

접지저항 측정에 있어서 전류전극의 최소 이격거리

(Minimized Distance of the Current Electrode in the Measurement of Ground Resistance)

이상무* · 양준규** · 강영흥

(Sang-Mu Lee · Jun-Gyu Yang · Young-Heung Kang)

요 약

접지저항을 측정하는데 있어서 전류전극의 이격거리는 일반적으로 접지전극으로부터 전류전극에 이르기까지의 직선 구간상에서의 전압강하의 변화 곡선에 소위 평탄 구간이 존재하도록 이격하는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 전류전극 이격 기준의 문제점은 그와 같은 조건을 만족하기에는 현실적으로 곤란한 측정 현상이 있다는 것이다. 이러한 문제의 보완을 위하여 본 논문은 실험적 측정 데이터를 활용, 분석하여 전류전극 이격거리의 최소 규격을 제시하였다. 분석 결과에 의하면 봉상접지에 대하여는 봉 길이의 2배 이상을, 메쉬접지에 대하여는 한 변 길이의 2배 이상 이격하여야 함을 알 수 있다.

Abstract

As in the measurement of ground resistance by using the 3 point fall-of-potential method, it is known that the distance of current electrode should be at the point of showing the plateau on the potential curve. But the problem is that it may be practically impossible to meet the condition in actual sites. For solving such a situation, this paper provides the least distance of current electrode according to the analysis for the test-field measurement showing that it is feasible to measure the ground resistance in the two times current electrode distance as the length of driven-rod type electrode and the some district length of mesh electrode.

Key Words : Grounding, Electrode, Minimization

1. 서 론

3점 전위강하법으로 접지저항을 측정하는데 있어

서 접지저항 측정 대상이 되는 접지전극으로부터 전류보조전극(이하 전류전극이라 함)까지의 이격거리는 그 구간 거리상에서 나타나는 전위차 변화 곡선상에 평탄한 부분이 형성되도록 전류전극을 이격하여 측정할 것을 제시하고 있다[1]. 그에 대한 구체적인 이격거리로서는 보통의 봉상접지에 대하여 IEEE Std 81-1983에서 50[m]를 제시하고 있다[2].

또한 IEEE Std 81.2-1991에서는 메쉬접지 시설에 있어서 그 대각선 길이의 6.5배일 때 95[%]의 정확

* 주저자 : 한국전자통신연구원 표준연구센터
기술기준연구팀 선임연구원

** 교신저자 : 군산대학교 정보통신공학과 박사과정
Tel : 042-860-4925, Fax : 042-861-5404

E-mail : sangmu@etri.re.kr

접수일자 : 2006년 5월 19일

1차심사 : 2006년 5월 23일, 2차심사 : 2006년 8월 16일

심사완료 : 2006년 8월 25일

성을 갖고 98.5%의 정확성에 이르는 데에는 50배의 이격이 요구됨을 제시하고 있다[3]. 일반 건물시설에 있어서의 매쉬접지 변방 길이가 수십 [m]임을 감안할 때 이는 수백 [m]에 달하는 거리가 됨을 알 수 있다.

또한 Dawalibi의 논문 "Resistance measurement of large grounding systems"에 따르면 매쉬접지 변방(어느 한 변) 길이의 10배수에서 평탄구간이 나타남을 지적하고 있다. 이 논문에서 시뮬레이션된 접지시설은 30×30[m]이므로 전류전극의 이격거리는 300[m]가 됨을 의미한다[4]. 이와 같은 전류전극의 이격거리는 현장에 있어서 물리적 또는 전기적 장애요인의 존재 확률을 높이게 됨으로 사실상 그러한 이격거리에서의 측정이 곤란해질 수 있다.

