

접지설계의 신뢰성 개선을 위한 다지층 대지저항률 분석에 관한 연구

조대훈*, 이기식 유청희, 김장욱
단국대학교 전기공학과, 한국XIT(주)

A Study for the Analysis of Multi-layer Soil Resistivity to improve Reliability of Grounding System Design

D.H. Cho*, K.S. Lee, C.H. Ryoo, J.W Kim,
Danguk University, XITKOREA Co. Ltd**

요 약

접지시스템의 정확하고 신뢰성 있는 설계와 시공을 위해서는 현장 토양의 측정 및 분석은 매우 중요하다. 따라서 현장 측정 및 분석을 통한 정확한 접지환경을 설계에 반영하였을 때 접지설계의 신뢰성과 효율성을 높일 수 있다. 이와 같은 현장에 맞는 접지시스템의 설계는 시공 시에 오류를 최소화하고 경제적 낭비를 줄이며 설비의 운용시에 안정성과 신뢰성을 보장해 준다. 접지 환경은 지역이나 위치, 토양의 종류나 구조, 화학적 토양 구성 및 계절적 특성에 따라 이 모두 다르므로 접지 설계시 현장 요건이 실제적으로 반영되어야 한다[4]. 본 연구에서는 현장 측정의 대지저항률에 대한 지층 구조 분석 방법을 연구하고 토양의 지층구조 분석 방법에 따른 대지저항률의 변화를 확인하였다. 또한 지층 구조별로 분석 모델링된 대지저항률에 의한 접지저항설계치와 접지설계시방과 동일한 조건으로 동일 현장에 시공하여 결과값을 비교하였다. 이를 통해 접지설계의 신뢰성과 오류를 최소화하기 위한 토양 지층에 대한 구조 분석과 지층구조별 대지저항률의 신뢰성 있는 분석방안을 제안하였다.

1. 서 론

접지시스템은 낙뢰나 설비와 장비의 내외부에서 발생하는 서지와 노이즈를 안정적으로 제거하여 인명과 설비를 보호하는데 목적이 있으며, 전자통신설비 및 전력계통에서 보호대책의 수립 시 가장 기본이 되고, 얼마나 안정적으로 접지시스템을 구축하는냐에 따라 설비의 성능과 안정성이 크게 좌우 된다[4],[9]. 현장 측정 및 분석을 통한 정확한 접지환경을 설계에 반영하여 설계의 신뢰성을 높이는 것은 장비 및 설비를 안정적으로 보호하기 위한 올바른 접지 대책 방안이라 할 수 있다[6-7]. 접지시스템의 구축과 설비 보호 대책을 세우기 위해서는 현장의 토양 지질 및 외부 환경을 접지 설계에 반영하여 현장의 신뢰성을 높이고, 시스템 설비의 사양과 운용환경을 고려한 접지시스템 설계하여 운용의 안정성을 확보하고, 접지시스템의 배치 구조 및 접지봉의 성능을 고려한 접지시스템 시공하여 접지 설비를 구축하는 것이 매우 중요하다[5-7],[11]. 접지시스템 설계에 있어 강전을 다루는 전력분야에서는 인명과 설비 보호에 주안점을 두고, 서지 및 노이즈 환경에 민감한 약전 설비에서 안정된 운용환경과 오동작 방지를 위한 접지의 안정성과 가능성을 중요시한다[9].

또한 낙뢰와 같이 급변성의 임펄스전류 및 서지를 고려한 환경 하에서의 접지시스템은 정상적인 저주파 접지저항 특성뿐만 아니라 접지 임피던스 성능까지 고려한 접지시스템의 설계가 요구된다[1-2], [4-5]. 본 논문에서는 내부 시스템 운용 성능에 영향을 미치는 접지시스템 구축에 절대적인 토양 지층 구조의 대지저항률 분석 방법을 다루었다[3],[5]. 정확한 접지설계에 필수적인 요소인 현장 대지저항률을 계산하고 분석할 때 지층의 구조 및 지층 구조별 대지저항률은 지층에 시공된 접지전극의 성능과 방전 특성을 결정하는 중요한 요소가 된다. 따라서 현장의 정확한 대지저항률과 지층 구조를 분석하여 접지시스템을 설계 시공하였을 때 성능 면에서나 경제성 면에서 가장 효율적이고 안전한 접지시스템을 구축할 수 있다[1-2]. 본 논문에서는 여러 현장의 다양한 토양 지질을 4-점 Wenner 전극법을 이용하여 대지저항률을 측정[1]하였고, 접지설계 S/W인 CDEGS 프로그램[2]을 이용하여 대지저항률을 분석하고 접지설계 시뮬레이션을 수행하였다. 대지저항률의 분석 형태는 동일한 실측치를 이용하여 균일지층(Uniform)에서부터 다지층(Multi Layer)까지 분석하였고, 여러 지층 구조로 분석된 대지저항률을 접지설계에 반영하여 접지저항치의 오차를 확인함으로써, 접지 시공 시에 나타날 수 있는 오류를 확인하였다[2],[4],[8]. 차후의 지속적인 연구를 통해 대지저항률에 큰 영향을 미치는 계절, 기후, 온도 및 경년 변화에 대한 지층구조별 대지저항률 특성을 분석할 것이다.

