

주요간선 도로에 설치된 가로등의 현장 실태조사 분석에 관한 연구

길형준 · 최충석 · 한기봉 · 한운기

전기안전연구원(한국전기안전공사 부설)

1. 서 론

현대 문명사회의 중추적 역할을 담당하고 있는 전기에너지는 편리함과 유익함을 제공함과 동시에 재난사고 발생의 근원점으로 작용하기도 한다. 이러한 사고 발생방지를 위한 보호장치의 개발 및 보급에 따라 더욱 안전하게 전기를 사용할 수 있지만, 부적합 전기시설물을 사용할 경우에는 감전에 의한 사망으로까지 이어진다.

특히, 도로에 설치된 가로등설비는 감전위험성에 노출된 취약한 구조로 급격한 호우로 인한 침수발생으로 매년 감전사망자가 다수 발생하고 있는 실정이다. 2001년 7월 시간당 최대 99.5mm의 집중 호우시 19명의 귀중한 인명피해(가로등:13, 신호등:3, 입간판:2)가 발생한 시점을 기준으로 하여 관련기관에서는 시설물에 대한 위험성을 인식하여 특별 안전점검 및 시설물 정비를 실시와 일부 관련법규를 개정하였지만, 상습침수지역 및 외부 환경에 장기간 노출되어 설비의 성능을 저하시키는 가속열화원인에 대한 적극적 방안은 미진한 실정이다.

이러한 감전 사고를 예방하기 위한 대책으로는 관련규정(전기설비기술기준, KS)에 의한 시공, 유지관리, 안전수칙 준수 및 관리감독에 전적으로 의존하고 있지만, 감전사고를 예방하는 데는 한계가 있기 마련이다. 이러한 사고를 사전에 예방하기 위해서는 부실한 설비의 유지관리 등의 수동적인 대책을 지양하고 기술적 공학적 측면으로의 연구를 통한 능동적인 대책을 위한 노력이 병행해야만 사고의 발생빈도를 낮출 수 있다¹⁾.

따라서, 본 논문에서는 가로등의 국내 설치여건과 설비의 실태에 맞는 대책(안), 유지관리 및 제도개선안을 마련하기 위한 초기 단계로 현장감 있고, 실효성 있는 데이터 확보를 위해 실태조사를 하였다. 또한 실태조사를 통한 문제점 도출로 감전 메커니즘 해석과 실증실험을 위한 기초 자료를 확보하고 국·내외 관련규정의 비교분석 및 사고예방대책의 대안 제시에 활용 하고자 한다.

2. 가로등설비의 구성방식

거리의 조명을 통한 보행자의 편리성과 운전자의 시야 확보로 도로이용의 원활한 흐름을 위해 설치되어 있는 가로등은 그림 1에서 보는 바와 같이 배전선로에서 계량기로

들어오는 인입선, 중계기에서 무선의 신호를 받아 가로등을 점등 또는 소등시키는 수신기, 사고예방 및 안전성 확보를 위한 차단기 등의 보호설비가 내장되어 있는 분전함(제어함), 등주에 전원공급을 위해 분전함(제어함)과 등주를 연결하는 배선과 배선 및 설비를 연결시키는 접속설비, 도로 및 조명하고자 하는 장소에 설치하는 가로등주, 전압을 변환시켜 램프에 전원을 공급하는 안정기와 빛을 발산하는 등기구로 크게 구분할 수 있다. 따라서 실태조사의 항목역시 위 순서에 맞추어 분류하였다²⁾.

