

실증시험장 구축에 의한 접지전극별 접지저항 평가 및 시뮬레이션 데이터 비교 해석

한운기, 정진수, 안재민, 조대훈  
 전기안전연구원 설비안전팀, Noise Primer Lab

Analysis On Simulation and Earth Resistance Evaluation By Type of Earth Rods in the Construction Grounding Testing Site

Woon-ki Han, Jin-Su Jung, Jae-Min Ahn, Dae-Hun Cho  
 KESCO-ESRI, Noise Premier Lab

**Abstract** - 국내에 사용되고 있는 접지전극을 바탕으로 표준화된 실증시험장을 구축하였다. 구축된 시험장의 대지저항을 측정하여 프로그램(CDEGS)을 이용한 시뮬레이션을 실시하였으며, 실증시험장의 접지전극을 IEEE Std-81.2에 의한 시험설비를 구축하여 접지저항을 측정하였으며, 시뮬레이션 데이터와 비교분석하였다. 실험결과 접지전극이 클수록 시뮬레이션 데이터와 측정값이 일치하였다. 대규모 접지전극의 경우 시뮬레이션 데이터로 접지전극의 경제적 설계가 가능함을 알 수 있었다.

서는 탄소전극, 평판전극, 환형전극, 보링전극(30[m]) 등의 다양한 구조와 Mesh구조가 결합 및 평가를 할 수 있도록 만들었다.

1. 서 론

현대의 접지시스템구축 기술은 대규모 통합접지시스템화 되면서 접지전극의 규모가 대형화되고 있다. 정보통신, 산업현장의 설비에서 일반적인 전극의 크기 까지 대형화 추세이며, 접지저항의 요구값 또한 매우 낮게 시공을 요구한다. 과거의 인명피해를 방지하기 위한 개념의 접지전극은 시스템화 방식으로 변경되면서 복잡한 양상의 매우 낮은 저항의 접지시스템으로 발전되었다.

본 연구에서는 대규모 접지시스템의 접지전극 설계 및 시공시 유용하게 이용되는 프로그램의 정확성을 알아보았다. 표준화된 실증시험장에서 국내 일반적으로 사용되고 있는 접지전극에 대한 접지저항값을 평가하였으며, 실증시험장의 대지저항를 측정하여 프로그램(CDEGS)을 이용한 시뮬레이션 해석을 하였다. 표준화된 실증시험장의 데이터를 기반으로 평가된 결과는 접지시공시 이용되는 프로그램의 정확한 평가로 Human Error의 최소화로 경제성 향상에 기여할 것으로 예상된다.

2. 실증시험장구축

2.1 시험장 구성

대규모 전극용 실증시험장은 그림 1과 같은 형태로 구성하였다. 크게 2구역으로 구분하였으며 전극간의 상호 간섭 및 대규모의 전극에서 발생할 수 있는 조건들을 모의 할 수 있도록 구성되었다.

