

대지저항구조의 분석유형에 따른 접지성능 비교 평가

조대훈*, 이기식 정철희, 이용호
단국대학교 전기공학과. 노이즈 프리미어 랩(주)

Comparison of Grounding System Performance by Analysing Soil Layer Structures

D.H. Cho*, K.S. Lee, C. H. Jung, E. H. Rhee,
Danauk Universitv. Noise Premier Lab**

요 약

현장 대지구조의 측정과 분석은 정확하고 신뢰성 있는 접지시스템의 설계와 시공에 매우 중요하며, 특히 대지구조의 분석은 접지방식의 선정과 시공에 있어 절대적인 요소이다. 현장 측정 대지저항률의 실제적 분석을 통해 더 정확한 접지설계와 접지의 효율성을 높일 수 있으며, 시공 후 접지성능의 설계 오차를 최소화할 수 있게 된다. 대지는 다양한 형태의 지층과 구조로 이루어져 있으며, 접지설계의 신뢰성과 정확성은 대지 조건을 얼마나 현장 지질 조건에 가깝게 모델링 하는가에 달려있다. 현장 대지구조 및 지질 특성에 가깝게 분석하여 적용된 접지 설계는 시공 오류의 최소화, 성능의 안정화 그리고 비용의 절감을 물론 운용 설비의 운용 품질을 높여 주게 된다. [4].

본 연구에서는 현장에서 측정된 대지저항률을 수직 지층과 수평지층 구조로 분석하여 그 결과를 비교하였고, 분석된 각각의 구조 대지저항률을 적용하여 접지시스템을 설계 비교하였다. 또한 설계된 접지시스템을 현장에 시공하여 측정된 결과값을 수직구조의 접지 설계치와 수평구조의 접지 설계치를 비교하므로써, 이를 통해 대지구조의 유형분석에 따른 접지설계의 신뢰성과 오류를 최소화하기 분석방안을 제시하였다.

1. 서 론

접지시스템 설계의 성능은 대지구조의 분석을 얼마나 실제 지층 구조에 가깝게 분석하는가에 달려있다. 접지설계시 현장 지질 환경의 부정확은 접지 성능의 오류로 이어져 원래의 접지 목적인 낙뢰 제거, 장비의 내외부 서지와 노이즈를 안정적으로 제거 그리고 인명과 설비의 보호 목적을 수행하지 못하게 되며, 또한 시공시 경제적 낭비를 초래하게 된다. 안정적 접지시스템의 구축과 설비 보호 그리고 설비 안정성은 정확한 대지구조의 분석을 통한 설계에 크게 좌우 된다[4],[9].

현장 측정 데이터를 실제 지층 구조에 맞게 분석하여 현장에 적합한 접지방식을 선정하고, 지질 환경에 적합한 설계에 반영하여 설계 및 시공의 신뢰성을 높이는 것은 접지설비 구축에 절대적인 요구라 할 수 있다.[6-7]. 현장의 토양 지질 및 외부 환경을 접지 설계에 반영하여 설계 신뢰성을 높이고, 최적의 접지방식 선정을 통한 안전하고 효율적인 설비 구축은 다양한 노이즈 및 서지의

제거를 통해 설비 운용환경의 안정성을 확보하고, 운용 서비스의 품질을 높일 수 있게 된다. [5-7],[11].

대지 구조의 정확한 분석을 통해 다양한 분야에서 요구하는 성능에 맞는 접지방식을 선정할 수 있게 되며, 현장에 맞게 적용된 접지방식은 그 분야의 운용 설비를 더욱 효율적으로 보호하게 된다. 전력분야에서는 대용량 서지로 인한 설비 및 인명 보호를, 제어 및 통신분야 같은 민감한 설비분야에서는 노이즈 및 EMI/EMC에 대한 안정된 운용환경과 오동작 방지와 같은 기능성 확보를 중요시한다[9].

본 논문에서는 접지설계의 오류 및 성능의 신뢰성을 높일 수 있는 대지구조의 분석 유형에 따른 접지설계 및 성능 비교 평가 다루었다[3],[5].

