

배전용 접지전극의 전극별 · 공중별 특성시험에 관한 연구

박상만, 박재덕, 강문호, 최종기, 박영근, 심건보*
 한전 전력연구원, 한국전력공사, 홍익대학교*

A study on the characteristic test of the grounding electrodes used in distribution lines

Sangman Park, Jaeduck Park, Moonho Kang, Jongkee Choi, Youngkeun Park*, Keunbo Shim**
 Korea Electric Power Research Institute KEPCO, KEPCO*, Hongik University**

Abstract - On the overhead distribution lines, we generally use a copper rod as a grounding electrode. It is a economical metallic structure. Recently, many new electrodes have been developed and used in the distribution system of KEPCO. Before using new grounding electrode, we need to measure the performance of each electrode for comparative analysis. This report describes the characteristic test of the grounding electrodes used in KEPCO.

1. 서 론

22.9kV 이하 가공배전선로에서 배전설비의 접지시공은 일반적으로 봉 형태의 접지전극을 사용하고 있다. 국내 배전규정이나, 외국의 자료에서 접지전극인 동판의 시공 방법도 명시되어 있으나, 경제적으로 접지저항 값을 얻을 수 있고 시공이 비교적 간단한 접지동봉이 일반적인 배전설비용 접지전극으로 사용되고 있다. 최근 도시지역이 확장됨에 따라 배전설비의 접지시공 장소가 제한되고, 제주도과 같이 화산분화 토질을 갖는 지역에서는 기존 접지동봉의 시공방법으로는 전기설비기술기준에서 규정하는 접지저항 값을 얻기가 어려운 실정이다. 결국, 이의 해결방법으로 새로운 배전용 접지전극과 공중이 다양하게 개발되고 시공현장에서 적용되고 있다. 본 논문에서는 현재 사용되고 있거나 새로 개발되어 한전 배전선로에서 사용 중인 접지전극들을 대상으로 한 접지전극별·공중별 특성시험에 관하여 기술하였다.

2. 본 론

2.1 배전용 접지전극

한전의 배전선로에서 설비의 접지전극으로 동 피복 강봉(이하, 접지동봉이라 함)을 주로 사용하고 있다. 또한, 지역별 접지시공효과를 높이기 위한 심타형 철봉, 매직판, 매직봉 및 배전용 접지장치 등 접지전극들이 다양하게 개발되어 사용되고 있다. 제주도의 송이지역과 같이 접지동봉을 사용한 접지시공이 용이하지 못한 지역에서는 접지개소를 굴착기로 수십 미터 깊게 굴착 후, 스테인리스 봉과 접지저항 저감제를 매설하는 시공방법도 사용되고 있다.

2.1.1 접지동봉

접지동봉은 배전용 접지전극으로 오랜 기간 국내의 전력회사에서 사용되고 있다. 접지동봉은 강철 토질의 경우를 제외하면, 가장 경제적으로 시공할 수 있는 접지전극이다. 접지동봉의 경우 깊이 매설할수록 접지 저항치를 낮게 할 수 있어 직렬시공이 효과적이고, 또한, 매설장소의 영향을 받지 않는 개소에서는 병렬시공 등 다양하게 시공할 수 있다는 것이 장점이라 할 수 있다. 다

만, 강철 구조의 토질에서는 접지동봉의 재질이 약하여 전동해마 등으로 심타 시공 시 접지동봉이 휘거나, 리드 연결 부분이 갈라지는 현상이 발생한다. 표 2.1은 배전계통에서 사용되는 접지동봉의 규격이며, 소형접지동봉은 220V 송압 공사 시, 수위가 내부 콘센트 접지 또는 기기의 접지전극으로 사용되는 것이다.

표 2.1 접지동봉

명칭	규격 [㎜]	단위	단위중량 [kg]	적용개소	비고
접지동봉	14φ×1000L	EA	1.6	배전선로	연결리드단자 있음
소형 접지동봉	12φ×600	EA		육내접지	리드선 부착형
접지동봉	14φ×1000	EA	1.6	배전선로	리드선 부착형
접지동봉	14φ×1000N	EA	1.24	배전선로	

2.1.2 매직봉 · 매직판

배전설비 접지개소의 접지저항은 접지선, 접지전극의 자체 저항 값과 접지전극 주변의 대지저항에 비례한다. 접지선과 접지전극인 금속재료 저항은 대지저항보다 무시할 정도로 적으므로 결국 접지저항은 대지 저항률에 따라 영향을 받는다. 대지와 접지전극의 접지저항은 전극의 표면적을 크면 클수록 저항률이 낮게 나타난다. 이러한 원리를 이용하여, 매직봉은 스테인리스 봉에 도전성 콘크리트를 성형하여 접지전극의 표면적을 크게 한 것이며, 수직으로 시공하는 접지전극이다. 매직판도 스테인리스 봉에 도전성콘크리트를 판 형태로 만들어 수직 시공이 곤란한 지역에서 판 형태로 시공한다. 매직봉·매직판은 접지재료의 단가가 높으므로 대지 저항률이 높은 지역에서 현장 여건에 맞게 사용된다.

