

## 전위강하법에 의한 접지저항측정에 미치는 전류보조전극의 영향

(Effects of the Current Probe on Ground Resistance  
Measurements Using Fall-of-Potential Method)

이복희\* · 엄주홍\*\*

(Bok-Hee Lee · Ju-Hong Eom)

### 요 약

본 논문에서는 전위강하법에 의한 접지저항 및 대지전위 분포의 측정시 전류보조전극의 영향에 대하여 기술하였으며, 측정시 오차를 최소화하는 기법을 제안하였다. 전위강하법은 전위와 전류의 측정에 이론적인 바탕을 두고 있으며, 측정오차는 주로 측정시 설치하는 보조전극의 위치와 자체저항에 기인한다. 피측정 접지전극의 접지저항은 전위강하법에서 전류보조전극을 피측정 접지전극과 전류보조전극이 이루는 일직선상에 위치시킬 때 61.8[%]법칙을 적용하여 측정한다. 하지만 건물이나 포장도로, 구조물 등이 산재해 있는 도심의 경우에는 현장에서 피측정 접지전극과 전류보조전극 사이에 적절한 이격거리 확보가 불가능하거나 전류보조전극의 접지저항값이 피측정 접지전극에 비하여 큰 값을 가지는 경우가 있다. 피측정 접지전극과 전류보조전극을 충분히 이격시키지 않거나 전류보조전극의 접지저항값이 피측정 접지전극의 접지저항보다 비정상적으로 큰 경우 접지저항의 측정은 오차를 수반하게 되며, 측정된 접지저항값은 오차를 보정해 주어야 한다. 본 연구에서 측정대상 전극은 길이 2.4 [m]의 봉형 접지전극으로 하였으며, 전류보조전극의 영향을 고려할 때 피측정 접지전극과 전류보조전극의 적절한 이격거리는 피측정 접지전극 길이의 5배 이상으로 하여야 전류보조전극을 시설하기가 용이하며 측정정확도의 확보에 유리하다. 또한 전류보조전극의 접지저항값이 피측정 접지전극의 접지저항값의 약 36.5배 이하에서는 거의 오차를 발생시키지 않는다

### Abstract

In this paper, the effects of the positions of the potential and current probes on the measurements of the ground resistance and potential gradients with the fall-of-potential method are described and the testing techniques to minimize the measuring errors are proposed. The fall-of-potential method is theoretically based on the potential and current measuring principle and the measuring error is primarily caused by the position and ground resistance of the measuring probes. The ground resistance is calculated by applying the 61.8% rule in the fall-of-potential method, and then the potential probe is located on the straight line between the grounding electrode to be measured and the current probe. However, sometimes the grounding electrode to be

\* 정회원 · 인하대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수

\*\* 정회원 · 인하대학교 대학원 전기공학과 박사과정  
접수일자 : 2000년 10월 5일

measured and the measuring probes in on-site test might not be arranged on the straight line with adequate distance because there are building, roadblock, construction and other establishments. Provided that the grounding electrode to be measured and the measuring probes are out of position on the straight line or have inadequate distance, the measurement of the ground resistance classically falls into an error and the measured ground resistance should be corrected. Measurements were focused on the grounding electrode system made by the ground rods of 2.4 m long. It was found that the suitable separation between the grounding electrode to be measured and the current probe is more than 5 times of the length of the grounding electrode to be measured.

### 1. 서 론

피측정 접지전극과 전류보조전극의 이격거리는 전위강하법을 이용하여 접지저항을 측정할 때 기본이 되는 사항이며, 접지저항 측정의 정확도에 많은 영향을 미친다. 피측정 접지전극과 전류보조전극 사이의 이격거리가 너무 작은 경우 피측정 접지전극과 전류보조전극의 저항구역이 서로 중첩되어 나타나게 되며, 상대적 영전위점에 전류보조전극을 위치시키기가 어렵다. 또한 전위분포의 수평부가 거의 존재하지 않으므로 전류보조전극의 위치가 상대적 영전위점(61.8% 지점)에서 조금만 이동하여도 큰 오차를 나타나게 된다. 반대로 전류보조전극의 이격거리가 너무 큰 경우에는 전류폐회로를 형성하는 측정리드선의 영향이 나타나게 되며, 경제적으로도 불리하게 된다. 그러므로 전위강하법을 이용하여 접지저항을 측정할 때 피측정 접지전극으로부터 적절한 전류보조전극의 이격거리가 필요하다. 또한 전류보조전극을 피측정 접지전극으로부터 충분히 이격시키면 측정결과와 정확도 확보에 유리하나 실제의 현장에서는 여러 가지 구조물이나 도로 등의 장애물이 많으므로 이격거리가 제한되는 경우가 많다. 즉, 전류보조전극의 이격거리는 너무 커서 문제가 되는 경우보다는 충분한 이격거리를 확보하지 못하여 측정에 오차를 가져오는 경우가 많다.

