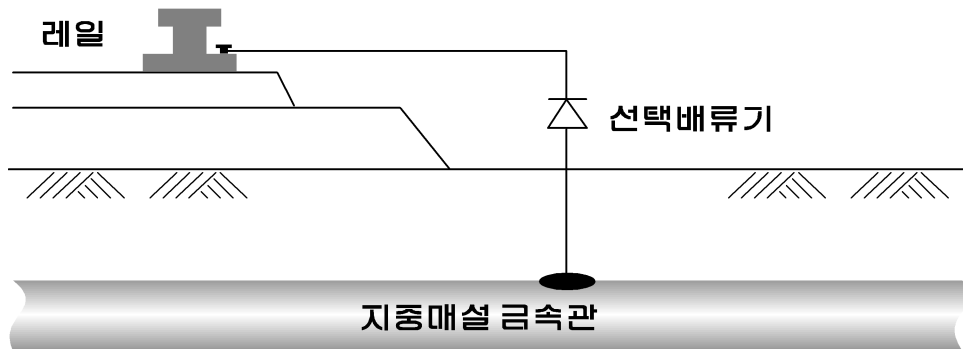
- (나) 선택배류기의 레일과의 접속장소는 레일 부근에서 매설관으로부터 전류

가 되돌아오는 장소 즉 레일 대지전위 (R/S)의 (-)값이 크고 또 그시간이 긴 장소에 설치한다.

(다) 배류기의 레일 접속방법은 자동신호장치의 기능에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여는 자동신호 구간에서의 배류전에 교류분의 포함 또는 배류접속 불 평행 전류에 의한 궤도 회로의 오동작방지를 위하여 임피던스본드의 중성점에 접속하도록 한다.

(라) 지중매설 금속체와 레일을 연결하는 배류선에 선택배류기를 설치하여 금속체가 레일에 대하여 높은 전위에 있는 경우에만 전류를 유출 시키는 방법으로서 이 방법은 전력이나 접지가 필요치 않고 경제적이기 때문에 전식방지에 널리 이용되고 있고, 자연부식에 일부에도 방지 효과가 있다.

또한 선택배류기는 전류에 대하여 순방향인 실리콘 다이오드를 사용한다.



(마) 기술적 특징

- ㉠ 전철 부근의 누설전류에 의한 전식방지에만 가능하다.
- ㉡ 넓은 전압범위에서도 제대로 동작이 되어야한다.
- ㉢ 급격한 전압변화에 동작할 수 있을 것.
- ㉣ 역류가 없을 것.
- ㉤ 내구성이 크고 고장이 적을 것.
- ㉥ 현장조건에 맞는 장치일 것.

㉔ 보수점검이 간단할 것.

㉕ 이상 전류에 의해서 본체 및 매설물 손상이 가지 않도록 된 구조일것.

(사) 장점 단점 비교

장 점	단 점
1) 전철의 전류를 이용하므로 유지비가 적다. 2) 전철과의 관계 위치에 따라서 매우 효과적이다. 3) 비교적 싸다. 4) 전철운행 시에는 자연부식의 방지도 된다.	1) 간섭에 대하여 충분한 검토 요구됨. 2) 전철 신호장애에 충분한 검토 필요. 3) 전철과의 관계 위치에 따라서 효과 범위가 제한된다. 4) 전기차정지시 또는 레일전위가 높을 때에는 전식방지에 용이하지 않음. 5) 과 방식 될 때가 자주 있다.

2-4. 전기적 간섭

시설물에 방식을 하기 위해서는 직류전류를 전해질인 토양에 전류가 흐르면 토양의 전위분포가 달라지게 되며 전위분포의 변화는 전류량 및 전해질 비저항에 따라 달라지게 된다.

이러한 방식전류는 타 시설물 까지 전위분포에 영향을 미치게 되며 이격거리나 배치 구조 등에 따라서 그 영향은 달라지게 된다.

즉, 간섭이란 어떤 시설물의 전위분포가 다른 시설물의 전위분포에 영향을 미치는 현상이다.

1. 간섭기준

전위변화가 50mV 이상인 경우 간섭으로 판단하며, 다른 요소도 병행 고려하여 간섭대책을 강구한다.

가. 외부전원식이 적용되면 타 매설관의 간섭 및 타매설관 방식 설비에 의한 주 배관 간섭여부를 조사한다.

나. 조사 보고서에는 간섭 해결 대책이 포함되어 있어야 하며, 타 시설물의 소유자 확인이 있어야 한다.

다. 간섭대책으로는 적정방안을 선택 적용한다(분극전지, 저항기함 등).

2. 간섭의 종류

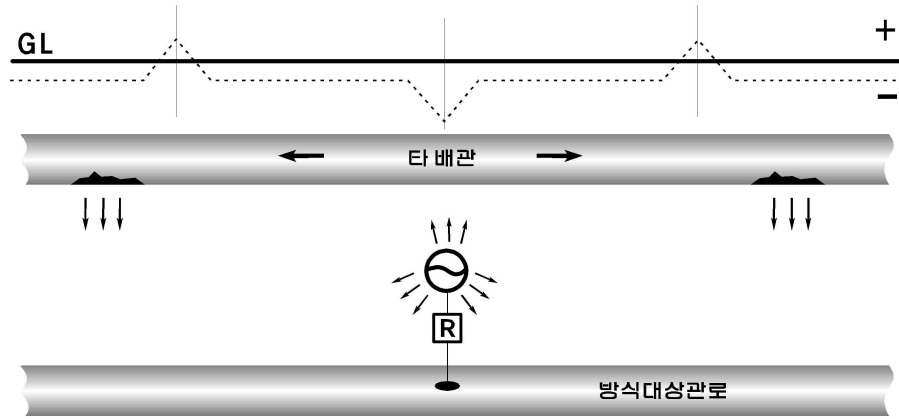
전기적인 간섭에는 크게 DC 간섭과 AC 간섭이 Telluric Current 간섭이 있으며 DC 간섭에는 양극간섭, 합동간섭, 전철에 의한 간섭 등이 있다. 또한 AC 간섭에는 정전기 유도간섭, 전자유도에 의한 간섭, 저항성 유도등이 있다.

가. 양극간섭

양극 근처의 주변 지하 매설관로에 가까운 부분이 음극이 되어 방식이 되고 먼 지역에서는 방식대상물에 대해 양극이 되어 전류유출이 발생하며 넓게

부식이 발생하는 현상으로서 방식대상물은 과 방식에 의한 문제가 발생할 우려가 있다.

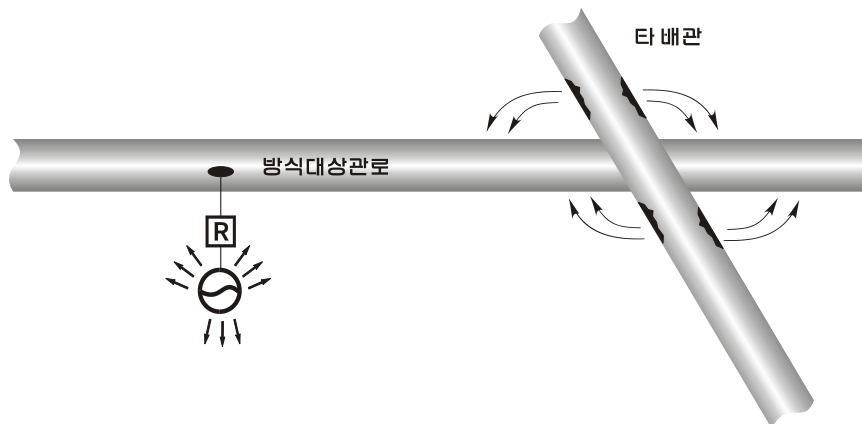
양극간섭이 발생되고 있는지의 여부 판단은 간섭받는 구조물 주변의 방식설비전류 전원을 ON, OFF 하면서 전위를 측정하여 OFF 전위가 ON 전위보다 높으면 간섭을 받고 있다고 판단할 수 가 있다.



(양극간섭)

나. 음극간섭

방식 대상물이 방식전류에 의해 음극이 되고 음극주변에 있는 시설물들이 음극의 영향을 받아 전위가 높아지는 현상을 말하며 주변 시설물에서 전류 유출이 되며 양극화로 부식이 발생하게 된다.

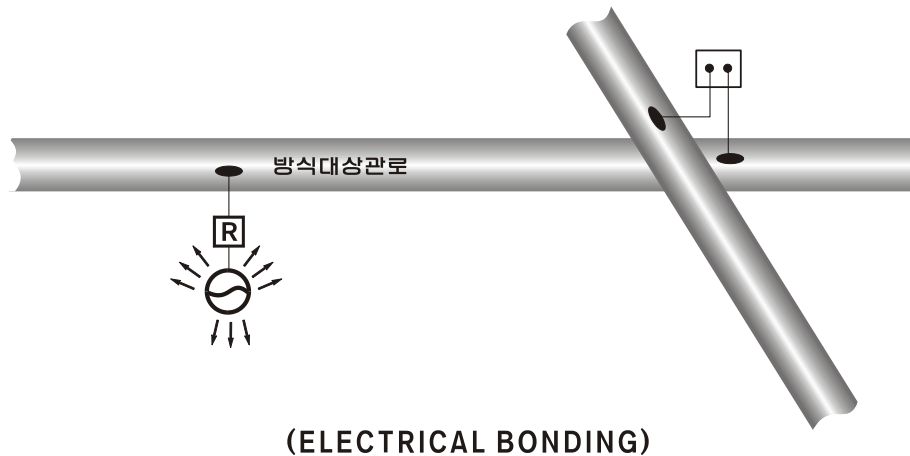


(음극간섭)

다. 합동간섭

양극간섭과 음극간섭이 복합적으로 발생하는 현상을 말한다.

간섭영향의 유무를 측정하기 위하여서는 배관과 타 시설물의 관대지 전위 (P/S)를 측정하여야 상호간의 간섭유무를 파악할 수가 있으며 배관이 시설되지 않은 상태로 P/S의 측정이 불가하므로 추후 배관시공 완료 후 P/S 측정 및 간섭영향 유무의 파악을 위하여 배관과 타시설이 근접(30cm이내) 또는 교차하는 경우에는 배관과 타 시설물에서 Test Lead Wire를 각각 2선씩 인출 하여 추후에 대비 하여야 한다.



라. 지하장애물에 관련한 대책

1) 관로와 타 시설물과의 이격거리 기준

타 시설물	이격거리	관련법규	예외
특별고압 지중전선	1m	전기설비 기술기준 제 156 조	1m이하인 경우 내화성 격벽 설치
저압 또는 고압의 지중전선	30cm	전기통신설비 기술기준	
타 시설물	30cm	도시가스 사업법	

2) 초고압 송전철탑 및 변전소와의 관계

가) 정전유도

송전철탑과 근접하여 비 접지 상태로 매설된 관로에 정전 전압이 유도된다.

나) 전자유도

송전철탑과 매설관이 병행하여 설치되는 경우 전자 유도전압이 매설관에 유도되어 매설 배관에 다음과 같은 장애가 발생한다.

- (1) 유도전류에 의한 AC전식
- (2) 송전선의 단락, 지락사고 시 고전압이 유기
- (3) 고압 유기에 의한 설비의 파손

다) 고압 철탑과의 이격거리

전 압 분 류	금 지 구 역	안 전 범 위	대 책 필 요 범 위
154Kv	2m	6m	2m ~ 6m
345Kv	10m	50m	10m ~ 50m

제3장 측정 및 결과분석

3.1 측정목적 및 방법

3.2 측정 및 결과분석

3.3 설계 요약

제3장 측정 및 결과분석

3.1 측정목적 및 방법

3.1.1. 토양 비저항 측정

1. 측정목적

일반적으로 저항 율이 낮은 토양 중에서는 매설물의 부식현상이 심하게 일어난다.

토양의 저항 율을 지배하는 요소는 토양의 함수량이나, 가용성의 함유 염류 량이다.

토양의 저항 율(=대지 고유 저항 율)은 부식과 직접적인 관계를 가지며 매설물의 부식 원인을 추정, 방식 계획을 수립하기 위해서 일반적으로 대지고유저항 측정이 실시되고 있다.

2. 측정지점

비 방식 상수도 관로를 따라서 대지 고유저항을 측정할 수 있는 인도 부분에서 측정 하였다.

3. 측정횟수

측정횟수는 계절 등에 크게 영향이 없으므로 1회 실시 하였다.

4. 측정 깊이

서울시 비 방식 관로도를 참조로 650m내외 마다 측정을 하고 통상 지중매설관로의 매설 깊이는 약 2.4m 이상4.0m 지점에 있으며, 본 조사는 2.4m에서 5.2m까지의 고유 저항 값을 측정하여 방식 설계에 자료가 될 수 있도록 하였다.

측정 깊이는 2.4, 3.2, 4.0, 4.8, 5.2m 로 하였다

NO	측 정 구 간	대상길이[m]	측정개소
1	광암 직송 배수관로	11,198	14
2	상도 배수관로	2,900	4
3	대방 배수관로	31,992	38
4	청담 배수관로	10,246	13
계		56,336	69

3.1.2. 토양의 산성도 측정

1. 측정목적

PH는 금속체의 부식 속도에 영향을 주므로 토양의 자연부식 상태를 추정하고 방식 설계에 자료가 될 수 있도록 하였다.

2. 측정지점

측정지점은 비방식 상수도관로를 따라서 대지 고유저항을 측정하는 인도 부분에서 대지 고유저항측정과 함께 측정 하였다.

3. 측정횟수

토양의 산성도는 계절 등의 변화에 따라 변동될 수가 있으나 일반적인 경우에는 변동이 거의 없으므로 1회 측정을 하였다

3.1.3 관 대지전위 측정

1. 측정목적

기준전극은 포화 황산동 기준전극(Cu/CuSO_4)을 사용하여 비 방식관로의 대지 간 전위를 측정 기록하며 현재 비 방식관로의 부식 진행상태를 알 수가 있으며 가 통전 시험결과와의 차이를 확인하며 방식설계에 자료가 되게 하였다

또한 인근 주변 환경에 따른 매설 관 과 대지간의 전위차에 의한 전식의 정도를 비교 검토할 수 있는 기본 DATA로 활용할 수가 있다

2. 측정지점

지중매설관로의 변실을 기준으로 1Km이내 500m내외 간격으로 측정하며, 지중 매설 관로와 기준 전극간의 측정거리 간격은 가능한 관직상부에 기준전극을 설치하여 측정 오차를 최대한 줄였다.

3. 측정횟수

지중매설관로의 변실을 기준으로 1Km이내 500m내외 간격으로 Lead Cable을 설치한 측정점에서 주간에 1회 측정하고 상수관로가 지하철을 병행 또는 횡단하는 상수관로 연장구간은 36개소에서 야간에 1회 측정을 하였다.

3.1.4. ANODE BED 예정지 조사

1. 조사목적

전기 방식 중 외부 전원 법은 토양 중에 설치하는 양극과 피 방식 매설 관 사이에 직류 전원장치(정류기)를 전선으로 연결하고 양극으로부터 토양을 경유하여 매설 관에 방식 전류를 유입시켜 부식을 방지하는 방법으로서 ANOD BED 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정을 하였으며, 필요 방식 전류량을 계산하기 위하여 양극설치 위치의 토양비저항을 측정하여 방식 설계에 자료로 하였다.

2. 측정지점

본과업 수행조사 대상관로 가통전 시험결과 얻어진 ANODE BED위치 예정지당 1개소로 한다

3. 측정횟수

측정횟수는 계절 등에 크게 영향이 없으므로 1회 실시 하였다.

4. 측정 깊이

토양 비저항 값이 낮은 지역은 상대적으로 높은 지정보다 방식전류를 많이 흘릴 수가 있다.

토양 비저항 값을 깊이별로 측정을 하여 방식설계에 자료로 사용한다.

측정깊이는 15M부터 60M까지 로 하였다.

3.1.5. 가 통전 시험

1. 조사목적

비 방식 관로를 (-)극으로 하고 ANODE BED근처에 접지가 되어있는 금속 체를 양극(+)으로 하여 비 방식 관로에 방식전류를 흘려 실제 방식 전위가 되기까지의 방식전류를 측

정하고 필요로 하는 방식 전류 값을 방식 설계에 자료로 사용하고 측정결과에 안전율 (1.5)을 적용한다.

2. 측정지점

방식구간의 범위 내에서 방식 전류 값이 30A이하로 필요로 하는 비 방식 관로의 구간 위치 내에서 측정 한다.

3. 측정횟수

측정횟수는 계절 등에 크게 영향이 없으므로 1회 실시 하였다.

3.1.6. 부식속도 측정

1. 조사목적

상수도 관로의 부식속도를 측정하여 노후도 조사자료의 DB 구축을 위한 부식정도, 예상 수명 등을 고려한 경제성 분석을 한다.

2. 조사방법

본 현장의 부식속도 측정법은 직선분극저항 측정법으로 심도 2m 깊이 배관 주위에 배관과 같은 재질의 쿠폰과 황산동 기준전극, 상대전극인 티타늄 봉을 설치한다. 7일 경과 후 data를 측정 분석한다.

3. 측정 지점

Anode bed중 10개소를 감독 협의하에 선정한다.

3.1.7. 상수도 주변 매설물 파악 및 대관업무

1. 조사목적

상수도 주변 매설물을 파악하고 ANODE BED 매설위치에 대한 지번, 소유자등을 조사한다.

2. 조사방법

현장조사를 거쳐 전력회사로부터의 전력수급 및 ANODE BED 위치(정류기, 정손박스 설치 및 DEEP WELL 매설등)로 적정한가를 확인한다.

3.1.8. 타배관 및 전철 간섭영향조사

1. 조사목적

인근에 타배관 또는 전철운행구간 등이 있는 경우에는 상수관로에 미주전류가 유입유출이 되게 하고 전식에 영향을 줄 수가 있어 상수관에 간섭영향 전위를 조사한다.

2. 조사방법

외부간섭이 우려되는 구간에서는 방식전위 연속 측정 장비로 측정기록을 확인한다.

3.1.9. 절연보강 위치 조사

1. 조사목적

정류기별 구간내 방식 효과를 높이기 위하여 절연개소를 조사한다.

2. 조사방법

절연보강 장소는 변실에서 실시하며 후렌지 접속구간으로서 절연와샤 및 절연스리브를 설치함으로써 효과적인 절연이 될 수 있는가를 확인하고 설계 반영한다.

3.2 측정 및 결과분석

3.2.1. 토양 비저항 측정

1. 측정결과

1) 측정결과

(1) 1구간(광암LINE)

(단위 : Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
1	8	12,063	5.2	10,445	3.2	8,042	2.6	7,841	1.86	6,077	8,893
2	33	49,762	23	46,244	10	25,132	12.5	37,699	11	35,939	38,955
3	10	15,079	6.8	13,672	4.7	11,812	3.4	10,254	2.9	9,475	12,058
4	8.75	13,194	5.9	11,862	4.2	10,555	2.8	8,444	2.2	7,187	12,660
	12.2	18,397	8.4	16,889	5.7	14,325	4.5	13,571	3.73	12,186	
5	8.5	12,817	6.1	12,264	4.5	11,309	3.21	9,681	3.2	10,455	13,927
	12.3	18,547	8.5	17,090	6.2	15,582	5.2	15,682	4.85	15,846	
6	5.8	8,746	3.6	7,238	2.1	5,277	1.6	4,825	1.24	4,051	5,649
	5	7,539	3.1	6,232	1.9	4,775	1.4	4,222	1.1	3,593	
8	4.9	7,389	2.9	5,830	2	5,026	1.5	4,523	1.37	4,476	5,448
9	5.7	8,595	3.8	7,640	2.5	6,283	1.8	5,428	2.06	6,730	6,935
10	5.6	8,444	3.5	7,037	2.7	6,785	1.9	5,730	1.66	5,423	10,864
	11.5	17,341	8	16,084	5.9	14,828	4.2	12,666	3.66	11,958	
	9.1	13,722	6.2	12,465	4.6	11,561	3.2	9,650	2.84	9,279	
평균값		15,116		13,642		10,806		10,729		10,191	12,821

(2) 2구간(상도LINE)

(단위: Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	
11	11.6	17,492	8.2	16,487	6.1	15,330	4.5	13,571	3.82	12,480	12,811
	9	13,571	5.9	11,862	4.3	10,807	3.2	9,650	2.1	6,861	
12	13.2	19,905	9.2	18,497	7.1	17,844	5.6	16,889	5.18	16,924	18,011
13	12	18,095	8.6	17,291	6.7	16,838	5.7	17,190	4.7	15,356	16,954
평균값		17,265		16,034		15,204		14,325		12,905	15,925

(3) 3구간(대방LINE)

(단위: Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	
14	6.3	9,500	4	8,042	3	7,539	2.1	6,333	1.42	4,639	7,325
	6.4	9,650	4.2	8,444	3.1	7,791	2	6,031	1.62	5,292	
15	6.2	9,349	4.3	8,645	3.2	8,042	1.9	5,730	1.35	4,410	6,631
	5.9	8,896	3.9	7,841	2.8	7,037	1.7	5,127	1.3	4,247	
	5.6	8,444	3.5	7,037	2.4	6,031	1.6	4,825	1.17	3,822	
16	9.9	14,928	7.3	14,677	5.4	13,571	4.1	12,365	3.76	12,284	12,321
	9.4	14,174	6.3	12,666	4.1	10,304	3.2	9,650	2.63	8,592	
17	6.2	9,349	4.1	8,243	2.9	7,288	1.7	5,127	1.6	5,227	7,476
	6.2	9,349	4	8,042	2.7	6,785	1.86	5,609	1.5	4,900	
	6.6	9,952	4.5	9,047	3.4	8,545	2.7	8,143	2	6,534	

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
18	4.5	6,785	2.5	5,026	1.7	4,272	1.2	3,619	0.89	2,907	5,700
	5.8	8,746	3.5	7,037	2.3	5,780	1.7	5,127	1.06	3,463	
	5.7	8,595	3.7	7,439	2.2	5,529	1.6	4,825	1.95	6,371	
19	7.8	11,762	5.2	10,455	3.6	9,047	2.6	7,841	1.87	6,109	10,296
	9	13,571	6.2	12,465	4.8	12,063	3.8	11,460	3.28	10,716	
	8	12,063	5.4	10,857	3.8	9,550	3	9,047	2.28	7,449	
20	7.7	11,611	5	10,053	3.7	9,299	2.8	8,444	1.78	5,815	8,930
	7.2	10,857	4.7	9,449	3.3	8,293	2.6	7,841	2.34	7,645	
21	4.6	6,936	2.9	5,830	2	5,026	1.6	4,825	0.92	3,005	5,430
	6.2	9,349	4.1	8,243	2.9	7,288	2.2	6,635	1.89	6,175	
	3.5	5,277	2	4,021	1.2	3,015	0.85	2,563	1	3,267	
22	13.8	20,809	9.7	19,503	7.2	18,095	5.5	16,587	4.73	15,454	18,089
23	19.6	29,556	14.3	28,751	11	27,646	9	27,143	9	29,405	17,008
	4	6,031	2.8	5,629	2	5,026	1.5	4,523	1.95	6,371	
24	4.2	6,333	2.9	5,830	2.2	5,529	1.4	4,222	0.99	3,234	5,534
	5	7,539	3.2	6,433	2.4	6,031	1.8	5,428	1.46	4,770	
25	5.2	7,841	3.4	6,836	2.5	6,283	1.7	5,127	1.36	4,443	5,618
	4.3	6,484	2.9	5,830	2.1	5,277	1.6	4,825	0.99	3,234	
26	2	3,015	1.3	2,613	0.7	1,759	0.5	1,507	0.52	1,698	3,373
	3.9	5,881	2.3	4,624	1.7	4,272	1.4	4,222	1.27	4,149	
27	5.4	8,143	3.5	7,037	2.7	6,785	2.1	6,333	1.91	6,240	6,423
	5.3	7,992	3.3	6,635	2.7	6,785	2	6,031	1.98	6,469	
	4.6	6,936	5.5	6,031	2.1	5,277	1.6	4,825	1.48	4,835	

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
28	6.2	9,349	4.4	8,846	3.4	8,545	2.5	7,539	2.66	8,690	10,327
	8.7	13,119	6.1	12,264	4.7	11,812	3.2	9,650	4.12	13,461	
29	7.2	10,857	4.7	9,449	3.5	8,796	2.7	8,143	2.44	7,972	9,043
30	7	10,555	4.7	9,449	3.4	8,545	2.8	8,444	2.52	8,233	8,289
	5.8	8,746	4	8,042	2.8	7,037	2.1	6,333	2.3	7,514	
평균값		9,956		8,877		8,041		7,159		6,816	8,169

(4) 4구간(청담LINE)

(단위: Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
31	6.8	10,254	4.7	9,449	3.7	9,299	2.8	8,444	2.38	7,776	11,152
	9.8	14,778	6.7	13,471	5	12,566	4	12,063	4.11	13,428	
32	12	18,095	8.5	17,090	6.5	16,336	5.2	15,682	5.2	16,989	16,838
33	8.7	13,119	6.3	12,666	4.8	12,063	3.8	11,460	3.37	11,010	14,096
	11.3	17,039	8.2	16,487	6.2	15,582	4.9	14,778	5.13	16,761	
34	5.8	8,746	3.9	7,841	3	7,539	2.1	6,333	2.21	7,220	11,554
	7.6	11,460	5.2	10,455	4	10,053	3.2	9,650	3.41	11,141	
	11.6	17,492	8.3	16,688	6.3	15,833	4.8	14,476	5.63	18,394	
35	10.5	15,833	7.2	14,476	5.6	14,074	4.6	13,873	4.08	13,330	11,681
	7.2	10,857	5.2	10,455	4	10,053	2.7	8,143	1.75	5,717	
36	5	7,539	3.2	6,433	2.4	6,031	1.9	5,730	1.81	5,913	6,329
37	6.5	9,801	4.5	9,047	3.3	8,293	2.6	7,841	2.44	7,972	8,590

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
38	4.9	7,389	3.3	6,635	2.5	6,283	1.7	5,127	1.44	4,704	6,027
평균값		12,492		11,630		11,077		10,276		10,796	11,254

2) 평가기준

대지 고유 저항율에 의한 부식성은 각 학자마다 약간의 차이가 있으므로 평균치를 이용 하여 부식성을 평가한다.

(단위 : Ωm)

NO	부식성정도	F.O Waters	L.M Applegate	V.A Pritula	E.R Shepard	Romanoff
5	극심	0 ~ 9	0 ~ 10	0 ~ 5	0 ~ 5	< 7
4	약간심함	9 ~ 23	10 ~ 50	5 ~ 10	5 ~ 10	7 ~ 20
3	중	23 ~ 50	50 ~ 100	10 ~ 20		20 ~ 50
2	소	50 ~ 100	100 ~ 1,000	20 ~ 100		50 ~ 100
1	거의없음	> 100	> 1,000	> 100		> 100

※ 일본 GAS협회, GAS도관 HAND BOOK P5. 1982년 TOKYO

※ 적용 : Romanoff

3) 대지 고유저항 측정에 대한 평가

측정된 깊이별 대지 고유 저항값의 산술 평균 값으로 평가한다.

(단위 : ΩCm)

NO	측정 구간	평균 대지 고유저항	부식성
1	1구간(광암LINE)	12,821	자연부식
2	2구간(상도LINE)	15,925	자연부식
3	3구간(대방LINE)	8,169	자연부식
4	4구간(청담LINE)	11,254	자연부식

4) 측정 결과 분석

토양비저항은 토양 속에 금속관로의 매개 질로서 그 값에 따라서 부식 진행 상태를 알 수가 있다

대지 토양 비저항 측정결과가 위 4)와 같이 나타났으며 구간별 측정평균값에 따라 분석하면 전체적으로 부식이 계속 진행 되고 있는 것으로 나타났고, 특히 3구간 (대방LINE)이 그중 심하게 일어나고 있는 것으로 판단 한다.

또한 토양 비저항 값은 방식설비의 소요전류 값을 산출 할 때에 직접관계가 있으므로 설계 시 적용한다.

3.2.2. 토양의 산성도 측정

1. 측정결과

1) 1구간 (광암LINE)

구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	비고
1	5	45	6	6	45	pH평균:5.6 습도평균:54%
2	6	50		5.5	40	
3	5.5	50	8	5	35	
4	5.5	40	9	5	40	
	6	55		6	45	
5	5.5	60	10	5.5	45	
	5.5	60		6	40	

2) 2구간 (상도LINE)

구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	비고
11	5.5	45	12	5	50	pH평균:5.3 습도평균:47%
	4.5	40	13	6	54	

3) 3구간 (대방LINE)

구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	비고
14	5.5	50	17	6	40	
	5	50		5.5	45	
15	6	45		5	50	
	5.5	55	18	5	45	
	5	60		5.5	40	
16	4.5	65	19	5	50	
	5	45		4.5	55	

구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	비고
19	5	45	25	4.5	45	pH평균:5.3 습도평균:50%
	5.5	50		5	40	
20	6	60	26	5.5	45	
	6.5	55		6	50	
21	5	50	27	5.5	50	
	4.5	60		5	50	
	5	55		5.5	45	
22	5	50	28	5	40	
23	6	50		4.5	45	
	6.5	60	29	5	50	
24	5	50	30	5.5	55	
	5.5	55		6	50	

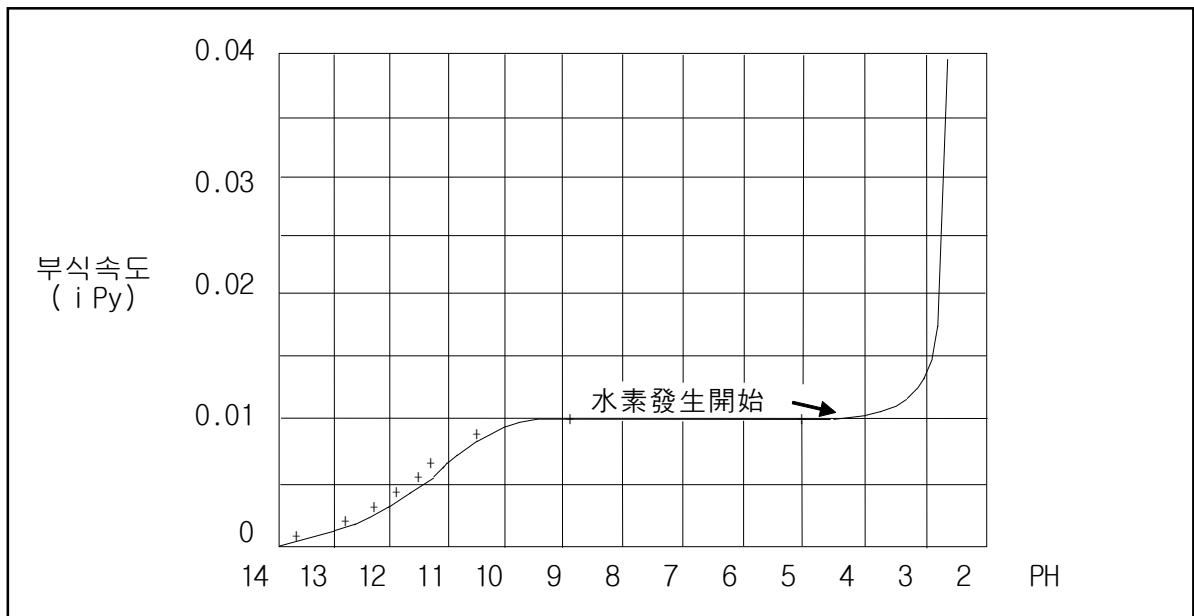
4) 4구간 (청담LINE)

구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	비고
31	5	50	34	5.5	45	pH평균:5.4 습도평균:54%
	4.5	55	35	5.5	65	
32	5.5	50		6	55	
33	5.5	60	36	5.5	50	
	5	55	37	6	55	
34	6	45	38	5.5	60	
	5	50				

2. 측정분석

1) 평가기준

아래 일본 GAS도관 RAND BOOK P4. 1982년 TOKYO 도표에서 토양의 산성도가 부식에 미치는 영향은 PH4이하인 강산성인 경우 부식성이 급격히 증가하고, PH13 이상인 강 알칼리성인 경우 부식성이 거의 없는 상태가 된다.



2) 토양산성도 측정에 대한 평가

본 조사에서는 PH4.8 ~ 7.4 으로 일반적인 부식상태를 나타내는 지역으로 직접 부식에 미치는 영향은 거의 없음을 알 수가 있었으며 일반적인 토양부식 상태를 나타낼 것으로 예상된다.

측정 장소	산성도(pH)	습도(%)	평가	비고
1구간(광암LINE)	5.6	54	자연부식	
2구간(상도LINE)	5.3	47	자연부식	
3구간(대방LINE)	5.3	50	자연부식	
4구간(청담LINE)	5.4	54	자연부식	

3) 분석결과

PH4 이하인 강산성에서는 부식이 심하게 일어나지만 본 조사에서는 PH가 직접 부식에 미치는 영향은 거의 없어 PH에 의한 토양부식은 우려하지 않아도 되며 PH에 의한 부식대책은 별도로 고려하지 않아도 된다.

3.2.3 관 대지전위 측정 (P/S)

1. 측정결과

(1) 1구간(광양LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	P1-1	650 ~ 550	520 ~ 720	전위측정 최고:-100mV 최저:-720mV
2	삼전로타리 ~ 아시아선수촌@3동 앞	P2-1	480	500	
		P2-2	650		
3	아시아선수촌@3동 ~ 올림픽빌딩	P3-1	580	600	
4	공단삼거리 ~ 주공5단지 527동	P4-1	420	480	
		P4-2	480		
5	풍납현대@101동 건너 유수지 ~ 현대백화점	P5-1	500	500	
		P5-2	480		
		P5-3	520		
6	둔촌 사거리 ~ 길동 사거리	P6-1	500	580	
		P6-2	480		
		P6-3	600		
8	잠실대교 밑 ~ 잠실주공5단지 529동	P8-1	480	500	
		P8-2	500		
9	잠실주공5단지 529동 ~ 롯데월드	P9-1	520	520	
10	잠실 사거리 ~ 삼성교	P10-1	180	100	
		P10-2	380		
		P10-3	400		
		P10-4	420		

(2) 2구간(상도LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
11	한강대교 ~ 동작구청 삼거리	P11-1	650	570	전위측정 최고:-230mV 최저:-650mV
12	극락정사 ~ 노량진로	P12-1	500	450	
13	동작구청 삼거리 ~ 장승백이	P13-1	400	350	
		P13-2	230		

(3) 3구간(대방LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
14	한강 샛강 합류점 ~ 여의교 하류	P14-1	530	500	전위측정 최고:-150mV 최저:-750mV
		P14-2	430		
		P14-3	450		
15	여의교 하류 ~ 영등포 결핵원	P15-1	370	350	
		P15-2	500		
		P15-3	520		
		P15-4	350		
16	영등포 결핵원 ~ 목동교	P16-1	500	320	
		P16-2	650		
		P16-3	580		
		P16-4	300		
17	목동교 ~ 도림교	P17-1	650	620	
		P17-2	450		
		P17-3	500		
		P17-4	600		
18	안양천.도림천 합류점 ~ 안양교	P18-1	570	620	
		P18-2	600		
		P18-3	580		
		P18-4	650		
		P18-5	620		
		P18-6	600		
19	당산역 사거리 ~ 영등포 정수장	P19-1	450	480	
		P19-2	520		
20	당산역 사거리 ~ 문래동 흙 플러스	P20-1	480	300	
		P20-2	320		
		P20-3	200		
		P20-4	460		

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
21	주)한국하이스별관 ~ 동양공전	P21-1	360	550	전위측정 최고:-150mV 최저:-750mV
		P21-2	420		
		P21-3	450		
		P21-4	380		
		P21-5	430		
23	당산중학교 ~ 영등포 로타리	P23-1	480	660	
		P23-2	500		
		P23-3	630		
24	동작세무서 ~ 대방삼거리	P24-1	550	580	
		P24-2	360		
		P24-3	550		
25	대방삼거리 ~ 영등포 로타리	P25-1	600	460	
		P25-2	560		
		P25-3	600		
26	영등포 로타리 ~ 당산동 한국화학시험소	P26-1	550	650	
		P26-2	380		
		P26-3	540		
27	영등포 로타리 ~ 지하철 7호선 신풍역	P27-1	580	550	
		P27-2	750		
		P27-3	600		
		P27-4	600		
28	지하철 7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	P28-1	450	300	
		P28-2	200 ~ 550		
		P28-3	150 ~ 200		
		P28-4	600		
29	가리봉5거리 ~ 구로동길 입구	P29-1	600	500	
30	대방삼거리 ~ 동작구청 삼거리	P30-1	420	620	

(4) 4구간(청담LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
31	배수지 ~ 종합전시장 사거리	P31-1	450	480	전위측정 최고:-350mV 최저:-670mV
32	종합전시장 사거리 ~ 삼성역 사거리	P32-1	500	520	
		P32-2	550		
33	삼성역 사거리 ~ 테헤란로 가스 충전소	P33-1	450	500	
		P33-2	480		
		P33-3	520		
34	종합전시장 사거리 ~ 차병원 사거리	P34-1	380	440	
		P34-2	440		
		P34-3	550		
		P34-4	670		
		P34-5	380		
35	배수지 ~ 영동대교	P35-1	500	400	
		P35-2	400		
		P35-3	350		
36	영동대교 ~ 청담동 한양3차@ 71동	P36-1	550	560	
		P36-2	550		
37	배수지 ~ 경기고 사거리	P37-1	460	480	
38	경기고 사거리 ~ 영동대교	P38-1	430	450	
		P38-2	520		

2. 측정분석

1) 평가기준

지하매설 금속관의 토양과의 부식방지 전위는 포화황산동 기준전극으로 아래표 에서 국내법규(상자부 고시 제1993-42호), NACE (STANDARD RP0169-92) 기준하여 -850mV 이하 적용하며, 본 조사지역 지하매설 금속관은 강관이 주류이며 과방식 한계는 NACE (STANDARD RP0169-92) 기준하여 -2,500mV 이하를 적용 한다.

(1)상수도 배관(전위를 이용한 부식 평가 기준)

ASTM(미국)		OTH(영국)	
전위(mV,CSE)	부식의 확률	전위(mV,CSE)	부식의 확률
-200mV에서(+)	90%이상 부식 없음	-200mV에서(+)	5%이하
-200 ~ -350mV	불확정	-200 ~ -350mV	50%
-350mV에서 (-)	90%이상 부식 있음	-350mV에서 (-)	95%이상

※ 적용 : ASTM (미국)

2) 관 대지전위 측정에 대한 평가

※본 조사결과 일반토양에서의 자연전위인 -300mV ~ -750mV 내에 있어 상당한 자연 부식이 진행되고 있을 것으로 판단이 되며, 자연부식은 전 구간에 걸쳐 일어나고 있는 것으로 나타났다. 또한 일부 구간에서 자연전위값이 높게 측정되었는데 이는 여러 가지 원인(토양,간섭등)이 있을 수 있으나 코팅 효율이 저하되었기 때문으로 사료됨. 방식전위가 -850mV 이하가 되도록 할 필요 가 있다고 본다 .

측 정 구 간	관 경(mm)	측정 개소		측정 결과 (mV)	평 가
		주간	야간		
1구간(광암LINE)	900 ~ 1,200	19	9	-100 ~ -720	자연부식
2구간(상도LINE)	700 ~ 1,000	4	3	-230 ~ -650	자연부식
3구간(대방LINE)	1,000 ~ 1,650	54	16	-150 ~ -750	자연부식
4구간(청담LINE)	700 ~ 1,000	19	8	-350 ~ -670	자연부식

3.2.4. ANODE BED 예정지의 조사

1. 측정결과

1) 측정결과

(1) 1구간(광암LINE)

(단위 : Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)		
1	A-1	0.34	3,204	0.4	5,026	0.5	7,853	0.56	10,555	0.6	13,194	15,889
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.8	25,132	0.8	27,646	0.8	30,159	
2	A-2	0.34	3,204	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	17,268
		0.7	17,592	0.7	19,792	0.8	25,132	0.9	31,101	1	37,699	
3	A-3	0.36	3,392	0.4	5,026	0.48	7,539	0.58	10,932	0.62	13,634	18,311
		0.68	17,090	0.75	21,205	0.9	28,274	1	34,557	1.1	41,469	
4	A-4	0.51	4,806	0.43	5,403	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,667
		0.64	16,084	0.8	22,619	0.86	27,017	0.95	32,829	0.98	36,945	
5	A-5	0.4	3,769	0.36	4,523	0.44	6,911	0.47	8,859	0.5	10,995	13,659
		0.54	13,571	0.52	14,702	0.7	21,991	0.72	24,881	0.7	26,389	
6	A-6	0.33	3,110	0.29	3,644	0.4	6,283	0.42	7,916	0.4	8,796	11,303
		0.37	9,299	0.45	12,723	0.57	17,907	0.6	20,734	0.6	22,619	
8	A-8	0.31	2,921	0.38	4,775	0.44	6,911	0.48	9,047	0.51	11,215	14,601
		0.54	13,571	0.54	15,268	0.78	24,504	0.8	27,646	0.8	30,159	
10	A-10-1	0.5	4,712	0.32	4,021	0.44	6,911	0.48	9,047	0.52	11,435	14,124
		0.53	13,320	0.52	14,702	0.74	23,247	0.74	25,572	0.75	28,274	
	A-10-2	0.4	3,769	0.28	3,518	0.38	5,969	0.4	7,539	0.41	9,016	11,306
		0.37	9,299	0.45	12,723	0.58	18,221	0.59	20,388	0.6	22,619	

(2) 2구간(상도LINE)

(단위: Ω cm)

구분 구간 NO.		15m		20m		25m		30m		35m		평균값
		40m		45m		50m		55m		60m		
		R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
11	A-11	0.71	6,691	0.72	9,047	0.7	10,995	0.78	14,702	0.8	17,592	20,218
		0.78	19,603	0.9	25,446	0.9	28,274	0.93	32,138	1	37,699	
12	A-12	0.37	3,487	0.72	9,047	0.74	11,623	0.78	14,702	0.8	17,592	24,023
		0.82	20,608	0.96	27,143	1	31,415	1.5	51,836	1.4	52,778	
13	A-13	0.63	5,937	0.7	8,796	0.68	10,681	0.78	14,702	0.75	16,493	22,637
		0.8	20,106	0.86	24,315	1	31,415	1.3	44,924	1.3	49,008	

(3) 3구간(대방LINE)

(단위: Ω cm)

구분 구간 NO.		15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
		40m		45m		50m		55m		60m			
		R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)		
14	A-14	0.25	2,356	0.2	2,513	0.28	4,398	0.32	6,031	0.47	10,335	15,710	
		0.5	12,566	0.65	18,378	0.9	28,274	1	34,557	1	37,699		
15	A-15-1	0.18	1,696	0.24	3,015	0.23	3,612	0.3	5,654	0.3	6,597	11,309	
		0.3	7,539	0.45	12,723	0.69	21,676	0.7	24,190	0.7	26,389		
	A-15-2	0.36	3,392	0.25	3,141	0.3	4,712	0.3	5,654	0.35	7,696		13,816
		0.6	15,079	0.7	19,792	0.72	22,619	0.75	25,918	0.7	30,159		
16	A-16	0.3	2,827	0.3	3,769	0.3	4,712	0.4	7,539	0.7	15,393	14,919	
		0.68	17,090	0.7	19,792	0.7	21,991	0.75	25,918	0.7	30,159		

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω m)	R(Ω)	2π aR (Ω m)	R(Ω)	2π aR (Ω m)	R(Ω)	2π aR (Ω m)		
17	A-17-1	0.38	3,581	0.25	3,141	0.28	4,398	0.35	6,597	0.3	6,597	12,091
		0.4	10,053	0.55	15,550	0.65	20,420	0.7	24,190	0.7	26,389	
	A-17-2	0.32	3,015	0.25	3,141	0.28	4,398	0.35	6,597	0.29	6,377	11,928
		0.39	9,801	0.54	15,268	0.64	20,106	0.7	24,190	0.7	26,389	
18	A-18-1	0.34	3,204	0.25	3,141	0.3	4,712	0.3	5,654	0.34	7,476	13,106
		0.6	15,079	0.7	19,792	0.72	22,619	0.72	24,881	0.65	24,504	
	A-18-2	0.4	3,769	0.3	3,769	0.3	4,712	0.4	7,539	0.7	15,393	14,636
		0.67	16,838	0.7	19,792	0.72	22,619	0.75	25,918	0.69	26,012	
19	A-19-1	0.37	3,487	0.25	3,141	0.28	4,398	0.31	5,843	0.29	6,377	11,774
		0.39	9,801	0.52	14,702	0.64	20,106	0.68	23,499	0.7	26,389	
	A-19-2	0.34	3,204	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	16,483
		0.65	16,336	0.65	18,378	0.75	23,561	0.85	29,373	0.95	35,814	
20	A-20	0.21	1,979	0.25	3,141	0.28	4,398	0.35	6,597	0.29	6,377	12,559
		0.5	12,566	0.6	16,964	0.64	20,106	0.74	25,572	0.74	27,897	
21	A-21-1	0.34	3,204	0.3	3,769	0.35	5,497	0.45	8,482	0.6	13,194	14,142
		0.67	16,838	0.65	18,378	0.72	22,619	0.7	24,190	0.67	25,258	
	A-21-2	0.67	6,314	0.72	9,047	0.7	10,995	0.78	14,702	0.8	17,592	21,192
		0.78	19,603	1	28,274	1	31,415	1.05	36,285	1	37,699	
23	A-23	0.29	2,733	0.3	3,769	0.34	5,340	0.45	8,482	0.7	15,393	15,066
		0.68	17,090	0.7	19,792	0.7	21,991	0.75	25,918	0.7	30,159	

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)		
24	A-24	0.46	4,335	0.43	5,403	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,897
		0.7	17,592	0.8	22,619	0.89	28,274	0.95	32,829	0.98	36,945	
25	A-25	0.4	3,769	0.4	5,026	0.48	7,539	0.58	10,932	0.7	15,393	19,185
		0.68	17,090	0.75	21,205	0.9	31,415	1.1	38,013	1.1	41,469	
26	A-26	0.34	3,204	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	16,954
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.8	25,132	0.9	31,101	0.95	35,814	
27	A-27-1	0.68	6,408	0.7	8,796	0.68	10,681	0.78	14,702	0.75	16,493	22,684
		0.8	20,106	0.86	24,315	1	31,415	1.3	44,924	1.3	49,008	
	A-27-2	0.51	4,806	0.43	5,403	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,893
		0.73	18,346	0.8	22,619	0.86	27,017	0.95	32,829	0.98	36,945	
28	A-28-1	0.26	2,450	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	17,272
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.87	27,331	0.95	32,829	0.95	35,814	
	A-28-2	0.13	1,225	0.24	3,015	0.23	3,612	0.2	3,769	0.2	4,398	9,031
		0.2	5,026	0.25	7,068	0.6	18,849	0.6	20,734	0.6	22,619	
29	A-29	0.53	4,995	0.45	5,654	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,711
		0.64	16,084	0.8	22,619	0.86	27,017	0.95	32,829	0.98	36,945	
30	A-30	0.27	2,544	0.4	5,026	0.52	8,168	0.59	11,121	0.65	14,294	17,353
		0.65	16,336	0.71	20,074	0.87	27,331	0.95	32,829	0.95	35,814	

(4) 4구간(청담LINE)

(단위: Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)		
31	A-31	0.38	3,581	0.3	3,769	0.35	5,497	0.45	8,482	0.58	12,754	13,819
		0.6	15,079	0.6	16,964	0.72	22,619	0.7	24,190	0.67	25,258	
32	A-32	0.35	3,298	0.37	4,649	0.35	5,497	0.5	9,424	0.6	13,194	14,519
		0.67	16,838	0.68	19,226	0.74	23,247	0.7	24,190	0.68	25,635	
34	A-34-1	0.18	1,696	0.24	3,015	0.23	3,612	0.3	5,654	0.3	6,597	10,837
		0.3	7,539	0.45	12,723	0.54	16,964	0.7	24,190	0.7	26,389	
	A-34-2	0.21	1,979	0.3	3,769	0.35	5,497	0.45	8,482	0.7	15,393	14,837
		0.75	18,849	0.75	21,205	0.72	22,619	0.7	24,190	0.7	26,389	
35	A-35	0.2	1,884	0.25	3,141	0.3	4,712	0.3	5,654	0.5	10,995	13,644
		0.6	15,079	0.7	19,792	0.72	22,619	0.72	24,881	0.7	27,689	
36	A-36	0.28	2,638	0.25	3,141	0.28	4,398	0.3	5,654	0.29	6,377	11,767
		0.39	9,801	0.53	14,985	0.64	20,106	0.7	24,190	0.7	26,389	
37	A-37	0.2	1,884	0.24	3,015	0.23	3,612	0.28	5,277	0.3	6,597	10,206
		0.3	7,539	0.45	12,723	0.52	16,336	0.65	22,462	0.6	22,619	
38	A-38	0.48	4,523	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	16,238
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.7	21,991	0.8	27,646	0.99	33,929	

2) DEEP WELL 토양 비저항의 평균값

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	$2\pi aR(\Omega \text{ Cm})$	설계반영 DEEP WELL 깊이	비 고
1	A-1	15,889	45m	
2	A-2	17,268	45m	
3	A-3	18,311	40m	
4	A-4	17,667	40m	
5	A-5	13,659	45m	
6	A-6	11,303	45m	
8	A-8	14,601	45m	
10	A-10-1	14,124	45m	
	A-10-2	11,306	45m	
11	A-11	20,218	40m	
12	A-12	24,023	35m	
13	A-13	22,637	35m	
14	A-14	15,710	45m	
15	A-15-1	11,309	45m	
	A-15-2	13,816	45m	
16	A-16	14,919	45m	
17	A-17	12,091	45m	
	A-17-1	11,928	45m	
18	A-18-1	13,106	45m	
	A-18-2	14,636	45m	
19	A-21	11,774	45m	
20	A-20	16,483	45m	
21	A-21-1	12,559	45m	
	A-21-2	14,142	40m	
23	A-23	21,192	45m	
24	A-24	17,897	40m	
25	A-25	19,185	40m	

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	$2\pi aR(\Omega Cm)$	설계반영 DEEP WELL 깊이	비 고
26	A-26	16,954	45m	
27	A-27-1	22,684	35m	
	A-27-1	17,893	40m	
28	A-28-1	17,272	45m	
	A-28-2	9,031	45m	
29	A-29	17,711	40m	
30	A-30	17,353	40m	
31	A-31	13,819	45m	
32	A-32	14,519	45m	
34	A-34-1	10,837	45m	
	A-34-2	14,837	40m	
35	A-35	13,644	45m	
36	A-36	11,767	45m	
37	A-37	10,206	45m	
38	A-38	16,238	45m	

3) 대지고유저항 측정에 대한 평가

위 측정 결과에서 보는 바와 같이 토양비저항의 평균값은 일반적인 토양의 비저항값을 나타내었으나 45m 이하 부터는 20,000[ohm-cm] 이상으로 측정된바 전기방식 설계 시 DEEP WELL 깊이를 45m 이하로 설계하는 것이 바람직하다고 사료됨 .

3.2.5. 가동전 시험

1.가 통전시험 결과

1) 1구간(광암LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
1	A-1			-2,500	-520			20V 1A
2	A-2	-500	-500	-6,800	-650			60V 7A
3	A-3			-2,500	-530			12V 0.5A
4	A-4	-500	-500	-7,300	-420	-480	-480	56V 20A
5	A-5	-500	-500	-8,200	-480	-520	-520	42V 20A
6	A-6	-500	-500	-7,800	-480	-600	-600	54V 20A
8	A-8			-7,200	-450	-500	-500	58V 20A
10	A-10-1	-200	-200	-8,400	-380	-400	-400	40V 20A
	A-10-2	-380	-380	-8,500	-400	-420	-420	38V 20A

2) 2구간(상도LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
11	A-11			-2,500	-650			14V 2A
12	A-12			-2,500	-500			20V 3A
13	A-13			-2,850	-400	-1,150	-230	20V 10A

3) 3구간(대방LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
14	A-14	-530	-530	-7,800	-430	-450	-450	50V 20A
15	A-15-1	-1,650	-620	-8,600	-500	-1,450	-500	58V 20A
	A-15-2	-1,250	-500	-8,400	-520	-350	-350	54V 20A
16	A-16	-620	-480	-8,500	-640	-380	-330	16V 20A
17	A-17-1	-580	-580	-8,000	-460	-650	-650	30V 20A
	A-17-2	-530	-530	-8,600	-520	-550	-550	32V 20A
18	A-18-1	-570	-570	-8,400	-600	-580	-580	58V 20A
	A-18-2	-650	-650	-7,800	-620	-600	-600	60V 20A

19	A-19			-2,000	-480	-500	-500	60V 13A
20	A-20	-500	-500	-6,500	-320	-600	-560	60V 15A
21	A-21-1	-560	-560	-8,200	-480	-450	-450	48V 20A
	A-21-2	-620	-620	-5,800	-520	-750	-750	60V 13A
23	A-23	-480	-480	-8,400	-500	-620	-620	30V 20A
24	A-24	-500	-500	-8,000	-500	-520	-520	60V 17A
25	A-25	-600	-600	-6,800	-650	-600	-600	60V 7A
26	A-26	-270	-270	-8,000	-500	-630	-630	60V 17A
27	A-27-1	-400	-400	-7,400	-750	-1,100	-700	56V 20A
	A-27-2	-750	-750	-8,200	-600	-600	-600	48V 20A
28	A-28-1	-450	-450	-8,500	-500	-200	-200	40V 20A
	A-28-2	-500	-500	-6,200	-200	-600	-600	60V 14A
29	A-29			-3,200	-350			10V 3A
30	A-30			-2,500	-420			20V 4A

4) 4구간(청담LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
31	A-31			-2,500	-450			30V 6A
32	A-32	-550	-530	-4,800	-800	-550	-500	60V 11A
34	A-34-1	-380	-380	-8,250	-440	-550	-550	40V 20A
	A-34-2	-550	-550	-8,600	-670	-380	-380	30V 20A
35	A-35	-1,200	-500	-5,200	-400	-1,350	350	60V 13A
36	A-36			-6,400	-550	-550	-550	38V 20A
37	A-37			-2,500	-550			8V 3A
38	A-38			-6,800	-450	-850	-550	40V 20A

다)가 통전시험 평가

1) 1구간 (광양LINE)

(1) 가 통점 (9개소)

A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-8, A-10-1, A-10-2 9개소

(2) 가 통전시험 방법

①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.

