

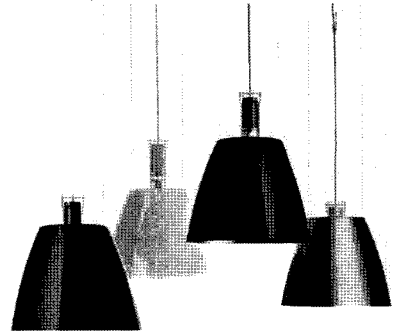
조명등기구 내부 배선 연결 커넥터의 특성 해석



최 중 석
전주대학교 소방안전공학과 교수

1. 서론

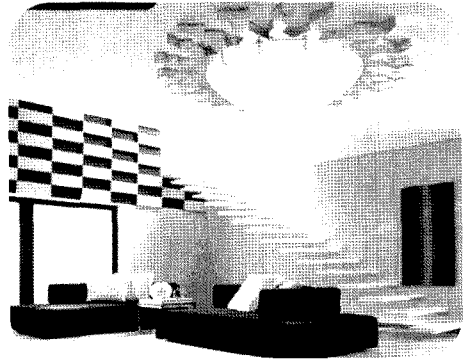
조명설비에 대한 투자 증가로 조명에서 소비하는 전력이 총 소비 전력의 20~35%로 증가하였다. 또한 조명시장은 고효율 발광 다이오드(LED; Light Emitting Diode)의 출현에 따라 매년 성장하고 있고 향후 전기설비 시장의 중요한 부분을 차지할 것으로 예상된다. 예를 들면 2004년 세계 조명시장의 규모는 약 37억 달러로 전년에 비해 37%가 확대되었으며, 2007년에는 약 50억 달러를 나타냈다. 특히 새로운 시장의 확산은 조명산업기술 선점이라는 점에서 국가별로 집중적인 R&D 투자가 진행되고 있다. 또한, 쾌적한 환경에서 안전을 확보하고자 하는 사용자의 요구가 증가함에 따라 조명등기구 역시 환경 친화적이고 건물과 조화를 이루는 구조로 바뀌고 있다. 효율적인 조명을 위한 방법 중의 하나가 일체형 조명등기구를 이용하는 것이다. 라이트웨이 조명등기구는 기존의 조명등기구의 단점을 보완하고 사용 환경에 잘 어울리는 환경 친화성을 갖고 있어서 초고층 빌딩, 병원, 복합 상가, 주차장 등과 같이 많은 사람이 왕래하는 다중이용시설에 적합하다. 그런데 이와 같은 우수한 전기시스템이 적합한 구조와 설계가 되었다 하더라도 설치 공사에 결함이 있으면 사고의 발생은 물론 전기시스템의 유지 관리에 많은 어려움이 예상된다. 전기설비에서 발생하는 출화의 형태는 전기배선 및 기기에 의한 출화, 누전에 의한 출화, 정전기 불꽃에 의한 출화가 있다.



따라서 본 연구에서는 효율적 시공을 위해 개발된 일체형 라이트웨이 조명등기구의 내부에 적용하는 배선 커넥터의 접촉저항, 절연저항 및 내전압 평가를 실시하고 적합성 여부를 제시하고자 한다.