접지저항의 측정에 있어서 전위강하법은 이론적으로는 전류 및 전류보조전극의 영향이 측정에 거의 영향을 주지 않는다는 장점이 있으나 실제의 계측에 적용하기는 그리 간단하지 않다. 전류보조전극은 접지저항의 측정을 위하여 임시적으로 설치하므로 피측정 접지전극에 비하여 규모가 작고 접지저항이 큰 경우가 보통이다. 이러한 전류보조전극은 측정할 때

인가되는 전류를 제한하게 되어 여러 가지 외란이 들어오기 쉬운 측정장소에서는 오차를 유발시킬 가능성이 있다. 본 연구에서는 임의로 설치한 전류보조전극의 위치와 전류보조전극 자체의 접지저항 변동이 피측정 접지전극의 접지저항 측정에 미치는 영향을 검토하기 위하여 실측을 통한 실험연구를 수행하였다. 피측정 접지전극과 전류보조전극의 거리를 5~20[m]의 범위, 그리고 전류보조전극의 접지저항을 14.7~720 [ $\Omega$ ]의 범위에서 실험하였다. 더불어 피측정 접지전극의 매설깊이에 따른 접지저항 측정오차의 변동과 대지전위분포를 측정하고 분석하였다.

### 2. 측정계 및 방법

봉형 접지전극이 설치되어 있는 경우에 전류보조전극의 이격거리를 어느 정도로 하는 것이 측정의 정확도를 유지하면서 경제적인가를 알아보기 위하여 다음과 같은 Case I~III에 대한 실험을 수행하였다. 접지전극을 설치하는 경우에 지표면에 접하여 시설하기도 하지만 필요에 따라 보다 깊은 위치에 시설하는 경우도 많다. 본 연구에서는 지표면에 접하여 시설하는 경우와 지표면으로부터 0.75, 1.5 [m]의 깊이에 시설하는 경우를 가정하여 실험하였다. 전류보조전극과 피측정 접지전극 사이의 이격거리를 파라미터로 하여 측정결과를 분석하는 방법으로 수행하였으며, 그 실험결과를 바탕으로 하여 적절한 전류보조전극의 이격거리를 제시하였다. 전류보조전극의 이격거리는 각 Case 별로 5, 10, 20 [m]로 변동시키면서 대지전위분포를 측정하여 인가전류와의 비에 의하여 접지저항을 산출하였다.

임의로 설치한 전류보조전극의 접지저항이 서로 달라서 측정할 때 오차를 유발시키는 정도를 검증하

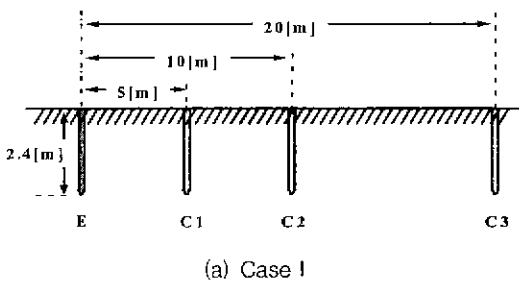
기 위하여 다음과 같이 전류보조전극의 접지저항을 변동시켜 가면서 실험을 하였다. 전류보조전극의 거리에 따른 접지저항 측정회로의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 전류보조전극의 접지저항 변동에 따른 접지저항 측정회로의 개략도는 그림 2와 같으며, 피측정 접지전극은 길이 2.4 [m]인 봉형 접지전극을 사용하여 197 [ $\Omega$ ]의 접지저항을 가지도록 하였으며, 전류보조전극은 규모를 달리하여 접지저항이 각각 720, 280, 14.7 [ $\Omega$ ]이 되도록 설치하였다. 전류보조전극의 접지저항을 파라미터로 하여 E-P사이의 거리를 변화시켜 측정한 피측정 접지전극의 접지저항 곡선으로 작성하였다. 측정은 고온 다습한 하절기인 7, 8월에 걸쳐 진행되었다.

### 3. 실험결과 및 고찰

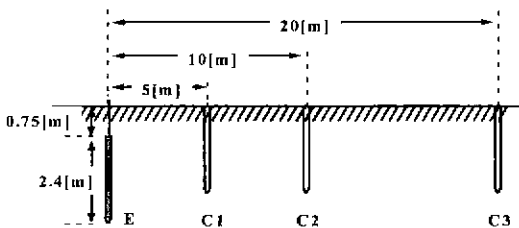
#### 3.1 E-C전극 사이의 거리 접지저항의 측정에 미치는 영향

##### 3.1.1 Case I의 접지저항의 곡선

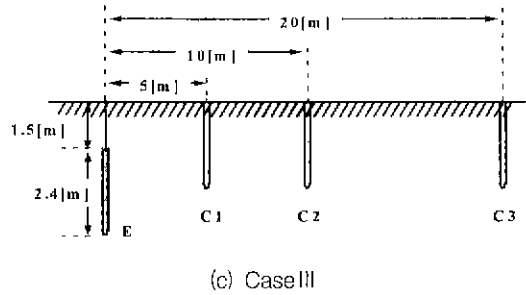
지표면에 접하여 설치된 피측정 접지전극에 대하여 전류보조전극을 피측정 접지전극으로부터 각각 5, 10, 20 [m] 이격시킨 경우 E-C전극사이의 거리를 파라미터로 하여 측정한 접지저항의 곡선을 그림 3에 나타내었다.



