



# 접지용 핵심기술 대지고유저항 분석시스템 개발 및 활용

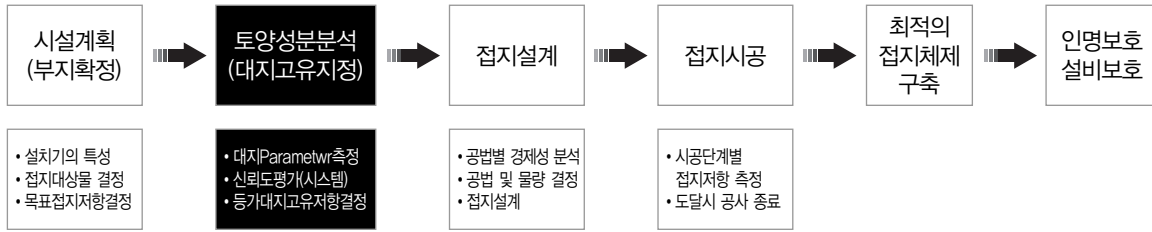


반 석 걸  
KEPCO 기술본부 전력 IT추진처 부장

KEPCO는 접지에 있어 핵심기술인 대지고유저항 분석시스템 및 지역별 대지고유저항 Mapping 기술을 개발하여 공익기관으로서 보유자원을 사회에 환원하기 위하여 지난 9월부터 KEPCO 홈페이지를 통하여 전력산업계 및 국민을 대상으로 무료 서비스를 실시

하고 있다.

접지 Process는 ▲시설물 부지 확정 ▲토양성분 분석(대지고유저항) ▲접지공법 선정 ▲시공 등으로 이어지는 Process과정에서 토양성분인 대지고유저항에 따라 크게 좌우된다.



〈 최적의 접지체제 구축 흐름도 〉

대지고유저항 분석기술은 기존에는 전문가만 분석할 수 있었으나, KEPCO에서 개발된 기술은 전문가뿐만 아니라 실무종사자도 적용 가능한 자동 분석시스템이다. 기술의 개발개요 및 활용방안에 대해 소개한다.

