

복수접지극의 전위간섭

김주찬 · 최종규\* · 이충식\*\* · 고희석  
 경남대학교 · 마산대학\* · 대원과학대학\*\*

Potential Interference of Plural Grounding Electrodes

Ju-Chan Kim·Jong-Kyu Choi\*·Chung-Sik Lee\*\*·Hee-Seog Koh  
 Masan college·Daewon Science College\*\*·Kyungnam Univ

**Abstract**—Recently, there are many electricity, electronics, and communication equipment which need to earthing in the building. When electric current flows into a certain earthing system in the same building, the potential of other earthing system rises. This potential interference require surface potential of electrods by electrode shape. In this paper basic formula is deduced on the basis of both electrodes surface potential of earth electrode as a source of the potential interference and earth electrode which receive the potential interference. The degree of potential interference as multiple earth electrode is verified the simulated results by means of the simple model in advance.

1. 서 론

최근의 고도정보화 시대에 따라서 사무실 빌딩은 물론 공장, 주택 등 모든 용도의 건물에는 다종다양한 전기 전자 통신설비기기가 도입되어 있다. 그것들에는 접지를 시설할 필요가 있는 기기가 많이 포함되어 있다. 당연한 것이지만 이 접지는 건물의 부지내에 시공된다. 이와같은 상황에 있어서 어느 접지계에 접지전류가 유입된 경우 다른 접지계에 전위의상승, 다시말하면 접지극간의 전위간섭이 문제가 된다<sup>[1-4]</sup>. 종래의 전위간섭의 연구는 접지극의 지표면의 전위분포계산식을 이용해서 간단히 전극간의 거리관계만으로 검토되어 왔지만 엄밀하게는 전극형상에 의한 전극표면전위를 고려해서 넣어 검토할 필요가 있다<sup>[4-8]</sup>.

그래서 본 논문에서는 전위간섭의 원천이 되는 접지극 및 전위간섭을 받는 접지극의 양쪽의 전극표면전위를 토대로 기본식을 도출했고, 부지내에 여러가지 접지극이 존재할 때의 전위간섭의 정도를 구하는 수법을 제시한다. 또 수조모델 실험에서 기본식 및 계산 수법의 검증을 행하고, 장래 더 나아가서는 단순 모델을 이용해서 수치 시뮬레이션에 의해서 타당성을 검증하고자 한다<sup>[9-12]</sup>.

2. 전위간섭의 발생

빌딩에서는 여러종류의 접지를 요구하는 설비기기가 있고, 개별 접지를 주체로 하고 있다. 제한된 빌딩의 부지내에 많은 개별접지극을 시공하고 있는 경우 전위의 간섭이라고하는 문제가 발생한다.

개별접지, 요컨대 접지극이 독립하고 있는 경우를 생각하자. 그림 2.1에 나타나 있는 것처럼 접지극 A, B 가 개별로 접지되어 있을 때, 접지계 A에 지락이 생겨 접지전류가 흐른 경우, A의 전위가 상승해 전위분포가 나타난다. 이때 접지계 B에는 ΔV의 전위의 간섭이 나타난다. 이상적으로는 접지계 A와 접지계 B가 무한대의 거리로 떨어지면 전위의 간섭이 없게된다. 그러나 한정된 부지내에서는 접지계 B에 어느 정도의 전위가 발생한다.

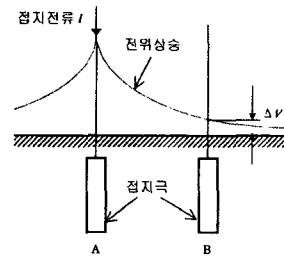


그림 2.1 접지극의 전위간섭

그림 2.1에 나타난 바와 같은 2개의 접지극이 있는 경우에 접지계A에 접지전류가 흐를 때 접지극 A의 전위가 상승해, 그 결과 접지극 B의 전위도 상승할 것이다. 그래서 접지극 B에 미치는 전위의 영향의 척도로서 전위간섭계수 K를 도입한다. K는 다음식으로 정의한다.

$$K = \frac{B\text{전위}}{A\text{전위}} \quad (2-1)$$

본 논문에서는 전위간섭의 원천으로되는(전류가 유입한) 접지계(또는 접지극, 전극)을 접지계A(또는 접지극 A, 전극A)와 전위간섭을 받는 접지계(또는 접지극, 전극)을 접지계 B(또는 접지극B, 전극B)로 표기한다.