현장 측정의 대지저항률을 수직대지구조와 수평대지구조로 분석에 대한 특성을 확인 비교하였고, 분석에 따른 구조적 특성을 확인하였다. 이를 통해 대지구조 유형에 따른 접지시스템을 설계 시공하였을 때 각각의 분석된 대지구조의 접지성능을 확인 비교하였다. [1-2].

본 논문에서는 시공 현장을 4-점 Wenner 전극법에 의해 대지저항률을 측정[1]하였고, CDEGS RESAP 모듈 [2]을 이용하여 대지저항률의 대지구조를 분석하였고, MART 모듈로 접지 설계 시뮬레이션을 수행하였다.

대지구조의 분석 형태는 수평지층구조와 수직지층구조이며, 분석된 대지저항률을 접지설계에 반영하였고, 접지 시공후 결과 값을 비교하여 오차를 확인하므로써 성능을 비교 평가하였다.[2],[4],[8].

차후의 지속적인 연구를 통해 다양한 유형으로 대지구조를 분석함으로써 접지설계 및 시공의 성능을 평가할 것이다.

2. 본 론

2.1 대지저항률 측정 및 분석

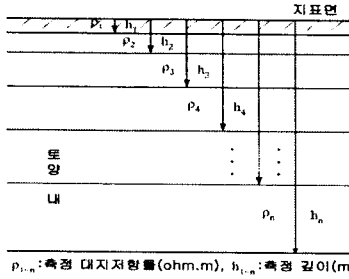
2.1.1 대지저항률 측정 및 측정치

대지저항률의 측정은 4-점 Wenner 측정법을 활용하였으며, 측정은 여의도 지역의 터파기가 완료된 시공 현장 부지에서 시행하였고, 측정시 외부 노이즈로 인한 오차를 최소화하고 시공의 정확성을 높이기 위해 타 작업이 중단된 상태 하에 2회 측정하였다.

이때 측정된 현장 데이터를 이용하여 수평 및 수직적인 대지구조를 분석하여 각각의 대지저항률을 분석한다.

[1],[4].

현장에서 4-점 Wenner 측정법으로 측정장비(CA6470)를 이용하여 측정한 N-개의 대지저항률 측정 구조는 (그림 2.1)과 같으며, 현장 측정치는 표2-1과 같다.



(그림2.1) 대지저항률의 측정 깊이 특성

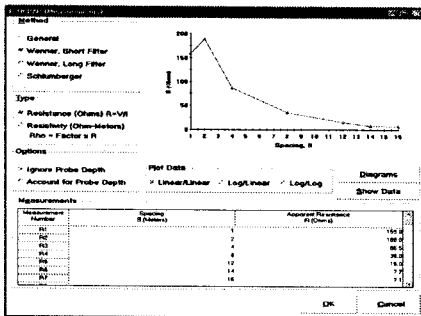
표2-1. 대지저항률 측정치

전극간격 (m)	측정-2회			
	측정치(Ω)		계산대지저항률(Ω.m)	
1	260	159	1632.8	998.5
2	109	189	1369.0	2373.8
4	101	86.5	2537.1	2172.8
8	38	36	1909.1	1808.6
12	17.7	15	1333.8	1130.4
14	.	7.7	.	676.1
16	6.78	7.1	681.2	715.4
비고	측정법:4-점Wenner법, 측정장비:AEMC 4500			

현장에서 2회 측정된 측정치를 이용하여 대지저층 구조의 수평지층 유형과 수직지층 유형으로 분석하였으며, 각각의 분석치를 접지설계에 적용한다. [1],[3]

2.1.2 대지저항률의 대지저층 구조 유형별 분석

현장에서 측정된 대지저항률의 대지저층구조 분석을 위해 CDEGS 프로그램[2]의 RESAP 모듈을 활용하였으며, 대지저층구조 분석은 수평지층구조와 수직지층구조 유형 2-가지로 분석하였고, 분석된 각각의 지층구조에서 나타나는 오차를 확인하였다. (그림2-2)는 현장 측정치의 입력특성을 나타낸다.