(a) Case I



(b) Case II



(c) Case III

그림 1. 피측정 접지전극과 전류보조전극사이의 이격 거리  
Fig. 1. Separation between the grounding electrode to be measured and the current probe

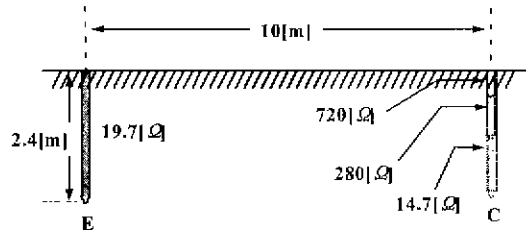


그림 2. 전류보조전극의 접지저항이 다른 경우  
Fig. 2. Cases of the current probe with different ground resistances

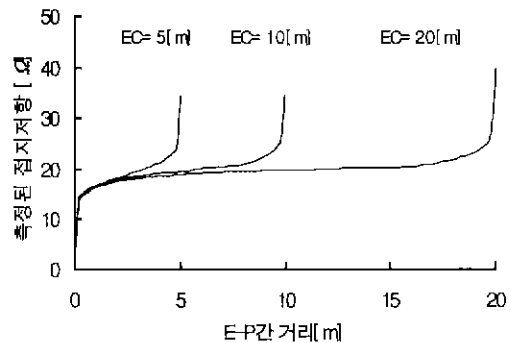


그림 3. Case I의 경우 E-C전극사이의 거리를 파라미터로 하여 측정한 접지저항의 곡선  
Fig. 3. Curves of the ground resistance measured as a parameter of the separation between E and C electrodes in the case I

피측정 접지전극은 동일하며, 전류보조전극은 각

### 전위강하법에 의한 접지저항측정에 미치는 전류보조전극의 영향

각이 다른 접지저항 값을 가지므로 피측정 접지전극과 전류보조전극의 접지저항을 합한 값(그림 3에서 각각의 그래프의 최대값)은 세 가지 경우가 모두 다르지만 피측정 접지전극의 측정된 접지저항 값에는 거의 영향을 주지 않는다. 전류보조전극의 접지저항 값이 피측정 접지전극의 접지저항 값과 아주 큰 차이를 보이는 경우에는 측정할 때 오차를 유발시키는 원인이 될 수 있다. 하지만 전류보조전극의 접지저항이 피측정 접지전극의 접지저항에 대하여 수십 배 이내인 경우에는 전류보조전극의 영향에 의한 오차 유발은 거의 발생하지 않았다.

전류보조전극이 피측정 접지전극으로부터 5 [m] 이격된 경우에는 측정된 접지저항의 곡선이 피측정 접지전극과 전류보조전극 근처에서 비교적 급상승하며, 수평부가 거의 존재하지 않는다. 즉, 피측정 접지전극과 전류보조전극의 저항구역이 대부분 중첩되어 있으며, 서로 전위간섭의 영향을 주고 있는 형상을 나타내었다. 측정된 접지저항 곡선의 수평부가 거의 존재하지 않으므로 접지저항을 측정하기 위하여 전류보조전극의 시설하는 경우에 영전위점에 정확히 일치시키기 위해서는 많은 주의가 필요하며 오차발생의 가능성이 커진다.

실제로 전위강하법을 이용하여 접지저항을 측정할 때 하천, 제방, 비탈이나 언덕 등의 지형적 조건 또는 도로, 건물이나 기타 구조물 때문에 전류보조전극의 위치를 E-C전극사이의 61.8 [%] 지점에 정확하게 설치하기가 어려우므로 61.8 [%] 지점으로부터  $\pm 10$  [%] 벗어난 지점과  $\pm 1$  [m] 떨어진 점에서 측정된 값에 대한 오차를 평가하였다. 61.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 19.82 [ $\Omega$ ]이며, 51.8 [%] 및 71.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 각각 19.16 [ $\Omega$ ]과 20.60 [ $\Omega$ ]이었다. 오차율로 나타내면 각각 -3.3, 3.9 [%]로 비교적 큰 오차를 나타내었으며, 61.8 [%] 지점에서  $\pm 1$  [m] 떨어진 점에서 측정된 결과의 오차율은 -6.7, 9.2 [%]로 상당히 크게 나타났다.

전류보조전극을 피측정 접지전극으로부터 10 [m] 이격시킨 경우에는 측정된 접지저항의 곡선의 중앙부분에서 비교적 완만한 수평부분이 나타났다. 피측정 접지전극과 전류보조전극 사이에는 저항구역이 거의 중첩되지 않는 것으로 보이며, 5 [m] 이격시킨 경우보다는 영전위점에 전류보조전극을 설치하기가 용이하므로 전류보조전극의 설치위치에 따른 오차를

감소시키는 데는 훨씬 유리하다. 61.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 20.30 [ $\Omega$ ]이며, 51.8 [%] 및 71.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 각각 19.76 [ $\Omega$ ]과 20.70 [ $\Omega$ ]이었다. 오차율로 나타내면 각각 -2.7, 2.0 [%]로 비교적 낮은 값을 나타내었으며, 61.8 [%] 지점에서  $\pm 1$  [m] 떨어진 점에서 측정된 결과에 대한 오차율은 -2.7, 2.0 [%]로 전류보조전극을 5 [m] 이격시킨 경우보다 작은 오차를 나타내었다.