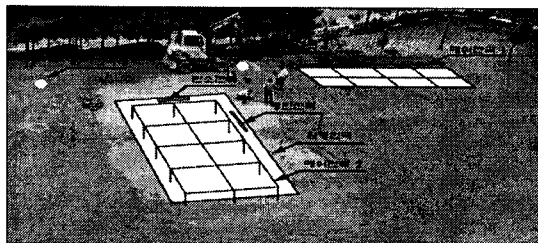


그림 1. 실증시험장 외형

그림 2는 실증시험장 구성도 이다. 1구역에서는 일반적 단일 Mesh와 보링(15[m]) 전극으로 구성되었고, 2구역에

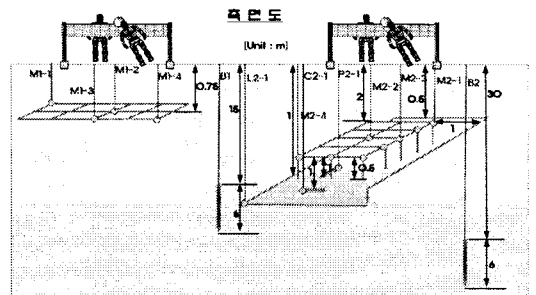


그림 2. 실증시험장 축면도

표 1. 실증시험장 전극 구성도

기 호	전 극	비 고
M2 - 1	Mesh 2 - point 1	Mesh Rod
M2 - 2	Mesh 2 - Point 2	
M2 - 3	Mesh 2 - Point 3	
M2 - 4	Mesh 2 - Point 4	
B2	Boring 2 - Point	Boring Rod
L2	Loop - Point	Copper Wire Rod
C2	Carbon - Point	Carbon Rod
P2	Copper Plate - point	Copper Plate Rod

2.2 시험장 시공과정

보링공법에 의한 접지전극 시공은 관정(Tubular Well)에 사용된 기법이다. 최근의 접지전극 시공은 지표면의 대지저항률이 높은 지역에 관정시추용 장비를 이용하여 지표면 15~100[m] 정도의 깊이에 접지전극을 시공하여 접지저항을 저감시킨다.



그림 3. 보링전극 시공과정

Mesh전극의 구성은 나동선을 이용하여 지표면에 접속시켜 접지전극을 만든다. 일정 깊이를 굴착한 후 토질의 여건에 따라 다양한 전극과 접속시켜 시공한다. 일반적으로 Mesh전극은 보링전극 및 봉전극과 혼합하여 시공

한다. Mesh전극은 깊이 0.75[m]와 2[m] 2가지 종류로 구축하였고 탄소전극, 평판전극을 중간부에 접속시켜 향후 써지 방사성능 검증이 가능하도록 도선을 인출하였다.

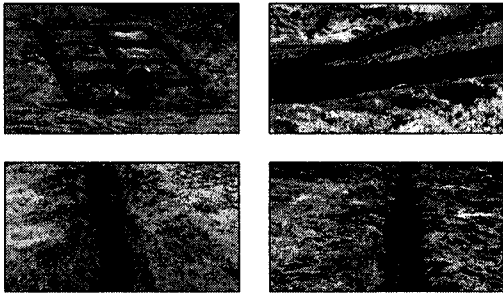


그림 4. 매쉬전극 및 그 외 전극 시공과정

### 3. 실험결과

#### 3.1 전극별 접지저항 실측 결과

국내에 시공되고 있는 접지전극을 대상으로 접지저항을 측정하였다. 본 실험은 IEEE std.81-2와 JEAS의 규격을 충족시켜 전위 및 전류전극을 설치하여 접지저항을 측정하였으며 전위 및 전류전극의 거리 및 각도를 조정하여 접지저항을 측정한 결과를 비교분석 하였다[1]. 그림 5는 접지저항측정에 이용된 장비 및 장치이고 그림 6은 측정방법이다. 그리고 표 2는 장치구성에 사용된 시방이다[2,3].



그림 5. 접지저항측정 사용 장비

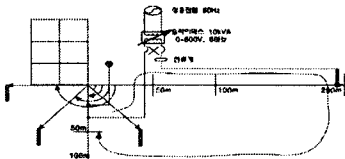


그림 6. 접지저항 측정 방법

표 2. 실험장치 구성

항목	내용	비고
측정대상	매쉬+보링전극	매쉬전극 6[m]*12, 깊이 2[m] 보링전극 깊이 15[m]
IEEE Std.81-2 장치구성	슬라이더스	10[kVA]
	쌍무스위치	3P, 50[A]
	전류, 전압계	데버트론 3000 내부저항 100[MΩ]
	리드선	100[m] 8Roll, 3.5[m]
비교시험용 정밀 접지 저항계	모델	CA 6470(샤빈, 프랑스)
	인가주파수	41~512[Hz]
	인가전압	16, 31[V]
	보조전극 최대저항	100[KΩ]
보조전극	대지전압	최대 60[V] Peak
		특수 제작용 봉

그림 6~9는 접지저항 측정결과이다. Mesh 1에서 12.5[Ω], Mesh 2에서 7.5[Ω], 보링전극 2에서 6.5[Ω], 탄소전극에서 81[Ω]로 나타났다.