2. 본 론

2.1 대지저항률 측정 및 분석

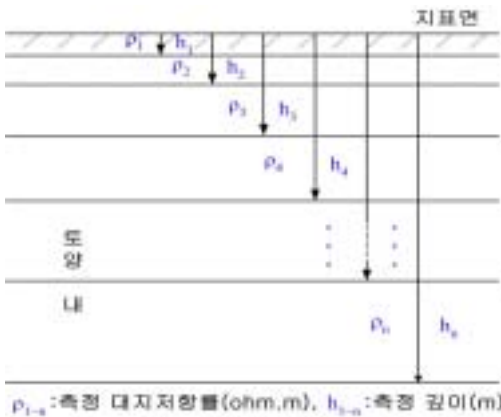
2.1.1 대지저항률 측정

대지저항률 측정법은 IEEE 및 NEC 규정의 4-점 Wenner 측정법을 활용하며, 4개의 측정 탐침(4-Test Probe)을 일정한 간격으로 대지 표면에 일직선이 되도록 박아서 외부 위치의 2개 탐침에 측정 전류를 흘려보내고 내부에 있는 두개의 탐침으로부터 전압을 측정하여 대지저항률을 측정 계산한다. 정확한 측정을 위해 등거리로 이격된 4-탐침의 측정 간격을 다르게 하여 여러번 측정한다. 이때의 측정치는 대지저항으로 나타나며, 이 측정치와 탐침간격을 이용하여 대지저항률을 얻게 되고 단위는 Ω -cm 혹은 Ω -m 이다[1-2].

대지저항률의 측정치가 신뢰성이 높을수록 접지시스템의 설계 및 시공의 정확성이 높아지게 되므로 측정치에 영향을 미치는 오차요인을 최소화하여 측정하는 것이 매우 중요하다. 또한 측정 거리별 계산된 깊이별 대지저항률을 이용하여 지층별로 정량화된 다지층 대지저항률을 모델링하는 것이 현장의 신뢰성을 높이는 분석방법이다. 본 연구에서 여러 장소에서 대지저항률을 부지 내에서 “X” 자 형태로 측정 방향을 다르게 하여 측정하였으며, 이 측정 데이터를 균일지층 분석에 4-지층 분석까지 4-가지 형태로 분석하여 각각의 지층에서의 대지저항률 크기를 모델링하였고, 이때의 분석 오차를 확인하였다. 또한 4-가지 형태로 분석 모델링된 대지저항률을 적용하여 접지저항을 계산하였고, 계산된 접지저항계산치과 현장에서 시공하여 실측된 접지저항 측정치를 확인하여 그 오차를 분석하였다[1],[4].

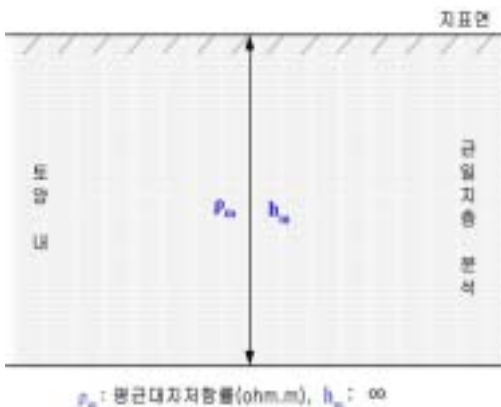
2.1.2 현장 대지저항률 측정치

대지저항률의 현장 측정은 IEEE 및 NEC 측정 기준을 만족시키는 측정장비(AEMC4500)를 이용하여 4-점 Wenner 측정법으로 측정하였으며, 측정 지역은 도심지, 도심외곽지, 매립지 그리고 산악 암반지역에서 각각 측정하였다. 현장의 지표 표토층에서 측정된 토양 내의 N-개의 대지저항률 측정 구조는 (그림2.1)과 같다.

