

등가반경개념에 의한 코어링 접지공사의 고찰

(Investigation of Coring Grounding Construction by Equivalent Radius Concept)

김세호* · 김일환 · 양문길

(Se - Ho Kim · Eel - Hwan Kim · Moon - Gil Yang)

요 약

대지 저항률이 높은 암반, 사력층 지역에서의 접지 저항은 일반적인 봉형 접지 전극으로는 얻기가 거의 불가능하며 원하는 저항값을 얻기 위해서는 깊이 매설한 접지 전극과 접지 저항 저감제를 충분하게 사용하는 코어링 접지 방식을 채택하여 시설하는 것이 적절하다고 판단된다. 본 연구는 등가반경 개념을 이용하여 코어링 접지 전극의 반경이 확장되는 것을 보였으며 이를 토대로 낮은 접지 저항이 얻어지고, 제주지역과 같이 고저항 지대에서의 각 토양의 대지 저항률을 추정함으로써 다른 고저항 지대에서의 접지공사시 개략적인 접지저항을 예측하여 기초 자료로 사용할 수 있도록 하였다.

Abstract

The grounding system is necessary to provide means to dissipate electric currents into the earth without exceeding any operating and equipment limits. The ground is composed of various soils and the resistivity of the soil depends on many parameters. It depends on the type of soil and varies with distance as well as with depth. Especially, soil resistivity of volcanic area such as Jeju is very high and it is difficult to acquire necessary grounding resistivity. This paper introduces the efficient grounding construction using coring technique for proper grounding resistance in high resistivity area. Because it is difficult to measure the accurate resistivity of soils, their resistivities are estimated using measured value of ground resistance and equivalent radius method. Estimated resistivities are used for grounding resistance in scheduled construction region.

Key Words : Coring grounding construction, Equivalent radius, Grounding resistance, Resistivity

1. 서 론

접지설비는 전력시설물의 각종 사고나 절연불량, 자연적 열화, 또는 전원회로나 전자장치에 넘쳐지 및

개폐서지 등과 같은 과도 이상전압의 침입으로부터 취급자를 보호하고, 설비기기의 절연파괴를 방지할 뿐만 아니라, 정보설비, 통신설비의 잡음제거로 정보통신의 양질화를 이루는 중요한 역할을 하게 된다.

* 주저자 : 제주대학교 전기공학부 부교수
Tel : 064-754-3675, Fax : 064-756-5281
E-mail : hosk@cheju.ac.kr
접수일자 : 2003년 7월 14일
1차심사 : 2003년 7월 21일
심사완료 : 2003년 8월 22일

화산섬으로 이루어진 제주도는 대부분의 토질이 현무암 및 사력층으로 구성되어 있어 대지의 함유량이 적고 건조하여 전기적인 대지 저항률이 대단히 높다. 대지 저항률은 토질의 형태와 종류, 대지의 함

등가반경개념에 의한 코어링 접지공사의 고찰

수량, 주위의 온도, 계절 등에 따라 다르게 나타나고 있으며, 해발 200[m] 이상의 중산간 지역에서는 대지 저항률이 더 높게 나타나고 있다. 또한 제주도의 하천은 대부분 물이 흐르지 않는 준용하천으로 이루어져 있고, 지하수의 용출수도 대부분이 해안가에 위치하고 있어 대지 고유 저항 값은 항상 높은 값을 유지하고 있다[1].

현장에서는 제주지역이 전기적으로 매우 불량한 지질임에도 불구하고 다른 지역과 차이가 없이 동봉을 타설하거나 동판을 매설하는 방법으로 접지공사를 시행하고 있어 충분한 저항값을 얻지 못하고 있다.

본 논문에서는 지표면으로 부터 수 십미터 굴착하여 동관형태의 접지전극을 매설하고 저감제를 살포하여 접지저항을 얻는 코어링 접지방식에 대하여 등가반경개념을 통하여 코어링 접지의 적절성에 대한 근거를 마련함으로써 보다 계획적인 접지공사에 활용하고자 한다.

2. 접지저항

2.1 접지저항의 계산

대표적인 접지전극으로는 반구형 접지전극, 구형 접지전극, 봉형 접지전극, 회전타원체 접지전극을 들 수 있다.