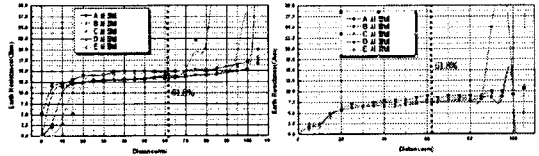


그림 6. Mesh1 전극접지저항 그림 7. Mesh2 전극 접지저항

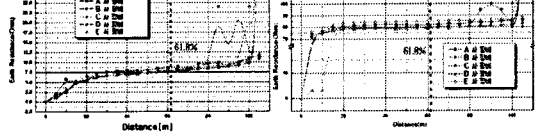


그림 8. 보링전극 접지저항 그림 9. 탄소전극 접지저항

#### 3.2 시뮬레이션 결과

측정방법은 CA 6470을 이용하여 Wanner 4전극법(Wanner 4-Point Method)으로 측정 분석하였다. 시뮬레이션 이용 툴(Tool)은 CDEGS(CANADA, SES, 2003)를 이용하였다. 해석결과 그림 9와 같이 나타났다. 지층의 상층은 두께 1.12[m]의 약 77[Ω·m], 하층은 200[Ω·m] Infinite의 구조로 이루어졌다.

표 3은 시뮬레이션에 의한 접지전극별 접지저항값 예측 결과이다. Mesh 2에서 7.7[Ω], 보링전극에서 6.7[Ω], 탄소전극에서 45.6[Ω]로 나타났다.

현장	측정 거리 (m)	속령치 (Ω·m)		계산 대지저항률 (Ω·m, M)		1.12METERS	Infinite
		1차	2차	1차	2차		
실측 시뮬레이션 현장	1	14.2	18.1	89.2	113.7		
	2	7.1	10.8	89.2	135.7		
	4	5.1	6.2	128.4	155.0		
	8	4.8	3.6	242.7	178.9		
	16	2.2	1.7	223.1	170.8		
	확인사항	4-점 Wanner 측정법 적용					

그림 9. 대지저항률 측정 및 지층구조 해석결과

표 3. 시뮬레이션 해석결과

접지분류	접지설계	접지 저항
MESH + 일반동봉접지	Mesh(6mX12m, 간격:3m) + 일반동봉X 14개	7.7 Ω
MESH 접지	Mesh(6mX12m, 간격:3m)	6.9 Ω
평판전극리치	8mX14m, 길이:1m	7.0 Ω
XIT 권선 전극	가로X세로 = 0.3mX1m	30.2 Ω
평판전극	길이 - 1m, 시를 - 0.2m	45.6 Ω
XIT 서지저감 보링접지	XIT 서지저감 접지용 - 평균 15m X 1 Sets	11.2 Ω
XIT 서지저감 보링접지	XIT 서지저감 접지용 - 전경 30m X 1 Sets	6.7 Ω
확인사항	현장 대지저항률 측정해의한 접지설계, CDEGS MART 모듈 상층 - 77.12ohm.m / 하층 - 200.5ohm.m	

### 4. 결론

표준화 실증실험장을 바탕으로 접지전극별 실측데이터와 시뮬레이션 데이터를 비교분석한 결과 매쉬전극에서 7.7과 7.9[Ω], 보링전극에서 6.5, 6.7[Ω], 탄소전극에서 81, 45[Ω]로 소형전극을 제외하고 오차율이 약 3%미만으로 근접하게 나타나 접지시스템 경제적 설계시 매우 유용함을 알 수 있다.

#### [참고 문헌]

- [1] IEEE Std.81, IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System, 1983
- [2] 電気設備技術基準解釋, 早わかり, 坪城15年 改正版, Ohmsh
- [3] XIT 접지시스템 '접지 기술 이로서'
- [4] IEEE std 142-1991 'IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, Green Book, 1992, IEEE, Inc