

심타접지와 천타병렬접지에 관한 이론적 해석

Theoretical Analysis of Earth Deep-Driven Rod and Earth Slight-Driven Parallel Rods in the Earth

김주찬·최종규*·이충식**·고희석

(마산대학*·대원과학대학**·경남대학교)

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

(Masan college* · Daewon Science College** · Kyungnam Univ)

Abstract

To reduce the earth resistance, earth electrode are installed horizontally or vertically in the earth. There are two kinds of vertical earth electrode methods, one is a deep-driven rod and another is slight-driven parallel rods. Bibliography have so far analyzed the earth resistance calculation of a rod type electrode and parallel rods type for the multi-layered earth. Befor long, We are going to study earth resistance of deep-driven rod and slight-driven parallel rods in the multi-layered earth with reference to bibliography.

1. 서 론

접지의 목적, 종류에 따라 설계하고자 하는 목표접지값이 다르다. 예를들면 기준·규격에 대한 접지저항이나 상정 지락전류와 전위상승허용값으로 결정되는 접지저항등 여러 가지가 있다. 또한 접지설계는 경제성, 신뢰성, 보전성 등을 고려할 필요가 있으며 특히 유의할 것은 지나치게 많은 접지극을 대지에 포설해도 경제적으로 불리하므로 접지저항의 성질을 충분히 이해한 바탕위에서 검토해야 한다.

더욱이 접지설계를 하는 경우에 필요한 정보로서는, 소요접지저항치, 접지공사 면적의 크기 및 대지저항률등이 있다. 접지저항을 저감시키기 위해서는, 기본적으로는 접지전극의 물리적촌법을 크게 하는 것이 필요하다. 주지하는바와 같이, 접지전극에는 대별해, 대지에 대해 수평 방향으로 매설하는 형태와, 연직방향에 박아 넣는(타입) 형태가 있다. 접지공사가 가능한 면적이 한정되어 있는 경우, 유효한 접지형태로서는 연직방향에 박아 넣을수 있는 봉상전극에 의한 방법이 있다. 이 경우, 비교적 짧은 봉상전극에 의한 병렬접지공법, 또는 1본의 봉상전극을 지중 깊게 타입하는 공법을 채용할 것인가 안할 것인가는 접지설계시 큰 관심사이다. 전자의 공법은 인력으로 쉽게 실행할수 있지만, 후자의 공법은 보링기와 같은 대규모의 설비가 필요하다.

다층대지를 고려한 접지저항의 연구에 대해서, 봉상전극 1본의 경우는 문헌2), 병렬전극의 경우는 문헌3)에서 접지저항의 해석해가 얻어지고 있지만, 봉상전극 1본 및 병렬전극의 접지저항의 비교등에 대해서의 검토는 아직 행해지지 않는다. 그래서,

본논문에서는 참고문헌에서 논의되는 대지파라미터(다층대지에서의 각층의 두께 및 그 대지저항율)에 의한 이들의 공법으로 얻어지는 접지저항의 특징을 검토한다^{1)~15)}.

2. 접지형태와 접지저항 계산식⁵⁾

2.1 심타접지

대지의 연직방향으로 봉상전극을 깊게 타입하는 형태를 심타접지로 정의한다. 이것에는 1~2m의 봉상전극을 연결하는 방식, 또는 보링기를 사용해 파이프등의 봉상전극을 매설하는 방식이 있다. 그림1에 나타낸바와 같이, 어떤 대지 파라미터(두께 h_i : $i=1 \sim N-1$, 대지저항율 ρ_i : $i=1 \sim N$)를 갖는 수평다층대지(N 층으로한다.)에 봉상전극이 박아 넣어지고 있는 심타접지 모델을 생각한다. 이 경우의 봉상전극(반경 a , 길이 l)의 접지저항계산식은 다음식으로 주어진다.²⁾

$$R = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sum_{i=0}^{N-1} \frac{h_i}{\rho_i} + \frac{1-H_{N-1}}{\rho_N}} \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^{i-1} (1-k_j) \times \int_{H_{s=1}}^{H_s} \int_0^\infty \frac{\alpha_{NS} e^{-\lambda l} + \beta_{NS} e^{-2\lambda H_s} e^{\lambda l}}{\alpha_M - \beta_M e^{-2\lambda h}} \times J_0(\lambda a) d\lambda dt \right] \quad (1)$$

