

대형접지전극시스템 접지임피던스의 측정

(Measurement of Grounding Impedances in Large-scale Grounding Electrode Systems)

이경훈 · 최종혁 · 최영철 · 이규선 · 이복희

(Kyoung-Hoon Lee · Jong-Hyuk Choi · Young-chul Choi · kyu-Sun Lee · Bok-Hee Lee)

인하대학교 IT공대 전기공학과

Abstract

In these days, large structures are constructed and bonded with ground grid. Because the distances between mesh and auxiliary electrodes are not enough in downtown areas, it is very difficult to measure the ground resistance of large scale grounding electrode systems. Actually the auxiliary electrodes for test are installed in grounding grid. This paper present the experimental results of ground resistance and impedance according to the location of auxiliary electrode. As a result, we get much lower resistances and impedances than real values the auxiliary electrodes are placed in the ground grid. In case that the auxiliary electrodes are located in the ground grid, the resistances are very low and reactance only is inductive component.

1. 서론

현재 우리나라에서 시공되고 있는 대규모 구조체 건축물의 경우 일정한 면적에 메시전극을 깔고 구조체와 전기적으로 본딩을 하여 접지를 하고 있다. 이러한 건축물의 구조체 접지저항을 정확하게 측정하는 것은 대단히 어려운 일이다. 일반적으로 접지저항의 측정은 전위강하법으로 측정하며, IEEE std.에서는 접지시스템으로부터 접지그리드의 등가반경의 대략 6.5배 이상 전류보조전극을 떨어뜨릴 경우 95 [%]의 값이 측정되는 것으로 나타나 있다[1]. 하지만 대규모 건축물의 경우 접지극의 실효크기 자체가 매우 크기 때문에 전류보조전극이 수백m 이상 떨어져야 한다는 문제가 발생하고, 도심지의 경우 여러 건축물들이 인접하여 전위간섭현상 등이 나타나기 때문에 그러한 측정은 불가능하다고 판단된다[2]. 따라서 일부 시공사들이 접지저항측정용 전류보조전극과 전위보조전극을 구조물의 메시접지전극 내부에 시공하고 있으며, 이러한 시험전극을 통해 접지저항을 측정하고 있다. 시험전극을 측정하려는 메시접지전극 내부에 시설할 경우 측정전극과 보조전극이 거의 등전위가 되기 때문에 접지저항의 측정은 무의미 하다. 또한 뇌서지 등에 의한 높은 주파수 성분의 접지전류에 대한 접지시스템의 응답특성 평가는 컴퓨터를 비롯한 제어장치, 통신설비 등에 있어서는 필수불가결한 요소이다. 높은 주파수 성분의 접지전류에 대해서 접지시스템은 단순히 접지저항이 낮

을수록 그 성능이 비례적으로 상승하지 않는다 [3,4]. 하지만 아직까지 구조체 접지를 위한 대형접지전극의 정확한 접지임피던스 평가는 이루어지지 못하였고 그 평가 방법조차 명확하게 밝혀지지 못한 상태이다. 따라서 본 논문에서는 실제 시공된 메시접지에서 전위강하법을 이용하여 보조전극의 위치에 따른 접지저항측정상의 문제를 파악하고 가변주파 접지임피던스 측정기를 이용하여 보조전극의 위치에 따른 접지망의 임피던스 측정하고, 이의 결과에 대하여 논하였다.

