

## 송전선로 철탑기초의 접지저항 해석

\*이현구, 하태현, 배정효, 김대경  
한국전기연구원 지중시스템연구그룹

### Analysis of the Earth Resistance for the Tower Footing of T/L

\*H.G. Lee, T.H. Ha, J.H. Bae, D.K. Kim  
KERI Underground Systems Group

**Abstract** - The sharing of common corridors by electric power transmission lines and pipelines is becoming more common place. However, such corridor sharing can result in undesired coupling of electromagnetic energy from the power lines to the near facilities. During a fault on any of the transmission lines, energization of the earth by supporting structures near the fault can result in large voltages appearing locally between the earth and the steel wall of any nearby pipeline.

This paper presents the outline of the tower footings for the transmission lines having been used in KEPCO and analyzes the earth resistance for operation method of the tower footing, that is contact presence for the anchor and reinforcing rob of the tower and foundation presence of the underground wiring.

## 1. 서 론

송전선로 철탑 인근에 가스배관 등의 지하 금속구조물이 설치되는 경우가 많아지고 있다. 이 경우 송전선로에 고장이 발생하면 철탑 접지를 통해 대지 중으로 고장전류가 유입되며, 이 고장전류에 의해 대지전위가 상승하게 된다. 가스배관은 배관의 부식을 방지하기 위해 양호한 코팅이 되어 있으며, 인접한 가스배관 코팅 양단에 이 대지전위 상승에 의한 전위가 걸리게 된다. 이는 가스배관의 안전뿐 만 아니라, 작업자의 안전까지 위협하고 있다.

본 논문에서는 송전선로 철탑기초의 개요를 알아보고, 345kV 송전선로 철탑의 일반기초에 대하여 각각의 시공조건에 따른 접지저항을 해석하였다. 즉, 송전선로 철탑기초 시공시 앵커(Anchor)와 기초철근의 접촉 유무, 매설지선의 시공 유무에 따른 4가지 조건에 대하여 접지저항 값을 해석하였다. 또한, IEEE Std. 81-1983의 방법에 따라 토양비저항 현장측정치를 토대로 2층구조의 토양을 모델링하여 접지저항 해석에 사용하였다.

해석된 결과는 송전선로의 철탑을 통해 대지로 유입되는 고장전류 산정에 활용되며, 이를 통해 고장전류에 의한 대지전위 상승을 해석함으로써 저항성 유도에 의해 철탑 인근에 매설된 금속구조물에 미치는 영향을 알 수 있다.

## 2. 이론적 배경

식 (1)은 균일한 토양에서 전력선의 고장전류에 의한 대지전위 상승을 해석하는 기본 식으로써, 점전원에 I(A)의 전류가 흐를 때 토양 중 임의의 P 지점에서 발생하는 전위를 계산할 수 있다. [1]

$$V = \frac{I\rho}{4\pi} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right) \quad (1)$$

여기서,  $\rho$ 는 토양비저항,  $r$ 은 P 지점과 전류원과의 거리 그리고  $r'$ 은 P 지점과 영상전류원과의 거리를 의미한다. 위 식은 송전선로 철탑의 접지저항을 해석하기 위해 본 논문에서 사용한 KWIKGRID<sup>®</sup> 프로그램의 기본방정식이다. [2]

## 3. 송전선로 철탑기초의 개요

한국전력공사의 송전선로 철탑은 "가공송전선 지지물 접지기준"(송전설계기준 -1101)에 따라 시공한다. 이 기준에 따르면 가공지선이 있는 지지물의 접지저항치 기준은 20(Ω) 이하로 정상접지 저항치와 과도접지 저항치가 유지되어야 한다. 또한 접지시공방법은 분포접지를 위해 매설지선(38(mm))(7/2.6(mm)의 동복강연선)을 탑각에서 방사형으로 지하 50(cm)이상의 깊이에 25(m) 길이로 포설하는 것을 표준으로 하고 있다.

본 논문에서 접지저항 해석에 사용한 철탑의 제원은 표 1과 같으며, 345kV 송전선로 철탑의 일반기초 도면은 그림 1과 같다.