본 논문에서는 이러한 경우에 대한 보완책으로 전류전극의 이격거리를 최소화할 수 있는 측면에서 해석하여 최소 이격거리 기준을 제시하고자 한다. 이를 위하여 1.8[m] 봉상 접지전극에 대하여 전류전극의 이격거리를 봉길이의 약 1배수인 2[m]에서부터 10배수인 20[m]까지 적정 배수 간격으로 변화시켜 접지저항을 측정하였으며, 매쉬접지에 대하여는 3×3[m] 시설 규격에 대하여 매쉬의 한 변 길이의 1배수로부터 20배수까지 적정 배수로 이격한 전류전극에 대하여 각각의 접지저항을 측정하여 각 시설 경우에 있어서 전류전극의 이격거리에 따른 접지저항의 변화를 분석하였다.

또한 봉상접지시설의 경우에 대하여는 집합적으로 시설된 예로서 1.8[m] 봉전극 3개를 일렬로 연결시킨 것과 6개의 봉전극을 2열 배치시킨 경우에 대하여도 전류전극의 몇몇 이격거리 배수에서 접지저항을 측정하였으며, 매쉬전극의 경우 추가적으로 2×2[m]에 대하여도 유사한 형태로 측정, 분석하였다.

이러한 분석 결과를 바탕으로 봉상접지시설과 매쉬접지시설에 대하여 3점 전위강하법의 현실적 이용성을 높일 수 있도록 전류전극의 최소 이격거리를 도출하였다. 이하의 절에서 상기 측정 시설 유형별 측정값 분석을 통한 구체적인 결과 도출 과정을 설명한다.

2. 봉상 접지전극 시설에 대한 측정 데이터 분석

2.1 단일접지봉에 있어서의 최소 이격거리

우선 1.8[m] 길이의 단일 봉 접지시설에 대한 봉길이의 약 1배수인 전류전극의 이격거리 2[m]에서부터 약 10배수인 20[m]에까지 적정 구간별 전류전극 이격거리 각각에 대한 전위보조전극(이하 전위전극이라 함)의 61.8[%] 법칙에 준하는 위치 60[%] 지점(이를 전위점이라 한다)에서의 접지저항 측정값을 표 1에 나타내었다. 또한 표 1에 의한 접지저항 측정치 데이터의 분포 형태를 그래프로 도시하면 그림 1과 같다.

표 1. 단일 봉접지에 대한 전류전극 이격거리별 전위점에서의 접지저항 측정값

Table 1. Resistance of single rod type

전류전극 이격거리[m]	2	3	4	6	8	10	20
접지저항 측정치[Ω]	37.2	36.5	35.6	26.5	34.9	35.1	35.7

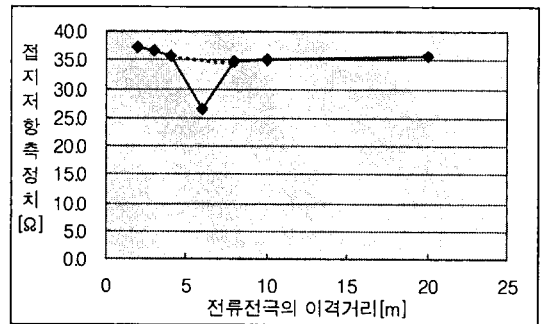


그림 1. 단일 봉접지에 대한 접지저항치의 변화
Fig. 1. Appearance resistances by the single rod-type ground

그림 1에서 전반적으로 보아 전류전극의 이격거리가 짧은 구간(5[m] 내외)에 있어서나 긴 구간(10[m] 이상)에 있어서 접지저항치는 35[Ω]대에 준하고 있음을 알 수 있다. 다만 전류전극 이격거리 6[m]에서의 특이값은 전체적인 추세상에서 보조전극의 지중

접지저항 측정에 있어서 전류전극의 최소 이격거리

접촉상의 문제, 또는 그 지점에서의 토양 특성 굴곡 등으로 인한 측정상의 오류인 것으로 여겨지므로 이 데이터 값은 무시한다. 그리고 접지전극으로부터 근접 이격거리 구간(2~3[m])에 대하여 살펴볼 때, 접지봉의 길이에 대하여 전류전극의 이격거리가 약 1배수인 2[m]에서의 접지저항치가 37.2[Ω]으로서 전반 접지저항의 안정값 35[Ω]대에 비하여 약 2[Ω]의 차가 있고 접지봉 길이에 대하여 전류전극의 이격거리가 2배수에 상당한 4[m]에서부터 35[Ω]대의 접지저항치가 형성되는 것으로 나타났다.

