

Finding and Analysis of Defective Elements of an LED Streetlight Lamp Based on the Product Liability

김향곤* · 최충석†
(Hyang-Kon Kim · Chung-Seog Choi)

Abstract - The purpose of this study is to present the range of defects mentioned in the Product Liability (PL) and to establish an objective basis and grounds for the analysis of accidents expected to happen by analyzing and presenting the external flame pattern and electrical characteristics of an LED streetlight lamp, a new lighting lamp. From the analysis of the cross-section of a cable carbonized by an external flame, it was observed that the wire's strand and insulation material had solidly adhered, and that greater voids were formed at the surface than at the center. Irregular carbide lumps were formed in the globe directly exposed to the flame, and the globe carbonized by the indirect flame showed characteristics that they had melted and flowed downward. It was found that the forward and backward resistances of the normal LED were approximately 1.74 [MΩ] and 140 [MΩ], respectively. The lamp burnt by the strong flame exhibited infinite forward and backward resistances and the LED did not emit light. The carbonized LED lamp was gray and exhibited fine delaminations. According to the Product Liability, a product defect signifies a simple product defect. Most of the defects were caused by the lack of stability, and the defect of the product itself occurred during the design and manufacture. The defects in warnings and markings include an insufficiency of handling manuals and warnings, expressive warranty violations, defective markings, etc. In order to prevent an accident resulting from a product, it is necessary to prepare safety warnings and documentation, establish clear-cut lines of liabilities, and subscribe insurances. However, it could be seen that important factors against the Product Liability were product improvement, response to compensation requests and law suits, credit restoration, etc.

Key Words : LED Streetlight Lamp, Product Liability, Flame Pattern, Product Defect

1. 서 론

2007년 국내 화재 통계 조사에 의하면 발생건수 47,882건으로 이 중에서 전기화재는 10,560건으로 22.1[%]를 점유하고 있다. 그에 따른 사망은 30명, 부상은 2717명, 재산피해는 63,384백만 원으로 집계되었다. 국내에서 발생한 화재를 원인별로 분류하면 부주의에 의한 화재가 47.1[%]로 가장 높았고, 전기화재, 방화 또는 실화로 의심되는 화재 순으로 조사되었다[1].

전기설비의 출화 형태는 전기배선 및 기기에 의한 출화, 누전에 의한 출화, 정전기 불꽃에 의한 출화가 있다. 또한, 전기화재의 발생경과로부터 분류하면 설계 및 구조불량, 취급불량, 공사불량, 경년열화 등이 있다. 전기설비 중에서 조명설비는 인간의 활동 영역과 범위를 광범위하게 확대 시켜주는 물론 심리 상태를 제어할 수 있어서 응용의 대상이

다양하게 나타나고 있다. 또한, 조명설비에 대한 투자 증가로 조명에서 소비하는 전력이 총 소비전력의 20~35[%]로 증가함에 따라 그의 부작용의 결과인 전기재해도 점차 늘어나고 있다[2,3].

조명시장은 고효율 LED의 출현에 따라 매년 성장하고 있고 향후 전기설비 시장의 중요한 부분을 차지할 것으로 예상된다. 2004년 세계 LED 시장규모는 약 37억 달러로 전년에 비해 37[%]가 확대되었으며, 2007년에는 약 50억 달러를 나타냈다. 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. LED를 이용한 조명은 에너지 효율성이 기존 제품에 비해 우수하기 때문에 일반 조명, 수송기기 조명, LED BLU, 디스플레이 등 많은 산업에 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다[4-6].

LED를 이용한 새로운 조명 방법이 도입됨에 따라 적절한설계 및 시공, 관리 및 유지, 점검 및 검사, 사고 예방 및 진단 등이 요구된다. LED 램프를 어떻게 어떤 조건에서 사용하느냐에 따라 제품 성능의 극대화는 물론 사고 예방 및 원인 분석 결과에 따른 대응도 다르게 된다. 즉 사용된

† 교신저자, 시니어회원 : 전주대학교 소방안전공학과 교수 · 공박
E-mail: enetek@naver.com/choi365@jj.ac.kr

* 시니어회원 : 전기안전연구원 재해예방연구그룹 책임연구원
접수일자 : 2009년 11월 20일
최종완료 : 2009년 11월 21일

제품에서 발생한 사고의 형태에 따라 책임의 범위를 묻는 객관적인 근거가 제조물책임법(PL; Product Liability)이다. PL은 제조업자 등의 과실의 유무에 관계없이 안전성이 결여된 제조물로 인해 생긴 손해의 배상 책임을 제조업자 등에게 책임을 지워야 한다는 것이다. 이 법은 미국, 영국, 독일, 중국, 일본 등 많은 나라들이 시행하고 있으며, 우리나라는 2000년 1월 12일 제정되어 법류 제6109호로 공포하였고, 2002년 7월 1일부터 시행되고 있다[7,8].

