Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 17, No. 2 pp. 246-251, 2016

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.2.246
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

조명 시뮬레이션을 이용한 설치 환경별 차광판 선정에 관한 연구

박형규[1*], 구진회[1], 이규목[1]
[1]국립환경과학원

A study on selecting of Light Cutoff Panel depending on the installation condition using the lighting simulation.

Hyung-Kyu Park[1*], Jin-Hoi Gu[1], Kyu-Mok Lee[1]
[1]**National Institute of Environmental Research**

요 약 도로조명 중 누출광을 고려하지 않은 보안등이 아직도 많이 사용되어 주거지 침입광이 발생되고 있다. 이러한 도로조명의 침입광 저감을 위해 차광판이 설치되고 있지만, 효과가 미미하거나 미적 요소 및 안전성에 문제가 있다. 본 연구에서는 침입광 효율적인 저감을 위해 차광판 구조별 저감 특성을 연구하였으며, 그 방법으로 조명시뮬레이션 프로그램인 Relux 활용하였다. 또한 시뮬레이션의 값의 정확성을 알기 위해 실제 측정값과 검증하였다. 그 결과 (상)도색 글로브를 제외한 모든 차광판에서 후사광 저감 효과가 뛰어났으며, 도장형 차광판의 경우 전사광도 줄어들어 글레어 저감도 효율 적인 것으로 확인되었다. (상)도색 글로브는 위쪽으로 가는 빛을 아래로 반사시켜 후사광 전사광 모두 증가하였지만, 스카이 글로우(Sky glow) 저감에 효율적인 차광판으로 확인되었다. 시뮬레이션 값과 실측값은 90 %의 일치률을 보였다.

Abstract The use of security lighting that emits spill light is considered a cause of light trespass problems in the residential areas. Therefore, a cutoff panel was installed as an alternative way to reduce light trespass. On the other hand, it has another problem in that it is less effective and is not good enough for aesthetics and safety. In this study, a light cutoff panel was designed and manufactured to reduce the light trespass, and the structure of a proper light cutoff panel was studied. Using a goniophotometer, the light distribution file (IES file) was extracted and the characteristics of light distribution were analyzed using the RELUX program. The results showed that the reduction of spilt light in the backward direction was decreased significantly for all types of light cutoff panels except the coated globe. In the case of a black powder coated light cutoff panel, the forward light caused by light reflected from the surface of the light cutoff panel was also reduced, which means that the black powder coated light cutoff panel is effective in the performance of light cutoff in the forward and backward directions. In addition, the coated glove increased the spilt light in the forward and backward directions because it reflects the upward light to go down. A 90 % accuracy between the measurement value of light trespass and the expected value of the light trespass was obtained from a simulation.

Keywords : Light cutoff panel, Light pollution, Light trespass, Relux, Security light.

1. 서론

골목길 및 공원에 설치되는 보안등은 야간 활동에 있어 보행자의 안전과 범죄 예방의 목적으로 설치되었다. 그러나 밝기 여부만을 고려하여설치 한 보안등은 누출광 발생과 천체관측 어려움, 농경지와 생태계에 부정적 영

*Corresponding Author : Hyung-Kyu Park(NIER.)
Tel: +82-32-560-8325 email: mossad61@korea.kr

Received April 30, 2015
Accepted February 4, 2016
Revised (1st September 2, 2015, 2nd September 3, 2015, 3rd September 4, 2015, 4th January 28, 2016, 5th February 3, 2016)
Published February 29, 2016

향을 주는 단점을 가지고 있다. 특히 주거지지역과 가깝게 설치된 보안등에서 발생하는 침입광은 수면방해와 같은 인체에 부정적 영향을 주고 있다. 빛공해 실태를 조사한 국내의 한 연구결과 9개 지역 67개 지점의 주택창면에 대한 연직면 조도 분포 현황이 상업지역(4종 지역)은 12.5 %, 주거지역(3종 지역)은 14.8 %가 '인공조명에 의한 빛 공해 방지법' 거주지 연직면 조도기준을 초과 하는 것으로 조사되었다[1]. 또한 2014년 2월 발표한 환경부 보도 자료에 의하면 최근 3년간 서울시 빛공해 관련 민원 1,461건 이 발생하였다고 한다. 빛공해 대책방안으로 LED 보안등 교체 및 시험 사업을 하고 있지만 초기 설치비용이 큰 문제와 기존 설치 보안등의 교체 내구 기한이 길어 LED 보안등 및 배광효율이 좋은 보안등으로 교체가 어려운 실정이다[2].

또 다른 문제 해결 방안으로 차광판 설치를 하고 있지만 객관적인 기준이 마련되어 있지 않아 침입광 저감을 위한 효율적 구조를 갖지 못하고 있다. 또한 잘못된 설치로 인해 눈부심을 더욱 가중 시키며, 설치 형태가 조명기구의 외부에 설치되다 보니 미적 요소 및 기기 탈착등 안전성에 문제가 있다. 이에 따라 선행 연구된 '차광판 표면 처리 방법에 따른 전사광 변화에 관한 연구'에서 효율적인 차광판을 제작하는데 기준을 마련할 수 있는 연구를 차광판 제작과 실측을 통해서 수행하였다[3-5]. 그러나 선행연구에서는 상향광 및 눈부심에 대한 분석을 이루어지지 않았다. 보안등은 빛공해 저감 측면에서 침입광 뿐만 아니라 보행자의 눈부심과 상향광으로 인한 밤하늘 밝아짐(Sky glow) 또한 고려하여야 한다.