접지시설 깊이에 따른 변화성을 확인하기 위하여 14[m] 깊이의 보링접지 시설에 대하여 시설 깊이의 1배수인 14[m], 2배수인 28[m], 약 3배수인 40[m], 약 6배수인 90[m] 전류전극의 이격거리 지점에서 측정한 결과, 접지저항치가 각각 3.41[Ω], 2.46[Ω], 2.2[Ω], 2.29[Ω]으로 측정되었다. 이것을 그래프로 나타내면 그림 2와 같다.

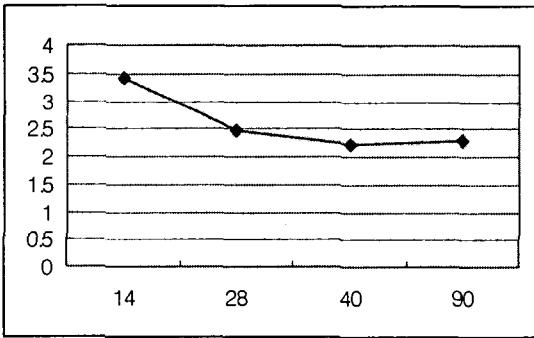


그림 2. 보링접지에 대한 접지저항치의 변화
Fig. 2. Appearance resistances of boring ground

그림 2에서 보면 전류전극의 이격거리 2배수에서부터 2.5[Ω] 미만대의 0.5[Ω] 범위내에서의 변이 오차만을 갖고 이격거리 1배수에 대하여는 1[Ω] 정도의 오차를 갖게 되므로 역시 이격거리 2배수에서부터 안정된 측정치 범위에 들어움을 알 수 있다.

이상의 결과로부터 최소한의 오차를 갖도록 이격할 수 있는 전류전극의 최소 이격거리를 접지봉 길이의 2배수에서부터인 것으로 해석할 수 있겠다.

2.2 1열 3개 배치 시설에 있어서의 이격거리 관계

1.8[m] 접지봉 1열 3개 배치 접지시설이라 함은 그림 3과 같은 측정 구성으로 이루어진 것이다.

각 접지봉간 이격거리는 통상의 시설 규격에 따라 접지봉 길이의 두 배인 3.6[m]로 하였다. 따라서 연결 양단까지의 거리는 7.2[m]가 된다. 이렇게 하여 측정한 데이터는 표 2와 같다.

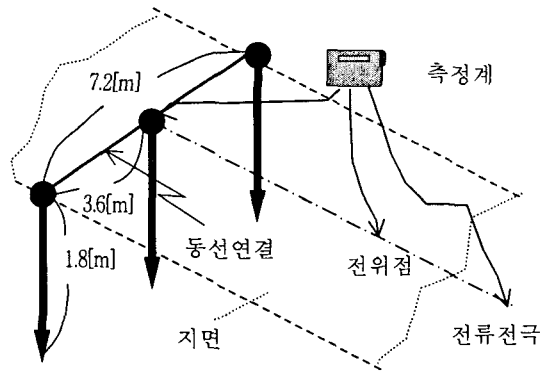


그림 3. 1열 3개 봉전극 시설의 접지저항 측정
Fig. 3. Resistance measurement of 1 row 3 rods

이 데이터의 변화 그래프는 그림 4과 같다.

이 접지저항 측정치의 변화를 평가하여 볼 때 전류전극 이격거리 4[m]에서의 값은 34.3[Ω]으로 다른 이격거리들에 대하여 현격한 차이를 보이고 있으나 나머지 값의 일정성으로부터 이 접지시설의 접지저항은 약 14[Ω]인 것으로 판단할 수 있다.