2. 관련이론

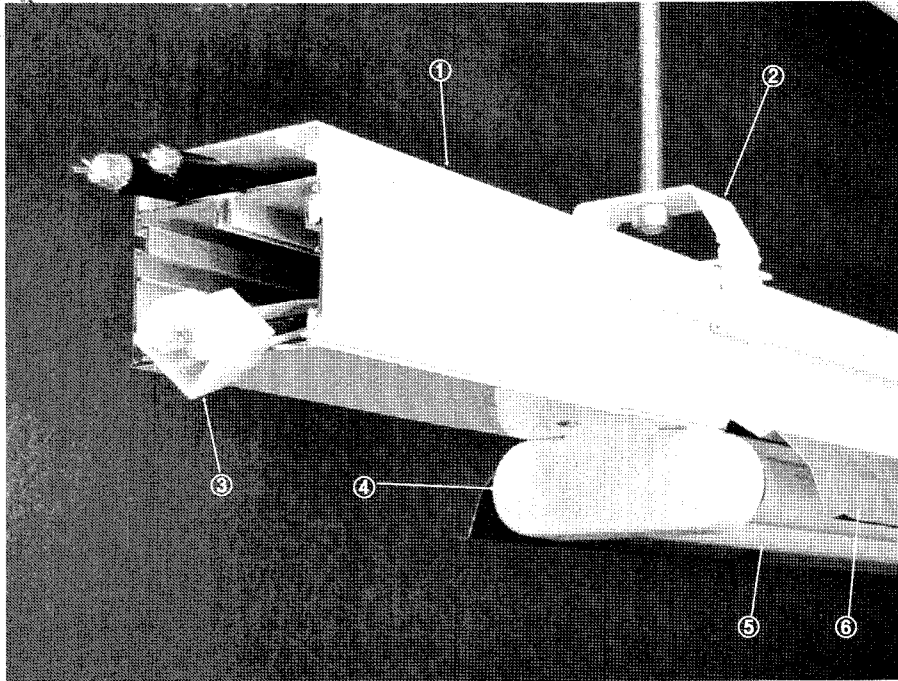
전기설비의 구성에 있어서 계측장치, 설비, 전선 등 다양한 제품이 서로 연결되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 제품의 구성에는 각각 전기적으로 접속(촉)하고 있는데 작은 전기제품에서도 수개에서 수십 개 이상의 접속부를 가지고 있다. 접속부는 각종 전력기기의 도체 부분에 대한 전기적 접속 및 접촉에 있어서 장시간 운전할 때 접촉저항의 증가에 따라 발열되고 이로 인해 사고가 일어날 우려가 있다. 또한, 설비의 설치 당시 나사나 볼트 및 너트의 조임 상태가 불량하여 발열 되거나 차단기, 개폐기 등 스위치 기어의 접속부 이완에 의해 발열이 되는 과정을 나타낸다.



국제 전기코드(IEC)에서는 전기적 접속(촉)이 이루어지는 부분에 대해서 기준이 되는 내용을 서술하고 있다. 특히 IEC 60943(Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment in particular for terminals)에서 전력기기의 도체 접속부의 접촉 불량에 따른 온도 측정에 의해 열화가속 조건을 이론적으로 제시하고 있고, 최대 허용온도와 허용온도 상승 등의 기준을 정하고 있다. 내용을 보면, 도체 접속부 과열의 원인이 되고 있는 접촉저항(contact resistance)은 크게 집중저항(constriction resistance)과 경계저항(film resistance)으로 나누어지고, 집중저항은 도체표면의 불균일로 인해 도체의 면과 면 접촉에서 확대하여 보면 점과 점사이의 접촉으로 이루어져 있어 전류가 흐를 수 있는 면적이 적어 저항이 커지는 것을 의미하는 것으로 결과적으로 줄 열이 커지고 발열이 발생하여 접촉력이 크고 도체의 저항률이 작으며 금속의 경도가 낮을수록 집중저항은 작아지는 경향을 보인다고 되어 있다. 경계저항은 금속이 공기 중에 노출되어 표면에 산화막이 형성되는 것으로 알루미늄이나 스테인리스스틸(stainless steel) 등은 수나노미터 정도의 산화막이 발생하고 추가적으로 산화를 방지하는 산화방지막이 작용하여 실질적으로는 산화의 진행속도를 느리게 하여 전선이나 설비의 도전부분으로 가장 많이 이용되는 구리는 금속이 공기 중에서 산화 및 부식이 발생하나 장시간 경과되면 산화의 진행속도가 느려지는 것을 의미한다.