전류보조전극을 피측정 접지전극으로부터 20 [m] 이격시킨 경우에 측정된 접지저항의 곡선의 중앙부분에서는 거의 평탄한 수평부분이 나타났다. 피측정 접지전극과 전류보조전극 사이에는 저항구역은 중첩이 없는 상태를 나타나고 있으며 5, 10 [m] 이격시킨 경우에 비하여 영전위점에 전류보조전극을 설치하기가 매우 용이하므로 전류보조전극의 설치위치에 따른 오차를 감소시키는 데 유리하다.

61.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 20.20 [ $\Omega$ ]이며, 51.8 [%] 및 71.8 [%] 지점의 접지저항 값은 19.94 [ $\Omega$ ]과 20.40 [ $\Omega$ ]이었다. 오차율로 나타내면 각각 -1.3, 1.0 [%]로 상당히 낮은 값을 가지며, 61.8 [%] 지점에서 거리  $\pm 1$  [m]에 대하여 나타내면 -1.0, 0.5 [%]로 전류보조전극을 5, 10 [m] 이격시킨 경우보다 훨씬 작은 오차를 나타내었다.

### 3.1.2 Case II의 접지저항의 곡선

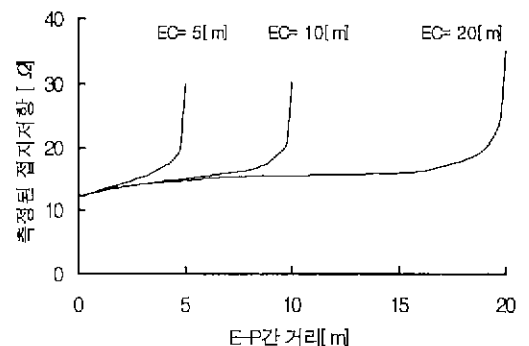


그림 4 Case II의 경우 E-C전극사이의 거리를 파라미터로 하여 측정된 접지저항의 곡선

Fig. 4. Curves of the ground resistance measured as a parameter of the separation between E and C electrodes in the case II

지표면으로부터 0.75 [m]의 깊이에 설치된 피측정

접지전극에 대하여 전류보조전극을 피측정 접지전극으로부터 각각 5, 10, 20 [m] 이격시킨 경우 측정된 접지저항의 곡선을 그림 4에 나타내었다. 이 경우도 그림 3의 조건과 같이 피측정 접지전극은 동일하며, 전류보조전극은 각각이 다른 접지저항 값을 가지지만 피측정 접지전극의 측정된 접지저항의 값에는 거의 영향을 주지 않았다.

전류보조전극이 피측정 접지전극으로부터 5 [m] 이격된 경우에는 측정된 접지저항의 곡선이 지중에 매설된 접지전극임에도 불구하고 피측정 접지전극의 근방에서 비교적 급상승하며, 수평부가 거의 존재하지 않는다. 봉형 접지전극이 지중에 매설된 경우 전위보조전극을 지표면을 따라서 이동시키 측정된 접지저항의 곡선은 전위분포곡선과 동일한 형태를 나타내므로 피측정 접지전극의 직상부인 0 [m] 지점에서 0이 아닌 값으로 측정된다. 이러한 결과는 접지저항을 측정하기 위하여 전위보조전극을 설치하는 경우에 전위보조전극은 지표면상에서 어느 깊이로 설치하게 되며, 피측정 접지전극이 매설된 지점의 직상부에서 피측정 접지전극과 어느 정도의 거리를 유지하게 되기 때문이다. 즉, 피측정 접지전극이 지표면으로부터 0.75 [m]의 깊이에 설치되어 있고, 전위보조전극이 지표면에 접하여 0.2 [m]의 깊이로 시설되어 있으므로 피측정 접지전극과 전위보조전극사이에는 0.55 [m]의 거리가 되므로 이 거리에 의하여 0이 아닌 어느 량의 측정값을 나타내게 된다.

피측정 접지전극과 전류보조전극의 저항구역은 그림 4의 EC = 5 [m] 곡선에서 알 수 있듯이 수평부가 거의 존재하지 않으므로 상당한 부분이 중첩되어 있으며, 61.8 [%] 지점에 정확히 전위보조전극을 위치시키지 않을 경우 큰 오차를 유발하게 된다. 또한 61.8 [%] 지점에 정확히 전위보조전극을 위치시키더라도 저항구역의 중첩정도가 크기 때문에 측정값의 정확도를 확보하기가 어렵다.

피측정 접지전극으로부터 5 [m] 이격된 지점에 전류보조전극이 설치된 경우의 측정결과는 다음과 같다. 61.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 15.48 [Ω]이며, 51.8 [%] 및 71.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 각각 14.90 [Ω] 과 16.18 [Ω]이었다. 오차율로 나타내면 각각 -3.7, 4.5 [%]로 비교적 큰 오차를 나타내었으며, 61.8 [%] 지점에서 ±1 [m] 떨어진 점에서 측정된 결과에 대한 오차율은 -5.0, 10.1

[%]로 비교적 크게 나타났다.