②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

(가) 구간 N0.1, 3은 변실 개소가 1개소 뿐이라 각각의 변실에서 가 통전을 실시 하였다. 소요전류가 각각 1A, 0.5A 일때 -2,500mV의 방식 전위를 나타냈으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 각 구간의 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 한다고 사료됨.

(나) 또한 나머지 구간은 평균 20A의 전류를 흘렸으나 BED점에서는 과방식이 일어나고 배관 전.후단 에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기되는 공급관이 절연이 되지 않아 방식면적이 증가되는 것이 큰 원인으로 판단이 되며 다량의 접지봉 설치와 주변의 철 구조물을 양극으로 하여 매설금속의 깊이가 낮아 관로를 따라 멀리 까지 전류방출이 되기에는 역부족인 것으로 본다. 그러므로 각 구간의 소요전류는 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 한다고 사료됨.

(4)결 론

①본 관로는 설계계산상 9개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정하여 위에서와 같이 가 통전을 실시하였고 ANODE BED위치로 선정을 한다.

②가 통전 결과 본 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식 면적이 증가하여 충분한 방식전위를 얻기에는 역부족으로 판단이 되었다.

③관로절연을 하고 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

2) 2구간 (상도LINE)

(1) 가통점 (3개소)

A-11, A-12, A-13 3개소

(2) 가 통전시험 방법

①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여

가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.

②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

(가) 구간 NO.11은 관로 연장이 1,467M중에 지하철 공사로 인하여 약 767M가 복공판 아래에 노출 되어있다. 그로 인해 변실 개소가 1개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시 하였다. 시험전류가 2A일 때 -2,500mV의 방식 전위를 나타내었으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 전 구간의 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 하고 지하철 공사로 인해 노출된 구간의 관로는 희생 양극식으로 설계하는 것이 효율적이라고 판단됨.

(나) 구간 NO.12은 변실 개소가 1개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시 하였다. 소요전류가 3A 일때 -2,500mV의 방식 전위를 나타냈으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 각 구간의 소요 전류로 보기 힘들다.

그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 한다고 사료됨.

(다) 구간 NO.13은 10A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 2,450mV가 분극이 되었고 배관 후단에서는 920mV가 분극 되어 방식 전위를 얻을 수 있었다.

그러므로 NO.13구간은 가 통전 시험 결과인 10A를 설계에 반영한다.

(4)결 론

①본 관로는 설계계산상 3개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정하여 위에서와 같이 가 통전을 실시하였고 ANODE BED위치로 선정을 한다.

②각 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식 면적이 증가하기 때문에 경제적이고 안정적인 전기방식을 하기 위해서는 분기관의 절연이 이루어져야 한다.

③DEEP WELL의 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

3) 3구간 (대방LINE)

(1) 가 통점 (22개소)

A-14, A-15-1, A-15-2, A-16, A-17-1, A-17-2, A-18-1, A-18-2, A-19, A-20,
A-21-1, A-21-2, A-23, A-24, A-25, A-26, A-27-1, A-27-2, A-28-1, A-28-2,
A-29, A-30 22개소

(2) 가 통전시험 방법

①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정 하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.

②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

(가) 구간 NO.A-15-1은 20A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 -8,600mV로 과방식이 되었으나 배관 전.후단에서는 1,030mV, 950mV가 분극 되어 방식전위를 얻을 수 있었다.

그러므로 본 구간은 DEEP WELL의 절연 깊이를 15M 이상으로 하고 가 통전 시험 결과인 20A를 설계에 반영한다.

(나) 구간 NO.A-15-2은 20A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 -8,400mV로 과방식이 되었고 배관 전단에서는 750mV가 분극 되어 방식전위를 얻을 수 있었으나 배관 후단에서는 전위변화가 없었다.

그러므로 본 구간은 DEEP WELL의 절연 깊이를 15M 이상으로 하고 각 분기되는 관로와 절연을 하고 가 통전 시험 결과인 20A를 설계에 반영한다.

(다) 구간 NO.19은 관로 연장이 2,273M중에 지하철 공사로 인하여 약 1,200M가 복공판 아래에 노출 되어있다. 그로 인해 변실 개소가 2개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시하였다. 시험전류 13A을 통전 시켰으나 BED점에서는 -2,000mV의 방식 전위를 나타내었으나 배관 후단에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기관의 절연이 되어있지 않고 지하철 공사로 인한 노출부가 있어 전류가 누설되는 것으로 사료됨. 그러므로 본 구간은 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 하고 지하철 공사로 인해 노출된 구간의 관로는 희생 양극식으로 설계하는 것이 효율적이라고 판단됨.

(라) 구간 NO.30은 관로 연장이 1,296M중에 지하철 공사로 인하여 약 600M가 복공판 아래에 노출 되어있다. 그로 인해 변실 개소가 1개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시하였다. 시험전류가 4A일 때 -2,500mV의 방식 전위를 나타

내었으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 전 구간의 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 하고 지하철 공사로 인해 노출된 구간의 관로는 희생 양극식으로 설계하는 것이 효율적이라고 판단됨. (마) 또한 나머지 구간은 평균 20A의 전류를 흘렸으나 BED점에서는 과방식이 일어나고 배관 전.후단 에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기되는 공급관이 절연이 되지 않아 방식면적이 증가되는 것이 큰 원인으로 판단이 되며 다량의 접지봉 설치와 주변의 철 구조물을 양극으로 하여 매설금속의 깊이가 낮아 관로를 따라 멀리 까지 전류방출이 되기에는 역부족인 것으로 본다. 그러므로 각 구간의 소요전류는 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 한다고 사료됨.

(4)결 론

- ①본 관로는 설계계산상 22개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정하여 위에서와 같이 가 통전을 실시하였고 ANODE BED위치로 선정을 한다.
- ②가 통전 결과 본 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식 면적이 증가하여 충분한 방식전위를 얻기에는 역부족으로 판단이 되었다.
- ③관로절연을 하고 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.
- ④구간 NO.19, 30은 현재 지하철 공사로 인해 노출된 배관은 희생 양극식으로 설계 하는 것이 경제적인 면에서 효율적이라고 판단됨.

4) 4구간 (청담LINE)

(1) 가 통점 (8개소)

A-31, A-32, A-34-1, A-34-2, A-35, A-36, A-37, A-38 8개소

(2) 가 통전 시험 방법

- ①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정 하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.
- ②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

- (가) 구간 N0.31, 37은 변실 개소가 1개소 뿐이라 각각의 변실에서 가 통전을 실시하였다. 소요전류가 각각 6A, 3A 일때 -2,500mV의 방식 전위를 나타냈으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 각 구간의 전체 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 한다고 사료됨.
- (나) 구간 N0.35은 13A의 전류를 흘려 시험 하였다.
BED점에서는 -5,200mV로 과방식이 되었으나 배관 전.후단에서는 700mV, 1,000mV가 분극 되어 방식전위를 얻을 수 있었다.
그러므로 본 구간은 DEEP WELL의 절연 깊이를 15M 이상으로 하고 가 통전 시험 결과인 13A를 설계에 반영한다.
- (다) 또한 나머지 구간은 평균 20A의 전류를 흘렸으나 BED점에서는 과방식이 일어나고 배관 전.후단 에서는 전위 변화가 없었다.
이는 분기되는 공급관이 절연이 되지 않아 방식면적이 증가되는 것이 큰 원인으로 판단이 되며 다량의 접지봉 설치와 주변의 철 구조물을 양극으로 하여 매설금속의 깊이가 낮아 관로를 따라 멀리 까지 전류방출이 되기에는 역부족인 것으로 본다.
그러므로 각 구간의 소요전류는 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 한다고 사료됨.

(4)결 론

- ①본 관로는 설계계산상 8개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정한다.
- ②가 통전 결과 본 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식면적이 증가하여 충분한 방식전위를 얻기에는 역부족으로 판단이 되었다.
- ③관로절연을 하고 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

3.2.6. 부식속도 측정

3.2.7. 상수도 주변 타 매설물 파악 및 대관업무

1. 조사 결과

구간 NO.	위 치	주 소	소 유 주	바 고
1	A-1			
2	A-2			
3	A-3			
4	A-4			
5	A-5			
6	A-6			
8	A-8			
10	A-10-1			
	A-10-2			
11	A-11			
12	A-12			
13	A-13			
14	A-14			
15	A-15-1			
	A-15-2			

구간 NO	위 치	주 소	소 유 주	바 고
16	A-16			
17	A-17-1			
	A-17-2			
18	A-18-1			
	A-18-2			
19	A-19			
20	A-20			
21	A-21-1			

	A-21-2			
22	A-22			
23	A-23			
24	A-24			
25	A-25			
26	A-26			
27	A-27-1			
	A-27-2			
28	A-28-1			
	A-28-2			
29	A-29			
30	A-30			
31	A-31			
32	A-32			
34	A-34-1			
	A-34-2			
35	A-35			
36	A-36			
37	A-37			

3.2.8. 간섭 영향 조사

주.야간 전위 측정 결과 본 과업 구간에는 거의 간섭 영향이 없는 것으로 조사 되었 으며 구간 NO.1, 28에서 지하철로 인한 간섭 영향이 미미하게 있으나 추후 본 구간에 전기방식 설치를 하면 충분히 해소 될 수 있는 것으로 판단됨.

구간 NO.	위 치	주간전위	야간전위	간섭
		- mV	- mV	
1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	650~550	520~720	200mV
28	지하철7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	200~500	300	300mV

3.2.9. 절연보강 위치 조사

1. 관 절연저항 측정

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	위 치	절연관	비 고
1	R-1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-2		φ 900/ φ 400(분기)	절연설계반영
	R-3		φ 900/ φ 600(분기)	절연설계반영
2	R-4	삼전로타리~아시아선수촌@3동	φ 900/ φ 2200(연결)	절연설계반영
3	R-5	아시아선수촌@3동~올림픽빌딩	φ 900/ φ 400(분기)	절연설계반영
4	R-6	공단 삼거리 ~ 주공5단지 527동	φ 1,000/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-7		φ 1,000/ φ 400(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 1,000/ φ 1,500(연결)	절연설계반영
	R-9		φ 1,000/ φ 300(분기)	절연설계반영
5	R-10	풍납현대@101동 ~ 현대 백화점	φ 800/ φ 2,200(연결)	절연설계반영
	R-11		φ 800/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 800/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 800/ φ 350(분기)	절연설계반영
	R-2		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-3		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-4		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
6	R-5	둔촌 사거리 ~ 길동 사거리	φ 1,200/ φ 2,200(분기)	절연설계반영
	R-6		φ 1,200/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-7		φ 1,200/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 1,200/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-9		φ 1,200/ φ 1,000(분기)	절연설계반영
10	R-10	잠실 사거리 ~ 삼성교	φ 900/ φ 700(분기)	절연설계반영
	R-11		φ 900/ φ 900(연결)	절연설계반영
	R-12		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 900/ φ 100(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 900/ φ 700(분기)	절연설계반영

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	위 치	절연관	비 고
12	R-13	극락정사~노량진로	φ 800/ φ 500(분기)	절연설계반영
14	R-1	한강샛강 합류점 ~ 여의교 하류	φ 1,650/ φ 800(분기)	절연설계반영
	R-2		φ 1,650/ φ 1,650(분기)	절연설계반영
15	R-3	여의교 하류~영등포 결핵원	φ 1,650/ φ 500(분기)	절연설계반영
16	R-4	영등포 결핵원 ~ 목동교	φ 1,500/ φ 700(분기)	절연설계반영
	R-5		φ 1,500/ φ 800(분기)	절연설계반영
18	R-6	안양천.도림천 합류점 ~ 안양교	φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-7		φ 900/ φ 900(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 900/ φ 800(분기)	절연설계반영
19	R-9	당산역 사거리 ~ 영등포 정수장	φ 900/ φ 150(분기)	절연설계반영
	R-10		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-11		φ 900/ φ 1,000(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
21	R-13	경인로~동양공전	φ 700/ φ 200(분기)	절연설계반영
25	R-2	대방 삼거리 ~ 영등포 로타리	φ 700/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-3		φ 700/ φ 600(분기)	절연설계반영
27	R-4	영등포 로타리 ~ 지하철7호선 신풍역	φ 800/ φ 200(분기)	절연설계반영
	R-5		φ 800/ φ 600(분기)	절연설계반영
	R-6		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
28	R-7	지하철7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-9		φ 800/ φ 700(분기)	절연설계반영
	R-10		φ 800/ φ 600(분기)	절연설계반영
	R-11		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 800/ φ 800(연결)	절연설계반영
34	R-13	종합전시장~차병원사거리	φ 900/ φ 800(분기)	절연설계반영
36	R-12	영동대교~ 청담동한양3차@ 71동	φ 700/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 700/ φ 200(분기)	절연설계반영

3.2.10. 신내동 배류기 조사

1. 배류기 현황

- 배류기 사양 : 선택 배류기
- 배류기 정격 : DC 60V 100A
- 측정함 개소 : 1개소

2. 측정기기

- 직류고감도전압계 : 1 대
- 고감도전위기록계(E,P,R-2P) :1대
- 기준전극(CU/CUSO₄) : 1대
- 케이블, 리드선

3. 측정횟수

- 측정1개소 당 1회

4. 측정방법

1) 배류기 상태 점검

- 배류기 2차측 단선여부 확인
- 배류기 내부 점검 - SCR 및 다이오드, 내부소자 확인

2) 측정함

- 주.야간 전위 측정
- 배류기 ON - OFF 전위 측정

5. 측정 결과

1) 배류기 상태 점검

배류기의 상태는 양호함. 그러나 전류가 배류되지 않고 있음.

2) 주.야간 전위 측정

NO.	주간전위(mV)	야간전위(mV)	비고
1	-2,900 ~ 1,000	-950	

3) 배류기 ON - OFF 전위 측정

NO.	배류기 ON(mV)	배류기 OFF(mV)	비고
1	-2,900 ~ 1,000	-2,900 ~ 1,000	

6. 결 론

- 1) 현재 신내동 선택 배류기는 배류기 자체의 상태는 양호하나 전압이 50V 가까이 유입이 되어도 전혀 전류가 배류되지 않고 있는 상황임.
- 2) 야간에는 전위가 -950mV로 안정되게 방식이 되고 있으나 주간에는 지하철의 누설전류로 인하여 약 3,900mV의 간섭 영향이 발생 전식이 많이 우려되는 상황임.
- 3) 위 원인은 당초 배류점 선정이 잘 못 되어 유입되는 전류를 배류 시키지 못 하는 것으로 판단되므로 빠른 시일 안에 배류점 위치 선정을 조사하여 함.

3.3 설계 요약

제3장 측정 및 결과분석

3.1 측정목적 및 방법

3.2 측정 및 결과분석

3.3 설계 요약

제3장 측정 및 결과분석

3.1 측정목적 및 방법

3.1.1. 토양 비저항 측정

1. 측정목적

일반적으로 저항 율이 낮은 토양 중에서는 매설물의 부식현상이 심하게 일어난다. 토양의 저항 율을 지배하는 요소는 토양의 함수량이나, 가용성의 함유 염류 량이다. 토양의 저항 율(=대지 고유 저항 율)은 부식과 직접적인 관계를 가지며 매설물의 부식 원인을 추정, 방식 계획을 수립하기 위해서 일반적으로 대지고유저항 측정이 실시되고 있다.

2. 측정지점

비 방식 상수도 관로를 따라서 대지 고유저항을 측정할 수 있는 인도 부분에서 측정 하였다.

3. 측정횟수

측정횟수는 계절 등에 크게 영향이 없으므로 1회 실시 하였다.

4. 측정 깊이

서울시 비 방식 관로도를 참조로 650m내외 마다 측정을 하고 통상 지중매설관로의 매설 깊이는 약 2.4m 이상4.0m 지점에 있으며, 본 조사는 2.4m에서 5.2m까지의 고유 저항 값을 측정하여 방식 설계에 자료가 될 수 있도록 하였다.

측정 깊이는 2.4, 3.2, 4.0, 4.8, 5.2m 로 하였다

NO	측 정 구 간	대상길이[m]	측정개소
1	광암 직송 배수관로	11,198	14
2	상도 배수관로	2,900	4
3	대방 배수관로	31,992	38
4	청담 배수관로	10,246	13
계		56,336	69

3.1.2. 토양의 산성도 측정

1. 측정목적

PH는 금속체의 부식 속도에 영향을 주므로 토양의 자연부식 상태를 추정하고 방식 설계에 자료가 될 수 있도록 하였다.

2. 측정지점

측정지점은 비방식 상수도관로를 따라서 대지 고유저항을 측정하는 인도 부분에서 대지 고유저항측정과 함께 측정 하였다.

3. 측정횟수

토양의 산성도는 계절 등의 변화에 따라 변동될 수가 있으나 일반적인 경우에는 변동이 거의 없으므로 1회 측정을 하였다

3.1.3 관 대지전위 측정

1. 측정목적

기준전극은 포화 황산동 기준전극(Cu/CuSO_4)을 사용하여 비 방식관로의 대지 간 전위를 측정 기록하며 현재 비 방식관로의 부식 진행상태를 알 수가 있으며 가 통전 시험결과와의 차이를 확인하며 방식설계에 자료가 되게 하였다

또한 인근 주변 환경에 따른 매설 관 과 대지간의 전위차에 의한 전식의 정도를 비교 검토할 수 있는 기본 DATA로 활용할 수가 있다

2. 측정지점

지중매설관로의 변실을 기준으로 1Km이내 500m내외 간격으로 측정하며, 지중 매설 관로와 기준 전극간의 측정거리 간격은 가능한 관직상부에 기준전극을 설치하여 측정 오차를 최대한 줄였다.

3. 측정횟수

지중매설관로의 변실을 기준으로 1Km이내 500m내외 간격으로 Lead Cable을 설치한 측정점에서 주간에 1회 측정하고 상수관로가 지하철을 병행 또는 횡단하는 상수관로 연장구간은 36개소에서 야간에 1회 측정을 하였다.

3.1.4. ANODE BED 예정지 조사

1. 조사목적

전기 방식 중 외부 전원 법은 토양 중에 설치하는 양극과 피 방식 매설 관 사이에 직류 전원장치(정류기)를 전선으로 연결하고 양극으로부터 토양을 경유하여 매설 관에 방식 전류를 유입시켜 부식을 방지하는 방법으로서 ANOD BED 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정을 하였으며, 필요 방식 전류량을 계산하기 위하여 양극설치 위치의 토양비저항을 측정하여 방식 설계에 자료로 하였다.

2. 측정지점

본과업 수행조사 대상관로 가통전 시험결과 얻어진 ANODE BED위치 예정지당 1개소로 한다

3. 측정횟수

측정횟수는 계절 등에 크게 영향이 없으므로 1회 실시 하였다.

4. 측정 깊이

토양 비저항 값이 낮은 지역은 상대적으로 높은 지정보다 방식전류를 많이 흘릴 수가 있다.

토양 비저항 값을 깊이별로 측정을 하여 방식설계에 자료로 사용한다.

측정깊이는 15M부터 60M까지 로 하였다.

3.1.5. 가 통전 시험

1. 조사목적

비 방식 관로를 (-)극으로 하고 ANODE BED근처에 접지가 되어있는 금속 체를 양극(+)으로 하여 비 방식 관로에 방식전류를 흘려 실제 방식 전위가 되기까지의 방식전류를 측

정하고 필요로 하는 방식 전류 값을 방식 설계에 자료로 사용하고 측정결과에 안전율 (1.5)을 적용한다.

2. 측정지점

방식구간의 범위 내에서 방식 전류 값이 30A이하로 필요로 하는 비 방식 관로의 구간 위치 내에서 측정 한다.

3. 측정횟수

측정횟수는 계절 등에 크게 영향이 없으므로 1회 실시 하였다.

3.1.6. 부식속도 측정

1. 조사목적

상수도 관로의 부식속도를 측정하여 노후도 조사자료의 DB 구축을 위한 부식정도, 예상 수명 등을 고려한 경제성 분석을 한다.

2. 조사방법

본 현장의 부식속도 측정법은 직선분극저항 측정법으로 심도 2m 깊이 배관 주위에 배관과 같은 재질의 쿠폰과 황산동 기준전극, 상대전극인 티타늄 봉을 설치한다. 7일 경과 후 data를 측정 분석한다.

3. 측정 지점

Anode bed중 10개소를 감독 협의하에 선정한다.

3.1.7. 상수도 주변 타매설물 파악 및 대관업무

1. 조사목적

상수도 주변 매설물을 파악하고 ANODE BED 매설위치에 대한 지번, 소유자등을 조사한다.

2. 조사방법

현장조사를 거쳐 전력회사로부터의 전력수급 및 ANODE BED 위치(정류기, 정손박스 설치 및 DEEP WELL 매설등)로 적정한가를 확인한다.

3.1.8. 타배관 및 전철 간섭영향조사

1. 조사목적

인근에 타배관 또는 전철운행구간 등이 있는 경우에는 상수관로에 미주전류가 유입유출이 되게 하고 전식에 영향을 줄 수가 있어 상수관에 간섭영향 전위를 조사한다.

2. 조사방법

외부간섭이 우려되는 구간에서는 방식전위 연속 측정 장비로 측정기록을 확인한다.

3.1.9. 절연보강 위치 조사

1. 조사목적

정류기별 구간내 방식 효과를 높이기 위하여 절연개소를 조사한다.

2. 조사방법

절연보강 장소는 변실에서 실시하며 후렌지 접속구간으로서 절연와샤 및 절연스리브를 설치함으로써 효과적인 절연이 될 수 있는가를 확인하고 설계 반영한다.

3.2 측정 및 결과분석

3.2.1. 토양 비저항 측정

1. 측정결과

1) 측정결과

(1) 1구간(광암LINE)

(단위 : Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	
1	8	12,063	5.2	10,445	3.2	8,042	2.6	7,841	1.86	6,077	8,893
2	33	49,762	23	46,244	10	25,132	12.5	37,699	11	35,939	38,955
3	10	15,079	6.8	13,672	4.7	11,812	3.4	10,254	2.9	9,475	12,058
4	8.75	13,194	5.9	11,862	4.2	10,555	2.8	8,444	2.2	7,187	12,660
	12.2	18,397	8.4	16,889	5.7	14,325	4.5	13,571	3.73	12,186	
5	8.5	12,817	6.1	12,264	4.5	11,309	3.21	9,681	3.2	10,455	13,927
	12.3	18,547	8.5	17,090	6.2	15,582	5.2	15,682	4.85	15,846	
6	5.8	8,746	3.6	7,238	2.1	5,277	1.6	4,825	1.24	4,051	5,649
	5	7,539	3.1	6,232	1.9	4,775	1.4	4,222	1.1	3,593	
8	4.9	7,389	2.9	5,830	2	5,026	1.5	4,523	1.37	4,476	5,448
9	5.7	8,595	3.8	7,640	2.5	6,283	1.8	5,428	2.06	6,730	6,935
10	5.6	8,444	3.5	7,037	2.7	6,785	1.9	5,730	1.66	5,423	10,864
	11.5	17,341	8	16,084	5.9	14,828	4.2	12,666	3.66	11,958	
	9.1	13,722	6.2	12,465	4.6	11,561	3.2	9,650	2.84	9,279	
평균값		15,116		13,642		10,806		10,729		10,191	12,821

(2) 2구간(상도LINE)

(단위: Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	
11	11.6	17,492	8.2	16,487	6.1	15,330	4.5	13,571	3.82	12,480	12,811
	9	13,571	5.9	11,862	4.3	10,807	3.2	9,650	2.1	6,861	
12	13.2	19,905	9.2	18,497	7.1	17,844	5.6	16,889	5.18	16,924	18,011
13	12	18,095	8.6	17,291	6.7	16,838	5.7	17,190	4.7	15,356	16,954
평균값		17,265		16,034		15,204		14,325		12,905	15,925

(3) 3구간(대방LINE)

(단위: Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	
14	6.3	9,500	4	8,042	3	7,539	2.1	6,333	1.42	4,639	7,325
	6.4	9,650	4.2	8,444	3.1	7,791	2	6,031	1.62	5,292	
15	6.2	9,349	4.3	8,645	3.2	8,042	1.9	5,730	1.35	4,410	6,631
	5.9	8,896	3.9	7,841	2.8	7,037	1.7	5,127	1.3	4,247	
	5.6	8,444	3.5	7,037	2.4	6,031	1.6	4,825	1.17	3,822	
16	9.9	14,928	7.3	14,677	5.4	13,571	4.1	12,365	3.76	12,284	12,321
	9.4	14,174	6.3	12,666	4.1	10,304	3.2	9,650	2.63	8,592	
17	6.2	9,349	4.1	8,243	2.9	7,288	1.7	5,127	1.6	5,227	7,476
	6.2	9,349	4	8,042	2.7	6,785	1.86	5,609	1.5	4,900	
	6.6	9,952	4.5	9,047	3.4	8,545	2.7	8,143	2	6,534	

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
18	4.5	6,785	2.5	5,026	1.7	4,272	1.2	3,619	0.89	2,907	5,700
	5.8	8,746	3.5	7,037	2.3	5,780	1.7	5,127	1.06	3,463	
	5.7	8,595	3.7	7,439	2.2	5,529	1.6	4,825	1.95	6,371	
19	7.8	11,762	5.2	10,455	3.6	9,047	2.6	7,841	1.87	6,109	10,296
	9	13,571	6.2	12,465	4.8	12,063	3.8	11,460	3.28	10,716	
	8	12,063	5.4	10,857	3.8	9,550	3	9,047	2.28	7,449	
20	7.7	11,611	5	10,053	3.7	9,299	2.8	8,444	1.78	5,815	8,930
	7.2	10,857	4.7	9,449	3.3	8,293	2.6	7,841	2.34	7,645	
21	4.6	6,936	2.9	5,830	2	5,026	1.6	4,825	0.92	3,005	5,430
	6.2	9,349	4.1	8,243	2.9	7,288	2.2	6,635	1.89	6,175	
	3.5	5,277	2	4,021	1.2	3,015	0.85	2,563	1	3,267	
22	13.8	20,809	9.7	19,503	7.2	18,095	5.5	16,587	4.73	15,454	18,089
23	19.6	29,556	14.3	28,751	11	27,646	9	27,143	9	29,405	17,008
	4	6,031	2.8	5,629	2	5,026	1.5	4,523	1.95	6,371	
24	4.2	6,333	2.9	5,830	2.2	5,529	1.4	4,222	0.99	3,234	5,534
	5	7,539	3.2	6,433	2.4	6,031	1.8	5,428	1.46	4,770	
25	5.2	7,841	3.4	6,836	2.5	6,283	1.7	5,127	1.36	4,443	5,618
	4.3	6,484	2.9	5,830	2.1	5,277	1.6	4,825	0.99	3,234	
26	2	3,015	1.3	2,613	0.7	1,759	0.5	1,507	0.52	1,698	3,373
	3.9	5,881	2.3	4,624	1.7	4,272	1.4	4,222	1.27	4,149	
27	5.4	8,143	3.5	7,037	2.7	6,785	2.1	6,333	1.91	6,240	6,423
	5.3	7,992	3.3	6,635	2.7	6,785	2	6,031	1.98	6,469	
	4.6	6,936	5.5	6,031	2.1	5,277	1.6	4,825	1.48	4,835	

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
28	6.2	9,349	4.4	8,846	3.4	8,545	2.5	7,539	2.66	8,690	10,327
	8.7	13,119	6.1	12,264	4.7	11,812	3.2	9,650	4.12	13,461	
29	7.2	10,857	4.7	9,449	3.5	8,796	2.7	8,143	2.44	7,972	9,043
30	7	10,555	4.7	9,449	3.4	8,545	2.8	8,444	2.52	8,233	8,289
	5.8	8,746	4	8,042	2.8	7,037	2.1	6,333	2.3	7,514	
평균값		9,956		8,877		8,041		7,159		6,816	8,169

(4) 4구간(청담LINE)

(단위: Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
31	6.8	10,254	4.7	9,449	3.7	9,299	2.8	8,444	2.38	7,776	11,152
	9.8	14,778	6.7	13,471	5	12,566	4	12,063	4.11	13,428	
32	12	18,095	8.5	17,090	6.5	16,336	5.2	15,682	5.2	16,989	16,838
33	8.7	13,119	6.3	12,666	4.8	12,063	3.8	11,460	3.37	11,010	14,096
	11.3	17,039	8.2	16,487	6.2	15,582	4.9	14,778	5.13	16,761	
34	5.8	8,746	3.9	7,841	3	7,539	2.1	6,333	2.21	7,220	11,554
	7.6	11,460	5.2	10,455	4	10,053	3.2	9,650	3.41	11,141	
	11.6	17,492	8.3	16,688	6.3	15,833	4.8	14,476	5.63	18,394	
35	10.5	15,833	7.2	14,476	5.6	14,074	4.6	13,873	4.08	13,330	11,681
	7.2	10,857	5.2	10,455	4	10,053	2.7	8,143	1.75	5,717	
36	5	7,539	3.2	6,433	2.4	6,031	1.9	5,730	1.81	5,913	6,329
37	6.5	9,801	4.5	9,047	3.3	8,293	2.6	7,841	2.44	7,972	8,590

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
38	4.9	7,389	3.3	6,635	2.5	6,283	1.7	5,127	1.44	4,704	6,027
평균값		12,492		11,630		11,077		10,276		10,796	11,254

2) 평가기준

대지 고유 저항율에 의한 부식성은 각 학자마다 약간의 차이가 있으므로 평균치를 이용 하여 부식성을 평가한다.

(단위 : Ωm)

NO	부식성정도	F.O Waters	L.M Applegate	V.A Pritula	E.R Shepard	Romanoff
5	극심	0 ~ 9	0 ~ 10	0 ~ 5	0 ~ 5	< 7
4	약간심함	9 ~ 23	10 ~ 50	5 ~ 10	5 ~ 10	7 ~ 20
3	중	23 ~ 50	50 ~ 100	10 ~ 20		20 ~ 50
2	소	50 ~ 100	100 ~ 1,000	20 ~ 100		50 ~ 100
1	거의없음	> 100	> 1,000	> 100		> 100

※ 일본 GAS협회, GAS도관 HAND BOOK P5. 1982년 TOKYO

※ 적용 : Romanoff

3) 대지 고유저항 측정에 대한 평가

측정된 깊이별 대지 고유 저항값의 산술 평균 값으로 평가한다.

(단위 : ΩCm)

NO	측정 구간	평균 대지 고유저항	부식성
1	1구간(광암LINE)	12,821	자연부식
2	2구간(상도LINE)	15,925	자연부식
3	3구간(대방LINE)	8,169	자연부식
4	4구간(청담LINE)	11,254	자연부식

4) 측정 결과 분석

토양비저항은 토양 속에 금속관로의 매개 질로서 그 값에 따라서 부식 진행 상태를 알 수가 있다

대지 토양 비저항 측정결과가 위 4)와 같이 나타났으며 구간별 측정평균값에 따라 분석하면 전체적으로 부식이 계속 진행 되고 있는 것으로 나타났고, 특히 3구간 (대방LINE)이 그중 심하게 일어나고 있는 것으로 판단 한다.

또한 토양 비저항 값은 방식설비의 소요전류 값을 산출 할 때에 직접관계가 있으므로 설계 시 적용한다.

3.2.2. 토양의 산성도 측정

1. 측정결과

1) 1구간 (광암LINE)

구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	비고
1	5	45	6	6	45	pH평균:5.6 습도평균:54%
2	6	50		5.5	40	
3	5.5	50	8	5	35	
4	5.5	40	9	5	40	
	6	55		6	45	
5	5.5	60	10	5.5	45	
	5.5	60		6	40	

2) 2구간 (상도LINE)

구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	비고
11	5.5	45	12	5	50	pH평균:5.3 습도평균:47%
	4.5	40	13	6	54	

3) 3구간 (대방LINE)

구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	비고
14	5.5	50	17	6	40	
	5	50		5.5	45	
15	6	45		5	50	
	5.5	55	18	5	45	
	5	60		5.5	40	
16	4.5	65	19	5	50	
	5	45		4.5	55	

구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	비고
19	5	45	25	4.5	45	pH평균:5.3 습도평균:50%
	5.5	50		5	40	
20	6	60	26	5.5	45	
	6.5	55		6	50	
21	5	50	27	5.5	50	
	4.5	60		5	50	
	5	55		5.5	45	
22	5	50	28	5	40	
23	6	50		4.5	45	
	6.5	60	29	5	50	
24	5	50	30	5.5	55	
	5.5	55		6	50	

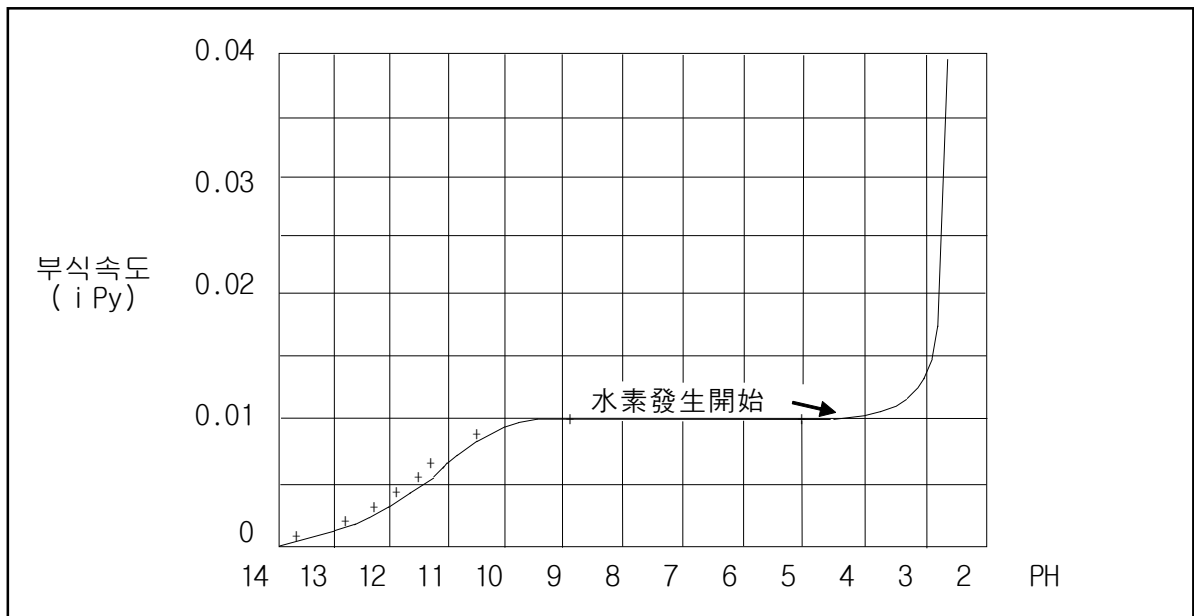
4) 4구간 (청담LINE)

구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	비고
31	5	50	34	5.5	45	pH평균:5.4 습도평균:54%
	4.5	55	35	5.5	65	
32	5.5	50		6	55	
33	5.5	60	36	5.5	50	
	5	55	37	6	55	
34	6	45	38	5.5	60	
	5	50				

2. 측정분석

1) 평가기준

아래 일본 GAS도관 RAND BOOK P4. 1982년 TOKYO 도표에서 토양의 산성도가 부식에 미치는 영향은 PH4이하인 강산성인 경우 부식성이 급격히 증가하고, PH13 이상인 강 알칼리성인 경우 부식성이 거의 없는 상태가 된다.



2) 토양산성도 측정에 대한 평가

본 조사에서는 PH4.8 ~ 7.4 으로 일반적인 부식상태를 나타내는 지역으로 직접 부식에 미치는 영향은 거의 없음을 알 수가 있었으며 일반적인 토양부식 상태를 나타낼 것으로 예상된다.

측정 장소	산성도(pH)	습도(%)	평가	비고
1구간(광암LINE)	5.6	54	자연부식	
2구간(상도LINE)	5.3	47	자연부식	
3구간(대방LINE)	5.3	50	자연부식	
4구간(청담LINE)	5.4	54	자연부식	

3) 분석결과

PH4 이하인 강산성에서는 부식이 심하게 일어나지만 본 조사에서는 PH가 직접 부식에 미치는 영향은 거의 없어 PH에 의한 토양부식은 우려하지 않아도 되며 PH에 의한 부식대책은 별도로 고려하지 않아도 된다.

3.2.3 관 대지전위 측정 (P/S)

1. 측정결과

(1) 1구간(광양LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	P1-1	650 ~ 550	520 ~ 720	전위측정 최고:-100mV 최저:-720mV
2	삼전로타리 ~ 아시아선수촌@3동 앞	P2-1	480	500	
		P2-2	650		
3	아시아선수촌@3동 ~ 올림픽빌딩	P3-1	580	600	
4	공단삼거리 ~ 주공5단지 527동	P4-1	420	480	
		P4-2	480		
5	풍납현대@101동 건너 유수지 ~ 현대백화점	P5-1	500	500	
		P5-2	480		
		P5-3	520		
6	둔촌 사거리 ~ 길동 사거리	P6-1	500	580	
		P6-2	480		
		P6-3	600		
8	잠실대교 밑 ~ 잠실주공5단지 529동	P8-1	480	500	
		P8-2	500		
9	잠실주공5단지 529동 ~ 롯데월드	P9-1	520	520	
10	잠실 사거리 ~ 삼성교	P10-1	180	100	
		P10-2	380		
		P10-3	400		
		P10-4	420		

(2) 2구간(상도LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
11	한강대교 ~ 동작구청 삼거리	P11-1	650	570	전위측정 최고:-230mV 최저:-650mV
12	극락정사 ~ 노량진로	P12-1	500	450	
13	동작구청 삼거리 ~ 장승백이	P13-1	400	350	
		P13-2	230		

(3) 3구간(대방LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
14	한강 샛강 합류점 ~ 여의교 하류	P14-1	530	500	전위측정 최고:-150mV 최저:-750mV
		P14-2	430		
		P14-3	450		
15	여의교 하류 ~ 영등포 결핵원	P15-1	370	350	
		P15-2	500		
		P15-3	520		
		P15-4	350		
16	영등포 결핵원 ~ 목동교	P16-1	500	320	
		P16-2	650		
		P16-3	580		
		P16-4	300		
17	목동교 ~ 도림교	P17-1	650	620	
		P17-2	450		
		P17-3	500		
		P17-4	600		
18	안양천.도림천 합류점 ~ 안양교	P18-1	570	620	
		P18-2	600		
		P18-3	580		
		P18-4	650		
		P18-5	620		
		P18-6	600		
19	당산역 사거리 ~ 영등포 정수장	P19-1	450	480	
		P19-2	520		
20	당산역 사거리 ~ 문래동 흙 플러스	P20-1	480	300	
		P20-2	320		
		P20-3	200		
		P20-4	460		

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
21	주)한국하이스별관 ~ 동양공전	P21-1	360	550	전위측정 최고:-150mV 최저:-750mV
		P21-2	420		
		P21-3	450		
		P21-4	380		
		P21-5	430		
23	당산중학교 ~ 영등포 로타리	P23-1	480	660	
		P23-2	500		
		P23-3	630		
24	동작세무서 ~ 대방삼거리	P24-1	550	580	
		P24-2	360		
		P24-3	550		
25	대방삼거리 ~ 영등포 로타리	P25-1	600	460	
		P25-2	560		
		P25-3	600		
26	영등포 로타리 ~ 당산동 한국화학시험소	P26-1	550	650	
		P26-2	380		
		P26-3	540		
27	영등포 로타리 ~ 지하철 7호선 신풍역	P27-1	580	550	
		P27-2	750		
		P27-3	600		
		P27-4	600		
28	지하철 7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	P28-1	450	300	
		P28-2	200 ~ 550		
		P28-3	150 ~ 200		
		P28-4	600		
29	가리봉5거리 ~ 구로동길 입구	P29-1	600	500	
30	대방삼거리 ~ 동작구청 삼거리	P30-1	420	620	

(4) 4구간(청담LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
31	배수지 ~ 종합전시장 사거리	P31-1	450	480	전위측정 최고:-350mV 최저:-670mV
32	종합전시장 사거리 ~ 삼성역 사거리	P32-1	500	520	
		P32-2	550		
33	삼성역 사거리 ~ 테헤란로 가스 충전소	P33-1	450	500	
		P33-2	480		
		P33-3	520		
34	종합전시장 사거리 ~ 차병원 사거리	P34-1	380	440	
		P34-2	440		
		P34-3	550		
		P34-4	670		
		P34-5	380		
35	배수지 ~ 영동대교	P35-1	500	400	
		P35-2	400		
		P35-3	350		
36	영동대교 ~ 청담동 한양3차@ 71동	P36-1	550	560	
		P36-2	550		
37	배수지 ~ 경기고 사거리	P37-1	460	480	
38	경기고 사거리 ~ 영동대교	P38-1	430	450	
		P38-2	520		

2. 측정분석

1) 평가기준

지하매설 금속관의 토양과의 부식방지 전위는 포화황산동 기준전극으로 아래표 에서 국내법규(상자부 고시 제1993-42호), NACE (STANDARD RP0169-92) 기준하여 -850mV 이하 적용하며, 본 조사지역 지하매설 금속관은 강관이 주류이며 과방식 한계는 NACE (STANDARD RP0169-92) 기준하여 -2,500mV 이하를 적용 한다.

(1)상수도 배관(전위를 이용한 부식 평가 기준)

ASTM(미국)		OTH(영국)	
전위(mV,CSE)	부식의 확률	전위(mV,CSE)	부식의 확률
-200mV에서(+)	90%이상 부식 없음	-200mV에서(+)	5%이하
-200 ~ -350mV	불확정	-200 ~ -350mV	50%
-350mV에서 (-)	90%이상 부식 있음	-350mV에서 (-)	95%이상

※ 적용 : ASTM (미국)

2) 관 대지전위 측정에 대한 평가

※본 조사결과 일반토양에서의 자연전위인 -300mV ~ -750mV 내에 있어 상당한 자연 부식이 진행되고 있을 것으로 판단이 되며, 자연부식은 전 구간에 걸쳐 일어나고 있는 것으로 나타났다. 또한 일부 구간에서 자연전위값이 높게 측정되었는데 이는 여러 가지 원인(토양,간섭등)이 있을 수 있으나 코팅 효율이 저하되었기 때문으로 사료됨. 방식전위가 -850mV 이하가 되도록 할 필요 가 있다고 본다 .

측 정 구 간	관 경(mm)	측정 개소		측정 결과 (mV)	평 가
		주간	야간		
1구간(광암LINE)	900 ~ 1,200	19	9	-100 ~ -720	자연부식
2구간(상도LINE)	700 ~ 1,000	4	3	-230 ~ -650	자연부식
3구간(대방LINE)	1,000 ~ 1,650	54	16	-150 ~ -750	자연부식
4구간(청담LINE)	700 ~ 1,000	19	8	-350 ~ -670	자연부식

3.2.4. ANODE BED 예정지의 조사

1. 측정결과

1) 측정결과

(1) 1구간(광암LINE)

(단위 : Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)		
1	A-1	0.34	3,204	0.4	5,026	0.5	7,853	0.56	10,555	0.6	13,194	15,889
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.8	25,132	0.8	27,646	0.8	30,159	
2	A-2	0.34	3,204	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	17,268
		0.7	17,592	0.7	19,792	0.8	25,132	0.9	31,101	1	37,699	
3	A-3	0.36	3,392	0.4	5,026	0.48	7,539	0.58	10,932	0.62	13,634	18,311
		0.68	17,090	0.75	21,205	0.9	28,274	1	34,557	1.1	41,469	
4	A-4	0.51	4,806	0.43	5,403	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,667
		0.64	16,084	0.8	22,619	0.86	27,017	0.95	32,829	0.98	36,945	
5	A-5	0.4	3,769	0.36	4,523	0.44	6,911	0.47	8,859	0.5	10,995	13,659
		0.54	13,571	0.52	14,702	0.7	21,991	0.72	24,881	0.7	26,389	
6	A-6	0.33	3,110	0.29	3,644	0.4	6,283	0.42	7,916	0.4	8,796	11,303
		0.37	9,299	0.45	12,723	0.57	17,907	0.6	20,734	0.6	22,619	
8	A-8	0.31	2,921	0.38	4,775	0.44	6,911	0.48	9,047	0.51	11,215	14,601
		0.54	13,571	0.54	15,268	0.78	24,504	0.8	27,646	0.8	30,159	
10	A-10-1	0.5	4,712	0.32	4,021	0.44	6,911	0.48	9,047	0.52	11,435	14,124
		0.53	13,320	0.52	14,702	0.74	23,247	0.74	25,572	0.75	28,274	
	A-10-2	0.4	3,769	0.28	3,518	0.38	5,969	0.4	7,539	0.41	9,016	11,306
		0.37	9,299	0.45	12,723	0.58	18,221	0.59	20,388	0.6	22,619	

(2) 2구간(상도LINE)

(단위: Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)		
11	A-11	0.71	6,691	0.72	9,047	0.7	10,995	0.78	14,702	0.8	17,592	20,218
		0.78	19,603	0.9	25,446	0.9	28,274	0.93	32,138	1	37,699	
12	A-12	0.37	3,487	0.72	9,047	0.74	11,623	0.78	14,702	0.8	17,592	24,023
		0.82	20,608	0.96	27,143	1	31,415	1.5	51,836	1.4	52,778	
13	A-13	0.63	5,937	0.7	8,796	0.68	10,681	0.78	14,702	0.75	16,493	22,637
		0.8	20,106	0.86	24,315	1	31,415	1.3	44,924	1.3	49,008	

(3) 3구간(대방LINE)

(단위: Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)		
14	A-14	0.25	2,356	0.2	2,513	0.28	4,398	0.32	6,031	0.47	10,335	15,710
		0.5	12,566	0.65	18,378	0.9	28,274	1	34,557	1	37,699	
15	A-15-1	0.18	1,696	0.24	3,015	0.23	3,612	0.3	5,654	0.3	6,597	11,309
		0.3	7,539	0.45	12,723	0.69	21,676	0.7	24,190	0.7	26,389	
	A-15-2	0.36	3,392	0.25	3,141	0.3	4,712	0.3	5,654	0.35	7,696	13,816
		0.6	15,079	0.7	19,792	0.72	22,619	0.75	25,918	0.7	30,159	
16	A-16	0.3	2,827	0.3	3,769	0.3	4,712	0.4	7,539	0.7	15,393	14,919
		0.68	17,090	0.7	19,792	0.7	21,991	0.75	25,918	0.7	30,159	

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω m)	R(Ω)	2π aR (Ω m)	R(Ω)	2π aR (Ω m)	R(Ω)	2π aR (Ω m)		
17	A-17-1	0.38	3,581	0.25	3,141	0.28	4,398	0.35	6,597	0.3	6,597	12,091
		0.4	10,053	0.55	15,550	0.65	20,420	0.7	24,190	0.7	26,389	
	A-17-2	0.32	3,015	0.25	3,141	0.28	4,398	0.35	6,597	0.29	6,377	11,928
		0.39	9,801	0.54	15,268	0.64	20,106	0.7	24,190	0.7	26,389	
18	A-18-1	0.34	3,204	0.25	3,141	0.3	4,712	0.3	5,654	0.34	7,476	13,106
		0.6	15,079	0.7	19,792	0.72	22,619	0.72	24,881	0.65	24,504	
	A-18-2	0.4	3,769	0.3	3,769	0.3	4,712	0.4	7,539	0.7	15,393	14,636
		0.67	16,838	0.7	19,792	0.72	22,619	0.75	25,918	0.69	26,012	
19	A-19-1	0.37	3,487	0.25	3,141	0.28	4,398	0.31	5,843	0.29	6,377	11,774
		0.39	9,801	0.52	14,702	0.64	20,106	0.68	23,499	0.7	26,389	
	A-19-2	0.34	3,204	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	16,483
		0.65	16,336	0.65	18,378	0.75	23,561	0.85	29,373	0.95	35,814	
20	A-20	0.21	1,979	0.25	3,141	0.28	4,398	0.35	6,597	0.29	6,377	12,559
		0.5	12,566	0.6	16,964	0.64	20,106	0.74	25,572	0.74	27,897	
21	A-21-1	0.34	3,204	0.3	3,769	0.35	5,497	0.45	8,482	0.6	13,194	14,142
		0.67	16,838	0.65	18,378	0.72	22,619	0.7	24,190	0.67	25,258	
	A-21-2	0.67	6,314	0.72	9,047	0.7	10,995	0.78	14,702	0.8	17,592	21,192
		0.78	19,603	1	28,274	1	31,415	1.05	36,285	1	37,699	
23	A-23	0.29	2,733	0.3	3,769	0.34	5,340	0.45	8,482	0.7	15,393	15,066
		0.68	17,090	0.7	19,792	0.7	21,991	0.75	25,918	0.7	30,159	

구분 구간 NO.		15m		20m		25m		30m		35m		평균값
		40m		45m		50m		55m		60m		
		R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
24	A-24	0.46	4,335	0.43	5,403	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,897
		0.7	17,592	0.8	22,619	0.89	28,274	0.95	32,829	0.98	36,945	
25	A-25	0.4	3,769	0.4	5,026	0.48	7,539	0.58	10,932	0.7	15,393	19,185
		0.68	17,090	0.75	21,205	0.9	31,415	1.1	38,013	1.1	41,469	
26	A-26	0.34	3,204	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	16,954
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.8	25,132	0.9	31,101	0.95	35,814	
27	A-27-1	0.68	6,408	0.7	8,796	0.68	10,681	0.78	14,702	0.75	16,493	22,684
		0.8	20,106	0.86	24,315	1	31,415	1.3	44,924	1.3	49,008	
	A-27-2	0.51	4,806	0.43	5,403	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,893
		0.73	18,346	0.8	22,619	0.86	27,017	0.95	32,829	0.98	36,945	
28	A-28-1	0.26	2,450	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	17,272
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.87	27,331	0.95	32,829	0.95	35,814	
	A-28-2	0.13	1,225	0.24	3,015	0.23	3,612	0.2	3,769	0.2	4,398	9,031
		0.2	5,026	0.25	7,068	0.6	18,849	0.6	20,734	0.6	22,619	
29	A-29	0.53	4,995	0.45	5,654	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,711
		0.64	16,084	0.8	22,619	0.86	27,017	0.95	32,829	0.98	36,945	
30	A-30	0.27	2,544	0.4	5,026	0.52	8,168	0.59	11,121	0.65	14,294	17,353
		0.65	16,336	0.71	20,074	0.87	27,331	0.95	32,829	0.95	35,814	

(4) 4구간(청담LINE)

(단위: Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)		
31	A-31	0.38	3,581	0.3	3,769	0.35	5,497	0.45	8,482	0.58	12,754	13,819
		0.6	15,079	0.6	16,964	0.72	22,619	0.7	24,190	0.67	25,258	
32	A-32	0.35	3,298	0.37	4,649	0.35	5,497	0.5	9,424	0.6	13,194	14,519
		0.67	16,838	0.68	19,226	0.74	23,247	0.7	24,190	0.68	25,635	
34	A-34-1	0.18	1,696	0.24	3,015	0.23	3,612	0.3	5,654	0.3	6,597	10,837
		0.3	7,539	0.45	12,723	0.54	16,964	0.7	24,190	0.7	26,389	
	A-34-2	0.21	1,979	0.3	3,769	0.35	5,497	0.45	8,482	0.7	15,393	14,837
		0.75	18,849	0.75	21,205	0.72	22,619	0.7	24,190	0.7	26,389	
35	A-35	0.2	1,884	0.25	3,141	0.3	4,712	0.3	5,654	0.5	10,995	13,644
		0.6	15,079	0.7	19,792	0.72	22,619	0.72	24,881	0.7	27,689	
36	A-36	0.28	2,638	0.25	3,141	0.28	4,398	0.3	5,654	0.29	6,377	11,767
		0.39	9,801	0.53	14,985	0.64	20,106	0.7	24,190	0.7	26,389	
37	A-37	0.2	1,884	0.24	3,015	0.23	3,612	0.28	5,277	0.3	6,597	10,206
		0.3	7,539	0.45	12,723	0.52	16,336	0.65	22,462	0.6	22,619	
38	A-38	0.48	4,523	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	16,238
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.7	21,991	0.8	27,646	0.99	33,929	

2) DEEP WELL 토양 비저항의 평균값

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	$2\pi aR(\Omega \text{ Cm})$	설계반영 DEEP WELL 깊이	비 고
1	A-1	15,889	45m	
2	A-2	17,268	45m	
3	A-3	18,311	40m	
4	A-4	17,667	40m	
5	A-5	13,659	45m	
6	A-6	11,303	45m	
8	A-8	14,601	45m	
10	A-10-1	14,124	45m	
	A-10-2	11,306	45m	
11	A-11	20,218	40m	
12	A-12	24,023	35m	
13	A-13	22,637	35m	
14	A-14	15,710	45m	
15	A-15-1	11,309	45m	
	A-15-2	13,816	45m	
16	A-16	14,919	45m	
17	A-17	12,091	45m	
	A-17-1	11,928	45m	
18	A-18-1	13,106	45m	
	A-18-2	14,636	45m	
19	A-21	11,774	45m	
20	A-20	16,483	45m	
21	A-21-1	12,559	45m	
	A-21-2	14,142	40m	
23	A-23	21,192	45m	
24	A-24	17,897	40m	
25	A-25	19,185	40m	

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	$2\pi aR(\Omega Cm)$	설계반영 DEEP WELL 깊이	비 고
26	A-26	16,954	45m	
27	A-27-1	22,684	35m	
	A-27-1	17,893	40m	
28	A-28-1	17,272	45m	
	A-28-2	9,031	45m	
29	A-29	17,711	40m	
30	A-30	17,353	40m	
31	A-31	13,819	45m	
32	A-32	14,519	45m	
34	A-34-1	10,837	45m	
	A-34-2	14,837	40m	
35	A-35	13,644	45m	
36	A-36	11,767	45m	
37	A-37	10,206	45m	
38	A-38	16,238	45m	

3) 대지고유저항 측정에 대한 평가

위 측정 결과에서 보는 바와 같이 토양비저항의 평균값은 일반적인 토양의 비저항값을 나타내었으나 45m 이하 부터는 20,000[ohm-cm] 이상으로 측정된바 전기방식 설계 시 DEEP WELL 깊이를 45m 이하로 설계하는 것이 바람직하다고 사료됨 .