3. 결과 및 고찰

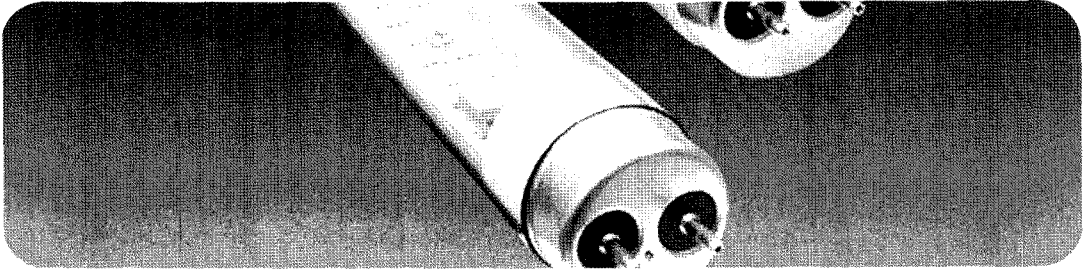
〈그림 1〉은 실험에 사용된 일체형 조명등기구를 나타낸 실체사진이다. 조명등기구의 구성은 몸체 및 덮개, 행거 클램프, 커넥터, 램프홀더 및 홀더 고정판, 형광램프, 반사갓 등으로 되어 있다. 하나의 일체형 조명등기구는 전선 및 통신선 등을 동시에 구분 수납이 가능하고, 연속 시공이 가능하므로 작업 공정이 단순하다. 또한, 형태 및 색상이 다양하게 적용되므로 미관이 수려하여 건물과 조화를 이룬다. 〈표 1〉은 일체형 조명등기구의 명칭과 특징을 정리한 것이다.



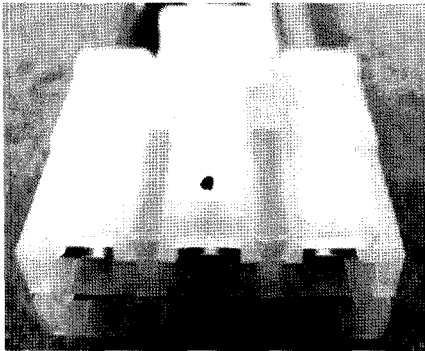
〈그림 1〉 배선일체형 라이트웨이 조명등기구의 구성

〈 표 1 〉 배선일체형 조명등기구의 규격 및 특징

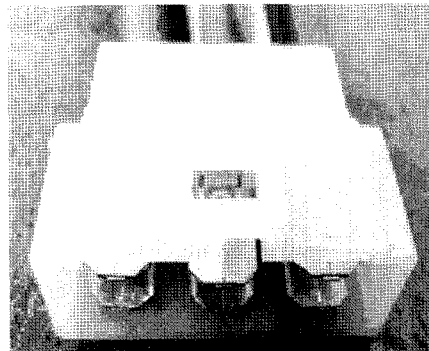
번호	품명	규격(사양)	특징(용도)
①	몸체 및 덮개	70 * 60 * 모듈길이	알루미늄, 분체도장
②	행거 클램프	73.5 * 55mm	알루미늄, 분체도장
③	커넥터	1~6 POLE AC 250V, 15A	배선회로 접속용
④	램프홀더 및 홀더 고정판	2등용 맞대기형	형광램프 취부용
⑤	형광램프	26mm, 32W 직관형	고효율 에너지기자재
⑥	반사갓	32W/2등 노출용	고조도 반사갓 반사율 95% 이상



〈그림 2〉는 조명등기구 내부 배선을 연결하는 커넥터(connector)를 나타낸 것이다. 〈그림 2〉(a)는 하우징(housing)되어 있는 커넥터의 칼받이(holder)이며, 〈그림 2〉(b)는 칼(blade)을 나타낸 것이다. 각각의 배선은 색 배선이 되어 있으며, PVC를 이용하여 일체형으로 제작되었다. 따라서 연결과 분리가 간단하고 견고하게 체결되므로 이물질의 유입이 불가능한 구조를 가지고 있다.



