

수평으로 매설되는 판상접지극의 수조 시뮬레이션

고희석\* · 송원표\* · 이수정\* · 김명현\*\* · 박승재\*\* · 류희석\*\*  
 경남대학교\* · 전기연구원\*\*

Water tank simulation of the Grounding Plate Electrodes that is laid under the ground horizontally

Hee-Seog Koh\* · Won-Pyo Song\* · Soo-Jeong Lee\* · Maeng-Hyun Kim\*\* · Seung-Jae Park\*\* · Hee-Suk Ryoo\*\*  
 Kyungnam Univ\* · Keri\*\*

**Abstract** - Theory calculation way because verification is lacking, we compare and analyzed with calculation theory value and experiment value that is neted through a water tank model experiment based on connection theory way that is announced in existing.

1. 서 론

일반적으로 건축구조체의 접지저항은 낮은 것으로 알려져 있다. 그러나 건축구조체와 같이 대규모 접지구조체의 접지저항을 정확하게 측정한다는 것은 상당히 어렵다. 전극의 형상이 일정하고 크기가 닮은 꼴로 변하는 경우의 접지저항은 매질의 저항률에 비례하고 대표적인 크기에 반비례한다는 법칙에 따른다. 형상에 관계한 접지저항을 전극의 형상계수를 이용하여 구하는 것이 모형전극에 의한 접지저항을 추정할 때에도 지배적인 원리로 작용한다. 그리고, 대규모 면적의 접지에 경우 감전방지에 직접적으로 관계되는 것은 접촉전압, 보폭전압, 전위분포, 전위경도 등인데, 접지시설은 대지와 매설된 전극에 의해 본래의 기능을 수행하고 있다. 접지극은 설치방법 및 크기에 따라 접지특성에 많은 영향을 주고 있다. 접지전극은 건물지하층에 타입되거나 매설되기 때문에 규정에 의한 소요 접지저항값을 확보하는 것이 매우 중요하다. 건축물의 완성 후에 각 용도에 적합한 접지저항 규정값이 미달되는 경우 재시공은 매우 곤란하다. 그러므로 접지시설 시공전에 접지저항에 대한 충분한 검토가 절대로 필요로 한다. 본 논문에서는 제작된 스텐레스제 반구상 수조를 이용하여 접지극의 접지저항을 추정하고자 한다. 각판상접지극의 특징은 너보호용 접지이며 시공이 간편하며 넓은 부지 면적을 차지하지 않기 때문에 봉상전극과 병행 사용되는 접지극이다. 각판상접지극에 대한 관련이론식은 기존에 사용되고있는 간편한 계산식이 있으며 최근에 일본학회에서 발표된 새로운 이론계산식이 발표된바 있다. 새로운 이론계산식은 검증 부족으로 인해 금번 수조실험에서는 기존에 발표된 관련이론식을 기초로 한 계산 이론 값과 수조 모델 실험을 통해 얻어진 실험값과 비교하여 분석하였다. 수조실험은 반구상 수조의 크기를 고려하여 최대한 실험 오차를 줄이기위해 모형전극을 크기를 최대 한변길이를 100(mm)로 하였다.

2. 본 론

2.1 수평각판상 접지극의 해석

전극에서 유출하는 전류가 전체에 균등한 것으로 하고 따라서 접지저항식의 산정에는 평균전위법을 사용해 전극표면의 평균전위를 유입 전류로서 나눈 값을 접지저항식으로 사용한다.

평판상 전극의 접지저항 계산식으로서 종래 부터 제안되고 있는 Dwight 의 식은 전극을 등가면적의 원판상 전극으로 치환해 추정하는 것이고 다음과 같이 나타내는 계산식이다.

Dwight의 식(수직매설)

$$R = \frac{\rho}{8r} + \frac{\rho}{4\pi s} \left[ 1 + \frac{7}{24} \frac{r^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{r^4}{s^4} \right] \quad (2.1)$$

단,  $r$  : 판의 등가반경(m)  $r = \sqrt{\frac{ab}{\pi}}$

$\rho$  : 대지저항률( $\Omega\text{m}$ )

$s/2$  : 매설깊이(m)

2.2 수평으로 매설된 각판상 접지극에 의한 전위분포

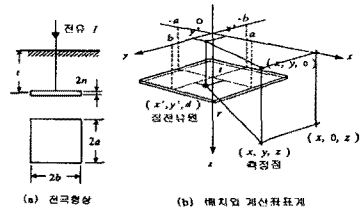


그림 2.1 각판상전극 수평매설의 경우

같은 모양의 모델에 의한 해석에서 그림 2.1에 나타낸 바와 같이 각판상 전극이 지표면에 대해 수평을 매설된 경우에서도 전위산정식 및 그 접지저항계산식을 합리적으로 구할 수 있다.