따라서 본 연구에서는 PL에서 언급하는 결함의 범위를 제시하고, 새로운 조명 설비인 LED 가로등의 외부화염 패턴 및 전기적 특성을 분석하여 제시함으로써 향후 예상되는 사고에 대한 원인 판정의 객관적 근거를 구축하는데 있다.

2. 관련 이론

2.1 PL의 특징

PL법이 시행되기 전에는 결함이 있는 상품에 의해 피해를 입은 소비자가 제조업자 등에게 책임을 묻는 것은 계약에 기초한 채무불이행책임, 판매자와 소비자 사이에 성립할 수 있는 하자담보책임이 성립하는 경우를 제외하고는 오로지 불법행위책임의 규정에 의해 행해져 왔다. 불법행위책임은 제조업자 등의 과실을 요건으로 하는 과실책임주의임에 반해, PL법에서는 과실의 존재가 아니라 제품, 그 자체의 결함 존재 및 결함과 손해 사이의 인과관계의 존재를 증명하면 제조업자 등의 책임이 인정되도록 되어 있다. 이와 같이 제조업자 등의 과실이라고 하는 사람의 행위가 아니라 결함의 존재라는 물건의 성상을 책임요건으로 하는 「결함책임」 제도를 채용하고 있는 점이 PL법의 최대 특징이다.

표 1 대한민국의 PL 구분 및 주요 내용

Table 1 Classification of PL and major items in Korea.

구분	주요 내용
책임 요건	제조물의 결함으로 인한 생명, 신체, 재산상의 손해
제조물의 범위	제조 또는 가공된 동산(부동산, 제조되지 않은 농수산물은 제외)
결함의 정의	제조, 설계, 표시상의 결함 또는 안전성의 결여
책임의 주체	제조업자, 수입업자 또는 그로 오인할 수 있는 표시를 한 자
면책 사유	개발위험의 항변, 원재료 또는 부품의 경우의 항변, 법령이 정하는 기준을 준수하여 발생한 경우
연대 책임	배상책임이 있는 자가 2인 이상인 경우 연대하여 책임
면책특권 제한	손해배상책임을 제한하는 특약은 무효
소멸 시효	배상책임을 지는 자를 안 날로부터 3년, 제조물을 공급하는 날로부터 10년
시행	2002년 7월 1일부터 시행, 시행일 이후 공급한 제조물부터 적용

PL법상 「결함」이란 당해 제조물의 특성, 그 통상 예견되는 사용 형태, 그 제조업자 등이 당해 제조물을 인도한 시기, 기타의 당해 제조물에 관계되는 사정을 고려하여, 당해 제조물이 통상 갖추고 있어야 할 안전성을 결하고 있는 것을 말한다(제2조 제2항)라고 규정하고 있다. 이는 소위 「소비자기대기준」의 의견을 취해 넣은 것이며, 결함 유무의 판단은 통상의 소비자가 기대하는 안전성을 기준으로 한다는 것이다. 그 결과, 단순히 상품에 설계상 또는 제조상의 결함이 있는 경우뿐만 아니라 필요하다고 생각되는 경고와 설명표시가 되어 있지 않은 경우(경고, 표시상의 결함)에 대해서도 제품의 결함으로서 판단된다는 것이다. 결함 유무의 판단은 제조물책임의 핵심이며, 대한민국의 PL의 구분 및 주요 내용은 표 1과 같다[9].

2.2 제조물의 결함

일반적으로 결함이라 함은 「제조물에서 통상적으로 기대할 수 있는 안전성을 결여하고 있는 것」을 말하며, 넓은 의미의 하자에는 포함되지만 안전성과 관련된 손해를 발생시키지 않는 간단한 품질의 하자는 이법의 대상으로 되지 않는다. 또한, 일반적으로 결함은 제조상의 결함, 설계상의 결함, 표시상의 결함의 3가지로 분류할 수 있는데 이 법에서는 결함의 정의에서 이것을 명백하게 구분하여 정의하였다. 그리고 "기타 통상적으로 기대할 수 있는 안전성이 결여되어 있는 것을 말한다."고 하여 상기와 같은 세 가지 유형의 결함을 제외한 다른 유형의 결함 발생의 가능성을 염두에 두고 있다. 결함은 새롭게 도입되는 개념이며 주로 채관규범으로서 기능하지만 사고의 방지나 재판 외에서의 분쟁처리에 있어서의 규범으로서도 기능한다는 것을 생각하면 피해자의 입증 부담이 과대하지 않도록 유의하면서 가능한 한 그 명확성을 도모하는 것이 바람직하다[9].