전류보조전극이 피측정 접지전극으로부터 10 [m] 이격된 경우 61.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 15.57 [Ω]이며, 51.8 [%] 및 71.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 15.12 [Ω]과 16.02 [Ω]이었다. 61.8 [%] 지점의 측정값에 대한 오차는 각각 -2.9, 2.9 [%]로 전류보조전극이 5 [m] 이격된 경우보다 낮은 값을 나타내었으며, 61.8 [%] 지점에서 ±1 [m] 떨어진 점에서 측정된 접지저항 값의 오차율도 각각 -2.9, 2.9 [%]로 동일한 값을 나타내었다.

전류보조전극이 피측정 접지전극으로부터 20 [m] 이격시킨 경우에 측정된 접지저항의 곡선에는 거의 평탄한 수평부분이 나타났으며, 피측정 접지전극과 전류보조전극사이의 저항구역은 거의 중첩이 없는 상태를 나타내고 있다. 61.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 15.59 [Ω]이며, 51.8 [%] 및 71.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항의 값은 각각 15.70 [Ω]과 15.88 [Ω]이었다. 오차율로 나타내면 각각 -0.7, 1.1 [%]로 상당히 낮은 값을 나타내었으며, 61.8 [%] 지점에서 ±1 [m] 떨어진 점에 측정된 결과의 오차율은 -0.4, 0.4 [%]이다. 즉, 전류보조전극이 20 [m] 이격된 경우 측정의 오차발생 확률이 가장 작으므로 가능한 범위에서 E-C사이의 거리를 충분히 두는 것이 바람직하나 경제성과 장소의 제약을 고려하여 최적의 거리를 산출하여 적용하는 것이 합리적이다.

### 3.1.3 Case III의 접지저항의 곡선

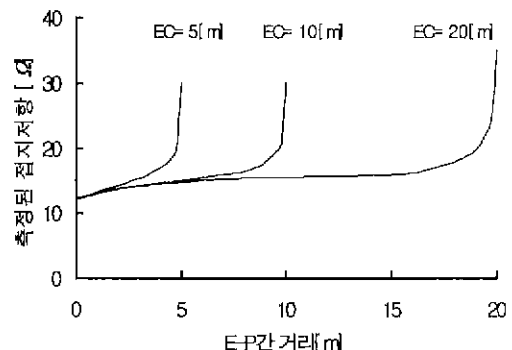


그림 5. Case III의 경우 E-C전극사이의 거리를 따라 미터로 하여 측정된 접지저항의 곡선

Fig. 5. Curves of the ground resistance measured as a parameter of the separation between E and C electrodes in the case III

전위강하법에 의한 접지저항측정에 미치는 전류보조전극의 영향

표 1. E-C전극사이의 이격거리에 따른 접지저항의 측정오차

Table 1. Measuring errors of the ground resistance as a function of the separation between E and C electrodes

E-C전극사이의 이격거리		5 [m]	10 [m]	20 [m]	
매설 깊이 [m]	0 [m]	61.8±10%점의 측정 오차(%)	-3.3, 3.9	-2.7, 2.0	-1.3, 1.0
		61.8%거리±1m 점의 측정 오차(%)	-6.7, 9.2	-2.7, 2.0	-1.0, 0.5
		61.8%점에서 측정된 접지저항[Ω]	19.82	20.30	20.20
	0.75 [m]	61.8±10%점의 측정 오차(%)	-3.7, 4.5	-2.9, 2.9	-0.7, 1.1
		61.8%거리±1m 점의 측정 오차(%)	-5.0, 10.1	-2.9, 2.9	-0.4, 0.4
		61.8%점에서 측정된 접지저항[Ω]	15.48	15.57	15.59
	1.5 [m]	61.8±10%점의 측정 오차(%)	-2.8, 4.0	-2.3, 2.3	-0.7, 0.8
		61.8%거리±1m 점의 측정 오차(%)	-5.5, 9.0	-2.3, 2.3	-0.4, 0.3
		61.8%점에서 측정된 접지저항[Ω]	18.94	19.10	19.24

지표면으로부터 1.5 [m]의 깊이에 설치된 피측정 접지전극에 대하여 전류보조전극을 피측정 접지전극으로부터 각각 5, 10, 20 [m] 이격시킨 경우에 측정된 접지저항의 곡선을 그림 5에 나타내었다. 전체적인 특성은 피측정 접지전극이 지표면으로부터 0.75 [m]의 깊이에 설치된 경우와 비슷하게 나타났다. 전류보조전극이 피측정 접지전극으로부터 5 [m] 이격되어 설치된 경우의 결과는 61.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 18.94 [Ω]이며, 51.8 [%] 및 71.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 각각 18.41 [Ω]과 19.70 [Ω]이었다. 61.8 [%] 지점에서의 측정값에 대한 오차는 각각 -2.8, 4 [%]로 전류보조전극이 5 [m] 이격된 경우보다 낮은 값을 나타내었으며, 61.8 [%]지점에서 ±1 [m] 떨어진 점에서 측정된 결과의 오차율도 각각 -5.5, 9.6 [%]로 비교적 크게 나타났다.