제 3 장 전위간섭계수의 계산방법

그림 3.1에서와 같이 부지내에 복수의 전극이 존재하는 경우에 접지계 A에 [A]의 전류가 유입할때의 전위간섭계수의 계산방법을 나타내고 있다. 여기에서는 그림 3.1 중의 접지계 A는 전극 ① - ④의 4개로 구성되어 연결되어 있고, 접지계 B는 봉상접지극⑤의 하나를 가정해 설명한다.

접지극의 전위는 접지극의 표면전위로 한다.

$j(j=1, 2, 3, 4, 5)$ 번째의 전극에 유입한 전류를  $I_j$ ,  $i(i=1, 2, 3, 4, 5)$ 번째의 전극의 전위를  $V_i$ 라고 하면 다음식이 성립한다.

$$I = [Z_{ij}]^{-1} V \quad (3-1)$$

단,  $V = [V_1, V_2, V_3, V_4, V_5]$ ,  $I = [I_1, I_2, I_3, I_4, I_5]$

$i \neq j$ 일때는

$$Z_{ij} = \frac{1}{l_{ij}} \frac{\rho}{4\pi l_{ij}} \left[ \ln \frac{(l_i + l_j - z) + \sqrt{x_{ij}^2 + (l_i + l_j - z)^2}}{l_i - z + \sqrt{x_{ij}^2 + (l_i - z)^2}} + \ln \frac{(l_i + l_j + z) + \sqrt{x_{ij}^2 + (l_i + l_j + z)^2}}{l_i + z + \sqrt{x_{ij}^2 + (l_i + z)^2}} \right] \quad (3-2)$$

단  $\rho$ : 대지저항률  $L_j$ : 전극길이  
 $l_j$ : 매설깊이  $x_{ij}$ : 전극간의거리

(3-2)식은 전극표면의 평균전위를 유입전류 I로 나눈 값이다.

$i = j$  일때는 (3-2)식 중의  $x_{ij}$ 을  $a_i^2$ 로서 바꾸어 놓

는다. 단지  $a_i$ 는 전극반경이다. 여기에서는 접지계A만  $I$  [A]의 전류가 유입할때를 생각하므로 다음식이 성립한다.

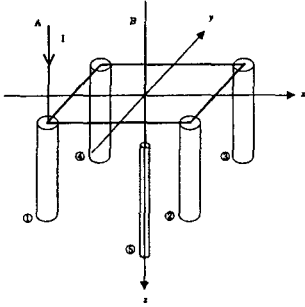


그림 3.1 접지계의 단순모델

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I \quad I_5 = 0 \quad (3-3)$$

또한 접지계 A의 전위를  $V_A$ , 접지계 B의 전위를  $V_B$ 로 놓으면 다음식이 성립한다.

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V_A \quad V_5 = V_B \quad (3-4)$$

(3-1)식에서의 행렬  $[Z_{ij}]^{-1}$ 을 다음식과 같이 4개의 소행렬로 분할한다.

$$[Z_{ij}]^{-1} = \begin{bmatrix} [Q_{11}] & [Q_{12}] \\ [Q_{21}] & [Q_{22}] \end{bmatrix} \quad (3-5)$$

(3-1)식에 (3-5)식을 대입해, (3-3) (3-4)식을 사용해 정리하면 다음식과 같이 된다.

$$\begin{cases} I = Q_{11} V_A + Q_{12} V_B \\ 0 = Q_{21} V_A + Q_{22} V_B \end{cases} \quad (3-6)$$

단,  $Q_{ij}$ 을 소행렬  $[q_{ij}]$ 의 전요소들의 합이다.