반구형 접지전극에 유입된 접지전류가 균등하게 방사상의 방향으로 동심구의 하반구 표면적을 통하여 대지로 흐르는 것으로 생각하면 대지 저항률이 ρ 일 때 접지전극의 중심으로부터 $x[m]$ 만큼 떨어진 점의 등전위면과 두께 dx 부분의 등전위면 사이의 토양의 저항 R 은

$$dR = \rho \frac{dx}{2\pi x^2} \quad (1)$$

가 된다.

접지전극의 표면 즉, 접지전극의 반경 a 에서부터 무한히 먼 점까지의 거리에 대해서 적분하면,

$$R = \int_a^\infty \frac{\rho dx}{2\pi x^2} = \frac{\rho}{2\pi a} \quad (2)$$

이며, 그림 1에 접지전극의 모델을 나타내었다.

구형 접지전극에 유입된 접지전류가 균등하게 방사상의 모든 방향으로 동심구의 표면적을 통하여 대지로 흐른다고 보면, 구형 접지전극의 표면적은 반구형 접지전극 2개를 겹쳐 놓은 상태가 되어 반구형 접지전극 표면적의 2배 값이 되므로 접지저항은 반구형 접지전극 저항의 1/2 배가 된다.

회전타원체 접지전극은 긴지름을 축으로 하여 회전하는가 짧은 지름을 축으로 하여 회전하는가에 따라

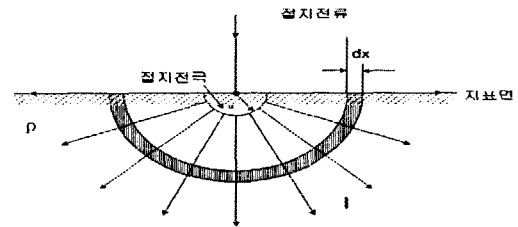


그림 1. 반구형전극 모델
Fig. 1. Model of hemisphere electrode

편평 회전 타원체와 편장 회전 타원체로 나누어진다.[2] 타원의 긴지름을 축으로 해서 회전하여 얻어지는 편장 회전 타원체의 접지저항은 회전축이 되는 긴지름을 $2l$, 짧은 지름을 $2r$, 대지 저항률을 ρ , 편심을 T 라 하면 식 (3)으로 표현된다.

$$R = \frac{\rho}{4\pi l T} \ln \frac{1+T}{1-T}, \quad T = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l}\right)^2} \quad (3)$$

본 연구에서는 지표면을 수십미터 굴착하는 코어링 접지전극을 편장회전 타원체로 해석하였으며 대표적인 접지전극의 접지저항 계산식을 표 1에 수록하였다[3,4].

2.2 다층구조의 대지 저항률

접지전극을 설치하였을 때 접지저항이 형성되는 구역의 대지구조는 매우 복잡하고 다양하며 여러 개의 지층구조로 되어있어 각각의 대지 저항 값을 계산하기에는 매우 어려우므로 이들 모두를 등가화한 대지 저항률인 등가대지 저항률이 필요하다.

그림 2는 다층구조의 대지 모형도로서, ρ 는 각 층

의 대지 저항률을, h 는 각 층의 높이를 나타내고 있으며 다층구조에 대한 등가 대지 저항률은 식 (4)과 같다[5].







$$\rho_e = \frac{l}{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{h_i}{\rho_i} + \frac{l-h_{n-1}}{\rho_n}} \quad (4)$$

여기서 $h_{n-1} = \sum_{i=1}^{n-1} h_i$

2.3 접지 저항제

접지전극을 시설한 장소에서 필요로 하는 접지저항

표 1. 전극의 접지저항 산정식
Table 1. Ground resistance formula of electrode

전극형상 (a,b,c의대소관계)	접지저항 산정식
 편평회전 타원체 a=b>c	$R = \frac{\rho}{2\pi r} \sin^{-1} K$ $K = \sqrt{1 - (\frac{l}{r})^2}$ 반지름 a= r, 길이 c= l
 편평회전 타원체 a=b<c	$R = \frac{\rho}{4\pi l T} \ln \frac{1+T}{1-T}$ $T = \sqrt{1 - (\frac{r}{l})^2}$ 반지름 a= r, 길이 c= l
 반구 a=b=c	$R = \frac{\rho}{2\pi r}$ 반지름 a= r
 원판 a=b>>c	$R = \frac{\rho}{4r}$ 반지름 a= r
 타원판 a≠b>>c	$R = \frac{\rho}{2\pi a} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}}$ $k = \sqrt{1 - (\frac{b}{a})^2}$ (장축 = a, 단축 = b)
 봉상 a=b<<c	$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l}{r}$ 반지름 a=r, 길이 c= l