전류보조전극이 피측정 접지전극으로부터 10 [m] 이격된 경우 61.8[%] 지점에서 측정된 접지저항의 값은 19.10 [Ω]이며, 51.8 [%] 및 71.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항의 값은 각각 18.66 [Ω]과 19.54 [Ω]이었다. 61.8 [%] 지점에서의 측정값에 대한 오차는 각각 -2.3, 2.3 [%]로 전류보조전극이 5 [m] 이격된 경우보다 낮은 값을 나타내었으며, 61.8 [%]지점에서 ±1 [m] 떨어진 점에서 측정된 결과의 오차율도 각각 -2.3, 2.3 [%]로 동일한 값을 나타내었다.

전류보조전극이 피측정 접지전극으로부터 20 [m]

이격된 경우에 측정된 접지저항의 곡선에는 수평부분이 존재하며, 피측정 접지전극과 전류보조전극사이에서 저항구역은 거의 중첩이 없는 상태로 나타났다. 61.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항 값은 19.24 [Ω]이며, 51.8 [%] 및 71.8 [%] 지점에서 측정된 접지저항의 값은 19.11 [Ω]과 19.40 [Ω]이었다. 오차율로 나타내면 각각 -0.7, 0.8 [%]로 상당히 낮은 값을 나타내었으며, 61.8 [%]지점에서 ±1 [m] 떨어진 점에서 측정된 결과의 오차율은 각각 -0.4, 0.3 [%]이다. 즉, 전류보조전극이 20 [m] 이격된 경우 측정의 큰 오차가 발생할 확률은 대단히 작다.

전류보조전극의 위치가 피측정 접지전극의 직상부인 경우 측정된 접지저항은 피측정 접지전극이 지표면으로부터 0.75 [m] 깊이에 설치된 경우보다 상대적으로 크게 나타나며, 이후 E-P사이의 거리가 증가함에 따라서 측정되는 접지저항이 증가하는 정도가 다소 완만하였다. 즉, 피측정 접지전극이 설치되어 있는 지점의 직상부 지표면에서 측정된 접지저항의 값이 전극이 묻힌 깊이만큼의 이격거리로 작용하여 크게 나타났다 또한 피측정 접지전극은 동일한 규모의 봉형 접지전극을 사용하였으나 접지저항 값이 지표면으로부터 0.75 [m]의 깊이에 매설된 경우보다 크게 나타났으며, 지표면에 접하여 시설한 경우와 비슷한 값을 나타내었다. 이러한 결과는 대지저항률과 밀접한 관계를 가지며, 대지저항률 곡선을 분석하면 설치되는 깊이에 따른 접지저항 값의 변동을 예측할 수

있다

### 3.1.4 Case I, II, III에서 측정된 접지저항의 비교

본 연구의 대상으로 선정된 세 가지의 경우에 대하여 측정된 접지저항의 오차정도를 비교하여 표 1에 나타내었다. 전류보조전극이 피측정 접지전극으로부터 10 [m] 이격시켰을 때 61.8% 지점에서 측정된 접지저항에 대하여  $61.8 \pm 10$  % 지점에서 측정된 결과의 오차는 약  $\pm 3$ [%] 이내로 나타났으며, 5 [m] 이격시켰을 때 보다 정확한 측정결과를 나타내었다.

피측정 접지전극의 길이에 대하여 약 5배 정도 이격시켜 전류보조전극을 설치하는 것이 경제적인 면에서도 유리하며, 정확도가 높은 측정결과를 얻을 수 있다. 피측정 접지전극으로부터 20 [m] 이격시켜 전류보조전극을 설치하는 경우는 전위보조전극을 설치함에 있어 위치선정의 폭이 넓으며, 측정정확도도 우수하다. 그러므로 일반적인 접지체의 접지저항을 측정하는 경우에 전류보조전극의 설치는 2.4 [m] 봉형 접지전극을 기준으로 할 때 봉형 접지전극 길이의 5배 이상 이격시키는 것이 측정의 정확도를 확보하는 데에 적절하다. 하지만 이상의 모든 측정결과를 피측정 접지전극을 설치하는 장소의 대지저항률에 대한 충분한 검토 후에 적용하여야 하며, 대지저항률의 측정 및 검토결과에 따라서 위치선정이 다소 변동될 수도 있다.

### 3.1.5 Case I, II, III에서 100A당 대지전위상승의 비교

Case I, II, III에서 접지전극을 통하여 100 [A]의 접지전류가 대지로 방류되는 경우를 모의하여 지표면에 나타나는 대지전위상승을 그림 6에 나타내었다. 접지전극이 지표면에 접하여 시설될 경우에(Case I)는 접지전극 근처의 대지전위가 대단히 높게 상승하며 접지전극으로부터 멀어질수록 급격히 감소하는 형태를 나타내었다. 즉, 접지전극 근처에서 보폭전압이 대단히 높으며 인체에 위험요소로 작용할 수 있다. Case II, III는 각각 봉형 접지전극의 상단이 지표면으로부터 0.75 [m], 15 [m]의 깊이에 시설된 경우로서 접지전극 근처의 대지전위가 크게 감소하여 나

타나고 있으며, 매설된 깊이가 증가할수록 감소정도는 크다. 접지전극의 시설깊이를 파라미터로 하여 구간별 보폭전압을 보폭 1 [m]를 기준으로 하여 그림 7에 나타내었다. 접지전극의 접지저항이 각 Case별로 다르므로 접지전극전위를 2,000 [V]로 규격화하였을 때 지표면에 나타나는 보폭전압을 비교하였다.