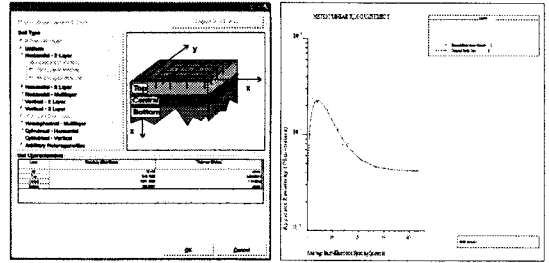


(그림2-2) 대지저항률 분석의 측정데이터 입력

1) 수평 지층 구조 분석

지층의 수평 구조는 균일한 토양 지질이 수평적으로 포개진 지층 구조를 나타내며, 분석은 표토 층에서부터 심층 깊이 까지 여러 개의 대지저항률 지층으로 이루어진 것으로 구조로

분석하는 방법이다. 본 논문에서는 3-지층의 수평대지구조로 분석하여 적용하였으며, (그림2-2)는 다지층 구조의 분석 중 3-지층 구조의 대지저항률의 분석 구조를 나타낸다.



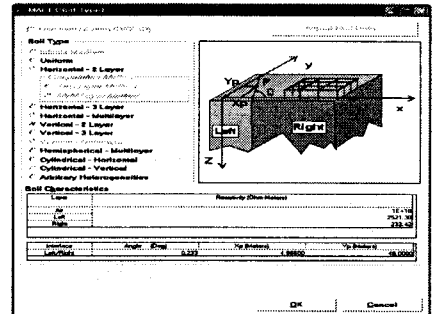
(a) 분석 구조

(b) 결과 그래프

(그림2-2) 3-지층 구조의 대지저항률의 분석

2) 수직 지층구조 분석

지층의 수직 구조는 균일한 토양 지질이 수직적으로 늘어선 지층 구조를 나타내며, 분석은 임의의 기준점에서부터 수평으로 여러 개의 대지저항률 지층이 늘어선 구조로 분석하는 방법이다. 본 논문에서는 2-지층의 수직대지구조로 분석하여 적용하였으며, (그림2-3)은 수직지층 구조의 분석 중 2-지층 구조의 대지저항률의 분석 구조를 나타낸다.



(그림2-3) 2-지층 수직지층 구조 분석 및 결과

현장의 대지저층 구조의 유형을 정확히 분석하게 되면 접지설계의 오차를 최소화할 수 있으며, 시공시 매우 정확한 결과값을 얻을 수 있다. 하지만 각각의 유형 분석 간에는 분석 오차가 크게 나타나므로 현장 데이터를 대 한 대지구조 유형의 선택은 매우 중요하다.

이 대지저층 구조의 유형별 분석시 정확한 지층구조 유형을 현장에 맞게 적용하는 것이 분석 오차를 최소화하고 설계 및 시공 오차를 최소화하는 것이다. 따라서 토양의 정확한 지층 구조별 대지저항률의 분석은 대지구조의 지층 유형에 따라 외부 환경의 영향을 줄일 수 있다는 측면에서도 접지설계의 신뢰성을 높이는 매우 중요한 요소이다.

2.2 대지저층 구조의 유형분석에 따른 접지 설계

현장 측정의 대지저항률 데이터를 이용하여 분석한 수평구조와 수직구조 유형의 지질 특성을 반영한 접지설계를 비교하여 어느 형태의 분석 구조에 실제 현장에 더 가깝게 분석되었는가를 확인한다.

분석된 지층 구조의 유형에 따라 가장 효율적인 접지방식과 접지포설형태가 결정되며 그에 따라 시공방법이 달라질 수 있으며, 접지성능과도 직결된다. 분석에 따른 지층구조의 장점을 최대한 활용한다면 경제적이고 안정된

성능을 발휘하는 접지시스템을 구축할 수 있다. 본 연구에 적용된 현장은 기본적으로 암반 특성을 나타내고 있지만 측정거리에 따른 데이터가 매우 큰 차이를 나타내었고 수평지층 및 수직지층 구조의 분석 데이터도 다르게 분석되었다.