이때의 전위산정식은  $V_{//}(x, y, z)$  로 나타내기로 하면 이것은  $z = d$  의 곳에서 점전류원에 의한 전위의 기본식 (3-1)을 판 전체에  $x', y'$  의 각각의 방향에 판폭분 만큼 적분함으로써 구할 수 있다.

$$V_{//}(x, y, z) = \int_{-a}^a \int_{-b}^b V_0(x, y, z) dy' dx' \quad (2-2)$$

로 나타내어진다. 이것은 길이 2a의 매설지선을 y 방향에 폭 2b 정도 중첩한 것으로 받아들인 것도 가능하고, 혹은 길이 2b의 매설지선을 방향에 폭 2a로 중첩한 것으로 생각할 수 있다.

### 2.3 수평으로 매설된 각판상 접지극의 접지저항

접지저항에 대해서는 3.3.1절과 같은 순서로 해석할 수 있고 따라서 수평으로 매설된 각판상 접지극의 접지저항  $R_{//}$ 은 이하와 같이 표현되어 진다.

$$R_{//} = \frac{1}{I} \cdot \frac{1}{4ab} \cdot \int_{-a}^a \int_{-b}^b V_{//}(x, y, t+n) dy dx \quad (2-3)$$

Dwight의 식(수평매설)

$$R = \frac{\rho}{8r} + \frac{\rho}{4\pi s} \left[ 1 - \frac{7r^2}{12s^2} + \frac{33r^4}{40s^4} \right] \quad (2-4)$$

단,  $r$  : 판의 등가반경(m)  $r = \sqrt{\frac{ab}{\pi}}$   
 $\rho$  : 대지저항율( $\Omega$ m)  
 $s/2$  : 매설깊이[m]

### 2.4 모델 전극에 의한 수조모델 실험 방법

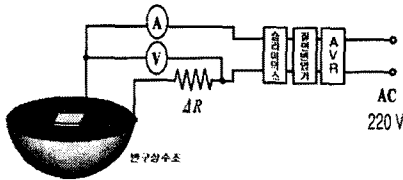


그림 2.2 수조 실험 장치도

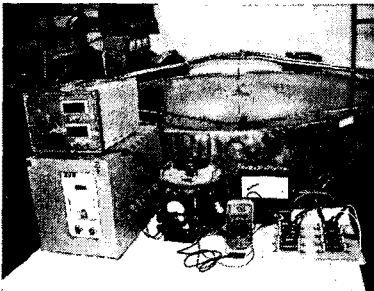


사진 1. 측정 장비

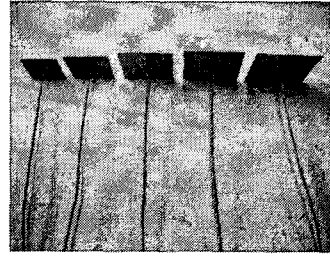


사진 2. 실험 모델 전극

### 2.5 수조 모델 실험에 의한 단각판상 전극의 접지저항

모형 전극을 수직으로 매설하는 경우 그림 2.3, 사진2에서와 같이 수조의 수면 중심에 모형전극을 설치하고 매설 깊이를 변화시켜 그때의 접지저항을 측정하였다.

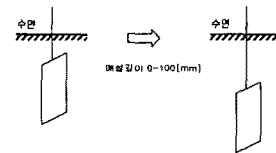


그림 2.3 모형 전극의 수직 매설

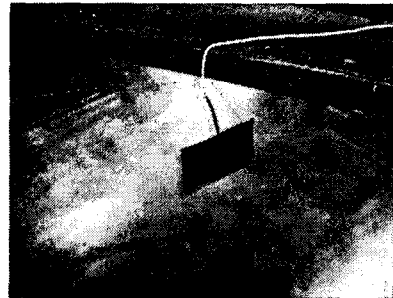
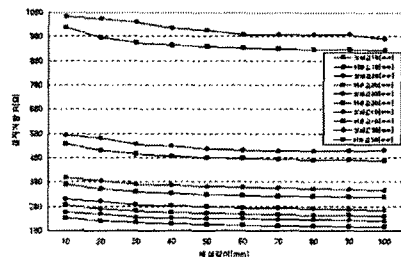


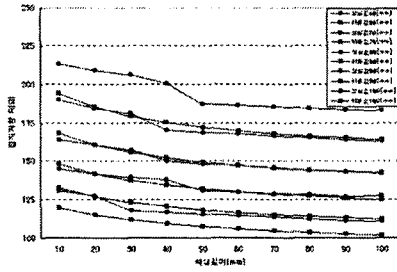
사진 3. 모형 전극의 수직 매설

### 2.6 수직 각판상 전극의 접지저항의 실험결과 고찰

축척 모형전극(판형상 세로,가로  $2a=2b=10$ (mm), 두께  $2n=0.5$ (mm)에서 측정할 때의 결과를 그림 2.4에 나타내고 있다. 기존의 계산식 Dwight의 식(2-1)에서 수치계산으로 구한 이론값을 계산하여 수조 실험값과 비교를 했다. 매설깊이  $t$ 는 10~100[mm]로 하였다.