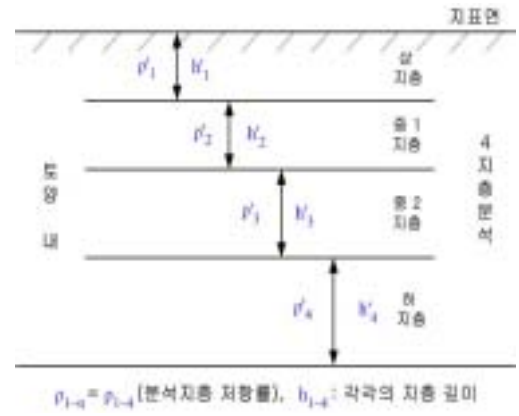


(그림2.1) 측정 깊이에 따른 대지저항률 측정

현장에서 측정된 N-개의 측정 데이터를 균일분포의 대지저항률(Uniform)과 다지층(Multilayer)의 지층 구조별 대지저항률로 모델링하여 분석하였다[2]. (그림2.2)는 균일분포의 대지저항률 분석을 나타내고, (그림2.3)은 다지층 구조 중 4-지층구조 분석의 대지저항률 분석을 나타낸다.



(그림2.2) 균일분포 분석의 대지저항률



(그림2.3) 4-지층 구조 분석의 대지저항률

가. 도심지 측정

도심지의 측정은 서울 여의도 지역에서 측정하였으며, 약5000m²의 넓이의 현장 부지에서 1회 측정하여 얻은 데이터를 종합하여 분석하였다. 측정치와 지층구조별로 분석된 대지저항률은 표2-1과 같다.

표2-1. 도심지 여의도지역 대지저항률 측정치

전극간격(m)	1차 측정	
	저항 (Ω)	ρ(Ω.m)
1	38.1	239.3
2	29.2	366.8
4	22.5	365.2
8	9.2	462.2
12	4.6	346.7
16	3.7	371.8
확인사항	측정법: 4-점 Wenner 법, 측정장비 : AEMC 4500	

나. 도심 외곽지역 측정

도심 외곽지의 측정은 광주 광산구 지역에서 측정하였으며, 약8000m²의 넓이의 현장 부지에서 X-형태로 교차 측정하여 얻은 데이터를 종합하여 분석하였다. 측정치와 지층구조별로 분석된 대지저항률은 표2-2과 같다.

표2-2. 도심 외곽 지역 대지저항률 측정치

전극간격(m)	1차 측정		2차 측정	
	저항 (Ω)	ρ(Ω.m)	저항 (Ω)	ρ(Ω.m)
1	17.2	108.0	17.2	108.0
2	11.4	143.2	7.2	90.4
4	4.4	110.5	4.7	118.1
8	3.0	150.7	3.1	155.7
12	2.3	173.3	2.5	188.4
16	1.7	170.8	1.8	180.9
확인사항	측정법: 4-점 Wenner 법, 측정장비 : AEMC 4500			

다. 도심개발지역 측정

도심개발지의 대지저항률 측정은 마포의 상암지역에서 측정하였으며, 약40,000m²의 넓이의 현장 부지에서 X-형태로 6회 교차 측정하여, 그 중에서 2개의 데이터를 종합하여 분석하였다. 측정치와 지층구조별로 분석된 대지저항률은 표2-3과 같다.

표2-3. 도심개발지 상암지역 대지저항률 측정치

전극간격(m)	1차 측정		2차 측정	
	저항 (Ω)	ρ(Ω.m)	저항 (Ω)	ρ(Ω.m)
1	20.9	131.2	24.2	151.9
2	9.8	123.0	13.5	169.5
4	4.4	110.5	4.8	120.5
8	2.2	110.5	2.4	120.5
16	1.4	140.6	1.4	140.6
20	0.9	113.0	0.8	100.4
확인사항	측정법: 4-점 Wenner 법, 측정장비 : AEMC 4500			

라. 산악 암반 지역의 측정

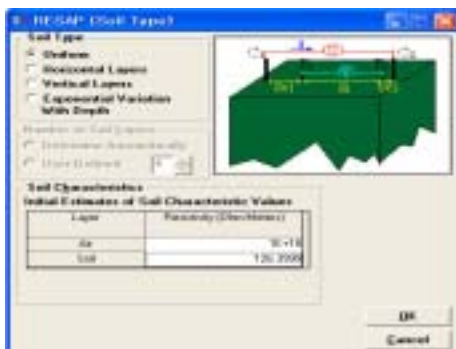
산악 암반지역의 측정을 위해 대표적인 지역인 제주도 서부지역의 산악지대에서 측정하였다. 산악 암반지역의 특성상 대지저항률이 매우 높다. 측정 면적은 약80,000m²의 넓이로 매우 컸으며, 현장 부지 내 접지설치 예정지에서 X-형태로 4회 교차 측정하였고, 그 중에서 2개의 데이터를 종합하여 분석하였다. 지층구조별로 분석된 대지저항률은 표2-4과 같다.