(a) holder of connector

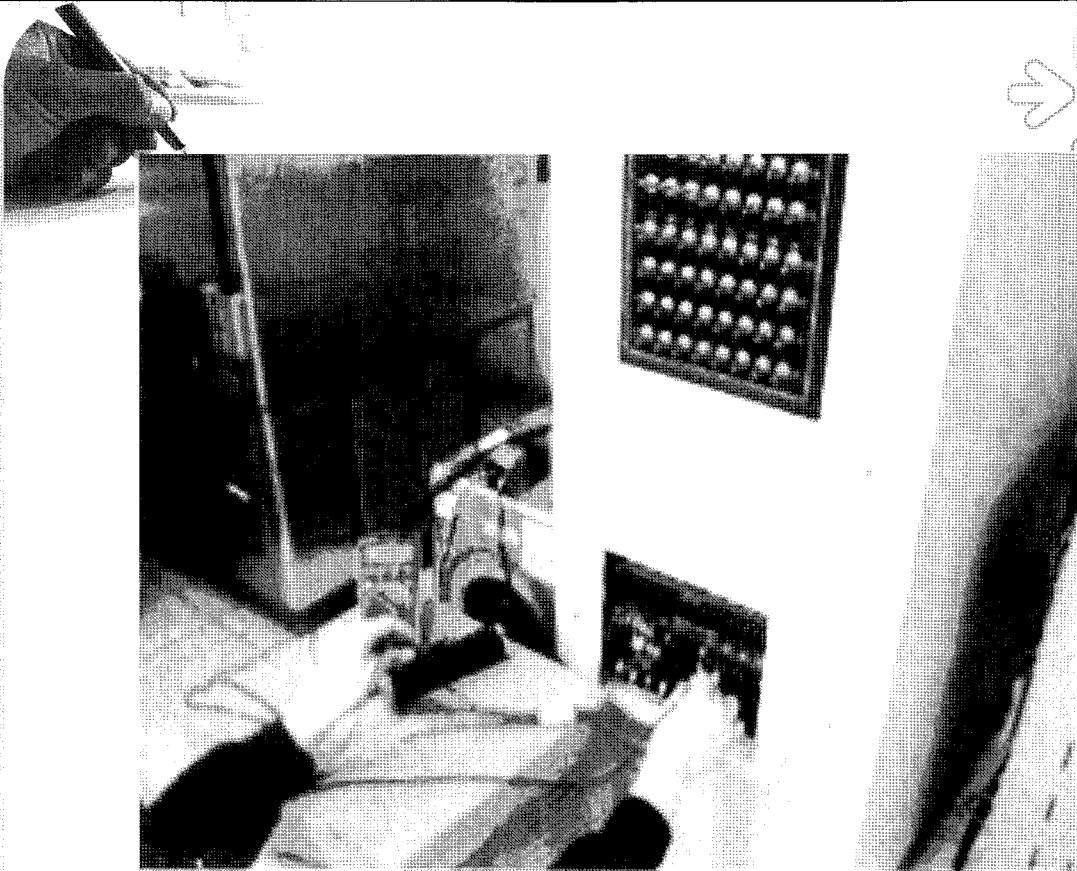


(b) blade of connector

〈그림 2〉 조명등기구 내부의 배선 연결용 커넥터

〈그림 3〉은 배선 연결 커넥터의 접촉저항 측정을 위해 나타낸 실체사진이다. 측정 대상은 하우징 터미널이며 부하의 공급 전압은 250V, 전류는 15A이다. 실험이 진행될 때의 실험실의 온도는 15~35℃이고, 상대습도는 25~85RH를 유지 시켰다. 〈표 2〉는 커넥터에 고온의 스트레스를 인가하기 전의 접촉저항을 측정하는 것이다. 접촉저항 측정은 고저항메터(High Resistance Meter, Agilent, 4339B)를 이용했으며, 5개의 시료를 측정하였다. 측정된 접촉 저항은 평균 2.164mV/A을 나타냈으며, 허용 접촉저항 3mV/A보다 적게 측정되어 정상이었다. 측정된 접촉저항은 아래의 식 두 식을 이용하여 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{접촉저항}(R_c) &= \text{총 접촉저항}(R_T) - \text{선간저항}(R_L) \\ \text{선간저항}(R_L) &= \text{Female 선간저항}(R_{LF}) - \text{Male 선간저항}(R_{LM}) \end{aligned}$$

