

침수상태 도로전기시설물의 전위분포 분석

박상태 · 이복영 · 박찬호 · 양우진 · 홍성호 · 최종석*

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원

*한국전기안전공사 부설 전기안전연구원

1. 서 론

전기에너지는 신속·정확하게 공급되고 사용시 공해가 발생하지 않는 에너지원으로 산업발전과 더불어 그 수요가 날로 증가하고 있으며, 전기사용량이 그 나라의 경제수준을 나타낼 수 있을 정도로 현대산업 사회에서는 없어서는 안 될 필수적인 에너지원이다¹⁾⁻⁴⁾.

그러나 필수적이고 편리한 전기에너지도 이에 대한 위험성 및 안전의식 결여로 인해 전기사용량이 증가함에 따라 전기와 관련한 재해가 증가하고 있다. 특히, 최근에는 하절기 우천으로 인한 도로전기시설물의 침수에 의한 감전사고의 빈도가 높아지고 있으며 사망률 또한 높게 나타나고 있다⁵⁾⁻⁷⁾.

본 연구에서는 도로전기시설물의 침수시 주위 전위분포를 분석하여 도로전기시설물에서의 감전사고를 예방하기 위한 실험 데이터를 확보하기 위한 실험을 수행하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 실제 사용되고 있는 도로전기시설물을 그대로 재현할 수 있는 실험장을 구축, 실험장에 도로전기시설물 중 가로등과 공중전화설비를 실험장에 설치하고 전위측정 실험을 수행하였다. 실험을 통하여 분석된 데이터를 기반으로 침수상태의 가로등 및 공중전화설비에 대한 감전위험성평가 및 예방대책을 수립하기 위한 연구를 수행하였다.

2. 실험장치 및 방법

전위측정을 위한 실험장의 크기는 가로 20,000 mm × 세로 10,000 mm × 높이 1,000 mm이고, 벽은 10 mm의 철근을 200 mm 간격으로 삽입한 콘크리트구조이다. 또한 실제 설비에서 발생될 수 있는 사고환경과 유사한 환경조건을 구현하기 위하여 실험장기본 깊이에서 500 mm를 파낸 후 정제된 흙으로 매립하는 등 토양의 균질도를 확보하는 작업을 수행하였다. 또한 직경 50 mm의 PVC파이프로 배수구 2곳을 설치하고 50 mm의 밸브를 설치하여 침수상태 실험시 사용할 수 있도록 수위조절을 가능하게 하였다.

전위측정은 실험장에 측정용 전극을 각 설비의 조건에 따라 다양한 간격으로 정렬하여 발생하는 전위를 측정하였다. Fig. 1은 이와 같은 실증실험장에 전위측정용 전극을 정렬한 것에 대한 개략도를 나타낸다. Fig. 1에서 나타난 바와 같이 측정용 전극을 일

정하게 정렬하고 누전이 발생하였을 때 발생하는 전위를 측정하였다. 한 점의 전위를 측정하기 위하여 실증실험장에서 20,000 mm 떨어진 곳에 접지를 하였다. 이 접지점에 전압계의 한쪽 단자를 접속하였고 다른 쪽 단자는 Fig. 1의 일정하게 정렬된 전극이다. 전위측정에 사용된 전압계는 스코프메타(Scopemeter, Fluke, USA)이다.