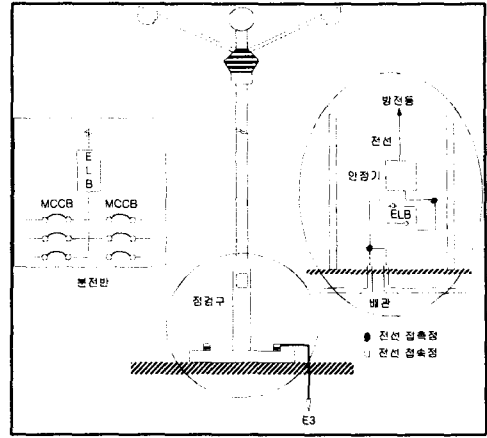


그림 1. 가로등 구성요소

3. 설비별 사용실태

3. 1 주차단기 회로구성 형태

그림 2는 병렬회로로 구성된 주차단기를 나타낸다. 주차단기에 부착된 누전차단기의 잦은 동작으로 인해 병렬로 배선용차단기를 부착해 지락발생으로 주차단기(누전차단기)-①의 개방시 병렬회로로 구성된 배선용차단기-②를 투입시켜 회로에 전원을 공급하는 방식을 취하였다. 이와 같이 병렬회로-③를 사용하는 주된 이유는 습하거나 비오는 날의 절연저항 파괴 및 가로등주의 선로에서 발생하는 상시누설전류 발생 등의 누전차단기의 잦은 동작으로 소등이 발생하기 때문이다. 그러나 이러한 소등발생을 방지하기 위한 근본 해결 방안 없이 누전차단기에 병렬로 배선용차단기를 부착하여 사용하면, 누전차단기를 개방하고 배선용차단기의 투입시 누전차단기의 2차측 단자로부터 차단기 소자내부로 역전압이 공급되므로 차단기의 소자가 소손된다. 실태조사 결과에서도 역시 병렬회로로 구성된 설비를 조사한 결과 상당수가 동작 불량인 부적합한 상태인 것으로 나타났다²⁾.



그림 2. 병렬 회로로 구성된 주차단기

3. 2 전선의 배선방식

도심 외각이나 일부 도심 지역에서 실시하고 있는 가공에 의한 배선처리 방식은 잦은 도로굴착으로 인한 민원발생과 공사기간의 장기간 소요, 무엇보다도 굴착비로 인한 경제성 등의 어려움으로 공사방법이 편리한 가공배선 형태 및 외부노출 방식을 취하고

있다.

3.2.1 전선의 지지방식

가로등설비의 가공배선에 적용방식은 관련 규정이 설정되지 않아 시공하는 설비업자의 주관적 방식에 의해 시공된다. 그림 3과 같은 형태로 처리된 방식은 케이블과 등주의 접속을 위해 고정된 특정부분에 지속적으로 힘을 가하므로 케이블 표면에 지속적인 스트레스를 가하여 케이블 소손 및 절연파괴를 가져온다.

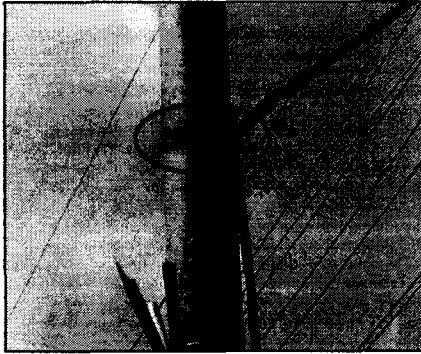


그림 3. 가공배선 지지

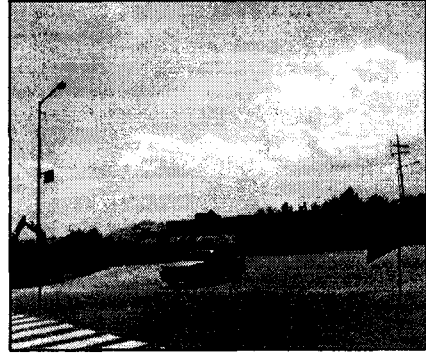


그림 4. 등주간 전선의 이도상태

3.2.2 전선에 가해지는 장력

그림 4는 등주와 등주간의 간격이 길어 가로등의 분기에 사용되는 전선(KS C 3824, 5.5mm이상)에 긴 선로로 인한 강한 장력이 발생하게 된다. 이와 같이 선로의 길이가 길게 되면, 비바람 등의 유동 발생으로 움직임이 심하여 전선의 손상 및 단선의 사고를 유발 시킨다. 따라서 가공배선의 경우 전선에 장력 및 이도발생으로 인한 손실을 예방하기 위해서는 선로길이의 제안과 통신선로에서 사용되는 조가용선(메신저 와이어)을 이용한 선로의 견고한 접속이 필요로 하다.

3.2.3 접지선의 시공형태

가로등주 내부의 절연파괴로 발생하는 누설전류는 도전성 물질인 가로등주에 전위상승으로 나타난다. 이러한 고장발생시 전위상승의 발생을 억제하여 감전 사고를 예방하는 접지는 감전사고 발생에 대한 안전성을 확보하기 위한 중요 요소이다.

그러한 접지선의 접속 형태 중에서 그림 5는 다리위에 노출형식으로 시공된 방식이다. 그러나 그림과 같이 전선의 보호관 없이 노출에 의해 설치될 경우, 외부에 의한 충격 및 관리부실로 접지선이 탈락되고 등주 내부에 고장발생으로 전위상승이 발생했을 경우 인명피해로 이어질 수 있어 배선방식에 대한 기준의 보완이 요구된다.

실태조사 결과 도심지역의 경우 그림 6처럼 외부충격에 의해 접지선이 이탈한 경우가 상당수 조사되었다. 이러한 외부충격 요소가 많은 도로에 설치된 시설물이 쉽게 소

손되어 접지선의 이탈이 발생함에도 불구하고, 한국산업규격(KS D 3824)에서는 접지저항 및 전선의 굵기에 관해서만 언급되어 있어 배선의 손상 및 이탈 가능성이 높은 외부노출에 의한 배선방식 보다는 설비 내부를 통한 회로 구성으로 안정성을 확보해야 한다.