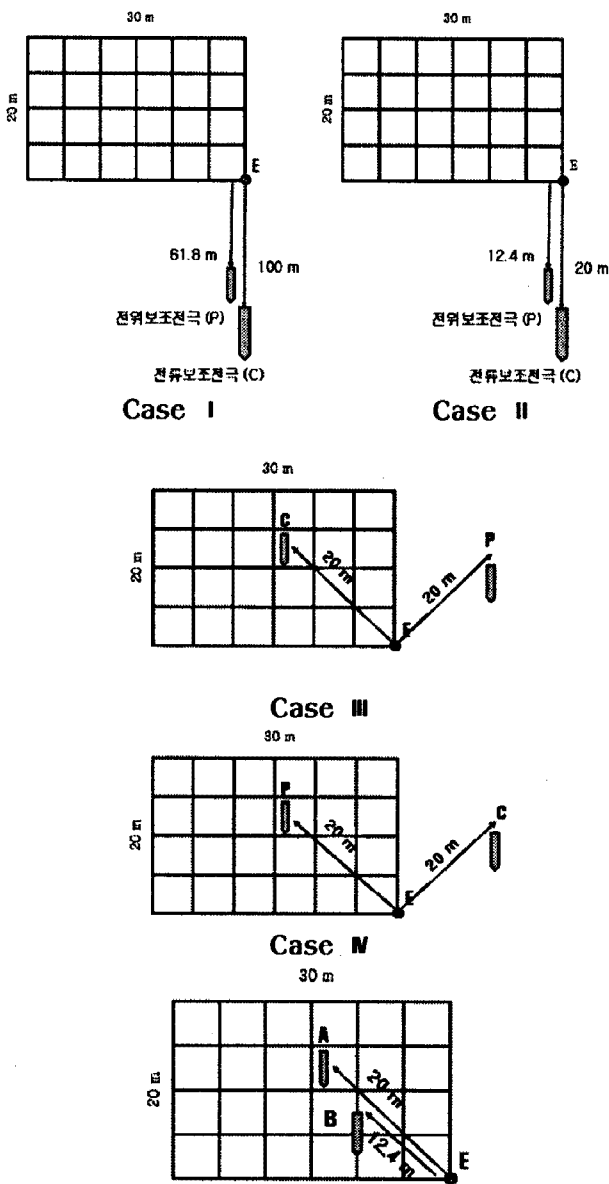
2. 본론

2.1 보조전극 위치에 따른 접지저항 측정

본 논문에서는 대규모 접지시스템에서 전류보조전극과 전위보조전극의 위치에 따른 접지저항과 접지임피던스를 측정하기 위해 그림 1과 그림 2와 같이 20×30 [m]규모의 메시접지전극을 시설하였다. 보조전극의 위치에 따른 접지저항을 측정하기 위해 128 [Hz]의 주파수를 인가하여 접지저항을 측정하는 TERCA II(CHAUVIN ARNOUX) 장비를 사용하였다.

그림 1의 Case I의 경우 이상적인 접지저항값을 측정하기 위해 메시접지전극의 등가반경을 계산하였고 IEEE std.81에 따라 95%오차 이내로 측정하기 위해 등가반경의 약 7배의 거리인 100 [m] 지점에 전류보조전극(C)을 설치하였으며, 도전유도가 없는 61.8%지점에 전위보조전극을 설치하여 측정의 기준값으로 하였다.

그림 1의 Case II의 경우 가변주파 임피던스를 평가하기 위한 장비인 AES 1002의 측정선에 따라 전류보조전극 20 [m] 전위접지전극 12.4 [m]에 설치하였으며, 실험목적상 Case III와 Case IV는 전류보조전극과 전위보조전극이 하나만 측정하려는 메시접지전극 내부에 설치된 경우를 모의한다. 마지막으로 Case V에서는 통상 도심지 구조체 접지시스템에서 이루어지고 있는 전류보조전극과 전위보조전극이 모두 메시접지전극 내부에 위치한 경우이며 두 전극이 전류보조전극과 전위보조전극을 표시하지 않기 때문에 전극의 위치가 바뀌는 경우를 추가적으로 모의하였다.



1. A=C극, B=P극
2. A=P극, B=C극

Case V

그림 1. 보조전극의 위치를 달리한 측정회로의 개요
Fig. 1. Sketch of measuring circuit for auxiliary electrodes installed in different location

각각의 접지저항 측정에 대한 결과를 표 1에 나타내었으며, 전류보조전극이 100 [m]떨어졌을 경우인 Case I을 기준으로 하여 각각의 오차율을 나타내었다.