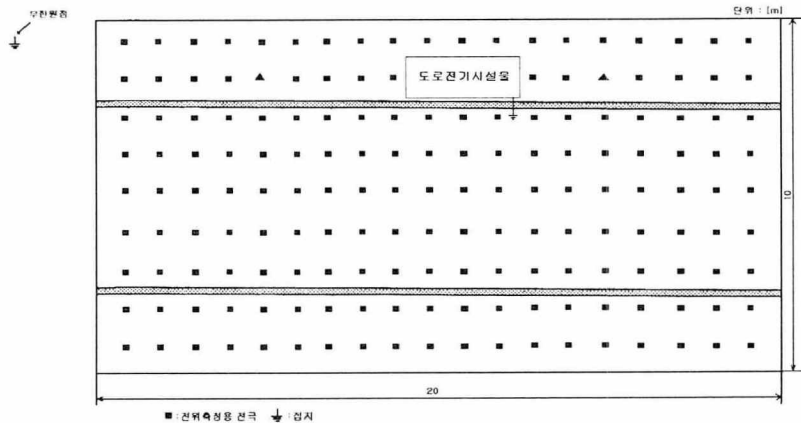


Fig. 1. 전위측정용 전극 배치도

2.1 가로등설비 실험방법

실증실험장에 가로등설비를 설치하고 가로등용 분전함의 분기회로 중 누전차단기를 제거하여 전원공급을 한 다음 가로등주의 내부에 설치되어 있는 전선을 강제적으로 열화시켜 가로등주로 누설전류를 흐르게 하였다. 250 W의 가로등을 단상 AC 220 V, 60 Hz의 상용전원을 가로등설비에 인가하고 그 중 1선을 Fig. 2와 같이 강제적으로 절연을 파괴하여 외함에 접속시켰다. 이와 같은 누전회로를 구성하고 가로등주가 지표면으로부터 300 mm 높이로 침수되도록 하였다. 일반적으로 호우 등과 같은 수해가 발생하여 침수높이가 높은 경우에는 사람이 도보로 직접 도로전기시설물 주위로 통행하기에는 어렵다고 볼 수 있다. 따라서 침수높이가 높은 경우는 사람이 통행할 가능성이 없는 상태라고 간주할 수 있기 때문에 본 연구에서는 침수높이를 사람이 통행 가능한 얇은 개울물 높이인 300 mm 정도로 하였다. 침수상태에서는 물로 인하여 전위분포가 건조상태보다 다소 균등하다는 것을 고려하여 대지전위측정전극 간격은 누설된 지점으로부터 누전지점으로부터 500 mm 간격으로 하고 수중의 전극은 일반적인 성인의 발이 완전히 침수될 수 있는 높이인 지표면에서 200 mm 높이가 되는 지점에 설치하여 주위의 전위를 측정하였다. 누전회로를 구성한 다음 Fig. 3과 같이 시험장에 물을 채워 가로등이 침수된 장면을 나타낸다. Fig. 4는 이러한 전위측정에 대한 개략도를 나타낸다. 또한 침수된 가로등설비에 접지가 미치는 영향을 평가하기 위하여 가로등설비에 접지를 시키고 같은 방법으로 침수상태에서 가로등설비 주위의 전위를 측정하였다. Fig. 5는 이와 같은 침수상태의 접지된 가로등설비에서의 전위측정에 대한 개략도를 나타낸다.

