

1차원 및 2차원 대지비저항 측정에 의한 접지설계 비교

한성구 · 조대훈 · 정철희 · 류청희
노이즈 프리미어 랩(주)

A Comparison study on Grounding design by 1-Dimensional and Soil 2-Dimensional Electrical Resistivity Subvey

Seong-Gu Han·Daehoon Cho·chulhee Jung·cheonghee Lyu
Noise Premier Lab Co. Ltd

Abstract - 대지비저항의 측정 분석에 주로 사용되는 4-점 Wenner 전극법이며 1차원 측정법을 이용한다. 1차원 측정방법은 방법이 간편하며 경제적이지만, 측정방법이 기본적으로 특정한 대지구조를 갖는다고 가정하고 분석하므로 실제의 대지구조와 측정하여 분석한 대지구조 모델이 차이를 갖게 되고, 이로인해 접지설계와 실제시공 결과 사이에 오차가 발생하게 된다. 본 연구에서는 1차원 및 2차원 측정법을 이용하여 분석된 대지구조모델을 이용하여 접지시스템 설계를 수행하였고, 이 결과를 실제현장에 시공하여 각각의 특성을 비교 분석하였다.

및 수평탐사의 측정 방법

실험 부지에서 4-점 Wenner 전극법을 이용한 1차원 대지비저항 수직탐사는 각 탐침의 간격을 1m 씩 증가하여 측정하였으며, 수평 탐사는 탐침 사이의 간격은 6m로 고정하고, 측선에서 왼쪽 끝쪽의 전류 탐침에서 1m씩 증가하여 측정한 후 (표1) 과 (표2)의 측정 데이터를 얻었다.

〈표 1〉 1차원 대지비저항수직탐사의 현장측정데이터

구분 간격(m)	측정치(Ω)	겉보기 대지비저항률 (Ω.m)
1	44.08	276.85
2	22.84	286.92
3	19.00	357.93
4	17.53	440.35
5	14.97	470.21
6	13.29	500.82
7	12.84	564.26
8	11.58	581.85
9	10.56	597.07
10	9.58	601.31

1. 서 론

설비의 통합 네트워크화 되는 전자계 설비의 안정적 운용 및 보호를 위한 현장에 맞는 접지시스템의 설계 시공의 필요성은 날로 증가하고 있다.

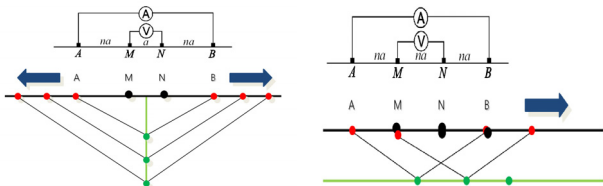
접지시스템 설계에 있어 가장 중요한 대지구조 분석 모델링을 위한 대지비저항 측정방법으로는 1차원 측정, 2차원 측정 그리고 3차원 측정방법으로 나누어진다. 이러한 측정법의 활용은 접지설계뿐만 아니라 건축·토목분야 및 지하수, 산사태, 터널, 공동구, 댐등의 지질구조를 조사등의 광범위한 적용이 가능하며, 적용분야가 넓다는 장점과 위험물을 사용하지 않고 지표면 위에서 손쉽게 측정이 가능하다는 장점이 있다. 지금까지 접지설계를 하는 경우 대지를 균일한 1층 구조로 보고 여러가지 계산을 하였다. 그러나 균일한 1층 구조의 대지란 그리 흔하지 않으며, 보통은 여러 층으로 형성되어 있고, 또 경사층이나 굴곡되어 있는 경우가 많다. 일반적으로는 대지를 수평인 층모양(層狀)구조로 생각하여 취급하고 있다. 접지설계에 있어서는 대지구조의 정확성이 높으면 높을 수록 보다 정확한 대지비저항을 파악할 수 있고, 더 신뢰성있는 접지설계가 가능해진다.[3]

본 연구는 종래의 1차원 대지비저항 측정 방법과 2차원 대지비저항 측정방법을 이용하여 대지구조 모델을 분석하고, 그 모델을 적용하여 접지설계를 수행한다. 또한 설계된 모델을 현장에 시공하여 결과를 비교분석하여 최적의 접지설계 적합한 대지비저항 측정법의 제안할 것이다. 측정 및 시공을 위한 연구 장소는 경기도 군포시 속달동 27번지 필지에서 수행하였으며 측정장비는 미국 AIG社의 8채널 대지비저항 측정기 SuperSting R8을 이용[5]하였고, 대지비저항 측정 배열은 주로 사용되는 4-점 Wenner전극법으로 측정[1]하였다. 동일한 장소에 동일한 길이인 30m 길이로 측정을 위한 측선을 설정하여 수행하였다.