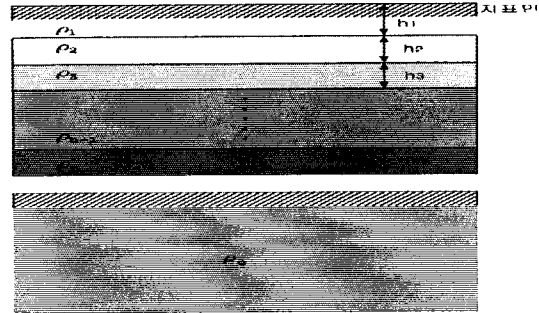


그림 2. 다층구조의 등가 대지 저항률
Fig. 2. Equivalent resistivity of multi-layer structure

을 얻기가 어려운 경우 접지전극을 시설하는 장소에 토양의 화학적 변화를 일으켜 대지 저항률을 변화시켜 필요한 접지저항을 얻게 된다. 이러한 토양의 대지 저항률을 변화시키기 위하여 접지 저항제를 사용하는데 저항제의 저항률은 일반적으로 0.1[Ω.m] 이하이다.

그림 3은 접지전극에 저항제를 사용할 경우의 접지전극의 변화하는 모습을 나타내고 있다[6].

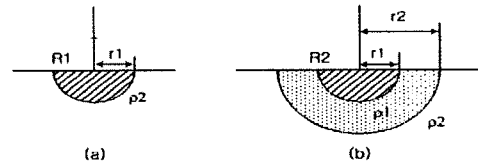


그림 3. 저항제 처리 모델
Fig. 3. Ground reducer model

그림 3과 같이 반지름 r1의 반구형 전극이 저항률이 다른 2개의 층으로 둘러싸여 있는 경우, 경계의 반지름을 r2, 내부층의 저항률을 ρ1으로 하고, 외부층은 무한원점까지 계속되고 그 저항률을 ρ2 라 하자. r1은 접지전극의 반경, r1에서부터 r2까지는 저항제로 화학 처리한 부분이다.

접지전극의 접지저항 R1은 전극 표면 r1에서 무한원점까지의 합성저항, 저항제를 사용한 전극의 접지저항 R2는 전극표면 r1에서 r2까지의 저항과 r2에서 무한원점까지의 저항의 직렬이 되므로 R1과 R2의 비를 계산해 보면,

등가반경개념에 의한 코어링 접지공사의 고찰

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{r_1}{r_2} + \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(1 - \frac{r_2}{r_1}\right) \quad (5)$$

가 되고, $\rho_2 \gg \rho_1$ 이라면

$$\frac{R_2}{R_1} \approx \frac{r_1}{r_2}, \quad R_2 = \frac{r_1}{r_2} R_1 = \frac{\rho_2}{2\pi r_2} \quad (6)$$

이 된다.

따라서 접지전극 주변의 대지 저항률 ρ_1 을 주위의 대지 저항률 ρ_2 에 비하여 매우 낮게 하면 접지저감 효과가 나타나게 되며, 이는 접지전극의 반경이 팽창된다는 것을 의미한다.

접지 저감제는 도포 방법에 따라 저감효과가 다르게 나타나며 접지저항은 반구상이 가장 크고, 편평, 편장이 됨에 따라 작아지므로 저감제의 시공은 편평보다는 편장형으로 하는 것이 보다 유리한 시공법이라고 할 수 있다.

2.4 전극의 등가 반경과 코어링 접지

임의의 형상인 접지전극과 동일한 접지저항을 나타내는 반구형 접지전극의 반경을 등가반경 (equivalent radius)이라고 한다. 망상 접지전극, 봉형 접지전극, 구조체 접지에 대해 등가 반경의 개념을 적용하여 접지저항을 산출하는 경우가 많이 있다.

단일의 지층 구조의 대지에 매설된 봉형 접지전극의 접지저항은 대지저항률 ρ , 봉형 접지전극의 반경과 길이가 각각 r_1 , l 인 경우

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l}{r_1} \quad (7)$$

이다.

그리고 동일한 위치에 반경 r_2 인 반구형 접지전극을 매설하였다면 접지저항은

$$R = \frac{\rho}{2\pi r_2} \quad (8)$$

이다.