#### 4. 수조모델 실험에 의한 전위간섭계수의 검증

##### 4.1 수조모델실험의 개요

앞 장에서 전위의 계산식 및 전위간섭계수의 계산방법을 나타냈다. 본장에서는 전위계산식 및 전위간섭계수의 계산수법을 수조모델실험에 의하여 검증한다.

전극에서 충분히 떨어진 지점의 등전위곡선은 반구상으로 되는것은 명확히 되어 있으므로 대지 모델로서 반구상수조를 사용하기로 했다. 반경 0.75m의 스텐레스제 품 반구상수조에 수돗물을 채우고 수조자체를 리턴전극으로 한다. 수조는 유한장이므로 중단 저항으로 보정하기 위하여 보정저항을 직렬로 접속한다. 수조의 외측에 포함되는 저항분인 중단 저항 R은 다음식으로 나타내어진다.

$$R = \frac{\rho}{2\pi r} \quad (4.1)$$

단,  $\rho$ : 물의 저항률 [ $\Omega \cdot m$ ],  $r$ : 수조의 반경[m]

측정은 그림 4. 1에 표시하는 회로에서 행했다. 전극 A을 측정할 때의 회로는 같은 그림(a), 전극B를 측정할 때의 회로는 같은 그림(b)이다. 또한 스텐레스제 반구상수조를 사진 4. 1에 나타내고 사진 4.2에 전극재료의 외관을 보여주고 있다.

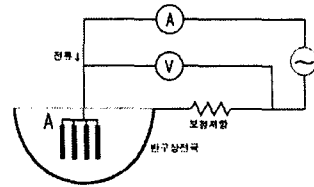
##### 4.2 측정의 개요

모델 전극의 재료에는 구리제품인 등근봉을 사용하고 그 끝부분에는 불필요한 돌기가 없도록 가공한다. 또한 모델 전극에 부착하는 오염 등의 영향을 배제하기 위하여, 측정 직전에 물로서 세척한다. 측정에 사용한 모델전극을 사진4.2에 나타내고 있다.

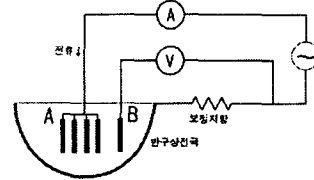
복수의 전극의 경우는 우선 그림4.2와 같이 접지계A를 수조의 수면중심에 설치해 접지계 A영역의 중심에 접지계B를 설치했다. 접지계 B를 x 방향에 7cm 간격으로 이동시켜 각 지점에서의 접지계 A 및 접지계 B의 전위를 측정해 전위간섭계수를 산출했다.

접지계 A의 전극 ①~④에는 길이 50[cm], 반경 2.5[cm]의 봉상전극을 접지계B의 전극⑤는 길이 100[cm], 반경 0.25[cm]

의 봉상전극을 사용해 매설 깊이는 접지계 A가 0[cm], 접지계B가 25[cm], 50[cm], 100[cm]의 3양상으로 했다.



(a)



(b)

그림 4. 1 실험회로

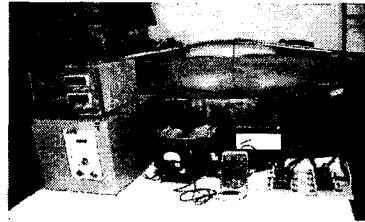


사진 4. 1 측정기기

전원을 상용전원 (60Hz, 220V)은 슬라이더스에 의해서 전압을 조정해 전류를 일정하게 유지했다.

수돗물의 저항률은 측정의 직전에 아크릴 수조를 사용해 측정하게 했다.