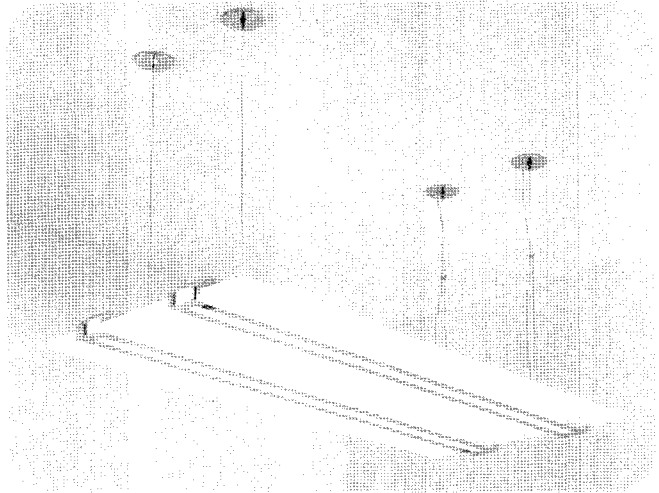


〈그림 3〉 배선 연결 커넥터의 접촉 저항 측정

〈 표 2 〉 커넥터의 고온 동작 시험 전 접촉저항

터미널 번호	접촉 저항, R _{cdmV/A}				
	#1	#2	#3	#4	#5
01	1.45	2.64	2.20	2.55	1.25
02	2.13	2.37	1.45	2.83	1.98
04	2.13	2.15	2.59	2.07	2.69
평균	1.90	2.39	2.08	2.48	1.97
전체평균	$10.82 \div 5 = 2.164 \text{ [mV/A]}$				

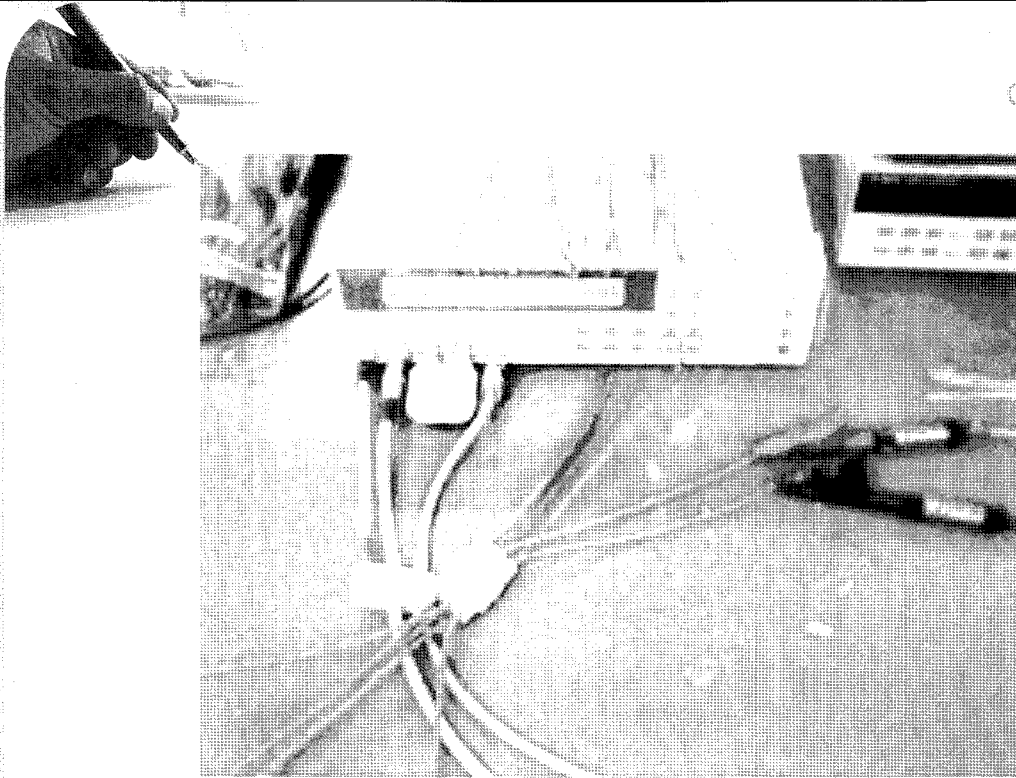
〈표 3〉은 커넥터에 고온 시험이 완료된 후의 접촉저항을 측정한 결과이다. 고온시험의 온도는 105℃이며, 시험 시간은 16 시간이다. 시험은 모든 단자를 직렬로 연결한 후 교류 전압 250V, 전류 15A를 공급하고 항온 항습조에 방치한 것이다. 고온 시험이 완료된 제품은 물리적 변형이 없어야 하며, 접촉 저항은 허용 값 6mV/A보가 적어야 한다. 실험 결과 커넥터의 고온 동작 시험 후 접촉저항은 3.258mV/A로 측정되었고 모두 양호한 것을 알 수 있다.



