

지하상가 침수 시 전기설비 전위분포 해석

정진수, 정종욱, 김선구
한국전기안전공사 전기안전연구원

The Analysis of Potential Distribution for Submerged Electrical Fittings in an Underground Shopping Street

Jin-Soo Jung, Jong-Wook Jung, Sun-Gu Kim
Electrical Facility Safety Research Group, Electrical Safety Research Institute, KESCO

Abstract - This paper describes the analysis of potential distribution and leakage current magnitude around the electrical fittings submerged in an underground shopping street. In the experiment, a couple of electrical utilities(outlet, fluorescent lamp) were submerged in a concrete water bath. The experimental results are expected to be utilized for the risk assessment and the safety countermeasure against the electric shock.

1. 서 론

우리나라는 산업발전과 더불어 농촌인구의 도심으로의 집중화 현상, 과밀화 등으로 인해 도심지역의 토지 사용 공간 부족현상이 나타나게 되었다. 이로 인해, 도심의 부족한 공간을 지하공간의 활용으로 일부 대체를 하고 있으며, 상가, 업무 시설, 도로 및 주차장 등 지하공간에 대한 활용이 더욱 증대되고 있다. 이러한 지하공간에 대한 상가로의 활용은 1970년대 후반 중로 지하상가를 기점으로 눈부신 발달을 거듭하고 있다.

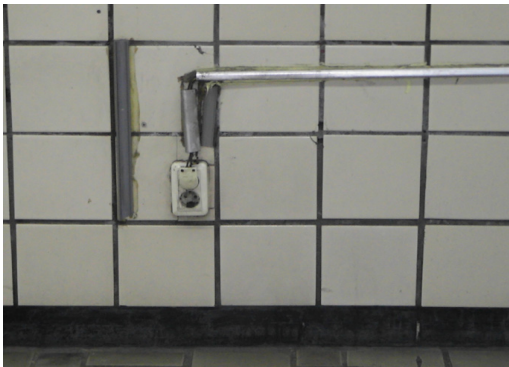
그러나 지하상가는 폐쇄성, 복잡성 등으로 인해 재해가 발생하였을 경우 대형사고로 연결되기 때문에 인명에 대한 안전대책 및 이에 대한 연구가 지상에 비해 보다 심층적으로 이루어져야 하며, 화재재해에 대한 안전대책의 경우 많은 연구가 진행되어 왔다[1][2][3]. 지하상가에는 전 원용 콘센트, 광고판, 화재 대비 피난용 유도등과 같은 전기시설물이 설치되어 있으나, 전기설비에 대한 방수 및 침수대책으로는 “전기설비 운전 장소는 습기를 최소화하고, 침수로부터 보호될 수 있도록 시설”하라는 조항이 내선규정705-4 및 IEC61936-1에만 규정되어 있는 수준으로, 보다 세부적인 사항은 아직까지 마련되지 않은 실정이다. 국내 지하상가에 설치된 수·배전설비는 공간의 활용 등에 관한 이유로 대부분 지하 최하층에 시설되어 있으며, 수·배전설비가 침수될 경우 전원이 차단되지만 수·배전설비가 침수되기 전에 이미 지하상가의 전기설비가 침수를 경험하게 되며, 이로 인해 충전된 전기설비 근처의 인명에 치명적인 감전피해를 입힐 우려가 상존한다.

본 논문에서는 지하상가 내 전기설비 침수시 인명에게 감전피해를 입힐 수 있는 전기설비를 선정하여 거리별 전위분포 및 누설전류를 측정하였다.

2. 설치 현황

2.1 콘센트

지하상가에 설치된 대부분의 콘센트는 건축전기설비 설계기준 제6장8절에 의거하여 그림 1에서 보인 바와 같이 바닥으로부터 30[cm] 정도의 높이에 설치되어 있는 경우가 많으며, 지하상가로 물이 유입될 경우 가장 먼저 침수되는 설비중 하나이지만, 이에 대한 적절한 방호대책은 마련되어 있지 않은 경우가 대부분이었다.



〈그림 1〉 지하상가 내 콘센트 설치위치

2.2 광고물

지하상가에 설치된 광고물은 소비자의 눈에 잘 보이도록 광고물 내부에 형광등을 설치하고 있다. 그러나 광고물에 대한 법규는 옥외 광고물 등 관리법에 의해 옥외설비에 대해서만 관리를 하고 있을 뿐, 지하상가에 대한 법규는 아직까지 정해진 바가 없으며, 일반적으로 지하에 설치된 광고물의 경우 바닥에서 20[cm] 이상의 높이에 설치되어 있는 경우가 많았다.