## ■ 접지의 개념

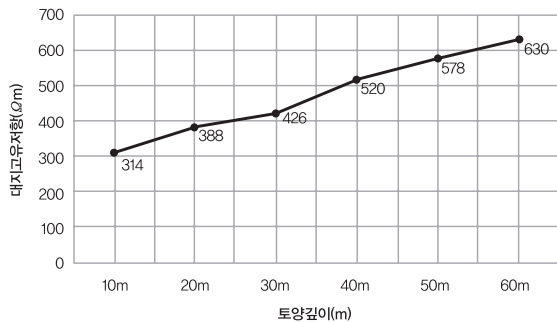
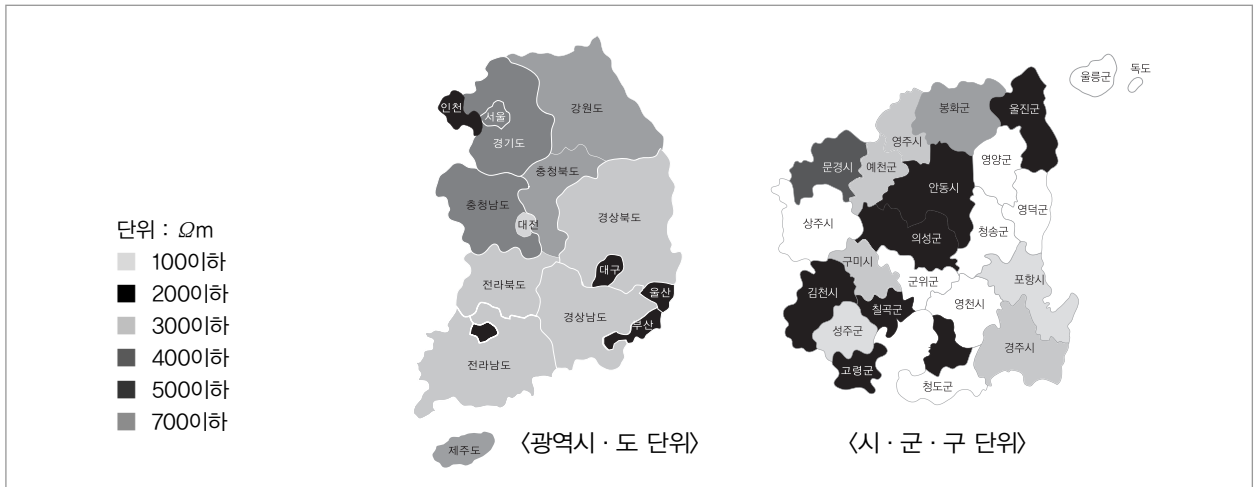
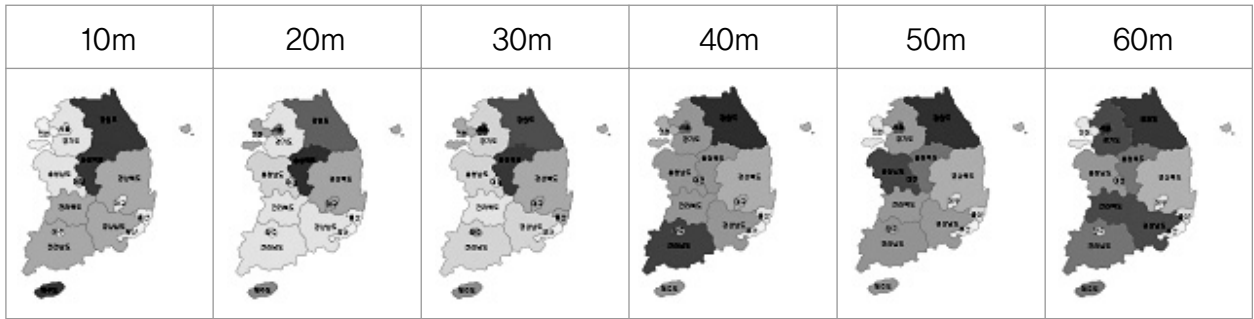
낙뢰와 누전으로 인한 인명, TV 등 전자제품 및 설비의 피해를 예방하기 위해 필수적으로 시공해야 하는

것이 접지이다.

접지의 목적은 인명 및 가축의 안전을 확보할 뿐만 아니라 전기, 전자, 통신 및 각종 제어기기의 손상 방지와 안정적 운용에 있다. 이를 위해 접지설계 단계부터 설치기기의 특성, 시공위치의 지질 특성(대지고유저항값) 및 외부환경 등을 고려한 신뢰성 있는 설계를 통해 안전하고 경제적인 최적의 접지시스템을 구축하여야 한다. 또한 목표 접지저항값과 대지고유저항값에 상응하는 접지공법, 접지공사용 자재의 선택까지 전반적인 특성이 반영되어야 한다.

【표 1】 대상설비별 접지저항기준 (예시)

접지종별	접지저항	대상 설비 또는 기기
제1종	10Ω 이하	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피뢰기</li> <li>• 특고압 주상변압기 외함과 중성점 (다중접지계) ※ 주상 또는 접근우려가 없을 때 25Ω 이하</li> <li>• 특고압 기기류의 외함 (옥내, 지상, 주상설치)</li> <li>• 고압기기류의 외함 (옥내, 지상설치)</li> <li>• 철탑, 강관주 (고압, 특고압선로용)</li> <li>• 보호망 (직교류전차선 아래, 특고압선 교차)</li> </ul>
제2종	[150 / I]Ω 이하 (I는 1선지락전류)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고압 주상변압기 외함과 중성점 (비접지계)</li> </ul>
제3종	100Ω 이하	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고압기기류의 외함 (주상)</li> <li>• 400V미만 저압기기의 외함 (옥내, 지상설치)</li> <li>• 보호망, 보호선 (약전류전선 교차)</li> <li>• 철탑, 강관주 (400V 미만 저압)</li> <li>• 완철 (고압, 특고압용)</li> <li>• 가공케이블 조가선, 차폐선 (저압, 고압, 특고압용)</li> <li>• 다중접지 중성선 및 저압선의 접지축 전선</li> </ul>
특별 제3종	10Ω 이하	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 400V 초과 저압기기의 외함 (옥내, 지상설치)</li> </ul>