봉형 접지전극의 접지저항과 반구형 접지전극의 접지저항이 같게 되는 반구형 접지전극의 반경 즉, 봉형 접지전극의 등가반경 r_2 는

$$r_2 = \frac{l}{\ln \frac{2l}{r_1}} \quad (9)$$

이다.

코어링 접지방식은 굴착기를 이용하여 직경 130[mm]의 구멍을 지표면으로부터 대략 30[m]의 깊이까지 굴착한 후 접지선과 직경 50[mm]의 동관을 접지전극으로 하여 시설한 후 산어스, 벤토나이트 등의 저감제를 살포하여 접지저항을 얻는 것으로써 동봉으로 충분한 접지저항을 얻기 어려운 지역에 사용하는 방식이다.

코어링 접지는 깊은 깊이까지 굴착되므로 대표적인 접지전극 중 편장상 전극으로 볼 수 있으며 또한 등가반경 계산 시 반구가 아닌 완전한 구의 형태를 가진 전극으로 등가화 할 수 있다.

편장 회전 타원체와 완전한 구의 접지 저항 계산식으로부터 등가반경 r 을 구하면 식 (10)과 같다.

$$R = \frac{\rho_1}{4\pi l T} \ln \frac{1+T}{1-T} = \frac{\rho_1}{4\pi r} \quad (10)$$

$$T = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l}\right)^2} \quad (11)$$

$$r = \frac{lT}{\ln \frac{1+T}{1-T}} \quad (12)$$

코어링 접지는 충분한 저항 값을 얻기 위하여 저감제를 사용하므로 저감제의 사용량과 등가 반경과의 관계를 살펴 볼 필요가 있다.

저감제 사용 시 굴착된 구멍의 토양이 사력충이거나 심지어 허공인 경우가 종종 나타나 저감제는 여러 방향의 빈 공간으로 번져나가거나 사력충으로 흡수되므로 실제 살포된 저감제의 양에 따른 등가반경의 변화를 고려하여야 한다.

살포되는 저감제의 양에 따라 변화되는 등가반경 r' 은 식 (13)으로 표현된다.

$$r' = kr \quad (13)$$

k 는 저감제 살포량에 대한 계수로써 살포된 저감제량으로 계산이 가능하다.

3. 사례연구

대지 저항률이 높은 고저항 지대에서의 접지공사는 동봉을 아무리 많이 사용하더라도 원하는 저항값을 얻지 못하므로 주로 코어링 접지방식을 이용하고 있다. 그러나 현장에서는 어느 정도의 접지 저항이 나오는지에 대한 구체적인 근거나 자료없이 무조건적으로 굴착하여 접지 저항을 측정하고, 원하는 값을 얻을 때까지 계속 굴착을 하게 된다. 따라서 코어링 접지를 효율적으로 이용하기 위해 이미 시공되어 측정된 접지 저항값을 근거로 각 토양의 저항률을 추정된 후 공사를 시행하려는 지역에 대한 접지 저항치를 예상하고자 한다.

3.1 봉상전극을 이용한 접지

현장의 시공자들이 접지저항의 계산없이 주로 경험에 의지하여 무작정 동봉을 타설하고 있으므로 전력시설물의 사용전 검사에서 불합격 요인 중 접지 저항값이 규정치를 초과하는 것이 가장 많은 부분을 차지하고 있다.

표 2. 봉상접지전극에 의한 저항
Table 2. Resistance of rod electrode

동봉수량 ($\phi 14, 1000\text{mm}$)	대지고유 저항 [$\Omega \cdot \text{m}$]		동봉수량 ($\phi 14, 2000\text{mm}$)	대지고유 저항 [$\Omega \cdot \text{m}$]	
	200	300		200	300
1	126	189	1	70	106
2	75	113	2	42	63
3	56	85	3	31	47
4	46	70	4	26	39
5	41	61	5	23	34
6	37	55	6	20	31
7	34	51	7	19	28
8	32	48	8	18	27
9	30	46	9	17	26
10	29	44	10	16	25
15	26	40	15	16	22
20	25	38	20	14	21
25	25	38	25	14	21
30	25	37	30	14	21
40	25	37	40	14	21
50	25	37	50	14	21
90	25	37	90	14	21
100	25	37	100	14	21

접지용 동봉과 저감제를 이용하여 대지 저항률이 200 [$\Omega \cdot \text{m}$]과 300 [$\Omega \cdot \text{m}$]인 지역의 접지 저항값을 계산한 것을 표 2에 수록하였다. 표 2의 동봉은 직경 0.014[m], 길이 1.0[m]의 전극으로서 길이 1.0[m]의 경우는 동봉 1개와 병렬연결, 길이 2.0[m]의 경우는 동봉 2개를 직결하여 병렬 연결한 것으로서 일정한 값 이하에서는 더 많은 동봉을 타설하여도 접지 저항값이 변하지 않음을 알 수 있다.