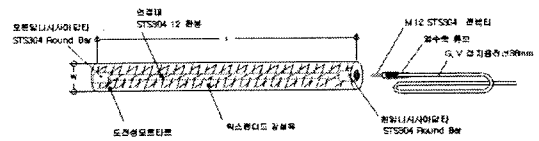


그림 2.1 매직봉 형상도

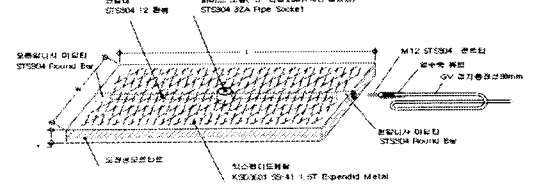


그림 2.2 매직판 형상도

2.1.3 심타용 용융아연도금 접지봉

강질 토질에서 기존 접지동봉을 심타법으로 매설하는 경우 동봉이 휘거나, 리드연결부위가 갈라져 정상적인 접지시공이 어렵다. 이에 대한 보완으로 용융아연도금 강봉으로 제작된 심타용 용융아연도금 접지봉(이하 "심타용 접지봉"이라 함)이 사용된다. 지역에 따라 심타용 접지봉으로 시공하기 곤란한 지역이 발생될 수 있으나, 접지봉의 강도가 커서 깊이 매설할 수 있고, 연결은 나사식으로 하여 리드연결부위가 갈라지는 현상이 없다는 장점이 있다. 다만, 일반적인 접지동봉보다 가격이 높으며, 중량이 더 나간다. 그림 2.3은 심타용 접지봉의 구성도이며, 표2.2는 심타용 접지봉의 규격이다.

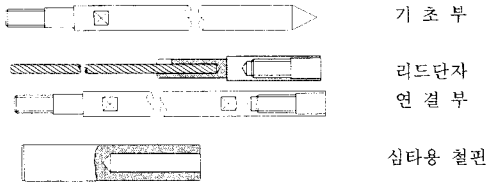


그림 2.3 심타용 용융아연도금 접지전극

표 2.2 심타용 용융아연도금 접지봉 규격

자 재 명	자재 식별번호
접지봉 기초부	800mm X 25φ
접지봉 리드단자	95mmX25φ, 동선 : 300mm
접지봉 연결봉	800mm X 25φ
심타용 철편	160mm X 40φ

2.1.3 배전용 접지장치

콘크리트 전주와 같이 도시지역에 설치되는 지지물은 주로 원형굴착으로 구멍이 파고 건주된다. 특히, 도시지역에서는 통신, 가스, 상하수도 등 각종 지하 매설물과 포장도로로 인하여 지지물 굴착개소와 떨어진 지점에 별도의 접지전극을 시공하는 것이 곤란한 경우가 종종 발생한다. 이에 대한 방안으로 배전용 접지장치가 있다. 배전용 접지장치는 원형의 형태(스테인리스와 도전성 콘크리트로 성형됨)로 지지물 밀동에 시설하는 접지전극이다. 배전용 접지장치는 접지전극의 절연판을 같이 설치하여야 한다. 단점으로는 전극자체의 가격이 높으며, 보관 및 이동 등 취급에 어려움이 있다. 장점으로는 원형 굴착개소에 바로 시공하며, 별도 접지전극으로 인한 굴착이 필요 없으며, 이로 인하여 접지 시공에 따른 노무비를 절감할 수 있다는 것이다. 단, 배전용 접지전극 1개로 규정된 접지저항을 얻을 수 있는 도시지역에서는 쉽게 사용될 수는 있으나, 병렬 접지가 필요한 개소에서는 접지동봉보다 시공이 불리하다.