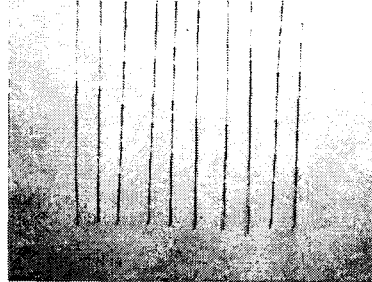


사진 4. 2 모델전극

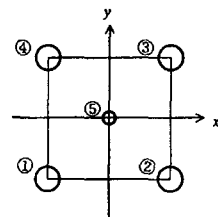


그림 4. 2 전극의 배치(복수의 전극인 경우)

(2) 반구상 수조를 사용한 저항률의 측정

그림4. 1(a)의 전극 대신에 작은 스텐레스제 반구상 수조를 사용해 그림4. 1(b)와 같은 회로를 꾸며 저항치를 측정한다

저항률은 다음식에서 구해진다.

$$\rho = 2\pi \cdot R \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)}$$

$\rho$  : 저항률[ $\Omega \cdot m$ ]  $R$  : 저항[ $\Omega$ ]

$r_1$  : 내측의 반구의 반경[m],  $r_2$  : 외측의 반구의 반경[m]

### 4.3 측정결과

앞서 서술한 측정에 의해 얻어진 결과는 그림 4.3~그림 4.5에 나타내고 있다. 표4.1, 표4.2는 실험에 의해 얻어진 매설 깊이의 변화에 의해 변화하는 전위간섭계수를 나타낸다.

그림 4.3~그림 4.4의 전극 A는 봉상전극이고 각각 전극 B가 봉상전극경우만을 나타내고 있다. 또한 전극의 매설 깊이를 변화시켜도 양호한 일치를 나타내었다.

여기서 우리는 전위간섭계수는 전극 A와 전극 B의 관계에서 매설 깊이에 의해서 간섭의 정도의 차이가 있다는 것을 알 수 있고 매설 깊이가 깊을수록 전위간섭의 정도가 약하다는 것을 알 수 있다.

표 4-1 극방향 간섭계수 data

이격거리	t= 2.5[cm]	t= 5[cm]	t= 10[cm]
1	0.669	0.579	0.381
2	0.668	0.597	0.383
3	0.667	0.596	0.383
4	0.665	0.596	0.387
5	0.678	0.598	0.388
6	0.718	0.554	0.392
7	0.731	0.601	0.398
8	0.754	0.612	0.407
9	0.783	0.617	0.414
10	0.821	0.620	0.416
11	-	-	-
12	0.757	0.562	0.350
13	0.666	0.523	0.331
14	0.618	0.502	0.327
15	0.587	0.465	0.332
16	0.532	0.422	0.313
17	0.470	0.405	0.296
18	0.453	0.328	0.277
19	0.418	0.359	0.264
20	0.388	0.340	0.250

표 4-2 축방향 간섭계수 data

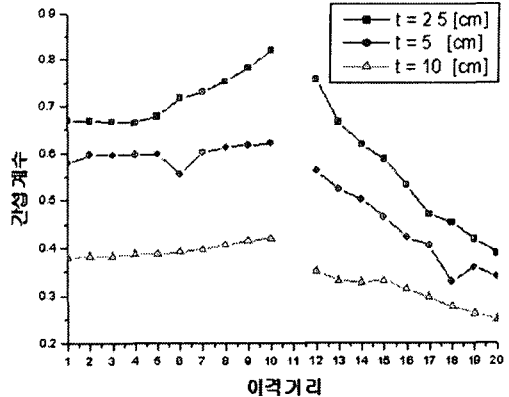
이격거리	t= 2.5[cm]	t= 5[cm]	t= 10[cm]
1	0.261	0.249	0.201
2	0.261	0.250	0.203
3	0.262	0.251	0.206
4	0.263	0.252	0.208
5	0.262	0.252	0.208
6	0.263	0.251	0.206
7	0.264	0.252	0.208
8	0.264	0.253	0.211
9	0.268	0.256	0.212
10	0.270	0.258	0.216
11	0.261	0.253	0.213
12	0.258	0.251	0.209
13	0.259	0.248	0.208
14	0.257	0.245	0.209
15	0.255	0.245	0.204
16	0.255	0.241	0.202
17	0.254	0.243	0.195
18	0.254	0.239	0.201
19	0.254	0.240	0.199
20	0.254	0.240	0.195