Case I 즉, 접지전극의 상단이 지표면에 설치되어 있는 경우는 100 [A]의 접지전류에 의해서 접지전극 근처에는 1,623 [V]의 보폭전압이 발생하게 되며, 접지전극으로부터 1~2 [m] 구간에서도 약 126 [V]의

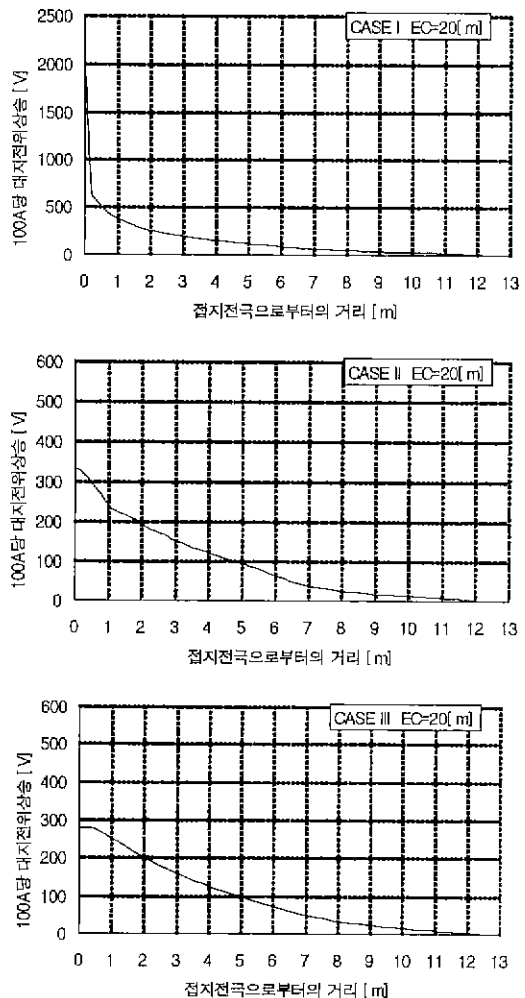


그림 6. 접지전극의 시설깊이에 따른 100A당 대지전위상승  
 Fig. 6. Ground potential rise per 100A according to the buried depth of the ground rod

## 전위강하법에 의한 접지저항측정에 미치는 전류보조전극의 영향

보폭전압이 발생한다. 반면 접지전극의 상단이 지표면으로부터 0.75 [m]의 깊이에 매설된 경우에는 접지전극 근처의 대지전위상승이 상당히 저감되며, 보폭전압의 최대값도 약 118 [V]로서 비교적 낮은 값을 가진다. 접지전극의 상단이 지표면으로부터 1.5 [m]의 깊이에 매설한 Case III의 경우 접지전극 근처의 지표면상의 0~1 [m] 구간이 1~2 [m] 구간보다 오히려 작은 보폭전압으로 나타났으며, 최대 보폭전압도 약 52 [V]로서 가장 작은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 접지전극의 매설깊이가 깊을수록 지표면의 대지전위상승은 저감되며, 접지전극 직상부의 최대 대지전위상승 지점이 완만한 곡선을 이루어 넓게 분포하기 때문에 발생하는 것으로서 접지전극을 지하에 깊게 매설하는 것이 지표면에 시설하는 경우보다 일체의 위험전압을 저감시키는데 효과적임을 알 수 있다.

이와 같이 봉형 접지전극을 이용하여 접지시스템을 구성하는 경우 접지전극 주변의 대지전위상승, 접촉전압과 보폭전압이 높게 나타날 수 있으므로 접지시스템의 설계에 있어서 단지 접지저항만을 고려한 설계가 되어서는 안 된다. 즉, 접지시스템의 설계에 있어서는 접지저항만이 아니라 반드시 보폭전압과 접촉전압 등의 위험전압을 고려한 접지전극의 형상, 매설깊이 및 다른 시설물과의 이격거리 등이 고려되어야 한다.

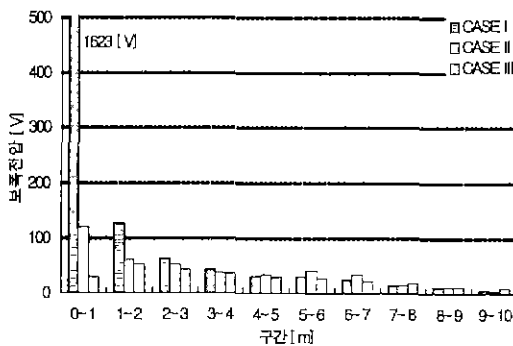


그림 7. 각 구간별 보폭전압  
Fig. 7. Step voltages of each section

### 3.2 전류보조전극의 접지저항이 측정에 미치는 영향

전류보조전극의 접지저항이 피측정 접지전극의 접지저항에 비하여 큰 값을 가질 때 전위강하법에 의한 접지저항 측정에 미치는 영향의 실험결과는 그림 8에 나타내었다