표 1. 송전철탑의 제원

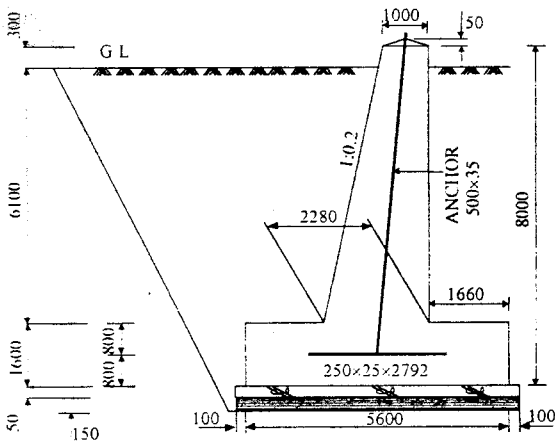
항 목	제 원
형	Cd4
높이	42(m)
기초형식	일반기초

## 4. 철탑기초의 접지저항 해석

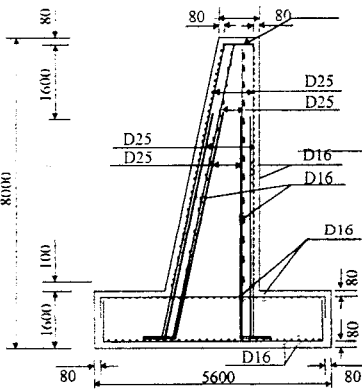
### 4.1 해석 조건

철탑기초의 접지저항 계산은 철탑의 앵커(Anchor)와 기초 철근의 접촉 유무, 매설지선의 시공 유무에 따라 다음 4가지 조건으로 상정하였다.

- ① Case 1A
  - 철탑의 앵커와 기초 철근이 분리된 경우
  - 매설지선이 있는 경우
- ② Case 1B
  - 철탑의 앵커와 기초 철근이 분리된 경우
  - 매설지선이 없는 경우
- ③ Case 2A
  - 철탑의 앵커와 기초 철근이 접촉된 경우
  - 매설지선이 있는 경우
- ④ Case 2B
  - 철탑의 앵커와 기초 철근이 접촉된 경우
  - 매설지선이 없는 경우



(a) 일반도



(b) 배근도

그림 1. 첩탑기초 도면

#### 4.2 토양구조 모델링

국내에서 일반적으로 사용되고 있는 토양비저항 측정 방법인 Wenner 4전극법을 이용하여 측정된 토양비저항 값은 표 2와 같다.

전극깊이가 전극간격에 비해 아주 작을 경우 토양비저항  $\rho$ 는 아래 식에 의해서 구해진다.

$$\rho = 2\pi aR \quad (2)$$

여기서,  $a$ 는 전극간격이며  $R$ 은 측정된 저항값이다. [3]

표 2. 토양비저항 현장 측정치

전극간격 [m]	토양비저항 [ $\Omega \cdot m$ ]
1	132.14
2	150.85
3	139.51
4	138.24
6	84.83
30	69.74

정확한 접지저항 해석을 하기 위하여 토양비저항 현장 측정치를 토대로 IEEE Std. 81-1983의 부록 A에 수록된 방법에 따라 그림 2와 같은 2층 구조의 토양을 모델링하여 해석에 사용하였다.

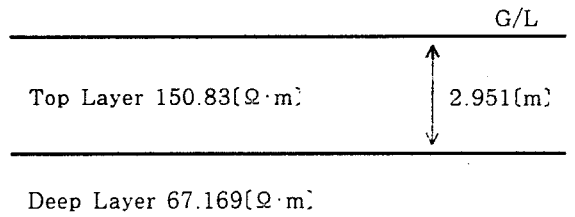
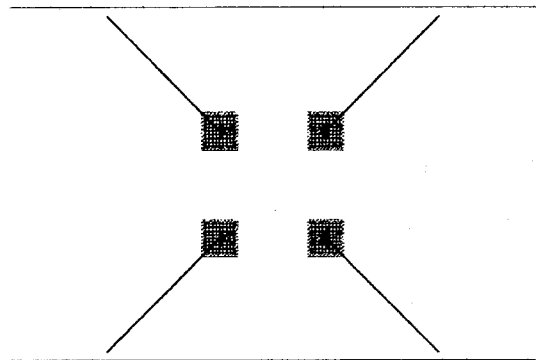