### 3. 결 론

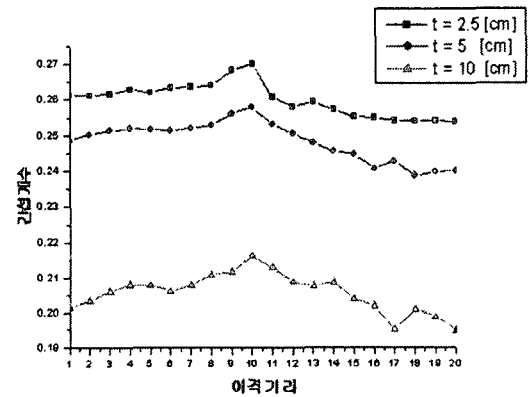
본 연구에서는 접지상호간 및 건물의 기초항과 접지극과의 사이에 전위간섭의 정도를 구하는 수법을 제시했다. 수치 모의의 결과, 접지극의 배치 지점에 따라서 전위간섭의 정도가 크게 변화하는 것이 예상된다. 전위간섭의 정도의 파악은 시공시에 적절한 접지극형상 및 시설위치를 결정하기 위하여 중요하다. 한정된 부지내에 복수의 접지극을 필요로 할 때 그 배치에는 충분한 검토가 필요하다.

금후의 과제로서는 본 연구에서는 접지극으로서 쓰고 있는 건물기초항에 전류가 유입할 때의 봉상접지극에의

전위간섭을 검토했다.



4.3 극(ⓐ)방향 데이터



4.4 축(x)방향 데이터

각관상접지극에의 전위간섭에 대해서도 검토할 필요가 있다. 각관상접지극 상호의 전위간섭에서는 시설하는 방향에서 정도가 변화하는 것이 고려되어 진다. 시설하는 방향을 고려하면 전위간섭을 억제할 가능성도 있어 검토해야 할 과제이다.

또한 본 연구는 대지를 균질지층으로서 진척했다. 그러나 이와같은 대지 구조는 드물고 일반적으로 다층구조로 되고 있는 경우가 많다. 금후 2층 대지 혹은 다층대지에서의 전위간섭의 정도를 파악하기 위한 검토를 행하는 것이 고려되어 진다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 高橋 「接地技術の動向」 電学誌 106, 357 (昭61-4)
- [2] E.D.Sunde : Earth Conduction Effects in Transmission Systems (1968) Dover Publication Inc
- [3] 高橋美多川瀬 : 「並列接地の集合係数」について 電氣学誌會電力應用研究 EPA-78-5 (昭53)
- [4] 大矢, 他 : 「多電極並列接地による接地抵抗の低減化」 電学論 B, 106, 911 (昭61-10)
- [5] 高橋 : 「多層大地における深打接地と浅打並列接地の接地抵抗」 電氣設備学会 Vol.16.No.10, 平成8年10月
- [6] 高橋, 川瀬 : 「多層大地における棒状接地極の接地抵抗の解析」 同上 B, 108, 229 (昭63-5)
- [7] 高橋, 川瀬 : 「多層大地における見かけの大地抵抗率の解析」 電氣設備学会研究発表会, B-6, (昭61-9)
- [8] 高橋, 他 : 棒状電極の接地インピーダンスの数値計算」 電誌論 B 103, 183 (昭58-3)
- [9] 馬淵, 高木: 棒状接地極の接地抵抗値の算定について」 電力技術研究所所報, 6, 40(昭-1)
- [10] G.F.Tagg : "Earth Resistances", George Newnes Ltd.
- [11] H.B.Dwight : Effects of resistance to Ground Electrical Engineering, No.12,1936
- [12] 高橋 : 「棒状接地極の電位分布計算式の表現」 電氣設備學會誌 Vol.18.No.11, 平成10年11月