2.2.1 제조상의 결함

제조상의 결함이라 함은 제조업자의 제조물에 대한 제조·가공상의 주의 의무의 이행 여부에 불구하고 제조물이 원래 의도한 설계와 다르게 제조·가공됨으로써 안전하지 못하게 된 경우를 말한다. 설계 도면대로 제품이 생산되지 아니한 경우를 말하며, 제조 과정에 이물질이 혼입된 식품이나, 자동차에 부속품이 빠져있는 경우에 제조상의 결함에 해당하게 된다.

2.2.2 설계상의 결함

설계상의 결함이라 함은 제조업자가 합리적인 대체 설계를 채용하였다면 피해나 위험을 줄이거나 피할 수 있었음에도 대체 설계를 채용하지 아니하여 당해 제조물이 안전하지 못하게 된 경우를 말한다. 설계 도면대로 제품이 생산되었지만 설계 자체가 안전 설계가 되지 아니한 경우를 말하며, 예컨대 녹죽기에 의해 어린이의 손가락이 잘려 나간 경우처럼 설계 자체에서 안전성이 결여된 것이다.

2.2.3 표시상의 결함

표시상의 결함이라 함은 제조업자가 합리적인 설명·지시·경고 기타의 표시를 하였다면 당해 제조물에 의하여 발생할 수 있는 피해나 위험을 줄이거나 피할 수 있었음에도 이를 하지

아니한 경우를 말한다. 제조상의 결함과 설계상의 결함이 제조물 자체의 결함이라고 한다면 표시상의 결함은 제조물 자체가 아닌 결함이다. 제품을 사용하는데 있어서 올바르게 사용할 수 있도록 하는 설명이나 지시 또는 제조물에 있는 위험성에 대하여 경고를 하지 않았을 경우에 이로 인하여 제조물 사고가 발생하였을 경우에는 표시상의 결함이 된다. 이를 지시·경고상의 결함이라고도 한다.

2.3 기타

PL에서는 이상과 같은 세 가지 유형의 결함 이외에 「기타 통상적으로 기대할 수 있는 안전성이 결여되어 있는 것을 말한다」라고 정의를 하여 포괄적으로 결함의 가능성을 염두에 두고 있으며, 통상적으로 기대할 수 있는 안전성의 결여는 다음과 같다.

- ① 사회의 보편적인 가치기준에 의하여 결정되는 상대적 개념
- ② 사회가 요구하는 안전성 혹은 국제적인 안전 수준이 기준이 됨
- ③ 보충적인 결함의 기준을 부여함

대부분 기업의 경우 제품 안전에 대한 충분한 검토 부족으로, 평소 정상으로 인식하고 있던 사항이 시장에서 소비자에게 사고가 발생하고 난 후에 결함으로 판명되는 경우가 있게 된다. 불량에 속하지 않는 제품은 정상 제품으로 인식하는데, 상당 기간이 경과한 후에 결함으로 판정된다면 해당기업의 경영자와 관련자들에게 혼란과 타격을 주게 된다. 이는 해당기업의 PL 대책이 충실하지 못하다는 증거이기도 하다. 기업 내의 담당 전문가는 자사 제품에 대한 결함을 정확하게 분석하여 규명하고, 이를 근원적으로 개선하는 노력이 필요하다[9].

3. 실험 방법

PL의 판단 근거를 확립하게 위해 실험에 적용된 LED 가로등은 루미다스(lumidas)로 등록되어 있는 제품이다. 램프의 구성은 구동부, 방열부, LED모듈부, 광유도부를 사용한 다운라이트로 되어 있고, 실내·외 조명용으로 사용하고 있다. 램프 점등시의 표면 온도는 어느 부위에서도 60[°C] 이상 발생해서는 아니 된다. PL에서 언급된 제조상의 결함을 분석하기 위해서는 일반 화염 테스트를 실시하였고, 설계상의 결함 분석은 디지털테스터(Digitaltester, Hitester, 3801-50, Hioki, Japan) 및 전원품질분석기(PQM; Dewetron, PNA-560, AU)과 Probe(C.A., MN95, France)를 이용하였다. 또한, 표시상의 결함 요소 분석은 실제 사진을 이용하여 해석하였다. 화염의 공급은 한국산업규격(KS)에 근거한 난연성 실험 방법을 준수하여 실시하였으며, 시료를 60°의 경사로 지지한 다음 30초 동안 불꽃을 공급하였다가 일정 시간 후 불꽃을 제거하여 시료의 연소 상황을 분석하였다. 실험실의 온도는 24±2[°C], 습도는 50~60[%]의 조건에서 실시하였다[10].

표 1은 실험에 사용된 LED 모듈(GALED Co. Ltd., FoHS, Korea)의 사양을 나타낸 것이다. LED 램프 6개를 직렬로 연결하고, 다시 2개를 병렬로 조합하여 한 개의 모듈(module)로 구성한 제품이다. 발광에 이용된 쇼트키 다이오드 (Diode-Schottky)의 전압은 40[V]이며, 전류는 3[A]이다.

