

건축물기초의 접지저항 추정에 관한 기초 연구

(Fundamental Research on the Estimation of Earthing Resistance for the Foundation of Building)

김성삼* · 김주찬* · 최증규** · 이충식*** · 고희석*

(Sung-Sam Kim · Ju-Chan Kim · Jong-Kyu Choi · Chung-Sik Lee · Hee-Seog Koh)

Abstract

In recent years the developments of the society in information technology so the building is required protective earthing to prevent electric shock and the building is also required functional earthing to guarantee safe operation of dispatch instrument of information.

This paper is reviewed about an estimation of earthing resistance that is considered the shape and size of the plate electrode in order to do practical use as earthing electrode of foundation the plate electrode in the foundation of building.

1. 서 론

접지는 전력·통신·뇌보호 등의 분야에서 중요한 기술이다. 최근의 고도정보화 사회의 진전에 따라 감전보호를 위한 보안용접지는 물론, 정보 통신기기의 안전한 동작을 확보하기 위한 기능용접지도 필요로 되고 있다. 접지극이 대지와 전기적 터미널로서 사용되고 있지만, 그의 형상은 봉상·판상 등의 소규모의 것에서 환상·망상 등의 대규모의 것까지 다종 다양하다. 접지설계시는 전위상승의 지표인 접지저항을 알아야 한다. 회전타원체 전극계 등의 특수한 형상의 전극을 제외하고 접지 저항의 엄밀한 해석하는 얻어지지 않는다.

봉상이나 판상 등의 전극의 접지저항은 해석해를 근사한 계산식에 의해서 계산되고 있다.^[1] 해석해가 없는 형상의 접지저항을 추정하는 방법으로는 수조모델실험법이나 Laplace방정식의 수치해석(예를 들면 유한요소법) 등의 접지 simulation의 방법이 있다.

이 논문은, 건축물의 기초에 판상전극을 기초접지극으로 실용화하기 위해 축소 블록모델을 제작후 수조모델 실험에 의해 판상전극의 형상과 크기를 고려한 접지 저항의 추정에 대해서 검토했다.

2. 본 론

2.1. 실험장치

접지의 모델 실험법은 수조 속에 접지 전극의 축소 블록모델을 배치하여 측정하는 방법이다.^[2]

축소 블록모델에서의 접지저항 측정을 위해서는 수조, 매질, 모델 접지전극, 전원이 필요하며 실험 장치의

개요는 그림 2.1과 같다.

전원은 배전계통 접지와 절연을 위해 절연변압기를 사용하였다. 인가전압은 슬라이더스를 이용하여 축소 블록모델 전극에 전압을 5V, 10V, 15V, 20V, 25V, 30V를 인가하였다.

여기에서, 축소 블록모델은 폭 0.3m, 길이 0.15m, 높이 0.2m인 것을 사용하였다.

접지저항이란 접지 전극에 전류를 흘렸을 때에, 무한 원점에 대한 접지전극의 상승값을 주입 전류로 나눈 몫이다. 수조 모형 실험인 경우는 그림에서 나타내는 바와 같이 주입한 전류의 크기는 전류계로 측정하고 모델 접지 전극의 전위 상승은 전압계로 측정한다.

전압계의 한쪽 단자는 모델 접지 전극에 연결하고, 다른쪽 단자는 금속 수조의 경우 수조 그 자체에 연결한다. 접지 저항은 이론적으로 엄밀하게 말하면 무한거리의 대지까지 포함된다. 그러나 수조 실험의 경우 수조의 크기는 유한하다는 한계가 있다.

수조의 유한성에 의한 오차는 그림 2.2에 나타난 반구 전극과 반구 수조에 의해서 개략적으로 짐작할 수 있다. 그림 2.2와 같은 반구상 접지 전극(반경 r_0)인 경우, 주입 전류가 방사상으로 유출되는 것으로 하고 반구의 중심에서 거리 r 인 곳에 반경 r 인 반구면의 수조를 상정한다.