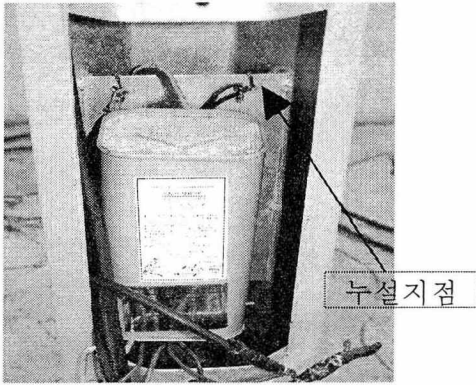


Fig. 2. 가로등 외함에 누전시킨 상태

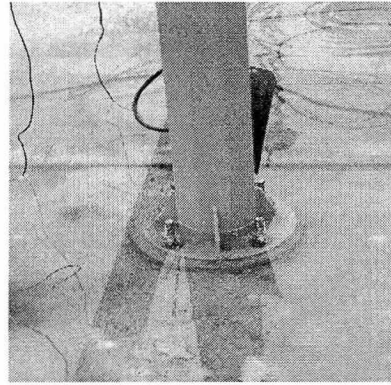


Fig. 3. 가로등 침수상태

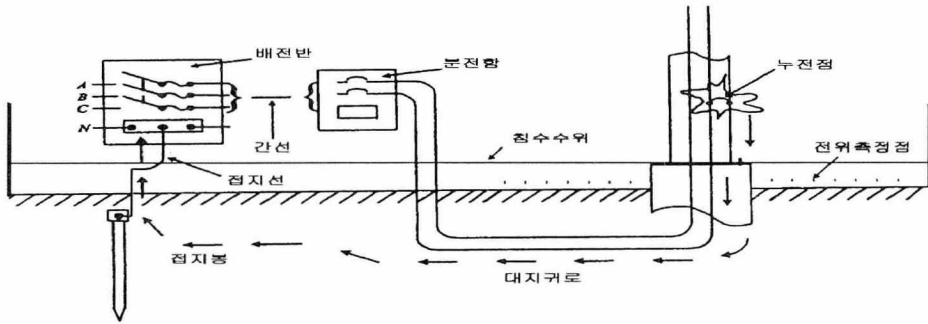


Fig. 4. 침수상태 비접지된 가로등 설비에서의 누전 및 전위측정회로도

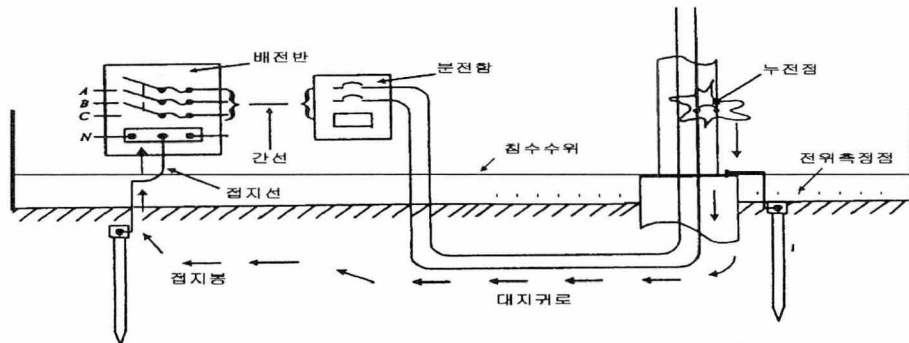


Fig. 5. 침수상태 접지된 가로등 설비에서의 누전 및 전위측정회로도

2.2 공중전화설비 실험방법

현재 도로상에서 설비되어 있는 공중전화박스를 설치하고 누전회로를 구성하였다. 누전회로는 공중전화박스의 누전차단기를 제거한 상태에서 내부에 설치되어 있는 전선피복을 벗긴 다음 공중전화박스의 외함에 접촉시켜 Fig. 6과 같은 누전회로를 구성하였다. 가로등설비 실험과 마찬가지로 공중전화박스가 Fig. 7과 같이 지표면으로부터 300

mm 높이로 침수되도록 하고, 누전지점에서부터 500 mm 간격으로, 수중의 전극은 지표면에서 200 mm가 되는 지점에 설치하여 주위의 전위를 측정하였다. Fig. 8은 누전회로를 구성하고 전위측정에 대한 개략도를 나타낸다.