표 2 실험에 사용된 LED의 사양

Table 2 Specifications of the LED used for tests.

Description	Part Name	Part Spec.	Package	Ref. No.	Q'ty ea
LED	LUWW5AM-KZ-4D8F	White (1W-6,000K)	SMD	LED 1~12	12
PCB	GLL-12 V1.1	54.6x199.6x1.6t, MPCB	MPCB	LED Module	1
Diode-Schottky	RB051L-40	40V,3A	1F	D1,D2	2
WAFER	20037WR-04	2.0mm	4P	CON1	1
HARNESS	H200M4P/4P-4C	200mm,4C	4P	LED Module	1
SOLDER	TLF-204-105S-1	PB Free			5g

4. 결과 및 고찰

4.1 LED 램프의 분석

그림 1은 LED 램프에 공급되는 전원선의 특성해석을 위해 나타낸 것으로 220V용 비닐코드 전원선(VCTF, 1.5mm2×2C)의 외형이다. 플러그와 연장코드가 PVC수지로 일체 성형되어있고 구체적인 내용은 KS C IEC 60227-5에 규정되어 있다. 그림 1(c) 전선의 단면으로 2중 절연이 되어 있으며, 내부 배선의 표면에 무기물의 분말이 도포되어 있어서 뒤틀림에 의해 발생될 수 있는 물리적 손상이 없도록 제작되어 있는 것이 확인되었다. 그림 1(d)는 소선을 감싸고 있는 배선의 배부를 나타낸 것으로 표면이 균일하고 안정된 상태를 보이고 있다. 이상의 결과에서 알 수 있듯이 전원 공급용 전선은 설계, 제조, 표시 등 PL에서 언급하고 있는 사항을 잘 제시하고 있다.

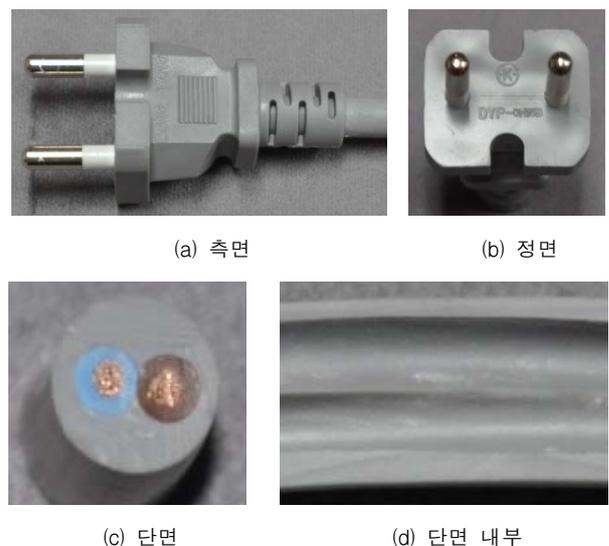
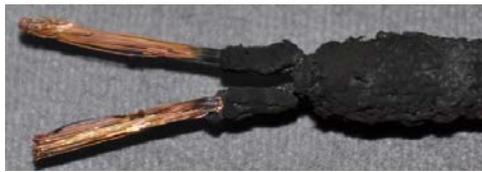


그림 1 LED 램프에 공급되는 전원선의 실제 사진
Fig. 1 Picture of a power supply wire to an LED lamp.

그림 2는 외부 화염에 의해 탄화된 전원선의 표면 사진을 나타낸 것이다. 그림 2(a)는 외부 화염을 받아서 탄화될 때의 사진으로 절연물이 부풀어 오른 형태를 보이고 있고, 소선의 일부가 용융된 흔적이 확인된다. 그림 2(b)는 탄화된 전선의 내부를 분석하기 위해 칼로 절단하여 나타낸 것으로 소선(strand)과 절연물이 견고하게 부착되어 있는 것을 알 수 있다. 또한, 절연물의 표면 쪽이 중심부보다 보이드(void)가 크게 형성된 것을 알 수 있다. 표면에서 산화 반응이 왕성하게 진행되고, 내부에서는 산소가 부족하거나 없어서 산화 반응이 일어나기 어려움을 나타내고 있다. 그리고 소선의 일부에서 불규칙적인 용융이 형성되었음을 확인 할 수 있었다.



(a) 탄화된 전원선의 표면



(b) 탄화된 전원선의 단면

그림 2 외부 화염에 의해 탄화된 전원선의 실제 사진
Fig. 2 Picture of a power supply wire carbonized by an external Flame.