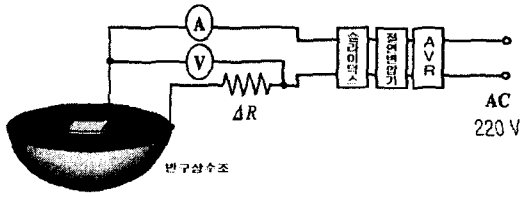


그림 2.1 수조 실험 장치도

Fig 2.1 Equipment hemispherical water tank

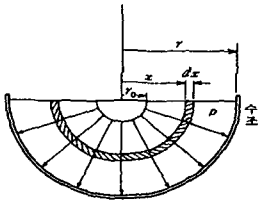


그림 2.2 반구 전극과 반구 수조

Fig 2.2 Hemispherical electrode and hemispherical water tank

물의 저항률을 ρ 로 하면, 반구 전극의 중심에서 거리 x 인 곳의 두께 dx 인 부분의 저항 요소 dR 은

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

dR 은 전극에서의 거리 x 의 제곱에 반비례하여 작아진다. 전극의 표면($x = r_0$)에서 무한 원점($x = \infty$)까지의 dR 을 적분한 결과가 반구 전극의 이론상의 접지 저항 R 이다. 즉

$$R = \int_{x=r_0}^{\infty} dR = \frac{\rho}{2\pi} \int_{r_0}^{\infty} \frac{dx}{x^2} = \frac{\rho}{2\pi} \left[-\frac{1}{x} \right]_{r_0}^{\infty} = \frac{\rho}{2\pi r_0} \quad \dots(2-2)$$

반경 r 의 수조를 사용하여 실험한 것으로서 수조보다 외측으로 분포되는 저항분을 ΔR 로 하면 그것은 dR 을 $x = r$ 에서 $x \rightarrow \infty$ 까지 적분한 결과와 같아져

$$\Delta R = \int_{x=r}^{\infty} dR = \frac{\rho}{2\pi r} \quad \dots(2-3)$$

반경 r 의 수조를 사용하여 실험했다고 하면, 수조보다 외측으로 분포되어야 할 저항분 ΔR 은 무시되므로, 측정 결과에 그 만큼의 오차가 들어가게 된다. 지금 이 오차를 중단 오차 ϵ [%]로 하고, 이것을 산정하기 위해 ΔR 과 R 의 비를 구해보면

$$\epsilon = \frac{\Delta R}{R} \times 100 = \frac{r_0}{r} \times 100[\%] \quad \dots(2-4)$$

즉, 오차 ϵ 는 $\frac{r_0}{r}$ 의 비에 의해서 결정된다. 표 2.1에 여러 종류의 r 에 관하여 ϵ 를 계산하였다. r 은 r_0 의 배수로 나타내고 있다. $r = 10r_0$, 즉 수조의 반경이 모형 반경의 10배인 경우 오차 ϵ 는 10%이다.

표 2.1 수조의 크기와 중단오차

Table 2.1 Hemispherical water tank size absolute error

수조의 반경 r	중단 오차 ϵ [%]
$2 r_0$	50
$5 r_0$	20
$10 r_0$	10
$20 r_0$	5

모형에 비해 큰 수조를 사용할수록, 반대로 수조에 비해 모형을 작게 만들수록, 오차는 작아진다.

무한정 큰 수조를 만들 수도 없고, 반대로 모형을 축소하는 데에는 한도가 있다. 따라서 현실적으로 실험에서 생기는 다소의 중단오차는 피할 수 없게 된다. 단, 접지 저항의 추정 정밀도는 중단 오차 ϵ 에 의해서 결정되는 것도 아니다. 추정 정밀도를 개선하는 방법이 있다. 그것은 반구 전극으로 실험했을 경우, 그 접지 저항의 참값은 이론적으로 명백하게 정해져 있으므로 그것을 이용하여 중단 저항분 ΔR 을 정확하게 산출할 수 있기 때문이다. 이 ΔR 은 구체적인 실험 조건(수조의 크기와 형상)에 의해서 거의 결정되어, 모델 형상의 영향은 그다지 받지 않는다. 왜냐하면 형상에 따른 접지 저항의 변화는 전극 부근에서만 발생하고 원격으로 될수록 작아지기 때문이다. 따라서 반구이외의 전극으로 실험했을 경우에도 반구일 때의 ΔR 을 사용하여 측정값을 어느 정도 보정할 수 있다. 접지의 모델 실험을 하는 데에는 먼저 균질 대지와 유사한 환경을 만들어야 한다. 수조 모델 실험에서는 물을 가득 채운 수조를 균질 대지에 가깝게 만든다. 수돗물의 저항률은 온도에 따라 변하기 때문에, 실험때 마다 전도율계를 이용하여 측정하였다. 수조는 측정 정밀도라는 관점에서 보면 클수록 바람직하다.

리턴 전극으로서 수조 그 자체를 이용할 수 있는 금속재 수조를 이용하는 편이 수조의 넓이를 효과적으로 사용할 수 있어 편리하다.

2.2. 실험방법

건축물기초에 판상 전극의 형상과 크기에 따른 접지 저항의 특성을 검토하기 위해 판면적이 동일한 조건에

서 1병과 2병 동판전극의 축소 블록모델(물탈:접지저감 제=55)을 나무상자 프레임의 중앙 하단 0.06m 깊이에 배치 후 제작하였다.