표 1. 보조전극의 위치에 따른 접지저항 및 오차율
Table 1. Ground resistance and percentage error according to the location of auxiliary electrodes

| | 접지저항(Ω) | 오차율(%) |
|----------|------------------|--------|
| Case I | 1.693 | - |
| Case II | 1.695 | 0.12 |
| Case III | 0.054 | 96.8 |
| Case IV | 0.053 | 96.9 |
| Case V-1 | 0.057 | 96.6 |
| Case V-2 | 0.057 | 96.6 |

표 1의 측정결과에서 Case II와 같이 전류보조전극과 전위보조전극이 모두 밖에 있는 경우 비록 전류보조전극의 거리가 짧더라도 전위보조전극의 위치를 61.8%에 위치시키면 실제값인 1.693 [Ω]에 근접한 1.695 [Ω]이 나타났다. 반면 전류보조전극 또는 전위보조전극이 하나라도 메시접지전극 내부에 있는 경우 실제 접지저항에 약 1/30의 값으로 작게 나타나 실제 접지저항과는 상당한 차이가 있음을 확인하였다.

2.2 보조전극 위치에 따른 접지임피던스 측정

건축물의 접지시스템에 낙뢰와 같이 고주파 성분을 포함하는 서지전류가 인가되었을 때 접지시스템의 접지임피던스의 측정을 위해 2.1절에 측정된 접지저항을 바탕으로 하여 그림 2와 같이 측정계를 구성하였다. 접지임피던스의 측정은 이미 국외에서 다른 건축물의 구조체 임피던스를 측정하는데 사용되었으며, 79 [Hz]에서 1 [MHz]까지 log 눈금 단위로 주파수를 변화시키며 20개의 접지임피던스 값을 나타내는 AES 1002 접지임피던스 측정기를 사용하였다[5,6]. 그림 2의 Case 1의 경우 장비의 사용법에 따라 메시접지전극 밖에 전류보조전극을 20 [m] 떨어뜨려 설치하였으며 측정선 상호간에 상호유도를 제거하기 위해 90° 각도의 위치에 전위보조전극을 설치하였다. Case 2와 3의 경우 보조전극 하나가 피측정 전극 내부에 위치하였을 때 나타나는 영향을 파악하기 위해 각각 전류보조전극과 전위보조전극을 메시전극 내부에 설치하고 90° 각도로 피측정전극 외부에 나머지 보

조전극을 설치하였다. 또한 Case 4의 경우 보조전극이 모두 메시전극 내부에 있을 때를 모의하였다.

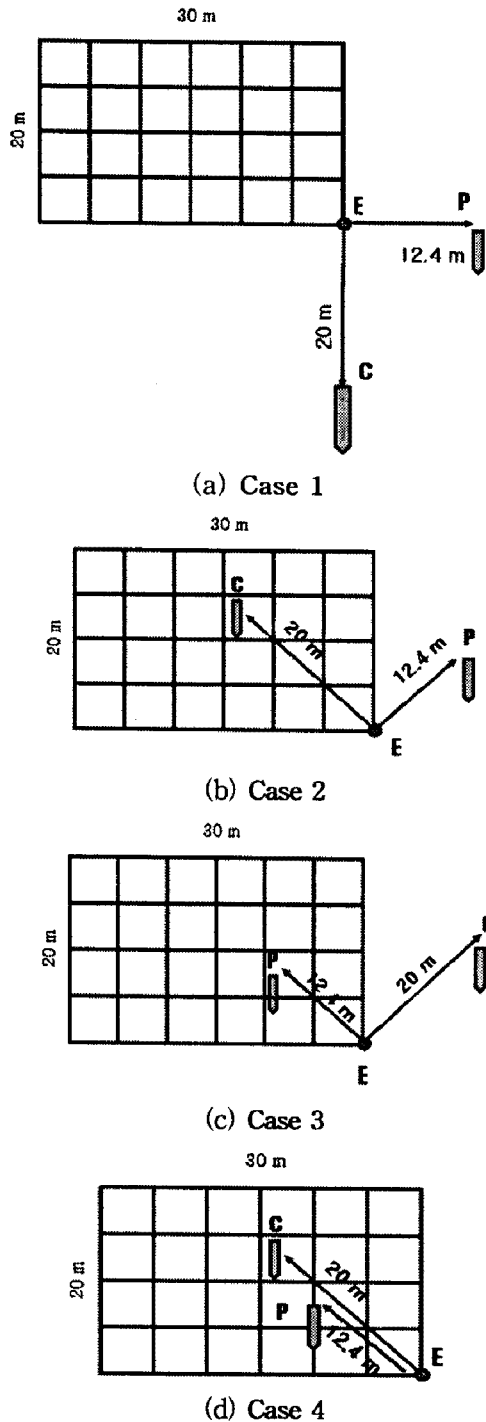
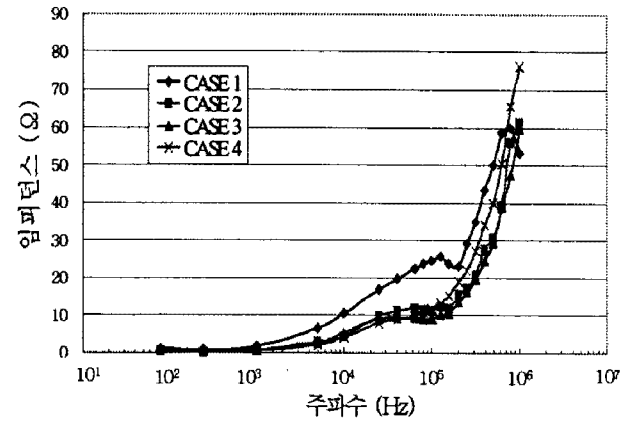