3.2.5. 가동전 시험

1.가 통전시험 결과

1) 1구간(광암LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
1	A-1			-2,500	-520			20V 1A
2	A-2	-500	-500	-6,800	-650			60V 7A
3	A-3			-2,500	-530			12V 0.5A
4	A-4	-500	-500	-7,300	-420	-480	-480	56V 20A
5	A-5	-500	-500	-8,200	-480	-520	-520	42V 20A
6	A-6	-500	-500	-7,800	-480	-600	-600	54V 20A
8	A-8			-7,200	-450	-500	-500	58V 20A
10	A-10-1	-200	-200	-8,400	-380	-400	-400	40V 20A
	A-10-2	-380	-380	-8,500	-400	-420	-420	38V 20A

2) 2구간(상도LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
11	A-11			-2,500	-650			14V 2A
12	A-12			-2,500	-500			20V 3A
13	A-13			-2,850	-400	-1,150	-230	20V 10A

3) 3구간(대방LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
14	A-14	-530	-530	-7,800	-430	-450	-450	50V 20A
15	A-15-1	-1,650	-620	-8,600	-500	-1,450	-500	58V 20A
	A-15-2	-1,250	-500	-8,400	-520	-350	-350	54V 20A
16	A-16	-620	-480	-8,500	-640	-380	-330	16V 20A
17	A-17-1	-580	-580	-8,000	-460	-650	-650	30V 20A
	A-17-2	-530	-530	-8,600	-520	-550	-550	32V 20A
18	A-18-1	-570	-570	-8,400	-600	-580	-580	58V 20A
	A-18-2	-650	-650	-7,800	-620	-600	-600	60V 20A

19	A-19			-2,000	-480	-500	-500	60V 13A
20	A-20	-500	-500	-6,500	-320	-600	-560	60V 15A
21	A-21-1	-560	-560	-8,200	-480	-450	-450	48V 20A
	A-21-2	-620	-620	-5,800	-520	-750	-750	60V 13A
23	A-23	-480	-480	-8,400	-500	-620	-620	30V 20A
24	A-24	-500	-500	-8,000	-500	-520	-520	60V 17A
25	A-25	-600	-600	-6,800	-650	-600	-600	60V 7A
26	A-26	-270	-270	-8,000	-500	-630	-630	60V 17A
27	A-27-1	-400	-400	-7,400	-750	-1,100	-700	56V 20A
	A-27-2	-750	-750	-8,200	-600	-600	-600	48V 20A
28	A-28-1	-450	-450	-8,500	-500	-200	-200	40V 20A
	A-28-2	-500	-500	-6,200	-200	-600	-600	60V 14A
29	A-29			-3,200	-350			10V 3A
30	A-30			-2,500	-420			20V 4A

4) 4구간(청담LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
31	A-31			-2,500	-450			30V 6A
32	A-32	-550	-530	-4,800	-800	-550	-500	60V 11A
34	A-34-1	-380	-380	-8,250	-440	-550	-550	40V 20A
	A-34-2	-550	-550	-8,600	-670	-380	-380	30V 20A
35	A-35	-1,200	-500	-5,200	-400	-1,350	350	60V 13A
36	A-36			-6,400	-550	-550	-550	38V 20A
37	A-37			-2,500	-550			8V 3A
38	A-38			-6,800	-450	-850	-550	40V 20A

다)가 통전시험 평가

1) 1구간 (광양LINE)

(1) 가 통점 (9개소)

A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-8, A-10-1, A-10-2 9개소

(2) 가 통전시험 방법

①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.

②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

(가) 구간 N0.1, 3은 변실 개소가 1개소 뿐이라 각각의 변실에서 가 통전을 실시 하였다. 소요전류가 각각 1A, 0.5A 일때 -2,500mV의 방식 전위를 나타냈으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 각 구간의 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 한다고 사료됨.

(나) 또한 나머지 구간은 평균 20A의 전류를 흘렸으나 BED점에서는 과방식이 일어나고 배관 전.후단 에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기되는 공급관이 절연이 되지 않아 방식면적이 증가되는 것이 큰 원인으로 판단이 되며 다량의 접지봉 설치와 주변의 철 구조물을 양극으로 하여 매설금속의 깊이가 낮아 관로를 따라 멀리 까지 전류방출이 되기에는 역부족인 것으로 본다. 그러므로 각 구간의 소요전류는 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 한다고 사료됨.

(4)결 론

①본 관로는 설계계산상 9개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정하여 위에서와 같이 가 통전을 실시하였고 ANODE BED위치로 선정을 한다.

②가 통전 결과 본 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식 면적이 증가하여 충분한 방식전위를 얻기에는 역부족으로 판단이 되었다.

③관로절연을 하고 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

2) 2구간 (상도LINE)

(1) 가통점 (3개소)

A-11, A-12, A-13 3개소

(2) 가 통전시험 방법

①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여

가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.

②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

(가) 구간 NO.11은 관로 연장이 1,467M중에 지하철 공사로 인하여 약 767M가 복공판 아래에 노출 되어있다. 그로 인해 변실 개소가 1개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시 하였다. 시험전류가 2A일 때 -2,500mV의 방식 전위를 나타내었으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 전 구간의 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 하고 지하철 공사로 인해 노출된 구간의 관로는 희생 양극식으로 설계하는 것이 효율적이라고 판단됨.

(나) 구간 NO.12은 변실 개소가 1개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시 하였다. 소요전류가 3A 일때 -2,500mV의 방식 전위를 나타냈으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 각 구간의 소요 전류로 보기 힘들다.

그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 한다고 사료됨.

(다) 구간 NO.13은 10A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 2,450mV가 분극이 되었고 배관 후단에서는 920mV가 분극 되어 방식 전위를 얻을 수 있었다.

그러므로 NO.13구간은 가 통전 시험 결과인 10A를 설계에 반영한다.

(4)결 론

①본 관로는 설계계산상 3개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정하여 위에서와 같이 가 통전을 실시하였고 ANODE BED위치로 선정을 한다.

②각 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식 면적이 증가하기 때문에 경제적이고 안정적인 전기방식을 하기 위해서는 분기관의 절연이 이루어져야 한다.

③DEEP WELL의 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

3) 3구간 (대방LINE)

(1) 가 통점 (22개소)

A-14, A-15-1, A-15-2, A-16, A-17-1, A-17-2, A-18-1, A-18-2, A-19, A-20,
A-21-1, A-21-2, A-23, A-24, A-25, A-26, A-27-1, A-27-2, A-28-1, A-28-2,
A-29, A-30 22개소

(2) 가 통전시험 방법

①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정 하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.

②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

(가) 구간 NO.A-15-1은 20A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 -8,600mV로 과방식이 되었으나 배관 전.후단에서는 1,030mV, 950mV가 분극 되어 방식전위를 얻을 수 있었다.

그러므로 본 구간은 DEEP WELL의 절연 깊이를 15M 이상으로 하고 가 통전 시험 결과인 20A를 설계에 반영한다.

(나) 구간 NO.A-15-2은 20A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 -8,400mV로 과방식이 되었고 배관 전단에서는 750mV가 분극 되어 방식전위를 얻을 수 있었으나 배관 후단에서는 전위변화가 없었다.

그러므로 본 구간은 DEEP WELL의 절연 깊이를 15M 이상으로 하고 각 분기되는 관로와 절연을 하고 가 통전 시험 결과인 20A를 설계에 반영한다.

(다) 구간 NO.19은 관로 연장이 2,273M중에 지하철 공사로 인하여 약 1,200M가 복공판 아래에 노출 되어있다. 그로 인해 변실 개소가 2개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시하였다. 시험전류 13A을 통전 시켰으나 BED점에서는 -2,000mV의 방식 전위를 나타내었으나 배관 후단에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기관의 절연이 되어있지 않고 지하철 공사로 인한 노출부가 있어 전류가 누설되는 것으로 사료됨. 그러므로 본 구간은 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 하고 지하철 공사로 인해 노출된 구간의 관로는 희생 양극식으로 설계하는 것이 효율적이라고 판단됨.

(라) 구간 NO.30은 관로 연장이 1,296M중에 지하철 공사로 인하여 약 600M가 복공판 아래에 노출 되어있다. 그로 인해 변실 개소가 1개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시하였다. 시험전류가 4A일 때 -2,500mV의 방식 전위를 나타

내었으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 전 구간의 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 하고 지하철 공사로 인해 노출된 구간의 관로는 희생 양극식으로 설계하는 것이 효율적이라고 판단됨. (마) 또한 나머지 구간은 평균 20A의 전류를 흘렸으나 BED점에서는 과방식이 일어나고 배관 전.후단 에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기되는 공급관이 절연이 되지 않아 방식면적이 증가되는 것이 큰 원인으로 판단이 되며 다량의 접지봉 설치와 주변의 철 구조물을 양극으로 하여 매설금속의 깊이가 낮아 관로를 따라 멀리 까지 전류방출이 되기에는 역부족인 것으로 본다. 그러므로 각 구간의 소요전류는 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 한다고 사료됨.

(4)결 론

- ①본 관로는 설계계산상 22개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정하여 위에서와 같이 가 통전을 실시하였고 ANODE BED위치로 선정을 한다.
- ②가 통전 결과 본 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식 면적이 증가하여 충분한 방식전위를 얻기에는 역부족으로 판단이 되었다.
- ③관로절연을 하고 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.
- ④구간 NO.19, 30은 현재 지하철 공사로 인해 노출된 배관은 희생 양극식으로 설계 하는 것이 경제적인 면에서 효율적이라고 판단됨.

4) 4구간 (청담LINE)

(1) 가 통점 (8개소)

A-31, A-32, A-34-1, A-34-2, A-35, A-36, A-37, A-38 8개소

(2) 가 통전 시험 방법

- ①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정 하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.
- ②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

- (가) 구간 N0.31, 37은 변실 개소가 1개소 뿐이라 각각의 변실에서 가 통전을 실시하였다. 소요전류가 각각 6A, 3A 일때 -2,500mV의 방식 전위를 나타냈으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 각 구간의 전체 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 한다고 사료됨.
- (나) 구간 N0.35은 13A의 전류를 흘려 시험 하였다.
BED점에서는 -5,200mV로 과방식이 되었으나 배관 전.후단에서는 700mV, 1,000mV가 분극 되어 방식전위를 얻을 수 있었다.
그러므로 본 구간은 DEEP WELL의 절연 깊이를 15M 이상으로 하고 가 통전 시험 결과인 13A를 설계에 반영한다.
- (다) 또한 나머지 구간은 평균 20A의 전류를 흘렸으나 BED점에서는 과방식이 일어나고 배관 전.후단 에서는 전위 변화가 없었다.
이는 분기되는 공급관이 절연이 되지 않아 방식면적이 증가되는 것이 큰 원인으로 판단이 되며 다량의 접지봉 설치와 주변의 철 구조물을 양극으로 하여 매설금속의 깊이가 낮아 관로를 따라 멀리 까지 전류방출이 되기에는 역부족인 것으로 본다.
그러므로 각 구간의 소요전류는 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 한다고 사료됨.

(4)결 론

- ①본 관로는 설계계산상 8개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정한다.
- ②가 통전 결과 본 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식면적이 증가하여 충분한 방식전위를 얻기에는 역부족으로 판단이 되었다.
- ③관로절연을 하고 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

3.2.6. 부식속도 측정

3.2.7. 상수도 주변 타 매설물 파악 및 대관업무

1. 조사 결과

구간 NO.	위 치	주 소	소 유 주	바 고
1	A-1			
2	A-2			
3	A-3			
4	A-4			
5	A-5			
6	A-6			
8	A-8			
10	A-10-1			
	A-10-2			
11	A-11			
12	A-12			
13	A-13			
14	A-14			
15	A-15-1			
	A-15-2			

구간 NO	위 치	주 소	소 유 주	바 고
16	A-16			
17	A-17-1			
	A-17-2			
18	A-18-1			
	A-18-2			
19	A-19			
20	A-20			
21	A-21-1			

	A-21-2			
22	A-22			
23	A-23			
24	A-24			
25	A-25			
26	A-26			
27	A-27-1			
	A-27-2			
28	A-28-1			
	A-28-2			
29	A-29			
30	A-30			
31	A-31			
32	A-32			
34	A-34-1			
	A-34-2			
35	A-35			
36	A-36			
37	A-37			

3.2.8. 간섭 영향 조사

주.야간 전위 측정 결과 본 과업 구간에는 거의 간섭 영향이 없는 것으로 조사 되었 으며 구간 NO.1, 28에서 지하철로 인한 간섭 영향이 미미하게 있으나 추후 본 구간에 전기방식 설치를 하면 충분히 해소 될 수 있는 것으로 판단됨.

구간 NO.	위 치	주간전위	야간전위	간섭
		- mV	- mV	
1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	650~550	520~720	200mV
28	지하철7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	200~500	300	300mV

3.2.9. 절연보강 위치 조사

1. 관 절연저항 측정

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	위 치	절연관	비 고
1	R-1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-2		φ 900/ φ 400(분기)	절연설계반영
	R-3		φ 900/ φ 600(분기)	절연설계반영
2	R-4	삼전로타리~아시아선수촌@3동	φ 900/ φ 2200(연결)	절연설계반영
3	R-5	아시아선수촌@3동~올림픽빌딩	φ 900/ φ 400(분기)	절연설계반영
4	R-6	공단 삼거리 ~ 주공5단지 527동	φ 1,000/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-7		φ 1,000/ φ 400(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 1,000/ φ 1,500(연결)	절연설계반영
	R-9		φ 1,000/ φ 300(분기)	절연설계반영
5	R-10	풍납현대@101동 ~ 현대 백화점	φ 800/ φ 2,200(연결)	절연설계반영
	R-11		φ 800/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 800/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 800/ φ 350(분기)	절연설계반영
	R-2		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-3		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-4		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
6	R-5	둔촌 사거리 ~ 길동 사거리	φ 1,200/ φ 2,200(분기)	절연설계반영
	R-6		φ 1,200/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-7		φ 1,200/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 1,200/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-9		φ 1,200/ φ 1,000(분기)	절연설계반영
10	R-10	잠실 사거리 ~ 삼성교	φ 900/ φ 700(분기)	절연설계반영
	R-11		φ 900/ φ 900(연결)	절연설계반영
	R-12		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 900/ φ 100(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 900/ φ 700(분기)	절연설계반영

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	위 치	절연관	비 고
12	R-13	극락정사~노량진로	φ 800/ φ 500(분기)	절연설계반영
14	R-1	한강샛강 합류점 ~ 여의교 하류	φ 1,650/ φ 800(분기)	절연설계반영
	R-2		φ 1,650/ φ 1,650(분기)	절연설계반영
15	R-3	여의교 하류~영등포 결핵원	φ 1,650/ φ 500(분기)	절연설계반영
16	R-4	영등포 결핵원 ~ 목동교	φ 1,500/ φ 700(분기)	절연설계반영
	R-5		φ 1,500/ φ 800(분기)	절연설계반영
18	R-6	안양천.도림천 합류점 ~ 안양교	φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-7		φ 900/ φ 900(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 900/ φ 800(분기)	절연설계반영
19	R-9	당산역 사거리 ~ 영등포 정수장	φ 900/ φ 150(분기)	절연설계반영
	R-10		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-11		φ 900/ φ 1,000(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
21	R-13	경인로~동양공전	φ 700/ φ 200(분기)	절연설계반영
25	R-2	대방 삼거리 ~ 영등포 로타리	φ 700/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-3		φ 700/ φ 600(분기)	절연설계반영
27	R-4	영등포 로타리 ~ 지하철7호선 신풍역	φ 800/ φ 200(분기)	절연설계반영
	R-5		φ 800/ φ 600(분기)	절연설계반영
	R-6		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
28	R-7	지하철7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-9		φ 800/ φ 700(분기)	절연설계반영
	R-10		φ 800/ φ 600(분기)	절연설계반영
	R-11		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 800/ φ 800(연결)	절연설계반영
34	R-13	종합전시장~차병원사거리	φ 900/ φ 800(분기)	절연설계반영
36	R-12	영동대교~ 청담동한양3차@ 71동	φ 700/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 700/ φ 200(분기)	절연설계반영

3.2.10. 신내동 배류기 조사

1. 배류기 현황

- 배류기 사양 : 선택 배류기
- 배류기 정격 : DC 60V 100A
- 측정함 개소 : 1개소

2. 측정계기

- 직류고감도전압계 : 1 대
- 고감도전위기록계(E,P,R-2P) :1대
- 기준전극(CU/CUSO₄) : 1대
- 케이블, 리드선

3. 측정횟수

- 측정1개소 당 1회

4. 측정방법

1) 배류기 상태 점검

- 배류기 2차측 단선여부 확인
- 배류기 내부 점검 - SCR 및 다이오드, 내부소자 확인

2) 측정함

- 주.야간 전위 측정
- 배류기 ON - OFF 전위 측정

5. 측정 결과

1) 배류기 상태 점검

배류기의 상태는 양호함. 그러나 전류가 배류되지 않고 있음.

2) 주.야간 전위 측정

NO.	주간전위(mV)	야간전위(mV)	비고
1	-2,900 ~ 1,000	-950	

3) 배류기 ON - OFF 전위 측정

NO.	배류기 ON(mV)	배류기 OFF(mV)	비고
1	-2,900 ~ 1,000	-2,900 ~ 1,000	

6. 결 론

- 1) 현재 신내동 선택 배류기는 배류기 자체의 상태는 양호하나 전압이 50V 가까이 유입이 되어도 전혀 전류가 배류되지 않고 있는 상황임.
- 2) 야간에는 전위가 -950mV로 안정되게 방식이 되고 있으나 주간에는 지하철의 누설전류로 인하여 약 3,900mV의 간섭 영향이 발생 전식이 많이 우려되는 상황임.
- 3) 위 원인은 당초 배류점 선정이 잘 못 되어 유입되는 전류를 배류 시키지 못 하는 것으로 판단되므로 빠른 시일 안에 배류점 위치 선정을 조사하여 함.

3.3 설계 요약

제4장 전기방식 설계

4.1 개요

4.2 적용문헌

4.3 전기방식 방법의 결정

4.4 전기방식 설계 기준

4.5 전기방식 설계 계산

4.1 개요

본 계산서는 서울시내의 비 방식 상수도관로의 지하매설 배관에 대한 부식과 누수로 인한 경제적 손실을 줄이고 또한 안정된 급수를 할 수 있도록 하기 위하여 이를 미연에 방지하고자 적합한 부식방지 시설을 할 수 있도록 하기위한 전기방식에 대한 것이다.

4.2 적용 문헌

- 1) NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS (N.A.C.E)
- 2) 국 내 : 전기 설비 기술 기준령
- 3) RP - 05 - 72 : N.A.C.E STANDARD
DESIGN INSTALLATION OPERATION AND MAINTENANCE OF IMPRESSED CURRENT DEEP GROUND BEDS
- 4) RP - 01 - 69 : N.A.C.E STANDARD
CONTROL OF EXTERNAL CORROSION ON UNDERGROUND OR SUBMERGED METALLIC PIPING SYSTEM
- 5) BS 7361 : BRITISH STANDARD INSTITUTE (B.S.I)
CODE OF PRACTICE FOR LAND AND MARINE APPLICATION-CATHODIC PROTECTION

4.3 전기방식 방법의 결정

- 1) 전기방식 방법의 종류 및 특성

구 분	희생 양극식	외부 전원식
전 원	전원을 얻을 수 없는 장소에서 적용한다.	전원을 얻기 어려운 장소에는 설치하기가 곤란하다.
유 지 비	유지 전력비가 필요 없다.	유지 전력비 및 관리비가 필요하다.
시 설 비	소규모 시설에는 시설비가 비교적 영가이다.	대규모 시설에는 시설비가 비교적 영가이다.
비 저 항	비저항이 높은 토양중에는 시설비가 고가가 된다.	저항이 높은 토양 중에서도 시설에 별 증가 없이 시공이 가능하다.

수 명	양극의 수명이 비교적 짧다	양극의 수명이 길다.
간 섭	인접 매설물에 부식장해를 줄 염려가 없다.	인접 매설물에 간섭으로 인한 부식장해를 줄 염려가 있다.
안 전 성	이상 전압에 대해 접지의 역할을 하기 때문에 안전하다.	이상 전압에 대해 접지에 대한 보안장치를 할 필요가 있다.
과 방 식	과 방식에 대한 염려가 없다.	과 방식 우려가 있으므로 조정 시 주의해야 한다.
전류분포	양극을 분산시켜 설치하므로 전류 분포가 고르다.	양극을 집중 설치하므로 전류분포가 고르지 않다.
전류조정	시설 후 전류조절이 불가능 하다.	시설 후 방식상태에 따라 정류기에서 인위적으로 전류조절을 할 수 있다

2) 전기방식 방법의 결정

가) 전기방식

본 서울특별시 상수도 배관은 도복장 강관으로 매설된지 20년이 넘는 배관으로 코팅 상태가 양호하지 않고 소요전류가 크기 때문에 경제적인 시공이 가능한 외부전원식으로 하되 ANODE BED는 DEEP WELL로 한다.

그러나 지하철 공사로 인하여 노출되어 있는 배관은 Mg-ANODE를 이용한 희생 양극식으로 한다.

나) 정류기 출력전압

전기방식 설비 중 전원 공급 장치인 정류기(TR/RECTIFIER)는 전기설비 기술 기준에 따라 출력 전압이 안전율 50[%]를 포함하여 DC 60V를 초과하지 않도록 설계한다.

4.4 전기방식 설계 기준

1) 토양 비저항 : 관로 및 ANODE BED

구간 NO.	위 치	관로 비저항 [ohm-cm]	BED 비저항 [ohm-cm]
1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	8,893	15,889
2	삼전로타리 ~ 아시아 선수촌@ 3동	38,955	17,268
3	아시아 선수촌@ 3동 ~ 올림픽빌딩 앞	12,058	18,311
4	공단 삼거리 ~ 주공5단지 527동	12,660	17,667
5	풍납 현대@ 101동 건너 유수지 ~ 현대 백화점	13,927	13,659

구간 NO.	위 치	관로 비저항 [ohm-cm]	BED 비저항 [ohm-cm]
6	둔촌 사거리 ~ 길동 사거리	5,649	11,303
8	잠실대교 ~ 주공 5단지 529동	5,448	14,601
10	잠실 사거리 ~ 삼성교 앞	10,864	14,124
			11,306
11	한강대교 ~ 동작구청 삼거리	12,811	20,218
12	극락정사 ~ 노량진로	18,011	24,023
13	동작구청 삼거리 ~ 장승백이	16,954	22,637
14	한강 샛강 합류점 ~ 여의교 하류	7,325	15,710
15	여의교 하류 ~ 영등포 결핵원	6,631	11,309
			13,816
16	영등포 결핵원 ~ 목동교	12,321	14,919
17	목동교 ~ 도림교	7,476	12,091
			11,928
18	안양천. 도림천 합류점 ~ 안양교	5,700	13,106
			14,636
19	당산역 사거리 ~ 영등포 정수장	10,296	11,774
20	당산역 사거리 ~ 문래동 흙 플러스	8,930	12,559
21	주) 한국하이스 별관 ~ 동양공전	5,430	14,142
			21,192
23	당산 중학교 ~ 영등포 로타리	17,008	15,066
24	동작세무서 ~ 대방 삼거리	5,534	17,897
25	대방 삼거리 ~ 영등포 로타리	5,618	19,185
26	영등포 로타리 ~ 한국화학 시험소	3,373	16,954
27	영등포 로타리 ~ 지하철 7호선 신풍역	6,423	22,684
			17,893
28	지하철 7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	10,327	17,272
			9,031
29	가리봉 5거리 ~ 구로동길 입구	9,043	17,711
30	대방 삼거리 ~ 동작구청 입구 삼거리	8,289	17,353
31	배수지 ~ 영동대로 종합전시장 사거리	11.152	13,819
32	영동대로 종합전시장 사거리 ~ 삼성역 사거리	16.838	14,519
34	영동대로 종합전시장 사거리 ~ 차병원 사거리	11,554	10,837
			14,837
35	배수지 ~ 영동대교	11,681	13,644
36	영동대교 ~ 청담동 한양3차@ 71동	6,329	11,767

구간 NO.	위 치	관로 비저항 [ohm-cm]	BED 비저항 [ohm-cm]
37	배수지 ~ 경기고 사거리	8,590	10,206
38	경기고 사거리 ~ 영동대교	6,027	16,238

2) 소요전류 밀도 & 소요 전류

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

i : 소요전류밀도 (mA/m²)

p : 토양비저항 (ohm-cm)

$$\therefore i = \text{(mA/m}^2\text{)}$$

3) 도장 손상을 : 설치년도 및 도장상태를 고려하여 20(%)로 적용함.

4) 설계수명 : 20년 이상

5) 외부 전원식 사용 양극사양

H.S.C.I (HIGH SILICON CAST IRON) ANODE

1½" DIA × 60" LENGTH MIN 26Lb/EA

(1) 화학성분 (ASTM A518)

Si (규소) : 14.2-14.75%

Mn (망간) : 1.5%이하

Cr (크롬) : 3.25-5%

Cu (구리) : 0.5%이하

C (탄소) : 0.7-1.1%

Mo (몰리브덴) : 0.2%이하

(2) 소모율 : 0.75(Lb/A.Yr)

(3) 양극의 효율 : 50%

6) 희생 양극식 사용 양극사양

Mg (Magnesium Alloy) ANODE

88.9 x 95.3 x 625.5mm LENGTH MIN 17Lb/EA

(1) 소모율 : 17.4(Lb/A.Yr)

(2) 개로전위 : -1.55V 이하(황산동 기준전극)

(3) Backfill 규격 : 165 DIA. x 770

4.5 전기방식 설계 계산

4.5.1 구간N0.1 (대치동 현대주택문화관 ~ 영동교)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 8,893 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 10.23 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL 방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 625 \times 1.1 = 1,944 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 1,944 \times 10.23 \times 0.2$$

$$= 3,977 \text{ (mA)}$$

$$= 3.98 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 3.98 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 4.59 \text{ , 적용 5 [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 3.98 \times R \times 1.5$$

$$R = 10.05 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$10.05 - (0.166 + 0.3) = 9.584 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 15,889[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 1,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{15,889}{(2 \times \pi \times 1,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 1,500)}{15} - 1 \right] \\ = 9.583 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{9.583}{N} < 9.584 \text{ [ohm]}$$

N = 1[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 9.583 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 9.583 \\ = 10.049 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 3.98[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 10.049[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 3.98 \times 10.049 \times 1.5 \\ = 59.99 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 3.98 \times 1.5$$

$$= 5.97 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 5 \times 0.5}{3.98 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.77 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 30M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 5개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.2 구간N0.2 (삼전 로타리 ~ 아시아 선수촌@ 3동 앞)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 38,995 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 5.43 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 924 \times 1.1 = 2,874 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 2,874 \times 5.43 \times 0.2$$

$$= 3,121 \text{ (mA)}$$

$$= 3.12 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 3.12 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 3.6 \text{ , 적용 4 [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 3.12 \times R \times 1.5$$

$$R = 12.82 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$12.82 - (0.166 + 0.3) = 12.354 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 17,268[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 1,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{17,268}{(2 \times \pi \times 1,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 1,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 10.415 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{10.415}{N} < 12.354 \text{ [ohm]}$$

N = 0.84[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 10.415 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 10.415$$

$$= 10.881 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 3.12[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 10.881[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 3.12 \times 10.881 \times 1.5$$

$$= 50.92 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 3.12 \times 1.5$$

$$= 4.68 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 4 \times 0.5}{3.12 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 22.22 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 30M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 4개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.3 구간N0.3 (아시아 선수촌@ 3동 앞 ~ 올림픽 빌딩 앞)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 12,058 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 8.98 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 397 \times 1.1 = 1,235 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 1,235 \times 8.98 \times 0.2$$

$$= 2,218 \text{ (mA)}$$

$$= 2.22 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 2.22 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 2.56 \text{ , 적용 3 [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 2.22 \times R \times 1.5$$

$$R = 18.018 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$18.018 - (0.166 + 0.3) = 17.552 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 18,311[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 900[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{18,311}{(2 \times \pi \times 900)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 900)}{15} - 1 \right]$$

$$= 16.753 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{16.753}{N} < 17.552 \text{ [ohm]}$$

N = 0.95[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 16.753 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 16.753$$

$$= 17.219 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 2.22[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 16.753[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 2.22 \times 16.753 \times 1.5$$

$$= 55.28 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 2.22 \times 1.5$$

$$= 3.33 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 3 \times 0.5}{2.22 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 23.42 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 24M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 3개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.4 구간N0.4 (공단 삼거리 ~ 주공 5단지 527동)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 12,660 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 8.79 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 1,529 \times 1.1 = 5,284 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 5,284 \times 8.79 \times 0.2$$

$$= 9,289 \text{ (mA)}$$

$$= 9.29 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 9.29 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 10.71 \text{ , 적용 } 12 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 9.29 \times R \times 1.5$$

$$R = 4.306 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$4.306 - (0.166 + 0.3) = 3.84 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 17,667[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{17,667}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 6.968 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.968}{N} < 3.84 \text{ [ohm]}$$

N = 1.81[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 3.484 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 3.484$$

$$= 3.95 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 9.29[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 3.95[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 9.29 \times 3.95 \times 1.5$$

$$= 55.04 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 9.29 \times 1.5$$

$$= 13.94 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 12 \times 0.5}{9.29 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 22.39 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.5 구간N0.5 (풍남 현대@101동 건너 유수지 ~ 현대 백화점)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 13,927 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 8.44 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 1,348 \times 1.1 = 3,727 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상율

$$= 3,727 \times 8.44 \times 0.2$$

$$= 6,291 \text{ (mA)}$$

$$= 6.29 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 6.29 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 7.26 \text{ , 적용 } 8 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 6.29 \times R \times 1.5$$

$$R = 6.359 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$6.359 - (0.166 + 0.3) = 5.893 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 13,659[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{13,659}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.387 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.387}{N} < 5.893 \text{ [ohm]}$$

N = 0.91[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 5.387 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 5.387 \\ = 5.853 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 6.29[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 5.853[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 6.29 \times 5.853 \times 1.5 \\ = 55.22 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 6.59 \times 1.5$$

$$= 9.89 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 8 \times 0.5}{6.29 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 22.04 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 8개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.6 구간N0.6 (둔촌 사거리 ~ 길동 사거리)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 5,649 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 12.42 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1.2 \times 1,506 \times 1.1 = 6,245 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 6,245 \times 12.42 \times 0.2$$

$$= 15,512 \text{ (mA)}$$

$$= 15.51 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 15.51 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 17.9 \text{ , 적용 } 18 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 15.51 \times R \times 1.5$$

$$R = 2.579 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$2.579 - (0.166 + 0.3) = 2.113 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 11,303[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 3,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{11,303}{(2 \times \pi \times 3,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 3,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 3.824 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{3.824}{N} < 2.113 \text{ [ohm]}$$

N = 1.81[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 1.912 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 1.912 \\ = 2.378 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 15.51[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 2.378[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 15.51 \times 2.378 \times 1.5$$

$$= 55.32 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 15.51 \times 1.5$$

$$= 23.27 \text{ , 적용 } 30A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 18 \times 0.5}{15.51 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.12 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 30A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 45M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 9개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.7 구간N0.8 (잠실대교 ~ 주공5단지 529동)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 5,448 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 12.62 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 645 \times 1.1 = 2,229 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 2,229 \times 12.62 \times 0.2$$

$$= 5,626 \text{ (mA)}$$

$$= 5.63 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 5.63 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 6.49 \text{ , 적용 } 7 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 5.63 \times R \times 1.5$$

$$R = 7.105 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$7.105 - (0.166 + 0.3) = 6.639 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 14,601[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{14,601}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.759 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.759}{N} < 6.639 \text{ [ohm]}$$

N = 0.87[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 5.759 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 5.759 \\ = 6.225 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 5.63[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 6.225[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 5.63 \times 6.225 \times 1.5 \\ = 52.57 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 5.63 \times 1.5$$

$$= 8.45 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 7 \times 0.5}{5.63 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.55 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.8 구간N0.10, A-1 (잠실 사거리 ~ 삼성교 앞)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 10,864 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.39 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 1,285 \times 1.1 = 3,997 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,997 \times 9.39 \times 0.2$$

$$= 7,506 \text{ (mA)}$$

$$= 7.51 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 7.51 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 8.67 \text{ , 적용 } 9 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 7.51 \times R \times 1.5$$

$$R = 5.326 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$5.326 - (0.166 + 0.3) = 4.86 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 14,124[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 3,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{14,124}{(2 \times \pi \times 3,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 3,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 4.779 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{4.779}{N} < 4.86 \text{ [ohm]}$$

N = 0.98[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 4.779 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 4.779 \\ = 5.245 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 7.51[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 5.245[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 7.51 \times 5.245 \times 1.5$$

$$= 59.08 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 7.51 \times 1.5$$

$$= 11.27 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 9 \times 0.5}{7.51 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.77 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 45M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 9개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.9 구간N0.10, A-2 (잠실 사거리 ~ 삼성교 앞)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 10,864 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.39 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 1,285 \times 1.1 = 3,997 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,997 \times 9.39 \times 0.2$$

$$= 7,506 \text{ (mA)}$$

$$= 7.51 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 7.51 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 8.67 \text{ , 적용 } 9 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(R_w)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(R_e)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 7.51 \times R \times 1.5$$

$$R = 5.326 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$5.326 - (0.166 + 0.3) = 4.86 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

R_a = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 11,306[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{11,306}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 4.459 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{4.459}{N} < 4.86 \text{ [ohm]}$$

$N = 0.92$ [HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 4.459 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 4.459 \\ = 4.925 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 7.51[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 4.925[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 7.51 \times 4.925 \times 1.5$$

$$= 55.48 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 7.51 \times 1.5$$

$$= 11.27 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 9 \times 0.5}{7.51 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.77 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 9개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.10 구간N0.11 (한강대교 ~ 동작구청 삼거리) - 외부 전원식

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 12,811 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 8.75 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 700 \times 1.1 = 2,419 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 2,419 \times 8.75 \times 0.2$$

$$= 4,233 \text{ (mA)}$$

$$= 4.23 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 4.23 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 4.88 \text{ , 적용 } 5 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 4.23 \times R \times 1.5$$

$$R = 9.456 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$9.456 - (0.166 + 0.3) = 8.99 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 20,218[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{20,218}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 7.974 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{7.974}{N} < 8.99 \text{ [ohm]}$$

N = 0.89[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 7.974 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 7.974$$

$$= 8.44 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 4.23[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 8.44[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 4.23 \times 8.44 \times 1.5$$

$$= 53.55 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 4.23 \times 1.5$$

$$= 4.65 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 5 \times 0.5}{4.23 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.49 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 5개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.11 구간N0.11 (한강대교 ~ 동작구청 삼거리) - 희생 양극식

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($\rho = 12,811 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(\rho)$$

$$\therefore i = 8.75 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 희생 양극식

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 767 \times 1.1 = 2,651 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 2,651 \times 8.75 \times 0.2$$

$$= 4,639 \text{ (mA)}$$

$$= 4.64 \text{ (A)}$$

다) 양극의 접지저항

$$Ra = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 12,811[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 77[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 16.5[Cm]

$$Ra = \frac{12,811}{(2 \times \pi \times 77)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 77)}{16.5} - 1 \right]$$

$$= 69.374 \text{ [ohm]}$$

라) 양극의 발생 전류

$$I_p = \Delta E / R_a$$

$$\Delta E = 0.7[V] (1.55 - 0.85)$$

$$R_a = \text{양극접지저항} ; [\text{ohm}]$$

$$I_p = 0.7 / 69.374 = 0.01009 \Rightarrow 10.09[\text{mA}]$$

마) 양극 수량

$$N = I / I_p$$

$$I = \text{소요 전류} ; [\text{mA}]$$

$$I_p = \text{양극발생전류} ; [\text{mA}]$$

$$N = 4,639 / 10.09$$

$$= 459.7[\text{EA}] \Rightarrow \text{USE } 460[\text{EA}], \text{ FOR ANODE ARRANGEMENT}$$

바) 결론

- 1) 본 구간은 현재 지하철 공사 중으로 인하여 배관이 노출되어 있어 Mg-Anode를 이용한 희생양극식으로 설계 하였음.
- 2) Mg-Anode 수량은 460개 , 10개 1조로 하여 약17M 간격으로 설치한다.
- 3) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당 하다고 판단된다.
- 4) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.12 구간N0.12 (극락정사 ~ 노량진로)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 18,011 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 7.56 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 475 \times 1.1 = 1,313 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 1,313 \times 7.56 \times 0.2$$

$$= 1,985 \text{ (mA)}$$

$$= 1.99 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 1.99 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 2.3 \text{ , 적용 3 [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 1.99 \times R \times 1.5$$

$$R = 20.101 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$20.101 - (0.166 + 0.3) = 19.635 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 24,023[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 1,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{24,023}{(2 \times \pi \times 1,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 1,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 14.49 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{14.49}{N} < 19.635 \text{ [ohm]}$$

N = 0.74[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 14.49 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 14.49$$

$$= 14.956 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 1.99[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 14.956[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 1.99 \times 14.956 \times 1.5$$

$$= 44.64 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 1.99 \times 1.5$$

$$= 2.99 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 3 \times 0.5}{1.99 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 26.13 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 30M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 3개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.13 구간N0.13 (동작구형 삼거리 ~ 장승백이)

1) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 소요전류(I)

$$I = 10(\text{Amp}) - \text{가 통전 시험 결과}$$

나) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} (\text{EA})$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 10 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 11.54 , \text{ 적용 } 12 [\text{EA}]$$

다) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(R_w)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200$$

$$= 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(R_e)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 10 \times R \times 1.5$$

$$R = 4 [\text{ohm}]$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$4 - (0.166 + 0.3) = 3.534 [\text{ohm}]$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

R_a = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 22,637[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$Ra = \frac{22,637}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$
$$= 10.758 \text{ [ohm]}$$

$$Ra = \frac{10.758}{N} < 3.534 \text{ [ohm]}$$

N = 3.04[HOLE] ; 적용 3[HOLE]

$$Ra = 3.586 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 3.586$$
$$= 4.052 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 10[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 4.052[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 10 \times 4.052 \times 1.5$$

$$= 60.78 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 10 \times 1.5$$

$$= 15 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 12 \times 0.5}{10 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.8 \text{ (Year)}$$

사) 결론

1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다

2) DEEP WELL 수량은 35M 1HOLE, 3 HOLE 당 ANODE 수량은 4개로 한다.

- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.14 구간N0.14 (한강 셋강 합류점 ~ 노량진로)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 7,325 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 11.11 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1.65 \times 1,966 \times 1.1 = 11,210 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 11,210 \times 11.11 \times 0.2$$

$$= 24,909 \text{ (mA)}$$

$$= 24.91 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 24.91 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 28.7 \text{ , 적용 } 30 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 24.91 \times R \times 1.5$$

$$R = 1.606 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$1.606 - (0.166 + 0.3) = 1.14 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 15,710[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 3,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{15,710}{(2 \times \pi \times 3,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 3,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.315 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.315}{N} < 1.14 \text{ [ohm]}$$

N = 4.66[HOLE] ; 적용 5[HOLE]

$$R_a = 1.063 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 1.063 \\ = 1.529 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 24.91[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 1.529[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 24.91 \times 1.529 \times 1.5$$

$$= 57.13 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 24.91 \times 1.5$$

$$= 37.36 \text{ , 적용 } 40A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 30 \times 0.5}{24.91 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.88 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 40A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 45M 5HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.15 구간N0.15 , A-1(여의교 하류 ~ 영등포 결핵원)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 6,631 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 11.6 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1.65 \times 1,120 \times 1.1 = 6,386 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 6,386 \times 11.6 \times 0.2$$

$$= 14,815 \text{ (mA)}$$

$$= 14.82 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 14.82 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 17.1 \text{ , 적용 } 18 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 14.82 \times R \times 1.5$$

$$R = 2.699 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$2.699 - (0.166 + 0.3) = 2.233 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 11,309[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{11,309}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 4.46 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{4.46}{N} < 2.233 \text{ [ohm]}$$

N = 1.99[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 2.23 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 2.23 \\ = 2.696 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 14.82[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 2.696[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 14.82 \times 2.696 \times 1.5$$

$$= 59.93 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 14.82 \times 1.5$$

$$= 22.23 \text{ , 적용 } 30A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 18 \times 0.5}{14.82 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.05 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 30A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 9개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.16 구간N0.15 , A-2(여의교 하류 ~ 영등포 결핵원)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 6,631 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 11.6 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1.65 \times 1,120 \times 1.1 = 6,386 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 6,386 \times 11.6 \times 0.2$$

$$= 14,815 \text{ (mA)}$$

$$= 14.82 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 14.82 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 17.1 \text{ , 적용 } 18 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 14.82 \times R \times 1.5$$

$$R = 2.699 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$2.699 - (0.166 + 0.3) = 2.233 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 13,816[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{13,816}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right] \\ = 6.566 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.566}{N} < 2.233 \text{ [ohm]}$$

N = 2.94[HOLE] ; 적용 3[HOLE]

$$R_a = 2.189 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 2.189 \\ = 2.655 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 14.82[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 2.655[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 14.82 \times 2.655 \times 1.5 \\ = 59.02 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 14.82 \times 1.5$$

$$= 22.23 \text{ , 적용 } 30A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 18 \times 0.5}{14.82 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.05 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 30A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 3HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.17 구간N0.16 (영등포 결핵원 ~ 목동교)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 12,321 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 8.9 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1.5 \times 2,054 \times 1.1 = 10,647 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 10,647 \times 8.9 \times 0.2$$

$$= 18,951 \text{ (mA)}$$

$$= 18.95 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 18.95 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 21.86 \text{ , 적용 } 24 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 18.95 \times R \times 1.5$$

$$R = 2.111 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$2.111 - (0.166 + 0.3) = 1.645 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 14,919[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{14,919}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.884 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.884}{N} < 1.645 \text{ [ohm]}$$

N = 3.58[HOLE] ; 적용 4[HOLE]

$$R_a = 1.471 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 1.471$$

$$= 1.937 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 18.95[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 1.937[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 18.95 \times 1.937 \times 1.5$$

$$= 55.06 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 18.95 \times 1.5$$

$$= 28.43 \text{ , 적용 } 30A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 24 \times 0.5}{18.95 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.95 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 30A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 4HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.18 구간N0.17 , A-1(목동교 ~ 도림교)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 7,476 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 11.02 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 1,500 \times 1.1 = 5,183 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 5,183 \times 11.02 \times 0.2$$

$$= 11,423 \text{ (mA)}$$

$$= 11.42 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 11.42 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 13.2 \text{ , 적용 } 14 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 11.42 \times R \times 1.5$$

$$R = 3.503 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$3.503 - (0.166 + 0.3) = 3.037 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 12,091[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{12,091}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.746 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.746}{N} < 3.037 \text{ [ohm]}$$

N = 1.89[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 2.873 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 2.873$$

$$= 3.339 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 11.42[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 3.339[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 11.42 \times 3.339 \times 1.5$$

$$= 57.19 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 11.42 \times 1.5$$

$$= 17.13 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 14 \times 0.5}{11.42 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.25 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.19 구간N0.17 , A-2(목동교 ~ 도림교)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 7,476 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 11.02 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 1,500 \times 1.1 = 5,183 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 5,183 \times 11.02 \times 0.2$$

$$= 11,423 \text{ (mA)}$$

$$= 11.42 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 11.42 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 13.2 \text{ , 적용 } 14 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 11.42 \times R \times 1.5$$

$$R = 3.503 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$3.503 - (0.166 + 0.3) = 3.037 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 11,928[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{11,928}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.669 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.669}{N} < 3.037 \text{ [ohm]}$$

N = 1.87[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 2.873 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 2.835 \\ = 3.301 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 11.42[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 3.301[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 11.42 \times 3.301 \times 1.5$$

$$= 56.55 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 11.42 \times 1.5$$

$$= 17.13 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 14 \times 0.5}{11.42 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.25 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.20 구간N0.18 , A-1(안양천. 도림천 합류점 ~ 안양교)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 5,700 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 12.37 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 1,573 \times 1.1 = 4,892 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 4,892 \times 12.37 \times 0.2$$

$$= 12,102 \text{ (mA)}$$

$$= 12.1 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 12.1 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 13.96 \text{ , 적용 } 14 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 12.1 \times R \times 1.5$$

$$R = 3.306 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$3.306 - (0.166 + 0.3) = 2.84 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 13,106[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{13,106}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.169 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.169}{N} < 2.84 \text{ [ohm]}$$

N = 1.82[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 2.584 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 2.584 \\ = 3.05 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 12.1[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 3.05[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 12.1 \times 3.05 \times 1.5$$

$$= 55.36 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 12.1 \times 1.5$$

$$= 18.15 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 14 \times 0.5}{12.1 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.06 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.21 구간N0.18 , A-2(안양천. 도림천 합류점 ~ 안양교)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 5,700 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 12.37 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 1,573 \times 1.1 = 4,892 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 4,892 \times 12.37 \times 0.2$$

$$= 12,102 \text{ (mA)}$$

$$= 12.1 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 12.1 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 13.96 \text{ , 적용 } 15 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 12.1 \times R \times 1.5$$

$$R = 3.306 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$3.306 - (0.166 + 0.3) = 2.84 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 14,636[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{14,636}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 6.956 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.956}{N} < 2.84 \text{ [ohm]}$$

N = 2.45[HOLE] ; 적용 3[HOLE]

$$R_a = 2.319 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 2.319 \\ = 2.785 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 12.1[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 2.785[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 12.1 \times 2.785 \times 1.5$$

$$= 50.55 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 12.1 \times 1.5$$

$$= 18.15 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 15 \times 0.5}{12.1 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.49 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 3HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 5개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.22 구간N0.19 (당산역 사거리 ~ 영등포 정수장) - 외부 전원식

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 10,296 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.61 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 1,073 \times 1.1 = 3,337 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,337 \times 9.61 \times 0.2$$

$$= 6,413 \text{ (mA)}$$

$$= 6.41 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 6.41 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 7.4 \text{ , 적용 } 8 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 6.41 \times R \times 1.5$$

$$R = 6.24 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$6.24 - (0.166 + 0.3) = 5.774 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 11,774[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{11,774}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.596 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.596}{N} < 5.774 \text{ [ohm]}$$

N = 0.97[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 5.596 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 5.596 \\ = 6.062 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 6.41[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 6.062[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 6.41 \times 6.062 \times 1.5$$

$$= 58.29 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 6.41 \times 1.5$$

$$= 9.62 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 8 \times 0.5}{6.41 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.63 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 8개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.23 구간N0.19 (당산역 사거리 ~ 영등포 정수장) - 희생 양극식

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($\rho = 10,296 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(\rho)$$

$$\therefore i = 9.61 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 희생 양극식

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 1,200 \times 1.1 = 3,732 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,732 \times 9.61 \times 0.2$$

$$= 7,173 \text{ (mA)}$$

$$= 7.17 \text{ (A)}$$

다) 양극의 접지저항

$$Ra = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 10,296[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 77[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 16.5[Cm]

$$Ra = \frac{10,296}{(2 \times \pi \times 77)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 77)}{16.5} - 1 \right]$$

$$= 55.755 \text{ [ohm]}$$

라) 양극의 발생 전류

$$I_p = \Delta E / R_a$$

$$\Delta E = 0.7[V] (1.55 - 0.85)$$

$$R_a = \text{양극접지저항} ; [\text{ohm}]$$

$$I_p = 0.7 / 55.755 = 0.01255 \Rightarrow 12.55[\text{mA}]$$

마) 양극 수량

$$N = I / I_p$$

$$I = \text{소요 전류} ; [\text{mA}]$$

$$I_p = \text{양극발생전류} ; [\text{mA}]$$

$$N = 7,173 / 12.55$$

$$= 571.5[\text{EA}] \Rightarrow \text{USE } 576[\text{EA}], \text{ FOR ANODE ARRANGEMENT}$$

바) 결론

- 1) 본 구간은 현재 지하철 공사 중으로 인하여 배관이 노출되어 있어 Mg-Anode를 이용한 희생양극식으로 설계 하였음.
- 2) Mg-Anode 수량은 576개 , 8개 1조로 하여 약17M 간격으로 설치한다.
- 3) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당 하다고 판단된다.
- 4) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.24 구간N0.20 (당산역 사거리 ~ 문래동 흙 플러스)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 8,930 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 10.21 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 1,760 \times 1.1 = 4,866 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 4,866 \times 10.21 \times 0.2$$

$$= 9,936 \text{ (mA)}$$

$$= 9.94 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 9.94 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 11.5 \text{ , 적용 } 12 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 9.94 \times R \times 1.5$$

$$R = 4.024 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$4.024 - (0.166 + 0.3) = 3.558 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 16,483[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{16,483}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 6.501 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.501}{N} < 3.558 \text{ [ohm]}$$

N = 1.83[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 3.251 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 3.251 \\ = 3.717 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 9.94[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 3.717[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 9.94 \times 3.717 \times 1.5 \\ = 55.42 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 9.94 \times 1.5$$

$$= 14.91 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 12 \times 0.5}{9.94 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.93 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.25 구간N0.21 ,A-1 (한국하이스 별관 ~ 동양공전)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 5,430 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 12.63 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.7 \times 1,425 \times 1.1 = 3,447 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,447 \times 12.63 \times 0.2$$

$$= 8,707 \text{ (mA)}$$

$$= 8.71 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 8.71 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 10.05 \text{ , 적용 } 12 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 8.71 \times R \times 1.5$$

$$R = 4.592 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$4.592 - (0.166 + 0.3) = 4.146 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 12,559[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 1,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{12,559}{(2 \times \pi \times 1,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 1,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 7.575 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{7.575}{N} < 4.146 \text{ [ohm]}$$

N = 1.83[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 3.788 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 3.788 \\ = 4.254 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 8.71[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 4.254[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 8.71 \times 4.254 \times 1.5$$

$$= 55.58 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 8.71 \times 1.5$$

$$= 13.07 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 12 \times 0.5}{8.71 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 23.88 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 30M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.26 구간N0.21 ,A-2 (한국하이스 별관 ~ 동양공전)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 5,430 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 12.63 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.7 \times 1,425 \times 1.1 = 3,447 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,447 \times 12.63 \times 0.2$$

$$= 8,707 \text{ (mA)}$$

$$= 8.71 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 8.71 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 10.05 \text{ , 적용 } 12 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 8.71 \times R \times 1.5$$

$$R = 4.592 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$4.592 - (0.166 + 0.3) = 4.146 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 14,142[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{14,142}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 6.721 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.721}{N} < 4.146 \text{ [ohm]}$$

N = 1.62[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 3.361 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 3.361 \\ = 3.827 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 8.71[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 3.827[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 8.71 \times 3.827 \times 1.5$$

$$= 50 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 8.71 \times 1.5$$

$$= 13.07 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 12 \times 0.5}{8.71 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 23.88 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.27 구간N0.23 (당산 중학교 ~ 영등포 로타리)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 17,008 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 7.75 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 1,572 \times 1.1 = 5,432 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 5,432 \times 7.75 \times 0.2$$

$$= 8,420 \text{ (mA)}$$

$$= 8.42 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 8.42 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 9.72 \text{ , 적용 } 10 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 8.42 \times R \times 1.5$$

$$R = 4.751 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$4.751 - (0.166 + 0.3) = 4.285 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 21,192[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{21,192}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 8.358 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{8.358}{N} < 4.285 \text{ [ohm]}$$

N = 1.95[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 4.179 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 4.179$$

$$= 4.645 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 8.42[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 4.645[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 8.42 \times 4.645 \times 1.5$$

$$= 58.67 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 8.42 \times 1.5$$

$$= 12.63 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 12 \times 0.5}{8.71 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.59 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 5개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.28 구간N0.24 (동작 세무서 ~ 대방 삼거리)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 5,534 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 12.53 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.7 \times 1,649 \times 1.1 = 3,989 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,989 \times 12.53 \times 0.2$$

$$= 9,996 \text{ (mA)}$$

$$= 10 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 10 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 11.54 \text{ , 적용 } 12 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 10 \times R \times 1.5$$

$$R = 4 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$4 - (0.166 + 0.3) = 3.534 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 17,897[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{17,897}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 7.059 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{7.059}{N} < 3.534 \text{ [ohm]}$$

N = 1.99[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 3.53 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 3.53$$

$$= 3.996 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 10[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 3.996[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 10 \times 3.996 \times 1.5$$

$$= 59.94 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 10 \times 1.5$$

$$= 15 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 12 \times 0.5}{10 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.8 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.29 구간N0.25 (대방 삼거리 ~ 영등포 로타리)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 5,618 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 12.45 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL 방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.7 \times 1,444 \times 1.1 = 3,493 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,493 \times 12.45 \times 0.2$$

$$= 8,698 \text{ (mA)}$$

$$= 8.7 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 8.7 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 10.04 \text{ , 적용 } 12 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 8.7 \times R \times 1.5$$

$$R = 4.598 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$4.598 - (0.166 + 0.3) = 4.132 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 19,185[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{19,185}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 7.567 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{7.567}{N} < 4.132 \text{ [ohm]}$$

N = 1.83[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 3.784 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 3.784 \\ = 4.25 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 8.7[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 4.25[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 8.7 \times 4.25 \times 1.5$$

$$= 55.46 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 8.7 \times 1.5$$

$$= 13.05 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 12 \times 0.5}{8.7 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 23.91 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.30 구간N0.26 (영등포 로타리 ~ 한국화학시험소)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 3,373 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 15.49 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.7 \times 1,635 \times 1.1 = 3,955 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,955 \times 15.49 \times 0.2$$

$$= 12,252 \text{ (mA)}$$

$$= 12.25 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 12.25 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 14.13 \text{ , 적용 } 15 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 12.25 \times R \times 1.5$$

$$R = 3.265 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$3.265 - (0.166 + 0.3) = 2.799 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 16,954[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{16,954}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 8.058 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{8.058}{N} < 2.799 \text{ [ohm]}$$

N = 2.88[HOLE] ; 적용 3[HOLE]

$$R_a = 2.686 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 2.686 \\ = 3.152 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 12.25[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 3.152[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 12.25 \times 3.152 \times 1.5$$

$$= 57.92 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 12.25 \times 1.5$$

$$= 18.38 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 15 \times 0.5}{12.25 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.22 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 3HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 5개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.31 구간N0.27 ,A-1 (영등포 로타리 ~ 지하철 7호선 신풍역)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 6,423 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 11.76 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 1,134 \times 1.1 = 3,135 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,135 \times 11.76 \times 0.2$$

$$= 7,374 \text{ (mA)}$$

$$= 7.37 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 7.37 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 8.5 \text{ , 적용 } 9 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 7.37 \times R \times 1.5$$

$$R = 5.427 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$5.427 - (0.166 + 0.3) = 4.961 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 22,684[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 1,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{22,684}{(2 \times \pi \times 1,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 1,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 13.682 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{13.682}{N} < 4.961 \text{ [ohm]}$$