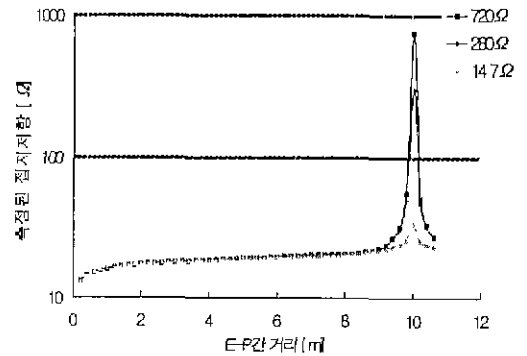


그림 8. 전류보조전극의 접지저항이 다른 경우 E-P 사이의 거리를 변화시켜 측정한 접지저항의 곡선

Fig. 8. Measured ground resistances as a function of the separation between E and P electrodes in case of the current probe with different ground resistances

측정된 접지저항의 곡선은 전류보조전극의 접지저항이 변동하여도 E-P사이의 거리의 중반 이후까지의 형태가 거의 동일하며, 피측정 접지전극의 접지저항 측정에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 즉, 전류보조전극의 접지저항이 피측정 접지전극의 접지저항에 약 365배 정도로 큰 경우에도 피측정 접지전극의 접지저항의 측정에는 거의 오차가 발생되지 않고 있다. 그러므로 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3항의 측정에 있어서 전류보조전극의 접지저항이 2배 이하로 변동하더라도 측정상의 오차가 유발되지 않음을 알 수 있다.

## 4. 결론

본 연구에서는 전위강하법을 이용하여 접지저항을 측정할 때 전위 및 전류보조전극의 위치가 측정의 정확도에 미치는 영향을 중점적으로 분석하였다. 피측정 접지전극과 전류보조전극의 이격거리와 전류보조전극의 접지저항에 따라서 모의실험을 통한 실측



## 참고 문헌

한 결과를 분석하였으며, 충분한 측정의 정확도를 확보할 수 있는 전류보조전극의 위치, 전류보조전극의 배치에 따른 접지저항의 측정시 오차의 범위 등을 제안하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

피측정 접지전극으로 길이 2.4 [m]인 봉형 접지전극에 대해서 전류보조전극의 위치를 피측정 접지전극과 전류보조전극간 거리의 61.8 [%]점에서  $\pm 10$ [%] 벗어난 위치에서 측정한 결과, 측정오차를  $\pm 3$  [%]이내로 유지하기 위해서는 전류보조전극을 피측정 접지전극으로부터 10 [m]이상,  $\pm 1$  [%] 이내로 유지하기 위해서는 20 [m]이상의 이격시켜 설치하여야 한다. 봉형 접지전극의 상단을 지표면에 접하여 설치한 경우 및 지표면으로부터 1.5 [m]의 깊이에 설치한 경우도 비슷한 특성을 나타내었다. 그러나 접지전극의 매설깊이에 따라 보폭전압은 대단히 낮아졌으며 안전성이 양호함을 확인하였다. 피측정 접지전극의 크기와 비교할 때 전류보조전극의 위치는 피측정 접지전극길이의 약 5배 이상 이격시켜 설치하면 고정밀도의 접지저항을 측정할 수 있다. 전류보조전극의 접지저항은 피측정 접지전극의 접지저항보다 수배 이상 큰 것이 보통이며, 전류보조전극의 접지저항이 큰 경우 측정전류를 제한하므로 측정장소의 노이즈 외란에 의한 영향으로 오차를 유발할 가능성이 있다. 외란의 영향이 비교적 작은 경우 전류보조전극의 접지저항이 피측정 접지전극의 접지저항의 수십 배 이내에서는 측정의 정확도에 거의 영향을 미치지 않는다.

- [1] 이복희, 이승철, “접지의 핵심 기초 기술”, 도서출판 義備, p.40, pp 64~69, 1999.
- [2] 蒔田鐵夫, “電流補助電極の存在を考慮した接地抵抗の測定法”, 電氣學會論文誌, Vol.119 -B, No.3. pp.369~374, 1999.
- [3] F. Dawalibi, and D. Mukhedkar, “Resistance Measurement of Large Grounding System”, IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-98, No.6, pp.2348~2354, 1979.
- [4] R. J. Heppie “Step Potential and Body Currents Near Grounds in Two-Layer Earth”, IEEE Trans on PAS, Vol. PAS-98, No. 1, pp.45~59, 1979.
- [5] J. H. Bogensperger, J. Frei and S. Pack, “Resistance of Grounding Systems Stationary and Transient Behavior”, Proc. 9th International Symposium on High Voltage Engineering, pp 6715-1~4, 1995.9.
- [6] IEEE Power Engineering society, “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”, IEEE Standard Board, pp 277-284, 1986.
- [7] 이복희, 박종순 외, “진력통신용 보안장치 적용기술연구”, 기초전력공학 공동연구소, pp. 118~140. 1997. 9

## ◇ 저자 소개 ◇

## 이 복 희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1988~89년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기 컴퓨터공학부 교수

## 엄 주 홍 (嚴柱弘)

1972년 9월 5일생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정