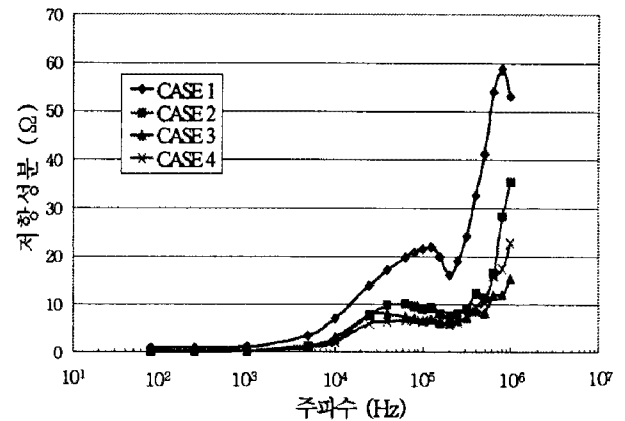
그림 2. 접지임피던스 측정을 위한 보조전극의 위치
Fig. 2. Locations of the auxiliary electrodes for measuring the grounding impedance

그림 3은 각각 그림 2와 같이 설치된 보조전극의 위치에 따른 메시전극의 임피던스, 접지저항, 리액턴스 등의 주파수 의존성을 나타낸다. 그림 3 (a)의 접지임피던스의 경우 Case 1의 경우 약 1 [kHz]이하에서 접지저항의 측정값인 1.65 [Ω]을 나타내었고 Case 2~4는 모두 1 [Ω]이하의 값을

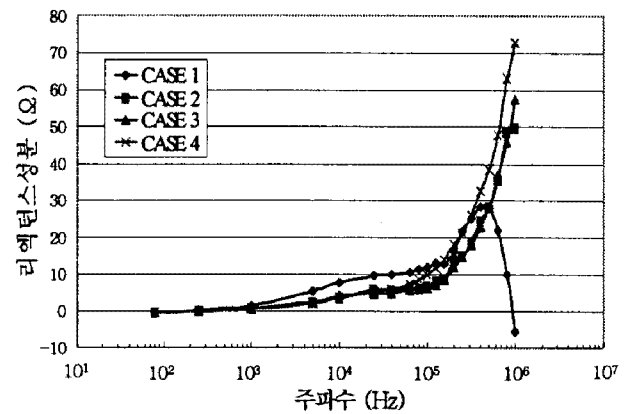
나타내었다. 100 [kHz]까지의 주파수에서 Case 1의 경우가 나머지 경우에 비해 대략 2배 이상의 접지 임피던스를 나타내었고 200 [kHz]이상의 주파수에서 Case 2~4의 값들이 Case 1의 값에 가까워지는 것으로 나타났으며, 약 800 [kHz]이상의 주파수에서 Case 2~4의 임피던스가 Case 1보다 크게 나타났다.