N = 2.76[HOLE] ; 적용 3[HOLE]

$$R_a = 4.561 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 4.561 \\ = 5.027 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 7.37[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 5.027[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 7.37 \times 5.027 \times 1.5$$

$$= 55.57 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 7.37 \times 1.5$$

$$= 11.06 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 9 \times 0.5}{7.37 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.17 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 30M 3HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 3개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.32 구간N0.27 ,A-2 (영등포 로타리 ~ 지하철 7호선 신풍역)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 6,423 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 11.76 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 1,134 \times 1.1 = 3,135 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상율

$$= 3,135 \times 11.76 \times 0.2$$

$$= 7,374 \text{ (mA)}$$

$$= 7.37 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 7.37 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 8.5 \text{ , 적용 } 10 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 7.37 \times R \times 1.5$$

$$R = 5.427 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$5.427 - (0.166 + 0.3) = 4.961 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 17,893[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{17,893}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 8.504 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{8.504}{N} < 4.961 \text{ [ohm]}$$

N = 1.71[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 4.252 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 4.252$$

$$= 4.718 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 7.37[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 4.718[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 7.37 \times 4.718 \times 1.5$$

$$= 52.16 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 7.37 \times 1.5$$

$$= 11.06 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 10 \times 0.5}{7.37 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 23.52 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 5개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.33 구간N0.28 , A-1 (지하철 7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 10,327 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.59 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 1,117 \times 1.1 = 3,088 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상율

$$= 3,088 \times 9.59 \times 0.2$$

$$= 5,923 \text{ (mA)}$$

$$= 5.92 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 5.92 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 6.83 \text{ , 적용 } 7 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 5.92 \times R \times 1.5$$

$$R = 6.757 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$6.757 - (0.166 + 0.3) = 6.291 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 17,893[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 3,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{17,893}{(2 \times \pi \times 3,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 3,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 6.054 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.054}{N} < 6.291 \text{ [ohm]}$$

N = 0.96[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 6.054 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 6.054 \\ = 6.52 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 7.37[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 5.027[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 5.92 \times 6.52 \times 1.5$$

$$= 57.9 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 5.92 \times 1.5$$

$$= 8.88 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 7 \times 0.5}{5.92 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.5 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 45M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.33 구간N0.28 , A-1 (지하철 7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 10,327 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.59 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 1,117 \times 1.1 = 3,088 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상율

$$= 3,088 \times 9.59 \times 0.2$$

$$= 5,923 \text{ (mA)}$$

$$= 5.92 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 5.92 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 6.83 \text{ , 적용 } 7 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 5.92 \times R \times 1.5$$

$$R = 6.757 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$6.757 - (0.166 + 0.3) = 6.291 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 17,893[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 3,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{17,893}{(2 \times \pi \times 3,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 3,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 6.054 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.054}{N} < 6.291 \text{ [ohm]}$$

N = 0.96[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 6.054 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 6.054$$

$$= 6.52 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 7.37[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 5.027[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 5.92 \times 6.52 \times 1.5$$

$$= 57.9 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 5.92 \times 1.5$$

$$= 8.88 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 7 \times 0.5}{5.92 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.5 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 45M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.33 구간N0.28 , A-1 (지하철 7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 10,327 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.59 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 1,117 \times 1.1 = 3,088 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,088 \times 9.59 \times 0.2$$

$$= 5,923 \text{ (mA)}$$

$$= 5.92 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 5.92 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 6.83 \text{ , 적용 } 7 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 5.92 \times R \times 1.5$$

$$R = 6.757 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$6.757 - (0.166 + 0.3) = 6.291 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 17,893[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 3,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{17,893}{(2 \times \pi \times 3,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 3,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 6.054 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.054}{N} < 6.291 \text{ [ohm]}$$

N = 0.96[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 6.054 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 6.054 \\ = 6.52 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 5.92[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 6.52[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 5.92 \times 6.52 \times 1.5$$

$$= 57.9 \text{ , 적용 60V}$$

$$I = 5.92 \times 1.5$$

$$= 8.88 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 7 \times 0.5}{5.92 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.5 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 45M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.33 구간N0.28 , A-2 (지하철 7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 10,327 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.59 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 1,117 \times 1.1 = 3,088 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상율

$$= 3,088 \times 9.59 \times 0.2$$

$$= 5,923 \text{ (mA)}$$

$$= 5.92 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 5.92 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 6.83 \text{ , 적용 } 7 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 5.92 \times R \times 1.5$$

$$R = 6.757 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$6.757 - (0.166 + 0.3) = 6.291 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 9,031[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 1,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{9,031}{(2 \times \pi \times 1,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 1,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.447 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.447}{N} < 6.291 \text{ [ohm]}$$

N = 0.87[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 5.447 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 5.447 \\ = 5.913 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 5.92[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 5.913[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 5.92 \times 5.913 \times 1.5$$

$$= 52.5 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 5.92 \times 1.5$$

$$= 8.88 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 7 \times 0.5}{5.92 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.5 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 30M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.35 구간N0.29 (가리봉 5거리 ~ 구로동길 입구)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 9,043 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 10.16 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.8 \times 374 \times 1.1 = 1,034 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 1,034 \times 10.16 \times 0.2$$

$$= 2,101 \text{ (mA)}$$

$$= 2.1 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 2.1 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 2.42 \text{ , 적용 3 [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 2.1 \times R \times 1.5$$

$$R = 19.048 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$19.048 - (0.166 + 0.3) = 18.582 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 17,711[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 900[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{17,711}{(2 \times \pi \times 900)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 900)}{15} - 1 \right]$$

$$= 16.204 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{16.204}{N} < 18.582 \text{ [ohm]}$$

N = 0.87[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 16.204 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 16.204 \\ = 16.67 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 2.1[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 16.67[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 2.1 \times 16.67 \times 1.5 \\ = 52.5 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 2.1 \times 1.5$$

$$= 3.15 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 3 \times 0.5}{2.1 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 24.76 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 24M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 3개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.36 구간N0.30 (대방 삼거리 ~ 동작구청 삼거리) - 외부 전원식

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 8,289 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 10.54 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 696 \times 1.1 = 2,405 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 2,405 \times 10.54 \times 0.2$$

$$= 5,070 \text{ (mA)}$$

$$= 5.07 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 5.07 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 5.85 \text{ , 적용 } 6 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 5.07 \times R \times 1.5$$

$$R = 7.89 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$7.89 - (0.166 + 0.3) = 7.424 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 17,353[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{17,353}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 6.844 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.844}{N} < 7.424 \text{ [ohm]}$$

N = 0.92[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 6.844 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 6.844$$

$$= 7.31 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 5.07[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 7.31[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 5.07 \times 7.31 \times 1.5$$

$$= 55.59 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 5.07 \times 1.5$$

$$= 7.61 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 6 \times 0.5}{5.07 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.5 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.37 구간N0.30 (대방 삼거리 ~ 동작구청 삼거리) - 희생 양극식

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($\rho = 8,289 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(\rho)$$

$$\therefore i = 10.54 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 희생 양극식

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 600 \times 1.1 = 2,073 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 2,073 \times 10.54 \times 0.2$$

$$= 4,370 \text{ (mA)}$$

$$= 4.37 \text{ (A)}$$

다) 양극의 접지저항

$$Ra = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 8,289[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 77[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 16.5[Cm]

$$Ra = \frac{8,289}{(2 \times \pi \times 77)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 77)}{16.5} - 1 \right]$$

$$= 44.886 \text{ [ohm]}$$

라) 양극의 발생 전류

$$I_p = \Delta E / R_a$$

$$\Delta E = 0.7[V] (1.55 - 0.85)$$

$$R_a = \text{양극접지저항} ; [ohm]$$

$$I_p = 0.7 / 44.886 = 0.01560 \Rightarrow 15.6[mA]$$

마) 양극 수량

$$N = I / I_p$$

$$I = \text{소요 전류} ; [mA]$$

$$I_p = \text{양극발생전류} ; [mA]$$

$$N = 4,370 / 15.6$$

$$= 280.1[EA] \Rightarrow \text{USE 282[EA], FOR ANODE ARRANGEMENT}$$

바) 결론

- 1) 본 구간은 현재 지하철 공사 중으로 인하여 배관이 노출되어 있어 Mg-Anode를 이용한 희생양극식으로 설계 하였음.
- 2) Mg-Anode 수량은 282개 , 6개 1조로 하여 약13M 간격으로 설치한다.
- 3) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당 하다고 판단된다.
- 4) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.38 구간N0.31 (배수지 ~ 영동대로 종합전시장 사거리)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 11,152 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.28 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1.5 \times 1,164 \times 1.1 = 6,034 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 6,034 \times 9.28 \times 0.2$$

$$= 11,199 \text{ (mA)}$$

$$= 11.12 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 11.12 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 12.83 \text{ , 적용 } 14 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 11.12 \times R \times 1.5$$

$$R = 3.597 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$3.597 - (0.166 + 0.3) = 3.131 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 13,819[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{13,819}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.45 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.45}{N} < 3.131 \text{ [ohm]}$$

N = 1.74[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 2.725 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 2.725 \\ = 3.191 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 11.12[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 3.191[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 11.12 \times 3.191 \times 1.5$$

$$= 53.23 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 11.12 \times 1.5$$

$$= 16.68 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 14 \times 0.5}{11.12 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.82 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.39 구간N0.32 (영동대로 종합전시장 사거리 ~ 삼성역 사거리)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 16,838 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 7.78 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 619 \times 1.1 = 2,139 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상율

$$= 2,139 \times 7.78 \times 0.2$$

$$= 3,328 \text{ (mA)}$$

$$= 3.33 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 3.33 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 3.84 \text{ , 적용 4 [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 3.33 \times R \times 1.5$$

$$R = 12.012 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$12.012 - (0.166 + 0.3) = 11.546 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 14,519[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 1,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{14,519}{(2 \times \pi \times 1,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 1,500)}{15} - 1 \right] \\ = 8.757 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{8.757}{N} < 11.546 \text{ [ohm]}$$

N = 0.76[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 8.757 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 8.757 \\ = 9.223 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 3.33[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 9.223[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 3.33 \times 9.223 \times 1.5 \\ = 46.07 , \text{ 적용 } 60V$$

$$I = 3.33 \times 1.5$$

$$= 5 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 4 \times 0.5}{3.33 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20.8 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 30M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 4개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.40 구간N0.34 , A-1 (종합전시장 사거리 ~ 차병원 사거리)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 11,554 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.14 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 1,263 \times 1.1 = 3,928 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,928 \times 9.14 \times 0.2$$

$$= 7,180 \text{ (mA)}$$

$$= 7.18 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 7.18 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 8.28 \text{ , 적용 } 9 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 7.18 \times R \times 1.5$$

$$R = 5.571 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$5.571 - (0.166 + 0.3) = 5.105 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 10,837[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{10,837}{(2 \times \pi \times 2,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 4.274 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{4.274}{N} < 5.105 \text{ [ohm]}$$

N = 0.84[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 4.274 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 4.274$$

$$= 4.74 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 7.18[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 4.74[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 7.18 \times 4.74 \times 1.5$$

$$= 51.05 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 7.18 \times 1.5$$

$$= 10.77 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 9 \times 0.5}{7.18 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.73 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 40M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 9개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.40 구간N0.34 , A-2 (종합전시장 사거리 ~ 차병원 사거리)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 11,554 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 9.14 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.9 \times 1,263 \times 1.1 = 3,928 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 3,928 \times 9.14 \times 0.2$$

$$= 7,180 \text{ (mA)}$$

$$= 7.18 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 7.18 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 8.28 \text{ , 적용 } 10 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 7.18 \times R \times 1.5$$

$$R = 5.571 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$5.571 - (0.166 + 0.3) = 5.105 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 14,837[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 1,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{14,837}{(2 \times \pi \times 1,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 1,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 8.949 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{8.949}{N} < 5.105 \text{ [ohm]}$$

N = 1.75[HOLE] ; 적용 2[HOLE]

$$R_a = 4.475 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 4.475$$

$$= 4.941 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 7.18[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 4.941[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 7.18 \times 4.941 \times 1.5$$

$$= 53.21 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 7.18 \times 1.5$$

$$= 10.77 \text{ , 적용 } 20A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 10 \times 0.5}{7.18 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 24.14 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 30M 2HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 5개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.42 구간N0.35 (배수지 ~ 영동대교)

1) 전기방식

가) 소요 전류

13(Amp) - 가 통전 시험 결과

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} (EA)$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Qs : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 13 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 15 [EA]$$

나) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200$$

$$= 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전을 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 13 \times R \times 1.5$$

$$R = 3.077 [\text{ohm}]$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$3.077 - (0.166 + 0.3) = 2.611 [\text{ohm}]$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 13,644[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$Ra = \frac{13,664}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$
$$= 6.484 \text{ [ohm]}$$

$$Ra = \frac{6.484}{N} < 2.611 \text{ [ohm]}$$

N = 2.48[HOLE] ; 적용 3[HOLE]

$$Ra = 2.161 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 2.161$$
$$= 2.627 \text{ [ohm]}$$

다) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 13[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 2.627[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 13 \times 2.627 \times 1.5$$

$$= 51.23 \text{ , } \text{적용 } 60V$$

$$I = 13 \times 1.5$$

$$= 19.5 \text{ , } \text{적용 } 20A$$

라) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 15 \times 0.5}{13 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 20 \text{ (Year)}$$

마) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 20A로 설계 하였다

- 2) DEEP WELL 수량은 35M 3HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 5개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.43 구간N0.36 (영동대교 ~ 청담동 한양3차@ 71동))

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 6,329 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 11.83 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.7 \times 1,005 \times 1.1 = 2,431 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 2,431 \times 11.83 \times 0.2$$

$$= 5,752 \text{ (mA)}$$

$$= 5.75 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 5.75 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 6.63 \text{ , 적용 } 7 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 5.75 \times R \times 1.5$$

$$R = 6.957 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$6.957 - (0.166 + 0.3) = 6.491 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 11,767[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{11,767}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right]$$

$$= 5.592 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{5.592}{N} < 6.491 \text{ [ohm]}$$

N = 0.86[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 5.592 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 5.592 \\ = 6.058 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 5.75[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 6.058[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 5.75 \times 6.058 \times 1.5 \\ = 52.25 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 5.75 \times 1.5$$

$$= 8.63 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 7 \times 0.5}{5.75 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 21.1 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 7개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.44 구간N0.37 (배수지 ~ 경기고 사거리)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 8,590 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 10.38 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL 방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 1 \times 543 \times 1.1 = 1,876 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 1,876 \times 10.38 \times 0.2$$

$$= 3,895 \text{ (mA)}$$

$$= 3.9 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 3.9 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 4.5 \text{ , 적용 } 5 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(R_w)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(R_e)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 3.9 \times R \times 1.5$$

$$R = 10.256 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$10.256 - (0.166 + 0.3) = 9.79 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

R_a = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 10,206[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 1,500[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{10,206}{(2 \times \pi \times 1,500)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 1,500)}{15} - 1 \right]$$

$$= 6.156 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{6.156}{N} < 9.79 \text{ [ohm]}$$

$N = 0.63$ [HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 6.156 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 6.156 \\ = 6.622 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 3.9[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 6.622[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 3.9 \times 6.622 \times 1.5$$

$$= 38.74 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 3.9 \times 1.5$$

$$= 5.85 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 9 \times 0.5}{7.18 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 22.22 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 30M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 5개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

4.5.45 구간N0.38 (경기고 사거리 ~ 영동대교)

1) 전기방식

가) 소요 전류밀도

(1) 관로구간 ($p = 6,027 \text{ } \Omega\text{-cm}$)

$$\text{Log}(i) = 2.7 - 0.428 \text{Log}(p)$$

$$\therefore i = 12.08 \text{ (mA/m}^2\text{)}$$

나) 방식방법 : 외부 전원식 (DEEP WELL방식 : 심매양극법)

2) 주 배관 전기방식 설계계산

가) 관로구간 방식면적(S)

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 관외경(m)

L : 방식연장(m)

f : FACTOR

$$S = \pi \times D \times L \times f \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= \pi \times 0.7 \times 758 \times 1.1 = 1,834 \text{ (m}^2\text{)}$$

나) 소요전류(I)

$$I = S \times i \times Cd \text{ (mA)}$$

S : 방식대상 면적(m²)

i : 방식 소요 전류밀도(mA/m²)

Cd : 도장 손상을

$$= 1,834 \times 12.08 \times 0.2$$

$$= 4,431 \text{ (mA)}$$

$$= 4.43 \text{ (A)}$$

다) 이론 양극수량

$$N = Y \times I \times \frac{Q_s}{Q} \text{ (EA)}$$

N : 양극수량

Y : 양극수명(Yr)

I : 소요방식전류(A)

Q_s : 양극의소모율(Lb/A.Yr)

Q : ANODE 한개의 중량(LB)

양극효율 : (= 0.5적용)

$$= 20 \times 4.43 \times \frac{0.75}{26 \times 0.5}$$

$$= 5.11 \text{ , 적용 } 6 \text{ [EA]}$$

라) 직류 회로 저항(R)

(1) 케이블 저항(Rw)

사용 케이블 : CV - 1C - 22mm², 1.31 ohm / cm

사용 길이 : 200 M / 정류기

$$R_w = 0.832 \times 10^{-3} \times 200 \\ = 0.166 \text{ ohm}$$

(2) 기타 저항(Re)

$$R_e = 0.3 \text{ ohm}$$

(3) Anode Bed 접지저항

① Anode Bed의 이용 가능 최대 저항

정류기 60V와 안전율 50%를 만족 시킬수 있는 직류회로 저항

$$60 = 4.43 \times R \times 1.5$$

$$R = 9.029 \text{ [ohm]}$$

DEEP WELL의 이용 최대 저항

$$9.029 - (0.166 + 0.3) = 8.563 \text{ [ohm]}$$

② Anode Bed의 저항

$$R_a = \frac{\rho}{(2 \times \pi \times L)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times L)}{d} - 1 \right]$$

Ra = 전극의 접지저항

ρ = 토양 비저항 ; 16,238[ohm-cm]

L = 전극 백필길이 ; 2,000[Cm]

d = 전극 백필지름 ; 15[Cm]

$$R_a = \frac{16,238}{(2 \times \pi \times 2,000)} \times \left[\text{Ln} \frac{(8 \times 2,000)}{15} - 1 \right] \\ = 7.717 \text{ [ohm]}$$

$$R_a = \frac{7.717}{N} < 8.563 \text{ [ohm]}$$

N = 0.9[HOLE] ; 적용 1[HOLE]

$$R_a = 7.717 \text{ [ohm]}$$

(4) 직류 회로 전체 저항

$$R = 0.166 + 0.3 + 7.717 \\ = 8.183 \text{ [ohm]}$$

마) 정류기 정격

$$E = I \times R \times 1.5$$

I = 소요 전류 ; 4.43[Amp]

R = 직류회로 전체저항 ; 8.183[ohm]

1.5 = 안전 계수

$$E = 4.43 \times 8.183 \times 1.5 \\ = 54.38 \text{ , 적용 } 60V$$

$$I = 4.43 \times 1.5$$

$$= 6.65 \text{ , 적용 } 10A$$

바) 양극수명

$$Y = \frac{W \times UF}{I \times S} \text{ (Year)}$$

W : 양극의무게(Lb)

I : 소요전류(Amp)

S : 양극소모율(Lb/A.Yr)

UF: 양극사용율(50%) 초기 무게의 50(%)까지 사용

$$Y = \frac{26 \times 6 \times 0.5}{4.43 \times 0.75} \text{ (Year)}$$

$$= 23.48 \text{ (Year)}$$

사) 결론

- 1) 정류기 정격은 전기설비 기술 기준령에 의거 2차측 전압을 DC60V 이하로 제한하고 출력정격은 DC60V 10A로 설계 하였다
- 2) DEEP WELL 수량은 35M 1HOLE, 1 HOLE 당 ANODE 수량은 6개로 한다.
- 3) 전류분포를 일정하게 분배하고 케이블에 흐르는 전류를 측정하기 위해 필수적으로 SHUNT BOX를 설치한다.
- 4) 전기방식 측정용 TEST BOX 설치는 변실 옆에 설치하여 분실 및 도로 포장으로 인한 훼손을 줄이고 정확한 측정이 용이 하도록 기준전극을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.
- 5) 가지관 (공급관)을 절연하는 때에는 절연 후렌지 개소에서 실시하며 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물에 의해 전기적으로 완전 절연이 되도록 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

제2장 전기부식 전식 개요

2.1 서론

2.2 부식의 형태

2.3 전기철도 누설전류

2.4 조사 및 측정

2.5 부식 및 전식방지

2.6 전기적 간섭

제 2 장 전기부식 전식개요

2.1 서 론

국내에서 전기부식은 1940년대부터 부식 관계에 대한 연구가 부분적으로 이어졌고 본격적인 연구 및 시공은 1970년 중반부터 이루어 졌다 볼 수가 있으며, 현재 LNG 배관, 송유관, 도시가스 배관 등 안전을 최우선시 하는 지중 매설배관은 이미 방식 조치가 90% 이상 되었고 방식 수준은 많이 향상되었다 보겠다.

지중매설 상수관로역시 부식, 전식에 의한 경제성 손실방지와 수질개선을 하기 위하여 부식방지(음극방식)를 인식 전환의 가치로 세우며 활발한 대책을 강구하고 있으며, 또한 지하철 운행구간의 인근에 매설된 상수관로는 직류누설전류의 유입 유출에 의해 전식이 발생되므로 전식에 대한 이론적인 개념과 현장측정을 하고 분석을 하여 부식 및 전식이 발생될시 이에 따른 문제의 대책을 강구하여야한다.

2-2. 부식의 형태

2-2-1. 부식의 종류

부식이란?

금속 그 자체는 산화물 또는 함수산화물로서 자연계에 존재하고 있었던 광석을 채광하여 고온에서 화학적으로 환원을 하거나 전기 분해하여 정련한 것이다.

정련 시에는 큰 에너지가 필요하며, 안정된 광석을 정련한 금속은 불안정한 상태로 된다.

부식이라는 것은 가해진 에너지를 천천히 방출시켜 주위환경과 접하게 되므로서 물, 공기 등 주위환경과 반응을 일으켜 그들의 본래상태인 산화물로 되돌아가려는 현상이다.

즉, 제련과정에서 많은 양의 에너지가 투입된 금속은 불안정하여 에너지를 버리고 자연 상태로 회귀하려는 경향(부식)이 크고 제련이 용이한 금속은 부식되려는 경향이 작다고 할 수 있다.

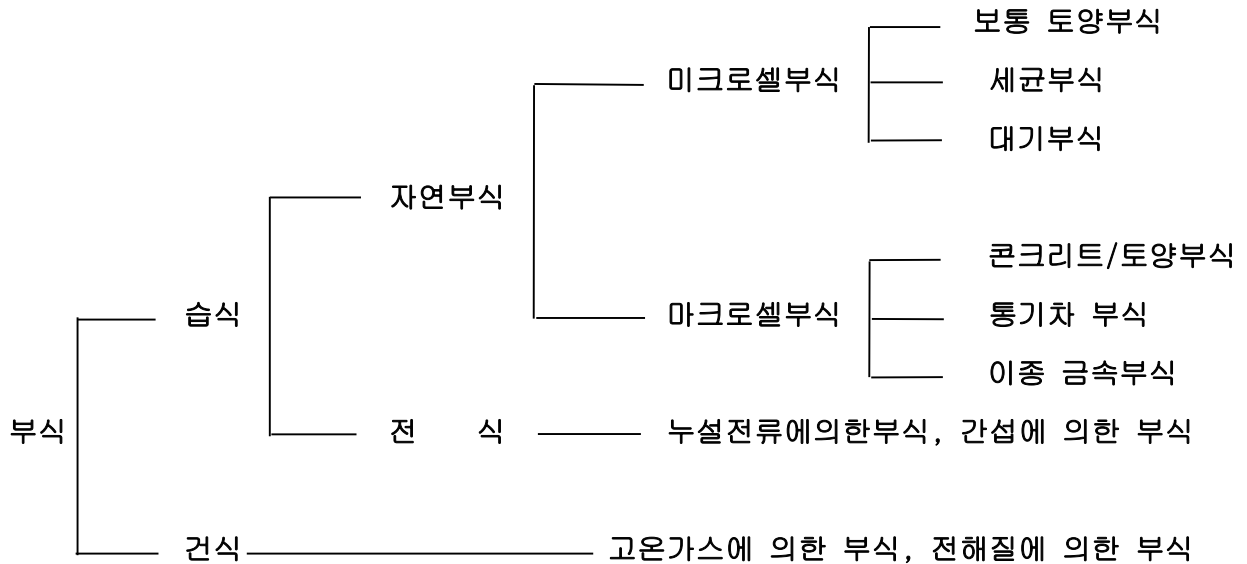
철광석을 환원시켜 얻은 금속상태의 철은 지표상의 환경 하에서 원래의 산화상태로 돌아간다.

즉) 부식반응은 편의상 기체상태의 산소가 관련하여 고온에서 진행되는 전식(乾蝕)과 실온근방에서 산소와 물의 존재 하에 진행되는 습식(濕蝕)으로 분류한다.

습식은 산소와 수분을 동반하는 부식으로서 전기 화학적 반응에 의해 진행이 되며 자연부식과 전식이 있다.

건식은 수분이 동반되지 않는 부식으로서 습도가 높은 공기나 반응성가스에 의한 것으로 화학적 반응에 의해 진행된다.

관로의 부식은 습식이며 형태별로 분류하면 다음과 같다.



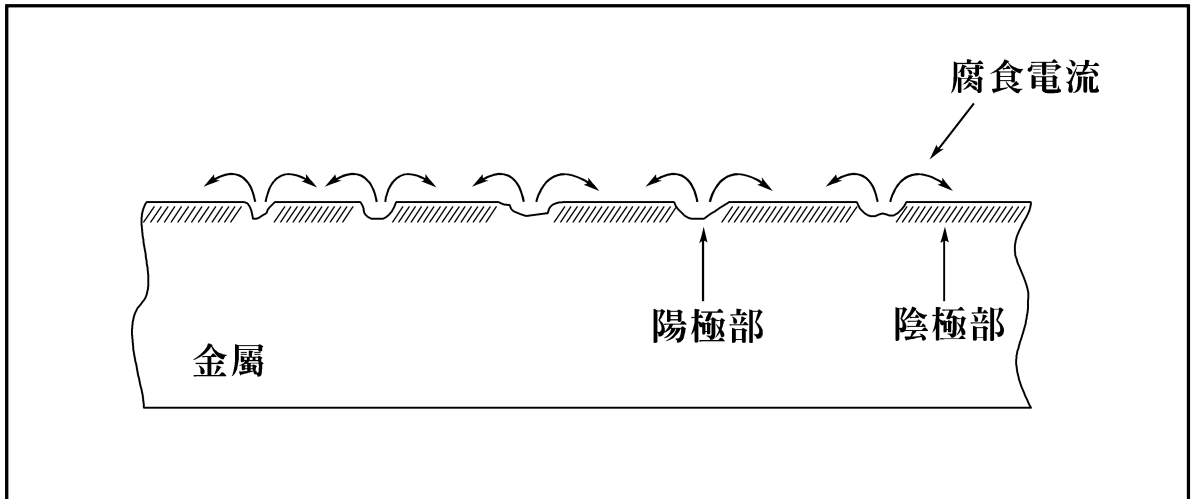
가. 습 식

1) 자연부식

가) MICRO CELL부식(미크로셀 부식)

국부전지 부식이라고 하며 금속표면은 불순물, 산화물 기타의 피막, 결정구조의 흠어짐 등으로 불균일한 상태로 되어있고 전극전위가 같더라도 부분적으로 미시적인 양극부와 음극부에서 생기는 미크로셀(미시적전지)가 형성되어 전위차가 생기며 이전위차에 의해 국부전지가 형성되어 부식이 진행된다.

아래 그림과 같이 물 또는 수용액에 노출되면 물 또는 수용액을 통해 양극에서 산화작용이 발생되고 부식이 진행되며 결과적으로 금속표면 전체가 균일한 부식을 야기 시키고 매설금속체 부식의 대부분은 이 형태의 부식이 된다.



(1) 보통토양의 부식

보통 토양부식은 거의 마이크로셀 부식이다.

토양의 비저항, PH, 산화환원 전위, 함수비, 토질가용성 염류, 통기성 등의 영향을 받고 매우 심하게 부식한다. 그중에서 특히 영향도가 높고 측정이 쉬운 토양비저항,PH에 대해 알아본다.

★ 토양비저항

마이크로셀 부식은 무수한 부식전지에 의해 진행되기 때문에 전류가 통하기 어려운 토양 속에서는 부식이 적어진다. 따라서 토양비저항은 토양의 부식성을 판단하는 하나의 기준이 되며 측정이 쉽기 때문에 잘 사용된다.

★ PH (수소이온농도)

통상 토양의 PH는 5~8정도이며 특히 심한 부식을 일으키는 것은 없지만 PH4 이하의 산성토양에서는 철을 비롯하여 보통의 금속은 심하게 부식한다.

(2) 세균부식

토양 중에 있는 세균 때문에 현저히 부식이 촉진된다.

그 중 대표적인 것은 유산염 환원박테리아이고 이 유산염환원박테리아는 일반 토양 속에 광범위하게 분포하여 있고, 강, 바다, 호수 등의 바닥 흙 속에 특히 많이 존재하고 있다

이 박테리아는 수소이온농도 PH5~8.6에서 서식하며 PH6.5~7.2의 점토질에서 가장 번식하기 쉬운 혐기성세균이며 온도는 30~35℃가 최적으로 알려져 있다.

(3) 대기 속에서의 부식

배관의 지상 노출부등에 대기 중의 수분이 이슬로 맺히거나 비에 젖거나 하여 수분이 부착된다.

이 수분에는 대기 중의 탄산가스, 아황산가스, 해염 입자 등이 녹아드는 것에 의해 전도성을 가지고 있어 전해질로 작용한다.

공업지대, 온천지대, 해안지대 등에서는 금속표면의 수분 속에 부식성이 강한 아황산가스, 황화수소 및 해염입자가 용해되어 토양 속에 비해 극히 현저하게 부식이 진행되기 때문에 대기 중의 부식에 대해서도 충분한 배려가 필요하다.

나) MACROCELL부식

농담(濃淡)전지부식이라고 하며 상대적으로 자연전위가 낮은 부분(양극부)에 자연전위가 높은 부분(음극부)이 마크로셀(거시적전지)을 형성하고 양극부의 부식이 촉진되는 것을 마크로셀 부식이라고 하며, 동일한 금속이 각기 다른 자연전위를 나타내는 환경에 걸쳐서 매설되는 경우나 혹은 자연전위가 다른 금속을 섞어서 사용하는 경우 금속 표면의 양극부에서 부식이 발생한다.

★ 마크로셀 부식의 특징

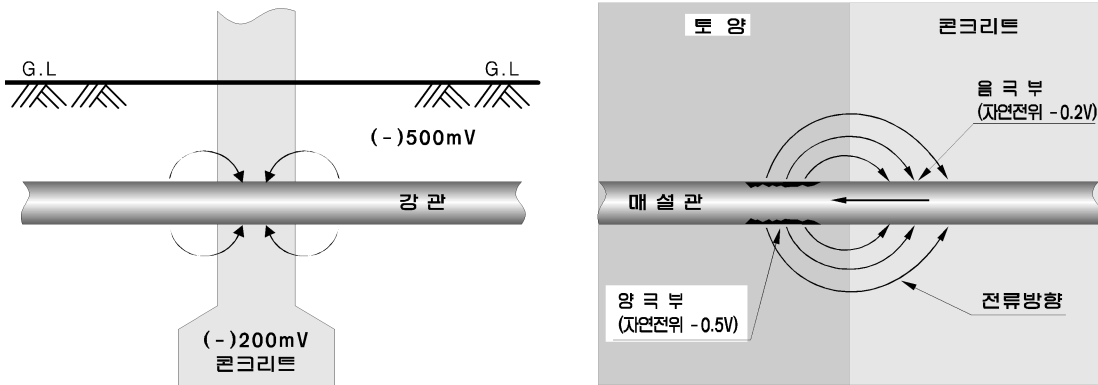
- ① 마크로셀 부식과 달리 양극부와 음극부가 명확하게 분리되어있다.
- ② 양극부의 면적에 비해서 음극부의 면적이 상대적으로 클수록 양극부의 부식은 빨리 진행되며 부식속도는 (음극부 면적/양극부 면적)의 비로 비례한다.

(1) 콘크리트/토양 마크로셀 부식

콘크리트는 알칼리성(PH12)이기 때문에 이속에서의 철의 자연전위는 보통의 토양 속과 비교해서 200mV~300mV 높게 나타낸다.

이 때문에 매설관이 토양 속에서 콘크리트를 관통해서 구조물내로 들어올 경우에 토양과 콘크리트경계부에서 매설관의 토양 속 부분에서 양극, 콘크

리트 부분을 음극으로 하는 마크로셀이 형성되어 토양 속 부분의 부식이 현저하게 촉진된다.(그림참조)



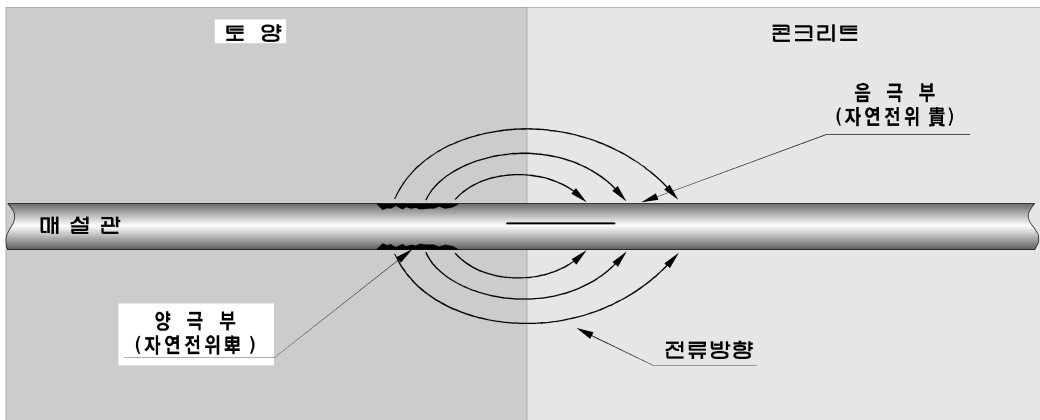
(2) 통기차 마크로셀부식

금속체가 통기성이 각기 다른 토양에 걸쳐서 매설되는 경우 혹은 부분적으로 통기성이 나쁜 토양에 접할 경우 통기성이 나쁜 부분의 자연전위는 통기성이 좋은 부분에 비해 더욱 낮아져서 양자 간에 전위차가 생긴다.

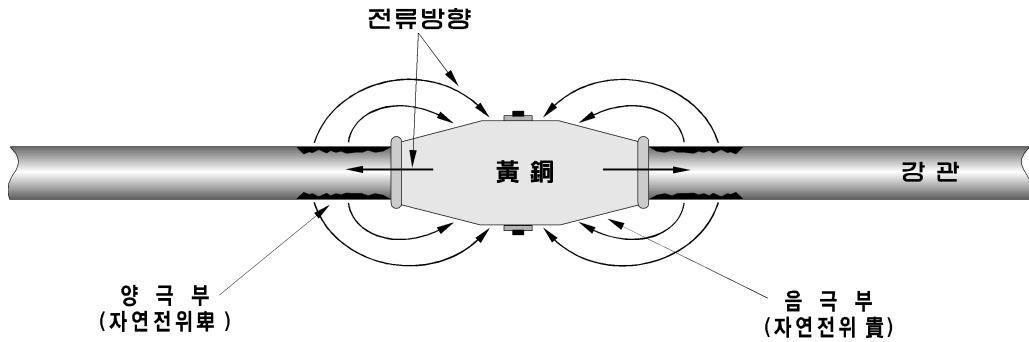
이에 따라 마크로셀이 형성되어 통기성이 나쁜 부분이 양극부가 되어 부식이 촉진된다.

이를 통기성(산소농도) 마크로셀부식, 혹은 이종토양 마크로셀이라고 한다.

- ① 그림1: 통기성이 다른 토양에 매설관이 설치된 경우로 점토층부분이 통기성이 나쁘기 때문에 이 부분이 부식하게 된다.



②그림2: 매설관이 동일한 토양 속에 설치되어 있지만 수로 밑의 토양이 물을 흡수하여 이부분의 통기성이 부분적으로 나빠져서 통기차에 의한 마크로셀 부식이 일어난다.



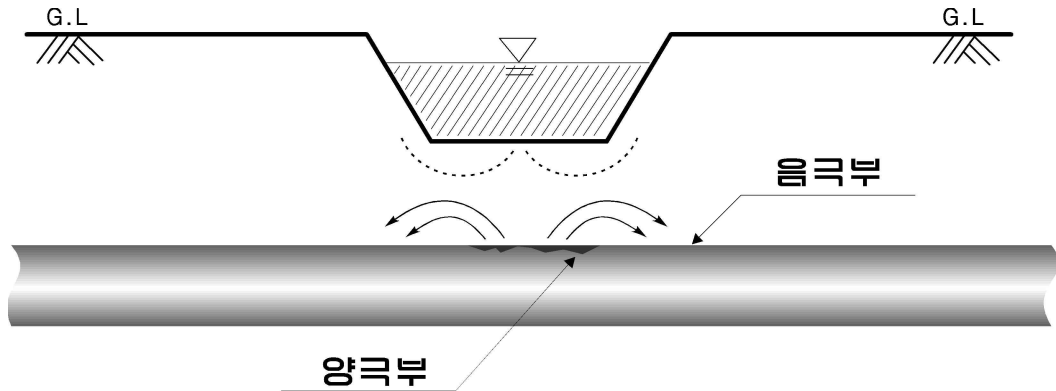
(3) 이종금속 마크로셀 부식

2종의 다른 금속이 토양 속에서 전기적으로 접촉되면 금속의 자연전위차 (고전위 금속과 저전위 금속)에 의해 마크로셀이 형성되어 자연전위가 낮은 쪽(저전위 금속)의 금속이 양극이 되어 부식한다.

★ 상대 전위차와 부식정도

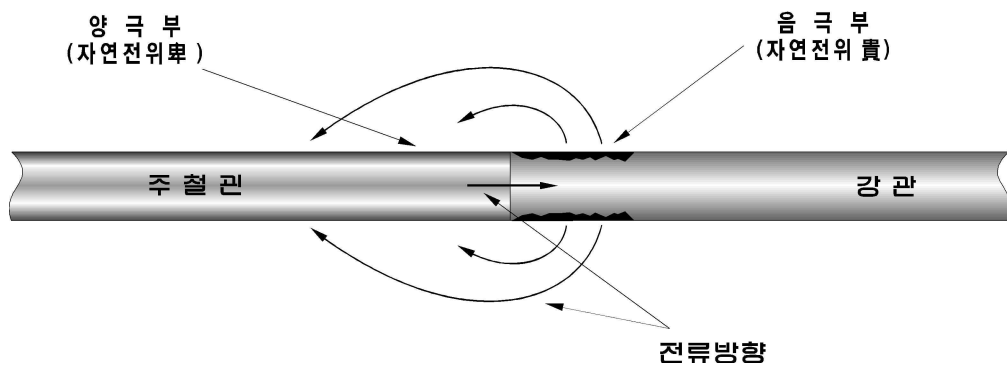
상대 전위차(V)	부식층 금속의 부식정도
0 ~ 0.2	거의 부식되지 않는다.
0.2 ~ 0.8	약간의 부식이 진행된다.
0.8 ~ 1.2	심한 부식이 진행된다.
1.2 이상	조합사용이 불가능하다.

① 그림1: 황동밸브와 강관의 조합으로 토양속의 황동 자연전위는 포화황산동 전극에 비해 약(-)200mV로 강철의 자연전위 약(-)500mV 보다도 높기 때문에 강관이 양극이 되어 부식한다.



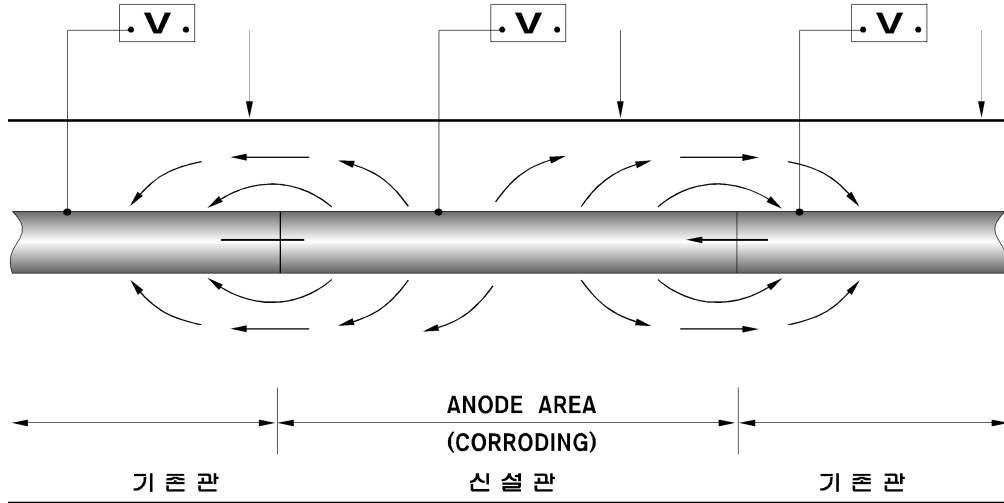
② 그림2: 주철관과 강관의 조합으로 주철관의 자연전위가 강관보다 약간 높기 때문에 강관이 양극이 되어 부식한다.

주철과 강철의 조합에 의한 마크로셀의 전위차는 별로 크지 않기 때문에 보통 부식은 그다지 큰 문제는 되지 않지만 주철관에 강철 볼트를 사용한 경우나 주철관에 도복장치 결함이 있는 플라스틱 피복강관을 접속한 경우와 같이 (주철면적)/(강철면적)의 비가 큰 경우는 강철부분의 부식이 커지게 되는 것을 주의해야한다.



③ 그림3: 이종금속은 아니지만 비슷한 경우로서 기존관(구관)과 신설관(신관)의 마크로셀 부식이 있다.

기존관은 표면에 녹이 슬었기 때문에 신설관보다도 자연전위가 높다. 이 때문에 기존관과 신설관을 접속하면 마크로셀이 형성되어 신설관이 양극으로 되어 부식한다.



2) 전 식

가) 지중에 매설되어있는 금속체의 경우 토양 속에서 전지작용에 의해 전기회로를 형성해서 부식하는 것을 자연부식이라 하며, 어떤 원인으로 의도한 회로 이외의 곳으로 외부로부터 흐르는 미주(迷走)전류를 전식이라 한다. 자연부식은 금속표면이 고르게 부식하지만 전식의 경우 국부적으로 부식하고 특히 금속관에 구멍이 나버려 상당한 피해를 주게 된다.

나) 전식의 예로 전기철도의 경우 전철은 레일을 전류의 귀선으로 사용하고 있지만 레일에 흐르는 전류의 일부가 토양내로 유출된다. 이때에 매설 배관이 레일에 접근하여 설치될 경우 누출전류는 매설 배관으로 유입이 되고 전철변전소 부근에서 다시 매설 배관으로부터 토양내로 귀류 할 수 있다. 이 경우 전류가 유출되는 부분의 매설배관 표면에서 발생하는 매우 격렬한 부식을 누설전류에 의한 부식이라 한다.

다) 매설금속이 선로와 교차 혹은 접근하는 경우의 전식은 레일 대지전압이 (+)인 경우 레일에서, 레일 대지전압이(-)인 경우 금속관에서 전식이 일어나게 된다.

3) 건 식

건식에는 고온가스에 따른 부식과 대기(전해질) 부식이 있다 .

배기가스처럼 고온의 가스 중에 부식을 유발하는 질소산화물, 유황산화물, 탄산화물, 염화물 등이 존재할 때 부식이 발생된다.

굴뚝 가까운 곳이나 바닷가에서 매연, 특히 화석 연료로부터 나오는 이산화유황 또는 부식성염으로 오염된 공기에 의해 크게 증가한다. 또한 금속의 표면이 먼지나 검댕이와 같은 고체입자들로 덮여있으면 수분이나 염이 더 오래 잔존할수 있기 때문에 부식이 더 잘 일어난다.

2-3. 전기철도 누설전류

2-3-1. 전기철도의 개요

1. 전기철도의 종류

전기철도 방식은 전차에 공급되는 전력 종류에 따라 크게 직류식과 교류식으로 나누어 지는데 사용되는 전압이나 공급방식으로 한층 세분화된다

교류 전기철도에서는 통신선에 대해 유도장해가 있는것, 교류전식에 대해서는 직류와 교류가 중첩되는 듯한 특수한 경우를 제외하고는 거의 문제가 되지않기 때문에 이 이하는 직류전기철도에 대해서 알아본다.

2. 직류전기철도

전차에 전력을 공급하는 것을 {기전}이라 하고, 변전소에서 전차선을 통해 전차에는 전력이 공급되고, 전차전류는 레일을 통해 변전소로 되돌아가는 회로로 구성되어 있다.

변전소에서 송출하는 전압은 600V,750V,의 저압 및 1,500V의 고압 3종류가 주로 이용 되는데, 노면(路面)전차 같은 병용궤도나 제3레일방식의 지하철도에서는 저압으로 한정되지만 전용 부지를 가진 전용궤도에서는 1,500V가 많다.

더욱이, 직류기전회로에 있어서는 전차선측을(+), 레일측은(-)로 하는 것이 전기 설비에 관한 기술기준(이하에서는 단지[기술기준]이라한다) 제268조(일본기술기준)에 제정 되어있다.

또 많은 경우가 변전소가 병렬에 접속되어 있고 그 간격은 전차밀도 등에 따라 다른데 전반적으로는 3 ~ 15Km(도시 및 그 근교에서는 수Km) 정도이다.

2-3-2. 귀선설비

기전회로에 있어서 전차전류가 변전소를 귀류 하는 경로의 대부분이 레일 이지만, 실제로는 레일을 접속하는 레일본드, 점프선, 크로스본드 및 임피던스본드나 레일과 변전소를 접속하는 미어선(귀선)이라 부르지만, 귀선의 전기저항의 레일대지전압과 누설 레일전류를 생각함에 중요한 요소가 된다.

1. 레일(궤조)

귀선의 대부분을 레일로 구성되어 있다. 레일의 종별을 단위 길이당의 중량(Kg/m) 으로 표시하여 30, 37, 40N, 50N, 60 등이 있다.

또 레일의 길이는 25m가 표준이지만 최근 또 용접기술의 진보에의해 종래일의 구간도 많아졌다.

더욱이, 귀선의 저항을 레일 이외의 전선류에 의한 저항의 증가, 레일에 한한 저항은 2할이 내리고 기술기준에 제한되어있고, 실제로는 1할 정도의 것이 많다.

2. 마이너스 기전선

마이너스 기전선(흡상선)이란 레일에서 변전소까지 끌어들이는 선을 말하는데 보통 전용궤도의 경우에는 변전소 앞에서 끌어들이는 경우가 많으며, 그 길이는 짧기 때문에 저항은 그다지 문제되지 않는다.

한편, 병용궤도에서는 레일의 누설저항이 전용궤도에 비해 약 한자리 적기 때문에 보통 기전방식에서는 누설전류가 현저하게 커진다. 따라서 수많은 마이너스 기전선(흡상선)을 이용해 마이너스 기전 변전소로부터 떨어진 점에서, 레일과 결합하는 [등전위법]을 채용하고 있다. 이에 따라 마이너스 기전내의 마이너스 기전 전압강하는 크게 되지만, 레일의 경우에는 전압강하는 적게 되고 레일대지 전압도 적게 되어 누설 전류를 전용궤도와 같이 확보할 수 있다.

3. 보조귀선

보조귀선이란 레일 귀선회로의 전압강하감소 및 전류용량의 증대를 위해 일반적으로 레일과 병행해서 시설된 것이다. 그러나 레일의 도체저항은 상당히 낮기 때문에 이것으로 효과를 얻기 위해서 수많은 전선을 필요로 한다. 이 때문에 일부 중부 하구간에 이용될 정도이다.

4. 레일본드

레일의 접속은 널빤지로 이어져 있는데, 그 전기저항은 불안정하기 때문에 전기와 레일 본드로 접속되어있다. 레일본드는 도선부와 단자부로서 그 규격이 JIS-E-3601 로 제정되어있다. 도선에서는 55mm² ~ 190mm² 연동을 끈선을 사용하며 단자에서는 용접단자 및 압축단자가 있는데 레일과 접속할 경우 모두 안정된 낮은 저항이 요망된다. 이 때문에 일본기술기준 제 268조 에서는 본드에 의한 저항값에 대해서 다음과 같이 규정하고 있다. [귀선용 궤조의 이음매 저항의 합은, 그 구간 궤조만의 저항을 2배 이하로 유지하고 동시에 하나의 이음매 저항을 그 궤조의 길이 5m 저항에 해당 하는값 이하인 것] 더욱이 레일본드의 저항은 상기처럼 레일의 해당 길이로 나타내는데 그 값은 짧은 용접 본드로 보통 1~2m정도이다.

5. 점퍼선, 크로스본드

교차점 건널목 그 외에 이용되는 본드로 긴 것을 점퍼선, 좌우레일 또는 상하선의 결합을 크로스본드라 한다. 상하선 사이에는 전차부하의 위치 및 전류의 변화등에 의해 많은 전위차가 생기기 때문에 크로스본드는 가능한 많이 설치하는 것이 전식 방지상 바람직하다.

더욱이, 자동신호 구간에서는, 좌우레일 사이는 임피던스의 중성점 끼리를 결합한 것이지만, 이경우는 다음항에 제시된 제한이 있기 때문에 크로스본드는 그렇게 많이 설치되지 않는 것이 실정이다.

6. 임피던스 본드

자동신호 구간에서는 좌우레일 사이에 교류전압을 더한 차축에 단락(短絡)되는 것을 위해 열차유무를 검시하고 있다. 이교류전압을 더하는 동시에 전차운전용인 직류를 보내기위해 궤도회로의 양단에 설치하는 것이 임피던스본드이다.

이처럼 임피던스본드는 레일에 결합되는 1차측과 교류전용의 2차측권선을 소유한 변압기의 일종으로 1차권선의 직류용량에는 250A, 500A, 1,000A의 3종류이고 그 규격은 JIS-E-3603이로 제정되어 있다. 더욱이, 1차권선은 그양단은 좌우레일에 접속 되는데 그 권선에 중성점(N)을 가져 타 궤도회로나 음기전선, 크로스본드 그위에 매설관의 배류등의 접속은 NP도회로의 불평행 방지를 위해 모두 이 중성점에 한정되어 있다.

2-3-3. 레일 대지전압

1. 레일 대지전압의 개요

레일 대지전압은 기본적으로는 레일에 흐르는 전차부하전류에 있어서 레일에 생기는 전압강하의 일부에 대지에 대해 나타내는 것으로 레일 대지전압이 플러스의 값에 있어서 레일에서는 레일에서 대지로 전류가 유출되고 마이너스의 값에서는 대지에서 레일로 유입 된다 실제 레일 대지전압은 전차나 변전소의 수가 복수인것 등에 의해 훨씬 복잡한 분포인데 레일에서 유 출입하는 각각의 전류에의해 생기는 레일 전위 분포의 중복에 의해 생각할 수 있다.

레일의 대지에 대한저항(이하에서는 간단히 누설저항 이라한다) 의 분포가 불균일할 때에는 레일의 전압강하의 큰자체는 그다지 변치는 않지만 누설저항이 균일할 경우에는 레일 대지전압이 0 인점(중성점)의 위치가 이동하기 때문에 레일 대지전압의 분포는 변화한다.

또 최근 활발히 도입 되어온 전력회생차량의 경우 제동시에는 다른전차에 전력을 공급하기 때문에 전기 면에서 변전소처럼 되어서 레일 대지전압도 변전소와 같이 마이너스 값을 나타낸다. 이로 인해 배류기가 있는 곳에서는 과 전류로 인한 기기의 손상과 배류기가 없는 곳에서는 단시간 이지만 매설관에 반복적인 전식전위가 생길 가능성이 있기 때문에 현재 그 영향이 검토되고 있다.

2. 레일 대지전압의 시간경과에 따른 개요

전술과 같이 직류전기철도에서는 병렬의 기전회로 속에 다수의 전차가 운전되고 있고 그 각각의 전차부하이동이나 전류의 변화가 복잡하게 이어져있기 때문에 한군데 장소에서 레일 대지전압도 복잡한 계시 변화를 나타내는 것이 보통이다.

레일 대지전압은 항상 변동하고 있고 그 값도 마이너스 값에서 플러스의 값으로 광범위하게 걸쳐 변화를 나타내는 것이 보통이다. 거의 모든 전차가 종례의 저항 제어차로서 측정 장소가 변전소의 중간인 것 등으로 인해 대부분의 시간대의 있어서 플러스의 값을 나타내고 가끔 나타나는 음의 값도 있으며, 동일 장소에서의 측정한 상당한 수의 전력회생차량이 도입 되어온 시점과 거의 모든 차량이 회생차로 바뀌진 때의것으로 인해 회생차가 달림에 따라 레일 대지전압의 양값은 적어지고 음값은 크게되는 것을 알 수 있다.

이것은 회생차가 제동 시에는 변전소와 같은 값이 되는 것으로 회생 차의 증가와 더

불어 역행 차에서 본 변전소까지의 거리가 짧아지는 기회가 증가하기 때문이다
따라서 전력회생차량의 도입은 레일 대지전압의 양의 정점값 및 평균치를 저감시켜
전철설비의 전식을 경감하는 효과가 있는 반면 매설관에 대해서는 모든 차량이 저항
제어차인 경우에는 없었던 레일 대지전압의 음값이 증대하기 때문에 전항에 서술했
듯이 새로운 문제를 검토할 필요가 생겨났다. 노면전차와 같은 병용궤도의 레일 대
지전압은 등전위법의 채용에 따라 전용궤도에 비해 1자리 적은 레일 대지 전압이다.

3. 레일 대지전압의 평균치분포

레일 대지전압은 전차부하 위치에서 양값이 되고 변전소 부근에서 음값이 되지만 전
식에 관계 깊은 평균치의 분포는 변전소 사이에서 양의 값 변전소부근에서 음의값이
되는 경향이 있다. 이사이 레일 대지전압이 양의 값 지역 에서는 레일의 전식이 발
생하기 쉽고 또 음 값 지역 에서는 매설관의 전식이 발생하기 쉬운데 실제 기전회로
에서는 변전소 간격이나 기전전압의 불균일 및 전차의 역행위치의 치우침 등에 따라
이 분포에서 벗어나는 경우가 있다.