표2-2, 2-3은 수평지층과 수직지층의 유형별 분석치를 각각 나타낸다.

표2-2. 대지구조의 수평지층 분석치

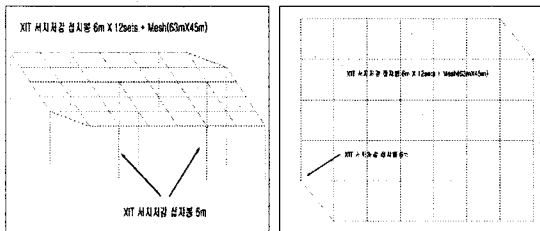
측정현장	대지저항을 분석특성					
	지층 Layer	지층별 대지저항률 (ohm.m)	지층별 두께 (m)	연식계수	지층별, 이	비율
현장	p1	548.7828	0.8022014	1.00000	5.487828-18	413.58%
	p2	4551.2880	1.016394	0.92334	2.50885+01	
	p3	398.8021	infinite	0.79726	2.08475-02	
확인사항	현장 측정치 - 설계 적용					

표2-2. 대지구조의 수직지층 분석치

측정현장	대지저항을 분석특성					
	지층 Layer	지층별 대지저항률 (ohm.m)	연식계수	지층두께	지층각도	비율
현장	p1 (Left)	2521.2280	-0.83118	4.966m	2.33	412.06%
	p2 (Right)	232.4220				
확인사항	현장 측정 데이터 - 설계 적용					

접지 설계는 위 표의 대지저항률 데이터를 적용하여 설계하였다. 접지방식은 현장의 암반 특성을 고려하여 보링방식을 적용하였고, XIT 접지봉과 Mesh 전극을 병행하여 접지설계에 적용하여 CDEGS MART 모듈에 의해 접지저항을 계산하고 시뮬레이션 하였다.

접지 설계에 적용된 XIT 서지저감 방식참 접지봉은 지름-Ø54, 길이-6m이고, 수평구조 및 수직구조 각각의 지층 유형에 대해 설계하였으며, (그림2-3)은 접지설계의 구조를 나타내며, 표2-3은 접지설계 계산치를 나타낸다.



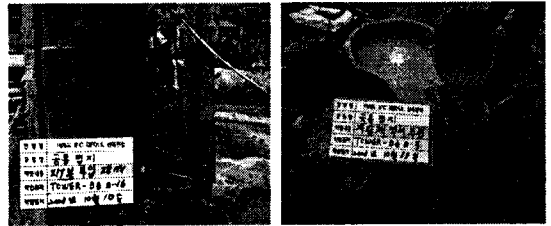
(a) 3차원 구조 (b) 2차원 구조
(그림2-3) 접지 설계 구조

표2-3. 접지 설계 계산치

대지저층 구조 분석	설계 사양	계산 접지저항
수평지층구조	XIT 서지저감 접지봉 6m X 12sets + Mesh 접지 (63mX45m - 간격:9m)	1.9ohm
수직지층구조		1.7ohm
비고	현장 측정치 적용	

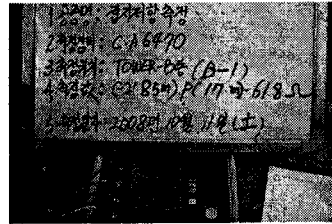
2.3 접지저항 측정 및 오차 분석

(표2-3)의 설계사양에 따라 적용된 접지방식과 설계 사양대로 현장에 시공하여 측정된 결과치를 각각의 접지 설계와 비교하여 오차값을 확인하였다.[4-5],[9] (그림2-4)는 현장의 접지공사작업을 보여준다.