표 2. 봉접지의 1열 3개 배치에서의 측정치
Table 2. Resistance in the 1 row - 3 rods

전류전극 이격거리[m]	4	6	10	20	40
접지저항 측정치[Ω]	34.3	14.3	13.4	13.7	14.3

따라서 이러한 시설의 경우 단일 봉에서와 같이 단순히 접지봉 길이의 2배수 이격으로서는 정상적인 접지저항 측정치로서 만족할 수 없음을 알 수 있다.

전류전극 이격거리 6[m]에서부터 안정된 값을 나

타내므로 이는 봉길의 약 3배 이상의 최소 이격거리 인 것으로 산출된다. 또는 가름하여 약 1열 배치 길이(그림 3에서 7.2[m])만큼의 이격거리로서 생각해 볼 수 있다. 이 부분에 대하여는 좀더 다양한 측정 위치 및 구성상의 변수에 대하여 평가해 보아야 하나 현재로서는 추후의 과제이다.

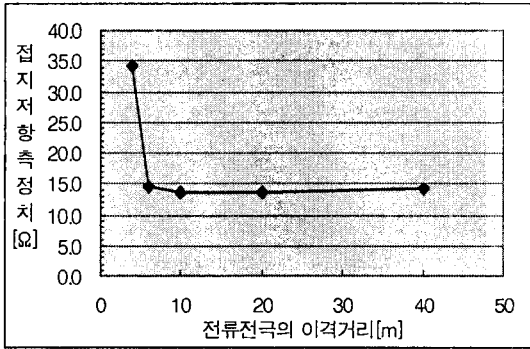


그림 4. 1열 3개봉 이격거리별 접지저항 변화
Fig. 4. Resistance change of 1 row 3 rods

2.3 2열 6개봉 접지 구성에서의 측정

그림 2에서 추가 응용된 형태로서 동일한 패턴의 구성열이 하나 확장된 경우이다. 구성 형태는 아래 그림 5와 같다.

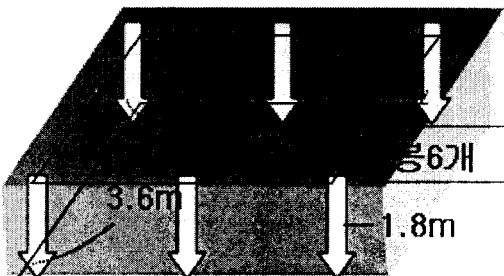


그림 5. 2열 6개봉 접지시설 구성 형태
Fig. 5. Configuration of 2 row 6 rods

이 경우의 측정 데이터는 표 3과 같고 변화 그래프는 그림 6과 같다. 전류전극 이격거리 6[m]에서의 값은 다른 측정치들에 비하여 1[Ω] 초과 오차가 있고 나머지 것들의 측정 데이터로부터 이 시설의 경우에 대한 접지저항은 10[Ω]인 것으로 판단할 수 있

다(그래프상으로는 변화가 커 보여도 측정치인 Y축 주눈금 스케일이 0.5[Ω]이므로 전류전극 이격거리 10[m]에서부터의 값의 변화는 1[Ω] 미만의 미세한 것임을 알 수 있다).

따라서 전류전극 이격거리의 최소화 문제에 있어 2.2절에서와 같은 접지봉 길이의 3배수 규격으로서 는 만족되지 않음을 알 수 있다. 전류전극 이격거리 10[m]에서부터 적정치 범위에 들어서므로 봉길이에 대하여 약 5배 이상은 이격하여야 할 것으로 볼 수 있다. 이것은 또한 다른 관점의 규격 해석 적용에 있어서 대략 2열 배치의 형성에 따른 각 변방 길이의 합(그림 5에 있어서 7[m]와 3.6[m]의 합)만큼의 이격거리로서 생각해 볼 수 있다(이 부분에 대하여도 확대된 측정 데이터가 요구되나 현재로서는 추후의 과제로 한다).