그림 3은 LED 램프의 글로브가 외부 화염에 소손되었을 때의 특성을 분석하기 위해 나타낸 실제사진이다. 글로브의 재질은 반투명 폴리염화비닐수지(PVC; polyvinyl chloride resin)이며, 두께는 3.4[mm]이다. 또한, 연화점은 80[°C] 정도이며, 연소가 발생했을 때 유독성 가스가 다량 발생한다. 그림 3(a)는 외부 화염에 직접 노출되어 탄화된 패턴을 나타낸 것으로 불규칙적인 탄화물의 덩어리가 형성되는 것을 알 수 있었고, 탄화 과정 중에 용융되어 흘러내리는 특성을 나타냈다. 그림 2(b)는 간접 화염에 의해 소손된 패턴으로 흰색의 기포상이 균일하게 형성되었으며 심하게 변형 되었다. 즉 PL 측면으로 해석하면 위험 요소에 대한 적절한 조치 및 성능향상이 필요한 것으로 판단된다.



(a) 직접 화염에 노출

(b) 간접 화염에 노출

그림 3 외부 화염에 의해 탄화된 글로브의 실제 사진
Fig. 3 Picture of a globe carbonized by an external Flame.

그림 4는 정상 제품의 LED 모듈(GALED, FoHS, Korea)을 나타낸 실제 사진으로 한 개의 모듈에 6개의 광원이 직렬로 연결되어 있고, 그것을 병렬로 구성하였다. LED 램프의 전기 저항 특성을 분석하기 위해 디지털 테스트(Digitaltester, Hitester, 3801-50, Hioki, Japan)를 이용하여 측정한 결과를 표 3에 나타냈다. 순방향 저항은 약 1.74[MΩ]으로 나타났고, 역방향 저항의 약 140[MΩ]으로 모두 양호한 특성을 나타냈다. 방열판의 재질은 알루미늄(Al)을 이용했으며, 물리적인 충격에도 패턴의 균열 및 절단은 없는 것으로 확인되었다.



그림 4 정상 상태의 LED 램프 모듈의 실제 사진
Fig. 4 Picture of a normal LED lamp module.

표 3 정상 상태의 LED 모듈의 전기 저항 특성
Table 3 Electric resistance characteristics of an LED module in normal state.

Sample No.	순방향 [MΩ]	역방향 [MΩ]
1	1.70	126
2	1.76	112
3	1.75	131
4	1.72	149
5	1.75	133
6	1.74	129
7	1.76	177
8	1.76	134
9	1.75	149
10	1.72	144
11	1.73	111
12	1.74	180
average value	1.74	140

정상 상태의 LED 램프는 백열전구에 비해 열의 발생이 적고, 방열의 목적으로 알루미늄의 방열판을 후면에 부착하여 제작하므로 자체 발열에 의한 화재 발생 가능성은 낮은 것으로 알려져 있다. 그림 5는 LED 램프가 외부 화염으로 소손되었을 때의 실제사진을 나타낸 것이다. 초기에는 무염 연소가 진행되다가 일정 시간이 지나면 적은 불꽃을 약간 보이다가 자연 진화되는 것을 알 수 있었다. 탄화된 램프의 표면은 회백색을 나타냈으며, 미세한 박리 현상이 확인되었다.

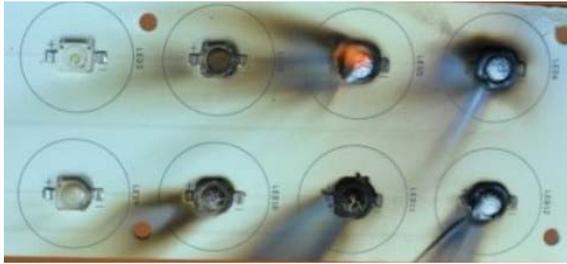


그림 5 외부 화염에 의해 소손된 LED 램프 모듈
Fig. 5 LED lamp module burnt by an external flame.

그림 6은 강한 화염에 의해 소손된 LED 램프의 저항 특성을 분석한 것으로 순방향 및 역방향의 저항은 무한대를 나타냈고, 램프는 발광되지 않았다. 즉 LED 램프가 열적 스트레스에 취약함을 확인할 수 있었고, 회로 내의 램프 한 개만 소손되어도 구성 회로 전체의 기능이 마비되어 램프의 기능을 할 수 없음을 알 수 있다. 따라서 동일 회로로 구성된 모듈이 소손되면 수리가 불가능하고 단지 교체를 통해서 램프의 기능을 회복할 수 있다.



(a) 순방향 (b) 역방향

그림 6 강한 화염에 의해 소손된 LED 램프 모듈
Fig. 6 LED lamp module burnt by as strong flame.

