

# 도심에 설치된 가로등설비의 현장실태 분석

( The Field Situation Analysis of Street Lamp Which is Established in The Urban)

한운기\* · 한기봉 · 길형준 · 최충석

(Woon-ki Han · Ki-boong Han · Hyung-jun Gil · Chung-seog Choi)

## Abstract

Street light facilities, which are easily accessible, can be in danger of electric shock when water percolates the facilities especially in summer. In case deteriorated facilities are not checked regularly, they can cause accidents such as electric shock. We should consider regional characteristics to prevent this kind of accidents.

In this paper, we analyzed the problems according to the facilities through the research on the actual conditions. We also analyzed the facilities by region and the standards by the conditions.

## 1. 서론

도로전기시설물인 가로등, 신호등, 공중전화부스, 자판기, 에어컨 실외기, 보안등, 입간판, 지상변압기 등 도로 근방에 설치되어 있는 전기시설물은 인간에게 각종 편리함과 유익함을 제공하지만, 일반인들에게 쉽게 접촉이 가능하고, 위험성에 항상 노출되어 있다.

자칫 설비의 결함 또는 각종 열화 등에 의한 안전장치가 그 기능을 발휘하지 못한다면 재해가 발생하여 인체에 치명적인 피해를 초래하게 된다. 또한, 도심에 시설된 가로등은 남녀노소 상관없이 모든 국민들이 쉽게 접근할 수 있는 설비로서 상시 전기안전성을 확보해야 하지만, 장기간 사용으로 인한 경년변화로 인한 열화 및 유지보수의 소홀함으로 감전사고의 위험성을 지니고 있다.[1]

따라서 본 논문에서는 일반인들에게 사고위험성을 내포한 채로 설치된 도심 가로등설비를 현장 실태조사를 통한 자료확보와 확보된 데이터의 비교·분석으로 논리적 접근에 따른 설비의 구조적 문제점 분석과 위험성을 도출하고자 한다. 또한 도출된 문제점은 향후 실증실험을 통한 대안 제시와 관련 규정제정 및 사고예방 대책에 활용하고자 한다.

## 2. 조사항목

도심 가로등 설비는 한번 설치되면 장기간 사용에 따른 노후화, 유지관리의 부실로 인한 절연파괴로 위험이 상존하고 있으며, 특히 장마철에 집중호우로 인하여 침수가 발생할 경우 지락발생으로 인한 감전재해가 발생

해 대책이 시급함을 확인할 수 있다.

침수시 발생하는 지상변압기와 등주사이에서 발생하는 누전경로를 살펴보면 그림 1에서 보는 바와 같이 분전반(제어반), 지중 및 노출배선의 손상부분 및 장기간 열화에 따른 접속단자의 절연파괴 부분, 등주 내부의 충전부 침수로 인한 안정기, 램프 절연파괴 등으로 발생한 누설전류는 접지극 또는 인체를 통하여 대지로 흘러 변압기 제2종접지극으로 유입되는 누전경로를 구성함을 알 수 있다.

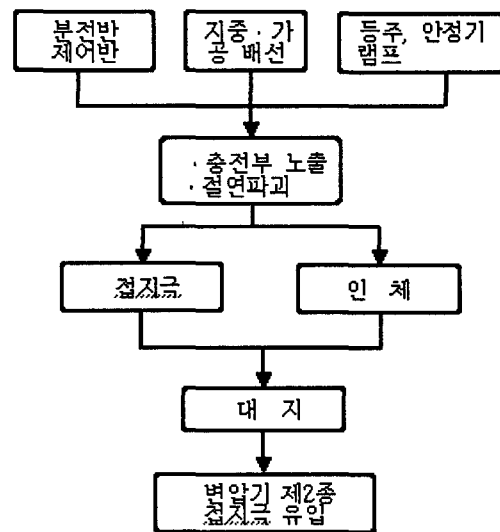


그림 1. 도로 전기시설물의 누전 경로

Fig. 1. Leakage current path of the road electrical installations

이러한 누설전류를 발생시키는 구성요소를 알아보면, 배전선로에서 계량기로 들어오는 인입선부분, 중계기에서 무선의 신호를 받아 가로등을 점등 또는 소등시키는 수신기, 설비의 사고예방 및 운영을 위해 사용되는 분전함(제어함), 등주에 전원공급을 위해 분전함(제어함)과 등주를 연결하는 배선과 배선 및 설비를 연결시키는 접속설비, 도로의 조명하고자 하는 장소에 설치하는 등주, 전압을 변환시켜 램프에 전원을 공급하는 안정기와 빛을 발산하는 등기구로 크게 구분할 수 있다. 따라서 실태조사의 항목역시 위 순서에 맞추어 분류하였다.[2],[3]