표2-4. 산악암반 제주서부지역의 대지저항률 측정치

전극간격(m)	1차 측정		2차 측정	
	저항 (Ω)	ρ(Ω.m)	저항 (Ω)	ρ(Ω.m)
1	150.0	942.0	137.9	866.0
2	134.6	1689.9	115.8	1453.8
4	77.8	1954.3	68.8	1727.3
8	41.1	2065.9	56.7	2848.6
12	35.7	2690.4	40.5	3052.1
16	30.8	3094.8	34.8	3496.7
확인사항	측정법: 4-점 Wenner 법, 측정장비 : AEMC 4500			

2.1.3 측정 대지저항률의 지층별 분석

본 논문에서는 측정된 대지저항률의 정확한 분석을 위해 CDEGS 프로그램[2]의 RSSAP 모듈을 활용하였으며, 각각의 지역에서 측정된 대지저항률을 균일분포 지층에서부터 4-지층 구조의 대지저항률까지 분석하였고, 각각의 지층구조에서 나타나는 오차를 확인하였다. 균일지층 대지저항률의 분석은 표토층에서 심층 깊이까지 동일한 대지저항률을 갖도록 모델링하여 단일 대지저항률을 얻는 분석법이다. (그림2-4)는 균일분포에 의한 단일 대지저항률의 분석 구조를 나타낸다[2],[3-5],[8].



(그림2-4)는 균일분포에 의한 단일 대지저항률의 분석

균일 분포 특성에 의한 단일지층 대지저항률의 일반적인 계산식은 다음과 같다[6-7].

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} h_i}{\frac{h_1}{\rho_1} + \frac{h_2}{\rho_2} + \dots + \frac{h_{n-1}}{\rho_n}} ; \text{평균 대지저항률}$$

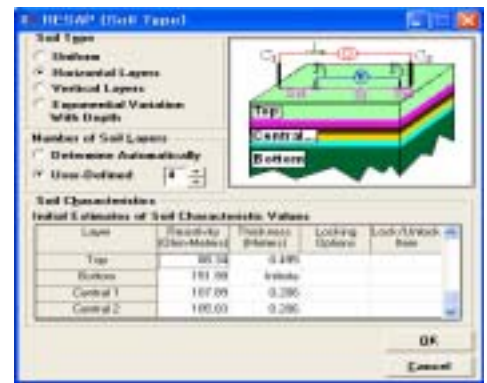
균일분포에 의한 단일 대지저항률의 수치 해석적 데이터 분석 그래프는 (그림2-5)와 같다.



(그림2-5) 균일분포의 단일 대지저항률 분석 그래프

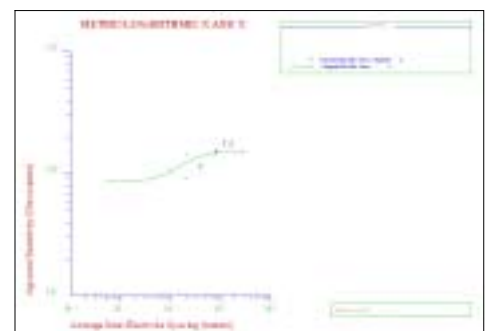
다지층 구조에 의한 2-지층에서 4-지층 이상의 대지저항률 분석은 표토층에서부터 심층 깊이까지 여러 개의 대지저항률 지층으로 이루어진 것으로 모델링하여 분석하는 방법이다. 토양 지층은 실트질 흙과 풍화토층, 모래와 자갈층, 연암과 경암층등과 같이 매우 다양한 구조로 이루어져 있다[10]. 따라서 각각의 토양 특성이 가지는 전기적인 특성을 지층별로 구분하여 분석한 후 접지설계에 활용할 수 있다면 매우 효율적으로 접지시스템을 구축할 수 있다.

(그림2-6)는 다지층 구조의 분석 중 4-지층 구조의 대지저항률의 분석 구조를 나타낸다.



(그림2-6) 4-지층 구조의 대지저항률의 분석 구조

4-지층 구조 대지저항률 분석의 수치 해석적 데이터 그래프 특성은 (그림2-7)과 같다.



(그림2-7) 4-지층 구조의 대지저항률 분석 그래프

측정 대지저항률의 지층 구조별 분석에는 분석 오차가 나타난다. 대지저항률 분석시 정확한 지층구조 수와 분석 오차를 최소화하는 것이 접지설계와 시공과의 오차를 최소화하는 것이다. 따라서 토양의 정확한 지층 구조별 대지저항률의 분석은 접지설계의 신뢰성을 높이는 매우 중요한 요소이다.

가. 도심지 대지저항률 측정치의 분석

현장에서 측정된 표2-1의 대지저항률을 이용하여 균일분포 지층에서 다지층 구조까지 분석하였다[1-2]. 표토 층에서부터 심층까지 다양한 지층구조로 분석된 대지저항률 분석치는 (표2-5)와 같다.