그림 7은 약한 화염에 의해 소손된 LED 램프의 저항 특성을 나타낸 것이다. 순방향의 저항은 약 1.76[MΩ]을 나타냈고, 역방향의 저항은 약 236[MΩ]으로 램프의 발광 기능은 없었다. 즉 저항 값의 변화를 정확히 측정하면 화원의 진행 방향을 판단 할 수 있는 과학적 근거로 활용할 수 있을 것이다.



(a) 순방향 (b) 역방향

그림 7 약한 화염에 의해 소손된 LED 램프 모듈
Fig. 7 LED lamp module burnt by a weak flame.

그림 8은 LED 모듈 제1열에 AC 전원을 공급하고 30분이 경과한 상태의 특성을 나타낸 것이다. AC측 파형의 측정은 PQM(Dewetron, PNA-560, AU)과 Probe(C.A., MN95, France)를 이용하였다. 실선으로 표현된 것이 전압 파형으로 비교적 일정한 정현파를 나타내고 있는 반면 전류 파형(점선)은 일그러진 파형으로 확인되었다. 즉 이와 같은

상태에서 장시간 사용할 때 시스템의 발열의 가능성이 높고 성능 저하가 우려된다.

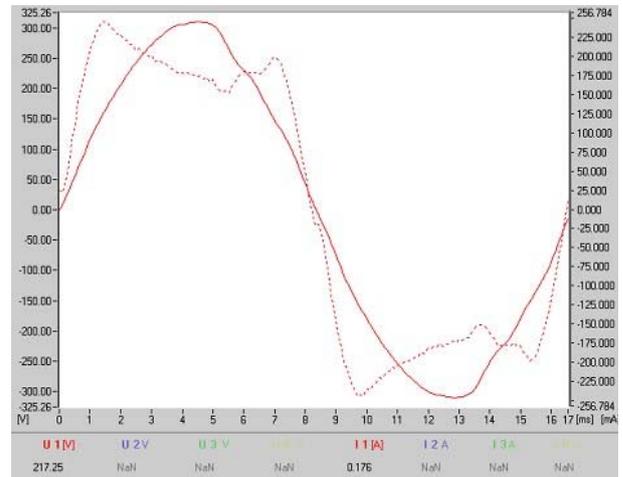


그림 8 LED 램프 모듈의 전압-전류 AC 파형
Fig. 8 Waveform of AC voltage-current for an LED lamp module.

그림 9는 LED 모듈 제1열에 DC 전원을 공급하고 30분이 경과한 상태의 특성을 나타낸 것이다. DC 파형의 측정은 OSC(Tektronix, TDS-3052, USA) 및 Probe(LEM, PR630, UK)를 이용했다. 측정된 전압은 20.3[V]를 나타내며, 전류는 약 12.2[mA]가 흐르는 것으로 측정되었고 일정한 특성을 나타내고 있다.

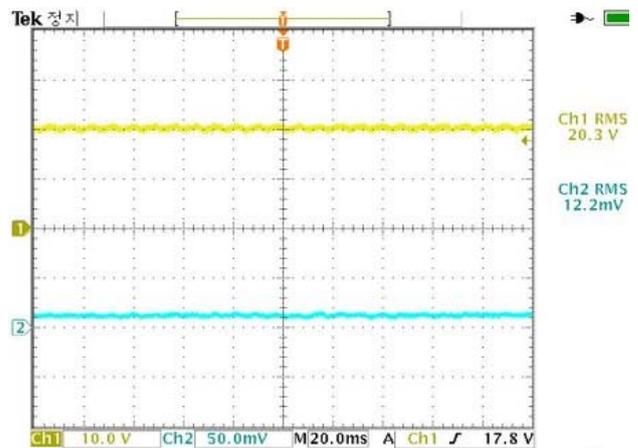


그림 9 LED 램프 모듈의 전압-전류 DC 파형
Fig. 9 Waveform of DC voltage-current for an LED lamp module.

4.2 PL의 결함 및 대책

PL법에 기초하여 결함이 있는 제조물의 제조업자 등에게 손해배상 책임을 부과하기 위해서는 해당 제조물에 관계되는 결함의 존재나 피해를 입은 손해와 결함과의 인과관계에 대하여 피해자인 소비자 쪽에서 이를 입증하는 것이 필요하다. 그러나 제조물에 관한 전문 기술적인 지식이나 독자적인 조사 수단을 갖고 있지 않은 일반 소비자에게 있어서는 이러한 증명이 쉽지 않을 것이므로 PL에 의한 소비자 구제를 실효성 있

게 하려면 피해를 입은 소비자가 재판 등에 있어서 가능한 한 쉽게 입증할 수 있는 체제를 만드는 것이 필요하다. 이러한 이유 때문에 소비자 등으로부터의 의뢰에 기초하여 제조물에 관계되는 사고 원인 규명을 위한 전문가의 양성이 요구된다. 그림 10은 불량과 결함의 구분에 대해서 나타낸 것이다. 제품에서 불량은 단순한 품질 불량을 의미하며, 결함은 안전성의 결여에서 발생하는 경우가 대부분이다. 제품에 대한 결함의 의미는 제조, 설계 또는 표시상의 결함이나 기타 통상적으로 기대할 수 있는 안전성이 결여되어 있는 것이다. 또한, 제품의 품질 불량, 성능 장애 등은 결함으로 보지 않는 것을 알 수 있다.