### 3. 실태조사

#### 3.1 분전함(제어함)

그림 2는 자외선 및 외부 환경적 요인에 의해 열화된 분전함(제어함)의 실체사진이다. 그림 2(a)는 분전함(제어함)의 외부모습으로 그림 2(a)-①은 시건장치 고장으로 전선을 사용하여 문을 고정한 모습이고, 그림 2(a)-②는 2년에 1회 주기로 정기적으로 실시하는 도장의 미실시로 열화된 모습이다. 사진에서 알 수 있듯이 산성비, 염분 등의 가혹한 외부환경에 장기간 노출됨으로써 산화가 이루어짐을 알 수 있다. 그리고 그림 2(b)는 분전함 및 제어함의 내부이다. 내부의 그림 2(b)-①은 적산전력량계이고, 그림 2(b)-②는 주차단기이다. 이와 같은 설비를 고정하는 볼트 및 너트는 장기간 사용으로 인한 소손과 관리소홀로 인한 분실로 설비의 고정이 불확실한 채로 방치된 모습이다.

설비가 사용되는 위치의 특성상 한번 설치되면 장기간 사용되므로 설비의 교체주기 및 정기적인 관리가 허술할 경우 열화의 진행속도가 빠르게 진행되기 때문에 주기적인 보완과 기기의 견고한 고정이 필요 하다.[4]

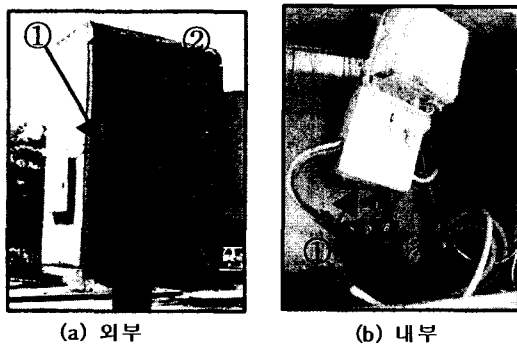


그림 2. 열화된 분전함(제어함)  
Fig. 2. A deteriorated panelboard(control)

그림 3은 외부 충격으로 소손된 잠금(시건)장치가 불량한 분전함(제어함)의 사진이다. 그림 3(a)는 닫힌 모

습이고, 그림 3(b)는 외부의 약한 충격으로도 쉽게 개방되는 문의 상태를 보여주고 있다. 분전함(제어함)이 설치되는 장소는 도로 위 일반인들의 접촉이 쉬운 위치에 설치되므로 잠금장치가 불량하여 문의 개방될 경우 내부에 노폐물 등의 이물질 투척과 분진 등의 유입이 쉽게 이루어진다. 또한 분전함(제어함)의 문의 개방될 경우 충전부가 외부에 노출되고, 이로 인해 안전의식이 결여된 일반인의 접촉이 쉽게 이루어져 감전사고 및 설비사고가 발생하게 된다.

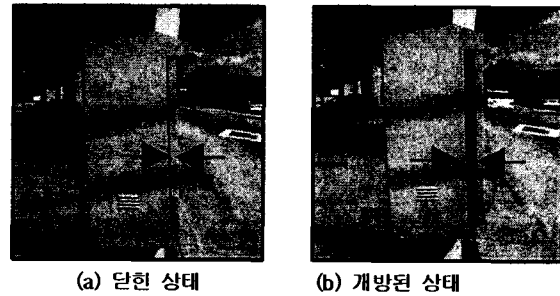


그림 3. 잠금(시건)장치가 불량한 분전함  
Fig. 3. Lock failure of panelboard

#### 3.2 배선방식

등주에 전원을 공급하기 위해 사용되는 배선방식은 지중 관로를 이용한 지중 배선방식과 등주와 등주의 지지를 이용한 가공배선 방식이 있다. 그러나 도심지역에 일반적으로 사용되는 배선방식은 미관상 간결한 지중에 의한 배선 방식이 주로 사용되고 있다. 그러나 지중에 의한 배선방식은 도로굴착으로 인한 케이블 소손과 접속부분의 열화로 인한 절연의 저하로 빗물의 침투시 절연파괴가 발생된다. 또한 공사기간이 장시간 요구되고, 도로굴착으로 인한 불편으로 민원 발생과 무엇보다도 경제성의 어려움 등이 많아 가공배선에 의한 방법으로 일부 시공되고 있다.