2. 본 론

2.1 1차원 대지비저항 수직탐사 및 수평탐사의 측정 및 분석

1차원 대지비저항 수직탐사법은 대지비저항에 의한 대지가 수평적인 구조로 가정하고, 측정 범위의 중심으로 부터 각각의 전극 간격을 순차적으로 증가시키면서 측정하는 방법이다. 1차원 수직탐사 방법은 수직적인 대지비저항의 정보를 얻는다. 그리고 1차원 대지비저항 수평탐사법은 대지가 수직적인 구조로 가정하고, 전류 보조전극의 한 쪽 끝을 기준으로 하여 동일 간격을 이루어 전극 전체를 이동하여 측정하는 방법이다. 1차원 수평 탐사 방법은 수평적인 대지비저항의 정보를 얻는다.



〈그림 1〉 4-점 Wenner전극법을 이용한 1차원 대지비저항 수직탐사

〈표 2〉 1차원 대지비저항수평탐사의 현장측정데이터

구분 거리(m)	측정치(Ω)	겉보기 대지비저항률 (Ω.m)
1	11.7510	443.0200
2	11.0920	418.1600
3	10.3560	390.4100
4	11.6110	437.7100
5	11.4600	432.0200
6	13.2590	499.8400
7	12.0730	455.1300
8	12.2570	462.0700
9	11.7340	442.3700

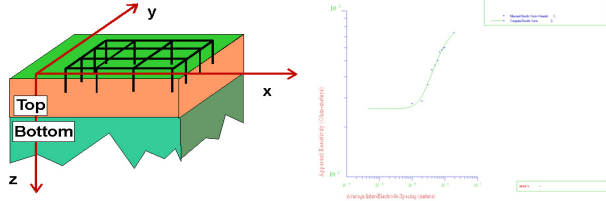
현장데이터를 이용한 대지구조 분석은 CDEGS RESAP 모듈[4]을 이용하였고, (표3)과 (표4)는 그 결과이다.

1차원 수직탐사법 자체의 가정을 통하여 대지구조를 층상구조의 수평지층구조로 분석하였으며, 1차원 수평탐사법도 탐사법 자체의 가정을 통하여 대지구조를 수직지층구조로 분석하였다. (표3)은 4-점 Wenner 전극법을 이용한 1차원 대지비저항 수직탐사의 분석결과로써 수평 2-지층의 대지구조로 분석이 되었으며,(그림2)는 그에 따른 결과 그래프를 나타낸다.

(표4)는 4-점 Wenner전극법을 이용한 1차원 대지비저항 수평탐사의 결과값이고, 분석된 대지구조는 수직의 2-지층 구조이며, (그림3)은 그 결과 그래프를 나타낸다.

〈표 3〉 1차원 수직탐사의 대지구조 분석 결과데이터

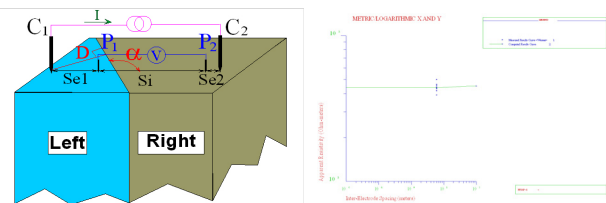
지층 Layer	지층별대지저항률 (Ωm)	지층별두께(m)	Error (%)
ρ 1	257.90	2.16	3.45
ρ 2	838.18	infinite	



〈그림 2〉 1-차원 수평탐사의 분석 결과 모형 및 결과 데이터

〈표 4〉 1차원 수평탐사의 대지구조 분석 결과데이터

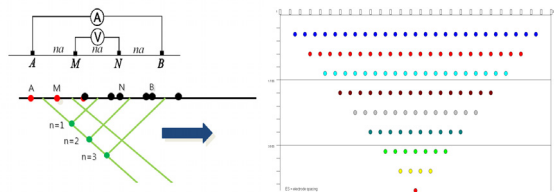
지층 Layer	지층별 대지저항률 (Ωm)	기준에서 경계면까지 거리(m)	지층 각도(°)	Error (%)
ρ 1 (Left)	438.14	11.44	0.01	6.40
ρ 2 (Right)	464.18			