레일 대지전압의 평균치는 전식 평가상 중요하기 때문에 일본기술기준(제268조, 제
269조)에서는 연간 평균 전차 부하전류에 의한 귀선전압 강하에 대해 그 최대치를
병용궤도 에서는 2V이하, 전용궤도에서는 15V이하(1Km당 2.5V 이하)로 제한치를 설
정하고 있다.

2-3-4. 누설저항

전기철도에 있어서 레일 대지전압의 발생은 피할수 없지만, 전식에 직접영향을 주는
누설전류의 크기결정에는 레일의 대지에 대한 전류가 쉽게 빠지는 것은 큰 요인이
된다. 일반전용 궤도에서의 레일은 자갈, 쇠석 등으로 쌓아올려진 도상위에 침목을
깔아 설치한 것으로 일단 대지에서 떨어진 형태로 되어 있지만 수분이나 흙탕물 등
에 의해 전기 면에서는 완전하게 절연 되지 않고 비교적 낮은 저항으로 대지와 접촉
하고 있다.

이 저항을 누설저항 이라하고 ΩKm 로 나타낸다. 이 값은 아래 표에 나타나듯이 이것
은 1 ΩKm 정도로 높아졌다. 이 경향은 지하철선등에서도 동등하다. 더욱이 병용궤도
의 경우는 레일이 두부까지 묻혀있는 형이기 때문에 0.1 ΩKm 로 한자리 낮다.

누설저항(ΩKm)

분류 구분	新幹線	在來線, 新線	地下鐵線	併用軌道
범 위	200 ~	0.4~6.4, 8~42	0.08~37	0.05~0.2
대표치		10	10	0.1

2-3-5. 누설전류

1. 누설전류의 분포

레일을 흐르는 전류 및 누설전류의 분포는 기전회로에 있어서 전차의 위치, 전차전류, 변전소간격, 누설저항의 분포 등에 의존하고 또 경시적으로도 변화가 심해져 실제 누설전류 분포를 계산에 의해 구하는 것은 곤란하다.

누설전류의 분포는 간단한 회로에 대해서도 그 해석은 쉽지 않다 그렇지만 실제 누설 전류 분포가 정확하게 계산 되지 않더라도 간단한 경우에 대해서 어림을 행 하므로서 누설전류의 성질은 파악 할수 있고 전철설비와의 관련을 아는 것은 누설전류대책의 기본으로 결부 된다.

이하 간단하게 누설전류의 계산에 대해 서술 한다.

2. 전류의 계산

누설전류는 귀선의 상수(도체저항 및 누설되는 저항)가 분포상수이고 또한 누설 저항의 분포는 똑같지 않기 때문에 그 정확한 계산은 매우곤란하다. 이 때문에 보통은 균일한 분포 상수회로 로서 계산하고 그에 변전소 간격이 길지 않을 경우(약 10Km이하)에는 집중 상수회로 로서 다음과 같이 간이화 할 수 있다.

아래 그림에 있어서 B변전소에서 V(v)는 레일의 도체저항 r(Ω/Km), 누설저항 w(Ω/K)로 한다면,

$$v = I \cdot r \cdot L \dots \dots \dots (2.1)$$

이 되고 이것에 따라 레일 대지전압 V는 그림(c)처럼 A점(+)V/2, B점(-)V/2으로(절반값이 되어 중앙에 V = 0의 중성점 N이 생긴다

다음으로 N에서 X Km임의의 점 P의 레일 대지전압 VP는

$$VP = I \cdot r \cdot x \dots \dots \dots (2.2)$$

따라서 P점에 있어서 레일 단위길이에서 누설전류 iLP는

$$iLP = VP/W = I \cdot \frac{r}{W} \cdot X \dots \dots \dots (2.3)$$

이에 따라 누설전류의 총류 I1는 iLP를 N에서 A까지 적분 한 것이 된다

$$\begin{aligned} IL &= \int_0^{L/2} iLP \, dX = \int_0^{L/2} I \cdot \frac{r}{W} \cdot X \, dX = I \cdot \frac{r}{W} \int_0^{L/2} X \, dX \\ &= I \cdot \frac{r}{W} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{8} I \cdot \frac{r}{W} L^2 \dots \dots \dots (2.4) \end{aligned}$$

이상은 선로가 A B사이만의 경우에 대해 생각했지만 실제로 선로는 B변전소의 반대 측으로도 연장되어있고 그것이 접지효과를 주기 때문에 그림(d) 및 (e)의 상태로 생각 된다 (d)는 그 접지저항이 0인경우이고 레일 대지전압은 전선양이 되고 누설전류는 이 접지를 통해 돌아온 것이 된다.

이 경우 누설전류 IL'는 (2.4)식의1/2를 I로한 경우에 상응 한다.

$$IL' = \frac{1}{2} I \cdot \frac{r}{W} L^2 \dots \dots \dots (2.5)$$

변전소에서 귀선을 의식적으로 접지할 것은 없지만 전기(前記)처럼 반대 측으로 연장된 레일이 서로 접지효과를 줌과 동시에, 매설관의 전식방지 선택배류도 통전 상태에서는 귀선에 대해서 접지가 되기 때문에 그림4.13(c)보다도(d)에 가까운 그림 (e)의 상태가 실상에 가깝다 이로 인해 (2.4)식과(2.5)식의 중간에 의거

$$(2.5)식에 \quad IL'' = I \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{r}{W} L^2 \dots \dots \dots (2.6)$$

이 된다 이상은 그림(b)처럼 1변전소 1부하의 예이지만 보통 전철에서는 어떤 간격 (L) 에서 변전소가 병렬로 기전해있고 전차의 부하전류는 양측변전소에서 거리에 따라 공급된다. 그림(a)는 BB'양 변전소의 중앙A에 부하가 있을 경우에 레일 대전압, 레일전류, 누설전류 등은 A점을 중심으로 해서 좌우대칭형이 되기 때문에 그림(e)를 늘어놓은 형태가 된다 이 경우 전차의 부하전류는 좌우변전소에서1/2씩 공급되기 때문에 BB'간의 누락되는 전류 총계

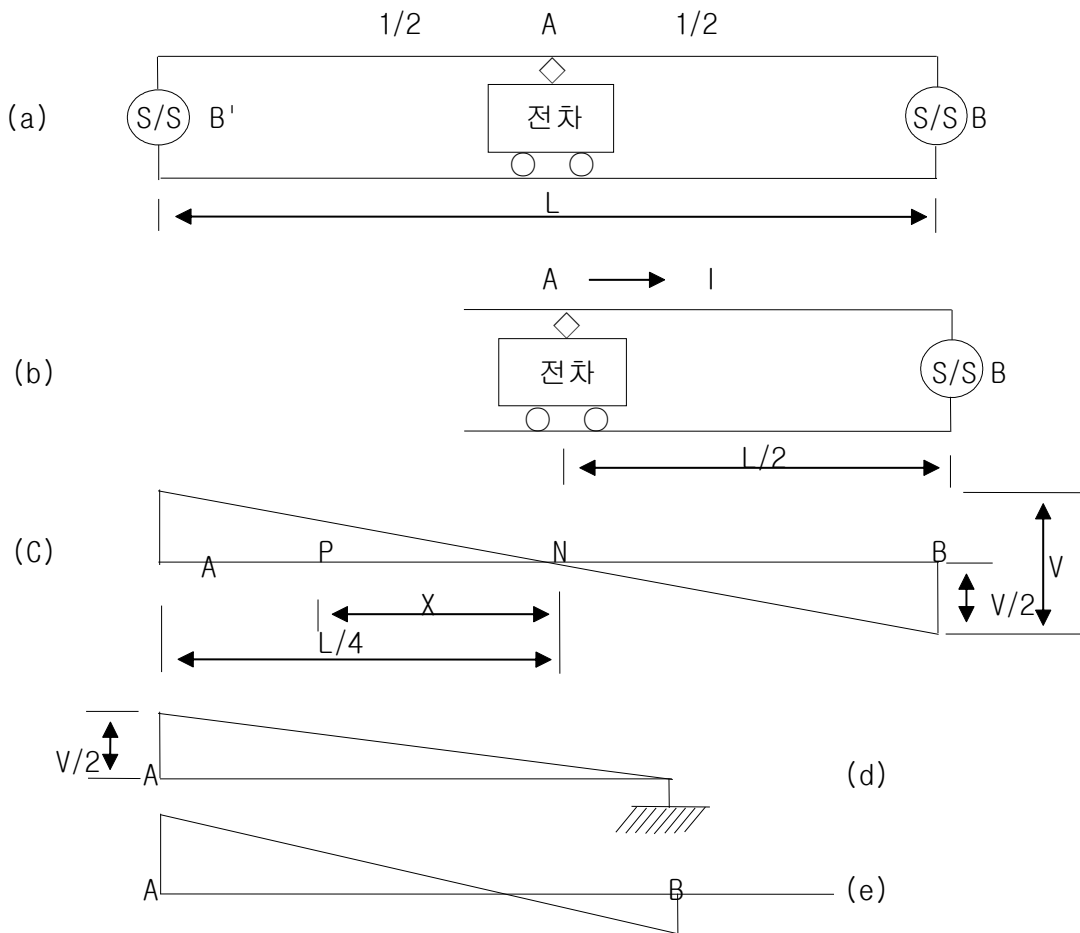
I i ''는

$$IL''' = 2IL'' = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{r}{W} L^2 = \frac{1}{3} I \cdot \frac{r}{W} L^2 \dots \dots \dots (2.7)$$

또 l 변전소간격 L의 1/2로 하면

$$|L'''| = \frac{1}{3} l \cdot \frac{r}{W} \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{12} \cdot l \cdot \frac{r}{W} L^2 \dots \dots \dots (2.8)$$

즉, 누락되는 전류의 총계(전 누설전류)는 l · r · L² 에 비례하고 w에 반비례 한다. 따라서 누설전류를 적게 하기 위해서는 전자를 적게 하고 후자를 크게 하면 좋다.



3. 누설전류 저감의 개요

지하철 변전소 부근의 대지상태는 특성상 전식가능 유무만을 검토 할수 있으며, 전 철로부터의 누설전류를 경감시키려면 l, r, L 및 W의 각 요소에 대해 다음과 같은 대책을 검토해야 한다.

1) I를 작게 하는 방법

부하전류 I를 작게 하기 위해서는 공급전압을 승압 시켜야한다. 전기철도의 전기 방식은 직류식과 교류식으로 나누며, 유도 장애가 없는 직류식을 주로 사용한다.

직류전기방식은 600V, 750V, 1,200V, 1,500V, 3,000V등이 있다.

도로상의 노면 전차는 DC 600V, 750V를 사용하고 운전속도, 승객수송량의 증대 등으로 공급전압을 점차로 1,200V, 1,500V로 높여 현재 전기 철도에서는 DC 1,500V를 사용하고 있다. DC 3,000V의 승압에 의한 부하전류의 경감은 인명손상, 안전도 및 기술상 문제 등으로 사실상 어려운 문제이다.

2) r을 작게 하는 방법

레일의 저항을 작게 하기 위해서 굵은 레일을 사용하는 것이 좋으나, 평저형의 경우는 중량 60Kg/m, 전기저항 $32 \mu\Omega/m$ 를 표준으로 사용하고 있다.

레일의 길이가 길수록 접속 부분이 적어지므로, 저항 값은 적어지나 운반이나 취급상 불편하다 또한 보조귀선의 사용이나 Crss Bond의 증설 등이 고려 되어야할 것이다.

3) L을 작게 한다

누설전류 $I \ell$ 은 L^2 에 비례 한다

기본계획 당시에 변전소 간격은 확정하게 되므로 변전소 간격을 가능한 작게 하여야 한다

4) W를 크게 하는 방법

상기 1), 2), 3)의 경우 실제 적용상 불합리하다. 누설전류를 줄이기 위해서 가장 유용한것은 궤조공사, 토목공사에 안전을 기하여 누설저항계수 W를 크게 만드는 것 뿐이며 다음 사항에 유의 하여야 한다.

(1) 도상을 깨끗하게 청소하거나 교환한다.

(2) 터널내의 배수시설을 좋게 한다.

(3) 레일 체결 부분의 절연을 강화 시킨다.

(4) 레일 바닥 부분과 침목간의 절연을 강화한다.

(5) 토목 공사시 콘크리트 양생에 주의하여 콘크리트 절연저항을 크게 한다.

(6) 콘크리트 침목을 사용한다.

(7) 이상 (1) ~ (6)의 누설저항 W의 증대 방법에도 불구하고, 누설전류를 완전히 억제 할 수는 없으므로 누설전류를 경감시키기 위한 Wire-Mesh 접지방식을 채용한다.

5) 매설관의 상호관계

누설전류가 조금 있어도 매설관측의 영향이 받기 어렵도록 서로 이격거리를 크게 하거나 그사이에 절연물을 삽입하든지 혹은 관 표면에 도복 장을 좋게 하여 관으로 전류가 유입 하지 않도록 상호관계를 소원하게 하는 것도 필요하다.

이상전식에 관여하는 전류는 크기 때문에 전식장해 뿐만 아니라 그 전류경로에 있어서는 불꽃, 발열의 문제를 일으킬 수도 있다 또 차고건물이나 그것에 접속 되어 있는 배관 류 등 에서는 레일 대지압력이 인가되기 때문에 감전의 문제도 생길 수 있다. 이와 같이 이상전식은 단시간에 큰 장해를 일으키기 때문에 레일이 저 접지 구조물과 전기로 접속 되는 듯한 설비는 금하고 있다.

또한 차고 등에 있어서 큰 누설전류 발생 상황으로는 일반적으로 레일이 건물 내로 끌어 들여진 설비가 많다

- (1) 차고 내에 전차선이 없을 때 에는 차고입구에 레일절연을 삽입 한다.
- (2) 차고 내에 전차선이 있을 경우에는 차고입구에 전차선과 레일을 동시에 끌어 넣을 수 있는 2극 단로시 혹은 귀선 자동 개폐장치가 이용되는 경우가 많다. 귀선 자동 개폐장치는 실리콘정류기를 주체로 한 장치로 차고입구에 레일절연과 함께 설비하는 것으로 이것에 의해 외선 측에서 차고 측으로 누설전류를 방지함과 동시에 차고내의 전차부하 전류는 본 장치를 개입시켜 바깥쪽으로 되돌릴 수 있다.

역시 전철설비의 전식은 없지만 선택배류가 고장나 단락상태가 되면 경우에 따라 큰 역전류가 흘러 이상전식이 된다. 또 있을수 없을 것 같은 이야기 이지만 배류기의 배선이 잘못 접속된 경우도 발생한다. 배류선이 역 접속 되면 레일 대지 압력이 플러스일 때 레일에서 매설 관으로 전류가 흘러 이상 전식을 일으킨다. 이 경우 배류기내의 전류계는 플러스 방향을 나타내기 때문에 무심코 알아 볼 수 있다. 어느 것이나 배류전류와 매설관 대지전위를 동시 측정한다면 분별 할 수 있기 때문에 방지 할 수 있다.

2-3-5 조사 및 측정

1 개요

방식 대책을 유효하게 행하기 위해서는 그 금속의 재질, 형상, 경력 등을 알고 동시에 그 금속이 어떤 환경에 있었고, 전기에 어떤 상태로 놓여져 있는지를 조사할 필요가 있다.

전철에 있어서 전식에 관한 조사시 레일에서 누설된 전류를 요구할 필요가 있는데 이것을 직접 측정하는 것이 곤란하기 때문에 레일 대지전압, 그 외에서 추정하는 경우가 많다.

매설관의 경우는 우선 예비조사를 행하고 그에 기초한 방식설계에 따라 공사를 시공하고 완공 후에 기대한 방식효과를 얻었는지를 확인한다. 또 타매설관과의 영향(간섭)조사를 행하여, 필요하다면 간섭 방지대책을 강구한다.

그 후는 정기적으로 유지관리조절을 행하여 상황변화를 감시할 필요가 있다.

가) 조사의 종류

부식 및 방식에 관한 일반적인 조사항목은 다음과 같다.

i) 전철관계

지형도, 변전소의 위치, 기전상태, 레일 대지전압, 귀선전압 강하, 귀선저항, 누설전류, 누설저항 등

ii) 매설관 관계

노선계통도(고, 중, 저의 압력별 등), 관종(강철관, 주철관 등), 도복장(아스팔트, 콜타르에나멜, 플라스틱 등) 및 그 결함부, 매설방법, 방식시설(배류기, 외전장치, 유전양극 등) 및 그 전류, 타매설물과의 접촉 또는 접촉상황 매설관 대지전위, 타매설관으로부터의 영향(간섭)등

iii) 부식환경

지표면전위경사, 토양 및 지하수의 비교저항, pH, 토양의 상화환원전위, 지하수 또는 부식생성물의 분석 등

나) 측정시 일반적인 주의

(1) 전차전류의 영향이 큰 경우에는 전압, 전류의 값이 시간적으로 심하게 변동함

으로 이것에 대처할 수 있는 측정 범위가기를 준비하여, 열차운행표를 보고 거의 같은 상태가 반복되는 시간대에서 연속측정 할 필요가 있다.

(2)그 결과 최소소요시간은 보통 도시부의 운전회수가 많은 전철에 대해서는 10~15분, 지방의 한산한 철도에 대해서는 30~60분이다.

(3)그러나 중요장소에 있어서 전압, 전류 측정은 가능한 하루 종일 행한다.

(4)미주전류에 의한 전식량은 금속체에서 유출되는 전류의 적산량에 비례함으로 전압, 전류의 시간적 변화 상태나 최대치를 알기 위해서는 기록계가 필요하고 또 그 적산치 혹은 평균치를 알기 위해서는 전량계식을 사용하는 편이 데이터정리에 간편하고 편리 하다.

2 측정계기

전식관계의 조사 및 측정에 적당한 계기로 이전에는 전시방지연구위원회의 규격표준형 전식측정기기(1호~8호 지 전압계 또는 전류계)가 사용되었지만 최근에는 각종 측정기가 개발되어 각각의 목적별로 사용되고 있다.

가) 전압측정계기

레일 대지전압(R/S) 및 매설관 대지전위(P/S) 등의 전위측정은 전식관계의 조사상 가장 많이 이용되는 항목이다.

(1)레일 대지전압(R/S) 및 레일에 관계하는 매설관 대지전위(P/S)는 시간적으로 변화하기 때문에 기록전압계가 많이 이용된다.

(2)시간적변화가 거의 없는 장소에서는 지시계나 디지털계도 이용된다. 도 테스터 류도 다(多)레인지로 정밀도가 좋은 것이 많다.

(3)최근 측정치를 기억소자에 넣어 연산하여 최대치나 평균치를 직접 표시하는 계기도 각종 개발되어 실용되고 있다.

(4)전압 또는 전류의 상관을 구하기 위해서는 XY기록계가 편리하다.

나) 조합전극

레일 대지전압, 관대전위의 측정시 에는 기준전극을 이용한다. 원래 전위란 상대적인 것으로 절대치는 존재하지 않는다. 따라서 얼마간의 표중이 되는 전극과 전위차로서 측정된다. 이로 인해 기준전극에는 전위가 비교적 일정한 조합전극을 이용한다.

조합전극으로는 포화황산동전극, 포화카로멜(감홍)전극, 염화은전극 등이 있다.

포화황산동 전극은 경질 비닐파이프 용기 속에 고종 된 동전극과 그 주위에 포화황산동 용액을 가득 채운 것으로 되어 있다.

아래층에는 토양과의 전기 접촉을 유지하기 위해 나무마개 등의 다공질 플럭을 이용한다. 사용상의 주의로소 황산동의 결정을 넣어 항상 포화상태가 되게 할 것이며, 과대한 전류를 보낼 경우 분극에 의해 오차가 발생함으로 접속할 계기의 내부저항은 1MΩ이상 높은 것을 이용한다.

포화카로멜전극은 카로멜(염화제일수은, 감홍)이 포함된 염화칼륨수용액에 수은을 전극 시킨 것이다.

염화은전극은 염화은을 은위에 고정시켜 염화칼륨 용액 등에 침수시킨 것이다.

이들 조합전극을 취급할 때에는 신중할 필요가 있고 그 위에 측정의 정확성을 기대할 경우에는 전위의 검정을 행한다.

다) 전류측정계기

전식관계의 측정에 있어서 전류로서는 레일전류, 배류전류(또는 방식전류), 관내전류 등이 있다.

(1)전류를 직접 측정할 경우는 회로에 전류계를 접속시켜 측정한다. 역시 흐르던 전류가 적을 때는 계기렌지를 적게 해서 측정하는데 이 경우 계기의 내부저항 때문에 전류가 흐르지 않게 되기 때문에 그때는 제로전류계를 이용하면 좋다.

(2)전류가 많을 경우는 분류기를 접속시켜 그 전압강하를 밀리볼트 계로 측정한다. 역시 레일 및 파이프전류는 그 도체 두 점간의 전압강하를 측정하여 도체저항으로 확산한다.

(3)선 전류 및 관내전류 측정에는 파악식 절류계가 이용된다. 이것은 관에 흐르는 전류에 따라 발생하는 자력선을 홀소자 등의 센서로 검지하고 전류로서 표시한다.

저항측정 대상으로는 도체저항과 대지저항으로 나눌 수 있다.

전지에는 레일저항, 본드저항, 관저항등이 있고 후자엔, 토양비교저항, 접지저항, 절연저항 등이다.

(1)도체저항

레일, 파이프 등의 도체저항은 전압강하로 저항을 구한다. 역시 레일본드의 저항은 조절 된 본드저항측정기를 이용한다.

(2) 토양비교저항

채취된 토양의 비교저항측정은 토양비교저항상자를 이용한다. 지표면 아래 1m까지 깊이의 비교저항은 토양지팡이를 이용한다.

또, 10이상 깊이의 비교저항은 4전류극단으로 측정한다.

(3) 접지저항

어스나 전극의 접지저항은 간이화한 3전극의 접지저항계로 측정한다.

(4) 액체저항

하천수, 지하수 등의 액체비교저항은 토양저항상자에서도 측정할 수 있는데 액체저항측정 셀을 이용하는 경우가 많다.

(5) 절연저항

플라스틱 피복강철관 같은 절연성이 좋은 것은 누설저항의 측정으로는 전압전류계법 외 절연저항계 경우에 따라서는 초절연계를 이용하는 경우도 있다.

라) 그 외의 계기

(1) 토양, 하천의 물, 유스의 수소이온 농도를 측정하기 위해 사용하는 pH계가 있다.

(2) 황산염환원 박테리아의 생존상황을 알기 위해 토양, 하천수, 해수, 유수 등의 산화 환원 전위를 측정하는 산화환원전위계이다.

3 전철관계의 측정

전철부하는 그 전류의 크기와 전차위치가 시각적으로 변화하기 때문에, 전식관계 측정시 하루 종일 평균치와 양음최대치를 구하는 것이 바람직하다. 이 때문에 레일 대지전압이나 배류전류의 조사에서는 가능한 평상 운전 시에 기록계를 이용해서 행한다. 만일 종래의 감소가 현저하게 다를 경우에는 관계하는 변전소의 부하상태를 조사하고, 경우에 따라서는 재 측정을 요하는 것도 있다.

전철관계의 측정항목으로는 레일 대지전압, 레일전류, 누설전류, 레일도체저항, 누설저항 등이다.

가) 레일 대지전압(R/S)

레일 대지전압(R/S)의 측정은 누설전류의 상황을 조사할 경우 가장 기본이 되는 것으

로 누설전류가 레일에서 대지로 유출 혹은 대지에서 레일로 빨아들여지고 있는 상황을 간접적으로 평가하는 것이다.

측정은 레일과 접지 전극 간에 기록전압계를 접속시켜 행한다. 레일을 기록전압계의 (+)측, 접지전극을 (-)측에 접속한다. 접지저항에 따라 측정오차를 적게 하기 위해 내부저항이 높은 전압계를 이용한다. 또 계기의 레인지는 보통 50~100V정도를 이용하고 동시에 제로센터로 한다. 역시 접지전극은 조합전극 외 측정하는 전극이 비교적 크기 때문에 전극의 재질의 차에 따라 오차는 그다지 문제가 되지 않기 때문에 철봉(접지봉)을 이용해도 좋다.

또 기록전압계의 (-)측을 매설관에 접지하면 레일 대관전압(R/P)이 측정 되어져, 레일과 관사이의 누설전류상황을 평가할 수 있다.

레일 대지전압(R/S)은 보통 매설관 대지전위(P/S)나 지표면적 위경사(S/S) 혹은 배류전류 등과 동시에 측정하여 기록한다.

나) 레일 전류

레일전류의 측정은 일반적으로 측정간격 l은 8cm정도를 채용하고 있고, 이 경우 mV와 전류와의 관계는 표 5.5와 같다.

이외 임피던스 본드의 전류를 분류기에 접속 또는 파악식 전류계로 측정하는 방법도 있다.

다) 누설전류

레일에서 누설전류 I_1 를 직접 측정하는 것은 일반적으로 곤란하기 때문에 보통은 레일 대지전압 V와 누설저항 w를 측정하여 $I_1 = V/w$ 로 누설전류를 I_1 산출한다.

그외 레일부근의 지표면전위경사(S/S)를 측정하여 토양비교저항 @으로 누설전류를 측정하는 방법도 있다.

건널목처럼 누설전류가 집중해서 유출되고 있는 경우는 점 접지에서 전류가 3차원으로 퍼지는 것으로 계산할 수 있다.

전류가 유출하는 중심점에서 r_1 및 r_2 의 거리 점 A,B간의 지표면전위차 V_{ab} 는 유출전류를 I_1 , 토양비교저항을 ρ 를 실측하면 그 점의 유출전류 I를 추정할 수 있다.

라) 도체 저항

레일단독의 도체저항은 본드저항에 나타나는 방법으로 측정할 수 있는데, 새로운 선 건설 등에서 측정구간이 길 경우는 플러스 전류시험에 의해 귀선저항을 측정한다.

마) 누설저항

레일의 누설저항은 심야전차운전의 종료 후에 임피던스 본드 중성점 접속을 열고 측정구간과의 다른 구간을 독립시켜 측정한다. (a) 전지 전류계 및 전압계를 접속시키고, 스위치를 개폐시켜 전압계와 전류계의 지시를 읽어 들이면 $w=\Delta V/A$ 에 의해 누설저항을 구할 수 있다.

또 이것과 비슷한 생각에 기초하여 (b) 대지비교저항계를 이용해 1계도회로의 대지누설저항을 측정할 수도 있다.

그 외 새로운 선 건설시 등에서 측정구간이 길 경우는 귀선저항과 같이 플러스 전류 시험에 의해 누설저항을 측정한다.

바) 정 전류 시험

이 시험은 새로운 선 건설, 전하공사 등의 준공에 해당하는 데 일정구간에 플러스 전류를 흘려, 기전선측과 귀선 측의 저항을 측정하고, 전차선로전체의 도통 상태가 양호한 것을 확인함과 동시에 귀선(주로 레일)에서 누설전류의 상태를 조사할 목적으로 행해지는 것으로 해당위원회에서는 그 시험 때를 이용해서 연선의 지중매설 금속체에 미치는 영향도 동시에 조사하고 있다.

시험방법은, 시험회로와 통전방법으로 행해지고 레일전류시험으로 귀선저항을 누설 전류 시험으로 누설저항을 구할 수 있다.

레일 전류시험에 있어서는 보통은 100A 정도의 통전을 하고, 시험구간 양단 a b에 있어서 레일 대지전압 V_a , V_b 를 측정하고 간의 귀선전압강하 $V(=V_b-V_a)$ 를 구해, 이 귀선전압강하 V 로 통전전류 I 에서 V/I 로 귀선저항(도체저항)을 구할 수 있다.

누설전류시험은 귀선회로의 일부c에 레일절연을 설치하고 시험전압 60V이하, 전류 10A이내에서 통전시켜 행한다. 이 경우 통전압 V_b 를 I_1 로 나누면 b c간의 누설저항을 구할 수 있다. 같은 형태로 V_a/I_1 로 a c간의 누설저항을 구할 수 있다.

역시 플러스 시험으로도 통전전류는 다른 전철의 영향을 주고 단속적으로 통하는 것이 보통이다.

4 매설관관계의 조사측정

가) 매설관 대지전위(P/S)

매설금속관의 부식, 방식상태는 금속의 전위나 금속체 표면에서 전류의 유 입출에 의해 판단된다. 일반적으로 매설관 등에서는 이 전류의 유 출입을 직접 구하는 것은 어렵기 때문에 매설관 대지전위의 측정치로부터 유 출입 경향 혹은 부식, 방식의 상태를 판정하는 것이 행해지고 있다. 매설관 대지전위는 땅속에 매설된 관과 대지에 접촉된 조합전극과의 상대적인 전위차로 이것은 보통 P/S(Pipe to Soil Potential)라 불리운다.

매설관의 대지전위 측정은 매설관에 미리 접속되어 있는 터미널 리드선을 고감도 기록계(직류전압계)의 (+)측에 접속하고 조합전극을 (-)측에 접속시켜 측정한다.

미주전류가 적은 지역에서의 전압계는 지시계 또는 디지털계라도 좋지만, 심한 시간 적변동이나 다른 측정과의 관련성을 널리 알고 싶을 경우에는 고감도 기록계가 이용된다.

조합전극의 위치는 가능한 매설관 직상부가 바람직하고 또 그 리드선을 길게 해서 전극을 이동한다면 상당히 긴구간을 측정할 수 있고 도복장 결함부나 타 설비와의 접촉 유무 등의 조사도 가능하다. 역시 매설관에 보호철판이 설치되어 있는 듯한 경우는 조합전극을 보호철판아래 매설관 가까이 까지 들어갈 수 있게 해두면 정확한 관 대지전위를 측정하기에 편리하다.

또 관로 케이블의 대지전위측정은 그림 5.16처럼 하여 연피대지전위의 측정이 행해진다.

나) 배류전류 및 관내전류

배류관계의 조사는 전류계와 전압계를 접속시켜 행한다. 역시 레일 전압의 상황이나 타시설로의 간섭방지를 위해 적당한 제한저항을 넣는 경우가 있다.

배류전류의 측정은 하루 종일 24시간 연속이 바람직하며 레일대관전압(R/P), 매설관 대지전위(P/S)를 동시에 측정하여 이것에 의한 배류효과의 비교적 가동률을 확인할 수 있다.

도 관내전류는 관의 투지점간의 전압강하를 측정하여 도체저항에 의해 환산된다.

다) 간섭조사

어떤 매설관이 외부전원법 또는 배류법 같은 전기방식법에 의해 방식되고 있을 경우 (이하 방식 대상 매설관 이라 한다) 그 전류가 많으면 가까운 매설관(이하 비 방식 매설관 이라 한다)에 일부가 유 출입하여 소위 간섭작용을 일으키는 것이다.

간섭조사의 항목은 통전절류 또는 배류 전류, 레일 대지전압, 매설관 대지전위, 매설관의 지표면전위경사 등이다. 방식대상매설관의 방식전류가 크게 될 때 비 방식매설관의 대지전위가 높게 이행한다면 (비 방식매설관이 방식될 경향이 있고, 비 방식매설관의 전위가 낮게 이행한다면) 그 부근에서 방식대상매설관의 방식전류의 일부가 비 방식 매설관 에도 유입하는 경향이 되는 것을 알 수 있다. 유입경향이 두드러질 때는 양자가 어딘가 접촉하여 도체상태로 되어 있는 것이다. 역시 전식경향의 경우는 현지 조건에서도 원인이 되는데 당위원회에서는 50mV이하로 억제하는 것을 목표로 하고 있다.

5 부식 환경의 조사측정

매설관의 자연부식이나 전식의 방지대책에 필요한 조사항목으로는 전항(5.3,5.3)외, 지표면전위경사 토양이나 지하수의 비교저항, pH, 산화환원전위 등의 전기화학적 성질이다.

가) 지표면전위경사(S/S)

관로방향 또는 직각방향의 지표면에 적당간격에 2개의 조합전극을 설치하고 그 사이에 고저항 전압계(또는 같은 기록계)를 접속시켜 전위차의 측정을 행하고 이를 수많은 조합시키는 것에 의해 소요지역의 전위경사가 명확해지고 상기사항의 판단으로 이용된다.

- (1) 매설관 부설 예정지의 전식위험구역의 추정과 방식설계
- (2) 지하 매설관에서 누설전류 유출지역 탐색
- (3) 토양의 수분, 비교저항의 변화 등에 의해 생기는 매설관의 전류유출 지역 탐색(마크로셀 대책)
- (4) 매설부의 피복결함의 검출
- (5) 개설배설관과의 교차점에 있어서의 영향
- (6) 지표면 전위경사를 어지럽힌 것 같은 미지의 교차 매설관의 위치
- (7) 전기방식장치의 양극이 다른 매설관에 주는 영향

나) 토양, 지하수의 비교저항

토양의 비교저항을 좌우하는 것은 함유되어 있는 염류나 물 의량(%)이지만 비교저항이 낮은 땅속에서는 회로 저항이 낮기 때문에 부식전류가 크게 되고 토양의 부식성이 강하게 된다.

국부적토양의 비교저항은 토양 비교저항 상자법 또는 지팡이를 땅속에 끼워 넣어 A와 C에서 이끌려지는 (B는 절연체) 두 단자간의 저항을 측정한 후 그곳에 계기상수를 곱해서 구할 수 있다.

현지에 있어서의 측정은 대지비교저항측정기를 이용하고 일직선상에 C,P의 접지봉을 꽂아 저항을 측정한 후 전극간격 D와 거의 동등한 깊이까지 평균적 토양비교저항을 구할 수 있다. 경우에 따라서는 접지봉과 포화황산 동전극을 지표면일직선상에 배치하고 C₁, C₂ 간에 전지로부터 전류 A를 통과시켜 P₁, P₂ 간의 전압V를 읽어 들여서 앞과 같은 토양비저항을 구할 수 있다. 역시 접지봉 및 전극을 기점의 양측에 각각 펼쳐 배치시켜 측정하면 거듭 심부토양의 비교저항까지 구할 수 있는데, 이것은 지질조사법으로서 실용되고 있다.

다) 토양 지하수의 pH

pH는 채취한 토양에 2배정도 증류수를 가할 그때그때 심하게 흔들려서 2~20시간 후 그 위에 먹물 액을 넣어 일반수용액과 같은 모양으로 비교색법 또는 pH계에 의해 pH값이 측정된다. pH시험지는 간편하게 현장에 적합하다.

라) 토양의 산화환원전위

황산염환원 박테리아 같은 혐기성 박테리아가 번식하고 있는 토양은 부식성이 강하기 때문에 산화환원전위를 측정해서 세균의 활동상황을 조사하는 것이다. 측정법으로서 백금전극, 카로멜전극 등으로 된 산화 환원 전극계 에서 얻어진 측정치를 pH에 의해 수정해서 산화환원전위를 구할 수 있다.

마) 토양, 지하수의 분극특성

땅속에 두 개의 철 전극을 설치하고 그 사이에 전류를 통과시켜 양극 및 음극을 각각 그 전위와 전류관계를 추구하는 소위 분극시험에 의해 부식전류를 구할 수 있는 방법이다. 또 강철관 끝에 이것과 절연시킨 마그네슘전극을 매달아 이것을 땅속에 박아 넣어 마그네슘전극과 강철관 사이의 저항 및 단락전류를 측정한 부식속도를 구할 수

있는 콜로존 사운드라는 방법이 노르웨이에서 개발되어 지질조사의 일부에서 실용되고 있다.

바) 부식생성물 및 토양, 지하수의 분석

분석법은 화학적, 물리적 각종방법이 있어서 시료의 다소 또는 소요 도에 따라 정성 시험 또는 정량시험을 행한다.

부식생성물은 금속자체의 조성, 잔류응력, 습도 등과 화학성분, 이온농도, 습도, 전류 등 각종영향을 받아 어느 기간 축차조성된 것이다. 따라서 부식생성물의 분석은 환경의 실태를 알고 적절한 방식대책을 세우는데 도움이 되는 것이다. 시료채취에 있어서는 미리 환경조사(전위, 비교저항, pH 등)와 부식상황(형상, 색, 치밀도 등)의 관찰을 행해두는 것이 중요하다.

토양, 지하수의 조사는 보통 비교저항과 pH의 측정이 많지만 정밀조사를 요하는 경우는 조성분석을 행한다. 시료채취에 있어서는 이물이 혼입 되지 않도록 주의해야 한다. 심층 토양 등은 대기에 접촉되지 않도록 하는 것도 있다. 토양은 증류수를 더해 가용성분을 추출하고 지하수나 맨홀 유수등도 같은 형태로 각종 항목에 대해 시험한다. 물의 시험방법은 예를 들면 JISK 0101공업용수시험방법에 준해서 행해진다.

6 측정결과의 견해

가) 전철관계의 측정결과

레일 및 그 부속품의 전식은 레일에서 누설전류(유출전류)에 비례하지만 누설전류를 직접 측정하는 것이 곤란함으로 레일 대지전압을 측정해서 추정된다.

레일 대지전압을 측정하는 것으로서 레일에서 누설전류의 유 출입 상태를 알 수 있다. 또 레일 대지전압은 전차의 운행에 따라 끊임없이 변화하고 있기 때문에 운전회수를 보고 어떤 시간을 연속 측정하여 누설전류의 상황을 추정한다.

나) 매설관 관계의 측정결과

매설관의 부식, 전식, 방식상황은 그 대지전위를 측정하여 타 인자와 합쳐 판정한다.

1) 매설관 대지전위의 환경별 측정례

매설관의 관대지전위의 측정례를 그림 5.21에 나타냈다. (a)는 -500~600의 일정 전위를 나타낸 보통의 상태(자연부식상태)이다. (b)는 -250 정도로 콘크리트속의 철에 붙어 있는 땅속의 나관인 경우는 마크로셀의 양극부로 되어 있을 가능성이 있기 때문에

어느 상태에 해당하는지 판정할 필요가 있다. (c)는 -700mV 로 마크로셀의 양극부분에 해당하며 부식이 발생하는 상태를 나타내고 있다. 이 경우도 전기의 예와 반대로 저전위의 금속 또는 전기 방식된 구조물로 접속하고 있을 경우는 음극부가 되기 때문에 역시 판정할 필요가 있다. (d)는 시간적으로 전위가 $-250\sim-500\text{mV}$ 로 변화하고 있어 누설전류의 영향으로 관에서 전류가 대지로 유출하여(양극부로 되어 있다) 전식발생의 경향을 나타내고 있다. (e)는 $-900\sim-1250\text{mV}$ 로 앞과는 반대 변화를 나타내며 이 경우에는 대지에서 관으로 전류가 유입하여 전식의 염려가 없는 것을 나타내고 있다. (f)는 배류법이나 외부전원법 등의 전기방식법을 채용한 경우의 전위로 통하는 것에 의해 관 대지전위는 낮은 방향으로 변화하고 있다.

2) 레일 대지 전압과의 관계

매설관의 전철레일에 접근하여 매설관 대지 전위가 레일 대지 전압의 영향을 받을 경우이다.

매설관 대지전위가 레일 대지전압과 역상관 중안은 정상관 우측은 배류를 하고 있는 경우이다.

레일대지 전압, 매설관 대지전위가 역상관인 경우는 (a)처럼 레일 대지전압이 (+)쪽에서 클 경우 매설관 대지전위가 낮은 쪽이 크게되고 (b)처럼 레일 대지전압이 (-)쪽으로 클 경우 매설관 대지전위가 높은 쪽으로 변화한다. 따라서 레일 대지전압이 (-)쪽인 경우에 매설관 대지전위에 전식전위가 발생한다.

한편 레일 대지전압이 (+)쪽으로 클 경우 매설관 대지전위가 높은 값이 생긴다.

일반적으로는 역상관인 경우가 많고 정상관은 압출한 전식 같은 특별한 경우에 발생한다.

더구나 배류하고 있는 경우의 레일 대지전압, 매설관 대지 전위의 관계는 (e)처럼 레일 대지전압이 (-)값인 경우만 매설관 대지전위가 레일 대지전압과 정상관이 되고 낮은 쪽으로 변화한다.

이 경우 (f)처럼 배류기의 스위치를 ON-OFF하면 배류효과를 확인 할 수 있다.

3) 간섭조사

매설관 (A)(B)가 근접해 있고 그 사이 한편의 (A)가 배류법 또는 외부전원법 같은 전기 방식을 설비할 경우 (B)에 간섭을 주는 경우가 있다.

(a)는 매설관 대지전위(B), 매설관 대지전위(A)가 역상관이며 이 경우는 (A)의 전기 방식시설의 전원 스위치를 ON으로 하면 매설관 대지전위 (A)는 낮은 쪽으로 변화하고 방식된다. 한편 매설관 대지전위(B)는 반대로 높은 쪽으로 변화하여 간섭이 나타

난다.

이 대책으로는 배류전류 또는 외부전원장치의 통전전류를 제한하든지 혹은 (A)(B)상호 본드 등을 생각할 수 있다.

더구나 (A)(B)를 상호본드할 경우 또는 (A)(B)가 접촉하도록 할 경우는 (b)처럼 매설관 대지전위(A)매설관 대지전위(B)는 정상관이 되고 (B)도 동시에 방식된다.

2-4. 부식 및 전식방지

1. 방식이론

가. 부식은 전해질이 존재하는 환경에서 양극과 음극이 존재할 때 발생되며 방식은 부식을 예방하는 것으로서 구조물의 기대수명 중에 발생할 수 있는 부식에 의한 손실(수명연장, 중요성, 안전성 및 영향성 등)과 방식에 필요한 초기투자비용 및 유지보수비의 경제성을 비교하고 종합적으로 판단 하여 적절한 방식법을 선택하여 설계하는 것이 중요하다.

☞ 부적합한 판단 설계 시

방식법 설계의 효과를 얻을 수가 없고, 예정되고 있는 방식효과를 얻지 못하며, 부식이 계속 진행되게 되며, 시공 후 막대한 유지보수비가 필요로 되어 비경제적이다.

나. 마이크로셀 부식이 일어나고 있는 강관에 직류전원을 투입하여 전해질 중에 설치한 양극에 방식전류를 유입 시키면 먼저 전류는 음극부분으로 유입한다. 그 결과 음극부의 전위는 낮은 쪽으로 변화하여 결국 음극부와 양극부의 전위가 같게 되어 마이크로셀 부식은 소멸하나, 이때의 전위는 철 본래의 자연전위에 상당하며 마이크로셀 부식이 남아있는 불완전한 방식 상태로 된다.

이것에 특히 방식전류를 증가시키면 양극 부였던 부분으로도 방식전류가 유입되어 강관전체의 전위는 자연전위보다 낮은 방향으로 되고 마이크로셀 부식이 소멸되어 완전하게 방식 상태로 된다.

2. 부식 및 전식 대책

방식대책을 세우고저 하는 경우에는 매설물의 자연전위, 대지고유저항, PH, 누설 전류의 영향, 소요방식 전류, 전원사용의 용이성, 인접시설의 영향, 부

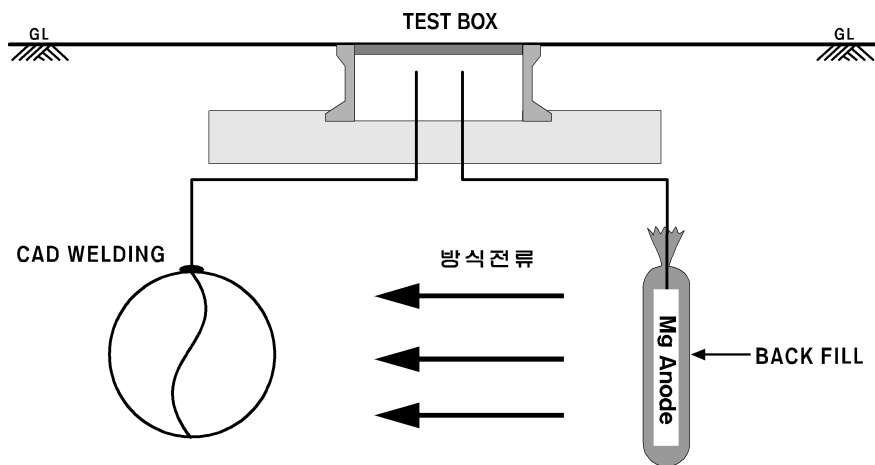
지의 매입, 소요공사비, 유지관리비 등을 고려하여 선정하여야 한다.

매설배관의 전기방식법으로는 외부 인가전원의 유무에 따라 외부전원법, 희생양극법으로 구분되며, 외부(타 시설물, 전기철도 등)로부터의 직류간섭의 영향이 있는 경우 유입전류에 대한 대책의 보조 방법인 선택배류법과 강제배류법이 있다.

2-4-1. 희생 양극법

방식대상 재료보다 이온화 경향이 큰(부식 경향이 큰) 금속을 전기적으로 접촉시켜 이 희생양극이 부식되면서 구조물에 방식전류를 흘려 주므로서 방식대상 목적의 금속자체를 음극 화시켜 피 방식 구조물을 방식화 하는 방법으로 유전양극법 이라고 한다.

1) 설치방법



2) 기술적 특징

가) 적용조건

- (1) 직류철도의 영향을 받지 않을 때
- (2) 대지고유저항이 10,000 Ω-cm 미만일 때
- (3) 전체매설물의 규모가 크지 않을 때
- (4) 국부전지부식을 방지하고자하는 경우
- (5) 구간별로 시공을 하여 선 시공부분을 보호 하고 저 할 때
- (6) 전위차가 일정하고 비교적 적기 때문에 전위구배가 적은 장소에 적용한다.

- 나) 발생하는 전류가 적기 때문에 피복 저항이 큰 배관에 적용한다.
- 다) 1개소에서 흐르는 전류가 적으므로 분산 설치 필요하다.
- 라) 희생양극의 설치 시 희생양극에 원활한 작용에 도움을 주기 위하여 희생양극과 함께 희생양극 Backfill을 설치한다.
 - * 양극의 전류효율을 높인다.
 - * 수분을 흡수하는 역할을 하여 희생양극 주변에 항상 습기상태를 유지한다.
 - * 토양비저항이 낮아 토양비저항이 높은 토양에서 희생양극에 ANODE SIZE를 크게 하는 효과를 준다.

3) 장, 단점

장 점	단 점
1) 외부전원이 불필요하다. 2) 구조가 간단하다. 3) 주변구조물과 절연된 구조물의 방식이 유리하다. 4) 전위차가 낮아 간섭영향적다 5) 과 방식 우려 없다. 6) 전류분포가 균일하다. 7) 유지관리비 필요하지 않다.	1)효과범위가 좁다(토양비저항 높은 지역 사용곤란) 2) 한정된 수명을 가지고 있다. 3)전류조절이 곤란하다.(방식전류 임의조절 불가) 4) 산성 환경에서 수명이 급강하 한다. 5) 설계수명을 길게하기 위해 양극이 많이 소요된다. 6) 용액의 조성 과 온도에 따라 양극전위가 달라진다.

4) 설계 시 참고사항

희생양극은 주로 금속 구조물과 전위차가 큰 Mg을 사용하며, 해상에서는 AL 재질의 희생양극을 사용하고 있다.

가) 양극의 종류 및 용도

- (1) 마그네슘-양극(MG-ANODE) : 수도관, 송유관, 원료수송관. 지하매설 TANK, TANK BOTTOM
- (2) 아연-양극(ZN-ANODE) : 선박(선체 외판, 추진기, 바리스트 탱크, 각종 펌프), 항만시설(해저배관, 수문, 갑문부교, 잠교, 함선), 산업설비(냉각기, 열교환기)

환기, 복수기, 각종 펌프)

- (3) 알루미늄-양극(AL-ANODE) : 항만설비(강관말뚝, 강널말뚝, 해상채유설비, 해저배관, 돌핀장교, 함선석유시추선및구조물)선박(선박외판, 바라스트탱크, 추진기)산업설비(열교환기, 해수취수구)

나) 희생양극 Backfill의 구성

- (1) 희생양극 Backfill은 희생양극의 설치 시 희생양극에 원활한 작용에 도움을 주기위하여 희생양극과 함께 설치한다.
- (2) 희생양극이 이미 알려져 있는 성분의 균일한 물질로 둘러싸여 있다면 양극의 전류효율을 높일 수가 있다.
희생양극을 둘러싸고 있는 backfill은 희생양극의 설치 시 희생양극의 원활한 작용에 도움을 주기위하여 희생양극과 같이 설치되는데 여기에는 몇 가지 이유가 있다 만일 희생양극이 토양에 직접 접해있다면 부분적으로 토양성분이 다른 이유로 국부적으로 부식이 진행될 우려가 있다.
- (3)희생양극을 토양의 직접적인 접촉에서 분리함으로서 carbonate(탄산염)나 bicarbonate(중탄산염)같은 성분에 의해 희생양극 표면이 매우 큰 저항을 갖는 film형성을 줄여 줄 수 가있다.
- (4)Backfill은 희생양극 주변으로부터 수분을 흡수하는 역할을 하므로서 희생양극 주변은 항상 습기가 있는 상태를 유지시켜 준다.
- (5)현재 사용되는 backfill은 비저항이 매우 낮은 물질을 사용하고 있어 backfill보다 높은 비저항을 갖는 토양에 희생양극이 매설되는 경우 backfill은 anode의 사이즈를 크게 하는 효과를 가지고 있다.

Backfill 성분

다) 희생양극의 재질/기전력

희생양극으로 사용되는 재질은 아래표와 같으며 성분에 따라서 기전력의 차이가 있다.

※ CSE : 포화카로멜 전극 (Hg/Hg₂Cl₂) - 방식전위 : -0.77V

토 양 비저항 ($\Omega\text{-m}$)	Mg Anode				Zn Anode		
	gypsum (석고)	bentonite (벤토나이트)	kieselguhr (규조포)	Na2so4 (망초)	gypsum (석고)	bentonite (벤토나이트)	Na2so4 (망초)
200이하	65	15	5	5	25	75	-
	25	75	-	-	50	45	5
20-100	70	10	15	5	75	20	5
	75	20	-	5	-	-	-
	50	40	-	10	-	-	-
100이상	65	10	10	15	-	-	-
	25	50	-	25	-	-	-

5) 희생양극법 시공종류

가) 희생양극법 시공방법으로는 양극분산 배치방법 및 양극집중 배치방법의 2가지 방법이 있다.

(1) 양극분산배치 방법

피방식 구조물을 따라 양극을 분산시킨다는 의미로서 하나의 양극에 의한 전계가 다른 양극의 전계에 미치는 영향을 무시할 수 있는 구조를 말한다 즉, 하나의 양극이 대지에 대한 접지저항으로 50 Ω 의 값을 가진다면 두개의 경우 25 Ω 이 되고 50개의 경우 1 Ω 의 값을 가지는 구조이다.

이 방법은 전해질의 비저항이 낮고 비교적 소요전류가 작은 피 방식구 조 물에 적합하다.

(가) 여러 구간으로 나누어진 배관

절연 후렌지등을 사용하여 여러 구간으로 나누어진 배관과 피 방식대상 물이 전기적으로 불연속적인 경우에는 구조상 양극집중 배치법을 적용하기가 불가능하다 간혹 전기적으로 문제가 없는 경우 절연플렌지 좌, 우측의 배관을 전기적으로 연결(BONDING)시키는 방법을 적용하여 양극 집중 배치법을 적용하기도 하나 전기방식적인 양극분산 배치법을 우선적으로 고려하는 것이 좋다.

양극의 재질	성분(Wt.%)	기전력(Volt vs CSE)
Zinc(High Purity)	99.9 0.0014 Max.Fe	-1.10
Zinc(High Amp)	0.2 AL 0.04 Cd 0.005 max.fe	-1.10
Mg(Standard)	6 AL 3 Zn Remainder Mg	-1.55
Mg(High Potential)	0.45 Mn Remainder Mg	-1.75
Al-Zn-HG	0.45 Zn 0.045 Hg 0.1Si Remainder Al	-1.10
Al-Zn-In	3.0 Zn 0.015 In 0.1Si Remainder Al	-1.15

(나) 위험지역

부식전류의 유출지점 이라든지 혹은 복잡하게 구조물이 얽힌 지역에서 다른 구조물의 차폐 효과로 인해 방식전류가 미치지 못하는 지점등의 부식 사고발생이 예상되는 위험 지역에 양극분산 배치법을 적용한다.

(2) 양극집중배치방법

양극 서로 간에 각자의 전계가 다른 양극의 전계에 영향을 미치는 방법으로서 분산 배치 방법과는 달리 하나의 양극이 대지에 대한 접지 저항으로서 50Ω의 값을 가지는 경우라도 두개의 경우 25Ω이 되지 않는다.

이 방법은 피 방식 구조물의 공사 시기와 관계없이 시공이 가능하므로 특

히 기존의 시설물에 적용하기가 쉽고 양극분산 배치 방법에 비해 공사비가 저렴한 장점이 있는 반면에 전기적으로 불리하고 또한 코팅된 시설물 즉, 소요 전류가 적고 피 방식 구조물이 그리 크지 않은 대상에 만 적용한다.

(가) 전기적으로 절연된 코팅배관

희생양극법으로 소요전류의 공급이 충분히 가능하고 설계수명 및 양극의 접지저항이 양극집중 배치방법으로 가능한 경우에 적용 한다 .

(나) 전기적으로 절연된 코팅된 지하 금속TANK

코팅된 지하 금속 TANK의 경우 피 방식 구조물의 면적이 크지 않고 또한 코팅되어 있으므로 소요 전류가 크지 않는 한 양극집중 배치방법에 가장 적절한 시공법이다.

이 경우 양극의 심도는 대략 TANK의 바닥과 일치시키는 것이 일반적이다.