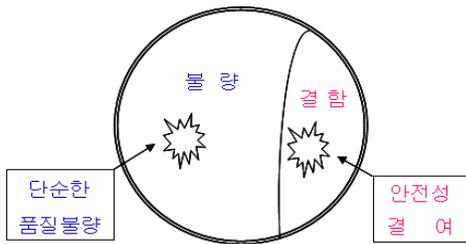


그림 10 불량과 결함의 구분

Fig. 10 Identification of a poor quality product and a defective product.

그림 11은 제조 결함의 원인과 발생 범위를 나타낸 것이다. 제품의 결함에 따른 책임 한계는 원료의 공급, 제품의 제조, 운송 및 보관 등의 과정에서 발생한다. 따라서 각각의 과정에 대한 명확한 제품 이력을 확립하고 근거를 남김으로써 PL에 근거한 책임 범위 산정이 가능함을 알 수 있다. 결함에 대한 판단 기준은 일반 시민이 기대하는 객관적인 안전성이 근거가 된다. 또한, 일반 시민(소비자)이란 전문 지식을 갖고 있는 교양인이 아니라 합리적이지도 않고 전문지식도 없는 보호 대상으로서의 소비자를 말하는 것이다.

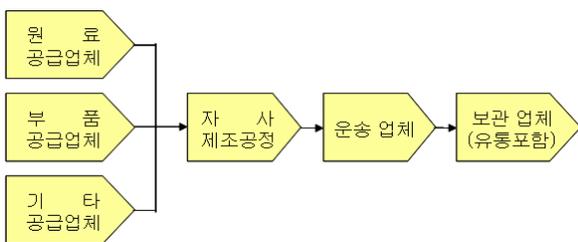


그림 11 제조 결함의 원인과 발생 범위

Fig. 11 Range of causes and occurrence of defective manufacture.

PL에서 말하는 결함은 그림 12에 나타낸 바와 같이 제품 자체 결함과 경고 및 표시 결함으로 분류된다. 제품 자체의 결함은 설계 및 제조에서 발생하는 것이며, 경고 및 표시의 결함은 취급설명서 및 경고의 미비, 명시적 보증 위반, 표시 불량 등이 있다.

그림 13은 PL 사고 발생 전과 후의 대책에 대한 시나리오를 나타낸 것이다. PL의 측면에서 대책을 검토할 때 제품은 PL 예방과 PL 방어로 분류할 수 있다. 또한, PL 사고의 발생 전과 후로 나누어 대응하는 것이 요구된다. PL 사고가

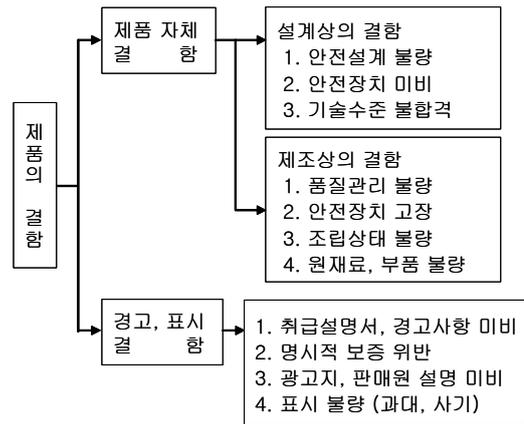


그림 12 제조 결함의 분류 방법

Fig. 12 How to classify defective manufacture.

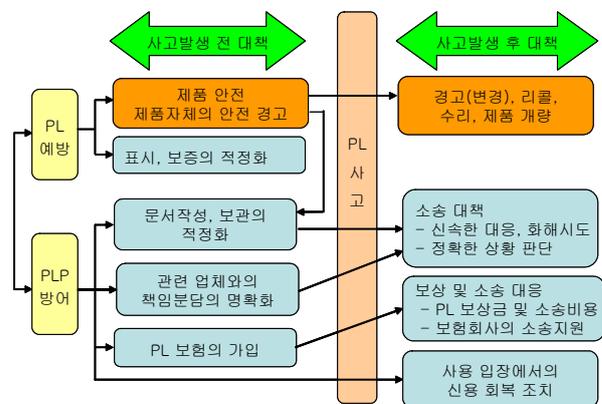


그림 13 PL 사고 발생 전과 후의 대책 시나리오

Fig. 13 Scenario for pre- and post-Measures for the occurrence of PL related accidents.