【그림 1】 우리나라 토양 깊이별 대지고유저항 분포도

### ■ 시설계획단계 - 목표접지저항 결정 및 부지확정

시설계획 단계에서는 우선, 설치기기의 특성 및 목표 접지저항을 결정하여야 한다.

부지 선정 단계에서는 대지고유저항이 적은 지역을 찾기 위하여, KEPCO에서 개발하여 서비스되고 있는

실시간 지역별 대지고유저항 분포현황(KEPCO 시스템 참고)을 참고로 부지를 선정하여야 한다.

이번에 실시되는 전국 대지고유저항 Mapping 서비스는 대지고유저항 분석시스템에 축적된 자료를 활용하여 전국의 대지고유저항 값 중에서 가장 많이 활용되고 있는 토양 지층 심도별 6개 유형(10m, 20m, 25m, 40m, 50m, 60m)을 실시간으로 제공하며, 전국 광역 시·도 및 시·군·구 단위별 전국 대지고유저항 분포도를 함께 제공하여 일반 사용자가 보다 쉽게 활용할 수 있도록 했다.

KEPCO 대지고유저항 데이터를 활용하여 우리나라 토양 깊이별 대지고유저항 분포 현황을 살펴본 결과, 우리나라 토양은 지하심도가 깊어질수록 대지고유저항이 커짐을 알 수 있었다.

## ■ 대지고유저항 결정단계 - 시스템 개발 및 활용

시설물 부지선정이 완료되면 접지장소를 선정하여야 하는데, 대지고유저항이 가장 적게 나오는 지점을 접지 장소로 선정하여야 한다.

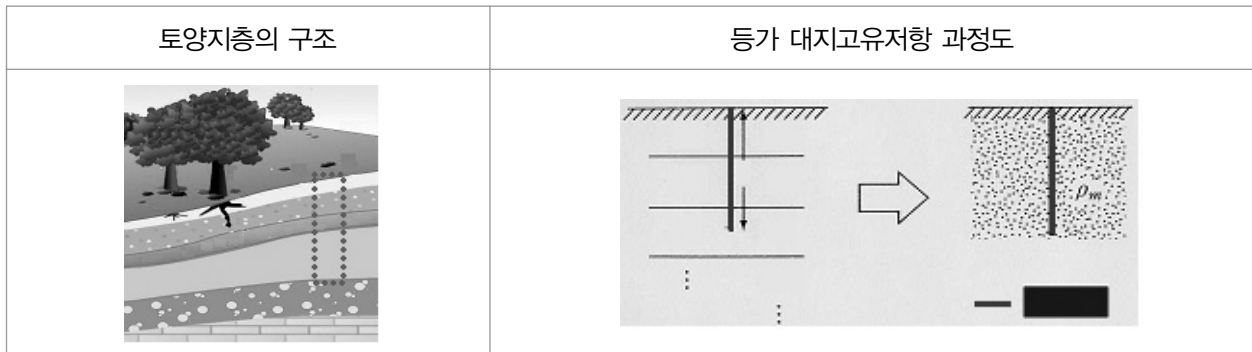
대지고유저항이란 모래, 암반 등 각각의 토양성분이 가지고 있는 고유의 저항성분을 의미하며, 우리나라의 경우는 단일지층이 아닌 다층구조의 지층으로 분포되어 있어, 각 지층별 분포높이 및 대지고유저항을 분석하여야 한다.