나) 희생양극법에 일반적으로 사용되는 양극(MG경우)의 종류 및 규격

(1) MG-ANODE

(가) 9 LB (9 D² , 9 D³)

(나) 14 LB (14 D² , 14 D³)

(다) 17 LB (17 D² , 17 D³)

(2) 시설물공사용어

(가) S/A(Single/A) TYPE - MG-Anode 1EA, Test Box 1EA

(나) S/B(Single/B) TYPE - MG-Anode 1EA

(다) D/A(Double/A) TYPE - MG-Anode 2EA, Test Box 1EA

(라) D/B(Double/b) TYPE - MG-Anode 2EA,

(마) T/A(Triple/A) TYPE - MG-Anode 3EA, Test Box 1EA

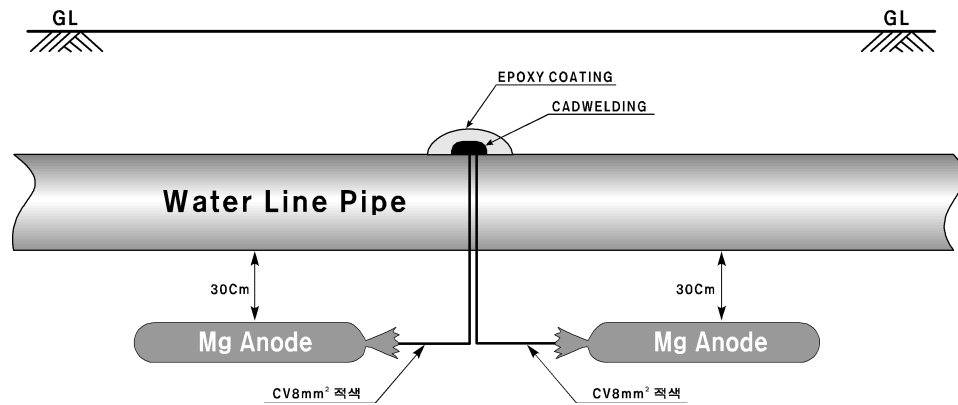
(바) T/B(Triple/B) TYPE - MG-Anode 3EA

다) Mg- Anode 시공

(1) Mg- Anode 간 거리

양극과 양극 사이에 간격은 300mm 이상을 유지하여야 하며 방식 대상과의 거리는 약300mm이상 이격시키고 방식대상의 밀면과 동일하거나 이하를 원칙으로 낮게 설치하여야 한다.

(2) Anode 시공도면



라) 측정함 설치 (T.B)

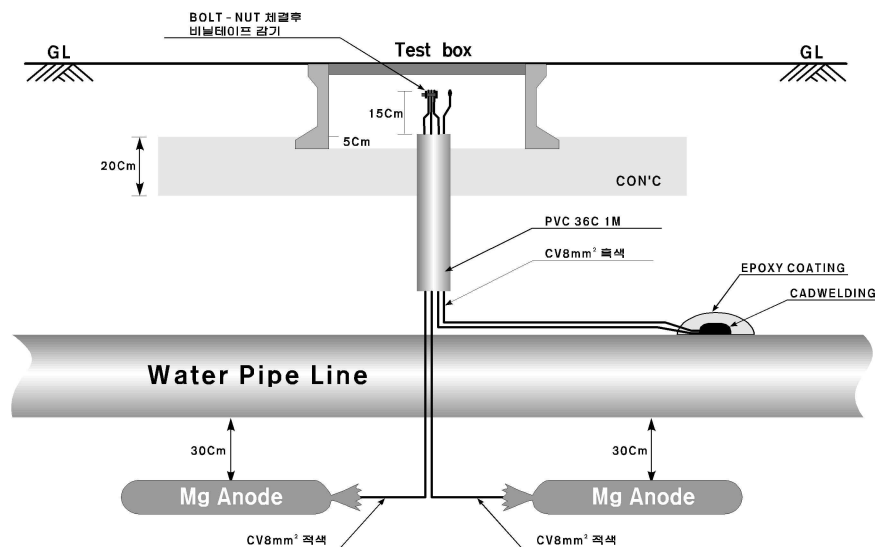
(1) 측정함은 전기방식 공사 후 방식 전위, 양극의 출력전류, 방식상태를 유지 관리 하기위해 설치한다.

(가) 측정함은 인도 등 측정이 용이한 곳에 설치한다.

(나) 배관 관로의 500m이내의 간격으로 설치한다.

(다) 공사 완료 후 측정함의 유실, 또는 분실될 경우 측정용 리드선의 위치를 확인할 수 있도록 전자 표시기(ELECTRONIC MARKER)를 각 측정함 리드선마다 설치한다.

(2) 측정함 설치도 (T.B)



마) 기준전극

(1) 전기방식 상태를 파악하기 위하여 필요한 경우에는 전위측정용 기준전극을 설치할 수 있으며, 기준전극은 포화황산동(CU/CUSO₄) 기준전극을 원칙으로 하며, 현장 여건에 따라 포화염화은(Ag/AgCl) 또는 아연(Zinc) 기준전극을 사용한다.

(2) 기준전극은 매설물로부터 10cm 정도의 간격이 되도록 하며 양극의 반대편에 위치하고 측정하고자하는 방식대상물의 중심선 이하가 되도록 한다.

사) 케이블

(1) 양극의 인출케이블 및 측정용 케이블은 방식전용 케이블 (HMW PE : High Molecular Weight Polyethylene) 8mm² 이상을 사용한다.

(2) (+) 및 (-) 케이블은 HMW 1C-22mm² 이상을 사용한다.

6) 희생양극식 전기방식 설계 (Mg양극)

가) 방식면적 계산

$$S = \pi \times D \times L \times 1.1(\text{안전율}) \quad S = \text{방식면적}(\text{m}^2)$$

$$D = \text{관의 외경}(\text{m})$$

$$L = \text{방식연장}(\text{m})$$

나) 소요방식전류계산

$$I = S \times I_p$$

$$I = \text{소요방식전류}(\text{mA})$$

$$S = \text{방식면적}(\text{m}^2)$$

$$I_p = \text{방식전류밀도}(\text{mA}/\text{m}^2)$$

$$I = V / R_p$$

$$I = \text{소요방식전류}(\text{mA})$$

V = 배관의 자연전위와 방식 시 전위차
(보통 900mV 적용)

$$R_p = \text{관로의 접지저항}(\Omega)$$

★ 방식 전류밀도는 토양비저항에 따라 큰 차이가 있음.

다) 양극의 접지저항

$$Ra = \rho / 2\pi L (\ln 8L/D - 1)$$

Ra = 수평형 매설양극의 접지저항 (Ω)

ρ = 토양 비저항 (Ω . cm)

D = 양극의 직경 (cm)

L = 양극의 길이 (cm)

토양비저항 (Ω . cm)	적용범위	2,500 이하	2,600~5,000	5,100~10,000	10,000 이상
	계 산 치	1,500	2,500	5,000	10,000
방식전류밀도		0.3 mA/㎡	0.18mA/㎡	0.09mA/㎡	0.05mA/㎡
Mg양극형식		17(S)	17(S)	9(E)	9(E)
양극발생전류		40mA/EA	20mA/EA	15mA/EA	8mA/EA
양극수명		20년 이상	40년 이상	30년 이상	50년 이상

라) 관로의 접지저항 계산

$$Rp = w / S$$

Rp = 관로의 접지저항 (Ω)

w = 관로의 도막저항 (Ω . ㎡)

S = 방식면적 (㎡)

마) 양극1본의 발생전류

$$IMg = \Delta E / Ra$$

IMg = 양극1본당 발생 전류 (mA)

ΔE = 관과 양극의 유효전위차 (mV)

보통 -400mV를 적용 (-1,600mV에서-1,200mV)

바) 소요 양극수량 산출

$$N = I / IMg$$

N = 소요양극수량 (EA)

I = 소요방식전류 (mA)

IMg = 양극1본당 발생 전류 (mA)

사) 양극의 수명

$$LF = W \times H \times F / 8760 \text{ IMg} \times 0.85 \text{ (년)}$$

LF = 양극의 수명(년)

W = 사용양극의 무게(LB)

H = 양극의 이론 전기용량(1,000 A.HR/LB)

F = 양극의 효율(50%=0.5)

IMg = 양극1본당 발생 전류(mA)

0.85 = 양극의 이용율(85%)

7) 희생양극 시공 절차서 D/A(Double/A) TYPE

(MG-Anode 2EA, Test Box 1EA기준)

가) MG-Anode는 국가 공인기관에서 시험검사 받은 것을 사용하여야하고 규정된 크기로 Backfill하여 포장한 채 설치 준비한다.

나) MG-Anode는 배관에서부터 수평으로 0.3M 이상 위치에 설치하고, 한 지점에서 2개 이상 설치 할 때에는 양극과 양극 사이를 0.3M이상의 간격을 유지토록하며, 양극매설 깊이는 방식대상의 밑면과 동일하거나 이하에 설치하는 것을 원칙으로 한다.

다) Test Lead선 말단 부분지점에서 앞쪽으로 3Cm이상 우선 피복을 벗기고 Test Lead선의 가스관과의 고정을 하기 위하여 Cad Welding을 할 때는 배관의 Coating부분을 가로 4Cm, 세로 2Cm이상 제거한 후 배관의 표면이 White Metal이 되도록 충분히 연마한다.

라) 배관의 표면이 충분히 White Metal이 되었다고 판단되면 Test Lead를 Coating 제거한 부분에 밀착 되도록 고정시킨 후 그때 Test Lead은 되메우기로 인한 용접 후 Lead선 단락을 방지하기 위하여 배관주위를 1회 정도 감은 뒤 느슨하게 설치한다.

마) Test Lead선과 금속배관 표면의 밀착 부분 지점에 용융물이 흘러내리지 않게 Coating제거하고 부분 지점에 원형으로 1차 EPOXY를 부착시킨다.

- 바) MOLD속에 CAD WELD 받침대인 원형의 접시를 먼저 삼입한 후 그에 CAD WELD 를 붓고 마지막 CAD WELD 끝 지점에 담겨있는 화약을 그 위부분에 붓고 화약 부분에 순간 SPARK가 일어나면 GUN의 방아쇠를 당겨 불꽃을 일으킨다. 이때 순간 화약에서 발생하는 불꽃을 보면 안 되며, 또한 MOLD는 고열이기 때문에 손이나 신체 부위에 닿지 않도록 조심하여야 한다.
- 사) CAD WELDING이 끝난 후 1분 이상 지난 후 목재 함머로 2~3회 이상 타격하여 용접 스래그를 제거하고 용접된 표면에 수분이 스며들지 않게 하며 코팅이 제거된 부분에서 비 제거된 부분으로 3cm정도 겹쳐서 EPOXY COMPOUND로 처리하고 완전히 굳은 후에 되 메우기를 실시한다. 이때, CAD WELDING이 끝난 직후 바로 목재 함머로 타격하면 가스관의 균열이 생길수 있으며 용접상태가 불량하면 CAD WELDING 부분을 완전히 제거한 후 재시공 하거나 그 부분을 EPOXY COMPOUND로 완전 마감처리 한 후 다른 부분에 재시공 하여야 한다.
- 아) MG-Anode양극용 Lead선과 Test선을 보호관 (PVC 32mm)으로 보호하여야 하며 보호관 높이는 도로 보도노면 보다 10cm정도 낮은 위치까지 설치한다. 단, lead선 설치 시 피복손상이 있을 경우 Lead선은 사용할 수 없다.
- 자) MG-Anode 양극용 Lead선 끝에는 Yerminal 단자를 설치하여 Bolt-Nut로 조립하고 MG-Anode 양극용 전선과 배관 연결용 Test Lead선은 색깔로 구분되어야 한다.
- EX) 적색:MG-Anode양극용 흑색 : 배관 연결용
- 차) 위 단계가 완료되면 측정함은 전기방식 공사 후 방식전위와 양극의 출력전류 및 방식상태를 유지 관리하기 위해 설치하며, 측정함의 위치는 설계도면을 참조로 정확한 위치에 설치해야 한다. 차량소통에 지장이 없는 도로 좌우 양편 가장자리 및 양 옆면 및 타 시설물 인접 부근에 설치한다.
- 단) 그 위치를 부득이 변경하게 될 때에는 감독자의 사전승인을 득해야 한다.

카) 측정함은 차량 등 외부로부터 손상을 방지하기 위하여 반듯이 콘크리트 기초위에 설치하여야 하며, 측정함 내부에는 모래를 반듯이 채워 방식 전위 측정 시 비교전극을 설치할 수 있게 한다.

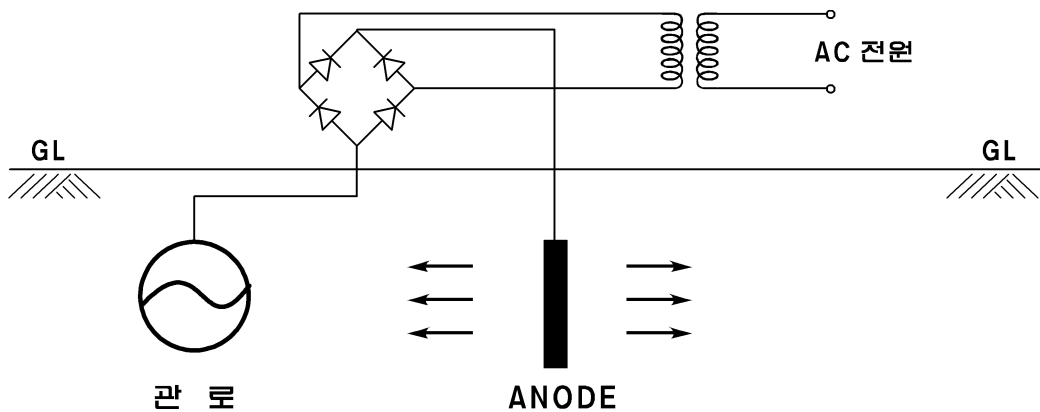
타) 측정함은 도심지에서는 기본적으로 300M마다 1개소씩 설치하며 농로 및 축대 또는 도로 미 개설 구간내의 측정함 설치는 POLE TYPE을 설치한다.
여기서 POLE TYPE이란 일반적으로 원거리에서 확인 가능한 원형으로 된 측정함을 말한다.

하) 전위 측정 후 측정된 전위 값은 측정점에 부착한다.

2-4-2. 외부전원법

토양 중에 설치한 양극과 피 방식 매설관 사이에 직류 전원장치(정류기)를 전선으로 연결하고 양극으로부터 토양을 경유하여 매설관에 방식전류를 유입시켜 부식을 방지하는 방법이다.

1) 설치방법



2) 기술적 특징

가) 적용조건

(1) 직류철도의 영향을 받지 않을 때

- (2) 대지고유저항이 고르지 않고 10,000 Ω-cm 이상일 때
- (3) 전체매설물 규모가 클 때
- (4) 타 매설물이 인접 시설되어 간섭이 없을 때
- (5) 정수장 취수장 가압장의 구내매설물을 방식 하고저 할 때

나) 임의 전압선정이 가능(DC 60V 이하)하고 1개소에서 큰 전류를 흘릴 수 있으므로 대 연장의 방식이 가능하다.

다) 전위구배가 큰 장소, 피복저항이 적은 구조물 및 방식 대상면적이 큰 구조물에 적용이 가능하다.

라) 외부전원용 양극은 소모되지 않는 불용성 양극을 사용하며, 재료로는 H.S.C.I(High Silicon Cast Iron)을 사용하며, 그 밖에 Graphite, Mixed Metal OXIDE 등을 사용하고 있다

3) 장, 단점

장 점	단 점
1) 효과 범위가 넓다. 2) 장거리 배관의 방식에 적합하다. 3) 전극의 소모가 적으므로 평상시 관리가 용이하다. 4) 저압 전류의 조정이 용이하다. 5) 전식에 대해 방식이 가능하다. 6) 토양비저항이 높은 지역의 방식도 가능하다.	1) 외부전원이 필요하다. 2) 초기 투자비가 크다. 3) 일정면적 이상의 설치 공간 필요로 한다. 4) 양극의 높은 전위가 타 시설물에 영향을 줄 수 가있다.(간섭)

4) 설계 시 참고사항

가) 외부전원법에는 시공방법에 따라 DEEP WELL METHOD(심매법) 과 SHALLOW BED METHOD(천매법)이 있다.

(1) DEEP WELL ANODE BED METHOD

★ 부지확보가 어렵고 시설물이 밀집되어 있을 때 적용한다.

(가) HOLE간격

같은 BED 구간 내에 HOLE수가 2개 이상일 경우 HOLE 상호간의 이격거리는 HOLE 깊이만큼 이격하도록 하며 최소 30m이상을 원칙으로 한다.

(나) HOLE깊이

지하에 암반층이 형성되어 있으면 ANODE BED로서의 효과가 감소되므로 암반층 전까지의 깊이로 하되 지표면으로부터 60M를 넘는 경우에는 hole 수량을 추가하는 것으로 하되 양극은 지표면으로부터 지하 15m를 넘는 위치에 설치한다.

관로와 WELL이 50M이내에 있을 경우에는 WELL의 직경이나 토양 비저항에 관계없이 상부15M는 절연하여야 한다.

(다) HOLE 직경

HOLE 직경은 양극의 수명과 접지저항을 고려하여 조정할 수 있으나

☞ 직경 1.5 “양극을 사용할 경우 최하 150mm이상으로 한다.

☞ 직경 2 “ 양극을 사용할 경우 최하 200mm이상으로 한다.

★ ANODE BED의 최대 접지저항 허용기준

토양비저항 (Ω .cm)	최대접지저항(Ω)
40,000	5 이하
40,000 ~ 10,000	4 이하
10,000 ~ 5,000	3 이하
5,000 ~ 2,000	2 이하
2,000 ~ 1,000	1.5 이하
1,000 이하	1 이하

(라) ANODE간의 거리

양극과 양극사이의 거리는 2m 정도로 하고 양극의 수명이 너무 길면 간격을(5m이하)해도 된다.

(마) DEEP WELL을 BORING(천공)한 후 WELL의 비저항을 1~2M간격으로 측정을 하여 비저항이 낮은 구간에 양극을 집중하여 설치하는 것이 좋다.

(바) ANODE BED 접지저항이 소정의 값(상기나)항 값 이상인 경우)이 되지 않을시 2HOLE로 시공하여 접지저항을 최대한 낮게 하여 적정 값이 유지 되도록 하여야 한다.

(사) 합성저항에 따른 배관의 전압강하

전압강하는 $\Delta V = I \times R$ 에서 배관의 연장에 따라 증가하며 시공 시 금속관의 코팅 손상이 최소가 되도록 하고 정류기 설치공시 BORING지점의 저항이 가장적은 위치를 선정할 필요가 있다.

또한 전선의 저항과 정류기 내부저항 및 접속부의 저항이 최소가 되도록 시공해야 한다.

(2) SHALLOW ANODE BED METHOD

★부지확보가 가능하고 대지고유저항이 20,000 Ω-cm이하일 때 적용한다.

(가) 양극은 배관과의 이격거리를 100~150M정도로 한다.

(나) 양극 중심의 매설깊이를 BACK FILL직경의 10배 이상 묻어야 접지 저항을 줄일 수 가있다.

(다) 타 방식 시설과는 300M이상 이격 되어야 전류방출에 지장이 없고 간섭 영향이 적다.

(라) 도심지내 가스배관의 방식 시공에는 적합하지 않다.

나) 소요전류 밀도의 결정

(1) 관로공사가 완료된 후에는 현장시험 결과로 시행을 하고, 관로 공사 전의 설계 경우는 금속관로에 대하여 최하 10mA/m²(나철면 기준)로 하며 토양 비저항 값에 따라 증가시킨다.

(2) 토양비저항이 30,000 (Ω .cm)이고 배관연장이 2km정도되면 전기방식을 하지 않아도 큰 영향 없다.

(3) 19km이상을 방식 대상으로 하는 정류기의 통전점이나 주요간선 배관의 분기 지점에는 관내전류를 측정할 수 있게 하여야한다.

다) ANODE MATERIALS

(1) 고규소철(HIGH SILICON CAST IRON)양극

(가)화학적성분 :

규소(Si).....14.2~14.75(%)

망간(Mn).....1.5(%)

탄소(C)0.75~1.15(%)

크롬(Cr).....3.25~5.00(%)

철(Fe)잔량(%)

(나) 양극의 소모율 : 양극 표면적 1ft² 1A가 흐를 때 일반 토양에서 25LB/A.Yr(100g정도)

(다) 양극유효 중량율 : 50%

(라) 많이 사용되는 규격

H.S.C.I ANODE 1.5 “Φ X 60” 26lb/ea CABLE연결하는 끝 쪽은 2 “Φ로 확대됨(29LB)

2” Φ X 60” 44LB/EA CABLE연결하는 끝 쪽은 3 “Φ로 확대됨 (56LB)

(2) 철 양극

(가) 피 방식체 주위에 폐기된 지하배관 RAIL, H-BEAM등이 있을 때 사용하면 효과적이다.

(나) 양극의 소모율 : 9~12 KG/A.Yr

(다) 양극유효 중량율 : 50 %

(라) 부식성이 크기 때문에 전선과 철의 연결주위에는 4X4크기의 절연 패드

또는 PAINT로 보호하여 사용한다.

라) 측정함

(1) 측정함은 인도 등 측정이 용이한 곳에 설치한다.

(2) 배관관로를 따라 500M이내의 간격으로 설치한다.

(3) 공사완료 후 측정함이 유실 또는 분실될 경우 측정용 리드선의 위치를 확인할 수 있도록 전자표시기(ELECTRIC MARKER)를 각 측정함 리드선마다 설치한다.

마) 기준전극

(1) 전기방식 상태를 파악하기 위하여 필요한 경우에는 전위측정용 기준 전극을 설치할 수 있으며 기준전극은 포화황산동(Cu/CuSO_4) 기준전극을 원칙으로 하며 현장여건에 따라 포화염화은(Ag/AgCl) 또는 아연(Zinc) 기준전극을 사용한다.

(2) 기준전극은 매설물로부터 10Cm 정도의 간격이 되도록 하며 양극의 반대편에 위치하고 측정 하고저 하는 방식 대상물의 중심선 이하가 되도록 한다.

바) 케이블

(1) 양극의 인출케이블 및 측정용 케이블은 방식전용케이블 (HMW PE : High Molecular Weight Polyethylene)1C-8mm² 이상을 사용한다.

(2) (+) 및 (-) 케이블은 HMW 1C-22mm² 이상을 사용한다.

사) 정류기(Rectifier)

(1) 정류기는 옥외 또는 옥내 형으로 하며, 공냉식 또는 강제 통풍식으로 하며 단상 또는 삼상전파 방식을 기준으로 한다.

(2) 정류기 조정은 조정방식에 따라 다음을 기준 한다.

(가) 탭 조정방식

☞ 큰 눈금 : 10, 20, 30, 40, 50 (V)

☞ 작은 눈금 : 2, 4, 6, 8, 10 (V)

(나) SCR조정방식 : 0 ~ 60(V) Volume조정

(3) 정류기 정격 선정은 안전율을 적용하여 선정한다.

(4) 정격전압은 최대 60(V)를 초과하여서는 안 된다.

5) 외부전원법의 전기방식 설계 (DEEP WELL 방식)

가) 방식면적 계산

$$S = \pi \times D \times L \times 1.1 \quad S = \text{방식면적 (m}^2\text{)}$$

D = 관 외경(m)

L = 방식연장(m)

나) 소요방식전류 계산

$$I = S \times I_d \times C_d \times K$$

I = 소요방식전류 (mA)

S = 방식대상면적 (m²)

I_d = 방식소요밀도 (mA/m²)

C_d = 코팅 손상율(보통1.5~2%적용)

K = 전철에 의한 누설전류의 영향 등을 고려한 안전율(K=3을 적용)

다) ANODE BED (양극)의 접지저항 계산

$$R_a = \rho / 2\pi L (\ln 8L/D - 1)$$

R_a = ANODE BED 의 접지저항 (Ω)

ρ = ANODE BED 의 토양비저항 (Ω .cm)

D = ANODE BED 의 직경 (cm)

L = ANODE BED 의 유효길이 (cm)

라) 이론양극수량(N)

$$N = Y \times I \times Q_s / Q \times \eta$$

Y = 양극수명 (Yr)

I = 소요방식전류(A)

Qs = 양극의 소모율(Lb/A X Yr)

Q = ANODE 1개의 중량(LB)

η = 양극효율(η = 0.5를 적용)

마) 실제 양극수량

이론양극 수량과 ANODE BED의 최대 접지 저항 값을 고려하여 결정한다.

바) 정류기의 정격전압

$$V = I \times R \times \text{안전율}(1.5) \text{ (V)}$$

I =소요방식전류(A)

R = 총 합성저항(Ra + Rw + Rp + Rx) (Ω)

Ra = ANODE BED의 접지저항(Ω)

Rw = 전선(CABLE)의 저항(Ω)

Rp = 관로의 접지저항(Ω) = w/S

w = 관로의 도막저항(Ω . m²)

S = 방식면적(m²)

Rx = 기타저항(배선의 접속저항 및 정류기 내부 저항 = 0.2Ω 이내)

사) 정류기 정격전류

안전율을 고려하여 소요방식 전류의 1.5배로 하고 향후 증설되는 배관을 고려하여 여유 있게 결정한다.

아) 정류기용량

$$Pac = I \times Vd / \text{Cos}\theta \eta \times 1,000 \text{ (KVA)}$$

- I = 정류기 부하전류(A)
- Vd = 정류기 직류측 전압(V)
- Cos = 정류기 역율
- η = 정류기 효율

★ 한표준 규격 ESB 157

정격 전류	역 율		효 율	
	1Φ	3Φ	1Φ	3Φ
50A 이하			55	70
10 ~ 100A	70	80	60	75
100A 초과			60	70

6) 외부전원법 시공 절차서

외부전원법에는 심매전극법과 천매(수직병렬)양극법이 있다.

가) 심매전극법(DEEP WELL METHOD) : 8" × 50M 기준

ANODE BED지점 굴착허가, 정류기 점용허가 및 한전 전기수용을 득한 후 공사를 시행한다.

(1) 시험굴착 준비를 위한 안전표지판과 작업 안전구역 헴스를 설치한 후

ANODE BED지점의 지하에 타 매설물이 있는가를 인력 터파기로 지하3M 깊이까지 시험 굴착한 후 BORING 장비를 설치하여 굴착한다. 이때 주의 사항은 민원 발생 최소화, 안전사고예방, BORING시 지반침하를 확인한다.

(2) 타 매설물이 없을시 BORING작업을 하되 우선 본관의 보호와 지반 침하 방지를 위하여 보호관(10 “:STEEL강관)을 지표면에서 양반이 나올때까지 BORING 작업을 하여 설치한다.

(3) 보호관 설치작업이 마무리된 후 본관(6 “:STEEL강관)설치를 하기 위하여

설계 깊이까지 BORING을 한다.

BORING 하는 과정에서 HOLE안에서 배출되는 토양 슬러지는 AIR-PUMP로 설계 깊이 말단부분에 있는 것까지 최대한 HOLE바깥쪽으로 제거한다. 이때 지층별 시료를 5M간격으로 채취한다.

- (4) 작업이 완료된 후 본관을 지표면에서 설계깊이 말단까지 ALL CAING을 하여 설치하고 보호관(10 “:STEEL강관)은 제거하여 그 부분에 타간섭 배제 및 절연을 위하여 또 다른 보호관(8 “:PVC관)을 통상 지표면에서 지하 15M정도 설치한다.
- (5) BORING 작업에 대한 전 과정이 끝난 후 반드시 BORING 총 깊이를 확인하고 시료 채취에 따른 ANODE 위치선정을 한다. 여기서 ANODE 위치선정을 하는 이유는 토양별 비저항이 낮은 지역에 설치하는 것이 방식효과를 높일 수 있다. 또한 양극의 접지저항은 양극의 형상, 배치구조 및 주변 매질에 의해 결정된다.
- (6) 가)~마) 설치 과정이 모두 완료된 후 SUPPORT PIPE(아연도전선관) 및 VENT PIPE(HI-PVC전선관)에 STEEL WIRE ROPE를 WIRE CLAMP로 고정을 시켜 전기절연 TAPE또는 CABLE TIE로 분리되지 않게 감아준다.
이때 SUPPORT PIPE(아연도전선관)와 VENT PIPE는 계속적으로 연결한다.
- (7) BORING된 HOLE속으로 SUPPORT PIPE(아연도전선관)와 VENT PIPE가 WIRE 로프 조정으로 서서히 내려갈 수 있도록 깊이 1M, 지름 4 “이상되는 SUPPORT PIPE에 WIRE LOPE를 3~4회 감아 속도를 조절한다.
- (8) BORING 끝 지점에서 약3M 정도 떨어져 ANODE가 설치될 수 있도록 처음삼입되는 1번 ANODE를 SURRPORT PIPE(아연도전선관)와 VENT PIPE가 결합되어있는 옆면에 ANPDE를 부착시켜 ANODE 1EA당 3등분한 위치에 CABLE TIE를 밀착 고정시킨다.

- (9) ANODE는 같은 방법으로 1.5M간격을 유지하면서 설치하여야 하나 토양재질의 비저항에 따라 변동 설치할 수 있으며 ANODE설치 수량에 따라 ANODE연결 CABLE,SURRPORT PIPE(아연도 전선관) 및 VENT PIPE를 CABLE TIE로 밀착 고정시킨다.
- (10) ANODE 설치 완료되면 COKE BREEZE를 물과 혼합하여 HOLE속으로 주입하는데 그 이유는 ANODE의 환경을 균일하게 하며 접지저항을 감소시켜 주기 때문이다. 이때 COKE BREEZE양은 ANODE가 설치되어지는 곳 까지만 넣어 충전 시켜주고 지표면에서 10~15M정도 절연하여 절연구간까지는 지름 2CM ϕ 정도의 자갈로 채워준다. 그리고 COKE BREEZE를 지표면에서 ANODE가 설치되어있는 위치까지 충전 되었는가를 반드시 확인한다.
- (11) 위의 공사를 병행하여 정류기설치에 대한 부대공사가 이루어져야한다.
우선 음극(-)선 인출을 위하여 정류기 설치위치까지 지표면에서 지하-0.6M이상 터파기를 하여 CABLE PULLING 작업 및 CONDUIT 작업을 시행하고 공사완료 후 0.3M높이로 고운모래를 덮고 그 위에 관표지 시트와 보호판을 덮는다. 위의 공정이 완료되면 침하방지를 위하여 도로 및 보도 복구방법에 따라 재차 복구하고 다진 후 아스팔트 및 콘크리트로 포장한다. 이때에 음극선과 가스관 표면과의 WELDING할 부분은 희생양극법에서 앞서 말한 것과 같은 방법으로 CAD WELDING 작업 및 EPOXY 작업하여 마감 처리한다.
- (12) ANODE BED로부터 인출된 ANODE(+)CABLE 배선에 연결된 음극(-)CABLE 기준 전극(CU/CUSO₄), CABLE등은 전선관속에 넣어 정류기 설치 위치까지 매설한다. 이때 정류기로부터 BORING CASING이 있는 곳까지 굴착하고 지표면에서 BORING CASING깊이 1M정도에서 지름 100mm 정도 구멍을 뚫어 ANODE(+)CABLE을 지표면위로 여유 있게 뽑아 놓는다.
ANODE(+)CABLE 선 PULLING 및 CONDUIT 설치작업은 음극선 공정과 동일하게 시행한다.

- (13) 정류기 설치를 위하여 기존 CONCRET BOX거푸집 밑으로 ANODE CABLE(+), 음극(-)CABLE, 기준전극(CU/CUSO₄)CABLE, AC인입 케이블을 전선관속에 넣어 콘크리트 BOX 중앙부에 고정시켜 정류기 설치를 위한 기초 콘크리트 포설 작업을 한다. 이때 정류기가 기초콘크리트 BOX에 고정될 수 있도록 앵커 BOLT로 마감 처리한다.
- (14) 기초 콘크리트 BOX 거푸집은 2~3일 후에 견고하게 굳었는가를 확인 한후 거푸집을 제거하고 정류기를 앵커볼트로 고정하여 정 위치에 설치한다. 또한 각각의 CABLE을 압착단자로 조여 TERMINAL BLACK에 용도에 따라 접속시킨다.
- (15) 모든 작업 공정이 완료되면 AC전원을 넣어 DC출력 전압 전류를 점검하고 ANODE BED지점의 방식전위를 측정하여 과방식되지 않도록 조정한다. 기준 전위 값을 설정한 후 현장 조사 때와 동일한 방법으로 방식전위를 조사한다.

나) 천매(수직 병렬) 양극법(SHALLDW BED METHOD) : 8" × 6M기준

SHALLDW BED용 ANODE설치, 외부전원식 설비 및 관련부속설비 설치공사는 전기설비 공사를 준용하여 본 공사를 시행한다.

- (1) ANODE BED 지점과 STEEL CONTAINER 안에 BACKFILL된 상태로 시공되어야 하며 ANODE는 외부로부터 기계적 물리적 손상을 받지 않도록 지표면에서 지하 2M이상 깊게 수직 설치하고 설치간격은 6M정도가 좋으나 설계시방서 대로 일정한 간격을 유지하며 설치한다.
- (2) 정류기 설치위치까지 지표면에서 지하0.6M이상 터파기를 하여 CABLE PULLING 작업 및 CONDUIT 작업을 시행하고 ANODE LEAD선과 MAIN LEAD 선과는 SPLICE KIT 및 BOLT를 이용하여 접속하고 접속할 부위에 레진을 주입하여 수분이 침투하지 못하도록 EPOXY 처리한다.

(3) 위의 모든 작업이 완료되면 앞서 말한 심매전극법의 11~15단계 작업 공정과 동일하게 모든 공정이 이루어진다.

2-4-3. 배류법

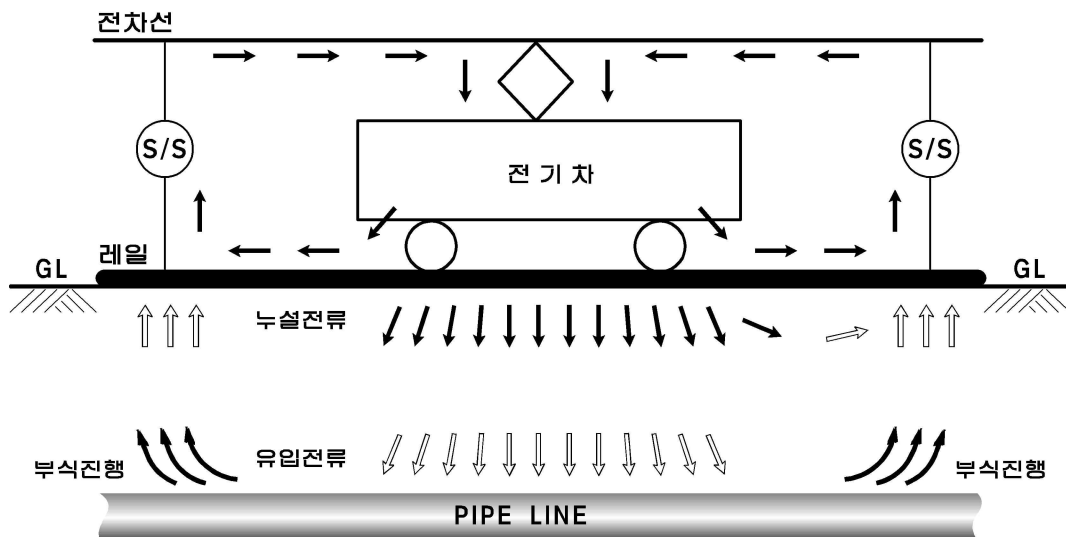
배류법은 지중매설 금속체의 전식발생에 대한 방지법이다.

1) 지중매설 금속체의 전식발생

가) 직류전차선로의 경우 레일에 근접하는 지중매설 금속체에는 저항이 낮아 레일에서 발생하는 누설전류가 이들 금속체에 유입하여 흐르며, 변전소부근에서 레일로 되돌아가게 된다.

이때 지중 매설된 금속체에는 전지(電池)작용에 의해서 전류를 유출하며 그 부분이 부식되는 전식을 발생시키게 된다.

나) 금속체 지중관로의 전식은 주로 귀선의 부절연 부분으로부터 대지에 유출하는 누설전류에 원인이 있고, 아래 그림과 같이 누설전류의 방향과 유출입 상황을 화살표로 개괄적 나타낸 것처럼 전식 발생과 전식방지 부분을 쉽게 이해할 수 가있다.



2) 전식 방지법

가) 전식을 방지하기 위하여는 전철 측에서의 방지법(대지로의 누설전류를 적게 함)과 지중선 금속체에서의 방지법으로 나누어 볼 수 가 있다.

(1) 전철 측에서의 방법

- (가) 레일과 도상간의 절연을 좋게 하여 누설저항을 크게 한다.
- (나) 레일본드의 접속을 완전하게 한다.
- (다) 보조귀선을 설치하여 귀선저항을 감소시킨다.

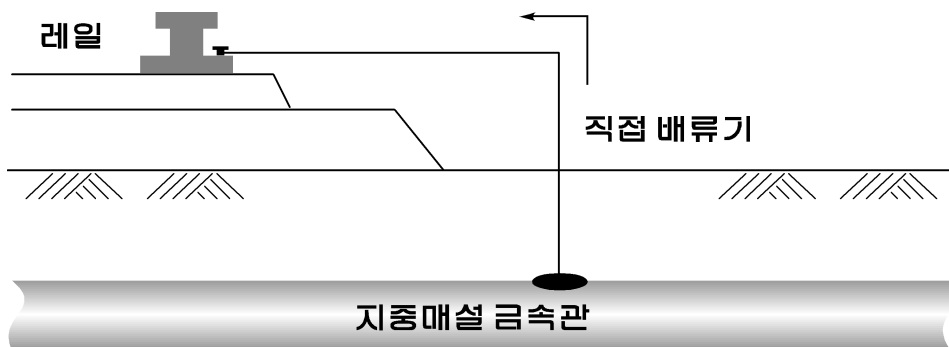
(2) 지중매설 금속체에서의 방법

- (가) 궤도와외 이격거리가 크게 루트를 선정한다.
- (나) 매설 금속체를 절연 피복한다.
- (다) 금속관에서 차폐한다.
- (라) 지중매설 금속체와 레일을 전기적으로 접속하여 금속체에 흐르는 전류를 일괄하고 레일에 흘려서 분산 유출하는 것을 방지하여 전식을 작게 한다.

나) 전기적 접속방법

(1) 직접배류법

지중매설 금속체와 레일과의 직접 연결하는 방법으로 누설전류에 영향을 주는 전철 변전소가 부근에 한 개뿐이고 레일 측으로부터 전류가 역류할 우려가 없는 경우에만 사용되고 적용할 수 있는 경우가 거의 없다.



(2) 선택 배류방식

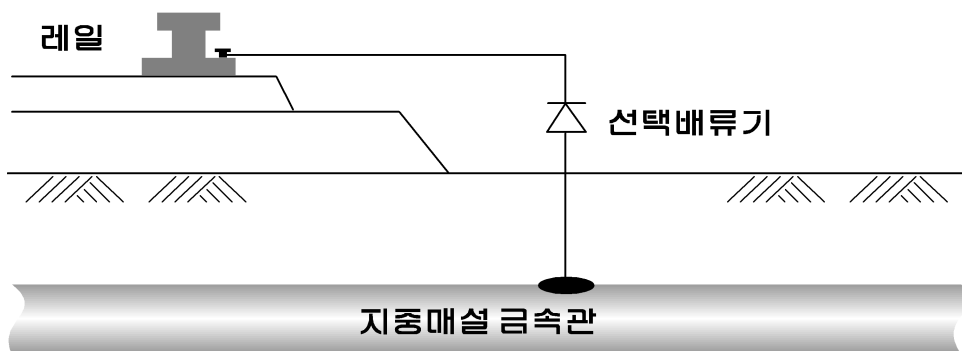
(가) 선택 배류법은 매설관에 대해서 레일 대지전압이 낮은 경우, 선택배류법을 통해서 매설관을 레일이나 마이너스 전선에 전기적으로 접속하여 매설관을 흐르는 전류를 직접 대지에 유출시키지 않고 일괄하여 레일이나 변전소에 귀류 시키는 방법이다.

(나) 선택배류기의 레일과의 접속장소는 레일 부근에서 매설관로부터 전류가 되돌아오는 장소 즉 레일 대지전위 (R/S)의 (-)값이 크고 또 그시간이 긴 장소에 설치한다.

(다) 배류기의 레일 접속방법은 자동신호장치의 기능에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여는 자동신호 구간에서의 배류전에 교류분의 포함 또는 배류접속 불 평행 전류에 의한 궤도 회로의 오동작방지를 위하여 임피던스본드의 중성점에 접속하도록 한다.

(라) 지중매설 금속체와 레일을 연결하는 배류선에 선택배류기를 설치하여 금속체가 레일에 대하여 높은 전위에 있는 경우에만 전류를 유출 시키는 방법으로서 이 방법은 전력이나 접지가 필요치 않고 경제적이기 때문에 전식방지에 널리 이용되고 있고, 자연부식에 일부에도 방지 효과가 있다.

또한 선택배류기는 전류에 대하여 순방향인 실리콘 다이오드를 사용한다.



(마) 기술적 특징

- ㉑ 전철 부근의 누설전류에 의한 전식방지에만 가능하다.
- ㉒ 넓은 전압범위에서도 제대로 동작이 되어야한다.
- ㉓ 급격한 전압변화에 동작할 수 있을 것.
- ㉔ 역류가 없을 것.
- ㉕ 내구성이 크고 고장이 적을 것.
- ㉖ 현장조건에 맞는 장치일 것.
- ㉗ 보수점검이 간단할 것.
- ㉘ 이상 전류에 의해서 본체 및 매설물 손상이 가지 않도록 된 구조일것.

(사) 장점 단점 비교

장 점	단 점
1) 전철의 전류를 이용하므로 유지비가 적다. 2) 전철과의 관계 위치에 따라서 매우 효과적이다. 3) 비교적 싸다. 4) 전철운행 시에는 자연부식의 방지도 된다.	1) 간섭에 대하여 충분한 검토 요구됨. 2) 전철 신호장애에 충분한 검토 필요. 3) 전철과의 관계 위치에 따라서 효과 범위가 제한된다. 4) 전기차정지시 또는 레일전위가 높을 때에는 전식방지에 용이하지 않음. 5) 과 방식 될 때가 자주 있다.

(아) 선택배류기 전류용량결정

① 시설관로의 경우

시설관로에 선택배류기를 선정하는 경우 배류시험을 행하고 배류전류를 결정한다.

배류시험은 24시간 측정을 하고 관대지 전위의 변화에 의한 방식 효과와 최대배류 전류치를 확인한다.

배류전류가 너무 크면 관대지 전위가 너무 낮아져 관 표면에 생성하는 수소기포와 알카리에 의해 피복이 열화 할 수 가있고 근접하여 매설되어있는 타 매설 관로에 간섭의 우려가 있게 되므로 배류회로 에는 직

렬 저항을 삽입하는 배류전류 조정장치(저항기)를 설치한다.

기설관로의 경우는 배류시험 시에 맞추어서 저항 삽입시험을 하고 이때의 관대지 전위, 배류 전류의 크기에서 적절한 저항치를 구하는 것으로 한다.

※ 삽입 저항치

$$R = (I/I' - 1)V/I (\Omega)$$

R = 삽입 저항치

I : 저항삽입전의 최대배류전류(A)

I' : 저항삽입후의 최대배류전류(A)

V : 배류점에서의(-)측의 최대레일 대 관전위차(V)

② 신설관로의 경우

선택배류기의 전류용량은 최대 배류전류를 참고로 하여 결정한다.

배류전류 구하는 식

$$I = V/Z$$

I : 배류전류(A)

V : 레일과 관로간의 전압(V)

레일대관 전위차를 24시간 측정하여(-)측의 최대치 또는관로 미설치 시는 레일 대 관 전위를 24시간 측정하여 (-)측의 최대치 적용

Z : 결보기 임피던스(Ω)

배류전류에 의한 전회로 저항은 $Z = R1 + R2 + R3$ 에 의해 구하며 통상 안전을 고려하여 Z값을 1Ω으로 한다.

R1 : 레일의 접지저항(Ω)

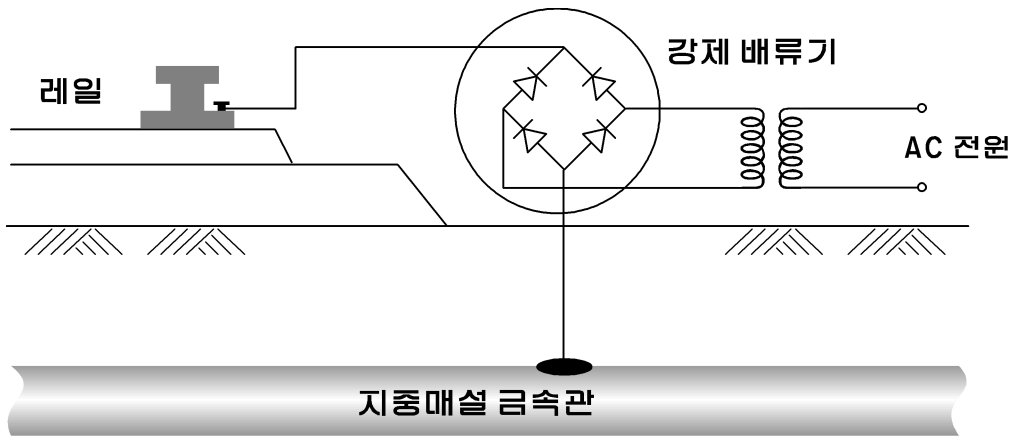
R2 : 관로의 접지저항(Ω)

R3 : 배류선의 도체저항(Ω)

(3) 강제배류기

(가) 레일을 접지 양극으로 하는 외부전원법으로서 직류전원을 레일과 지중매설 금속체 사이에 가하는 방법이다.

- (나) 접속방법으로는 레일에서 매설관로에 전류가 유입하는 장소 즉 레일대지전위(R/S)가 (+)값을 나타내고 또한 그 시간이 긴 장소에 설치한다.
- (다) 강제배류기는 선택배류기로 방지할 수 없는 밀어내기형의 전식 방지에 한하여 설치한다.
- (라) 레일을 접지양극으로 하고 또 선택배류법의 특성도 갖추고 있기 때문에 방식효과가 크지만 전철측의 신호회로 등에 악영향도 고려할 필요가 있어 설치에 신중을 고려하여야 한다.
- (마) 배류기의 레일 접속방법은 자동신호 장치의 기능에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여는 자동 신호구간 에서의 배류전에 교류분의 포함 또는 배류접속 불 평행 전류에 의한 궤도회로의 오동작 방지를 위하여 임피던스본드의 중성점에 접속하도록 한다.
- (바) 레일에 배류하면 배류점을 중심으로 레일 대지전압이 상승을 하고 플러스 값의 레일 대지전압을 상승 시키므로 레일 등 궤도 재료의 전식을 촉진 할 우려가 있다.
레일 대지전압의 플러스 값이 크고 레일 부근의 매설관에 유입된 전류가 레일에서 멀리 떨어진 구역의 매설관에서 유출되고 거기에서 전식을 일으키는 경우에 대한 방지법이다.
- (사) 강제배류기의 출력전압은 레일과 매설관로간의 전압보다 높은 것이 필요하다.
- (아) 기술적 특징
외부전원법과 같은 효과를 가지지만 전철에의 영향을 조성할 필요가 있다.



]

(자) 장, 단점

장 점	단 점
1) 효과범위가 넓다. 2) 전압 전류의 조정이 용이하다. 3) 전식에 대하여 방식이 가능하다. 4) 외전에 비해 저렴하다. 5) 전기차의 정차 시에도 방식이 가능하다. 6) 양극효과에 의한 간섭이 거의 없다.	1) 간섭에 대하여 충분한 검토가 필요하다. 2) 전철 신호장애에 대하여 충분한 검토가 필요하다. 3) 전원이 필요하다. 4) 배류점 부근이 과 방식 되기 쉽다.

(아) 강제배류기 방식전류

- ① 소요방식전류는 시설관로에 설치하기 위하여 강제배류 시험에 의해 구하며 레일과의 접속은 임피던스본드로 한다.

소요방식전류는

$$I_{max} : I' \times \Delta E / \Delta E' \times a$$

I_{max} : 소요방식전류의 최대치(A)

I' : 통전시험시의 통전전류(A)

ΔE : 최고높은 전위부를 방식설계 전위로 하기위해 필요한 관대지 전위의 변화량(V)

$\Delta E'$: 통전에 의한 최고 높은 전위부의 관대지 전위의 변화량(V)

a : 장래 소요방식 전류의 증가비율(a > 1)로 구한다.

② 출력전류는 소요방식 전류에 의하여 구한다.

$$\text{출력전류 } I > I_{\max}$$

③ 출력전압는

$$V_p : V_{\max} + I \cdot Z$$

Vp : 강제배류기의 출력전압(V)

강제배류기의 출력전압은 레일과 매설관로 간의 전압 보다 높은 것이 필요하다

Vmax : (+)측의 최대 레일대 관전위차(V) 24시간이상 장시간 측정하여 최대치를 구한다.

I : 강제배류기의 출력전류(A)

Z : 걸보기 임피던스(Ω)

$$Z = (V' - V) / I' - R1$$

V' : 강제배류시험시의 인가전압(V)

V : 시험시의(+)측 최대 레일 대 관전위차(V)

R1 : 시험시의 회로 삼입저항(Ω)

다) 배류기 시공법

(1) 배류법이란 매설관의 전식을 방지하기 위하여 매설관과 RAIL을 전기적으로 접속하여 매설관에 흐르는 전류를 직접 RAIL로 귀류시키는 방법을 말하며 접속회로의 차이에 따라 선택배류법과 강제배류법 두 종류가 있다.

(2) 배류기 설치기준

(가) RAIL 귀선에서 배류기를 거쳐서 금속지중 관로로 통하는 전류를 저지하는 구조로 하여야 한다.

(나) 배류기를 보호하기 위해서는 배류기 2차 측에 실제용량 2배의 과전류 차단기를 설치하여야 하며, FUSE는 최대부하 전류량에 1.5배를 부착하여야 한다.

배류기 2차측 과전류 차단기에 TIMER를 설치하여 자동(작동시간 1분 이내)으로 작동이 되는 구조로 하여야한다.

(다) 배류기는 제3종 접지공사를 실시한 금속제 BOX, 기타의 견고한 BOX에 넣어서 시설하거나 또는 사람이 접촉할 염려가 없는 구조로 하여야 한다.

(라) 강제배류기

① TRANSFORMER-RECTIFIRE

순방향의 고전압이 유입될 때 견디어야 하기 때문에 자체 안전율이 높아야 함은 물론 부품의 정격용량도 정격에 관계없이 커야하며 전철의 상태변화에 따라 출력전류가 변화해야하므로 전류 및 전압의 조정 범위가 0~100% 까지 가능해야 한다.

AC의 찌그러진 전류(고조파)가 혼입하면 전기철도의 신호체계를 혼란시킬 수가 있으므로 FILTER 회로가 강구되어야 한다.

② IMPEDANCE BOND

RAIL IMPEDANCE BOND의 중성점에 연결한다.

③ 효율

강제배류의 효율은 역 전압이 배류기의 정격전압보다 낮은 시간의 비율을 말하며 통상 80%이상 이다.

(3) 배류선 설치

(가) 지하철 RAIL의 중성점에 배류선을 CAD WELDING 하여 EPOXY로 마감 처리한다.

(나) CAD WELDING 한 배류선을 가공 또는 지중에 설치하는 전선은 이중 피복(CV600V 60mm²이상)된 전선을 사용하여야 하며 보호관 속에 설치하여야 한다.

(다) 배류선은 전선 중간 부분을 절단 및 연결을 하여 사용할 수 없다.

(단, 현장 여건상 부득이 연결작업을 하여야 할 시에는 감독자 입회하

에 SPLICE KIT로 연결하고 연결 부위를 EPOXY등으로 완전히 절연조치
해야 한다).

(라) 배류선을 지중에 매설할시 심도 0.6M이상을 유지하여야한다.

(마) 배류선을 전기철도 부지 내에 설치 할 때는 1M간격으로 고정 장치를
하여야한다.

(바) 위에 모든 작업이 완료되면 앞서 말한 심매전극법의 11~15단계작업공정
과 동일하게 모든 공정이 이루어진다.

2-5. 전기적 간섭

시설물에 방식을 하기 위해서는 직류전류를 전해질인 토양에 전류가 흐르면 토양의 전위분포가 달라지게 되며 전위분포의 변화는 전류량 및 전해질 비저항에 따라 달라지게 된다.

이러한 방식전류는 타 시설물 까지 전위분포에 영향을 미치게 되며 이격거리나 배치 구조 등에 따라서 그 영향은 달라지게 된다.

즉, 간섭이란 어떤 시설물의 전위분포가 다른 시설물의 전위분포에 영향을 미치는 현상이다.

1. 간섭기준

전위변화가 50mV 이상인 경우 간섭으로 판단하며, 다른 요소도 병행 고려하여 간섭대책을 강구한다.

가. 외부전원식이 적용되면 타 매설관의 간섭 및 타매설관 방식 설비에 의한 주배관 간섭여부를 조사한다.

나. 조사 보고서에는 간섭 해결 대책이 포함되어 있어야 하며, 타 시설물의 소유자 확인이 있어야 한다.

다. 간섭대책으로는 적정방안을 선택 적용한다(분극전지, 저항기함 등).

2. 간섭의 종류

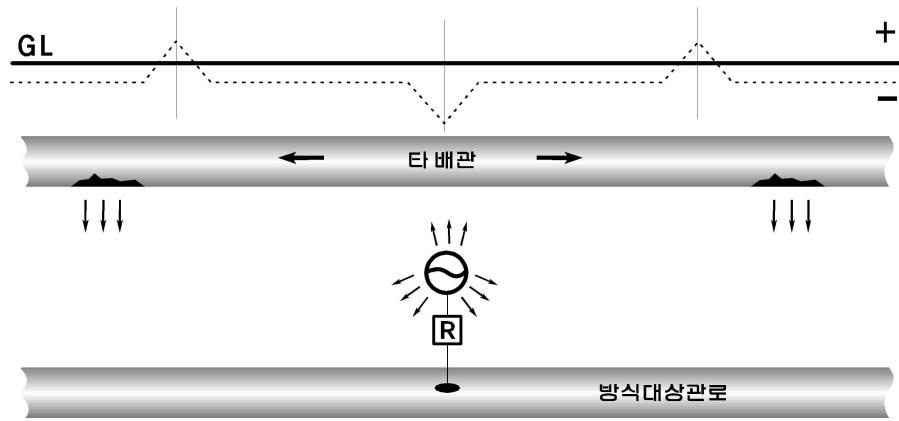
전기적인 간섭에는 크게 DC 간섭과 AC 간섭이 Telluric Current 간섭이 있으며 DC 간섭에는 양극간섭, 합동간섭, 전철에 의한 간섭 등이 있다. 또한 AC 간섭에는 정전기 유도간섭, 전자유도에 의한 간섭, 저항성 유도등이 있다.

가. 양극간섭

양극 근처의 주변 지하 매설관로에 가까운 부분이 음극이 되어 방식이 되고 먼 지역에서는 방식대상물에 대해 양극이 되어 전류유출이 발생하며 넓게

부식이 발생하는 현상으로서 방식대상물은 과 방식에 의한 문제가 발생할 우려가 있다.