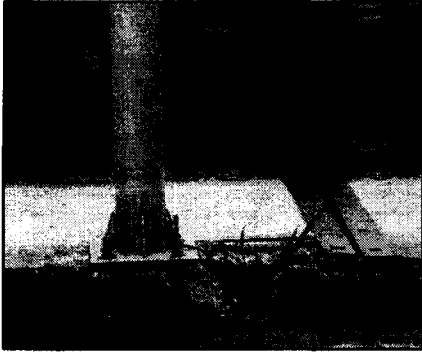


그림 5. 다리 위의 접지선

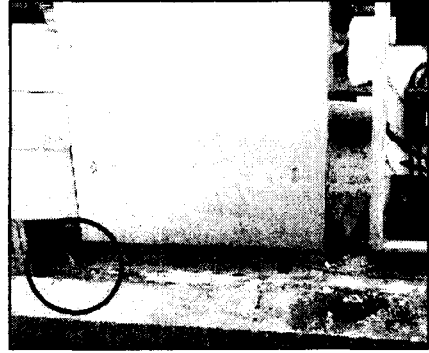


그림 6. 노출된 접지선

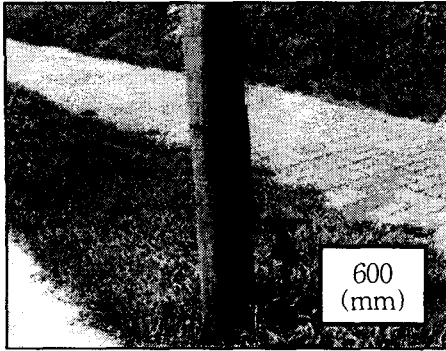
3.3 등주의 사용실태

도로시설에 조명을 하고자 하는 대상의 위치에 설치하는 가로등주는 광원, 조명기구, 안정기 등의 부속장치를 부착하여 설치되어 있다. 여름에 발생하는 집중 호우로 도로가 순식간에 침수되고, 그로 인해 도로에 설치된 도로전기시설물 또한 침수되어 감전위험성에 순식간 노출되어 전기적 안전성에 대한 문제점이 도출되었다.⁴⁾

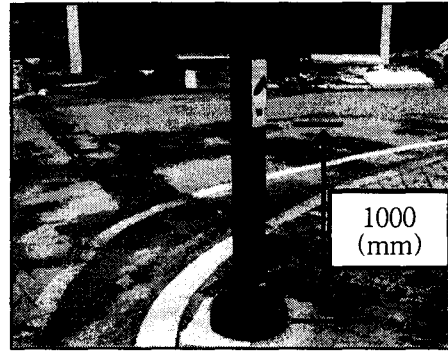
3.3.1 점검구의 상태

가로등주 내부의 안정기, 차단기, 배선상태, 접지저항, 배선상태 등을 점검하기 위해 사용되는 점검구는 여름철에 발생하는 국부성 집중호우 발생으로 점검구 내부로 빗물의 침투가 이루어진다. 현재 한국산업규격(KS D 3600)에 의해 설계된 가로등의 점검구 높이는 600[mm]이다. 1995년 이전에는 강도 계산의 편이를 위하여 바닥면으로부터 부착구 중심선까지의 높이를 750[mm]하였으나, 국제기준(EN)과 부합하를 고려하여 1995년에 그림 7(A)에서처럼 밑면으로부터 600[mm]로 제정하였다. 그러나 새로 재정되어 일률적으로 적용되는 점검구 높이는 순식간 침수가 발생하는 국내 도로 조건에서 감전사고의 발생을 초래 하였다. 조사결과 도로 침수로 감전사고 발생했던 일부 지방(인천, 포항, 서울 등)에서는 그림 7(B)에서 보는 것처럼 1000[mm]이상으로 점검구 높이를 설계하여 집중호우에 의한 적극적 대처방안을 제시하였다.⁵⁾

등주와 점검구의 견고한 지지를 위해 4개의 나사로 고정되어 있는 점검구는 조사결과 나사의 반경 및 크기가 너무 대부분의 설비에서 1~3개의 나사가 분실 및 소손되어 형식적인 지지상태로 조사되었다. 관련규정(KS D 3600 부록 4)에서 알 수 있듯이 볼트의 크기는 4-M6이고, 고정위치는 4곳으로 되어있으나 크기 및 재질에 대한 형식설정에 문제점이 드러났다.