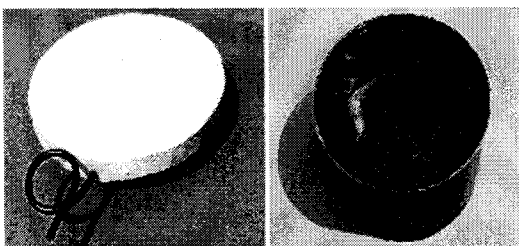
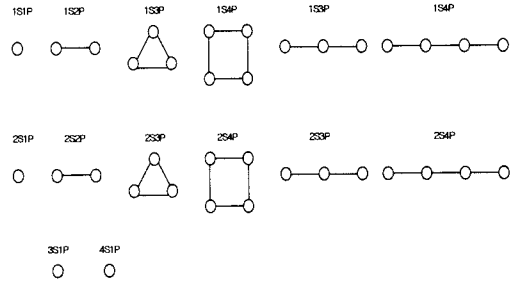


그림 2.4 전주용 접지극 및 절연합

2.2 접지 공중별

배전설비의 접지방식은 접지동봉을 사용한 직렬 접지와 병렬접지가 있다. 지반이 약한 곳에서는 접지동봉을 직렬로 시공하여 규정된 접지저항 값을 얻을 수 있으나, 직렬시공이 곤란한 지역이나 대지 저항률이 높은 지역에서는 직렬시공 외에 병렬로 접지를 시공하여야 한다. 포장도로 지역에서는 한 방향으로 병렬 접지를 시공하는 것이 어렵다. 따라서 새로운 접지 시공법으로 삼각형 또는 사각형 등 다양한 접지시공이 방법들을 고려할 수 있다. 그림 2.5는 본 특성시험에 적용되는 직병렬 접지시공에 적용될 수 공중별 전극배치 형태이다.



* 전극의 명칭에서 S는 직렬연결, P는 병렬연결을 의미
그림 2.5 접지동봉 직병렬 전극 배치도

2.3 배전용 접지 전극별 · 공중별 특성시험

새롭게 개발되는 접지전극의 경우 접지시뮬레이션을 통하여 접지전극의 구조가 검토되고, 공인시험기관에서의 개발시험을 통하여 접지전극의 전기적인 초기특성을 일부 파악할 수 있다. 한편, 실제 접지전극은 복잡한 대기 환경에서 오랜 기간동안 매설되어 사용되어야 하므로 배전 설비관리를 담당하는 부서에서는 적정 접지설계 및 경제적인 접지 유지보수 등을 위하여, 접지전극의 경년 특성 자료를 필요로 하게 되었다.

2.3.1 접지 실험장소 및 대지 고유저항 측정

다양한 접지전극을 비교하기 위하여 동일한 토지에서 접지전극의 특성변화를 실험하는 것이 필요하다. 접지 실험장소로서 넓은 토지에 정기적으로 측정이 용이한 장소를 우선 대상으로 하였다. 전국에 일정면적을 갖는 17개소를 대상으로 지질조사 및 대지 저항률을 측정하였다. 대지 저항률은 Wenner의 4전극법으로 겉보기 대지저항을 측정하고 아래 식에 의해 표2.3과 같이 대지 저항률을 환산 하였다.

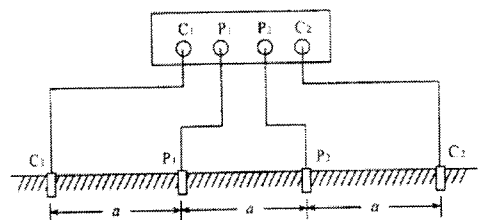


그림 2.6 Wenner 4전극법의 전극 배치

$$\rho_a = a \frac{V}{I} = aR$$

ρ_a : 겉보기 대지 저항률 V : 전위차
a : 기하학적 계수 $a=2\pi a$ I : 유입전류

표 2.3 등가깊이 및 저항률 산정결과 요약

		접지저항 계산치 [Ω]	등가저항률 산정치 [Ωm]
중앙교육원		82.0	180.5
전력연구원		173.4	381.9
		93.5	205.8
		102.6	225.9
고창	배전시험장	24.0	52.9
	품질시험장	83.8	184.6
신안성 변전소		279.3	615.1
신가평 변전소		145.9	321.3
신대백 변전소		135.7	298.8
청양	1	610.7	1,344.8
	2	104.1	229.3
서귀포 1	#1	1,733.4	3,817.6
	#2	3,985.8	8,777.8
서귀포 2		736.5	1,622.1
서귀포 3		117.0	257.6
제주 1		240.8	530.3
제주 2		842.3	1,855.3

실제 대지는 수평 또는 수직의 다층구조로 되어있으나, 접지전극의 저항 값 변화를 계절별로 비교분석하기 위하여, 단일 저항을 갖는 대지로 등가화 시켜 해석하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 현장에서 측정된 대지저항을 접지프로그램상의 수평다층구조를 갖는 대지 저항 값과 유사한 패턴을 찾도록 하여, 대지 특성을 등가화 하였다. 그림 2.7과 표 2.4는 접지 프로그램으로 실행한 예를 나타낸다.