표 2-5 지층 구조수의 변화에 의한 대지저항률의 분석

구 분	도심지 측정의 대지저항률 분석		
	단일대지저항률[$\Omega \cdot m$]	지층두께 [m]	오차율(%)
단일지층 분석	377.4	∞	26.3
2-지층 구조분석	175.5	0.48	16.6
	400.7	∞	
3-지층 구조분석	132.9	0.67	8.2
	2707.8	0.70	
	311.1	∞	
4-지층 구조분석	175.5	0.85	9.1
	1944.1	0.54	
	1260.6	0.35	
	333.1	∞	
확인사항	여의도 지역에서 2회 측정된 데이터의 합성 분석		

나. 도심지 대지저항률 측정치의 분석

표2-2의 현장 정치를 이용하여 균일분포 지층에서 다지층 구조까지 분석하였다. (표2-6)는 분석된 지층구조별 대지저항률 데이터를 나타낸다.

표 2-6 지층 구조수의 변화에 의한 대지저항률의 분석

구 분	도심외곽지 측정의 대지저항률 분석		
	단일대지저항률[$\Omega \cdot m$]	지층두께 [m]	오차율(%)
단일지층 분석	137.7	∞	26.3
2-지층 구조분석	103.6	3.9	10.1
	221.6	∞	
3-지층 구조분석	94.9	1.75	12.2
	96.3	0.2	
	179.8	∞	
4-지층 구조분석	88.3	0.5	17.4
	107.9	0.2	
	105.8	0.2	
	151.9	∞	
확인사항	광주 광산구지역에서 2회 측정된 데이터의 합성 분석		

다. 도심개발지 대지저항률 측정치의 분석

도심개발지역 현장의 표토층에서 측정된 표2-3의 현장 대지저항률의 측정치를 이용하여 균일분포 지층에서 4-지층 구조까지의 대지저항률 분석을 하였다. 지층구조별 분석된 대지저항률 데이터는(표2-7)과 같다.

표 2-7 지층 구조수의 변화에 의한 대지저항률의 분석

구 분	도심개발지의 측정 대지저항률 분석		
	단일대지저항률[$\Omega \cdot m$]	지층두께 [m]	오차율(%)
단일지층 분석	126.4	∞	14.2
2-지층 구조분석	139.2	1.87	11.9
	114.0	∞	
3-지층 구조분석	146.4	0.96	11.8
	153.4	0.20	
	115.3	∞	
4-지층 구조분석	150.1	0.98	11.7
	117.6	0.20	
	117.2	0.20	
	115.9	∞	
확인사항	마포 상암지구에서 2회 측정된 데이터의 합성 분석		

라. 산악 암반지역의 대지저항률 측정치의 분석

산악 암반지역의 대표적인 지층인 제주 서부지역의 화산암지층에서 측정된 대지저항률은 매우 높은 특징을 지니고 있다. 표2-4에 나타난 바와 같이 표토 층의 매우 높은 값에서부터 심층까지 4-지층구조로 분석된 대지저항률 분석치는 (표2-8)와 같다.

표 2-8 지층 구조수의 변화에 의한 대지저항률의 분석

구 분	산악 암반지역 측정의 대지저항률 분석		
	단일대지저항률[$\Omega \cdot m$]	지층두께 [m]	오차율(%)
단일지층 분석	1975.9	∞	55.0
2-지층 구조분석	663.6	0.8	11.8
	3198.6	∞	
3-지층 구조분석	675.6	0.8	11.8
	1856.3	0.2	
	3208.6	∞	
4-지층 구조분석	570.0	0.36	11.8
	1483.9	0.53	
	1730.9	0.25	
	3171.9	∞	
확인사항	제주 서부 화산암 지역에서 2회 측정된 데이터의 합성 분석		

2.3 다지층 구조분석에 따른 접지저항 계산

접지 설계에서 다지층(Multilayer) 구조의 특성을 충분히 활용하기 위해서는 각각의 지층이 가지고 있는 대지저항률의 크기와 지층의 깊이를 잘 분설할 필요가 있다. 토양을 여러 개의 전기적인 구조로 분석 모델링하여 접지봉이 가지고 있는 장점들을 최대한 활용한다면 경제적이고 안정된 성능을 발휘하는 접지시스템을 구축할 수 있다. 도심지의 협소한 작업공간에서 낮은 접지저항을 얻기가 거의 불가능한 경우와 대지저항률이 높고 일반접지봉을 타설할 수 없는 암반지층에서는 전도성이 높은 지층의 심층까지 보링하여 접지봉을 설치하는 것이 유리하고, 매립지와 같이 표토층 위에 다양한 성분의 매립토를 메워놓은 장소에서는 매립토와 원래 토양의 대지저항률을 분석하여 지층을 활용하는 것이 좋다[1],[9]. 또한 접지성능의 안정성 면에서도 대지가 외부의 여러 가지 환경요인에 영향을 받으므로 변화요인을 최소화하

도록 접지봉의 길이, 재질 그리고 접지봉의 배치를 구성한다면 접지 효과 및 안정성을 높일 수 있다.