(a) 접지봉 매설 (b) 접지저감제 타설
(그림2-4) 보링 접지공사

설계 시공된 접지저항과 지층구조 유형별로 분석 설계된 접지저항 계산치와의 설계 및 시공 오차를 확인하기 위하여 시공 결과를 비교 연구하였다. [1-2],[4][9]. 접지저항의 측정은 IEEE에 규정된 3-점 전위차 측정법으로 측정하였으며, 측정장비는 IEEE, NEC 규정을 만족하는 접지저항 측정기 CA6470 이용하였다[1]. (그림2-5)는 시공된 접지저항의 측정치를 보여준다.



(그림2-5) 접지저항의 측정치

(표2-4)는 현장에서 실측된 접지 저항치와 지층 유형별로 분석된 계산 접지저항을 보여준다.

(표2-4) 접지저항치의 비교표

구분	대지 지층 구조	접지저항	오차	오차율
설계계산치	수평지층구조	1.9ohm	0.3ohm	15.8%
	수직지층구조	1.7ohm	0.1ohm	5.8%
결과치	-	1.6ohm	-	-
비고	측정방법: 3-점 전위 강하법, 측정장비:CA6470			

보는 바와 같이 대지저층 구조별로 계산된 접지저항값과

실제 시공결과치가 서로 다르다.
 현장 대지저항구조의 분석 유형의 선택에 의해 설계오차를 크게 줄일 수 있다.
 대지저항물의 지층 구조 유형을 실제 토양 구조와 유사하게 모델링하기 위해서는 다양한 형태의 지층구조유형을 검토 분석하여 시뮬레이션하고 각각의 지층구조의 분석 오차를 최소화하여야 한다[2].
 그리고 대지저항물의 대지구조 유형의 적절한 선택을 통해 전도성이 높은 지층 구조를 구분하여 접지설계에 반영하면 성능과 경제성 그리고 효율성을 지닌 접지시스템을 설계할 수 있다. [1],[4-9].

3. 결 론

본 논문에서는 다양한 형태의 대지저항 구조에 대한 분석 방안을 연구하기 위해 가장 일반적으로 사용하는 수평지층구조를 이용하여 수직지층 대지구조와 분석을 비교 하였고, 상호간의 분석 오차도 확인하였다. 또한 대지구조 유형별로 분석된 데이터를 접지설계에 적용 접지저항을 계산하였고, 설계된 사양으로 현장에 시공하여 결과 값을 실측하여 비교하였다.
 본 논문의 연구 현장에서는 실측 확인된 시공 결과치와 접지 설계치를 비교해 보면 수직 지층 구조의 분석이 더 정확함을 알수 있었다.
 본 연구의 결과를 통해보면 현장의 지층구조는 분석 유형에 따라 실제와 큰 차이를 나뉘을 알수 있다.
 따라서 대지저항물 분석에서 다지층 분석뿐만 아니라 대지저항 구조의 유형분석도 접지설계의 오차를 줄이는 매우 중요한 요소임을 확인하였다.[9]
 따라서 현장에 맞는 신뢰성 있고 효율적인 접지시스템 설계를 위해서는 측정 현장 맞는 대지저항 구조 유형의 다양한 분석방법에 대하여 연구할 필요가 있으며, 지층구조의 유형과 지질 특성에 맞게 적용된 접지 설계는 시공시 오류와 경제적 낭비를 줄여 최상의 접지시스템 구축에 기여하게 될 것이다.
 추후 연구는 외부 환경 변화에 따른 대지저항 구조 유형 분석의 오차에 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, "3-가지 접지방식에 대한 접지특성비교", 전기학회 논문지, p1293~1296, 1999.
- [5] 최세하, "알기쉬운 접지기술 실무", 진한도서. 1998
- [6] 高橋建彦, 이형수역. 接地技術入門, オ-ム 社, 동일출판사, 1995
- [7] XIT 접지시스템, 한국XIT(주) 2003.
- [8] "The IEEE Green Books", IEEE Std 142-1991, IEEE Inc,
- [9] 조대훈, 이기식. "접지설계의 신뢰성 개선을 위한 다지층 대지저항물 분석에 관한 연구", 2004년 대한전기학회 하계학술대회 논문집 p40~45.