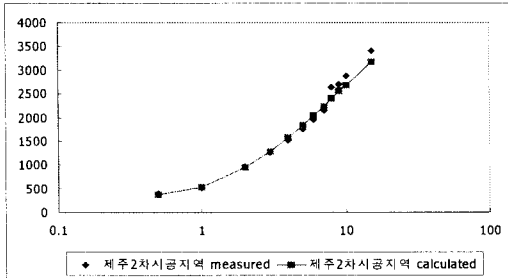


그림 2.7 제주 조천 남조로의 대지저항률 해석 결과

표 2.4 제주 조천 남조로의 대지저항률

Layer No.	저항률 [Ωm]	두께 [m]
1	323.5841	0.7765279
2	4354.823	-

2.3.2 특성시험 장소의 구분

현장에서 측정된 대지저항은 겉보기 저항으로 대지 고유저항률의 크기로 구분하여, 접지저항이 비교적 높은 중저항지역과 고저항지역을 접지시험 장소로서 최종 7개 지역을 선정하였다.

표 2.5 시험시공을 위한 장소의 선정

구분	대지저항률의 크기[Ω-m]	등가 대지저항률	장소
저 저항률	10-100	52.9	고창 배전시험장
중 저항률	100-500	180.5	중앙 교육원
중 저항률	100-500	184.6	고창 품질시험장
중 저항률	100-500	381.9	전력연구원
고 저항률	500-1500	1344.8	청양 (산)
고 저항률	1500이상	3817.6	서귀포 산
고 저항률	1500이상	1444.2	제주 조천

2.3.3 실험용 전극 시공 및 측정

각 지역별로 다양한 접지전극과 공중별로 실험용 접지전극을 매설하였으며, 매설 접지전극의 접지저항 값과 대지 저항률을 월별로 측정하여, 접지전극의 경년특성 자료를 분석하고 있다.

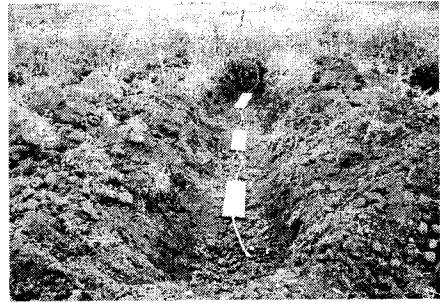


그림 2.8 특성시험용 매직판의 시공(제주)

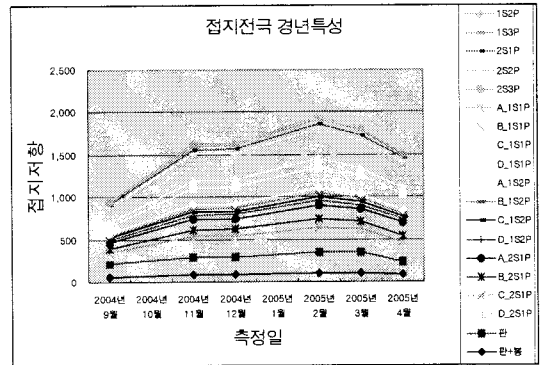


그림 2.9 접지전극별 · 공중별 접지저항 변화 (전력연구원 접지시험장)

3. 결 론

배전선로에서 접지의 중요성이 강조되고 있는 시점에서 다양한 배전용 접지전극이 사용되고 있으나, 이러한 배전용 신개발 접지전극들이 배전시공 현장에서 사용될 수 있는 성능 특성에 대한 자료가 충분히 제시되지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 전력회사에서 신개발 접지전극이 확대 사용되기 위하여 첫째, 신개발 접지전극 특성에 대한 접지 시뮬레이션 구조 검토, 둘째, 공인기관의 전기적인 특성시험 및 일정 기간의 경년성능 특성시험과 현장 시범사용 등을 거쳐야 할 필요가 있다.

본 연구의 접지전극 경년특성 시험을 통하여 접지저항 값의 계절별 보정계수 산정과 접지전극의 부식특성 등 배전 접지설계 및 유지보수와 관련된 다양한 자료가 제시될 수 있을 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박영근의 10인, "22.9kV 가공배전선로 접지시공 개선에 관한 연구", 전력연구원, 단012, pp.89-pp.129, 2005
- [2] 박상만의 8인, "신개발 접지장치의 성능평가시스템에 관한 연구", 2003년도 대한전기학회 하계학술대회, pp.2666 pp.2668, 2003