그림 4는 가공배선 방식으로 처리된 방식 중 전력선 및 통신선이 철제 등주와 접촉된 모습이다. 그림 4(a)-①는 저압 전력선이고, 그림 4(a)-②는 가로등 전원 공급용 전선이다. 그림 4(a)와 같은 배선처리 방식은 등주를 중간 매개체로 이용하였다. 그러나 이와 같은 지지방식은 전선의 장력과 이도의 상태를 고려하지 않은 채로 전선자체를 지지 하였거나, 전선의 표면 절연체에 손상을 방지하는 애자 및 접속 기구를 이용한 시공으로 전선에 손상을 가하지 않아야 한다.

그림 4(b)는 등주와 접촉되는 통신선의 모양이다. 이와 같이 통신선 및 전선이 그림 4(b)-①처럼 접촉될 경우 비바람 등이 전선에 유동을 가하게 된다. 이러한 움직임으로 전선표면과 등주의 접촉으로 인한 지속적인 스트레스가 전선 표피에 가해질 경우 표면의 손상이 발

생하여 절연파괴가 발생하고, 절연파괴는 등주의 전위 상승으로 이어질 수 있다. 이를 위해 등주와 외부의 전선 및 통신선과는 충분한 이격거리를 두거나, 도로여건상 접촉된 형태로 설치 시에는 전선과 철제 등주사이의 전선을 보호할 수 있는 보호용 덮개 시설을 하여 전선을 보호하여야 한다.[5],[6]

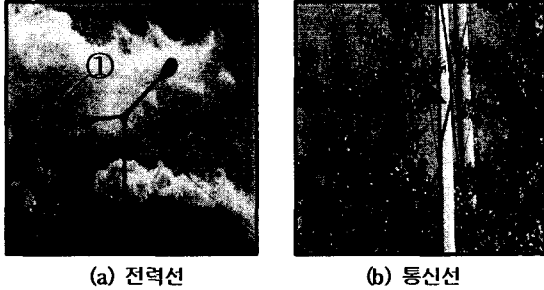


그림 4. 등주와 접촉된 전선  
Fig. 4. Wires contacted by a lighting pole

### 3.3 등주

도로를 조명하고자 하는 위치에 설치하는 등기구는 램프, 안정기, 내부 회로를 연결하는 전선으로 구성되어 있다. 이러한 구성요소로 설치되어 있는 등주는 시공시 충전부가 절연내력이 확보되었다 하더라도 우수기에 발생하는 빗물이 설비의 절연처리 부분까지 반복적으로 침투되어 설비의 열화를 가속시켜 절연내력의 현격한 저하를 가져온다.

그림 5는 가공배선의 안정기 노출배선에 의한 전원공급의 형태이다. 그림 5-①은 등주 상단에서 들어오는 전선을 안정기와 접속을 위해 점검구를 통해 내부로 접속되는 모습이고, 그림 5-②, ③은 점검구에서 전선으로 가하는 기계적 피로(stress)에 의해 전선표면이 손상된 ①부분의 확대 부분이다.[5],[6]



그림 5. 손상된 전선  
Fig. 5. Damaged wire

그림 5와 같이 점검구에서 내부로 유입되는 전선은 장기적 스트레스로 피복이 손상되어 우기철에 습도 및 빗물이 피복손상 부분에 침투해 절연저항 저하를 발생시켜 등주의 전위상승과 감전사고를 유발한다.