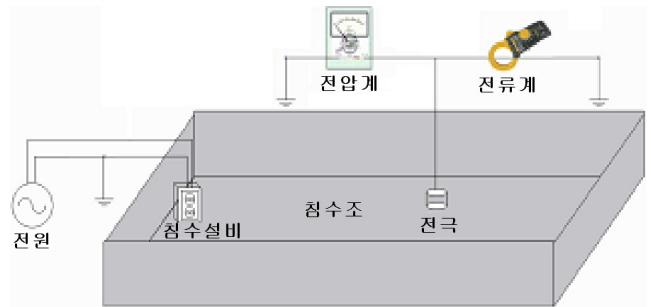


〈그림 2〉 지하상가 내 광고물 설치위치

3. 실 험

3.1 장치 구성

지하상가가 침수되었을 경우 지하최하층에 존재하는 수·배전설비가 침수되기 전에 지하상가가 먼저 침수를 경험하게 되며, 220[V]-60[Hz]의 상용전원의 대표적 설비인 콘센트 및 전원을 투입할 경우 안정기 내부에서 순간적으로 800[V] 이상 발생하는 대표적인 저압용 고압설비인 형광등이 침수에 의해 누전될 수 있는 위험한 상태로 방치된다. 이렇게 방치된 전기설비는 각각에 대한 설비별로 거리에 대한 전위분포 및 누설전류의 크기가 다를 것으로 예상된다. 따라서 본 실험에서는 지하상가에 존재하는 대표적인 전기설비로 콘센트, 광고물에 사용되는 형광등을 대상으로 실험하였다. 그림 3에 침수설비 전위분포를 알아보기 위한 실험 장치의 구성도를 나타내었다.



〈그림 3〉 전위분포 실험 구성도

3.1.1 침수조

그림 3에서 보인 바와 같이, 침수조는 가로 4[m], 세로 7[m], 높이 0.5[m]로 제작하였다. 옆면 및 바닥면은 실제 지하상가와 동일 환경을 조성하기 위해 철골 콘크리트 구조로 제작하였다.

3.1.2 전원부 및 모의 설비

전원부는 220[V]상용전압을 인가하였으며, 침수 시 전위분포를 모의하기 위한 침수설비로 구성하였다. 또한, 실험 시 안전을 위해 전원과 침수설비 사이에 15[A] 차단기를 설치하였다. 침수된 전기설비는 실제와 동일조건에서 모의하기 위해 바닥면에서 0.3[m] 높이에 설치하였다. 침수대상설비는 지하상가에서 가장 많이 사용되고 있는 콘센트와 형광등을 대상으로 하였다.

3.1.3 측정부

측정부는 거리별로 전극을 설치하였으며, 전압 및 전류를 측정하기 위해 전압계와 전류계를 설치하였다. 접지저항은 100[Ω]으로 설치하였으며, 대지전위를 측정하기 위한 기준접지는 20[m]거리에 5[Ω]으로 설치하였다. 전위분포의 경우 충전점을 중심으로 사방이 모두 동일하게 나타나므로[4], 침수전기설비의 직선상 전위 및 누설전류를 측정하였다. 전위 및 누설전류를 측정하기 위한 장비는 1000[V]까지 측정되는 전압계와 0.01[mA]까지 측정되는 누설전류계를 사용하였다.

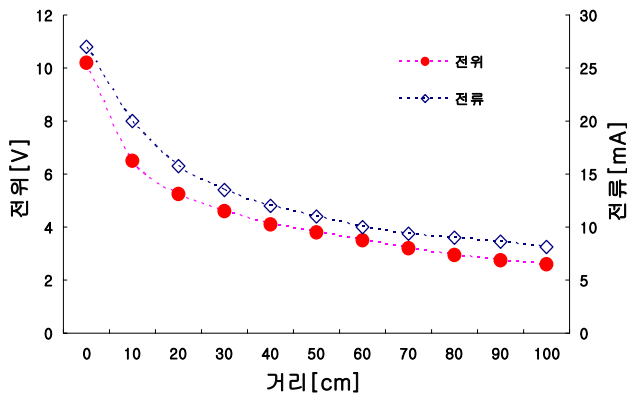
4. 실험결과 및 고찰

4.1 설비별 전위 및 전류 분포

실험대상 설비는 위에서와 같이 전기를 사용하는 곳이면 어디서나 볼 수 있는 콘센트, 광고판 내부에 설치된 형광등을 대상으로 하였다. 전위 측정의 경우 사방모두 동일하게 방사상으로 전위가 분포되므로, 직선 방향만의 전위를 측정하였다. 측정거리는 침수된 전기설비로부터 인명에게 가장 많은 영향을 주며, 접촉전압의 최대 거리인 1[m]까지 0.1[m]간격으로 측정을 하였다[5]. 누설전류는 전위 측정과 동일조건하에서 전극으로 흐르는 전류를 측정하였다.

4.1.1 콘센트

실생활에서 가장 많이 사용되는 전기설비중 하나인 콘센트가 침수되었을 경우 차단기 이외에는 아무런 보호 장치가 없으므로, 차단기가 동작을 하지 않을 시 인명에게 감전피해를 입힐 위험을 내포하고 있다. 본 실험에서는 콘센트의 양단자 중 한쪽에는 380[V] 상용전압을 인가하였으며, 나머지 한쪽은 N상에 연결하여 220[V]전원을 공급하였다. 콘센트의 시설 높이는 전기설비기술기준에 준한 최소높이인 30[cm]에 설치하였다. 그림 4에 콘센트 침수시 거리별 전위 및 누설전류를 나타내었다.