(a)



(b)

그림 2.4 실험값과 이론값에 대한 매설깊이의 저항관계

전극의 크기를 변화해 접지저항값을 측정 한 결과를 그림 2.4의(a)와 (b)에서 이론값과의 비교로서 각판상 전극의  $R = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{1}{4ab} \cdot \int_0^b \int_0^{t+2a} V(n, y, z) dz dy$  수평매설시의 접지저항계산식에서 이론값을 산출하였다. 측정결과 실험값이 이론값과 거의 같은 값을 취하는 것이 확인되었다. 단지 전극이 작을 경우(판형상 가로, 세로  $2a=2b=10(\text{mm})$ , 두께  $n=0.5(\text{mm})$ )는 측정값과 이론값에서 벗어나는 것을 알았다. 이것은 접지저항 산정식의 도출에 있어서 전극의 한 변에 대해 두께가 작은 것이 영향을 주고 있다고 생각되어 진다.

### 2.7 실험검토

수조모델에 의한 접지전극의 접지저항값을 추정하기 위해서는 다음과 같은 점을 고려해야 한다.

#### (1) 중단오차(경계의 영향)

이론적으로 접지저항은 무한 원방의 대지까지 포함되고 있으나, 수조실험의 경우 수조의 크기가 유한하므로 모형전극에서 수조까지의 거리가 유한하다. 따라서, 중단저항  $\Delta R$ 는 구체적인 실험조건(수조의 크기와 형상)에 의해서 결정되어, 모형형상의 영향은 그다지 받지 않는다. 왜냐하면 형상에 따른 접지저항의 변화는 전극부근에서만 발생하고 원격으로 될수록 작아지기 때문이다. 따라서 반구 이외의 전극으로 실험을 했을 경우에도 반구일 때의  $\Delta R$ 를 사용하여 측정값을 어느 정도 보정할 수 있다.

따라서 본 실험에서는 보정저항을 사용해서 중단오차의 영향을 최소화 하였다.

#### (2) 모형의 가공 정도

접지저항은 전극표면적에 따라 영향을 받으므로 모델전극 제작시 전극표면의 납땜 등을 깨끗하게 처리해야 한다.

#### (3) 물의 저항률 변화와 분포

수도물에는 공기가 많이 포함되어 있으므로 실험 며칠 전에 받아두고, 온도에 따른 저항률 변화에 대비해야 한다.

특히 물의 저항률의 변화에 대해서 종래에는 직접측정법인 콜라쉬브리지법을 사용해서 물의 저항률을 찾아 내었지만, 본 실험에서는 도전율계를 사용해서 실험시 마다 물저항율의 변화에 대처하였다.

## 3. 결 론

본 연구는 각판상 전극에 대한 접지 저항을 해석하기 위하여 수조모델 실험을 하였다. 수조 모델 실험에서는 접지설계 및 시공에 널리 적용되고 있는 Dwight이론식을 기초로 하였다. 수조 모델 실험에서 오차를 최대한

감소 시키기위해 실험 모델을 최소한 크기로 선정하였다. 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 수조의 유한성으로 실험의 오차를 최대한 줄이기 위해 각판상 모델을 한번의 길이10(mm)에서 100(mm)준비하여 중단오차를 확인한 결과 최소0.75에서 최대 7.5%이었다.

(2) 수평매설에 대한 이론식값과 수조 실험값을 비교한 결과 이론값에 대한 오차율도 거의 10%이내였다. 수평매설시 Dwight이론식은 매설깊이가 낮은 경우에는 적용되지 않는 것을 알수 있었다.

특히 매설깊이20(mm)이하에서는 전극모델에 대한 이론계산식의 오차가 최대300% 이상 나타나는 것을 알 수 있었다.

(3) 수조 실험을 통한 다양한 형태의 접지극도 측척률 및 형상계수법을 이용한 모의 실험이 가능 하기 때문에 접지시설 시공 전 사전에 추정하는데 많은 도움이 될것으로 기대된다. 특히 봉상 및 메쉬접지도 수조에서 실험이 가능하다고 판단된다.

그러나 수조실험에서는 균일한 단일층을 대상으로 하기 때문에 다층에 대한 실험은 한계가 있는 것으로 사료된다. 봉상 및 메쉬접지는 매설깊이가 얇아 단일층에 시공되기 때문에 수조실험이 가능하였다.

### (참 고 문 헌)

- [1] 김세동著 : 「最新電氣設備技術基準」, 東逸, 2002年
- [2] 안민욱著 : 「電氣設備技術基準」, 太永, 2002年
- [3] 대한전기협회 : 「內線規程」, 1997年
- [4] 高橋他: 「建築電氣設備の接地に關する諸問題」, 電氣學會産業電力應用研究會, IA-82-3
- [5] 川瀬監修, 高橋: 「接地技術入文」, オーム社(昭和61年), p.93~99
- [6] 高橋: 「接地設計入文」, オーム社(平成2年), p.114, 124~129, 133~155
- [7] 高橋, 川瀬: 「接地技術の最近の動向」, 電氣學會論文誌B, Vol. 110, No. 6(平成2-6)
- [8] 高橋, 川瀬: 「接地電極の形狀係數の推定法」, 電氣學會論文誌B, Vol. 103, No. 12(昭58-12)