그림 6은 도심의 한정된 장소에 설치되는 여건상 특·고압선(22.9 kV) 배전선로와 이격거리가 미달된 채로 설치된 등주이다. 그림 6-①은 수용가로 전원공급을 위해 설치된 상용 인입케이블이고, 그림 6-②는 예비용으로 설치된 케이블이다. 이와 같이 그림에서 알 수 있듯이 ①은 특·고압용 상용케이블과 이격거리가 미달인 상태이고, ②는 상용케이블 고장시 사용하는 예비용 케이블과는 거의 접촉된 상태로 설치되어 있다. 또한 ③은 배전용 전력선과 이격거리가 미달된 상태로 설치되어 있다. 이러한 형태는 배전용 전주의 길이(8~17m)와 가로등주의 길이(5~12m)가 동일 구간이 생기고, 이 구간에서 상호간에 겹치는 부분이 형성되고, 전력선과 등주의 이격거리가 미달되는 경우가 발생한다. 전력선과 등주는 직접 접촉시 사고가 발생할 뿐 아니라, 근접거리 이내에 있을 경우 전자장에 의한 유도성 성분에 의한 유기전압 발생으로 등주에 전압이 유기되므로 이격거리에 충분한 주의가 요구된다.[7]

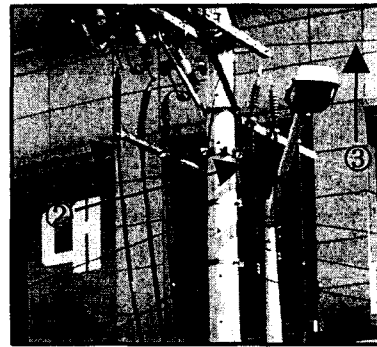


그림 6. 이격거리가 미달된 등주  
Fig. 6. A short distance between a lighting pole and power line

그림 7은 해안가의 등주로 염분과 수분에 의해 열화가 가속된 등주 외형이다. 그림에서 알 수 있듯이 해안가 및 침수가 잦은 지역에 설치된 시설물의 경우 염분에 의한 산성화가 강하게 진행되고, 잦은 침수가 발생하는 지역에서는 분진, 오폐물 등의 이물질에 의해 외부 도장의 변형과, 내부 설비에 열화를 가속시킨다.

따라서 해안가 및 침수가 잦은 지역에 설치된 설비는 일반적으로 설치된 지역과는 달리 주기적인 도장에 의한 외함의 보호와 염분에 의한 부식 내성이 강한 재질의 사용으로 지역적 차별화가 필요함을 알 수 있다.

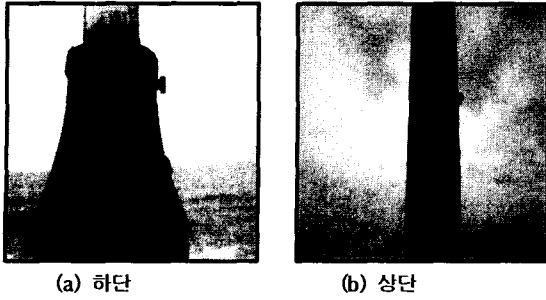


그림 7. 염분에 의해 열화된 등주  
Fig. 7. lighting pole deteriorated by salt

그림 8은 배전선로의 가공지선 옆에 설치된 등주의 모습이다. 그림 8-①은 배전선로의 가공지선으로 낙뢰 발생시 뇌ச்ச기를 유인하기 위하여 전력선 보다 높은 위치에 설치한다. 또한 유도된 뇌는 대지로 흘러 보내 계통의 안정을 유지하도록 설계되었다. 그림 8-②는 등주의 최상단에 침형 봉구조물로 만들어진 외형이고, 그림 8-③은 ①, ② 부분의 확대도이다. ②와 같은 형태는 상단부분의 침형 구조로 디자인되어 등주의 외형을 강조한 구조로 배전선로의 가공지선 보다 높은 위치에 설치되어 있다. 확대도 ③에서 나타나듯이 가공지선 보다 높은 위치에 설치되어 뇌 발생시 등주 쪽으로 뇌를 유도할 수 있다.

