

구조체의 매설깊이에 따른 전위상승

길형준, 김동욱, 김동우, 이기연, 김향곤
한국전기안전공사 전기안전연구원

Potential Rise as a function of the Buried Depth for Structure

Hyoung-Jun Gil, Dong-Ook Kim, Dong-Woo Kim, Ki-Yeon Lee, Hyang-Kon Kim
Electrical Safety Research Institute, subsidiary of KESCO

Abstract - This paper deals with an approach to the reduction of potential rise according to the buried depth of structure. In order to analyze the surface potential rise of structure, an electrolytic tank which simulates the semi-infinite earth has been used. The potential rise has been measured and analyzed for types of structure using an electrolytic tank experimental apparatus in real time. The structure models were designed through reducing real buildings and fabricated with two types on a scale of one-one hundred sixty. When a test current flowed through structure models, the potential rise of outline frame type(structure model A) was more high than that of electric cage type(structure model B). The distributions of surface potential rise are dependent on the buried depth of structure model.

V/I의 비로서 수조에 설치된 접지전극의 접지저항이 구해진다[6]. 전위상승을 측정하기 위한 프로브는 물의 표면 혹은 내부의 전위를 측정하기 위한 것으로 직경 5.1 [mm]의 동봉을 사용하였고 컨베이어를 통해 이동되며, 전위계측장치에서 프로브의 이동궤적이 표시된다. 측정시의 물의 저항률은 약 36.6 [$\Omega \cdot m$]이었으며 수저항물계(CM-21P, TOA · DKK, Japan)로 측정하였다.

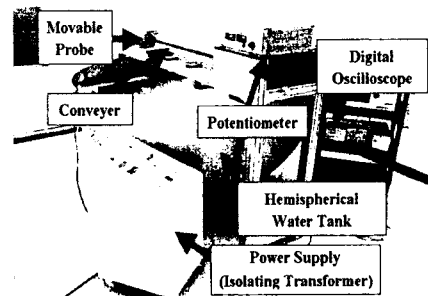
1. 서 론

최근 학교 전기시설물은 과학실, 음악실, 컴퓨터실, 보안등, 수영장 등 다양한 구조물들이 집합하여 시설되어 있고, 정보통신망의 구축으로 전자데이터를 매체로 하는 정보·통신기술은 학교 시설물에도 중추적 핵심요소가 되었다. 사회 기반설비인 전기설비, 정보통신설비, 집중원방 감시설비나 생산의 자동화설비 등이 고도화된 전자시스템으로 이루어져 있으며 이들 기기는 종래의 기기에 비해서 과전압에 매우 취약한 특성을 가지고 있어 전자시스템의 고장은 사회의 큰 혼란과 막대한 경제적 손실을 가져온다. 과전압에 대한 인체의 감전보호와 전자기기의 오동작이나 파손을 방지하기 위해서는 고성능의 접지시스템이 필수조건이나, 지금까지 접지기술은 단순히 접지봉을 대지에 매설하고 접지선을 연결하여 전기설비기술기준에 의한 접지저항치를 충족시키기에만 급급해 옴으로 인해 그 중요성에 비해 소홀히 취급되고 있어 전기안전에 심각한 우려를 낳고 있다. 그러나 최근의 전자화, 고도정보화에 따라 접지는 단지 대지를 대상으로 할 뿐만 아니라, 지상 공간의 전위변동을 적게 하기 위해 혹은 전위의 기준점을 확보한다는 접지시스템의 문제에까지 전개되고 있다[1-3]. 현재 국내에서도 WTO/TBT 협정 등에 따른 국제기준과의 조화를 위해 한국산업규격(KS)에 IEC 규격에 도입되었고 그중에서도 접지에 대해서는 TN, TT, IT계통 등 다양하게 기술하고 있으며 이에 따라 접지시스템에 대한 성능 평가의 기준 변경도 예상된다.

따라서, 본 연구에서는 정부의 국제 표준화 정책에 부합하여 학교 건물 구조체의 등전위 접속에 대한 전기적 안정성 평가를 위해 건물모형 및 수조실험장치를 이용한 구조체의 매설깊이별 전위상승의 분석이 이루어졌다. 실제 건축물을 참고하고 철골 및 철근 콘크리트의 유형을 다르게 하여 2가지 유형의 구조체 모형을 설계 및 제작하였으며 구조체 모형의 무게를 감안하여 이를 수조실험장치에 장착할 수 있도록 지지대를 제작하였다. 이를 통해 구조체 모형에 대한 매설깊이별 전위상승을 측정하여 위험요소로 작용하는 전위경도를 저감시키는 형태의 구조체 모형의 구조를 제안하고자 하며 향후 건축물의 안전성능을 고려한 설계 및 시공에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

