

차광판 표면 처리 방법에 따른 전사광 변화에 관한 연구

(Study on a Forward Light Changes According to the Surface Treatment of Light Cutoff Panel)

구진희* · 권명희 · 이윤경

(Jinhoi Gu · Myunghee Kwon · Yoon-Gyeong Lee)

Abstract

Since the "Light Pollution Prevention Act" was executed, the installation of the light cutoff panel to the security lightings which caused light trespass has been increased in the local government. The light cutoff panel is effective in reducing the light trespass in term of the cost-benefit. Because the installation of the light cutoff panel is inexpensive than the change of the security lighting. But the reflected light from the surface of the light cutoff panel has been regarded as another light pollution problem to solve.

Therefore, we try to improve light cutoff panel by changing the light reflectivity characteristic of the surface of the light cutoff panel. First, we laminated the surface of light cutoff panel by black powder to reduce the light reflectivity of the light cutoff panel. After the black powder lamination, the light reflectivity on the light cutoff panel improved from 85% to 5%. And we compared reflected light caused by black powder laminated light cutoff panel with the one of no surface treatment cutoff panel. The vertical illuminance was measured at 3, 6, 9m in front of the security lighting and 3, 6, 9, 12, 15, 18m in back of the security lighting to evaluate the reflected light. And the measurement height was determined of 1.5m considering the height of the 1th floor of an apartment house.

In this study, we found that the reflected light from the light cutoff panel can be reduced about 90% by the black powder lamination method. The results derived from this study will be helpful to develop the various kind of light cutoff panel which minimize the adverse effect like reflected light of light cutoff panel.

Key Words : Light Cutoff Panel, Light Trespass

* 주저자 : 국립환경과학원 공업연구소
* Main author : National Institute of Environmental Research, Senior Researcher
Tel : 032-560-8323, Fax : 032-567-7097
E-mail : gujhgujh@korea.kr
접수일자 : 2014년 9월 5일
1차심사 : 2014년 9월 12일
심사완료 : 2014년 10월 1일

1. 서 론

환경부에서 「인공조명에 의한 빛공해 방지법」을 제정('12.2.1)하여 시행('13.2.2)에 따라 지자체에서는 빛공해 유발 지역 및 유발 가능성이 있는 지역 등 빛공

해 관리가 필요하다고 인정되는 지역에 대해 조명환경관리구역을 지정하여 법에서 규정하는 빛방사허용기준(동법 시행규칙 별표)이 적절히 적용되는지 준수 여부를 평가하고 관리해야 한다[1]. 현재 빛방사허용기준 중 주거지 연직면조도 기준은 보안등과 같은 옥외조명 불빛이 주택 실내로 들어오는 것을 규제하기 위한 평가 항목으로 광침입(Light trespass) 등 이와 관련하여 가장 많은 민원이 발생하고 있어 이에 대한 관리대책 마련이 시급한 실정이다. 특히 대부분의 주거지역에 설치되는 보안등은 배광에 대한 조명 디자인이 잘 설계되지 않은 제품이 많고 좁은 골목길에 설치되는 경우가 많아 조명영역(보행자길 또는 공원녹지 등의 공간)을 벗어난 누출광이 발생하는 경우가 많으며 이는 주택 등의 거주공간에 광침입을 발생시키는 원인이 되고 있다. 이러한 보안등에 의한 광침입 영향을 줄이기 위한 대책으로 보안등기구 자체를 배광이 잘 설계된 등기구로 교체하는 방법이 있지만 예산이 한정되어 있어 일부 지자체를 중심으로 비용이 적게 소요되는 차광판을 설치하고 있는 실정이다. 하지만 차광판 설치시 등기구 외부에 금속판을 잘라 덧붙이는 방식으로 임시방편으로 이루어져 차광판 반사광에 의해 반대편 지역 광침입 및 글레어(눈부심) 발생, 바람에 의해 차광판이 떨어짐(사고 유발) 등 역효과 또한 새로운 문제로 제기되고 있다[2]. 따라서 본 연구에서는 차광판 설치에 따른 부작용(반사광에 의한 눈부심 등)을 최소화하는 차광판을 제작하여 그 특성을 평가하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 대상 조명 선정

먼저 연구 대상 조명은 선행 연구에서 수행된 실태조사 자료를 참고하여 선정하였다[3]. 국내에 많이 사용되고 있는 보안등 종류 중의 하나인 보안등 A를 연구 대상 조명으로 선정하였으며 그 형태는 그림 1과 같다. 본 연구에서는 일반적인 주택가에 많이 설치되어 있으며 옆으로 향하는 빛에 대한 배광(Light distribution) 조절이 되어 있지 않아 광침입 유발 가능

성이 높은 보안등A를 차광판 설치 대상 조명으로 선정하였다.