가로등주의 상단 봉형 구조물에 직격뇌가 방전 시에는 뇌격에 대한 절연강도(BIL), 서지임피던스 등을 고려한 충분한 설계가 이루어지지 않았기 때문에 사고발생시 피해가 예상된다.[8],[9]

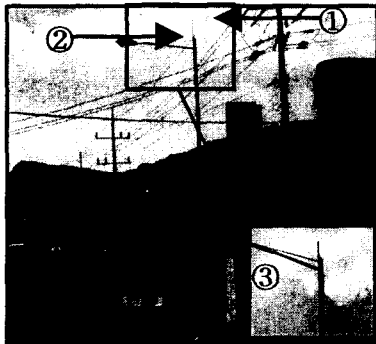


그림 8. 가공지선 옆에 설치된 등주  
Fig. 8. A lighting pole beside an overhead earth wire

가로등에서 발생하는 감전사고중 위험도가 가장 높은 것은 등주에 인체가 접촉시 나타나는 접촉전압에 의한 사고이다. 이러한 접촉전압에 의한 감전사고 발생을 예방하기 위한 대책으로 그림 9에서 보는 것처럼 절연체를 이용하여 등주하단을 절연 처리한 구조이다.

이와 같이 인체가 접촉할 수 있는 부분에 절연체를

이용해 절연성능을 확보함으로써 감전위험성을 감소시킬 수 있는 방안으로 사용되고 있다.

그러나 절연처리제의 선정시 자외선 및 외부충격에 의해 손상이 쉬운 재질은 그림 9-①에서 보는 것처럼 외부 충격으로 인해 쉽게 소손이 발생된다.

등주 외부에 부착되는 절연처리제는 물기, 습기에 의해 절연파괴시 발생하는 전위상승과 자외선 등의 외부영향에 의해 발생하는 파손에 대한 대비책이 필요하다. 또한 도로에 시설되는 등주는 설비의 고장으로 인한 소등시, 철재로 만들어진 등주와 접촉으로 대형 교통사고를 유발하는 장애물 역할을 하므로 야간도로의 방향판 역할을 할 수 있는 반사갓(형광물질)을 부착하여 교통사고를 예방할 수 있는 구조를 취하여야 한다.

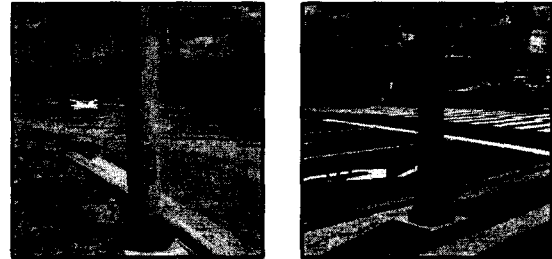


그림 9. 등주의 절연처리된 구조  
Fig. 9. Insulation treatment of lighting pole

### 3.4 안정기

램프의 전류를 제한하고, 방전의 안정성을 확보하여 램프(lamp)의 시동을 돕는 전력변환 설비인 안정기의 설치장소는 대부분이 가로등주 내부에 설치되어 있다. 그러나 일부는 그림 10처럼 등주 외부에 노출구조로 설치되어 있다. 안정기는 외부환경에 의해 지속적 열화를 받을 경우 수명이 급격히 짧아지고, 램프 효율감소와 위험성에 노출되게 된다.

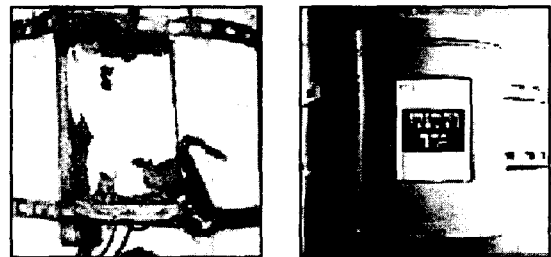


그림 10. 외부에 노출된 안정기  
Fig. 10. A exposed ballast

또한 염분, 산성우, 빗물, 물기 등에 의해 외함의 산화가 지속되어 쉽게 부식되므로 설비의 미관을 해치게 한다. 외부환경에 노출되는 안정기는 산화가 급격히 진행되어 해안가나, 공장지대에 설치될 경우 외부 도장

등의 지속적인 관리나 외함에 이중 보호를 하여 사용하여 산화를 방지하여야 한다.

안정기는 분전함(제어함)에서 들어오는 입력측과 램프에 전원을 변환하여 공급하기 위해 사용되는 출력부분의 전선 접속부분이 반드시 생기기 마련이다. 이러한 접속부의 절연처리 부분은 장시간이 흐르면 열화가 진행되어 접속처리부분에서 절연파괴가 발생한다.