3.2 코어링 접지

봉상 전극을 이용하여 원하는 접지 저항을 얻지 못하는 고저항 지역에서는 코어링 공법을 이용하여 접지공사를 시행하고 있다. 그림 4에 코어링 접지 방식의 전극 모양을 나타내었다.

코어링 접지는 동관을 접지 전극으로 하여 동관의 높이까지 저감제를 살포하고 나머지 부분은 흙으로 되메우는 방법으로서 저감제로 인해 등가 반경이 확장되는 효과가 나타나게 된다. 고저항 지대나 도심가 등에서 시행하고 있는 코어링 접지공사는 접지시설 면적이 비교적 좁은 도심가나 빌딩가 등에서 좁은 면적을 이용하여 낮은 저항값을 얻을 수 있고, 또한 대지 고유 저항이 높은 지역에서는 접지전극을 지하 깊숙이 시설함으로써 낮은 저항 값은 물론 여러 가지 재해의 위험에서 벗어날 수 있으며 접지 시설물을 거의 영구적으로 이용할 수 있는 등의 여러 가지 이점이 있기 때문에 최근 그 사용 빈도가 높아 가고 있다.

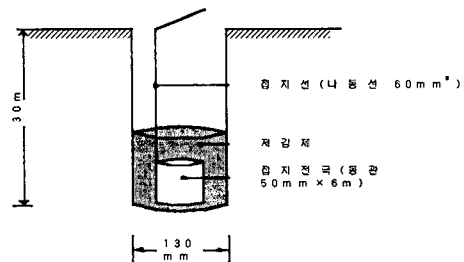


그림 4. 코어링접지의 전극형태
Fig. 4. Electrode of coring grounding construction

코어링 접지를 이용한 접지공사는 코어 관경이 130[mm], 접지 전극으로는 길이 6[m], 직경 50[mm]인

등가반경개념에 의한 코어링 접지공사의 고찰

동관, 접지 저감제 10[kg]을 평균 30포대 겔화하여 사용하고 있다. 접지 저감제의 부피는 126포대가 투입되는 경우 1[m³]에 해당하므로 코어링 1공에 30포대가 포설되는 경우

$$30 : 126 = x : 1$$

에서 30포대에 해당하는 부피 x 는

$$x = 0.238 \text{ [m}^3\text{]}$$

임을 알 수 있다.

사용된 저감제의 양과 동관까지의 높이 6[m]에 해당되는 부피를 비교하여 보면

$$\pi \times \left(\frac{130}{2} \times 10^{-3} \right)^2 \times 6m \times \alpha = 0.238 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\alpha = 2.9988472 \approx 3$$

여기서, α 는 저감제에 의한 변환계수이다.

즉 전극의 높이는 6[m]이지만 저감제의 효과로 인하여 코어링 내부에서의 전극의 유효깊이는 6[m] \times 3 = 18[m]가 되고 이것은 등가의 구의 반경에 영향을 미치게 된다.

코어링 접지방식의 편심률과 코어링 접지의 등가 반경으로부터 저감제에 의한 등가 반경 r 은

$$T = \sqrt{1 - \left(\frac{0.065}{3 \times 6} \right)^2} = 0.9999$$

$$r = 3 \times \frac{6 \times 0.9999}{\ln \frac{1 + 0.9999}{1 - 0.9999}} = 1.81174 \text{ [m]}$$

표 3은 제주지역에서 지역별로 코어링 접지를 이용하여 측정된 접지저항을 표시한 것으로서 지질구조가 대부분 암반과 사력층으로 구성되며 흙은 일부 분만 지표층에 존재한다. 일반적으로 흙의 저항률은 암반과 사력층의 저항률에 비해 적으므로 흙의 존재

여부가 접지저항에 큰 영향을 미치지 않으나 흙이 있는 지역은 극히 일부분에 지나지 않아 제주지역은 접지 저항면에서 열악한 지역임을 알 수 있다.