그림 1. 적용 대상(보안등 A)
Fig. 1. Subject of application(Security lighting A)

2.2 차광판 제작

차광판 제작에 앞서 선행 연구를 통해 차광판 형태에 따른 빛공해 유발양상을 시뮬레이션(TracePro 7.3) 분석을 통해 조사하였다[2]. 다음 표 1은 차광판 형태별 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 보안등 A-1은 후사광 저감효과가 좋으나 차광판 표면 반사광에 의한 영향으로 눈부심(Glare) 증가 영향이 큰 것으로 나타났다. A-2는 보안등 설치 근접지점에서의 후사광을 줄이기 위해 차광판 아래부분을 오목한 형태로 제작하였으며 근접지점의 후사광은 줄어드는 것으로 나타났다. A-3는 차광판에 각을 주어 도로 양 옆으로 빛이 퍼지도록 하였으나 특정 각도 영역에서 반사광에 의해 빛이 집중되는 부작용이 나타났다. 차광판 A-4는 차광판 설치에 따른 전사광 증가 영향을 줄이고자 하였으나 효율이 낮아져 에너지절약 관점에서 좋지 않은 것으로 나타났다. A-5는 시중에 유통되고 있는 제품(조명 덮개 상단부에 코팅)으로 상향광 저감 효과는 좋은 것으로 나타났다. 본 논문에서는 차광판 표면처리에 대한 전사광 영향 고찰 연구로써 A-1 형태의 차광판에 대해서만 그 특성을 검토하고 각 차광판별 전사광 영향 특성에 대한 비교는 향후 연구를 통해 고찰하고자 한다.

표 1. A TYPE 차광판 설계
Table 1. A TYPE Light Shield design

	기구이미지	배광곡선	배광분포	BUG
기준				B:2 U:4 G:3
A-1				B:1 U:3 G:4
A-2				B:1 U:3 G:4
A-3				B:1 U:3 G:4
A-4				B:1 U:3 G:3
A-5				B:3 U:2 G:1

차광판 시뮬레이션 분석 이후에 차광판 제작에 필요한 여러 가지 조건들을 검토하였다. 먼저 차광판 소재는 가볍고(철의 1/3 수준) 부식에 강하며(자연적으로 표면에 산화알루미늄층 생성하여 내면 보호) 연성(延性)과 전성(展性)이 우수한(성형 및 절삭가공 용이) 알루미늄으로 하였다. 차광판은 조명 덮개 안에 들어가도록 하여 바람에 의해 차광판이 떨어지는 안전사고를 예방토록 하였다. 그리고 차광판 표면에서의 빛 반사에 따른 광침입 영향을 줄이기 위해 표 2와 같이 차광판 표면에 흑색 분체도장을 하였다. 또한 차광판 표면에 엠보싱 형태의 요철무늬를 넣어 빛 난반사에 의한

반사광 저감 효과도 평가하고자 하였다. 이러한 일련의 차광판 제작 과정은 조명 설계 전문기관인 (주)아이라이트에서 수행되었다. 제작된 차광판 표면의 빛반사율을 분광측색계(CM-700d, KONICA MINOLTA社)로 측정한 결과, 흑색 분체도장 시 도장 전 68~81% 수준에서 5~6% 수준으로 저감된 것으로 나타났다.

표 2. 표면 가공 종류에 따른 차광판(3종)
Table 2. Three kinds of light cutoff panel according to the surface treatment method

Content	Light cutoff panel A	Light cutoff panel B	Light cutoff panel C
Three kinds of surface	 (Basic)	 (Black powder lamination)	 (Embossing treatment)
Light cutoff panel			

2.3 차광판 차광 성능 시험(연직면조도 측정)

차광판의 차광 성능은 그림 2와 같이 보안등 내부에 차광판을 결속하여 보안등 불빛이 앞으로 나가는 전사광과 뒤로 나가는 후사광 변화를 연직면조도로써 측정하였다. 그림 3은 차광판을 설치한 보안등의 연직면조도 측정 장면을 나타낸다. 연직면조도의 측정 시 조도계는 TOPCON社의 IM-5M 모델(측정 오차 2% 이내)을 사용하였다. 연직면조도 측정 시간은 태양광의 영향을 배제하기 위하여 일몰 1시간 이후부터 측정하였으며, 보안등에 사용된 메탈할라이드 램프(100W)의 발광 특성을 고려하여 전원 인가 후 30분 이후부터 연직면조도를 측정하였다. 보안등의 설치 높이는 일반적인 보안등의 설치 높이를 고려하여 6m를 적용하였으며, 연직면조도 측정 높이는 주택 1층 높이를 기

준으로 하여 1.5m로 하였다. 보안등으로부터 연직면 조도 측정지점 간의 이격거리는 보안등 설치 높이 (6m)의 $\frac{1}{2}$ 인 3m로 하였으며 이에 따라 측정지점은 전방 3, 6, 9m 지점과 후방 3, 6, 9, 12, 15, 18m 지점으로 하였다.