발생하기 전에 제품은 안전 경고, 문서의 작성, 책임의 명확화, 보험의 가입 등의 준비가 필요하다. 그러나 PL 사고가 발생한 후에는 제품 개량, 보상 및 소송 대응, 신용 회복 등이 중요한 변수이다. 따라서 각각의 조건에 따른 적절한 대응이 제품에 대한 신뢰성 및 기업의 이미지 향상에 깊은 연관성이 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

새로운 조명 설비인 LED 가로등의 외부 화염 패턴 및 전기적 특성을 분석하고, PL에서 언급하는 결함 요소를 발굴하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 외부 화염에 의해 탄화된 전선의 단면 분석에서 소선(strand)과 절연물(insulator)이 견고하게 부착되어 있었고, 표면 쪽이 중심부보다 보이드(void)가 크게 형성된 것을 알 수 있다.

(2) 직접 화염에 의해 노출된 글로브는 불규칙적인 탄화물의 덩어리가 형성되었고, 탄화 과정 중에 용융되어 흘러내리는 특성을 나타냈다.

(3) 정상 LED의 전기저항 특성 분석에서 순방향 저항은 약 1.74[MΩ]으로 측정되었고, 역방향 저항은 140[MΩ]인 것을

알 수 있다. 즉 LED 저항의 크기 측정을 통해서 화염의 진행 방향을 판단 할 수 있다.

(4) 강한 화염에 의해 소손된 LED 램프의 순방향 및 역방향의 저항은 무한대를 나타냈고, 램프는 발광되지 않았다. 탄화된 LED 램프는 회백색이며, 미세한 박리 형태를 나타냈다.

(5) 제품의 불량은 단순한 품질 불량을 의미하며, 결함은 안전성의 결여에서 발생하는 경우가 대부분이다. 제품 자체의 결함은 설계 및 제조에서 발생하는 것이며, 경고 및 표시의 결함은 취급설명서 및 경고의 미비, 명시적 보증 위반, 표시 불량 등이 있다.

(6) 제품의 사고 예방을 위해서는 안전 경고, 문서의 작성, 책임의 명확화, 보험의 가입 등의 준비가 필요하다. 그러나 PL에 대한 방어는 제품 개량, 보상 및 소송 대응, 신용 회복 등이 중요한 변수이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 전력산업연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] 소방방재청 화재조사팀, “화재통계연감”, 소방방재청, 2007

[2] 최충석 외 5, “전기화재공학”, 동화기술, pp.193-197, 2004

[3] C.S. Choi et al, “Flame Spread and Damaged Properties of RCD Cases by Tracking”, IEEJ Trans. PE, Vol.127, No.1, pp.321-326, 2007

[4] 차세대LED조명기술인력양성센터, “차세대 LED조명의 최근 동향 및 전망”, 한국조명기술연구소, 2008. 12.9

[5] 유용수, 송상빈, 여인선, “고휘도 LED의 광색가변 회로에 관한 연구”, 대한전기학회논문지, Vol.51C, No.8, pp.90-96, 2002. 8

[6] 송상빈, 여인선, “온도 특성을 고려한 LED 전구의 방열 및 회로 설계”, 대한전기학회논문지, Vol.56, No.7, pp.1261-1267, 2007. 7

[7] 宮村 鐵夫, “PL制度と製品安全技術”, 朝倉書店, pp.2-19, 1995.

[8] S. Dowlatshahi, “The role of product safety and liability in concurrent engineering”, Computers & Industrial Engineering, Vol.41, Issue 2, pp.187-209, November 2001

[9] 이의평, “제조물책임법과 화재조사”, 소방기술, pp.4-17, 1999

[10] 최충석, 김향곤, “외부화염에 의해 소손된 LED의 탄화 패턴 해석에 관한 연구”, 대한전기학회학술대회, pp.2121-2122, 2009

저 자 소 개



김 향 곤 (金 珮 坤)

1970년 12월 14일생. 1996년 조선대학교 전기공학과 졸업. 2000년 동 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기공학과 박사과정. 1996년~현재 전기안전연구원 재해예방연구그룹 책임연구원.

Tel : 031-580-3031

Fax : 031-580-3045

E-mail : kon0704@kesco.or.kr



최 충 식 (崔 忠 錫)

1991년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원전기공학과 졸업(박사). 1993년 나고야대학 초청연구원. 1994~1995년 구마모토대학 객원연구원. 2006년 3월~2006년 12월 서울대학교 산업안전최고전략과정 수료. 1997년 3월~2008년 2월 전기안전연구원 과장/그룹장/수석연구원/부원장. 2008년 3월~현재 전주대학교 소방안전공학과 교수.

Tel : 063-220-3119

Fax : 063-220-3119

E-mail : enetek@naver.com/choi365@jj.ac.kr