또한 접지봉의 설치 깊이나 배치에 따라 지락서지나 뇌서지와 같은 대용량 서지에 대해서도 인명 및 설비를 보호할 수 있는 최적의 접지설계 가능하다.

본 논문에서는 4-곳의 각각 다른 장소에서 측정된 대지저항률을 이용하여 균일분포 지층에서 4-지층 구조의 대지저항률을 분석하였고, 분석된 각각의 대지저항률 데이터를 XIT 접지시스템 설계에 적용하여 Calsolyte 와 Lynconite 충전제의 전해질 저감특성과 흡습 저감 특성 계수를 반영하여 CDEGS 프로그램으로 접지저항을 계산하였다. 접지 설계에 적용된 XIT 서지저감 방사침 접지봉은 지름- ϕ 54, 길이-6m의 XIT 방사침 접지봉이고, 각각의 지층구조 분석 데이터에 대해 설계하였다.

또한 각각의 접지저항 계산치와 분석 오차의 특성을 확인하기 위하여 4곳의 측정 장소에서 실제 시공하였으며, 현장 시공은 지름- ϕ 150로 지반을 천공하여, XIT 방사침 접지봉과 Lynconite 접지저감보호제 그리고 Calsolyte 전도 충전제를 함께 타설 충전하였다[4-5],[8].

이후 시공된 XIT 방사침 접지봉의 접지저항을 측정하여 각각의 설계 저항치와 시공 실측치를 비교 분석하였다. 하였다. 표2-9는 앞서 4-장소에서 분석된 균일분포 대지저항률로부터 4-지층 분석 데이터까지 각각에 대해 설계된 접지저항 계산치이다.

(표2-9) 4-장소 분석 대지저항률 적용의 접지저항계산

구분	XIT 서지저감 방사침 접지저항 계산(ohm)			
	도심지 (여의도)	도심외곽지 (광주 광산)	개발지 (상암지역)	산악 암반 (제주서부 지역)
설계사양	지름- ϕ 150, 길이-30m	지름- ϕ 150, 길이-20m	지름- ϕ 150, 길이-9m	지름- ϕ 150, 길이-24m
단일 지층분석	13.4 Ω	8.7 Ω	12.2 Ω	85.2 Ω
2-지층 구조분석	14.2 Ω	11.3 Ω	10.9 Ω	126.6 Ω
3-지층 구조분석	11.0 Ω	10.3 Ω	10.9 Ω	126.2 Ω
4-지층 구조분석	11.6 Ω	9.2 Ω	10.8 Ω	127.0 Ω
현장 실측치	10.2 Ω	9.0 Ω	8.7 Ω	108.4 Ω
확인 사항	지질이 다른 4-장소에서 각각 측정된 대지저항률의 다지층 분석치를 적용한 접지저항의 계산치와 시공 실측치와의 비교. (표2-5),(표2-6),(표2-7),(표2-8)			

(표2-9)의 접지저항 계산치는 분석된 지층 구조의 대지저항률 크기에 따라 다르게 계산된다.

(표2-5),(표2-6),(표2-7)과 (표2-8)에서 보는 바와 같이 측정된 대지저항률을 지층 구조에 따라 분석할 때 각각의 지층 구조별 분석 오차가 나타나며, 오차율의 크기에 따라 실제 시공 결과 값과의 차이도 커진다.

특히 대지저항률은 표토 층에서부터 3m~4m 깊이까지는 외부 환경 변화에 크게 영향을 받으므로 지층별 대지저항률 분석 시에 외부 변화 요인을 최소화하는 측면에서

균일분포의 단일지층 분석보다는 심층깊이까지의 다지층 분석이 훨씬 더 신뢰성이 높은 분석방법임을 알 수 있다.

2.4 대지저항률 분석 오차 및 접지설계 분석

현장에서 측정된 측정 거리별 대지저항률을 균일분포 (Uniform) 혹은 다지층 구조(Multi layer)로 분석할 때 수학적 처리상 분석오차가 발생하게 된다.

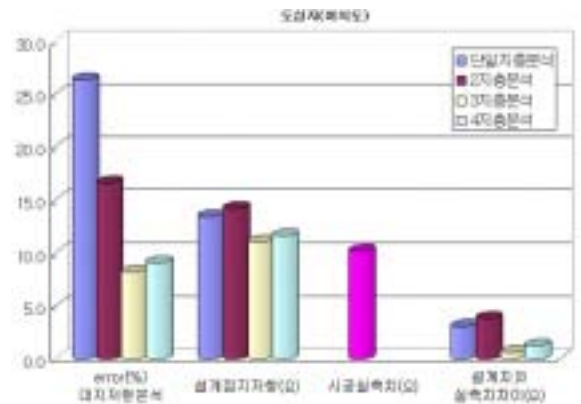
지층 구조에 따른 대지저항률 분석 시에 발생하는 오차율을 최소화하기 위해서는 측정 현장에서 가능한 많은 데이터를 얻고, 분석 지층 구조를 많이 하며, 측정 오차 및 외부 변동요인에 대한 보정값을 반영하여야 한다.