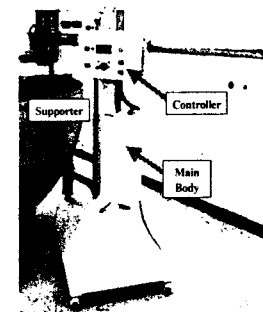
2. 실험장치 및 방법

수조실험장치는 실규모 접지계의 도체 크기와 매설깊이를 임의의 축척으로 줄이고, 접지계에 전류가 흐를 때 생기는 등전위면의 형상이 실규모 접지계와 동일하게 유지할 수 있도록 하는 장치이다. 수조실험장치에 대한 원리는 이미 「2005년 대한전기학회 논문지」에 보고한 바 있으며 수조모델을 이용한 측정값과 접지설계 프로그램(CDEGS : Current Distribution, Electromagnetic Interference, Grounding and Soil Structure, Canada)을 이용한 이론적 계산값의 비교도 제시하였다[4, 5]. 개략적인 장치 구성을 기술하면, 지락전류를 일정하게 발생하기 위한 전원공급장치, 측정점의 개적과 전위상승을 측정하는 이송형 전위계측장치, 반구형 수조 등으로 구성되며 그림 1에 수조실험장치의 외형을 나타내었다. 반구형 수조의 재질은 스테인리스이며 직경은 2 [m]이다. 220 [V]의 전원계로 고장전류의 분리 및 측정시 안전을 고려하여 절연변압기를 사용하였고, 고장전류의 가변을 위한 전압조정기(AT : Auto-Transformer)가 포함되어 있다. 전압계(Vs)는 인가전압을 지시하고, 전압계(V)는 프로브와 무한원점간의 전위상승을 나타낸다. 또한 전류계(A)는 구조체 모형과 무한원점 사이에 흐르는 전류를 나타내며,

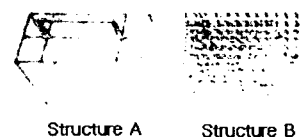


〈그림 1〉 수조실험장치의 측정회로 및 외형

그림 2는 구조체 모형을 지지하여 수조탱크내에 장착하기 위한 구조체 지지대의 사진이다. 구조체 모형의 무게가 2 [kg] 이상으로 매우 무거운 상태이므로 이를 지지하여 수조내에 장착하기 위해서는 구조체 지지대가 필요하였다. 구조체 모형을 설치하여 수조내에 장착한 후 지락전류를 인가할 때 전류가 지지대, 제어부 등으로 유입되는 것을 방지하기 위해 지지대 말단부분에 절연재료를 사용하였다. 본 연구에서는 실제 건축물 구조체를 모의하기 위해 가로 × 세로 × 높이가 38 [m] × 19 [m] × 26 [m]인 건축물을 160:1로 축소한 240 [mm] × 120 [mm] × 160 [mm] 구조체의 유형 및 콘크리트 배합비를 달리 하여 4가지 유형으로 설계 및 제작하였으며 지락전류 발생시 매설깊이별 전위상승을 분석하고자 하였다. 그림 3은 2가지 유형의 구조체 모형을 나타내며 구조체의 기본 골격은 정사각형 형상의 3 [mm] 두께의 스테인리스로 제작되었으며 각 골격사이의 간격은 약 20 [mm]이다.



〈그림 2〉 구조체 지지대의 사진



〈그림 3〉 구조체 모형의 사진

또한, 산업안전기준에 관한 규정 제357조(피뢰침의 설치)와 이 규정에 의

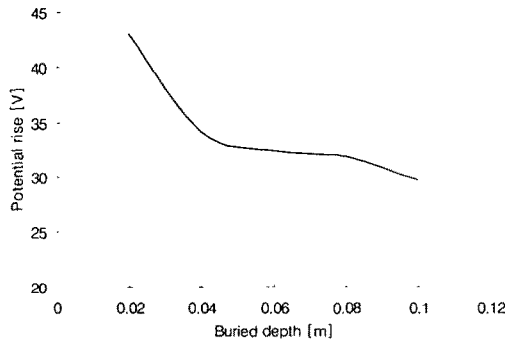
거한 건축물 등의 피뢰설비 설치에 관한 기술지침에서 철재 기둥을 지표면으로부터 3 [m] 이상의 깊이로 매설하도록 규정되어 이를 참조하여 구조체의 매설깊이를 0.02~0.1 [m]로 하였으며 전위상승 측정시 프로브의 이동에 방해가 되지 않도록 프로브로부터 수평방향으로 0.025 [m] 이격되도록 구조체 모형을 설치하였다. 매설깊이에 따른 전위상승은 0~2 [m]의 측정거리중 0.9 [m]에서 측정이 이루어졌다.