상기에서 분석된 Data를 접지에 적용하기 위해서는 접지공법별 시공깊이까지의 대지고유저항을 등가화하여야 하며, 각 지층별 분포두께 및 대지고유저항, 등가 대지고유저항을 구하는 방법이 핵심기술이다.

KEPCO에서 개발되기 전의 방식은 오랜 경험과 노하우를 가진 전문가만이 분석할 수 있으며, 분석 적정성 검토 자체가 어려웠다.

KEPCO에서 개발된 시스템(Internet 기반)의 특징은 다음과 같다.

- ① 세계에서 최고로 우수한 자동화 시스템 구현
- ② 전문가 뿐만아니라 일반인도 사용 가능
  - ☞ 다른 시스템(프로그램)의 경우 모델 보정이 수반되어 전문가만 사용 가능
- ③ 분석시간 : 측정자료 입력 즉시(약 1분 이내)
- ④ 현장에서 측정자료의 신뢰성 분석 가능(무선 Internet 접속 가능)
- ⑤ 분석 신뢰도 향상 및 경제적인 공법 선정을 통한 접지비용 절감(약 12~38%)
- ⑥ 웨너(Wenner) 또는 슬럼버져(Schlumberger)배열방식만 분석기술 제공



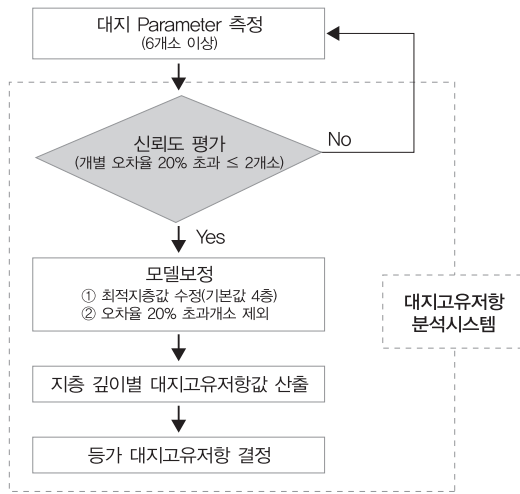
【그림 2】 토양구조 및 등가화 과정

지층 두께 및 대지고유저항 ( $h_1, h_2, h_3 \dots$ ) / ( $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ )					등가 대지고유저항값 ( $\rho_m$ )											
층번호	전기 비저항 (Ohm-m)	층 두께 (m)	총상부까지 심도 (m)	층구조	등가 심도 (m)	0.75	2.55	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1	239.435	2.521	0		등가 저항 (Ohm-m)	239	233	112	93	131	165	195	221	245	269	293
2	72.269	6.943	2.521		등가 심도 (m)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
3	708.909	28.872	9.464		등가저항 (Ohm-m)	316	338	358	378	396	414	430	446	461	475	489
4	1078.696	0	38.336		※범례 <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #cccccc; border: 1px solid black;"></span> : 실측자료 <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black;"></span> : 예측자료											

【그림 3】 KEPCO 대지고유저항 분석시스템 제공화면

◎ 대지고유저항 분석절차

대지고유저항 분석 흐름도는 다음과 같다.



대지고유저항 분석을 위한 상세 절차는 다음과 같다.

- 1) 전극간격별 대지고유저항 측정(웨너법 또는 슬럼버저법)
- 2) 측정자료 입력/분석 : 분석유형, 측정지점, 측정값 등 입력
- 3) 신뢰도 평가

발생 유형	조치 방법	오차판단기준
측정오차가 2개이하 발생시	오차발생분 제외 → 재분석	오차범위 20% 초과
측정오차가 3개이상 발생시	재측정	

4) 모델 보정

- ① 최적지층 선정(기본지층 4층)
- ② 오차율 20% 초과개소 제외

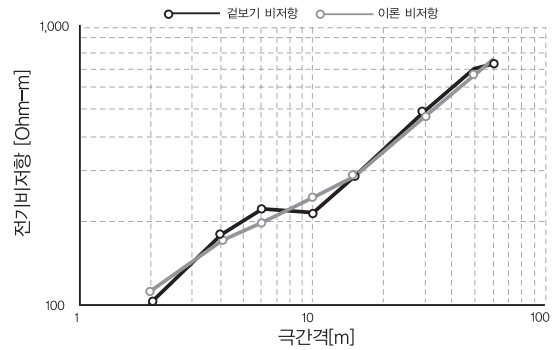
5) 지층별 두께 및 대지고유저항 확인

6) 등가 대지고유저항 결정(5m 단위)