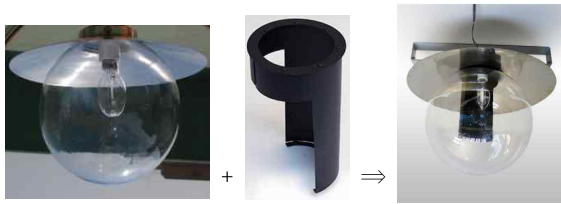


그림 2. 보안등 차광판 설치
Fig. 2. The installation of the light cutoff panel in the security lighting

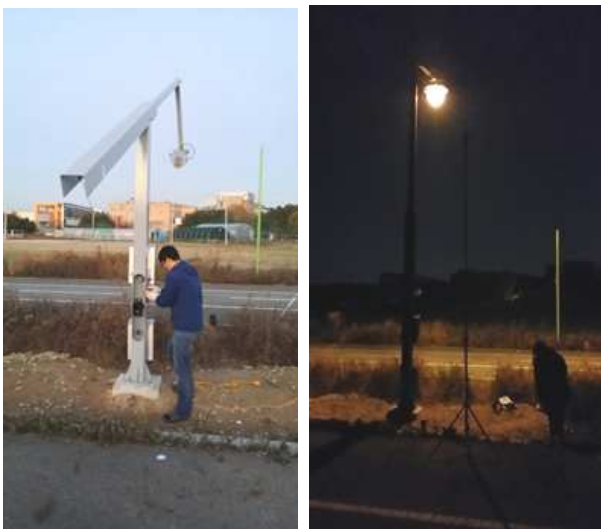


그림 3. 보안등 차광판(3종) 설치 후 연직면 조도 측정
Fig. 3. The measurement of vertical illuminance of the security lighting according to the three kind of light cutoff panel

3. 차광판 설치에 따른 전사광 및 후사광 비교

그림 4 및 표 3은 차광판 설치에 따른 보안등 전사광 및 후사광 변화를 나타낸다. 그림 4에서 보안등 설치지점을 중심으로 횡축(x축)의 왼쪽 좌표는 보안등 전면으로부터 떨어진 거리이고 횡축의 오른쪽 좌

표는 보안등 후면으로부터 거리를 나타내며, 종축(y축)은 연직면조도를 나타낸다. 차광판 설치 후 후사광에 의한 연직면조도는 보안등 후방지점(-3~-18m) 모두 감소하는 것으로 나타났으며, 전사광에 의한 연직면조도는 보안등 전방지점(3~9m)에서 흑색분체도장 차광판 설치 경우(x표시 실선)를 제외하고 모두 증가하는 것으로 나타났다. 이는 차광판에 의해 후사광은 차단되나 차광판에 의해 반사된 빛이 보안등 전면지역으로 방사되기 때문이다. 하지만 흑색분체도장 차광판을 설치할 경우 보안등 후방 뿐만 아니라 전방 지역에서도 연직면조도가 다소 줄어드는 것으로 나타났는데 이는 차광판 표면 반사율 흑색분체도장 전 68~81%에서 5~6% 수준으로 줄어들어 전방으로 반사되는 빛이 줄어들기 때문으로 분석된다. 특히 흑색분체도장 차광판 설치 후 전방 3m지점에서의 전사광이 차광판 설치 전보다 줄어드는 것으로 나타났는데 이는 보안등 후면부의 조명덮개로부터 굴절되어 전방으로 향하는 빛도 차광판에 의해 흡수되어 줄어들기 때문으로 판단된다. 표면에 요철처리한 차광판 설치 시 전사광 증가가 가장 큰 것(*표시 실선)으로 나타났는데 요철 면에서 반사된 빛이 특정 영역에 집중되어 전사광 증가가 가장 큰 것으로 분석된다. 따라서 표면 요철처리는 차광판 반사광을 줄이기 위한 방법으로 적절하지 못한 것으로 나타났다.