축소 블록모델에 넣은 전극 1병은 가로·세로 80mm 동판을, 전극 2병은 1병 면적과 유사한 가로·세로 57mm동판 2개를 병렬로 접속한 전극을 사용하였다.

동판 전극에 리드선을 접속하였으며, 충분히 건조 시킨 후 수조 모델 실험에 의해 접지저항을 측정 하였다.

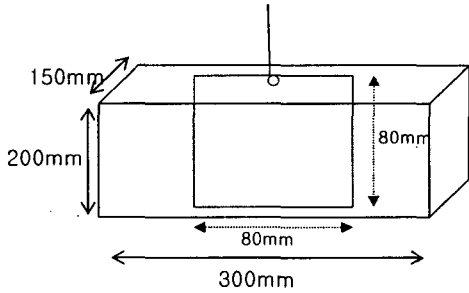


그림 2.3 판상전극

Fig 2.3 The Plate Electrode

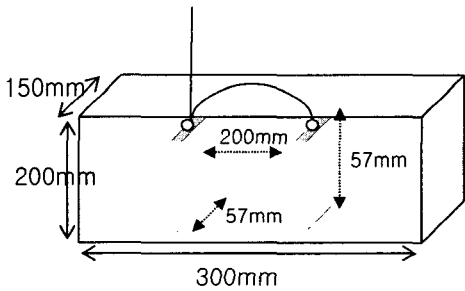


그림 2.4 판상 2병 전극

Fig 2.4 Parallel of the Plate Electrode

2.3. 실험결과

판면적이 동일한 조건에서 1병과 2병 동판전극의 축소 블록모델의 접지저항 측정결과, 1병 전극의 접지능이 우수하다는 것을 실험을 통해 알수 있었다.

표 2. 블록모델 측정결과

Table 2. The measurement result of block model

측정 전압 [V]	측정전류 [mA]		측정저항 [Ω]	
	판상 1병	판상 2병	판상 1병	판상 2병
5	90	80	44	47
10	200	180	41	44
15	320	300	39	41
20	440	410	38	40
25	560	520	37	39
30	690	640	36	38

이와 같은 결과는 접지전극이 근접해 있을 경우 각 전극에서 유출하는 전류에 의한 전위상승으로 인해 저항을 받는 것으로 사료된다.

그러므로 병렬접지 시공에는 접지전극간의 전위분포를 최대한 확보하는 것이 중요하다고 판단된다. 즉 충분한 전극간의 이격거리를 유지하여 전위간섭의 영향을 최소화 하는 것이다. 블록모델의 측정결과와 접지저항의 변화를 표 2와 그림 2.5에 나타내었다.

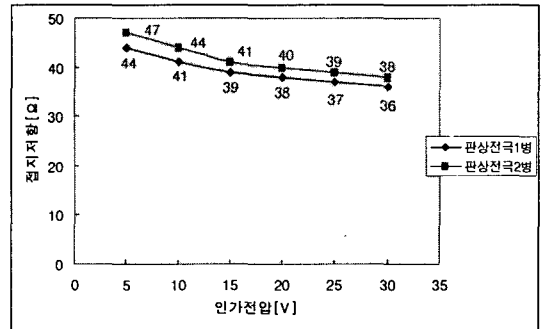


그림 2.5 접지저항의 추이

Fig 2.5 The surveyed earth resistance of block model

3. 결론

본 논문에서는 건축물기초에 판상 전극을 기초접지극으로 활용하기 위해 형상과 크기에 따른 접지저항의 특성을 비교·검토하였다.

1) 판면적이 동일한 조건에서 1병과 2병 동판전극의 축소 블록모델의 접지저항 측정결과, 1병전극의 접지능이 우수하다는 것을 실험을 통해 알수 있었다.

2) 추후에는 수조 실험을 통한 다양한 형태의 접지극도 축척률 및 형상계수법을 이용한 모의 실험이 가능하기 때문에 접지저항을 추정하는데 기여할 것으로 기대된다. 특히 봉상 및 메쉬접지도 수조에서 실험이 가능하다고 판단된다.

앞으로는 기초접지극을 실용화하기 위하여 건축물기초의 형상, 크기를 고려한 접지저항의 예측에 관한 연구를 계속 검토할 예정이다.

참고 문헌

- (1) 고희석의 "병렬판상전극의 수조모델 시뮬레이션 해석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 p. 280~282, 2003.
- (2) 山川修平, 高橋建彦 : "形状係數法による接地抵抗の推定", 電氣設備學會テーマ付研究會, GB04-77-7, 2004년.