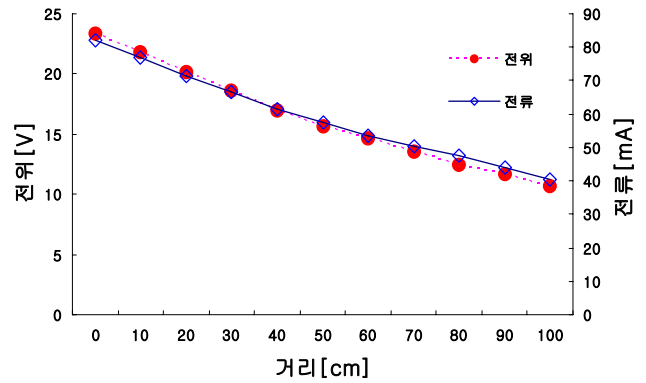
〈그림 4〉 콘센트의 거리별 전위 및 전류

측정결과, 0~20[cm]의 구간에서는 심실세동을 일으킬 수 있는 전류의 최저한계치인 30[mA]에는 미치지 못하나 감전에 의해 사망할 위험이 상존하는 구간이다. 20[cm]~60[cm] 구간은 마비한계전류구간으로 정의된 10~15[mA]의 전류가 측정되었으며, 60[cm]이상에서는 고통한계 전류가 측정되었다. 또한, 본 조건은 인체의 대부분이 물에 젖어있는 상태를 대상으로 하였으므로 건조시보다 인체저항이 1/25로 감소하므로 더욱 위험하다.

전위의 경우 허용접촉전압에서 규정하는 제1종의 경우, 2.5[V] 이하를 허용접촉전압으로 규정하고 있으므로 전체구간 어디에서나 감전의 위험이 내재되어 있다.

4.1.2 광고물

지하상가에 가장 많이 눈에 띄는 전기설비는 광고물이라 할 수 있다. 이러한 광고물 내부에는 행인들의 눈에 잘 띌 수 있도록 형광등을 설치하고 있으나, 침수에 대한 안전대책은 미비한 실정이다. 본 실험에서는 콘센트와 동일한 조건으로 전원을 공급하였다. 형광등의 시설높이는 가장 일반적인 높이라 할 수 있는 30[cm]에 설치하였다. 그림 5는 형광등 침수시 거리별 전위 및 누설전류를 나타내었다.



〈그림 5〉 형광등의 거리별 전위 및 전류

측정결과, 전체 구간에서는 심실세동을 일으킬 수 있는 30[mA]를 초과하였으며, 전위의 경우도 허용접촉전압에서 규정하는 제1종 허용접촉전압을 초과하는 13[V]~24[V]의 전위가 발생되어있다. 본 결과는 콘센트에 비해 전류의 경우 4배 이상, 전위의 경우 2~3배 이상 높은 것으로 나타났는데, 그 원인은 전원부에서 누설되는 전류와 침수가 되더라도 지속적으로 동작되는 형광등의 전류가 중복되어 누설되고 전위의 경우도 같은 이유로 콘센트보다 높은 전위가 발생하는 것으로 사료된다.

5. 결 론

본 연구에서는 지하상가 내에 설치된 전기설비가 침수되었을 경우 인체의 감전위험에 대해 고찰하기 위한 실험을 실시하였다. 본 실험의 결과로부터 지하상가 내에 존재하는 전기설비 침수시 문헌상에서 정의하는 허용접촉전압의 범위(1[m] 이내)를 상회한다. 또한, 성별, 연령 및 체중 등에 따라 인체저항 및 심실세동전류의 차이가 있지만, 콘센트와 형광등 전체 구간에서 허용접촉전압 제1종 접촉상태에서 이탈전류의 최저치인 5[mA]를 초과하는 것을 확인하였다. 이에 지하상가 내 설치된 전기설비의 침수시 안전조치가 필요하다.

지하상가 내 설치된 광고물의 경우 대부분 물이 유입됨과 동시에 파손될 것으로 예상되지만, 파손되지 않았을 경우와 유도등에 대한 추가실험이 추후 필요하다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김종석, 전기업, 홍원화, “지하상가 화재 위험성 평가에 관한 연구”, 대한건설학회 학술발표 논문집, 제24권 2호, pp.1051-1054, 2004.
- [2] 김진수, 박종근, 노삼규, “지하공간의 피난안전성평가시스템 개발에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.17, No.4, 2003.
- [3] 박종근, 노삼규, 서영민, “지하공간의 위험성평가 시스템에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.16, No.2, 2002.
- [4] 정종욱 외 5, 지하구내 전기설비의 침수에 의한 2차재해에 대한 안전성 평가-2차년도 중간보고서, 산업자원부, 2006.
- [5] 업상오 외 1, 전기안전공학, 태양문화사, pp.23-31, 2002.
- [6] 김두현, 강동규, “그래프법을 이용한 안전기준에 의한 감전위험성 평가”, 한국산업안전학회지, Vol.16, No.3, 2003.