측정일	2010-09-03	분석 유형	전력유도 계산
지번	인천광역시 남동구 120		
GPS 위도	-	GPS 경도	-
사업명	-	측정 지형	도심지
자료 개수	8	역산할 총 개수	6
자료 형식	Wenner		

[ 결보기 비저항 및 이론 비저항 값 ]

No	극 간격 (m)	측정 Potential (Ohm-m)	결보기 비저항 (Ohm-m)	이론 비저항 (Ohm-m)
1	2	8.19	102.919	110.419
2	4	7.08	177.94	169.513
3	6	5.84	220.163	196.782
4	10	3.38	212.372	241.486
5	15	3.08	290.283	291.332
6	30	2.61	491.973	470.347
7	50	2.21	694.292	675.638
8	60	1.95	735.133	756.759



[ 역산된 전기비저항 값 ]

층번호	전기 비저항 (Ohm-m)	층 두께 (m)	총상부까지 심도 (m)	층구조
1	55,524	1.176	0	
2	506,794	2.255	1.176	
3	149,111	4.809	3.432	
4	372,359	7.248	8.241	
5	2395,638	30.788	15.489	
6	1294,883	0	46.277	

등가 심도 (m)	0.75	2.55	5	10	15	20	25	30	35	40	45
등가 저항 (Ohm-m)	56	107	138	160	197	252	307	360	409	457	502
등가 심도 (m)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
등가 저항 (Ohm-m)	537	567	595	621	645	667	688	708	726	743	759

※법례 : 실측자료 (grey box) : 예측자료 (white box)

【그림 4】 KEPCO 대지고유저항 분석시스템 최종 출력화면

◎ 접지공법별 등가 대지고유저항 적용 깊이

- ① 접지봉 공법 : 2.55m (굴착 깊이[0.75m]+접지체 길이[1.8])
- ② 보링공법 : 경제성이 확보되는 깊이(1~100m)
- ③ 매설지선공법 : 0.75m(굴착 깊이)
- ④ 변전소 접지설계 : 154kV 변전소 15m, 345kV 변전소 20~25m, 765kV 변전소 60m

■ 향후계획

KEPCO에서는 전국 대지고유저항 Mapping 및 대지고유저항 분석시스템에 이어서 향후에는 접지설계 시스템을 개발하여 One-stop 서비스를 제공할 계획이며, KEPCO 접지기술 무료서비스를 통한 최소의 비용으로 최대의 효과 실현은 물론 인명 및 재산 보호에 크게 기여할 것이다. KEA

■ 접지설계 및 시공

접지설계 단계에서는 접지공법별 등가 대지고유저항을 적용하여 접지물량 및 접지비용을 산출하여 가장 경제적인 접지공법을 선정하여 시공하여야 하며, 접지공법별 장·단점은 다음과 같다.

접지공법		시공방법	대지고유저항	시공면적	경년변화	경제성
접지봉 공법	타입식	연결식 접지봉을 지표면에서 타입	저	소	양호	우수
	보링식	보링공에 전극과 도전성 물질을 충전	고	소	우수	불량
접지판 공법	접지판	금속판을 수평 또는 수직으로 매설	저	중	우수	양호
	도전성 콘크리트 대상전극	도선의 주위에 도전성 콘크리트 충전	고	중	우수	우수
매설지선 공법		도선을 직선, 성형 등의 형태로 수평포설	중	중	우수	우수
메쉬접지 공법		매설지선을 망 형태로 수평 매설	중	대	양호	가변