여기에서

$$H_s = \sum_{i=1}^s h_i, \quad H_0 = 0, \quad H_N = 1, \quad H_{N-1} = \sum_{i=1}^{N-1} h_i$$

$$\alpha_{NN} = 1, H_0 = 0, H_N = 1, H_{N-1} = \sum_{i=1}^{N-1} h_i$$

$$\alpha_{N1} = \alpha_{N2} + \beta_{N2} k_1 e^{-2\lambda h_2}$$

$$\alpha_{N2} = \alpha_{N3} + \beta_{N3} k_2 e^{-2\lambda h_3}$$

⋮
⋮

$$\beta_{N1} = k_1 \alpha_{N2} + \beta_{N2} k_2 e^{-2\lambda h_2}$$

$$\beta_{N2} = k_2 \alpha_{N3} + \beta_{N3} k_3 e^{-2\lambda h_3}$$

⋮
⋮

2.2 천타병렬접지

같은 형상·층법의 접지전극을 병렬로 접속하는 것을 본논문에서는 병렬접지로 정의한다. 비교적 짧은 봉상전극을 사용해 지중얇게 타입해, 그들을 병렬로 하는 형태를 천타병렬접지로 정의한다. 이것에는 1~3m까지의 봉상전극으로, 하나의 봉 또는 2본 정도의 전극을 연결하는 경우도 있다. 이들의 봉상전극 Z본이 그림2에서와 같이, 어떤 대지 파라미터(두께 $h_i: i=1 \sim N-1$, 대지저항을 $\rho_i: i=1 \sim N$)를 갖인 수평다층대지(N층으로한다.)에 병렬로 박아 넣어지는 천타병렬접지 모델을 생각한다. 이경우의 봉상전극(반경 a , 길이 l)의 접지저항계산식은 다음의 (2)식으로 주어진다³⁾.

$$R_0 = \frac{1}{[1, 1, 1, \dots, 1] G^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ \vdots \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}} \quad (2)$$

여기에서

$$G = \begin{bmatrix} R_N & G(S_{12}) & & G(S_{1z}) \\ G(S_{21}) & R_N & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ G(S_{z1}) & & & R_N \end{bmatrix}$$

R_N 은 전술의 (1)식, $G(S_{mi})$ 는 다음식이다.

$$G(S_{mi}) = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sum_{i=0}^{N-1} \rho_i + \frac{1-H_{N-1}}{\rho_N}} \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^{i-1} (1-k_j) \times \int_{H_{i-1}}^{H_i} \int_0^\infty \frac{\alpha_{NS} e^{-\lambda l} + \beta_{NS} e^{-2\lambda H_s} e^{\lambda l}}{\alpha_M - \beta_M e^{-2\lambda H}} \times J_0(\lambda S_{mj}) d\lambda ds \right]$$

3. 계산모델의 DATA⁵⁾

3.1 병렬접지전극의 배치 패턴

접지공사 영역의 크기를 변길이 10m의 정방형으로 해, 심타접지전극(전극반경0.033m)은 면적내에 1본을 박아 넣은 것으로 한다. 천타병렬접지전극(전극반경 0.0075m)은 면적내에 정방형의 변에 따라서, 4~30본을 타입, 그들을 접속해 천타병렬접지전극을 구성한다.

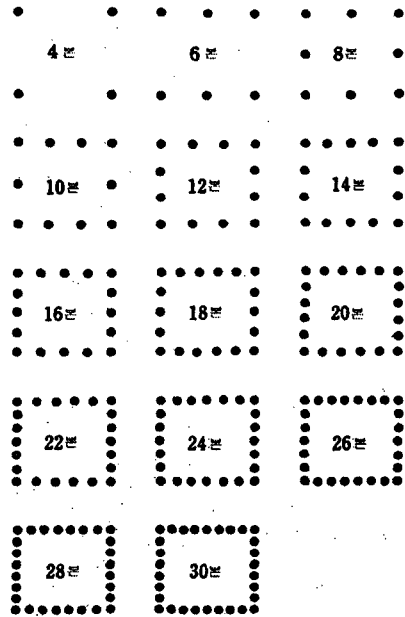


그림1 천타병렬접지전극의 배치패턴

전극의 배치 패턴을 그림3에 나타낸다. 여기에서, 본논문에서는 병렬접지전극은 전부 내변에 시공하는 모델을 설정하고 있다. 결국, 내부의 면적에는 박아 넣지 않은 모델이다.