3. 결과 및 고찰

3.1 외곽 골격형 구조체의 전위상승

건축물의 접지시스템은 감전의 방지와 전기의 안전한 사용을 위한 보안 용 접지를 주체로 검토하여 왔지만 고도 정보화 사회의 진전으로 정보·통신설비의 안정된 동작을 확보하기 위한 기능용 접지의 중요성이 부각되고 있다. 특히 지능형 건축물의 구성요소인 통신·신호·제어설비용 전자장비의 충분한 기능발휘와 안정된 동작의 확보가 필수적인 요소로 대두됨에 따라 시스템화된 접지의 형태가 필요하게 되었다. 지능형 건축물에서는 전파장해와 전자장해의 문제가 심각하게 나타나면서 접지기술의 중요성이 새삼 인식되고 있는 현실이다[7]. 건축물의 접지시스템을 구축하기 위해서 낮은 접지저항을 얻을 수 있는 시공방법을 검토할 필요가 있으며, 접지전극에는 인공 접지전극과 자연 접지전극이 있으며, 구조체는 자연 접지전극의 형태라고 할 수 있다. 건축물의 시공에 있어서 매설깊이는 전기적 측면뿐만 아니라 기계적 측면에서도 중요한 요소라고 할 수 있다. 따라서 매설깊이에 따른 구조체의 전위분포도 전기장해의 감소 측면에서 분석되는 것이 바람직하다. 먼저 축소 구조체를 수조 중심부에 설치하고 지락전류가 1[A]로 일정하게 흐르도록 하였으며 측정지점은 0.9[m] 지점에 측정 프로브를 위치시키고 매설깊이를 변경하여 측정하였다.

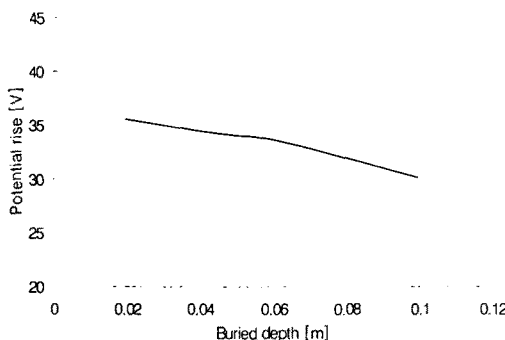
외곽 골격형인 구조체 모형 A의 매설깊이에 따른 전위상승의 측정결과를 그림 4에 나타내었다. 구조체 모형 A는 외부 골격만 있는 형상으로 매설깊이가 증가함에 따라 전위상승은 감소하는 양상을 나타내었다. 특히 0.02 [m]와 0.04 [m] 사이에서 큰 전위차를 나타내었으며, 0.04 [m] 이후에는 완만한 하강 곡선을 나타내었다. 따라서 매설깊이 측면에서 구조체 모형 A를 전기적으로 안정화시키려면 0.04 [m] 이상의 깊이로 시설하는 것이 효과적이다. 축소모델을 실제모델에 적용하면 약 6 [m] 이상에 시설하는 것이 안전, 시스템의 안정화 등에 유리할 것으로 판단된다.



〈그림 4〉 구조체 모형 A의 매설깊이에 따른 전위상승

3.2 전기적 케이지형 구조체의 전위상승

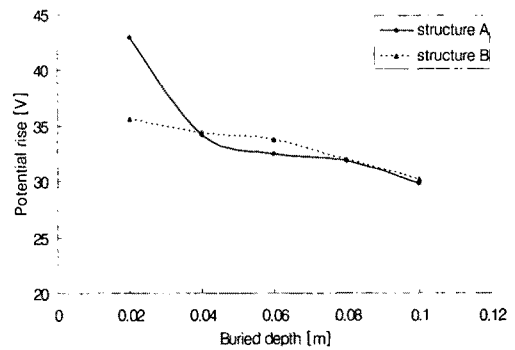
합리적인 접지설계를 위해서는 대지저항률, 대지구조, 대지전위상승으로 인한 접촉전압 및 보폭전압, 접지전극의 형상, 접지방식 등의 분석이 필요하며 현재 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 건축물 구조체를 접지전극으로 다루었고 구조체의 전기적 연속성을 확보하기 위해 전기적 케이지방식의 구조체를 제작하였으며 이를 통해 전위상승을 분석하였다. 전기적 케이지형인 구조체 모형 B의 매설깊이에 따른 전위상승의 양상을 그림 5에 나타내었다.