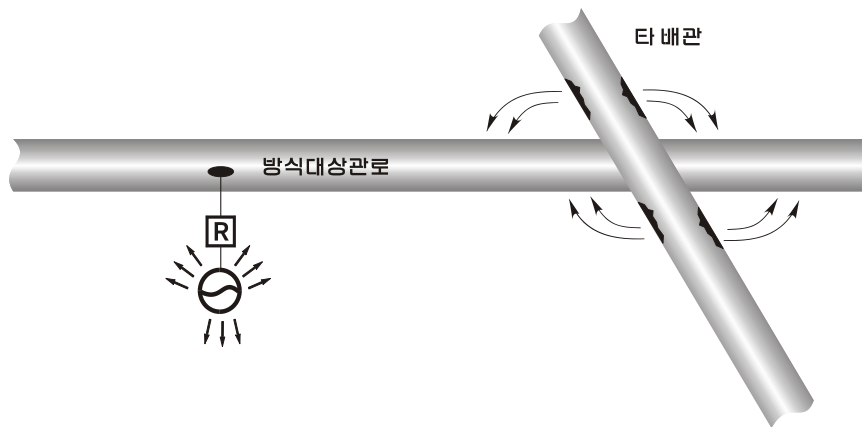
양극간섭이 발생되고 있는지의 여부 판단은 간섭받는 구조물 주변의 방식설비전류 전원을 ON, OFF 하면서 전위를 측정하여 OFF 전위가 ON 전위보다 높으면 간섭을 받고 있다고 판단할 수 가 있다.



(양극간섭)

나. 음극간섭

방식 대상물이 방식전류에 의해 음극이 되고 음극주변에 있는 시설물들이 음극의 영향을 받아 전위가 높아지는 현상을 말하며 주변 시설물에서 전류 유출이 되며 양극화로 부식이 발생하게 된다.

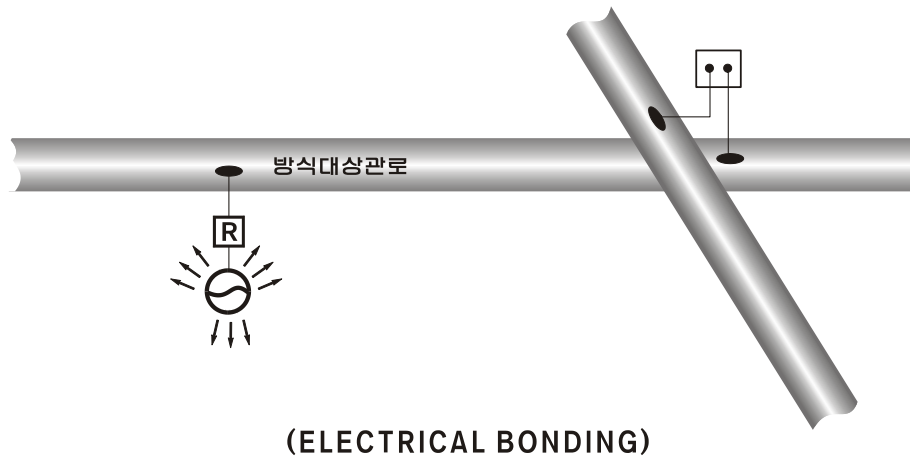


(음극간섭)

다. 합동간섭

양극간섭과 음극간섭이 복합적으로 발생하는 현상을 말한다.

간섭영향의 유무를 측정하기 위하여서는 배관과 타 시설물의 관대지 전위 (P/S)를 측정하여야 상호간의 간섭유무를 파악할 수가 있으며 배관이 시설되지 않은 상태로 P/S의 측정이 불가하므로 추후 배관시공 완료 후 P/S 측정 및 간섭영향 유무의 파악을 위하여 배관과 타시설이 근접(30cm이내) 또는 교차하는 경우에는 배관과 타 시설물에서 Test Lead Wire를 각각 2선씩 인출 하여 추후에 대비 하여야 한다.



라. 지하장애물에 관련한 대책

1) 관로와 타 시설물과의 이격거리 기준

타 시설물	이격거리	관련법규	예외
특별고압 지중전선	1m	전기설비 기술기준 제 156 조	1m이하인 경우 내화성 격벽 설치
저압 또는 고압의 지중전선	30cm	전기통신설비 기술기준	
타 시설물	30cm	도시가스 사업법	

2) 초고압 송전철탑 및 변전소와의 관계

가) 정전유도

송전철탑과 근접하여 비 접지 상태로 매설된 관로에 정전 전압이 유도된다.

나) 전자유도

송전철탑과 매설관이 병행하여 설치되는 경우 전자 유도전압이 매설관에 유도되어 매설 배관에 다음과 같은 장애가 발생한다.

- (1) 유도전류에 의한 AC전식
- (2) 송전선의 단락, 지락사고 시 고전압이 유기
- (3) 고압 유기에 의한 설비의 파손

다) 고압 철탑과의 이격거리

전 압 분 류	금 지 구 역	안 전 범 위	대 책 필 요 범 위
154Kv	2m	6m	2m ~ 6m
345Kv	10m	50m	10m ~ 50m

제3장 측정 및 결과분석

3.1 측정목적 및 방법

3.2 측정 및 결과분석

제3장 측정 및 결과분석

3.1 측정목적 및 방법

3.1.1. 토양 비저항 측정

1. 측정목적

일반적으로 저항 율이 낮은 토양 중에서는 매설물의 부식현상이 심하게 일어난다.

토양의 저항 율을 지배하는 요소는 토양의 함수량이나, 가용성의 함유 염류 량이다.

토양의 저항 율(=대지 고유 저항 율)은 부식과 직접적인 관계를 가지며 매설물의 부식 원인을 추정, 방식 계획을 수립하기 위해서 일반적으로 대지고유저항 측정이 실시되고 있다.

2. 측정지점

비 방식 상수도 관로를 따라서 대지 고유저항을 측정할 수 있는 인도 부분에서 측정 하였다.

3. 측정횟수

측정횟수는 계절 등에 크게 영향이 없으므로 1회 실시 하였다.

4. 측정 깊이

서울시 비 방식 관로도를 참조로 650m내외 마다 측정을 하고 통상 지중매설관로의 매설 깊이는 약 2.4m 이상4.0m 지점에 있으며, 본 조사는 2.4m에서 5.2m까지의 고유 저항 값을 측정하여 방식 설계에 자료가 될 수 있도록 하였다.

측정 깊이는 2.4, 3.2, 4.0, 4.8, 5.2m 로 하였다

NO	측 정 구 간	대상길이[m]	측정개소
1	광암 직송 배수관로	11,198	14
2	상도 배수관로	2,900	4
3	대방 배수관로	31,992	38
4	청담 배수관로	10,246	13
계		56,336	69

3.1.2. 토양의 산성도 측정

1. 측정목적

PH는 금속체의 부식 속도에 영향을 주므로 토양의 자연부식 상태를 추정하고 방식 설계에 자료가 될 수 있도록 하였다.

2. 측정지점

측정지점은 비방식 상수도관로를 따라서 대지 고유저항을 측정하는 인도 부분에서 대지 고유저항측정과 함께 측정 하였다.

3. 측정횟수

토양의 산성도는 계절 등의 변화에 따라 변동될 수가 있으나 일반적인 경우에는 변동이 거의 없으므로 1회 측정을 하였다

3.1.3 관 대지전위 측정

1. 측정목적

기준전극은 포화 황산동 기준전극(Cu/CuSO_4)을 사용하여 비 방식관로의 대지 간 전위를 측정 기록하며 현재 비 방식관로의 부식 진행상태를 알 수가 있으며 가 통전 시험결과와의 차이를 확인하며 방식설계에 자료가 되게 하였다

또한 인근 주변 환경에 따른 매설 관 과 대지간의 전위차에 의한 전식의 정도를 비교 검토할 수 있는 기본 DATA로 활용할 수가 있다

2. 측정지점

지중매설관로의 변실을 기준으로 1Km이내 500m내외 간격으로 측정하며, 지중 매설 관로와 기준 전극간의 측정거리 간격은 가능한 관직상부에 기준전극을 설치하여 측정 오차를 최대한 줄였다.

3. 측정횟수

지중매설관로의 변실을 기준으로 1Km이내 500m내외 간격으로 Lead Cable을 설치한 측정점에서 주간에 1회 측정하고 상수관로가 지하철을 병행 또는 횡단하는 상수관로 연장구간은 36개소에서 야간에 1회 측정을 하였다.

3.1.4. ANODE BED 예정지 조사

1. 조사목적

전기 방식 중 외부 전원 법은 토양 중에 설치하는 양극과 피 방식 매설 관 사이에 직류 전원장치(정류기)를 전선으로 연결하고 양극으로부터 토양을 경유하여 매설 관에 방식 전류를 유입시켜 부식을 방지하는 방법으로서 ANOD BED 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정을 하였으며, 필요 방식 전류량을 계산하기 위하여 양극설치 위치의 토양비저항을 측정하여 방식 설계에 자료로 하였다.

2. 측정지점

본과업 수행조사 대상관로 가통전 시험결과 얻어진 ANODE BED위치 예정지당 1개소로 한다

3. 측정횟수

측정횟수는 계절 등에 크게 영향이 없으므로 1회 실시 하였다.

4. 측정 깊이

토양 비저항 값이 낮은 지역은 상대적으로 높은 지정보다 방식전류를 많이 흘릴 수가 있다.

토양 비저항 값을 깊이별로 측정을 하여 방식설계에 자료로 사용한다.

측정깊이는 15M부터 60M까지 로 하였다.

3.1.5. 가 통전 시험

1. 조사목적

비 방식 관로를 (-)극으로 하고 ANODE BED근처에 접지가 되어있는 금속 체를 양극(+)으로 하여 비 방식 관로에 방식전류를 흘려 실제 방식 전위가 되기까지의 방식전류를 측

정하고 필요로 하는 방식 전류 값을 방식 설계에 자료로 사용하고 측정결과에 안전율 (1.5)을 적용한다.

2. 측정지점

방식구간의 범위 내에서 방식 전류 값이 30A이하로 필요로 하는 비 방식 관로의 구간 위치 내에서 측정 한다.

3. 측정횟수

측정횟수는 계절 등에 크게 영향이 없으므로 1회 실시 하였다.

3.1.6. 부식속도 측정

1. 조사목적

상수도 관로의 부식속도를 측정하여 노후도 조사자료의 DB 구축을 위한 부식정도, 예상 수명 등을 고려한 경제성 분석을 한다.

2. 조사방법

본 현장의 부식속도 측정법은 직선분극저항 측정법으로 심도 2m 깊이 배관 주위에 배관과 같은 재질의 쿠폰과 황산동 기준전극, 상대전극인 티타늄 봉을 설치한다. 7일 경과 후 data를 측정 분석한다.

3. 측정 지점

Anode bed중 10개소를 감독 협의하에 선정한다.

3.1.7. 상수도 주변 타매설물 파악 및 대관업무

1. 조사목적

상수도 주변 매설물을 파악하고 ANODE BED 매설위치에 대한 지번, 소유자등을 조사한다.

2. 조사방법

현장조사를 거쳐 전력회사로부터의 전력수급 및 ANODE BED 위치(정류기, 정손박스 설치 및 DEEP WELL 매설등)로 적정한가를 확인한다.

3.1.8. 타배관 및 전철 간섭영향조사

1. 조사목적

인근에 타배관 또는 전철운행구간 등이 있는 경우에는 상수관로에 미주전류가 유입유출이 되게 하고 전식에 영향을 줄 수가 있어 상수관에 간섭영향 전위를 조사한다.

2. 조사방법

외부간섭이 우려되는 구간에서는 방식전위 연속 측정 장비로 측정기록을 확인한다.

3.1.9. 절연보강 위치 조사

1. 조사목적

정류기별 구간내 방식 효과를 높이기 위하여 절연개소를 조사한다.

2. 조사방법

절연보강 장소는 변실에서 실시하며 후렌지 접속구간으로서 절연와샤 및 절연스리브를 설치함으로써 효과적인 절연이 될 수 있는가를 확인하고 설계 반영한다.

3.2 측정 및 결과분석

3.2.1. 토양 비저항 측정

1. 측정원리

가)전위법(4전극법)

본 측정법은 필요한 지면에 가까운 층의 비저항 측정 혹은 지하 광상의 존재를 비저항 변화에서 탐광하기 위한 지하 수십m의 비저항 측정 등에 사용하는

방법이다.

(1)기본원리

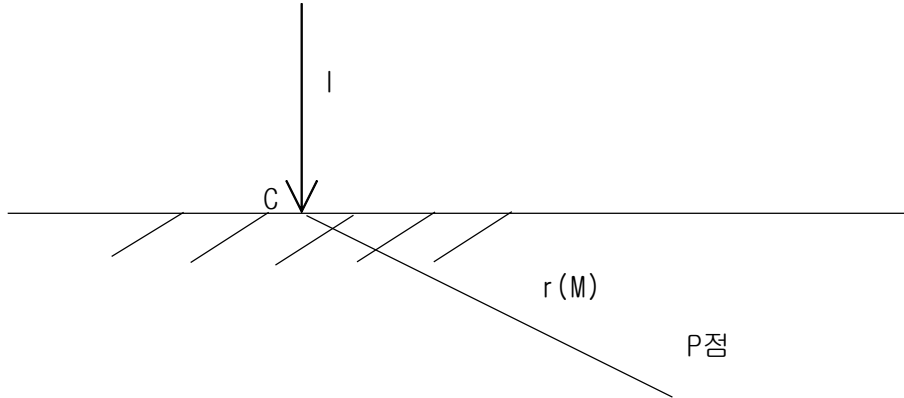


그림1 균일 지질에서 전류분포에 의한 전위

그림1에서 전류 I(Amp)를 흘릴때 C점에서 r(m) 떨어진 점 P에서의 전밀도는 $\frac{I}{2\pi r^2}$ (Amp/m²)이 된다. 그러므로 전류I에 의한 P점 에서의 전위V는 다음과 같이 표현된다.

$$V = - \int_{\infty}^r \rho \frac{I}{2\pi r^2} dr = \frac{\rho I}{2\pi R} \text{ (Volt)} \dots \dots \dots (1)$$

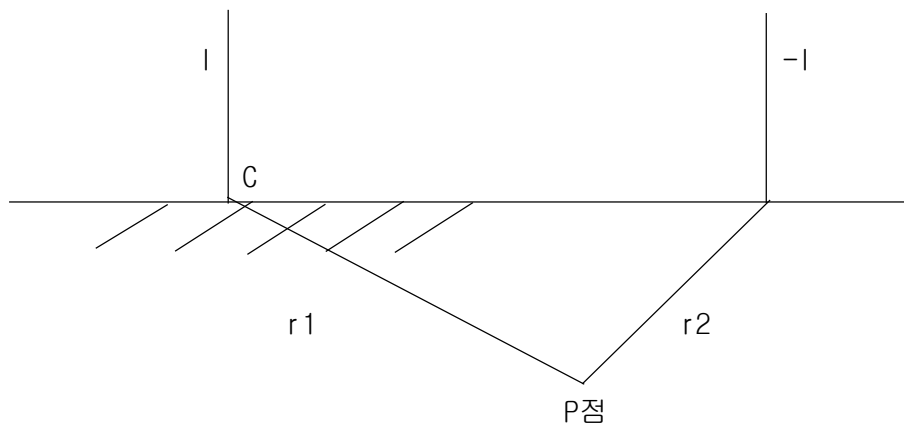


그림2 균일 지질에서 (+),(-) 전류에 의한 전위

다음 그림2에서 +1,-1에 의한 P점의 전위는 각각 다음과 같다

+1에 의한 전위 : $V_1 = \frac{\rho I}{2\pi r_1}$

-1에 의한 전위 : $V_2 = \frac{-\rho I}{2\pi r_2}$

그러므로 P점의 전위는

$V = V_1 + V_2 = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right] \dots \dots \dots (2)$

이 된다

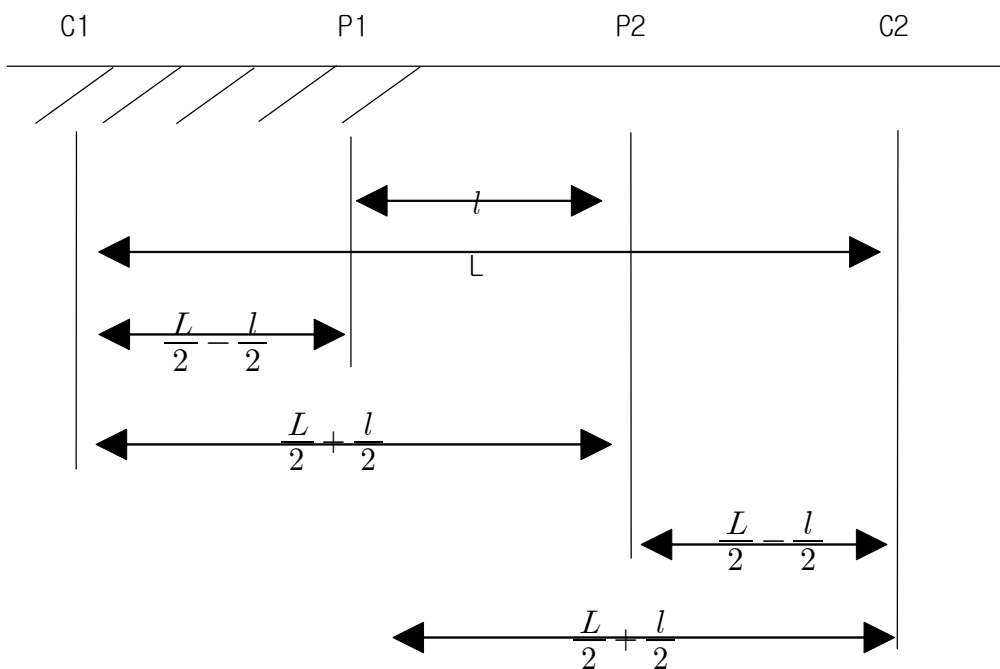


그림3 P1, P2점에서의 전위

따라서 그림3과 같은 구조에서 P1 점과 P2점의 전위를 구하면 식(2)에서

$V_{P1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{(L/2 - l/2)} - \frac{1}{(L/2 + L/2)} \right\} \dots \dots \dots (3-a)$

$V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{(L/2 + l/2)} - \frac{1}{(L/2 - l/2)} \right\} \dots \dots \dots (3-b)$

이 되며

점P1과 P2사이의 전위차 V_{P1-P2} 는

$V_{P1-P2} = V_{P1} - V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{2l}{(L/2 + l/2)(L/2 - l/2)} \right\}$

$$= \frac{\rho I}{2\pi} \cdot \frac{4l}{(L^2 - l^2)} \dots\dots\dots(4)$$

이 된다

따라서, 비저항 ρ 는 식(4)으로부터 다음과 같이 된다.

$$\rho = \frac{Vp1 - p2}{I} - \frac{(L^2 - l^2)\pi}{4l} \dots\dots\dots(5)$$

대지비저항 ρ 는 P1-P2의 대지 저항을 구함에 따라서 얻어진다.

3L=L 로 취한 전극배치를 WENNER 배치라 하며 접지 설계 등의 비저항 측정에는 이 배치가 사용되지만, ℓ 의 변화는 0.5~50m의 범위가 되므로 지표층(심도 약10m)의 비저항만이 측정가능하다

이배치에서 ℓ 을 최대한 길게 취하면 대지에 흐르는 전류분포가 넓어 wu , 심층에 영향이 생기기 때문에 지층 심부의 구조까지 해석 할 수가 있다.

ℓ 을 1m~수천m로 취하기 위해서는 대 전압이 필요하고, 연결선도 아주 길게 하여 AC를 쓰면 연결선간의 결합을 멀리하지 않음에 따라서 직류를 사용하지 않으면 안 되는 문제가 발생하게 된다 직류를 쓸 경우 정합 분극작용의 영향을 보상할 수가 있으며 수hZ 이하의 극 저주파를 쓸 필요가 있다

2)WENNER배치의 대지 비저항 측정회로

(가)Schlumberger배치는 심층부의 비저항을 측정할 수 있는 것으로서 이 비저항의 변화에서 지하광상의 탐광이든가 암반층의 심도측정 등 토질공학의 탐 광학에서 사용 되어 진다.

(나)여기서는 필요한 지표층 10M 정도를 측정하는 WENNER배치에 대해서 기술 한다

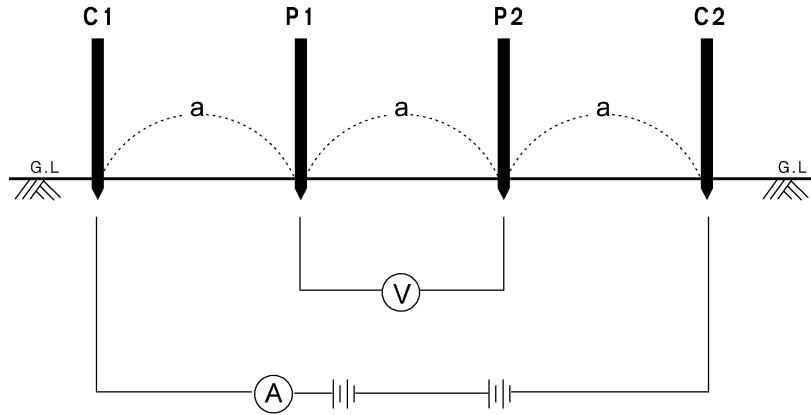


그림4. 전위법에 의한 대지 도전율 측정회로

(다)그림4 에 있어서 $e = \frac{L}{3} = a$ 로 취하면, 그림3의 배치가 되며 대지 비저항 측정기의 원리도 이다

(라)OSC의 발진전압은 승압되는 CT의 1차 권선을 통해서 지중에 교류 I(A)를 보낸다. 이때 대지의 저항 R에 의해서 P1 과 P2간에 생기는 전위차 $V=RI$ 가 되며, CT의 2차 측에는 I에 비례한 전류가 흐르며 가감저항기 RV의 길이가 ℓ 일때, 유도전압 V_e 는

$$V_e = K \cdot R_v \cdot I \cdot \frac{\ell}{L} \dots \dots \dots (6)$$

이 되며, V와 V_e 의 방향이 역으로 되도록 동기전동기 PY를 동작시킨다. 이때 RV를 가감하여 M_2 의 진동을 0으로 하면 $V=V_e$ 에서 R은

$$R = K \cdot R_v \cdot \frac{\ell}{L}$$

이 되어 $\frac{\ell}{L}$ 즉 e 의 위치로서 R을 측정 할 수가 있다.

(마)식(5)에서

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{VP1 - P2}{I} \cdot \frac{(L^2 - \ell^2)\pi}{4\pi} \\ &= \frac{R \{(3a)^2 - A^2\} \pi}{4a} = 2\pi a R \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

이 되며,
따라서 측정한 R과 a에서 ρ 가 구해진다.

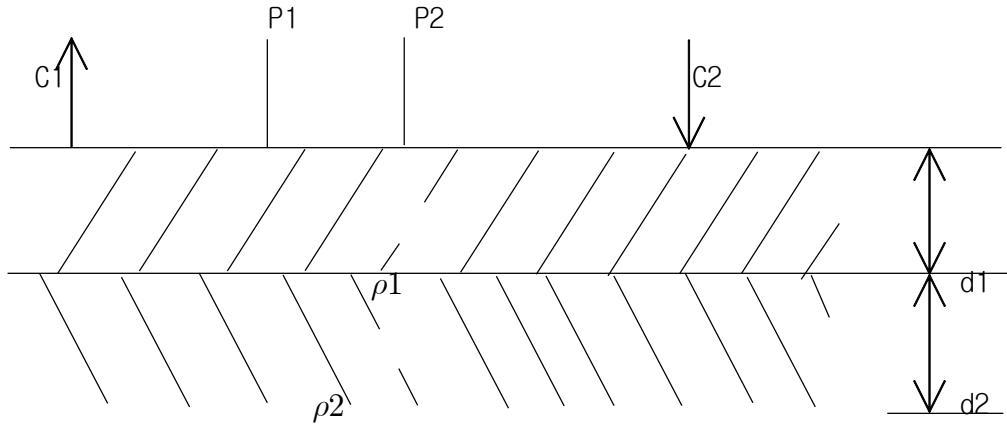


그림5. 지층이 2층 구조인 경우

(바)그림 5 와 같이 비저항 ρ_1, ρ_2 인 2층 구조로 된 지층인 경우에 점 ρ_1, ρ_2 사이의 전위차 V 는

$$V = \frac{\rho_1 I l}{2\pi a} \left[1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + 4n^2 (d_1/a)^2}} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + n^2 (d_1/a)^2}} \right] \dots (9)$$

이 된다

이식을 (6)식의 $R = VP_1 - P_2 / I$ 에 대입함으로서

$$\frac{\rho}{\rho_1} = \left[1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + 4n^2 (d_1/a)^2}} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + n^2 (d_1/a)^2}} \right] \dots \dots (10)$$

$$\text{단) } K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} = \frac{\rho_2/\rho_1 - 1}{\rho_2/\rho_1 + 1}$$

이 되며 K 의 여러값 ρ_2/ρ_1 에 대한 d_1/a 와 ρ/ρ_1 의 곡선을 얻을 수가 있다

(사)이렇게 얻은 곡선을 표준곡선이라 하며 그림7과 같다.

실제로 실측하여 얻은 ρ 와 이 표준 곡선으로부터 ρ_1, ρ_2, d 를 분석하여 대 지 도전율을 얻는다

(아)그림6(a)와 같은 3층 구조의 지층은 그림6(b)와 같이 등가 2층으로 볼수 있으며 이때 제1층의 깊이는 d1, 제2층의 깊이는d2-d1이 되며 등가 제1층의 깊이는 d2라 볼수가 있다.

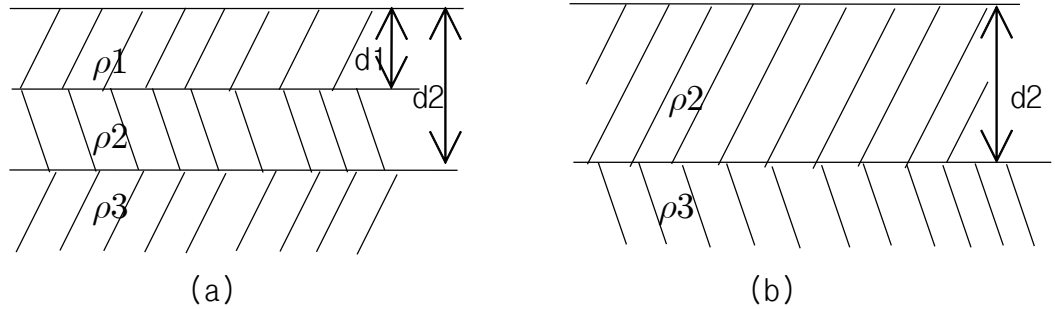


그림6 지층이 3층 구조인 경우

그러므로 등가 제1층의 등가 고유저항 ρ_2' 는 다음 식으로 표시 된다

$$\rho_2' = \frac{\rho_1 \rho_2 d_2}{\rho_1 (d_2 - d_1) + \rho_2 d_1} \dots\dots\dots(11-a)$$

또는

$$\frac{\rho_2'}{\rho'} = \frac{\rho_1/\rho_2 \cdot d_2/d_1}{\rho_2/\rho_1 + d_2/d_1 - 1} \dots\dots\dots(11-b)$$

이다

여러 ρ_2/ρ_1 값에 대하여 d_2/d_1 와 ρ_2'/ρ_1 의 관계를 도시한 곡선을 보조

곡선(Auxiliary Curve)이라 하며, 3층 이상의 지층에 대한 대지 도전율은 표준곡선과 보조곡선을 이용하여 구해진다.

2. 측정방법

1) 측정계기

- SPECIFIC EARTH RESISTANCE TESTER (토양비저항기YOKOGAWA NODEL NO.3244) : 1대
- 접지봉 : 4개
- 접지선 : 20m

2) 측정횟수

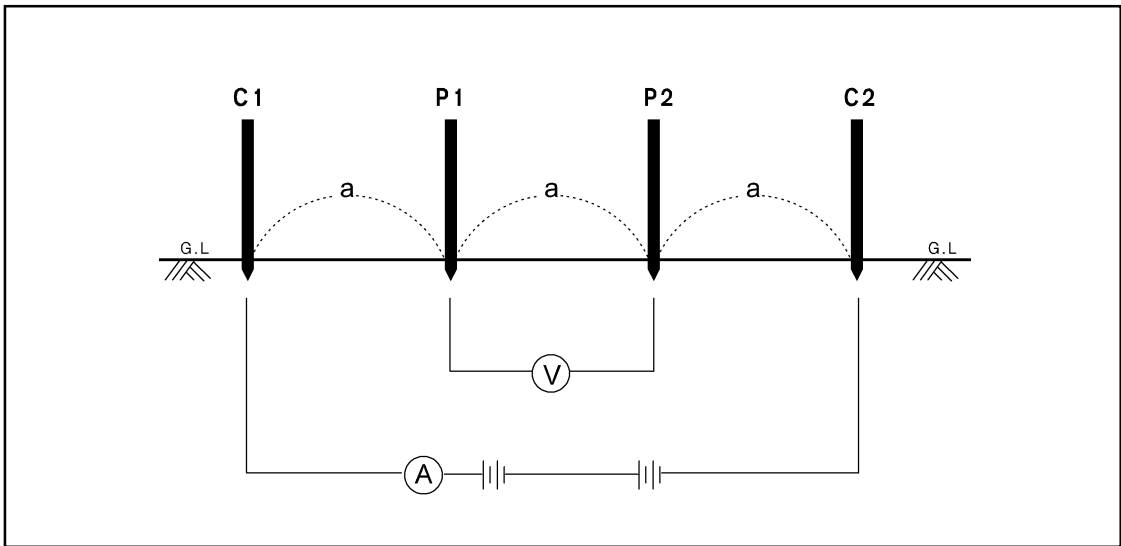
■ 1회/측정 1 개소 당(2.4, 3.2, 4.0, 4.8, 5.2m)

■ 비방식관로 600m당 1개소

3) 측정방법

(1) 측정원리

측정하고자하는 깊이의 평균저항을 가장 오차가 적게 측정할 수 있는WENER FOUR PIN METHOD로 측정하며, 사용계기는 토양 비 저항기를 사용한다.



C1과 C2사이에 흐르는 전류 I에 의해서 P1과 P2사이에 일어나는 전압강하 ΔV 를 측정하면서 $V=IR$ 에서 저항 R을 구하고 $\rho = 2\pi aR$ 에 의하여 토양 비 저항치를 구한다.

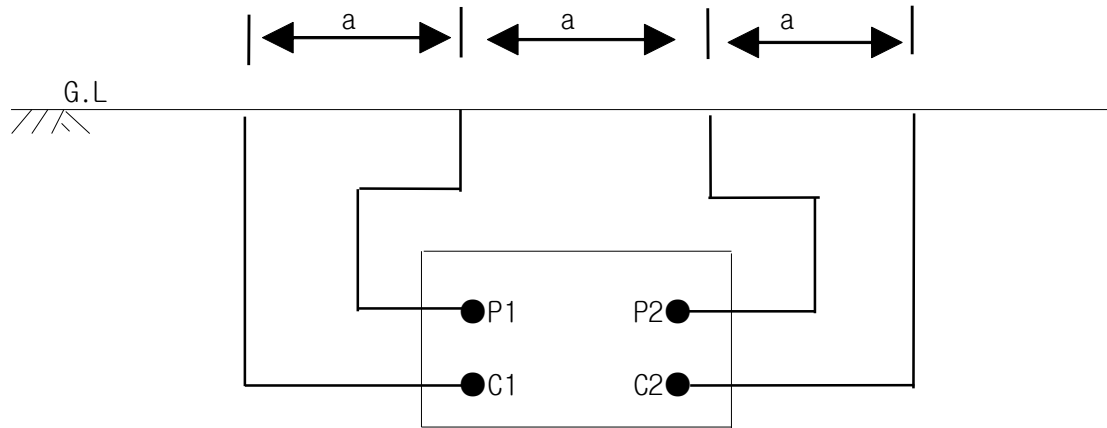
- ※ 정의 ΔV : P1 과 P2 사이에 일어나는 전압강하
- I : C1 과 C2 사이에 흐르는 전류
- R : P1 과 P2 사이의 저항
- ρ : 토양비저항
- a : PIN의 간격

(2) 측정방법

(가) a : 측정하고자 하는 깊이와 동일한 간격

(나) PIN의 깊이는 측정간격의 1/5보다 적어야하며 PIN의 직경은 1/25보다 적

어야 한다



- ① 측정하고자 하는 위치결정
- ② PIN을 정해진 간격으로 약 50cm 깊이 정도를 타설 한다.
- ③ 상기 그림과 같이 토양비저항기의 C1, C2 터미널과 양쪽 바깥의 핀을 전선으로 연결하고 P1, P2 터미널과 안쪽의 핀을 그림과 같이 연결한다.
- ④ 토양비저항기의 S/W를 ON 시키고 저항을 조정하여 GALVANOMETER의 지침이 “0” 이 되는 지점을 찾는다.
- ⑤ 그때의 “R” 을 읽는다.
- ⑥ ” R “ 값으로 $\rho = 2\pi \times a \times R$ 에 의해 비저항을 계산한다.

2. 측정결과

1) 측정결과

(1) 1구간(광암LINE)

(단위 : Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
1	8	12,063	5.2	10,445	3.2	8,042	2.6	7,841	1.86	6,077	8,893
2	33	49,762	23	46,244	10	25,132	12.5	37,699	11	35,939	38,955
3	10	15,079	6.8	13,672	4.7	11,812	3.4	10,254	2.9	9,475	12,058
4	8.75	13,194	5.9	11,862	4.2	10,555	2.8	8,444	2.2	7,187	12,660
	12.2	18,397	8.4	16,889	5.7	14,325	4.5	13,571	3.73	12,186	
5	8.5	12,817	6.1	12,264	4.5	11,309	3.21	9,681	3.2	10,455	13,927
	12.3	18,547	8.5	17,090	6.2	15,582	5.2	15,682	4.85	15,846	
6	5.8	8,746	3.6	7,238	2.1	5,277	1.6	4,825	1.24	4,051	5,649
	5	7,539	3.1	6,232	1.9	4,775	1.4	4,222	1.1	3,593	
8	4.9	7,389	2.9	5,830	2	5,026	1.5	4,523	1.37	4,476	5,448
9	5.7	8,595	3.8	7,640	2.5	6,283	1.8	5,428	2.06	6,730	6,935
10	5.6	8,444	3.5	7,037	2.7	6,785	1.9	5,730	1.66	5,423	10,864
	11.5	17,341	8	16,084	5.9	14,828	4.2	12,666	3.66	11,958	
	9.1	13,722	6.2	12,465	4.6	11,561	3.2	9,650	2.84	9,279	
평균값		15,116		13,642		10,806		10,729		10,191	12,821

(2) 2구간(상도LINE)

(단위: Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	
11	11.6	17,492	8.2	16,487	6.1	15,330	4.5	13,571	3.82	12,480	12,811
	9	13,571	5.9	11,862	4.3	10,807	3.2	9,650	2.1	6,861	
12	13.2	19,905	9.2	18,497	7.1	17,844	5.6	16,889	5.18	16,924	18,011
13	12	18,095	8.6	17,291	6.7	16,838	5.7	17,190	4.7	15,356	16,954
평균값		17,265		16,034		15,204		14,325		12,905	15,925

(3) 3구간(대방LINE)

(단위: Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	R(Ω)	2 π aR (Ω cm)	
14	6.3	9,500	4	8,042	3	7,539	2.1	6,333	1.42	4,639	7,325
	6.4	9,650	4.2	8,444	3.1	7,791	2	6,031	1.62	5,292	
15	6.2	9,349	4.3	8,645	3.2	8,042	1.9	5,730	1.35	4,410	6,631
	5.9	8,896	3.9	7,841	2.8	7,037	1.7	5,127	1.3	4,247	
	5.6	8,444	3.5	7,037	2.4	6,031	1.6	4,825	1.17	3,822	
16	9.9	14,928	7.3	14,677	5.4	13,571	4.1	12,365	3.76	12,284	12,321
	9.4	14,174	6.3	12,666	4.1	10,304	3.2	9,650	2.63	8,592	
17	6.2	9,349	4.1	8,243	2.9	7,288	1.7	5,127	1.6	5,227	7,476
	6.2	9,349	4	8,042	2.7	6,785	1.86	5,609	1.5	4,900	
	6.6	9,952	4.5	9,047	3.4	8,545	2.7	8,143	2	6,534	

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
18	4.5	6,785	2.5	5,026	1.7	4,272	1.2	3,619	0.89	2,907	5,700
	5.8	8,746	3.5	7,037	2.3	5,780	1.7	5,127	1.06	3,463	
	5.7	8,595	3.7	7,439	2.2	5,529	1.6	4,825	1.95	6,371	
19	7.8	11,762	5.2	10,455	3.6	9,047	2.6	7,841	1.87	6,109	10,296
	9	13,571	6.2	12,465	4.8	12,063	3.8	11,460	3.28	10,716	
	8	12,063	5.4	10,857	3.8	9,550	3	9,047	2.28	7,449	
20	7.7	11,611	5	10,053	3.7	9,299	2.8	8,444	1.78	5,815	8,930
	7.2	10,857	4.7	9,449	3.3	8,293	2.6	7,841	2.34	7,645	
21	4.6	6,936	2.9	5,830	2	5,026	1.6	4,825	0.92	3,005	5,430
	6.2	9,349	4.1	8,243	2.9	7,288	2.2	6,635	1.89	6,175	
	3.5	5,277	2	4,021	1.2	3,015	0.85	2,563	1	3,267	
22	13.8	20,809	9.7	19,503	7.2	18,095	5.5	16,587	4.73	15,454	18,089
23	19.6	29,556	14.3	28,751	11	27,646	9	27,143	9	29,405	17,008
	4	6,031	2.8	5,629	2	5,026	1.5	4,523	1.95	6,371	
24	4.2	6,333	2.9	5,830	2.2	5,529	1.4	4,222	0.99	3,234	5,534
	5	7,539	3.2	6,433	2.4	6,031	1.8	5,428	1.46	4,770	
25	5.2	7,841	3.4	6,836	2.5	6,283	1.7	5,127	1.36	4,443	5,618
	4.3	6,484	2.9	5,830	2.1	5,277	1.6	4,825	0.99	3,234	
26	2	3,015	1.3	2,613	0.7	1,759	0.5	1,507	0.52	1,698	3,373
	3.9	5,881	2.3	4,624	1.7	4,272	1.4	4,222	1.27	4,149	
27	5.4	8,143	3.5	7,037	2.7	6,785	2.1	6,333	1.91	6,240	6,423
	5.3	7,992	3.3	6,635	2.7	6,785	2	6,031	1.98	6,469	
	4.6	6,936	5.5	6,031	2.1	5,277	1.6	4,825	1.48	4,835	

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
28	6.2	9,349	4.4	8,846	3.4	8,545	2.5	7,539	2.66	8,690	10,327
	8.7	13,119	6.1	12,264	4.7	11,812	3.2	9,650	4.12	13,461	
29	7.2	10,857	4.7	9,449	3.5	8,796	2.7	8,143	2.44	7,972	9,043
30	7	10,555	4.7	9,449	3.4	8,545	2.8	8,444	2.52	8,233	8,289
	5.8	8,746	4	8,042	2.8	7,037	2.1	6,333	2.3	7,514	
평균값		9,956		8,877		8,041		7,159		6,816	8,169

(4) 4구간(청담LINE)

(단위: Ω cm)

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
31	6.8	10,254	4.7	9,449	3.7	9,299	2.8	8,444	2.38	7,776	11,152
	9.8	14,778	6.7	13,471	5	12,566	4	12,063	4.11	13,428	
32	12	18,095	8.5	17,090	6.5	16,336	5.2	15,682	5.2	16,989	16,838
33	8.7	13,119	6.3	12,666	4.8	12,063	3.8	11,460	3.37	11,010	14,096
	11.3	17,039	8.2	16,487	6.2	15,582	4.9	14,778	5.13	16,761	
34	5.8	8,746	3.9	7,841	3	7,539	2.1	6,333	2.21	7,220	11,554
	7.6	11,460	5.2	10,455	4	10,053	3.2	9,650	3.41	11,141	
	11.6	17,492	8.3	16,688	6.3	15,833	4.8	14,476	5.63	18,394	
35	10.5	15,833	7.2	14,476	5.6	14,074	4.6	13,873	4.08	13,330	11,681
	7.2	10,857	5.2	10,455	4	10,053	2.7	8,143	1.75	5,717	
36	5	7,539	3.2	6,433	2.4	6,031	1.9	5,730	1.81	5,913	6,329
37	6.5	9,801	4.5	9,047	3.3	8,293	2.6	7,841	2.44	7,972	8,590

구간 NO.	2.4m		3.2m		4.0m		4.8m		5.2m		평균값 (Ω cm)
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
38	4.9	7,389	3.3	6,635	2.5	6,283	1.7	5,127	1.44	4,704	6,027
평균값		12,492		11,630		11,077		10,276		10,796	11,254

3) 평가기준

대지 고유 저항율에 의한 부식성은 각 학자마다 약간의 차이가 있으므로 평균치를 이용 하여 부식성을 평가한다.

(단위 : Ωm)

NO	부식성정도	F.O Waters	L.M Applegate	V.A Pritula	E.R Shepard	Romanoff
5	극심	0 ~ 9	0 ~ 10	0 ~ 5	0 ~ 5	< 7
4	약간심함	9 ~ 23	10 ~ 50	5 ~ 10	5 ~ 10	7 ~ 20
3	중	23 ~ 50	50 ~ 100	10 ~ 20		20 ~ 50
2	소	50 ~ 100	100 ~ 1,000	20 ~ 100		50 ~ 100
1	거의없음	> 100	> 1,000	> 100		> 100

※ 일본 GAS협회, GAS도관 HAND BOOK P5. 1982년 TOKYO

※ 적용 : Romanoff

4) 대지 고유저항 측정에 대한 평가

측정된 깊이별 대지 고유 저항값의 산술 평균 값으로 평가한다.

(단위 : ΩCm)

NO	측정 구간	평균 대지 고유저항	부식성
1	1구간(광암LINE)	12,821	자연부식
2	2구간(상도LINE)	15,925	자연부식
3	3구간(대방LINE)	8,169	자연부식
4	4구간(청담LINE)	11,254	자연부식

5) 측정 결과 분석

토양비저항은 토양 속에 금속관로의 매개 질로서 그 값에 따라서 부식 진행 상태를 알 수가 있다

대지 토양 비저항 측정결과가 위 4)와 같이 나타났으며 구간별 측정평균값에 따라 분석하면 전체적으로 부식이 계속 진행 되고 있는 것으로 나타났고, 특히 3구간 (대방LINE)이 그중 심하게 일어나고 있는 것으로 판단 한다.

또한 토양 비저항 값은 방식설비의 소요전류 값을 산출 할 때에 직접관계가 있으므로 설계 시 적용한다.

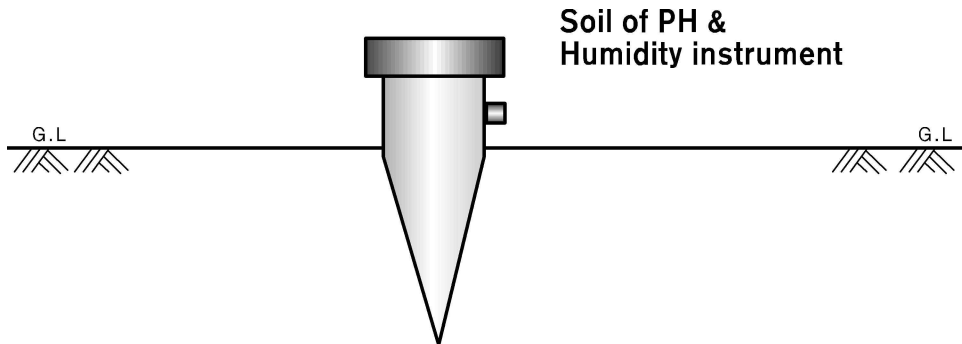
3.2.2. 토양의 산성도 측정

1. 측정방법

- 1) 측정계기 : PH Meter
- 2) 측정횟수 : 1회/1개소 당
- 3) 측정방법

직독식 토양 PH METER로 측정한다. (DEMETRA pat. 193478) PH는 “수소이온 농도의 역수의 대수”이며 수소이온농도는 금속의 전위에 영향을 주므로 두 개의 전위가 안정된 금속을 서로 전기적으로 연결하고 그 두 금속을 같은 토양에 매설할 경우 그 금속들 사이에는 전류가 흐르게 된다.

이러한 원리를 이용하여 PH를 알 수 있다.



(가) 측정하고자하는 위치의 토양을 30cm 굴토한 후 METER의 금속부분이 완전히 매몰되게 한다.

(나) 약 30초가 경과한 후에 PH를 판독하고 옆의 S/W 눌러서 습도를 측정한다

- ① PH가 4 ~9를 벗어 날 때는 측정지점을 옮겨서 다시 측정하고 또다시 4 ~9를 벗어날 때에만 그 값을 인정한다.
- ② 습도가 40%를 미달 할 때에도 측정지점을 옮겨서 다시 측정하고 같은 값이 나올 때에만 그 값을 인정한다.

2. 측정결과

1) 1구간 (광암LINE)

구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	비고
1	5	45	6	6	45	pH평균:5.6 습도평균:54%
2	6	50		5.5	40	
3	5.5	50	8	5	35	
4	5.5	40	9	5	40	
	6	55		6	45	
5	5.5	60	10	5.5	45	
	5.5	60		6	40	

2) 2구간 (상도LINE)

구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	비고
11	5.5	45	12	5	50	pH평균:5.3 습도평균:47%
	4.5	40	13	6	54	

3) 3구간 (대방LINE)

구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	구간 NO.	산성도(pH)	습도(%)	비고
14	5.5	50	17	6	40	
	5	50		5.5	45	
15	6	45		5	50	
	5.5	55	18	5	45	
	5	60		5.5	40	
16	4.5	65	19	5	50	
	5	45		4.5	55	

구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	비고
19	5	45	25	4.5	45	pH평균:5.3 습도평균:50%
	5.5	50		5	40	
20	6	60	26	5.5	45	
	6.5	55		6	50	
21	5	50	27	5.5	50	
	4.5	60		5	50	
	5	55		5.5	45	
22	5	50	28	5	40	
23	6	50		4.5	45	
	6.5	60	29	5	50	
24	5	50	30	5.5	55	
	5.5	55		6	50	

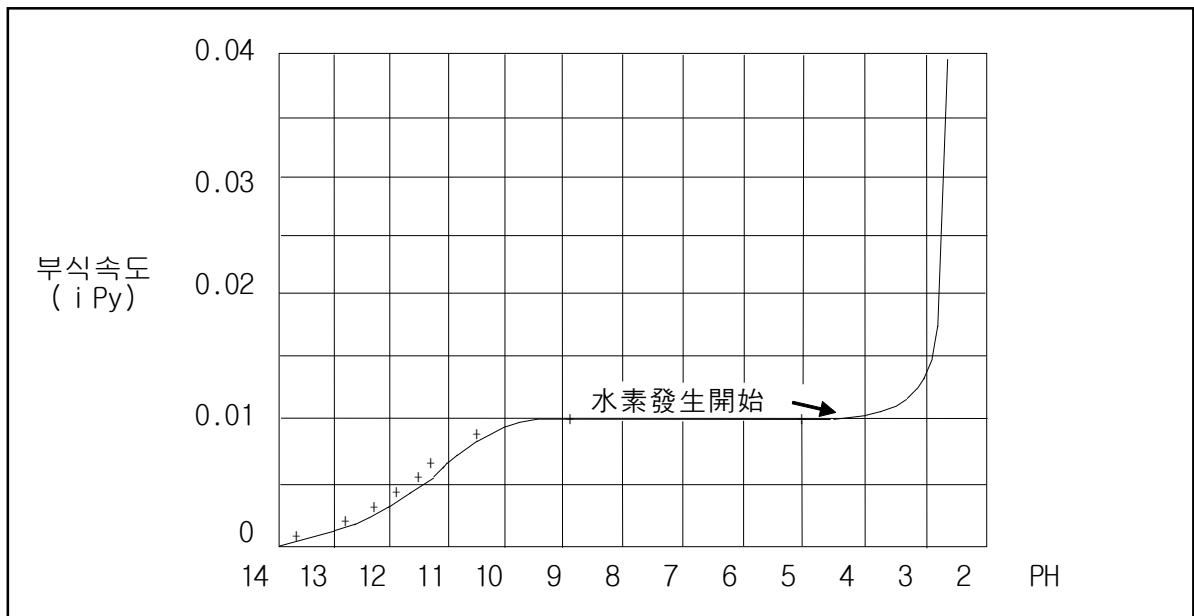
4) 4구간 (청담LINE)

구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	구간 NO.	산성도 (pH)	습도 (%)	비고
31	5	50	34	5.5	45	pH평균:5.4 습도평균:54%
	4.5	55	35	5.5	65	
32	5.5	50		6	55	
33	5.5	60	36	5.5	50	
	5	55	37	6	55	
34	6	45	38	5.5	60	
	5	50				

3. 측정분석

1) 평가기준

아래 일본 GAS도관 RAND BOOK P4. 1982년 TOKYO 도표에서 토양의 산성도가 부식에 미치는 영향은 PH4이하인 강산성인 경우 부식성이 급격히 증가하고, PH13 이상인 강 알칼리성인 경우 부식성이 거의 없는 상태가 된다.



2) 토양산성도 측정에 대한 평가

본 조사에서는 PH4.8 ~ 7.4 으로 일반적인 부식상태를 나타내는 지역으로 직접 부식에 미치는 영향은 거의 없음을 알 수가 있었으며 일반적인 토양부식 상태를 나타낼 것으로 예상된다.

측정 장소	산성도 (pH)	습도 (%)	평가	비고
1구간(광암LINE)	5.6	54	자연부식	
2구간(상도LINE)	5.3	47	자연부식	
3구간(대방LINE)	5.3	50	자연부식	
4구간(청담LINE)	5.4	54	자연부식	

3) 분석결과

PH4 이하인 강산성에서는 부식이 심하게 일어나지만 본 조사에서는 PH 가 직접 부식에 미치는 영향은 거의 없어 PH에 의한 토양부식은 우려하지 않아도 되며 PH에 의한 부식대책은 별도로 고려하지 않아도 된다.

3.2.3 관 대지전위 측정 (P/S)

1. 측정방법

1) 측정계기

- (1) 고 저항(내부저항이 $1M\Omega$ 이상) Recorder : 1대
- (2) 포화 유산동 표준기준전극(CU/CUSO₄) : 1개

2) 측정횟수 : 1회/1개소 당

3) 관 대지전위

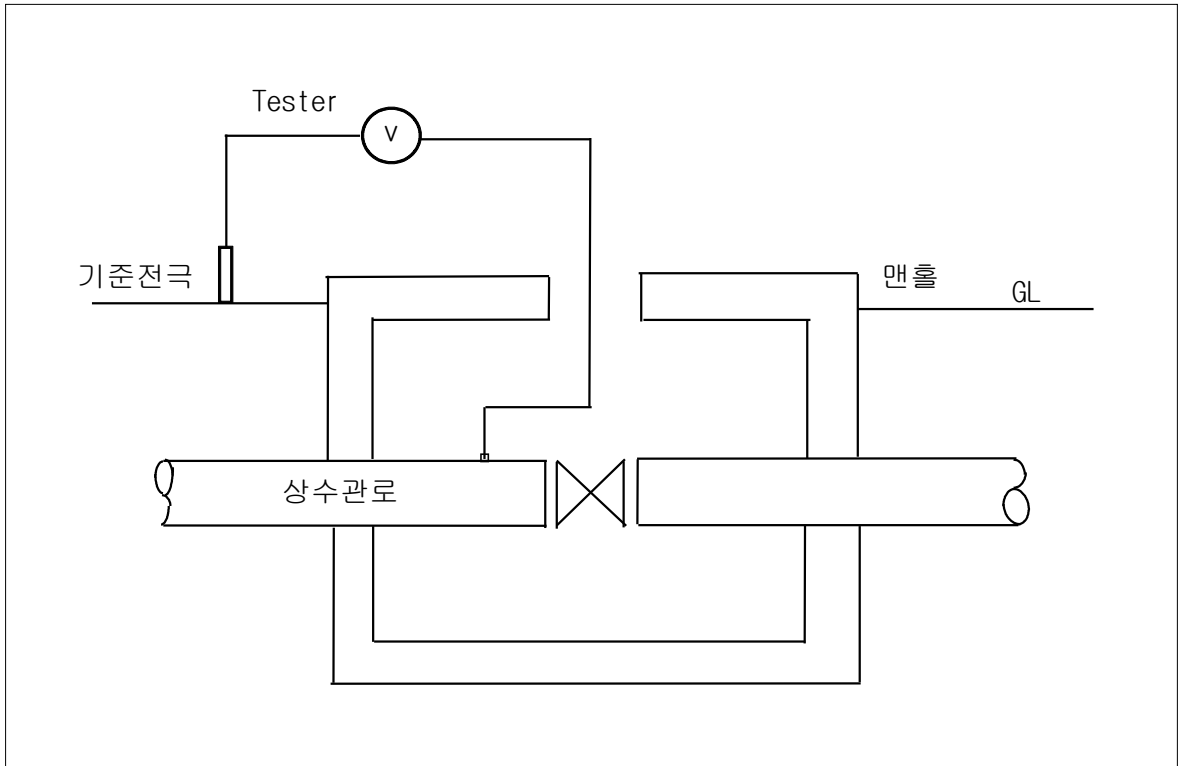
관 대지전위에는 자연전위와 방식전위의 2가지로 분류하고 있으며 그 내용은 다음과 같다.

- ㉠ 자연전위 : 방식 대상물에 방식전류(여기서는 누설전류)가 유입되지 않는 상태에서의 전위이다.
- ㉡ 방식전위 : 방식 대상물에 방식 전류를 통전 시켜 그 대상물이 전기 방식이 되는 상태에서의 전위이다.

※본조사결과 타관로(한국가스공사, 도시가스)는 방식시설이 되어있으나, 상수관로는 관로와 대지간 전위를 측정 한결과 방식전위를 유지하고 있지 않음을 알 수가 있었다.