하지만 현장에서 발생할 수 있는 오차와 수학적 처리상 발생하는 오차를 정확하게 보정하여 대지저항률을 얻기는 불가능하므로, 현장에서 측정된 대지저항률의 지층 구조별 분석 오차 및 접지설계치와 시공 결과치와의 차이를 최소화하는 측면에서 지층 구조별 대지저항률을 분석하는 것이 중요하다[1-2],[4-7].

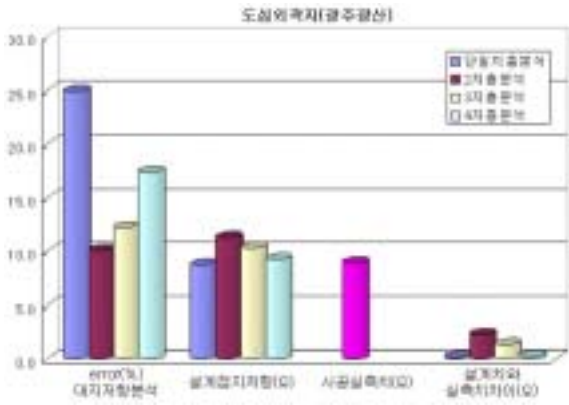
본 논문에서는 대지저항률을 지층별로 분석할 때의 대지저항률과 오차율을 CDEGS 프로그램을 이용하여 계산하였고, (표2-5),(표2-6),(표2-7)과 (표2-8)에 표시하였다. 또한 4-장소에서 측정된 대지저항률을 4-가지의 지층구조별로 분석하여 얻은 각각의 대지저항률을 적용하여 접지저항을 계산하였다.

또한 분석 지층구조별 접지저항 계산치의 오차를 확인하기 위하여 설계 시방대로 측정 장소와 동일한 현장에 XIT 접지봉을 시공하여 측정된 결과를 비교 연구하였다. 접지저항은 IEEE에 규정된 3-점 전위차 측정법[1]으로 측정하였으며, 측정 장비는 IEEE, NEC 규정을 만족하는 접지저항 측정기 AEMC4500을 이용하였다[1].

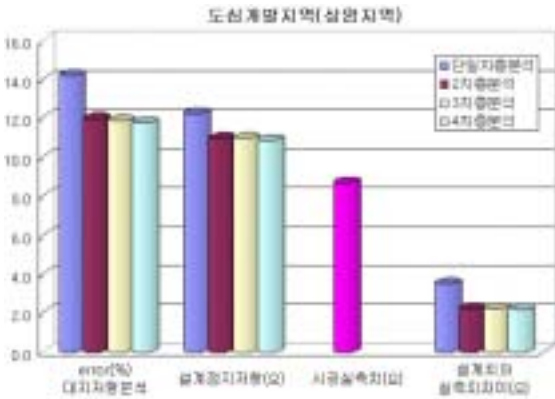
(표2-9)는 계산된 접지저항과 현장에서 실측된 데이터를 나타내며, 보는 바와 같이 계산된 접지저항 값은 대지저항률의 분석 오차로 인하여 동일설계조건에 대해 다른 저항치를 갖으며, 실제 시공결과치와도 차이를 나타낸다. 4-장소에서 측정된 대지저항률의 분석 오차율과 접지저항 계산치 그리고 시공결과 값에 대한 분석 특성을 (그림2-8), (그림2-9), (그림2-10), (그림2-11)에 나타냈다.