〈그림 5〉 구조체 모형 B의 매설깊이에 따른 전위상승

구조체 모형 B는 내부 및 외부를 방사형 구조로 제작하여 전기적 케이지를 이룬 형태이다. 그림 5에 나타낸 바와 같이, 0.02 [m]와 0.1 [m] 사이에서 30~35 [V] 정도의 전위 변동이 있는 것을 알 수 있으며, 매설깊이에 따라 전위는 구조체 모형 B와 비교할 때 완만한 형태로 감소하는 양상을 나타내었다. 이는 전기적 케이지가 이루어져 매설깊이가 변하더라도 전위는 완만한 형태를 나타내었으며 인체 보호 및 설비의 안정적 가동 측면에서 전기적 케이지방식의 철골 구조가 효과적일 수 있다.

2가지 유형의 구조체에 대해 매설깊이에 따른 전위상승의 비교를 그림 6에 나타내었다. 구조체 모형 A에 있어서 매설깊이에 따라 전위가 급속히 감소함을 알 수 있고, 구조체 모형 B는 약간의 전위차가 있을 뿐 매설깊이의 증가에 따라 전위가 점차적으로 감소하였다. 이를 통해 건축물의 대지와 접촉면적이 증가할수록 전위는 낮아짐을 알 수 있고, 전기적 케이지방식을 사용한 건축물일수록 전위상승이 안정적 양상을 나타냄을 알 수 있다. 따라서 건축물을 설계 및 시공할 때 전기적 안정성, 기계적 내구성 등을 고려하여 최적의 매설깊이를 설정하여야 한다. 건축물의 구조체 접지의 경우 공통접지라 할 수 있는데, 이의 장점으로는 접지선이 짧아 접지계통이 단순해지기 때문에 보수와 점검이 용이하고, 접지저항이 낮아지며 접지의 신뢰도 향상 및 시설비의 저렴 등이 있을 수 있다. 상기한 바와 같이 구조체 접지전극은 종래 봉형 접지전극, 방사형 접지전극 등 인공 접지전극을 대체할 수 있을 것으로 기대된다.



〈그림 6〉 구조체 모형 A와 B의 전위상승 비교

4. 결 론

본 논문에서는 수조실험장치를 이용하여 구조체 모형의 매설깊이별 전위상승의 측정 및 분석이 수행되었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 외곽 골격형인 구조체 모형 A에서의 매설깊이별 전위상승 측정결과, 0.02~0.04 [m]에서 전위가 가파르게 감소하였으며 그 이후에는 완만한 특성을 나타내었다. 반면 전기적 케이지방식인 구조체 모형 B에서는 구조체 모형 A보다 낮은 전위상승과 매설깊이 증가에 따른 완만한 감소분포를 나타내었다. 이를 통해 건축물이 방사형 철골구조로 이루어지고 전기적 연속성이 확보될 때 인체 및 설비보호에 효과적일 수 있음을 알 수 있었다.
- (2) 건축물의 구조체를 인공 접지전극을 대신하여 사용할 경우 경제성, 접지의 신뢰도 향상, 보수 및 점검 용이 등 많은 장점을 가질 수 있으며 또한 설비의 안정적 가동의 측면에서도 효과적일 수 있다. 상기 기재된 자료는 국내 KS 규격의 국제화 개편에 따른 등전위 접속 구조체 접지에 대한 평가에 근간이 될 수 있다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

〔참 고 문 헌〕

[1] 이승철, 엄주홍, 이복희, 김효진, "보조접지그리드의 시설에 의한 대지표면전위경도의 저감", 한국조명·전기설비학회, Vol.16, No.2, pp.121-129, 2002.
 [2] Chung-Seog Choi, Hyang-Kon Kim, Hyung-Jun Gil, Woon-Ki Han, Ki-Yeon Lee, "The Potential Gradient of Ground Surface according to Shapes of Mesh Grid Grounding Electrode Using Reduced Scale Model", IEE E J Trans. PE, Vol.125, No.12, pp.1170-1176, 2005.
 [3] 김형준, 김황근, 한운기, 이기연, 최충석, "축소모델을 이용한 봉형과 방사형 접지전극의 전위경도 비교", 한국안전학회 춘계학술발표회, pp.48-53, 2005.
 [4] 김형준, 최충석, 이복희, "반구형 접지모의시스템을 이용한 접지전극의 형상에 따른 대지전위상승의 분석", 대한전기학회, Vol.54C, No.7, pp.319-325, 2005.
 [5] R. Cadecott, D.G. Kasten, "Scale Model Studies of Station Grounding Grids", IEEE Trans. PAS, Vol.PAS-102, No.3, pp.558-566, 1975.
 [6] B. Thapar, K. K. Puri, "Mesh Potentials in High-Voltage Grounding Grids", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-86, No.2, pp.249-254, 1967.
 [7] 이복희, "접지의 핵심기초기술", 의제, pp.179-190, 2000.