표 3. 봉길이의 2열 6개 배치에서의 측정치
Table 3. Resistance in the 2 row of 6 rod-type electrodes

전류전극 이격거리 [m]	6	10	20	40	60
접지저항 측정치 [Ω]	11.4	9.9	9.7	10.3	10.6

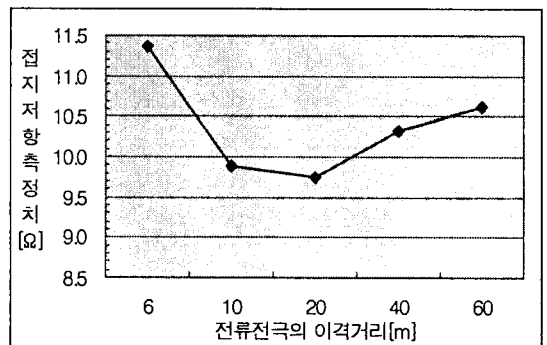


그림 6. 2열 6개봉 접지시설의 측정 변화
Fig. 6. Resistance change in the 2 row 6 rods

3. 메쉬접지시설에 대한 측정 데이터 분석

메쉬접지 시설에 대하여는 3×3[m] 규모의 접지전

접지저항 측정에 있어서 전류전극의 최소 이격거리

극에 대하여 순차적 전류전극 이격거리별로 측정하였다. 이 때 이격거리는 메쉬접지 평면의 중점으로부터의 이격거리이다. 표 4에 데이터와 그림 7에 변화 그래프를 나타내었다.

그림 7으로부터 전류전극의 이격거리가 3[m]인 때를 제외하곤 이 경우 접지저항은 20[Ω]인 것으로 판단할 수 있다. 전류전극 이격거리 6[m]에서부터임으로 변방 길이의 2배수이다.

표 4. 3×3 메쉬접지에서의 측정 접지저항
Table 4. Resistance in the 3×3 mesh electrode

전류전극 이격거리[m]	3	6	9	12	15	21	30	60
접지저항 측정치[Ω]	24.4	20.8	20.1	20.1	20.1	20.0	19.8	19.7

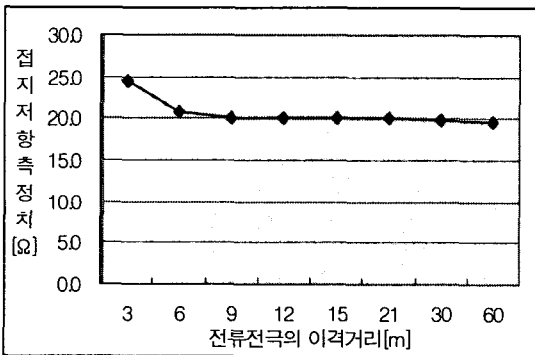


그림 7. 메쉬 접지시설의 측정 변화
Fig. 7. Resistance change in the mesh electrodes

아울러 2×2[m] 메쉬접지에 대하여 추가적인 측정 데이터를 표 5와 변화 그래프를 그림 8에 나타내었다.

이 시설에 있어서의 접지저항은 약 15[Ω]이다. 이 경우 한 변방 길이에 상당한 전류전극의 이격거리인 2[m]에서는 측정하지 못하였으나 역시 변방 길이의 2배수인 4[m]에서부터 안정된 값을 알 수 있다.

따라서 메쉬접지 시설에 있어서는 - 이상의 경우 정방형 메쉬전극 - 한 변 길이의 2배수 이상은 최소로 이격하여야 한다고 할 수 있겠다.

표 5. 2×2 메쉬접지에서의 측정 접지저항
Table 5. Resistance in the 2×2 mesh electrode

전류전극 이격거리[m]	4	10	14	16	20	40
접지저항 측정치[Ω]	15.1	14.6	14.8	15.0	14.7	15.0

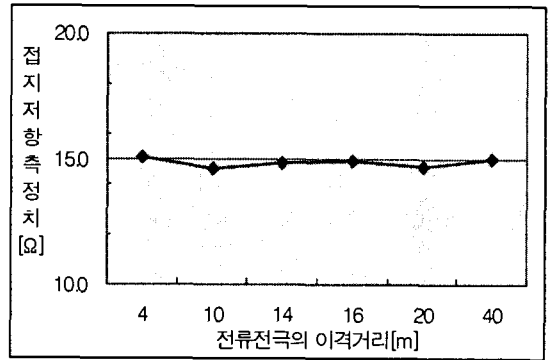


그림 8. 메쉬 접지시설의 측정 변화(2×2)
Fig. 8. Resistance change in the mesh electrodes of 2×2(m)