(A) 점검구 높이 600(mm)



(B) 점검구 높이 1000(mm)

그림 7. 가로등의 점검을 위해 설치된 점검구 높이

3.3.2 등주의 전력선과 접촉

보행자가 다니는 보도 블록 위에 설치되는 가로등과 배전선로의 전주는 도로의 설치 여건의 한계에 따라 가로등주와 전주간의 상당수가 일직선상으로 배열된 상태이다. 그러나 일직선상의 배열형태는 특고압(22.9kV-Y) 다중접지의 시스템으로 구성된 배전선로의 중성선과 가로등주의 이격거리 미달로 그림 8처럼 접촉되는 문제가 발생된다.⁶⁾

배전계통의 중성선에는 계통운영 조건에 따라 중성선에 전류가 흐르지 않을 수는 있으나, 현실적으로 각상의 부하설비가 평행으로 설정되어 중성선에 전류가 흐르지 않는다는 것은 불가능하다. 따라서 배전계통의 중성선(접지선)에 접촉되는 가로등주는 전위 상승에 위험성에 노출되어 있다.

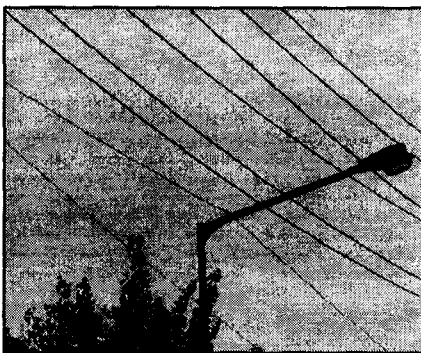


그림 8. 배전선로 중성선과 접촉된 가로등주

표 4. 2 철근콘크리트주 및 철제 가로등주의 길이 (KS D 3600)

철근콘크리트 전주(m)	직선형 (m)	암형(4각) (m)	암형(원형) (mm)
8	5	7	7
10	6	8	8
12	7	8.5	8.5
14	8	9	9
15	8.5	10	10
16	9	11	11
17	10	12	12

4. 결 언

이상과 같이 주요 간선도로에 설치된 가로등설비를 실태 조사한 결과 다음과 같이 분석되었다.

- (1) 누전차단기의 잦은 동작으로 인한 배선용차단기와 병렬로 구성된 회로방식은 누전차단기의 2차측에 역전압 공급으로 누전차단기의 소자 소손 및 감전 사고를 유발시킨다.
- (2) 가공전선에 의한 배선방식은 시공업자의 주관적 방식에 의한 시공으로 전선의 지지방식에 따른 전선소손과 등주간 간격이 긴 경우 강한 장력이 발생해 이에 대한 대책이 설정되지 않아 관련규정의 제정이 시급한 것으로 나타났다.
- (3) 도심 등의 외부충격 요소가 많은 장소에 설치되는 가로등은 전선이 외부로 노출된 채로 시공될 경우 접지선의 이탈 및 소손이 발생하므로 설비내부를 통한 배선 구성방식이 필요하다.
- (4) 등주의 점검구 높이는 집중호우에 의해 도로가 잠기는 국내 여건에 적합하지 않은 특정 높이로 고정되어 있으나, 도로의 여건에 따라 높이가 선정되어야 하고, 점검구의 지지를 위해 사용되는 대부분이 분실되어 나사의 크기 및 재질에 대한 형식의 재설정이 이루어 져야 함으로 조사되었다.
- (5) 설치장소의 여건에 따라 등주와 전주가 일직선으로 배열될 경우 이격거리 미달로 배전선의 중성선과 등주가 접촉되는 문제가 발생해 계통의 중성선에서 발생하는 전류가 등주로 흘러 들어와 등주의 전위상승으로 인한 감전위험성에 노출됨을 알 수 있었다.

5. 향후계획

가로등만의 기준 비교 및 제정 또는 개정(안)이 아닌 도로시설물(가로등, 지상변압기, 신호등, 공중전화부스 등) 전반에 대한 종합적인 실태 분석이 요구되며, 우리 현실에 적합한 과학적 기준 및 점검 방법 등을 제시하기 위한 연구를 수행할 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업조성사업의 지원에 의하여 수행되었음.

참고문헌

- 1) 한기봉 외 2, “22.9kV에서의 감전위험성 연구”, 한국전기안전공사, pp.65-79, 2002.
- 2) 한국산업규격, “KS C 8324”, 2001.
- 3) 최충석 외 5, “전기화재공학”, 동화기술, pp179~183, 2001.
- 4) I.F. Gonos, F.v.Topialis, “Transient impedance of grounding rods”, High voltage eng, Sym, Conference, Publication, pp22~27, 1999.
- 5) Eurprpean Standards, “EN 40-5 Part 5”, 2000.
- 6) 대한전기협회, “전기관계법규집”, pp.339-340, pp447-453, 2000.