이런 전선 접속부의 절연처리 방식 중 그림 11-①과 같은 튜브에 의한 방식과 그림 11-②와 같은 비닐접착테이프를 이용한 절연처리 방식이 사용되고 있다. 그림 11-①처럼 입출력 단자를 튜브형태로 끼우는 형식은 시공시에는 편리한 형태로 견고한 접속은 이루어질 수 있으나 튜브내부 접속부분에 공간이 발생해 물이 스며들 경우 절연파괴가 쉽게 발생하게 된다. 그리고 그림 11-②와 같이 일반적으로 사용되는 방식은 비닐절연접착테이프 방식(KS C 2306 전기 절연용 폴리 염화 비닐 접착 테이프)이다. 비닐접착테이프 방식은 시공시에는 절연저항의 확보가 뛰어나나, 염분, 산성우, 빗물, 물기 등의 노출이 잦은 환경에 사용되는 조건에서 장시간이 지나면 테이프의 접착력은 급격히 감소하게 되고 절연파괴로 이어져 누설전류를 발생시키는 원인이 된다.[10]



그림 11. 안정기 1, 2차 전선 접속부 처리 상태  
Fig. 11. Wire connection treatment of ballast

따라서 가로등 설비에 사용되는 전선접속부분의 테핑 처리는 반드시 이중절연구조(고무테이프+비닐접착테이프)를 취하여 가혹한 외부환경에 안정성을 지속적으로 확보할 수 있도록 하여야하고, 사용하지 않은 전원 탭은 테핑처리 하여 단락발생에 의한 안정기의 단시간 소손을 방지해야한다.

또한 안정기 1, 2차 전선접속부분의 방향이 그림 11-③처럼 하단부분으로 향하여야 한다. 그래야만 분진 등의 이물질이 안정기 내부에 침투되는 것을 방지해 수명을 유지할 수 있다.

그리고 안정기는 높은 전압이 유기 되는 전력변환 장치로 고장발생시 높은 전위상승을 초래하므로 반드시 접지시공을 해야 감전사고를 예방할 수 있다.

가공선에 사용하는 전선은 2.6[mm] 이상의 옥외용 비닐절연전선(OW), 또는 인입용 비닐절연전선(DV) 이

상의 전선이 사용된다.

일반적으로 격등 2회로로 구성되는 등주는 선로길이가 길 경우 전압강하에 의해 램프가 소등 및 소손되는 경우가 발생하므로 선로에 의한 전압강하가 6[%]이하로 유지되도록 해야 한다.

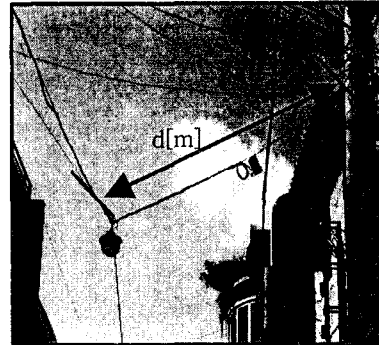


그림 12. 가공에 설치된 안정기  
Fig. 12. On the wire messenger ballast installed

특히 그림 12는 가공에 설치된 가로등이다. 메신저 와이어(Messenger Wire)를 이용한 특수한 구조로 분전함(제어함)과 램프사이 길이  $d[m]$ 는 선로 허용기준치(6%) 이상의 전압강하가 발생할 수 있고, 이때 발생된 손실로 인하여 효율 및 수명에 영향을 미치므로 일정거리 이내로 유지 할 수 있도록 주의해야 한다.

그림 13은 안정기의 수리 및 점검을 위해 등주 외부에 노출 설치하였다. 그림에서 보는 것처럼 안정기 설치위치가 바닥에서부터 100[mm] 정도의 위치에 설치되어 있다. 안정기 고장발생으로 교체시 외부에 노출시켜 보호케이스내에 설치된 구조이다.