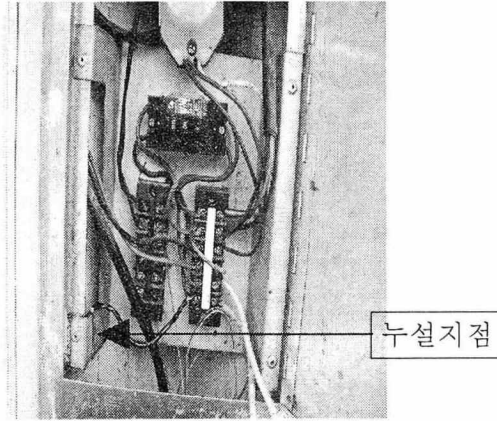


Fig. 6. 공중전화설비 누전상태

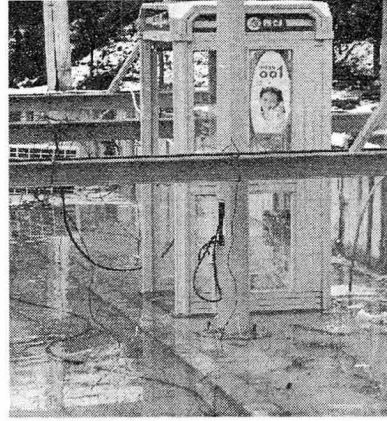


Fig. 7. 공중전화설비 침수상태

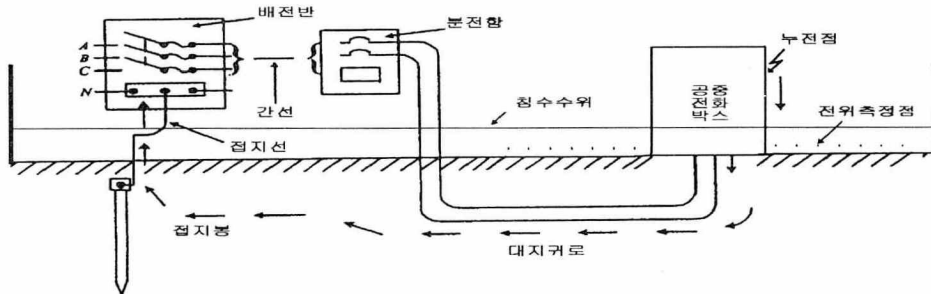


Fig. 8. 침수상태 공중전화 설비의 전위측정 회로도

3. 결과 및 분석

Fig. 9는 침수상태의 누전되는 가로등설비에서 발생하는 대지전위분포에 대한 것을 입체적으로 나타낸 그림이다. Fig. 10은 입체그림에서 한 부분을 선택하여 나타낸 평면도이다. Fig. 9와 10에서 알 수 있듯이 가로등주로부터 약 4,000 mm가 되는 지역까지 30 V 이상의 높은 전위분포가 형성되는 것을 알 수 있다. 침수된 상태인 경우에는 1종 접촉상태라고 볼 수 있으므로 허용접촉전압 2.5 V를 고려한다면 위험성이 높은 것을 확인할 수 있다. 특히, 가로등주 자체는 인가되는 220 V의 전압이 그대로 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서 이와 같이 침수상태인 경우에는 가로등주를 직접 접촉하게 되면 높은 접촉전압이 인가되어 감전위험성이 매우 크다고 할 수 있다.

Fig. 11과 12는 침수상태의 누전되는 접지된 가로등설비에서 발생하는 대지전위분포

를 나타낸 그림이다. 마찬가지로 Fig. 11에서 보듯이 누전이 발생한 지점으로부터 일정한 지역의 전위가 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 Fig. 12를 보면 가로등 접지측의 전위가 약간 높게 분포되는 것을 알 수 있다. 그러나 침수상태를 고려한다면 접지측에서 가로등주를 접촉했을 때 높은 접촉전압이 인가될 수 있는 것을 알 수 있고 접지측 반대편은 접지를 하지 않은 경우와 같은 전위분포를 갖는다. 따라서 가로등 설비가 침수되면 접지는 감전위험성을 감소시키는데 기여할 수 없을 것으로 판단된다.