표 3의 측정저항과 구 전극에 의한 접지저항 식으로부터 각 코어의 등가 대지 저항률을 계산할 수 있으며 또한 다층구조의 등가 대지 저항률을 이용하여 토양의 종류별 대지 저항률을 추정할 수 있다.

대지 저항률의 추정은 우선 각 토양의 종류에 대해 적당한 범위의 대지 저항률을 가정하고 일정 간격으로 저항률을 변화시켜 가면서 각 코어의 등가 대지저항률과 비교하여 오차가 적은 토양종류별 저항률을 구함으로써 가능하다. 등가 대지저항률과의 오차는 약 15% 내외로서 이 정도의 오차는 현장에서는 용인될 수 있는 값이다.

토양의 종류를 흙, 경암·연암·풍화암 종류의 암반, 송이 또는 사력층으로 구분하여 토양종류별로 측정된 대지 저항률의 범위를 표 4에 수록하였으며 중간정도의 값을 대표적인 저항률로 표시하였다. 표 4의 저항률을 이용하여 접지저항을 계산하고자 할 때에는 여름철 또는 습한 경우에는 비교적 낮은 값을, 겨울철과 같이 건조하고 추운 경우에는 비교적 높은 값을 적용하는 것이 적합할 것으로 판단되어진다.

제주지역의 추정 대지 저항률의 대표값에 의한 저항과 코어링을 통하여 측정된 측정저항을 비교하여 표 5에 나타내었다. 표 5의 대표 값에 의한 저항과 측정저항과의 오차는 평균 약 15.6% 정도이며, 이는 측정시의 오차와 측정자의 오차들을 감안할 때 현장에서의 오차 범위 내에 포함할 수 있는 수치이며 오차가 크게 나타난 것은 저감제의 양에 따른 오차라고 생각되어진다.

표 5에서 보는 바와 같이 어느 정도의 측정오차를 감안하면 측정된 대지 저항률이 적절함을 알 수 있으며 코어링 접지 시공시 저감제의 사용량 증가와 접지전극으로 사용하는 동관에 흙을 이용한다면 저항값은 더욱 저감될 수 있다고 사료된다.

제주도 광역상수도 개발을 위하여 제주지역의 토양분포가 조사되어 있는 제주도 지질 추상도 자료집을 인용하여 제주도의 중산간 지역을 중심으로 코어링 접지방식으로 접지를 시공할 경우의 예상되는 저항

표 3. 코어의 지질구조와 측정저항
Table 3. Geological structure and measurement resistance of core

공 번	심타 깊이[m]	지질구조	측정 저항[Ω]
성산-1	30	0-6 흙, 6-20 송이, 20-21 점토, 21-22 암반 22-25 송이, 25-30 암반	26
성산-2	30	0-6 흙, 6-12 송이 12-30 암반	28
성산-3	34	0-5 암반, 5-15 송이 15-21 암반 21-24 송이, 24-34 암반	38
성산-4	30	0-11 암반, 11-24 송이 24-30 암반	45
성산-5	40	0-2 흙, 2-27 암반 27-28 송이, 28-40 암반	40
성산-6	30	0-6 흙, 6-26 암반 26-28 송이, 28-30 암반	32
북촌-1	30	0-15 암반, 15-30 송이	40
북촌-2	15	0-15 암반	52
교래-1	15	0-15 송이	58
교래-2	17	0-15 암반, 15-17 흙	57
대흥-1	11	0-3 송이, 3-9 암반 9-11 흙	35
행원-1	30	0-1 흙, 1-30 송이	66
행원-2	32	0-4 암반, 4-28 송이 28-32 암반	60
행원-3	33	0-6 암반, 6-33 송이	50
행원-4	27	0-5 암반, 5-20 송이 20-27 암반	40
행원-5	28	0-2 암반, 2-20 송이 20-24 암반, 24-28 송이	52
행원-6	30	0-4 암반, 4-30 송이	63
행원-7	33	0-1 흙, 1-15 송이 15-33 암반	60
행원-8	35	0-1 흙, 1-20 송이 20-35 암반	43

표 4. 제주토양의 추정 대지저항률
Table 4. Estimated ground resistivity in Jeju

토질의 구분	대지저항률[Ω m]	대표값[Ω m]
흙, 점토	200 - 500	300
암반 (풍화암, 연암, 경암)	800 - 1,300	1,100
사력(송이)	900 - 1,800	1,300

값을 표 6에 표시하였으며, 이를 참고로 접지공사 예상지역의 대략적인 접지저항을 추측할 수 있게 된다 [7].