그러나 이러한 형태는 집중호우로 인한 안정기 침수시 사고를 유발시키고, 한국산업규격의 600[mm]에도 미달된 위치이다. 따라서 케이스를 이용한 외부 노출시에는 안정기의 높이 설정에 주의를 하여야 한다.[11]

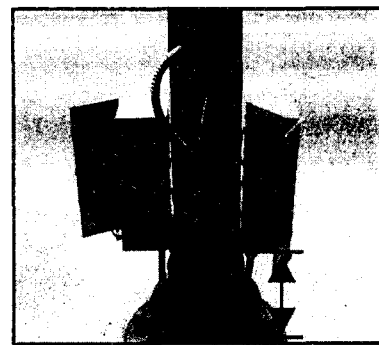


그림 13. 외부 노출된 안정기  
Fig. 13. In the outside exposed ballast

## 4. 결론

이상과 같이 도심에 설치된 가로등설비를 실태 조사한 결과 다음과 같이 분석되었다.

(1) 장기간 외부에 노출되는 분전함(제어함) 및 등주와 전력변환장치인 안정기는 산성우, 염분 등의 가혹한 열화요인에 노출되는 공장 및 해안가 등과 같은 지역에 설치시에는 외함의 정기적인 도장작업과 열화에 각별한 주의가 필요하다.

(2) 일반인들의 접촉이 쉬운 위치에 설치되는 분전함(제어함)은 잠금장치가 불량으로 문이 개방될 경우 내부에 노폐물 등의 이물질 투척과 분진 등의 유입이 쉽게 이루어지고 충전부의 노출과 안전의식이 결여된 일반인의 접촉이 쉽게 발생하므로 감전사고 및 설비사고에 위험성에 노출된다.

(3) 가공에 의한 배선방식은 관련규정의 미비로 전선의 장력과 이도의 상태를 고려하지 않은 채로 시공되어 있어 관련규정의 개정이 시급함으로 나타났다.

(4) 배전계통의 전력선(22.9kV)과 등주가 접촉 및 이격거리 이내에 있을 경우 전자장에 의한 유도성 성분에 의한 유기전압 발생으로 등주에 전압이 유기되므로 이격거리에 충분한 주의가 요구된다.

(5) 배전선로의 가공지선 보다 높은 위치에 설치되어 있는 등주는 직격낙에 대한 절연강도(BIL), 서지임피던스 등을 고려한 충분한 설계가 이루어지지 않았기 때문에 낙격 발생에 대한 대책이 필요하다.

(6) 충전부의 절연처리를 위해 사용하는 절연튜브 및 비닐절연접착테이프는 편리성과 단기간 절연확보는 가능하나 장기간 사용시 열화와 수분침투로 절연파괴가 우려되므로 이에 대한 대책이 요구된다.

(7) 설비의 교체 및 점검을 위해 등주 외부에 부착하는 안정기는 설치위치의 부적정으로 하단부에 설치시 침수에 의한 감전사고를 유발한다.

## 5. 향후계획

가로등 설비의 현장 실태조사를 통한 문제점 분석으로 확보된 데이터는 실증시험장에서 실시하는 실험의 기초자료로 활용되고, 향후 가로등설비의 기준 비교를 통한 제정과 대안을 제시 할 것이다. 또한 가로등 설비뿐만 아니라 모든 도로시설물(지상변압기, 신호등, 공중전화부스 등) 전반에 대한 종합적인 실태 분석으로, 우리 현실에 적합한 과학적 기준 및 점검 방법 등을 제시하기 위한 연구를 수행할 것이다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- (1) 최충석 외 5, "전기화재공학", 동화기술, pp86~97, 2001.
- (2) 한국산업규격, "KS C 8324", 2001.
- (3) 한기룡 외 2, "22.9kV에서의 감전위험성 연구", 한국전기안전공사, pp.65-79, 2002.
- (4) 한국산업규격, "KS C 8324", 1978.
- (5) 한국산업규격, "KS C 8000", 1992.
- (6) 한국산업규격, "KS C 8010", 1999.
- (7) 대한전기협회, "전기관계법규집", pp.339-340, pp447-453, 2001.
- (8) I.F. Gonos, F.v.Topialis, "Transient impedance of grounding rods", High voltage eng, Sym, Conference, Publication, pp22~27, 1999.
- (9) IEC 60071-1, "Insulation co-ordination (Part-1 : Definitions, Principles and rules)", 1993.
- (10) IEC 60454-3-1, "Pressure-sensitive adhesive chloride tapes for electrical insulation", 1980.
- (11) EN 40-5 Part 5, "Specifications for steel coulums", 2000.