5. 결 론

본 논문에서는 3점 전위강하법을 이용한 접지저항의 측정에 있어서 전위점 측정 변이에 따른 오차를 줄이고 최대한 정확한 측정을 위하여 전압강하 변화가 평탄구간을 이루는 부분이 나타나도록 하는 전류전극의 이격거리를 현실적으로 적용하기 곤란한 경우의 문제점 보완을 위하여 측정상 유효한 최소 이격거리를 평가할 수 있도록 시도된 측정 데이터 분석으로부터의 결과를 제시하였다.

대표적인 접지시설 형상으로서 1.8[m] 봉상접지체의 전류전극 이격거리별 측정 데이터로부터 이 경우에 있어서 전류전극 이격거리의 최소 규격은 접지체 길이의 2배수가 된다.

아울러 3개의 봉상접지를 1열 배치하였을 경우, 이것의 중앙 접지봉으로부터 전류전극 이격거리는 최소 접지봉 길이의 3배 이상 이격되도록 하여야 함을 제시하였다. 그리고 이것을 다시 2열 배치하였을 경우에 있어서는 접지봉 길이의 5배 이상을 이격하여야 접지저항의 정상값이 측정됨을 제시하였다.

두 번째 대표 접지 형상으로서 메쉬접지 시설에 있어서는 그것의 정방 형태, 즉 가로, 세로의 길이가 동등한 경우에 있어서 그 한 변 길이의 역시 2배 이상으로 전류전극을 이격하여야 정상적인 접지저항 측정이 이루어질 수 있음을 제시하였다.

본 논문에서 제시된 제약점은 대표 형상 접지의 다양한 구성 방식과 측정 방식의 다변화에 따른 정형화에까지는 확장된 측정을 이루지 못하였다는 점이다. 이것에 대하여는 향후 추가적인 측정, 분석을 통하여 더욱 일반화된 모형으로 확장시킬 수 있을 것으로 본다.

그러나 본 논문은 대표 접지 형상에 있어서 전류전극 이격거리 최소 규격의 기초 개념을 제시한 것으로서 이를 바탕으로 현장 측정에서의 여건을 감안하여 응용함으로써 접지저항 측정기술의 실용적 측면에서의 의미를 가질 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] IEEE, IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE Std 80-2000, Jan. 30, 2000, pp.115-116.
- [2] IEEE, IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System, IEEE Std 81-1983, Sep. 17, 1981, p.21.
- [3] IEEE, IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or interconnected Grounding Systems, IEEE Std 81.2-1991, Dec. 5, 1991, p.6, p.12.
- [4] F. Dawalibi, D. Mukhedkar, "Resistance Measurement of Large Grounding Systems", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-98, No.6, 1979.11/12, pp.2348-2354.

◇ 저자소개 ◇

이상무 (李相武)

1963년 9월 21일생. 1989년 단국대학교 전자공학과 졸업. 1998~2000년 한국정보통신대학교 정보공학 졸업(석사). 1991년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원. 2004년~현재 한국정보통신기술협회 접지프로젝트그룹 의장.

양준규 (楊俊圭)

1970년 10월 10일생. 1995년 군산대학교 정보통신공학과 졸업. 1995~1997년 군산대학교 정보통신공학과 졸업(석사). 1997년~현재 전파연구소. 2005년~현재 군산대학교 정보통신공학과 박사과정.

강영홍 (姜榮興)

1960년 9월 24일생. 1993년 항공대학교 전자공학 졸업(박사). 1995년 8월 ~1996년 8월 일본 오사카대학 객원교수. 1990년 4월 ~현재 군산대학교 전자정보공학부 교수.