〈 표 3 〉 커넥터의 고온 동작 시험 후 접촉저항

터미널 번호	접촉 저항, R[mV/A]				
	#1	#2	#3	#4	#5
01	2.37	2.85	5.07	2.83	2.51
02	2.99	2.64	5.68	2.93	4.57
04	2.77	2.80	3.81	2.35	2.73
평균	2.71	2.76	4.85	2.70	3.27
전체평균	$16.29 \div 5 = 3.258 \text{ [mV/A]}$				

〈그림 4〉는 커넥터의 절연저항 측정을 위해 나타낸 실체사진이다. 절연저항 측정은 멀티미터(Multimeter, Fluke, 19)를 이용했으며, 5개의 시료를 대상으로 실시하였다. 측정 접점은 커넥터 사이이며, 전압은 직류 500V를 1분간 인가한 후에 측정하였다.



〈그림 4〉 배선 연결 커넥터의 절연저항 측정

〈표 4〉는 고온 동작 시험을 하기 전의 절연저항을 나타낸 것으로 평균 10G Ω 이상을 나타냈다. 모든 시료에서 균일한 절연 특성을 보이며 양호한 상태임을 알 수 있다.

〈 표 4 〉 커넥터의 고온 동작 시험 전 절연저항

터미널 번호	절연 저항, DC 500[V]				
	#1	#2	#3	#4	#5
01 - 02	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω
01 - 04	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω
02 - 04	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω
평균	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω	>10G Ω
전체 평균	$50 \div 5 = 10 [G \Omega]$ 이상				

3. 결론

효율적 시공을 위해 개발된 일체형 라이트웨이 조명등기구의 내부에 사용되는 배선 커넥터의 접촉저항, 절연저항 및 내전압 등을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 조명등기구 내부 배선을 연결하는 커넥터는 하우징되어 있어서 연결과 분리가 간단하고 견고하게 체결되므로 이물질의 유입이 불가능한 구조를 가지고 있다.
- 2) 커넥터의 고온시험 온도는 105°C이며, 시험 시간은 16 시간이다. 시험은 모든 단자를 직렬로 연결한 후 교류 전압 250V, 전류 15A를 공급하였다. 실험 결과 접촉저항은 3.258mV/A로 측정되었고 모두 양호한 것을 알 수 있었다.
- 3) 고온 동작 시험을 완료한 후의 절연저항은 10GΩ 이상을 나타냈다. 모든 시료에서 균일한 절연 특성을 보였으며 양호한 상태를 알 수 있었다.
- 4) 배선 연결 커넥터에 고온 동작 시험을 하기 전과 후의 내전압 시험 결과 모든 터미널 사이의 내전압 특성은 양호한 것으로 나타났다.