다음장의 계산결과에 나타내는 접지저항의 곡선의 횡축의 표현에 대해서 설명한다. 심타접지전극의 경우는 전극장을 그대로 나타내기로 한다. 천타병렬접지전극의 경우는, 천타병렬접지전극의 전극장과 그림3에 나타낸 배치 패턴에서의 전극수를 사용한 연 전극장(전극장×전극수)을 고려해, 심타

접지전극과의 대응을 시도하기로 한다. 한 예를 나타내면 천타병렬접지전극의 전극장이 1m이기 때문에, 그 병렬접지전극수가 4본이면, 심타접지전극의 전극장 4m에 대응한다⁵⁾.

3.2 수평다층대지의 대지파라미터의 설정

본논문에서는 3층, 4층 대지에서 접지저항의 계산을 하는 것으로 한다. 계산에 사용하는 대지파라미터는, 3층 대지의 경우는 표-1에 나타내는 것과 같은 값을 설정했다⁵⁾.

표 1. 3층대지의 대지 Parameter

| | 모델3A | 모델3B |
|---|------|------|
| 제1지층의두께 h_1 [m] | 5 | 5 |
| 제2지층의두께 h_2 [m] | 10 | 10 |
| 제1지층대지대지저항률 ρ_1 [$\Omega \cdot m$] | 100 | 1000 |
| 제2지층대지대지저항률 ρ_2 [$\Omega \cdot m$] | 1000 | 100 |
| 제3지층대지대지저항률 ρ_3 [$\Omega \cdot m$] | 100 | 1000 |

4. 결 론

한정된 접지공사 면적에서, 보링전극등을 사용한 심타접지로 할 것인가, 또는 인력으로 파서 넣은 것과 같은 짧은 봉상전극을 사용한 천타병렬접지로 할 것인가의 판단은 접지설계를 실시하는 경우에 큰 관심사이다.

참고문헌⁵⁾에서는 수평3층, 4층 대지모델을 사용해, 심타접지의 전극장, 천타병렬접지의 전극배치 패턴·본수에서의 접지저항의 특성에 대해서 검토했다. 그 결과, 이하에 나타내는 것과 같은 심타접지, 천타병렬접지의 지식을 명확히 할 수 있음을 나타내고 있다.

- (1) 심타접지는 각지층을 관통해 매설되므로, 대지파라미터의 영향을 강하게 받는다.
- (2) 천타병렬접지는 비교적 얇은 지층의 대지파라미터의 영향을 받는다.
- (3) 상술한 (1), (2)의 특성을 보는 것에 의해서, 심타접지와 천타병렬접지의 접지저항의 정량적인 파악이 가능하게 된다.
- (4) 대지파라미터에 의한 심타접지, 천타병렬접지의 유의성을 찾아내는 것에 의해서, 대지에 박아넣는 전극장, 전극배치패턴을 고려한 총연전극장을 결정하는 것이 가능하게 된다.

이들의 지식은, 접지설계를 실시하는 경우, 대지파라미터를 충분히 파악하는 것에 의해서, 심타접지공법을 채용하는가, 천타병렬접지공법을 채용하

는가의 판단기준을 마련하는 것이 가능하게 되는 것을 시사하고 있음으로 우리들은 앞으로 이들에 대한 실제의 계산에 의해서 고찰하고 그 타당성을 입증할 예정이다.

Bibliography

- [1] 高橋 「接地技術の動向」 電學誌 106, 357 (照61-4)
- [2] E.D.Sunde : Earth Conduction Effects in Transmission Systems (1968) Dover Publication Inc
- [3] 高橋·美多·川瀬 : 「並列接地の集合係數について」 電學誌會電力應用研資 EPA-78-5 (照53)
- [4] 大失, 他 : 「多電極並列接地による接地抵抗の低減化」 電學論 B, 106, 911 (照61-10)
- [5] 高橋 : 「多層大地における深打接地と淺打並列接地の接地抵抗」 電氣設備學會 Vol.16. No.10. 平成8年10月
- [6] 高橋, 川瀬 : 「多層大地における棒狀接地極の接地抵抗の解析」 同上 B, 108, 229 (照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」 電氣設備學會研究發表會, B-6, (照61-9)
- [8] 高橋, 他 : 「棒狀電極の接地インピーダンスの數値計算」 電誌論 B 103, 183 (照58-3)
- [9] 馬淵, 高木 : 「棒狀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 : 「棒狀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
- [13] 三谷, 高橋 : 「埋設棒狀電極の接地抵抗の解析」 平成11年 電氣設備學會全國大會, E-11
- [14] 木曾武男 : 「接地電極の埋設沈さと電極付近の電位傾度及び接地抵抗について」 電氣實驗所報, 第5卷 第9号.