표 5. 측정저항과 추정저항의 비교
Table 5. Comparison of measured and estimated value

공 번	측정저항[Ω]	대표값에 의한 저항[Ω]	평균대지 저항률[Ω.m]
성산-1	26	31	594
성산-2	28	32	639
성산-3	38	51	868
성산-4	45	51	1,028
성산-5	40	42	914
성산-6	32	31	731
북촌-1	40	52	914
북촌-2	52	48	1,186
교래-1	58	56	1,325
교래-2	57	36	1,302
대흥-1	35	33	799
행원-1	66	51	1,507
행원-2	60	54	1,370
행원-3	50	55	1,142
행원-4	40	52	914
행원-5	52	54	1,186
행원-6	63	55	1,439
행원-7	60	47	1,370
행원-8	43	48	982

표 6. 제주지역의 예상접지저항
Table 6. Expected ground resistance in Jeju

공번	깊이 [m]	표고 [m]	지질구조	위 치	예상 접지 저항 [Ω]
F-109	30	265	0-2흙, 2-20사력 20-30암반	제주시 용강동	39.80
F-134	35	245	0-2사력, 2-27암반 27-35사력	한림읍 금악리	45.98
F-268	29	365	0-1흙, 1-29암반	조천읍 선홍2리	40.50
F-273	30	103	0-12흙, 12-30사력	성산읍 신산리	23.88
F-223	24	64	0-9흙, 9-24암반	서귀포시 도순동	23.35
F-322	44	132	0-1흙, 1-7사력 7-12암반 12-27사력 27-35암반 25-44사력	애월읍 남읍리	46.99
F-328	38	182	0-1흙, 1-12암반 12-19사력 19-29암반 29-38사력	조천읍 선홍1리	44.25
F-379	32	252	0-4사력, 4-11암반 11-15사력 15-32암반	구좌읍 송당리	45.69

4. 결 론

대지 저항률이 높은 지역에서의 접지 저항은 봉형 접지 전극으로는 얻기가 거의 불가능하며 깊이 매설한 접지 전극과 접지 저항 저감제를 충분하게 사용하는 코어링 접지방식을 채택하는 것이 바람직하다.

본 연구는 등가반경 개념을 이용하여 코어링 접지 전극의 반경이 확장되는 것을 보였으며 이를 토대로 낮은 접지 저항이 얻어지고, 제주지역과 같이 고저항 지대에서의 각 토양의 대지 저항률을 추정함으로써 다른 고저항 지대에서의 접지공사시 개략적인 접지저항을 예측하여 기초 자료로 사용할 수 있도록 하였다.

코어링의 접지 전극으로 동관을 사용하고 여기에 흙을 파서 저감제 및 대지와 접촉면적을 증가시킨다면 저감효과는 더 증대될 것이며 코어링을 통한 낮은 저항값으로 전력기기의 안전한 사용과 각종 사고의 위험에서부터 벗어나는 계기가 되었으면 한다.

References

- [1] Jeju 22.9kV-y Voltage Rise Design & Construction Method, KEPCO Jeju District, 1991. 9.
- [2] Lee Jong-Sun, Grounding Technics and Grounding System, Sungan-dang, 1993.
- [3] Monthly Electricity, Grounding Resistance, 1994. 3.
- [4] ANSI, IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, ANSI/IEEE Std 80-1986.
- [5] Lee Bok-Hee, Lee Sung-Chul, The Major Foundational Technics for Grounding Systems, Uijae, 2000.
- [6] Monthly Electricity, Ground Resistance Reduction, 1994. 9.
- [7] Jeju Water Source Management Office, Juju Geological Materials, 2001.

◇ 저자소개 ◇

김세호 (金世鎬)

1961년 2월 18일생. 1983년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1992년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1999년 - 현재 제주대학교 전기전자공학부 부교수. 첨단기술연구소 연구원.

김일환 (金一煥)

1962년 3월 29일생. 1985년 중앙대학교 전기공학과 졸업. 1991년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 2002년 - 현재 제주대학교 전기전자공학부 교수. 첨단기술연구소 연구원.

양문길 (梁文吉)

1964년 2월 26일생. 2003년 제주대학교 산업대학원 전자전기공학과 졸업. 현재 도암엔지니어링 상무이사.