(a) 접지임피던스



(b) 접지저항



(c) 리액턴스

그림 3. 보조전극의 위치에 따른 접지임피던스, 저항 성분 및 리액턴스성분의 주파수 의존성

Fig. 3. Frequency dependance of grounding impedance, resistance component and reactance component according to the location of auxiliary electrodes

이러한 임피던스의 변화를 면밀히 분석하기 위해 저항성분과 리액턴스성분을 분석해 보면 Case 1의 경우 나머지 경우에 비하여 모든 주파수에서 저항값이 2배 이상 크게 나타나며, 주파수에 따른 임피던스와 저항변화는 일률적인 것으로 나타났다.

그림 3 (c)의 리액턴스성분의 결과를 살펴보면 약 400 [kHz]까지 큰 차이를 보이지 않으나 그 이후 Case 1은 용량성으로 변화하여 리액턴스가 급격하게 감소하는 반면 Case 2~4는 그대로 유도성으로 증가하여 큰 차이를 보인다. 200 [kHz]이하의 주파수에서 임피던스의 차이는 Case 2~4의 경우 보조전극이 내부에 설치된 결과 주파수에 따른 저항값이 작게 나타나기 때문에 임피던스가 실제 값보다 작게 나타났다고 분석되며, 200 [kHz]이상의 주파수에서 임피던스의 차가 줄어들어 측정값의 오차가 줄어드는 것으로 보이나 Case 1의 경우 유도성 성분에 의해 리액턴스성분이 감소하여 전체적인 임피던스의 증가율이 감소하였고 반면에 Case 2~4의 경우 유도성 성분의 영향으로 리액턴스가 계속적으로 증가하였기 때문에 나타난 현상이라 분석된다.

3. 결론

대규모 접지시스템에서 접지저항 측정용 보조전극이 접지전극 밖에 설치된 경우에 비하여 안에 설치된 경우 접지저항 값이 약 30배 정도 작게 측정되었다. 또한 가변 주파수에 따라 접지임피던스 특성을 파악한 결과 약 200 [kHz]이하의 주파수에서 보조전극이 모두 외부에 설치된 경우가 내부에 설치된 경우에 비하여 약 2배 정도 높게 측정되었으며, 400 [kHz] 이상의 주파수에서 그 특성이 용량성과 유도성으로 완전히 다르게 나타났다. 이러한 결과로 미루어 보아 도심지의 대규모 건축물의 접지전극시스템 시공시 반드시 접지저항 측정용 보조접지전극을 망상접지전극 밖에 설치하여야만 어느 정도 실제값에 가까운 접지저항을 측정할 수 있으며 정확한 접지임피던스의 측정이 가능하다고 판단된다.

참 고 문 헌

(1) IEEE Std 81.2-1991, "IEEE Guide for measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems", IEEE Inc., pp. 6-13, 1991
 (2) 이복희, 이승철, "접지의 핵심 기초 기술", pp190, 2000
 (3) I. D. Lu, R. M. Shier, "Application of a Digital Signal

Analyzer to the Measurement of Power system Ground Impedance", IEEE Trans, on PAS, Vol. 100, No. 4, pp. 1918-1922, 1981.
 (4) A. D. Papalexopoulos, A. P. Meliopoulos, "Frequency Dependent Characteristics of Grounding System", IEEE Trans. on PD, Vol. PWRD-2, No. 4, pp.1073-1081
 (5) A. Rousseau, P. Gruet, "Practical high frequency measurement of a lightning earthing system", 2004 ICLP, pp. 526-530, 2004.
 (6) Stanislaw WOJTAS, "Evaluation of lightning protection earthings by their frequency and impulse properties", 2008 ICLP, pp. 730-733, 2008