〈그림 3〉 1-차원 수평탐사의 분석 결과 모형 및 결과 데이터

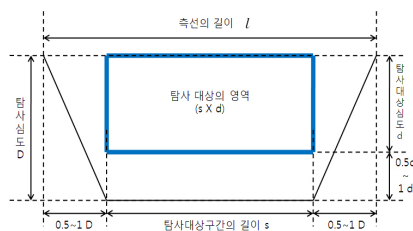
2.2 2-차원 대지비저항 탐사의 측정 및 분석

4-점 Wenner 전극법은 (그림4)와 같이 전극간의 간격과 전극의 중심위치를 변화시켜 측선을 따라 이동하면서 측정하는 방법이며, 수직적이고 수평적인 대지 하부의 정보(ρ(x,z))를 얻는 방법이다.



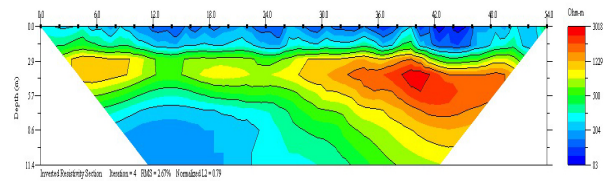
〈그림 4〉 4-점 Wenner전극법을 이용한 2차원 대지비저항 탐사의 측정 방법 및 가단면도(pseudo-section)

2차원 대지비저항 탐사에서는 탐사 대상의 영역을 설정하여 탐사하여야 한다. (그림 5)에서와 같이 파란색부분에서 획득된 자료가 신뢰성이 높은 자료이므로 1차원 측정과 동일한 장소에 측선 30m가 탐사 대상의 영역안에 포함이 되도록 측선을 설정하여 수행하였다.



〈그림 5〉 신뢰성이 높은 2차원 대지비저항 탐사대상의 영역 범위

(그림 6)은 4-점 Wenner전극법을 이용한 1차원 대지비저항 수직탐사의 역산 결과 데이터이다. 붉은색 계통일수록 그 부분의 대지비저항이 높은 것을 알려주고, 푸른색 계통일수록 그 부분의 대지비저항이 낮은 것을 알 수 있다.



〈그림 6〉 4-점 Wenner전극법을 이용한 2차원 대지비저항 탐사의 결과 데이터

(그림 6)에서 수평선에서 12m~42m에 1차원 측정과 동일한 측선 30m가 탐사 대상의 영역안에 포함되어 있다.

2.3 1차원 및 2차원 대지비저항 결과에 따른 접지 설계

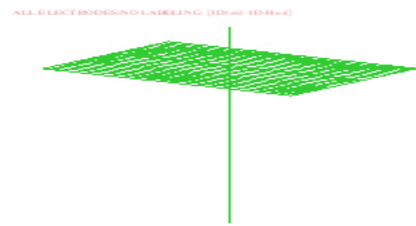
본 연구에서는 접지설계의 오차를 줄이기 위한 방법으로 신뢰도가 높은 대지비저항에 대한 정보를 접지설계에 이용하는 핵심으로 제시한다. 따라서, 측정된 1차원 수직, 수평 데이터와 2차원 대지비저항의 데이터를 이용하여 각각의 대지비저항 데이터를 가지고 동일한 모양의 접지설계를 수행하고, 그에 따른 접지저항 값을 비교하여 접지설계의 최적의 정확도와 신뢰성을 높이는 방법을 제시한다.[6]

특히 2차원 대지비저항 데이터를 이용한 접지설계는 2차원 결과 데이터를 이용하여 XIT 관형봉이 위치하게 되는 부분의 데이터를 추출하여 접지설계에 이용가능한 등가구조로 변환하였다.(표5)

접지 설계에 적용된 XIT 관형 서지저감 방사침 접지봉은 지름-Ø54, 길이-1.2m이고 높이 1/3지점에 지름 50cm의 방사판이 부착되었고, 측선의 중앙을 중심(15m지점)으로 0.75m 지하로 터파기를 실시 하는 것을 가정한 후에 (그림7)과 같이 설계하였다.

〈표 5〉 접지설계에 적용될 2차원 대지비저항 결과 데이터

지층 Layer	지층별 대지저항률 (Ωm)	지층별두께(m)	Error (%)
ρ1	191.00	1.45	2.67
ρ2	308.00	2.22	
ρ3	480.00	infinite	



〈그림 6〉 XIT 관형봉의 접지설계 구조

대지구조 모델은 (표3), (표4), (표5)를 적용하였고, CDEGS MALT 모듈[4]에 의해 접지 설계를 수행하였다. 엔지니어링 시뮬레이션을 통해 (표 6)과 같은 접지저항값을 구하였다.