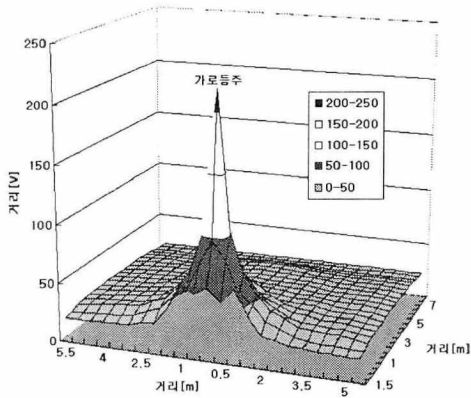


Fig. 9. 가로등 입체 전위분포도

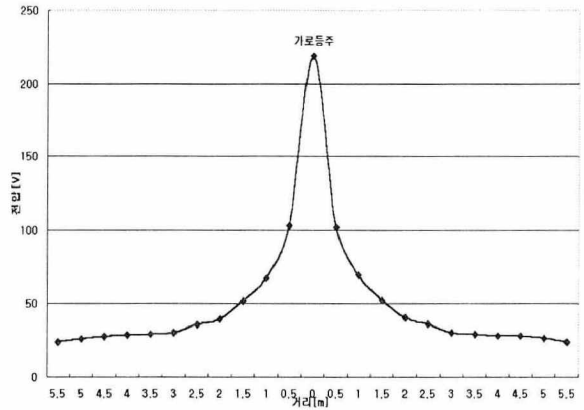


Fig. 10. 가로등 전위분포도

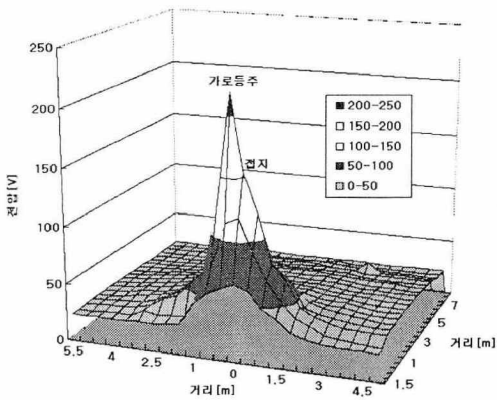


Fig.11. 접지된 가로등 입체 전위분포도

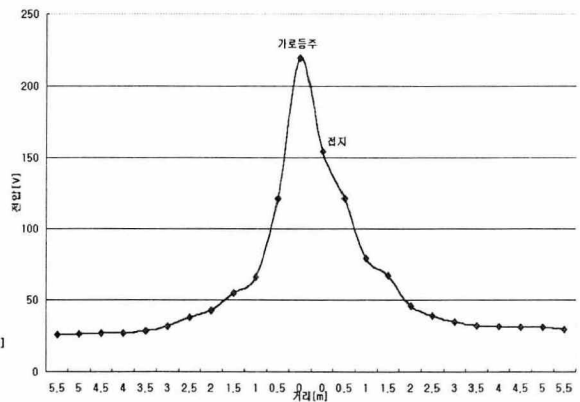


Fig. 12. 접지된 가로등 전위분포도

Fig. 13은 침수상태의 누전되는 공중전화설비에서 발생하는 대지전위분포에 대한 것을 입체적으로 나타낸 것이다. Fig. 14는 입체그림에서 한 부분을 선택하여 나타낸 평면도이다. 침수된 상태에서 공중전화박스에 누전이 발생하면 공중전화박스 자체뿐만 아니라 그 주위가 높은 전위를 갖게 된다. Fig. 13과 14에서 보듯이 공중전화박스뿐만 아니라 공중전화박스 주위로 높은 전위분포가 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 공중전화

박스 자체는 220 V의 전위가 나타나고 주위로 약 5,000 mm까지 30 V이상의 높은 전위분포가 형성되는 것을 볼 수 있다. 따라서 이러한 전위분포를 고려해 볼 때 누전이 되는 침수상태의 공중전화설비 주위는 감전위험성이 상당히 높은 것으로 판단된다.

따라서 이와 같은 실험결과를 분석해 볼 때 가로등이나 공중전화박스과 같은 도로전기시설물이 물에 잠겨 있거나 젖어 있다면 감전사고를 예방하기 위해서는 누전이 되고 있는가에 상관없이 인체는 일정거리 이상 떨어져 있어야 할 것으로 사료된다.