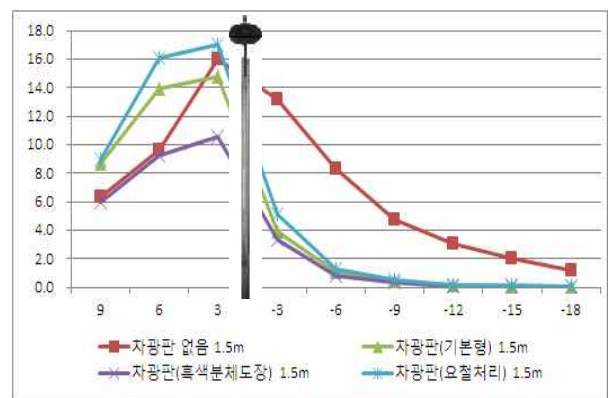


그림 4. 차광판(3종) 설치에 따른 연직면 조도 변화 비교
Fig. 4. The comparison of the vertical illuminance according to the three kind of light cutoff panel

표 3. 차광판(3종) 설치에 따른 연직면조도 측정결과
Table 3. The vertical illuminance according to the installation of the three kind of light cutoff panel

Unit: lx

Content	Distance between the security lighting and the measurement spot								
	Forward light			Backward light					
	9m	6m	3m	-3m	-6m	-9m	-12m	-15m	-18m
None of light cutoff panel	6.4	9.6	16.0	13.2	8.3	4.8	3.0	2.1	1.2
Light cutoff panel A	8.7	13.9	14.7	4.0	1.1	0.4	0.2	0.1	0.1
Light cutoff panel B	6.0	9.3	10.5	3.4	0.8	0.3	0.1	0.1	0.0
Light cutoff panel C	8.9	16.1	17.1	5.2	1.3	0.6	0.2	0.2	0.1

4. 결 론

본 연구는 광침입 저감을 위한 기초연구로써 최근 지하채에서 많이 설치하고 있는 차광판의 역효과(반사광에 의한 반대편 지역 광침입 발생, 바람에 의한 차광판 떨어짐 등 안전사고 유발)를 검토하고 이에 대한 해결방안을 신규 차광판 제작을 통해 검토하였다. 먼저 차광판 설치 시 후사광은 대부분 줄어드는 것으로 나타났으나 차광판 표면의 빛 반사에 의해 전면지역으로 향하는 전사광은 증가하는 것으로 나타났다. 이에 따라 흑색 분체도장을 통해 차광판 표면의 빛 반사율을 기존 68~81%에서 5~6% 수준으로 낮출 시 전사광 증가 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 표면 요철처리 등 표면 빛 난반사를 통한 차광판의 반사광 저감 방법은 오히려 특정 영역에 빛이 집중되어 반사광이 커지는 것으로 나타나 차광판 반사광 저감을 위한 표면처리 방법으로 적절하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 좁은 골목길과 같은 협소한 공간에 설치된 보안등에 의해 광침입 문제가 발생 시 사용되는 차광판은 차광판 표면의 반사율을 낮추어 반사광을 줄인다면 반사광에 의한 반대편 주택의 광침입 영향을 줄일 수 있을 것으로 나타났다. 본 연구에서 검토된 차광판 표면 처리 방법에 따른 반사광 변화 자료는 향후 차광판 설계 및 제작 업체에서 친환경 차광판 개발을 위한 기초자료로의 활용이 기대된다.

References

- [1] Ministry of environment “Act on Prevention of Light Pollution Caused by Artificial Lightings”, 2013.2
- [2] Han, S. H., Gu, J. H., Lee, Y. G., “Research on effect of installing light shield of existing security lights for preventive measures for light pollution”, Journal of the Korean Institute of Illuminating and electrical Installation Engineers, 28(3), pp.7~13, 2014.
- [3] Gu, J., Jung, J. H., Lee, K., “Research on the Characteristics of the Light Trespass using by RFLUX Program According to the Spatial Position of the Road Lightings in Residential Area Near Road”, Journal of the Korean Institute of Illuminating and electrical Installation Engineers, 26(11), pp.1~8, 2012.

◇ 저자소개 ◇



구진희(具振會)

1977년 3월 13일생. 2002년 인하대학교 자동차공학과 졸업. 2005년 인하대학교 기계공학과 대학원 졸업(석사). 2005년 인하대학교 기계공학과 박사과정. 현재 국립환경과학원 공업연구사.



권명희(權明姬)

1964년 6월 30일생, 1986년 중앙대학교 화학과 졸업, 1995년 중앙대학교 화학과 대학원 졸업(석사). 현재 국립환경과학원 생활환경연구과 환경연구관.



이윤경(李潤暻)

1987년 6월 9일생. 2010년 서울시립대학교 산업디자인학과 졸업. 현재 (주)아이라이트 조명연구소 주임.