〈표 6〉 접지설계에 적용될 2차원 대지비저항 결과 데이터

대지구조모델		설계사양	계산접지저항
1D	수평구조	XIT 관형봉 (Φ54 X1.2m, 0.5m 방사판)	32.3 Ω
	수직구조		101.5 Ω
2D	수평구조		55.5 Ω

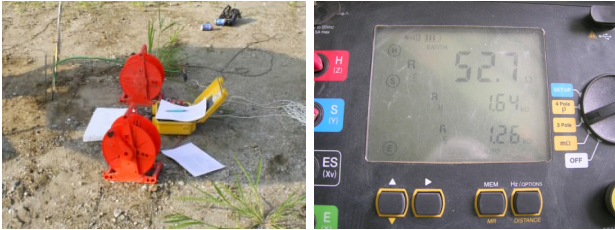
2.4 CDEGS 접지 설계에 따른 접지 시공 및 측정

(그림 6)과 같이 설계사양에 따라 적용된 접지봉과 CDEGS 설계구조와 동일하게 현장에 시공하였다.



〈그림 6〉 XIT 판형봉의 접지설계에 의한 현장시공

시공한 현장에서 접지저항의 측정은 IEEE에 규정된 3-점 전위차 측정법으로 측정하였으며, 측정장비는 IEEE, NEC 규정을 만족하는 접지저항 측정기 CA6470 이용하였다[1]. (그림 7)은 시공된 접지저항의 실제 측정치를 보여준다.



〈그림 7〉 XIT 판형봉의 현장시공에 의한 접지저항 실제 측정치

시공결과치와 설계 오차는 (표6)과 같다.[7],[8]

〈표-6〉대지구조모델에 따른 접지저항 결과 비교표

대지구조모델		계산 접지저항	실측접지저항	오차	오차율
1D	수평구조	32.3Ω	52.7 Ω	20.3Ω	38.6%
	수직구조	101.5Ω		48.8Ω	92.6%
2D	수평구조	55.5Ω		2.8Ω	5.4%

3. 결 론

본 논문에서는 1차원 및 2차원 대지비저항 측정을 통한 대지구조모델의 유형을 분석하여, CDEGS MALT 모듈[4]에 의해 접지시스템을 설계하였고, 실제 현장 시공을 통해 접지저항을 실측 비교하였다. 지층구조에 따라 대지비저항을 실제 토양 구조와 유사하게 모델링하기 위해서는 현재 주로 쓰이고 있는 1차원 대지비저항 측정법보다는 2차원 대지비저항 측정법이 분석 오차를 최소화할 수 있으며, 접지 설계 오차의 최소화 및 최적화통해 시공 오류를 줄일 수 있고, 정확성과 신뢰성을 크게 높일 수 있음을 확인하였다.

향후에는 3차원 대지비저항 측정 방법과 분석 결과를 접지설계에 이용할 수 있도록 하는 적용방법에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 한국에너지기술평가원 전력산업연구개발사업의 세부1과제 “대지구조해석을 기반으로 하는 신개념 접지설계 기술 개발”에 의하여 이루어진 연구로써, 관계부처에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE Std. 81-1983, “Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Groud System”.
- [2] 高橋建彦, 정종욱역. 접지·등전위본딩 설계 실무지식, 성안당, 2004.
- [3] 高橋建彦, 이형수역. 接地技術入門, オーム社, 동일출판사, 1995
- [4] SES社 (Safe Engineering Services & technologies Ltd.), CDEGS(Current and Soil structure analysis) Software 사용자 지침서, Version 97 for Windows.
- [5] AIG社 (Adanced Geosciences, Inc.), Instruction Manual, 2005.
- [6] 조대훈, 이기식. 정철희, 이용호 “대지저항구조의 분석유형에 따른

접지성능 비교 평가”, 2009년.전기설비전문위원회 춘계학술대회 논문집, p.80.

- [7] 신동호, 김용, 정철희, 조대훈, 김필수, “3-가지 접지방식에 대한 접지특성비교”, 전기학회 논문지, p1293~1296, 1999.
- [8] 조대훈, 이기식. “접지설계의 신뢰성 개선을 위한 다지층 대지저항 분석에 관한 연구”, 2004년 대한전기학회 하계학술대회 논문집 p40~45.