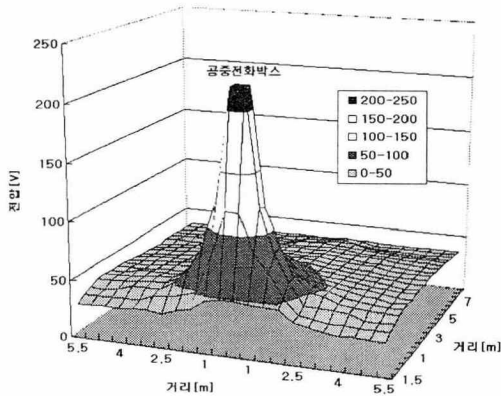


Fig. 13. 공중전화설비 입체 전위분포도

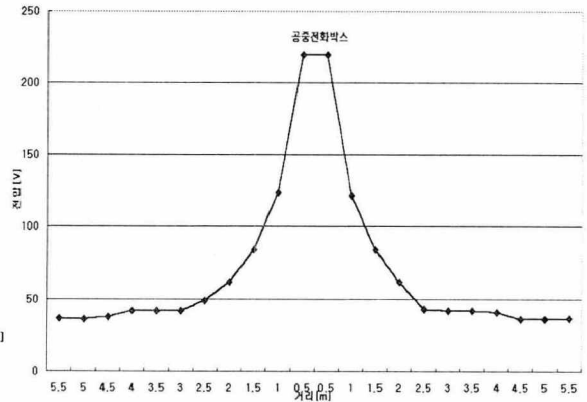


Fig. 14. 공중전화설비 전위분포도

4. 결론

본 연구는 침수시 가로등과 공중전화설비의 누전전위를 측정, 감전위험성을 분석하기 위하여 실제 크기와 동일한 규모로 가로등과 공중전화 설비를 설치하고 강제적으로 열화시켜 누전회로를 구성하여 실험을 수행하였으며, 본 연구의 실험조건하에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 침수시 가로등설비에서 누전이 발생했을 때, 주위 전위분포는 안전전압인 2.5 V를 고려할 때 설비 주위로 이 안전전압이상의 높은 전위분포가 형성되므로 감전위험성이 높을 것으로 판단되며, 이러한 경우에는 사람과 가로등설비를 4,000 mm이상 이격시켜야 할 것으로 판단된다.
- 2) 가로등설비의 침수시 전위분포를 분석한 결과, 접지설비는 감전사고 예방에 효과가 적은 것으로 나타났다.
- 3) 침수시 공중전화설비에서 누전이 발생했을 때, 주위 전위분포는 안전전압인 2.5 V를 고려할 때 설비 주위로 이 안전전압이상의 높은 전위분포가 형성되므로 감전위험성이 높을 것으로 판단되며, 이러한 경우에는 사람과 공중전화설비를 3,500 mm이상 이격시켜야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) T. Bernstein, "Electrical Shock Hazards and Safety Standards", IEEE Transactions on Education, Vol. 34, No.3, pp. 216~222, 1991
- 2) Y. Rajotte, R. Bergeron, and A. Chalifoux, "Measurement of touch Voltages on 25-kV Underground Distribution Systems", 10th International Conference on Electricity Distribution, Vol. 3, pp.238~242, 1989
- 3) C. H. Lee, A. P. S. Meliopoulos, "Comparison of Touch and Step Voltage between IEEE Std 80 and IEC 479-1", IEE Proceedings of Generation, Transmission and Distribution, Vol. 146. No. 5, pp.593~601, 1999
- 4) C. H. Lee, A. P. S. Meliopoulos, "Comparison of Touch and Step Voltage between IEEE Std 80 and IEC 479-1", IEE Proc.-Gener., Transm. Distrib., Vol. 146. No. 5, pp.593~601, 1999
- 5) 대한전기협회, 서울산업대학교, 인체감전용 누전차단기 설치기준 개선에 관한 연구 (중간보고서), 2002
- 6) 권용준, 손병창, 이명희, 신승현, "전격재해의 유형 및 대책에 관한 연구", 한국산업안전학회지, Vol. 15, No. 4, 2000
- 7) 전기안전연구원, "배선기구류의 감전위험성 연구", 전기안전연구원, 1999