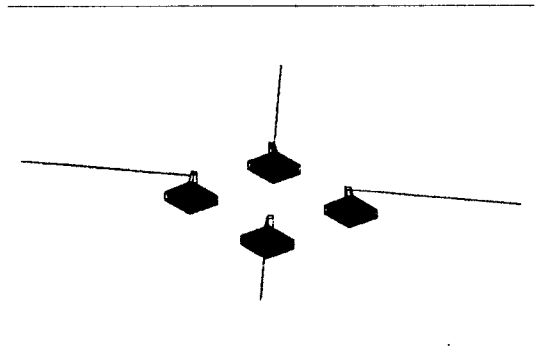
그림 2. 2층 구조의 토양 모델

#### 4.3 해석 모델

KWIKGRID<sup>3</sup> 프로그램을 이용하여 2층 구조의 대지에 첩탑기초 형상을 입력하여 접지저항을 해석하였다. 첩탑의 앵커와 기초 철근이 접촉되고 매설지선이 있는 첩탑(Case 2A)의 접지저항 해석 모델은 그림 3과 같다.



(a) 평면도



(b) 등축도

그림 3. 첩탑 접지저항 해석 모델(Case 2A인 경우)

#### 4.4 해석 결과

각각의 해석조건에 대한 첩탑기초의 접지저항 해석 결과는 표 1과 같으며, Case 2A의 접지저항이 최소값으로, Case 1B의 접지저항이 최대값으로 해석되었다. 즉 첩탑의 앵커와 기초 철근이 접촉할 경우와 매설지선이 설치될 경우 접지저항 값이 작아진다.

표 3. 철탑기초의 접지저항 해석결과

해석조건	철탑기초의 접지저항[Ω]
Case 1A	1.4815
Case 1B	2.2444
Case 2A	1.0295
Case 2B	1.1686

(참 고 문 헌)

- [1] E.D. Sunde, "Earth Conduction Effects in Transmission Systems", D. van Nostrand Co. Inc, 1949
- [2] Ground-it.com Consulting Ltd., Computer Software KWIKGRID® Reference Manual, 2001
- [3] "IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground system", IEEE Std. 81-1983

가공지선이 있는 송전선로에 지락 또는 단락고장이 발생하면 고장전류는 대부분 가공지선을 통해 변전소로 귀환하며 일부는 인접한 철탑을 통해 대지로 귀환한다. 즉 그림 4와 같이 철탑 B에서 지락고장이 발생하였을 때 지락고장전류가  $I_F$ 라면 철탑 B의 접지를 통해 토양으로 유입되는 전류  $I_E$ 는 식 3과 같이 계산할 수 있으며,  $I_E$ 의 크기는 상도체 및 가공지선의 선로정수와 철탑 접지저항 등에 의한 분류율에 따라 결정된다.

$$I_E = I_F - I_A - I_B \quad (3)$$

여기서,  $I_A$ 와  $I_B$ 는 가공지선을 통해 변전소로 귀환하는 전류이며,  $R_E$ 는 철탑의 접지저항을 나타낸다.

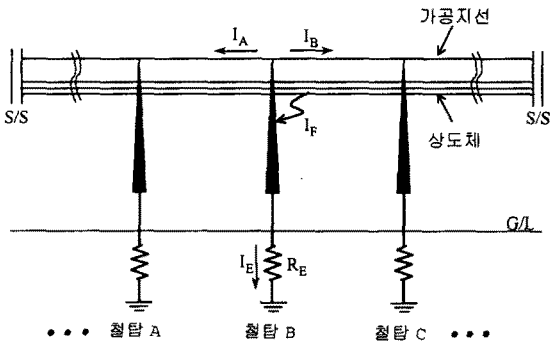


그림 4. 철탑에서의 고장전류 분류

## 5. 결 론

본 논문에서는 송전선로 철탑기초의 개요를 알아보고, IEEE Std. 81-1983의 방법에 따라 Wenner 4전극법을 이용하여 측정된 토양비저항 현장측정치를 토대로 2층 구조의 토양을 모델링하였으며, 이를 활용하여 345kV 송전선로 철탑의 일반기초에 대하여 송전선로 철탑기초 시공시 앵커와 기초철근의 접촉 유무, 매설지선의 시공 유무에 따른 4가지 조건에 대하여 접지저항 값을 해석하였다. 해석 결과 철탑의 앵커와 기초 철근이 접촉할 경우와 매설지선이 설치될 경우에 접지저항 값이 작아짐을 알 수 있었다.

해석된 접지저항 값은 송전선로의 철탑을 통해 대지로 유입되는 고장전류 산정에 활용되며, 이를 통해 고장전류에 의한 대지전위 상승을 해석함으로써 저항성 유도에 의해 철탑 인근에 매설된 금속구조물에 미치는 영향을 알 수 있다.