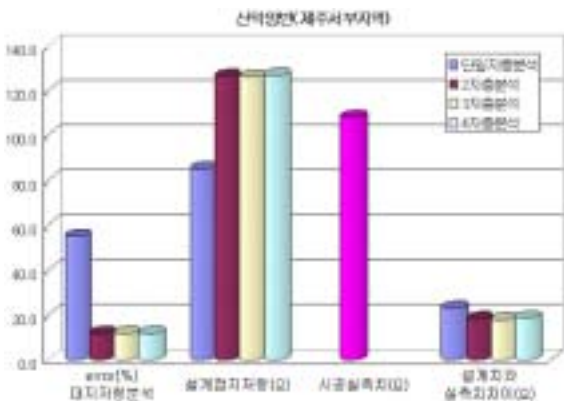
(그림2-8) 도심지 대지저항률 및 접지설계 분석



(그림2-9) 도심외곽지 대지저항률 및 접지설계 분석



(그림2-9) 도심개발지 대지저항률 및 접지설계 분석



(그림2-9) 산악암반지역 대지저항률 및 접지설계 분석

각각의 그림에서 보는 바와 같이 균일분포의 단일 대지 저항률의 분석시 오차가 가장 크게 나타남을 알 수 있다. 외부 환경 변화에 크게 영향을 받는 표토 층에서부터 3m~4m 깊이까지는 측정치의 변화가 심하므로 표토층과 심층의 토양 특성을 유사한 특성으로 분석할 때 오차가 커지게 된다. 또한 대지 내 토양 성분이 지층별로 이루어진 경우에는 지층마다 전도성이 큰 차이를 나타내므로 모든 지층을 균일지층으로 적용할 때는 접지설계 시에 지층구조를 활용할 수 없는 문제점이 있다[6-7].

각각의 그림에서 다지층 구조 분석 특성을 살펴보면 다지층 구조의 오차율이 균일지층보다는 크게 차이가 나지 않는 것을 확인할 수 있다.

이는 분석시 대지 내에서 오차 크기에 영향을 미치는 표토층의 심층 거리를 감소시킴으로써 좀 더 실제적인 분석 모델링이 가능하기 때문이다.

측정 대지저항률의 다지층 분석 모델링에서 실제 토양의

지층구조와 유사하게 모델링하기 위해서는 지층구조를 세분화하여 사전 시뮬레이션하고 각각의 지층구조에서 대지저항률의 분석 오차를 최소화하여야 한다[2].

그리고 대지저항률의 지층구조 분석을 통해 전도성이 높은 지층을 확인하여 접지설계에 반영하면 효율적으로 접지시스템을 설계할 수 있다.

그러므로 접지설계의 신뢰성과 효율성을 높이기 위해서는 토양의 대지저항률 분석시 다지층 분석 모델링을 통해 실제 토양 속과 같은 지층 구조를 파악하고, 대지저항률을 지층구조별로 분리 세분화하여 적용하여야 한다. 이를 통해 실제 현장에 적합한 접지시스템을 설계할 수 있게 된다[1],[4-8].

3. 결 론

본 논문에서는 신뢰성 있고 효율적인 접지시스템 설계에 있어 가장 중요한 요소인 대지저항률의 분석방법에 대하여 연구하였다.

4-장소의 다른 현장에서 측정된 대지저항률을 균일분포의 단일지층 분석에서부터 다지층 구조 분석까지 다양하게 분석 모델링하여 지층구조별 대지저항률 값과 분석 오차를 계산하였다. 또한 각각의 분석 모델링된 다지층 구조의 대지저항률을 접지설계에 적용하여 접지저항을 계산하였고, 접지설계 사양과 동일한 조건으로 같은 현장에 XIT 접지봉을 시공하여 결과 값을 실측하여 확인 비교하였다.

본 논문에서 실측 확인된 접지설계 계산치와 시공 결과값을 비교 분석하여 볼때 다지층 구조로 세분화하여 적용한 대지저항률의 오차가 가장 작다.

본 논문을 통해 확인된 가장 신뢰성 있고 실제적인 대지저항률의 분석은 다지층 구조의 대지저항률 분석법이다.

접지시스템 설계에 있어 지층 구조 및 지질 특성에 맞게 분석된 대지저항률의 적용은 신뢰성 있는 설계는 물론 접지시공시 오류와 경제적 낭비를 예방하여 최상의 접지 구축에 기여하게 될 것이다.

추후 연구는 대지저항률의 변동에 영향을 미치는 계절, 기후 및 온도 등의 변화에 대한 우리나라에 맞는 대지저항률의 보정성에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE Std. 81, "Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Groud System", 1983
- [2] SES (Safe Engineering Services & technologies ltd.), CDEGS (Current and Soil structure analysis) 사용자지침서.Version 97 for Windows.
- [3] Dawalibi, 이형수, 김정훈 "균질 및 2-층 구조 토양에서 효과적인 접지 그리드설계", 대한전기학회 논문지 제 46권 1998
- [4] 신동호, 김용, 정철희, 조대훈, 김필수, "서지 전류에 의한 접지계의 과도 응답 특성 및 접지 저항 비교", 1999. 대한전기학회 추계학술대회.
- [5] 최세하, "알기쉬운 접지기술 실무", 진한도서. 1998
- [6] 高橋建彦, 이형수역. 接地設計入門, オーム社, 동일출판사, 1993
- [7] 高橋建彦, 이형수역. 接地技術入門, オーム社, 동일출판사, 1995
- [8] XIT 접지시스템, 한국XIT(주) 2003.
- [9] IEEE Std. 80, "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding", 1986
- [10] "The IEEE Green Books", IEEE Std 142-1991, IEEE Inc,