4) 관 대지전위 측정

- (1) 비 방식 상수도 관로를 확인하고 밸브맨홀 내에서 비방식상수관에 측정 리드선을 직접 접속시켜 지상에서 전위측정이 용이 하도록 밸브맨홀 밖으로 인출 하였다.
- (2) 리드 케이블을 배관에 접속 할 때는 CAD WELDING으로 전기적 접속이 완전 하도록 하였으며, 접속부분에 절연 에폭시를 사용하였다.
- (3) 리드케이블은 임시로 CV-1C- 8mm²로 하였다.
- (4) 사용계기
전위 기록계(E.P.R)와 포화 유산동(CU/CUSO₄) 기준전극, 멀티테스터를 준비 하여 각 지역에서 측정 하였다.
- (5) 측정 개요도는 다음 그림과 같다.



지하매설 금속체 전위 측정 (P/S)개요도>

2. 측정결과

(1) 1구간(광암LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	P1-1	650 ~ 550	520 ~ 720	전위측정 최고:-100mV 최저:-720mV
2	삼전로타리 ~ 아시아선수촌@3동 앞	P2-1	480	500	
		P2-2	650		
3	아시아선수촌@3동 ~ 올림픽빌딩	P3-1	580	600	
4	공단삼거리 ~ 주공5단지 527동	P4-1	420	480	
		P4-2	480		
5	풍납현대@101동 건너 유수지 ~ 현대백화점	P5-1	500	500	
		P5-2	480		
		P5-3	520		
6	둔촌 사거리 ~ 길동 사거리	P6-1	500	580	
		P6-2	480		
		P6-3	600		
8	잠실대교 밑 ~ 잠실주공5단지 529동	P8-1	480	500	
		P8-2	500		
9	잠실주공5단지 529동 ~ 롯데월드	P9-1	520	520	
10	잠실 사거리 ~ 삼성교	P10-1	180	100	
		P10-2	380		
		P10-3	400		
		P10-4	420		

(2) 2구간(상도LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
11	한강대교 ~ 동작구청 삼거리	P11-1	650	570	전위측정 최고:-230mV 최저:-650mV
12	극락정사 ~ 노량진로	P12-1	500	450	
13	동작구청 삼거리 ~ 장승백이	P13-1	400	350	
		P13-2	230		

(3) 3구간(대방LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
14	한강 샛강 합류점 ~ 여의교 하류	P14-1	530	500	전위측정 최고:-150mV 최저:-750mV
		P14-2	430		
		P14-3	450		
15	여의교 하류 ~ 영등포 결핵원	P15-1	370	350	
		P15-2	500		
		P15-3	520		
		P15-4	350		
16	영등포 결핵원 ~ 목동교	P16-1	500	320	
		P16-2	650		
		P16-3	580		
		P16-4	300		
17	목동교 ~ 도림교	P17-1	650	620	
		P17-2	450		
		P17-3	500		
		P17-4	600		
18	안양천.도림천 합류점 ~ 안양교	P18-1	570	620	
		P18-2	600		
		P18-3	580		
		P18-4	650		
		P18-5	620		
		P18-6	600		
19	당산역 사거리 ~ 영등포 정수장	P19-1	450	480	
		P19-2	520		
20	당산역 사거리 ~ 문래동 흙 플러스	P20-1	480	300	
		P20-2	320		
		P20-3	200		
		P20-4	460		

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
21	주)한국하이스별관 ~ 동양공전	P21-1	360	550	전위측정 최고:-150mV 최저:-750mV
		P21-2	420		
		P21-3	450		
		P21-4	380		
		P21-5	430		
23	당산중학교 ~ 영등포 로타리	P23-1	480	660	
		P23-2	500		
		P23-3	630		
24	동작세무서 ~ 대방삼거리	P24-1	550	580	
		P24-2	360		
		P24-3	550		
25	대방삼거리 ~ 영등포 로타리	P25-1	600	460	
		P25-2	560		
		P25-3	600		
26	영등포 로타리 ~ 당산동 한국화학시험소	P26-1	550	650	
		P26-2	380		
		P26-3	540		
27	영등포 로타리 ~ 지하철 7호선 신풍역	P27-1	580	550	
		P27-2	750		
		P27-3	600		
		P27-4	600		
28	지하철 7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	P28-1	450	300	
		P28-2	200 ~ 550		
		P28-3	150 ~ 200		
		P28-4	600		
29	가리봉5거리 ~ 구로동길 입구	P29-1	600	500	
30	대방삼거리 ~ 동작구청 삼거리	P30-1	420	620	

(4) 4구간(청담LINE)

(단위:mV)

구간NO.	위 치	측정위치 (도면NO)	주간전위 (-mV)	야간전위 (-mV)	비 고
31	배수지 ~ 종합전시장 사거리	P31-1	450	480	전위측정 최고:-350mV 최저:-670mV
32	종합전시장 사거리 ~ 삼성역 사거리	P32-1	500	520	
		P32-2	550		
33	삼성역 사거리 ~ 테헤란로 가스 충전소	P33-1	450	500	
		P33-2	480		
		P33-3	520		
34	종합전시장 사거리 ~ 차병원 사거리	P34-1	380	440	
		P34-2	440		
		P34-3	550		
		P34-4	670		
		P34-5	380		
35	배수지 ~ 영동대교	P35-1	500	400	
		P35-2	400		
		P35-3	350		
36	영동대교 ~ 청담동 한양3차@ 71동	P36-1	550	560	
		P36-2	550		
37	배수지 ~ 경기고 사거리	P37-1	460	480	
38	경기고 사거리 ~ 영동대교	P38-1	430	450	
		P38-2	520		

3. 측정분석

1) 평가기준

지하매설 금속관의 토양과의 부식방지 전위는 포화황산동 기준전극으로 아래표 에서 국내법규(상자부 고시 제1993-42호), NACE (STANDARD RP0169-92) 기준하여 -850mV 이하 적용하며, 본 조사지역 지하매설 금속관은 강관이 주류이며 과방식 한계는 NACE (STANDARD RP0169-92) 기준하여 -2,500mV 이하를 적용 한다.

(1)상수도 배관(전위를 이용한 부식 평가 기준)

ASTM(미국)		OTH(영국)	
전위(mV,CSE)	부식의 확률	전위(mV,CSE)	부식의 확률
-200mV에서(+)	90%이상 부식 없음	-200mV에서(+)	5%이하
-200 ~ -350mV	불확정	-200 ~ -350mV	50%
-350mV에서 (-)	90%이상 부식 있음	-350mV에서 (-)	95%이상

※ 적용 : ASTM (미국)

2) 관 대지전위 측정에 대한 평가

※본 조사결과 일반토양에서의 자연전위인 -300mV ~ -750mV 내에 있어 상당한 자연 부식이 진행되고 있을 것으로 판단이 되며, 자연부식은 전 구간에 걸쳐 일어나고 있는 것으로 나타났다. 또한 일부 구간에서 자연전위값이 높게 측정되었는데 이는 여러 가지 원인(토양,간섭등)이 있을 수 있으나 코팅 효율이 저하되었기 때문으로 사료됨. 방식전위가 -850mV 이하가 되도록 할 필요 가 있다고 본다 .

측 정 구 간	관 경(mm)	측정 개소		측정 결과 (mV)	평 가
		주간	야간		
1구간(광암LINE)	900 ~ 1,200	19	9	-100 ~ -720	자연부식
2구간(상도LINE)	700 ~ 1,000	4	3	-230 ~ -650	자연부식
3구간(대방LINE)	1,000 ~ 1,650	54	16	-150 ~ -750	자연부식
4구간(청담LINE)	700 ~ 1,000	19	8	-350 ~ -670	자연부식

3.2.4. ANODE BED 예정지의 조사

1. 조사방법

- 1) 토양중에 설치한 양극과 피 방식 매설관 사이에 직류전원장치(정류기)를 전선으로 연결하고 양극으로부터 토양을 경유하여 매설관에 방식전류를 유입시켜 부식을 방지하는 방법이다.
- 2) 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하매설물이 없는 곳으로서 정류기용량(방식전류량)을 선정하기 위하여 양극설치 위치깊이의 토양비저항을 측정 한다.

2. 측정방법

1) 측정계기

- SPECIFIC EARTH RESISTANCE TESTER (토양비저항기 YOKOGAWA NODEL NO.3244) : 1대
- 접지봉 : 20개
- 접지선 : 200m

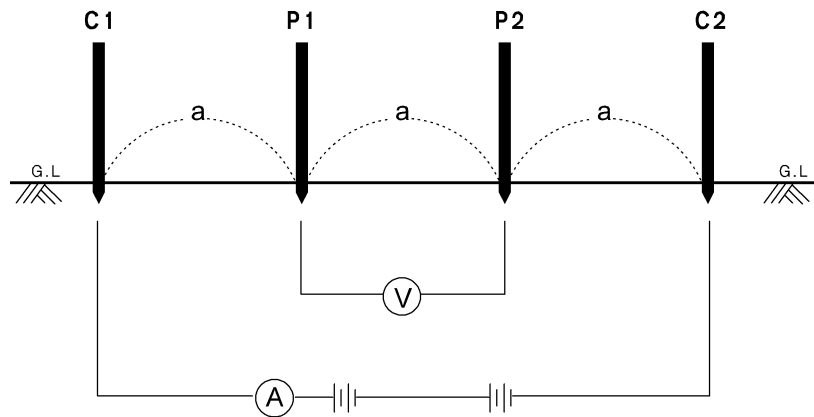
2) 측정횟수

- 1회/측정 1 개소 당(15M에서 60M 까지 토양비저항 측정)
- 본과업 수행조사 대상관로 가 통전 시험 예정지당 1개소

3) 측정방법

(1) 측정원리

측정하고자하는 깊이의 평균저항을 가장 오차가 적게 측정할 수 있는 WENER FOUR PIN METHOD로 측정하며, 사용계기는 토양 비 저항기를 사용한다.



C1과 C2사이에 흐르는 전류 I에 의해서 P1과 P2사이에 일어나는 전압강하 ΔV 를 측정하면서 $V=IR$ 에서 저항 R을 구하고 $\rho = 2\pi aR$ 에 의하여 토양비저항치를 구한다.

측정깊이 : 15M, 20M, 25M, 30M, 35M, 40M, 45M, 50M, 55M, 60M깊이

※ 정의 ΔV : P1 과 P2 사이에 일어나는 전압강하

I : C1 과 C2 사이에 흐르는 전류

R : P1 과 P2 사이의 저항

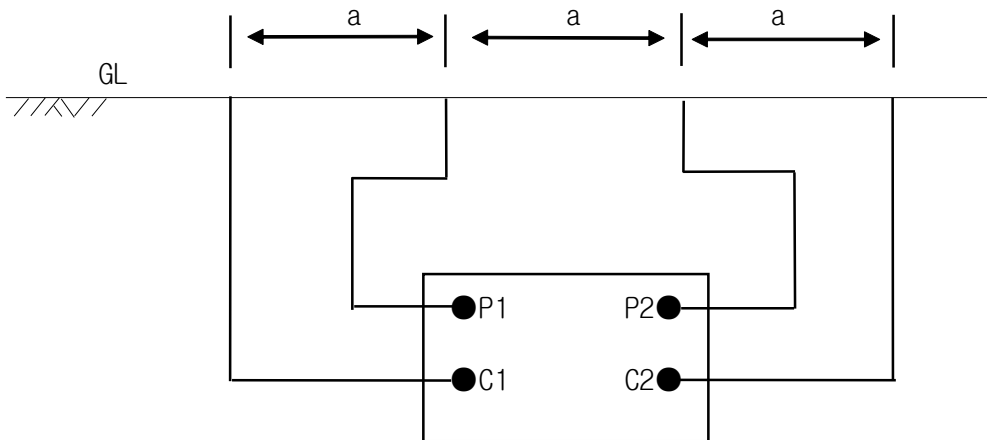
ρ : 토양비저항

a : PIN의 간격

(2) 측정방법

(가) a : 측정하고자 하는 깊이와 동일한 간격

(나) PIN의 깊이는 측정간격의 1/5보다 적어야하며 PIN의 직경은 1/25보다 적어야한다



- ① 측정하고자 하는 위치결정
- ② PIN을 정해진 간격으로 약 50cm 깊이 정도를 타설 한다.
- ③ 상기 그림과 같이 토양비저항기의 C1, C2 터미널과 양쪽 바깥의 핀을 전선으로 연결하고 P1, P2 터미널과 안쪽의 핀을 그림과 같이 연결한다.
- ④ 토양비저항기의 S/W를 ON 시키고 저항을 조정하여 GALVANOMETER의 지침이 “0” 이 되는 지점을 찾는다.
- ⑤ 그때의 “R” 을 읽는다.
- ⑥ ” R “ 값으로 $\rho = 2\pi \times a \times R$ 에 의해 비저항을 계산한다.

3. 측정결과

1) 측정결과

(1) 1구간(광암LINE)

(단위 : Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)	R(Ω)	2πaR (Ω cm)		
1	A-1	0.34	3,204	0.4	5,026	0.5	7,853	0.56	10,555	0.6	13,194	15,889
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.8	25,132	0.8	27,646	0.8	30,159	
2	A-2	0.34	3,204	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	17,268
		0.7	17,592	0.7	19,792	0.8	25,132	0.9	31,101	1	37,699	
3	A-3	0.36	3,392	0.4	5,026	0.48	7,539	0.58	10,932	0.62	13,634	18,311
		0.68	17,090	0.75	21,205	0.9	28,274	1	34,557	1.1	41,469	
4	A-4	0.51	4,806	0.43	5,403	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,667
		0.64	16,084	0.8	22,619	0.86	27,017	0.95	32,829	0.98	36,945	
5	A-5	0.4	3,769	0.36	4,523	0.44	6,911	0.47	8,859	0.5	10,995	13,659
		0.54	13,571	0.52	14,702	0.7	21,991	0.72	24,881	0.7	26,389	
6	A-6	0.33	3,110	0.29	3,644	0.4	6,283	0.42	7,916	0.4	8,796	11,303
		0.37	9,299	0.45	12,723	0.57	17,907	0.6	20,734	0.6	22,619	
8	A-8	0.31	2,921	0.38	4,775	0.44	6,911	0.48	9,047	0.51	11,215	14,601
		0.54	13,571	0.54	15,268	0.78	24,504	0.8	27,646	0.8	30,159	
10	A-10-1	0.5	4,712	0.32	4,021	0.44	6,911	0.48	9,047	0.52	11,435	14,124
		0.53	13,320	0.52	14,702	0.74	23,247	0.74	25,572	0.75	28,274	
	A-10-2	0.4	3,769	0.28	3,518	0.38	5,969	0.4	7,539	0.41	9,016	11,306
		0.37	9,299	0.45	12,723	0.58	18,221	0.59	20,388	0.6	22,619	

(2) 2구간(상도LINE)

(단위: Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)		
11	A-11	0.71	6,691	0.72	9,047	0.7	10,995	0.78	14,702	0.8	17,592	20,218
		0.78	19,603	0.9	25,446	0.9	28,274	0.93	32,138	1	37,699	
12	A-12	0.37	3,487	0.72	9,047	0.74	11,623	0.78	14,702	0.8	17,592	24,023
		0.82	20,608	0.96	27,143	1	31,415	1.5	51,836	1.4	52,778	
13	A-13	0.63	5,937	0.7	8,796	0.68	10,681	0.78	14,702	0.75	16,493	22,637
		0.8	20,106	0.86	24,315	1	31,415	1.3	44,924	1.3	49,008	

(3) 3구간(대방LINE)

(단위: Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)		
14	A-14	0.25	2,356	0.2	2,513	0.28	4,398	0.32	6,031	0.47	10,335	15,710
		0.5	12,566	0.65	18,378	0.9	28,274	1	34,557	1	37,699	
15	A-15-1	0.18	1,696	0.24	3,015	0.23	3,612	0.3	5,654	0.3	6,597	11,309
		0.3	7,539	0.45	12,723	0.69	21,676	0.7	24,190	0.7	26,389	
	A-15-2	0.36	3,392	0.25	3,141	0.3	4,712	0.3	5,654	0.35	7,696	13,816
		0.6	15,079	0.7	19,792	0.72	22,619	0.75	25,918	0.7	30,159	
16	A-16	0.3	2,827	0.3	3,769	0.3	4,712	0.4	7,539	0.7	15,393	14,919
		0.68	17,090	0.7	19,792	0.7	21,991	0.75	25,918	0.7	30,159	

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω m)	R(Ω)	2π aR (Ω m)	R(Ω)	2π aR (Ω m)	R(Ω)	2π aR (Ω m)		
17	A-17-1	0.38	3,581	0.25	3,141	0.28	4,398	0.35	6,597	0.3	6,597	12,091
		0.4	10,053	0.55	15,550	0.65	20,420	0.7	24,190	0.7	26,389	
	A-17-2	0.32	3,015	0.25	3,141	0.28	4,398	0.35	6,597	0.29	6,377	11,928
		0.39	9,801	0.54	15,268	0.64	20,106	0.7	24,190	0.7	26,389	
18	A-18-1	0.34	3,204	0.25	3,141	0.3	4,712	0.3	5,654	0.34	7,476	13,106
		0.6	15,079	0.7	19,792	0.72	22,619	0.72	24,881	0.65	24,504	
	A-18-2	0.4	3,769	0.3	3,769	0.3	4,712	0.4	7,539	0.7	15,393	14,636
		0.67	16,838	0.7	19,792	0.72	22,619	0.75	25,918	0.69	26,012	
19	A-19-1	0.37	3,487	0.25	3,141	0.28	4,398	0.31	5,843	0.29	6,377	11,774
		0.39	9,801	0.52	14,702	0.64	20,106	0.68	23,499	0.7	26,389	
	A-19-2	0.34	3,204	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	16,483
		0.65	16,336	0.65	18,378	0.75	23,561	0.85	29,373	0.95	35,814	
20	A-20	0.21	1,979	0.25	3,141	0.28	4,398	0.35	6,597	0.29	6,377	12,559
		0.5	12,566	0.6	16,964	0.64	20,106	0.74	25,572	0.74	27,897	
21	A-21-1	0.34	3,204	0.3	3,769	0.35	5,497	0.45	8,482	0.6	13,194	14,142
		0.67	16,838	0.65	18,378	0.72	22,619	0.7	24,190	0.67	25,258	
	A-21-2	0.67	6,314	0.72	9,047	0.7	10,995	0.78	14,702	0.8	17,592	21,192
		0.78	19,603	1	28,274	1	31,415	1.05	36,285	1	37,699	
23	A-23	0.29	2,733	0.3	3,769	0.34	5,340	0.45	8,482	0.7	15,393	15,066
		0.68	17,090	0.7	19,792	0.7	21,991	0.75	25,918	0.7	30,159	

구분 구간 NO.		15m		20m		25m		30m		35m		평균값
		40m		45m		50m		55m		60m		
		R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	
24	A-24	0.46	4,335	0.43	5,403	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,897
		0.7	17,592	0.8	22,619	0.89	28,274	0.95	32,829	0.98	36,945	
25	A-25	0.4	3,769	0.4	5,026	0.48	7,539	0.58	10,932	0.7	15,393	19,185
		0.68	17,090	0.75	21,205	0.9	31,415	1.1	38,013	1.1	41,469	
26	A-26	0.34	3,204	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	16,954
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.8	25,132	0.9	31,101	0.95	35,814	
27	A-27-1	0.68	6,408	0.7	8,796	0.68	10,681	0.78	14,702	0.75	16,493	22,684
		0.8	20,106	0.86	24,315	1	31,415	1.3	44,924	1.3	49,008	
	A-27-2	0.51	4,806	0.43	5,403	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,893
		0.73	18,346	0.8	22,619	0.86	27,017	0.95	32,829	0.98	36,945	
28	A-28-1	0.26	2,450	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	17,272
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.87	27,331	0.95	32,829	0.95	35,814	
	A-28-2	0.13	1,225	0.24	3,015	0.23	3,612	0.2	3,769	0.2	4,398	9,031
		0.2	5,026	0.25	7,068	0.6	18,849	0.6	20,734	0.6	22,619	
29	A-29	0.53	4,995	0.45	5,654	0.46	7,225	0.56	10,555	0.6	13,194	17,711
		0.64	16,084	0.8	22,619	0.86	27,017	0.95	32,829	0.98	36,945	
30	A-30	0.27	2,544	0.4	5,026	0.52	8,168	0.59	11,121	0.65	14,294	17,353
		0.65	16,336	0.71	20,074	0.87	27,331	0.95	32,829	0.95	35,814	

(4) 4구간(청담LINE)

(단위 : Ω cm)

구분 구간 NO.	15m		20m		25m		30m		35m		평균값	
	40m		45m		50m		55m		60m			
	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)	R(Ω)	2π aR (Ω cm)		
31	A-31	0.38	3,581	0.3	3,769	0.35	5,497	0.45	8,482	0.58	12,754	13,819
		0.6	15,079	0.6	16,964	0.72	22,619	0.7	24,190	0.67	25,258	
32	A-32	0.35	3,298	0.37	4,649	0.35	5,497	0.5	9,424	0.6	13,194	14,519
		0.67	16,838	0.68	19,226	0.74	23,247	0.7	24,190	0.68	25,635	
34	A-34-1	0.18	1,696	0.24	3,015	0.23	3,612	0.3	5,654	0.3	6,597	10,837
		0.3	7,539	0.45	12,723	0.54	16,964	0.7	24,190	0.7	26,389	
	A-34-2	0.21	1,979	0.3	3,769	0.35	5,497	0.45	8,482	0.7	15,393	14,837
		0.75	18,849	0.75	21,205	0.72	22,619	0.7	24,190	0.7	26,389	
35	A-35	0.2	1,884	0.25	3,141	0.3	4,712	0.3	5,654	0.5	10,995	13,644
		0.6	15,079	0.7	19,792	0.72	22,619	0.72	24,881	0.7	27,689	
36	A-36	0.28	2,638	0.25	3,141	0.28	4,398	0.3	5,654	0.29	6,377	11,767
		0.39	9,801	0.53	14,985	0.64	20,106	0.7	24,190	0.7	26,389	
37	A-37	0.2	1,884	0.24	3,015	0.23	3,612	0.28	5,277	0.3	6,597	10,206
		0.3	7,539	0.45	12,723	0.52	16,336	0.65	22,462	0.6	22,619	
38	A-38	0.48	4,523	0.38	4,775	0.52	8,168	0.58	10,932	0.65	14,294	16,238
		0.65	16,336	0.7	19,792	0.7	21,991	0.8	27,646	0.99	33,929	

2) DEEP WELL 토양 비저항의 평균값

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	$2\pi aR(\Omega \text{ Cm})$	설계반영 DEEP WELL 깊이	비 고
1	A-1	15,889	45m	
2	A-2	17,268	45m	
3	A-3	18,311	40m	
4	A-4	17,667	40m	
5	A-5	13,659	45m	
6	A-6	11,303	45m	
8	A-8	14,601	45m	
10	A-10-1	14,124	45m	
	A-10-2	11,306	45m	
11	A-11	20,218	40m	
12	A-12	24,023	35m	
13	A-13	22,637	35m	
14	A-14	15,710	45m	
15	A-15-1	11,309	45m	
	A-15-2	13,816	45m	
16	A-16	14,919	45m	
17	A-17	12,091	45m	
	A-17-1	11,928	45m	
18	A-18-1	13,106	45m	
	A-18-2	14,636	45m	
19	A-21	11,774	45m	
20	A-20	16,483	45m	
21	A-21-1	12,559	45m	
	A-21-2	14,142	40m	
23	A-23	21,192	45m	
24	A-24	17,897	40m	
25	A-25	19,185	40m	

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	$2\pi aR(\Omega Cm)$	설계반영 DEEP WELL 깊이	비 고
26	A-26	16,954	45m	
27	A-27-1	22,684	35m	
	A-27-1	17,893	40m	
28	A-28-1	17,272	45m	
	A-28-2	9,031	45m	
29	A-29	17,711	40m	
30	A-30	17,353	40m	
31	A-31	13,819	45m	
32	A-32	14,519	45m	
34	A-34-1	10,837	45m	
	A-34-2	14,837	40m	
35	A-35	13,644	45m	
36	A-36	11,767	45m	
37	A-37	10,206	45m	
38	A-38	16,238	45m	

3) 대지고유저항 측정에 대한 평가

위 측정 결과에서 보는 바와 같이 토양비저항의 평균값은 일반적인 토양의 비저항값을 나타내었으나 45m 이하 부터는 20,000[ohm-cm] 이상으로 측정된바 전기방식 설계 시 DEEP WELL 깊이를 45m 이하로 설계하는 것이 바람직하다고 사료됨 .

3.2.5. 가동전 시험

1. 측정계기

- 직류고감도전압계 : 1 대
- 고감도전위기록계(E,P,R-2P) : 1대
- 기준전극(CU/CUSO₄) : 1대
- 케이블, 리드선
- 이동용발전기 : 1대
- 시험용 이동 정류기(AC220V DC60V/30A) : 1SET

2. 측정횟수

- 측정1개소당 1회

3. 측정방법

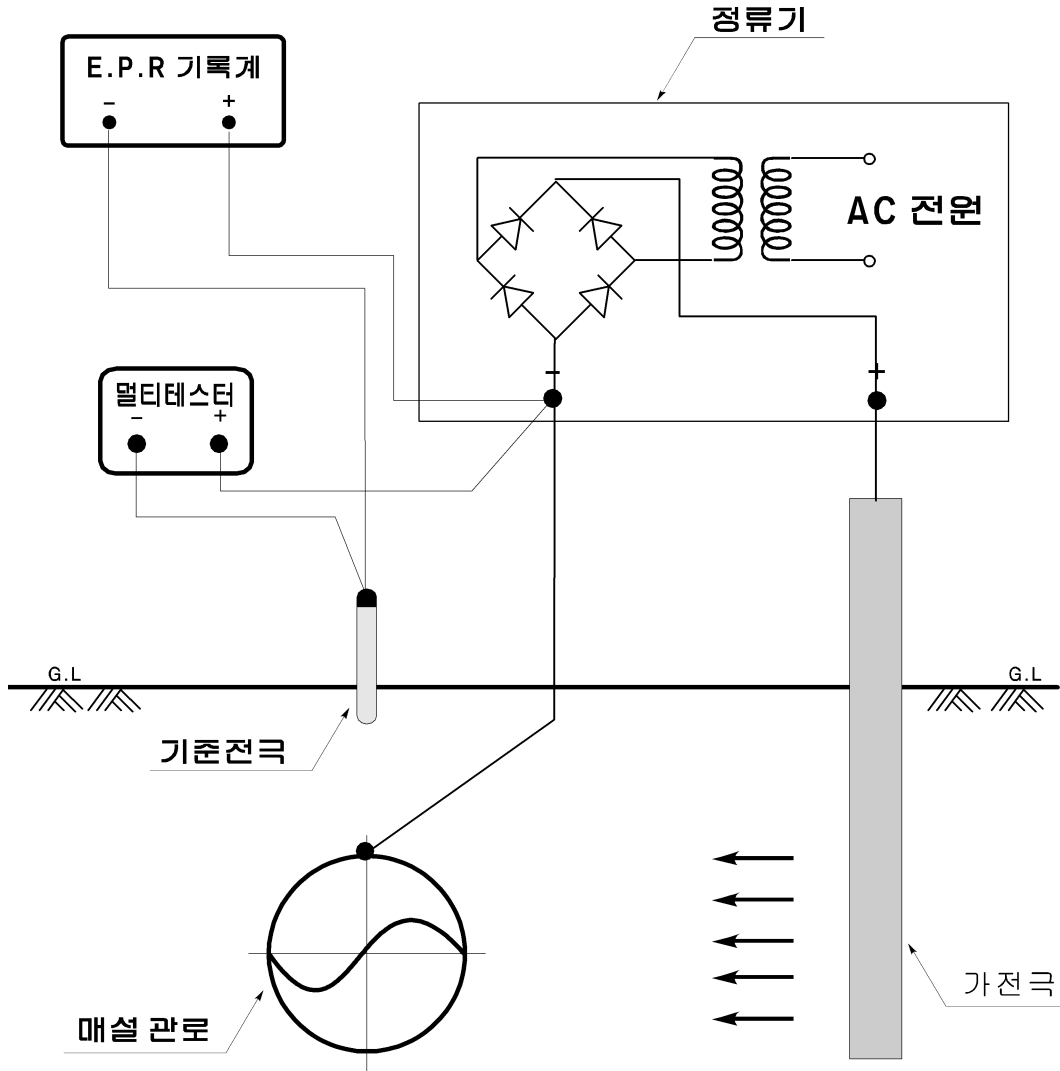
1) 측정원리

토양 비저항 값과 상수관의 방식 면적에 의해 해당 상수도관에 필요한 ANODE 수량이 산출되는 근거에 의해 해당 상수관로를 구분하여 구분된 관로 길이 내에서 실제 정류기에 의해 방식전류를 흘려 상수관로의 전위가 요구하는 방식전위(-850mv이하)가 되는지를 확인한다.

방식전류는 1개 ANODE BED 위치에서 DC 30A가 넘지 않도록 하며 현지여건이 과업지시서와 상이하여(지질 또는 주변 여건에 의해 영향 받을 경우) 방식전위가 되지 못할시에는 방식전위가 나 올수 있도록 ANODE BED 수량을 증가 변경시킨다.

2) 측정방법

ANODE BED위치에 시험용 정류기를 설치하고 -케이블은 상수관로에 CAD WELLDING하여 전기적으로 완전하게 접속하고, +케이블은 접지가 된 타금속체(금속체가 없을시는 접지봉 접지극사용)를 양극으로 하여 시험 측정한다.



< 가통전 시험 개요도 >

4. 가 통전 시험에 대한 평가

가) 가 통전 시험 목적

본과업의 비방식 상수도 관로는 서울 시내 도심지내 배수관으로서 방대하고 매설년도가 오래되어 관로 또는 관로주변에 굴토작업(건물건축을 위한 굴토, 타 관로의 매설, 지하철 건설 토지복개공사 등)에 의해 이러한 위치개소에는 매설 당시 이후 지하의 주위 환경이 많이 변경 되었을 것으로 본다.

이러한 사항을 감안하여 방식 설계에 기초가 되기 위하여 아래의 목적을 갖고 가 통전 시험을 실시하였다.

- 1) 상수도 관로 중간에 신축관 설치 또는 보수에 의한 절연구간 생성 등에 대한 판단
 - ANODE BED에서 방출된 방식전류는 토양매체를 통하여 상수관로에 유입이 되고 정류기에 되돌아 올때 귀로도체가 되어야 하나 상수관로 중간에 전기적으로 절연이 될 시에는 방식 전류를 멀리 보낼 수가 없게 된다.
- 2) 타 매설물의 접촉 또는 접근에 의한 방식 면적의 증가 여부 판단
 - 지하 매설 타 금속 체와 접촉이 될시 방식 면적이 커지게 되어 방식 효과가 떨어지게 된다.
- 3) 지역적 방식의 용이성 판단
 - 토양 비저항 측정을 토대로 설계계산에 의해 관로 수용 ANODE BED수를 결정하고 가 통전 시험에 의해 방식 효과에 유리한 위치를 선정키 위한 ANODE BED간 거리 안배를 한다.

나) 가 통전시험 결과

1) 1구간(광암LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
1	A-1			-2,500	-520			20V 1A
2	A-2	-500	-500	-6,800	-650			60V 7A
3	A-3			-2,500	-530			12V 0.5A
4	A-4	-500	-500	-7,300	-420	-480	-480	56V 20A
5	A-5	-500	-500	-8,200	-480	-520	-520	42V 20A
6	A-6	-500	-500	-7,800	-480	-600	-600	54V 20A
8	A-8			-7,200	-450	-500	-500	58V 20A
10	A-10-1	-200	-200	-8,400	-380	-400	-400	40V 20A
	A-10-2	-380	-380	-8,500	-400	-420	-420	38V 20A

2) 2구간(상도LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
11	A-11			-2,500	-650			14V 2A
12	A-12			-2,500	-500			20V 3A
13	A-13			-2,850	-400	-1,150	-230	20V 10A

3) 3구간(대방LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
14	A-14	-530	-530	-7,800	-430	-450	-450	50V 20A
15	A-15-1	-1,650	-620	-8,600	-500	-1,450	-500	58V 20A
	A-15-2	-1,250	-500	-8,400	-520	-350	-350	54V 20A
16	A-16	-620	-480	-8,500	-640	-380	-330	16V 20A
17	A-17-1	-580	-580	-8,000	-460	-650	-650	30V 20A
	A-17-2	-530	-530	-8,600	-520	-550	-550	32V 20A
18	A-18-1	-570	-570	-8,400	-600	-580	-580	58V 20A
	A-18-2	-650	-650	-7,800	-620	-600	-600	60V 20A
19	A-19			-2,000	-480	-500	-500	60V 13A
20	A-20	-500	-500	-6,500	-320	-600	-560	60V 15A
21	A-21-1	-560	-560	-8,200	-480	-450	-450	48V 20A
	A-21-2	-620	-620	-5,800	-520	-750	-750	60V 13A
23	A-23	-480	-480	-8,400	-500	-620	-620	30V 20A
24	A-24	-500	-500	-8,000	-500	-520	-520	60V 17A
25	A-25	-600	-600	-6,800	-650	-600	-600	60V 7A
26	A-26	-270	-270	-8,000	-500	-630	-630	60V 17A
27	A-27-1	-400	-400	-7,400	-750	-1,100	-700	56V 20A
	A-27-2	-750	-750	-8,200	-600	-600	-600	48V 20A
28	A-28-1	-450	-450	-8,500	-500	-200	-200	40V 20A
	A-28-2	-500	-500	-6,200	-200	-600	-600	60V 14A
29	A-29			-3,200	-350			10V 3A
30	A-30			-2,500	-420			20V 4A

4) 4구간(청담LINE)

구간 NO.	측정위치 (도면NO.)	배관 전단		ANODE BED 점		배관 후단		정류기 정격 (DC V A)
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
31	A-31			-2,500	-450			30V 6A
32	A-32	-550	-530	-4,800	-800	-550	-500	60V 11A
34	A-34-1	-380	-380	-8,250	-440	-550	-550	40V 20A
	A-34-2	-550	-550	-8,600	-670	-380	-380	30V 20A
35	A-35	-1,200	-500	-5,200	-400	-1,350	350	60V 13A
36	A-36			-6,400	-550	-550	-550	38V 20A
37	A-37			-2,500	-550			8V 3A
38	A-38			-6,800	-450	-850	-550	40V 20A

다)가 통전시험 평가

1) 1구간 (광양LINE)

(1) 가 통점 (9개소)

A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-8, A-10-1, A-10-2 9개소

(2) 가 통전시험 방법

①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.

②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

(가) 구간 NO.1, 3은 변실 개소가 1개소 뿐이라 각각의 변실에서 가 통전을 실시 하였다. 소요전류가 각각 1A, 0.5A 일때 -2,500mV의 방식 전위를 나타냈으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 각 구간의 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 한다고 사료됨.

(나) 또한 나머지 구간은 평균 20A의 전류를 흘렸으나 BED점에서는 과방식이 일어나고 배관 전.후단 에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기되는 공급관이 절연이 되지 않아 방식면적이 증가되는 것이 큰 원인으로 판단이 되며 다량의 접지봉 설치와 주변의 철 구조물을 양극으로 하여 매설금속의

깊이가 낮아 관로를 따라 멀리 까지 전류방출이 되기에는 역부족인 것으로 본다. 그러므로 각 구간의 소요전류는 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 한다고 사료됨.

(4)결 론

- ①본 관로는 설계계산상 9개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정하여 위에서와 같이 가 통전을 실시하였고 ANODE BED위치로 선정을 한다.
- ②가 통전 결과 본 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식 면적이 증가하여 충분한 방식전위를 얻기에는 역부족으로 판단이 되었다.
- ③관로절연을 하고 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

2) 2구간 (상도LINE)

(1) 가통점 (3개소)

A-11, A-12, A-13 3개소

(2) 가 통전시험 방법

- ①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.
- ②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

- (가) 구간 NO.11은 관로 연장이 1,467M중에 지하철 공사로 인하여 약 767M가 복공판 아래에 노출 되어있다. 그로 인해 변실 개소가 1개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시 하였다. 시험전류가 2A일 때 -2,500mV의 방식 전위를 나타 내었으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 전 구간의 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 하고 지하철 공사로 인해 노출된 구간의 관로는 희생 양극식으로 설계하는 것이 효율적이라고 판단됨.
- (나) 구간 NO.12은 변실 개소가 1개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시 하였다. 소요전류가 3A 일때 -2,500mV의 방식 전위를 나타냈으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 각 구간의 소요 전류로 보기 힘들다.

그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 한다고 사료됨.

(다) 구간 NO.13은 10A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 2,450mV가 분극이 되었고 배관 후단에서는 920mV가 분극 되어 방식 전위를 얻을 수 있었다.

그러므로 NO.13구간은 가 통전 시험 결과인 10A를 설계에 반영한다.

(4)결 론

- ①본 관로는 설계계산상 3개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정하여 위에서와 같이 가 통전을 실시하였고 ANODE BED위치로 선정을 한다.
- ②각 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식 면적이 증가하기 때문에 경제적이고 안정적인 전기방식을 하기 위해서는 분기관의 절연이 이루어져야 한다.
- ③DEEP WELL의 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

3) 3구간 (대방LINE)

(1) 가 통점 (22개소)

A-14, A-15-1, A-15-2, A-16, A-17-1, A-17-2, A-18-1, A-18-2, A-19, A-20,
A-21-1, A-21-2, A-23, A-24, A-25, A-26, A-27-1, A-27-2, A-28-1, A-28-2,
A-29, A-30 22개소

(2) 가 통전시험 방법

- ①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.
- ②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

(가) 구간 NO.A-15-1은 20A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 -8,600mV로 과방식이 되었으나 배관 전.후단에서는 1,030mV, 950mV가 분극 되어 방식전위를 얻을 수 있었다.

그러므로 본 구간은 DEEP WELL의 절연 깊이를 15M 이상으로 하고 가 통전 시험

결과인 20A를 설계에 반영한다.

(나) 구간 NO.A-15-2은 20A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 -8,400mV로 과방식이 되었고 배관 전단에서는 750mV가 분극 되어 방식전위를 얻을 수 있었으나 배관 후단에서는 전위변화가 없었다.

그러므로 본 구간은 DEEP WELL의 절연 깊이를 15M 이상으로 하고 각 분기되는 관로와 절연을 하고 가 통전 시험 결과인 20A를 설계에 반영한다.

(다) 구간 NO.19은 관로 연장이 2,273M중에 지하철 공사로 인하여 약 1,200M가 복공판 아래에 노출 되어있다. 그로 인해 변실 개소가 2개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시하였다. 시험전류 13A을 통전 시켰으나 BED점에서는 -2,000mV의 방식 전위를 나타내었으나 배관 후단에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기관의 절연이 되어있지 않고 지하철 공사로 인한 노출부가 있어 전류가 누설되는 것으로 사료됨. 그러므로 본 구간은 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 하고 지하철 공사로 인해 노출된 구간의 관로는 희생 양극식으로 설계하는 것이 효율적이라고 판단됨.

(라) 구간 NO.30은 관로 연장이 1,296M중에 지하철 공사로 인하여 약 600M가 복공판 아래에 노출 되어있다. 그로 인해 변실 개소가 1개소 뿐이라 변실 1개소에서 가 통전 시험을 실시하였다. 시험전류가 4A일 때 -2,500mV의 방식 전위를 나타내었으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 전 구간의 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 하고 지하철 공사로 인해 노출된 구간의 관로는 희생 양극식으로 설계하는 것이 효율적이라고 판단됨.

(마) 또한 나머지 구간은 평균 20A의 전류를 흘렸으나 BED점에서는 과방식이 일어나고 배관 전.후단 에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기되는 공급관이 절연이 되지 않아 방식면적이 증가되는 것이 큰 원인으로 판단이 되며 다량의 접지봉 설치와 주변의 철 구조물을 양극으로 하여 매설금속의 깊이가 낮아 관로를 따라 멀리 까지 전류방출이 되기에는 역부족인 것으로 본다. 그러므로 각 구간의 소요전류는 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 한다고 사료됨.

(4)결 론

- ①본 관로는 설계계산상 22개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터 전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정하여 위에서와 같이 가 통전을 실시하였고 ANODE BED위치로 선정을 한다.

- ②가 통전 결과 본 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식 면적이 증가하여 충분한 방식전위를 얻기에는 역부족으로 판단이 되었다.
- ③관로절연을 하고 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.
- ④구간 NO.19, 30은 현재 지하철 공사로 인해 노출된 배관은 희생 양극식으로 설계 하는 것이 경제적인 면에서 효율적이라고 판단됨.

4) 4구간 (청담LINE)

(1) 가 통점 (8개소)

A-31, A-32, A-34-1, A-34-2, A-35, A-36, A-37, A-38 8개소

(2) 가 통전 시험 방법

- ①도면에 의해 각 구간에 가운데 변실에서 가 통전 위치로 하여 1개 변실을 기준하여 가 통전을(전류방출 ON - OFF) 실시하여 양쪽의 변실 에서 관대지간의 전위를 측정 하여 관 전위변화를 측정토록 하였다.
- ②가 통전 양극은 접지봉을 설치하며 주변의 지하 매설된 금속체를 최대한 이용하여 요구되는 방식 전류 값을 얻도록 노력 하였다.

(3) 가 통전 시험

(가) 구간 NO.31, 37은 변실 개소가 1개소 뿐이라 각각의 변실에서 가 통전을 실시하였다. 소요전류가 각각 6A, 3A 일때 -2,500mV의 방식 전위를 나타냈으나 이는 BED점에서의 전위이기 때문에 각 구간의 전체 소요 전류로 보기 힘들다. 그러므로 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 설계하여야 한다고 사료됨.

(나) 구간 NO.35은 13A의 전류를 흘려 시험 하였다.

BED점에서는 -5,200mV로 과방식이 되었으나 배관 전.후단에서는 700mV, 1,000mV가 분극 되어 방식전위를 얻을 수 있었다.

그러므로 본 구간은 DEEP WELL의 절연 깊이를 15M 이상으로 하고 가 통전 시험 결과인 13A를 설계에 반영한다.

(다) 또한 나머지 구간은 평균 20A의 전류를 흘렸으나 BED점에서는 과방식이 일어나고 배관 전.후단 에서는 전위 변화가 없었다.

이는 분기되는 공급관이 절연이 되지 않아 방식면적이 증가되는 것이 큰 원인으로 판단이 되며 다량의 접지봉 설치와 주변의 철 구조물을 양극으로 하여 매설금속의 깊이가 낮아 관로를 따라 멀리 까지 전류방출이 되기에는 역부족인 것으로 본다.

그러므로 각 구간의 소요전류는 이론적 설계에 의해 소요 전류를 구하여 한다고
사료됨.

(4)결 론

- ①본 관로는 설계계산상 8개소의 ANODE BED 위치가 적당하며 위치는 외부로부터
전원공급이 용이하고 지하에 타 매설물이 없는 곳으로 선정한다.
- ②가 통전 결과 본 관로 구간에는 분기관들이 절연이 되어있지 않아 관로의 방식
면적이 증가하여 충분한 방식전위를 얻기에는 역부족으로 판단이 되었다.
- ③관로절연을 하고 상부 절연 깊이를 15M이상으로 하면 BED점의 과방식을 막고 충분
한 방식 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

3.2.6. 부식속도 측정

3.2.7. 상수도 주변 타 매설물 파악 및 대관업무

1. 조사내용

- 1) 1구간 (광암 LINE)
ANODE BED설치위치는 9개소이다.
- 2) 2구간 (상도LINE)
ANODE BED설치위치는 3개소이다.
- 3) 3구간 (대방 LINE)
ANODE BED설치위치는 22개소이다.
- 4) 4구간 (청담 LINE))
ANODE BED설치위치는 8개소이다.

2. 조사 결과

구간 NO.	위 치	주 소	소 유 주	바 고
1	A-1			
2	A-2			
3	A-3			
4	A-4			
5	A-5			
6	A-6			
8	A-8			
10	A-10-1			
	A-10-2			
11	A-11			
12	A-12			
13	A-13			
14	A-14			
15	A-15-1			
	A-15-2			

구간 NO	위 치	주 소	소 유 주	바 고
16	A-16			
17	A-17-1			
	A-17-2			
18	A-18-1			
	A-18-2			
19	A-19			
20	A-20			
21	A-21-1			
	A-21-2			
22	A-22			
23	A-23			
24	A-24			
25	A-25			
26	A-26			
27	A-27-1			
	A-27-2			
28	A-28-1			
	A-28-2			
29	A-29			
30	A-30			
31	A-31			
32	A-32			
34	A-34-1			
	A-34-2			
35	A-35			
36	A-36			
37	A-37			

3.2.8. 간섭 영향 조사

주.야간 전위 측정 결과 본 과업 구간에는 거의 간섭 영향이 없는 것으로 조사 되었 으며 구간 NO.1, 28에서 지하철로 인한 간섭 영향이 미미하게 있으나 추후 본 구간에 전기방식 설치를 하면 충분히 해소 될 수 있는 것으로 판단됨.

구간 NO.	위 치	주간전위	야간전위	간섭
		- mV	- mV	
1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	650~550	520~720	200mV
28	지하철7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	200~500	300	300mV

3.2.9. 절연보강 위치 조사

본과업의 비방식 관로는 배수관으로서 가지관(공급관)을 절연 하여 비방식 면적을 한정 시켜야 한다.

1) 절연플랜지(Insulation flange)

절연 후렌지는 절연저항은 BOLT TO FLANGE 저항이 10,000(ohm)이상이어야 하며, 플랜지 사이에 절연 가스켓을 삽입하고 볼트와 너트를 사용하여 고정을 시킨 형태이며. 볼트와 너트 사이에도 절연을 위하여 절연물을 삽입토록 되어 있다.

절연플랜지는 두 배관을 전기적으로 손쉽게 절연시킬 수 있어 많이 사용된다.

전기적 절연을 시켜주기 위해서는 가스켓과 볼트와 너트에 삽입한 절연물이 완전해야 하며 절연물중의 하나가 기계적인 파손이 있을 수 있으며 이는 전기적으로 절연을 파괴 하기도 하기 때문에 주의가 요구되며, 더구나 현장에서는 절연물 중 하나가 물 혹은 토양에 노출되어 절연이 약화될 수도 있어 필히 변실에서 실시한다.

2) 위치 조사

후렌지 절연보강 위치로는 각 구간의 송수관로에서 분기되는 강관에 대하여 관로 도면을 참고하여 변실의 위치를 현장조사 하였고, 분기되는 강관에 대하여 절연 볼트 스템과 절연와샤를 삽입하는 절연 설계를 반영 하였다.

3) 관 절연저항 측정

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	위 치	절연관	비 고
1	R-1	대치동 현대주택문화관 ~ 영동교	φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-2		φ 900/ φ 400(분기)	절연설계반영
	R-3		φ 900/ φ 600(분기)	절연설계반영
2	R-4	삼전로타리~아시아선수촌@3동	φ 900/ φ 2200(연결)	절연설계반영
3	R-5	아시아선수촌@3동~올림픽빌딩	φ 900/ φ 400(분기)	절연설계반영
4	R-6	공단 삼거리 ~ 주공5단지 527동	φ 1,000/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-7		φ 1,000/ φ 400(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 1,000/ φ 1,500(연결)	절연설계반영
	R-9		φ 1,000/ φ 300(분기)	절연설계반영
5	R-10	풍납현대@101동 ~ 현대 백화점	φ 800/ φ 2,200(연결)	절연설계반영
	R-11		φ 800/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 800/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 800/ φ 350(분기)	절연설계반영
	R-2		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-3		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-4		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
6	R-5	둔촌 사거리 ~ 길동 사거리	φ 1,200/ φ 2,200(분기)	절연설계반영
	R-6		φ 1,200/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-7		φ 1,200/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 1,200/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-9		φ 1,200/ φ 1,000(분기)	절연설계반영
10	R-10	잠실 사거리 ~ 삼성교	φ 900/ φ 700(분기)	절연설계반영
	R-11		φ 900/ φ 900(연결)	절연설계반영
	R-12		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 900/ φ 100(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 900/ φ 700(분기)	절연설계반영
12	R-13	극락정사~노량진로	φ 800/ φ 500(분기)	절연설계반영

구간 NO.	측정위치 (도면NO)	위 치	절연관	비 고
14	R-1	한강샐강 합류점 ~	φ 1,650/ φ 800(분기)	절연설계반영
	R-2	여의교 하류	φ 1,650/ φ 1,650(분기)	절연설계반영
15	R-3	여의교 하류~영등포 결핵원	φ 1,650/ φ 500(분기)	절연설계반영
16	R-4	영등포 결핵원 ~ 목동교	φ 1,500/ φ 700(분기)	절연설계반영
	R-5		φ 1,500/ φ 800(분기)	절연설계반영
18	R-6	안양천.도림천 합류점 ~ 안양교	φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-7		φ 900/ φ 900(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 900/ φ 800(분기)	절연설계반영
19	R-9	당산역 사거리 ~ 영등포 정수장	φ 900/ φ 150(분기)	절연설계반영
	R-10		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-11		φ 900/ φ 1,000(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 900/ φ 300(분기)	절연설계반영
21	R-13	경인로~동양공전	φ 700/ φ 200(분기)	절연설계반영
25	R-2	대방 삼거리 ~ 영등포 로타리	φ 700/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-3		φ 700/ φ 600(분기)	절연설계반영
27	R-4	영등포 로타리 ~ 지하철7호선 신풍역	φ 800/ φ 200(분기)	절연설계반영
	R-5		φ 800/ φ 600(분기)	절연설계반영
	R-6		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
28	R-7	지하철7호선 신풍역 ~ 구로공단 제일은행	φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-8		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-9		φ 800/ φ 700(분기)	절연설계반영
	R-10		φ 800/ φ 600(분기)	절연설계반영
	R-11		φ 800/ φ 300(분기)	절연설계반영
	R-12		φ 800/ φ 800(연결)	절연설계반영
34	R-13	종합전시장~차병원사거리	φ 900/ φ 800(분기)	절연설계반영
36	R-12	영동대교~ 청담동한양3차@ 71동	φ 700/ φ 500(분기)	절연설계반영
	R-13		φ 700/ φ 200(분기)	절연설계반영

3.2.10. 신내동 배류기 조사

1. 배류기 현황

- 배류기 사양 : 선택 배류기
- 배류기 정격 : DC 60V 100A
- 측정함 개소 : 1개소

2. 측정기기

- 직류고감도전압계 : 1 대
- 고감도전위기록계(E,P,R-2P) :1대
- 기준전극(CU/CUSO₄) : 1대
- 케이블, 리드선

3. 측정횟수

- 측정1개소 당 1회

4. 측정방법

1) 배류기 상태 점검

- 배류기 2차측 단선여부 확인
- 배류기 내부 점검 - SCR 및 다이오드, 내부소자 확인

2) 측정함

- 주.야간 전위 측정
- 배류기 ON - OFF 전위 측정

5. 측정 결과

1) 배류기 상태 점검

배류기의 상태는 양호함. 그러나 전류가 배류되지 않고 있음.

2) 주.야간 전위 측정

NO.	주간전위(mV)	야간전위(mV)	비고
1	-2,900 ~ 1,000	-950	

3) 배류기 ON - OFF 전위 측정

NO.	배류기 ON(mV)	배류기 OFF(mV)	비고
1	-2,900 ~ 1,000	-2,900 ~ 1,000	

6. 결 론

- 1) 현재 신내동 선택 배류기는 배류기 자체의 상태는 양호하나 전압이 50V 가까이 유입이 되어도 전혀 전류가 배류되지 않고 있는 상황임.
- 2) 야간에는 전위가 -950mV로 안정되게 방식이 되고 있으나 주간에는 지하철의 누설전류로 인하여 약 3,900mV의 간섭 영향이 발생 전식이 많이 우려되는 상황임.
- 3) 위 원인은 당초 배류점 선정이 잘 못 되어 유입되는 전류를 배류 시키지 못 하는 것으로 판단되므로 빠른 시일 안에 배류점 위치 선정을 조사하여 함.

3.2.11. 종합분석 의견

1. 측정결과 의견

가) 대지 토양 비저항 측정결과 구간별 측정평균값에 따라 분석하면 전체적으로 부식이 계속 진행 되고 있는 것으로 보며, 또한 pH 및 습도 측정 결과 일반적인 자연부식이 일어나고 있는 것으로 판단된다.

나) 관대지간 전위를 측정결과 자연전위인 $-100\text{mV} \sim -750\text{mV}$ 내에 있어 상당한 자연 부식이 진행되고 있는 것으로 판단이 되며, 자연부식은 전 구간에 걸쳐 일어나고 있는 것으로 나타났다.

방식이 되기 위하여는 방식전위가 -850mV 이하가 되도록 할 필요 가 있다.

또한 지하철 전식 영향은 본 과업에서 시행한 상수관과 대지간의 측정 결과상 구간과 야간을 비교 하여 전위 변화가 없는 것으로 나타났으며, 구간 NO.1, 28에서 미미한 간섭 영향이 나타났으나 추후 전기방식 시설이 설치되면 충분히 해소될 수 있는 것으로 판단됨.

다. 가 통전 시험결과 전 구간에서 누설 전류가 많은 것으로 측정 되었다. 이는 분기관 등의 절연이 이루어지지 않았기 때문으로 판단되므로 절연 작업이 선행되어야 할 것으로 사료됨. 설계에 반영 하여야 함.

2. 전기방식 공사 의견

가. 상수관로에서 분기되는 관은 전기적으로 절연이 되어야하고(방식면적 축소) 신축관에서는 전기적으로 연결(방식거리확보)이 되어야 하므로 공사시 절연구간은 절연저항이 10.000 옴이상이 되게 하고 연결구간은 도통이 되도록 한다.

나. 본 과업의 조사 및 측정위치는 상수도 관로가 도로에 차량이 통행하는 도로를 따라 매설이 된 구간이 많고 측정점인 변실 역시 도로 내에 있어 차량 과다 통행에 따른 차량 통제에 어려운 구간이 많았다.

전기방식공사 수행을 위한 집행역시 상수관로가 지역적으로 분산되어 있어 동시 다발적 공사 보다는 분할하여 단계적인 공사를 시행함으로써 서울시내 교통 흐름에 지장을 최소화 시키고 공사시행의 공정흐름역시 원활 할 것으로 판단이 된다.

다. 본 과업의 상수관로는 매설 년도가 오래 되었고 비 방식으로 부식이 계속 진행되고 있어 코팅 손상율이 많이 저하됨으로 인해 많은양의 소요 전류가 필요함.

그러므로 본 조사 구간들은 경제성 및 효율성을 고려할 때 외부전원법에 의한 전기 방식 방법을 채택하는 것이 유리하다고 판단됨.