본 연구에서는 차광판의 IES (Illuminating Engineering society Photometric Data Format)파일 정보를 바탕으로 BUG (Backlight, Uplight, Glare) 분석을 통해 차광판에 의한 상향광(Uplight), 눈부심 (Glare)의 저감 효과를 예측 · 분석하였다.

실측에서 발생하는 공간적·시간적 제약의 해결 방안으로 시뮬레이션을 통한 평가방법의 적합성을 판단하였다.

그 방법으로 실제 측정값과 조명 시뮬레이션 프로그램인 Relux Informatick AG 社 의 Relux 프로그램을 이용하여 실측과의 결과 값의 오차를 비교하였다. 시뮬레이션을 이용하여 차광판종류별 누출광 저감 성능을 확인하고, 설치 주변 환경에 맞는 차광판 종류를 확인해보고자 한다. 또한 차광판 설치시 효율적인 침입광 차단 성능을 미리 확인 할 수 있는 방법으로 조명 시뮬레이션을 이용하는 방법에 대해 연구하려한다.

2. 연구방법

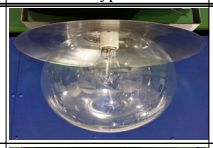
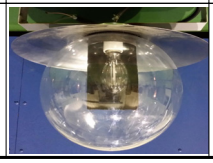
2.1 보안등 차광판 배광 특성 분석

국내에서 많이 사용되는 보안등 1종에 맞는 차광판 5종을 제작하여, 보안등 글로브 안에 설치 한 후 배광특성을 조사하였다.

배광특성은 배광기 (Goniophotometer)를 이용해 점광원이 아닌 실제 등기구에서 나오는 빛을 근접 배광 측정하여 배광분포 IES 파일을 추출하였다. 배광분포 파일의 각 조명 영역별 광도 정보를 국제 다크 스카이협회(IDA)와 북미조명위원회(IESNA)에 의해 제정된 표준옥외조명관리조례(MLO)를 이용하여 조명 등급을 제시하였다[6-7].

차광판을 적용한 등기구의 BUG 등급을 평가를 위해 FTE-Calculator 프로그램을 사용하였다. 차광판 설치에 따른 누출광의 후사광, 상향광, 눈부심의 변화를 1 ~ 5 단계로 나누어 분석하였다. Table 1.은 보안등 글로브 내부에 차광판을 설치한 모습이다.

Table 1. Security light and cutoff panel.

Light source	Type	Security light
Cutoff panel uninstalled		NH 100W
Cutoff panel application		NH 100W

실제 측정은 '인공조명 의한 빛공해 방지법'에서 정한 연직면 조도기준 측정·평가 기준에 만족하는 TOPCON 社의 IM-5M(0.1이하 표기) 기기를 사용하였고, 측정조건은 반응속도 slow로 연직면 방향으로 30초 이상 측정하였다. 또한 배경조도가 0.2 lx이하인 일몰 후 20시에서 23시 사이에 측정하였다.

2.2 시뮬레이션을 통한 주택 침입광 예상

차광판을 설치한 보안등의 IES 파일을 이용하여, 시뮬레이션을 통한 예측 값을 산출하였다. 예상 값 산출지점은 침입광의 측정은 가장 큰 피해가 발생할 것으로 예상되는 주택 1층과 2층 높이인 1.5 m와 4.0 m 높이 값을 산출하였다. 후사광의 측정거리는 3 m, 6 m, 9 m, 12 m, 15 m, 18 m 거리에서, 전사광의 측정거리는 3 m, 6 m, 9 m 거리를 두고 보안등을 기준으로 수평인 지점에서 0 m를 기준으로 좌우로 3 m, 6 m, 9 m 거리를 두어 시뮬레이션 하였다. Fig. 1은 보안등주와 실제측정 지점을 나타낸 것이다.

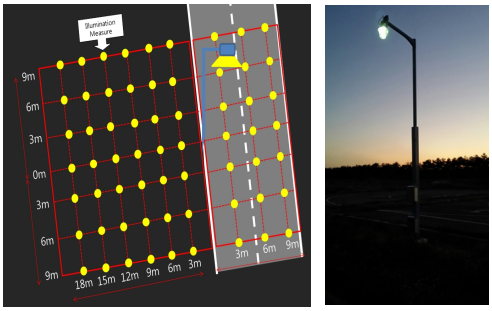


Fig. 1. Security light pole and measurement spot of light trespass.

시뮬레이션 조건은 가상의 공간에 높이 6 m의 보안등주를 설치하였고, 바닥은 침입광 발생거리 측정장과 같은 아스팔트 반사율 20 %로 하였다. 등기구의 조명기구 유지보수율 값은 등기구의 최대 효율을 발행할 수 있는 최대값 1.0로 적용하였고, 보안등주의 경사각도는 0°로 설정하였다. 설계된 침입광 시뮬레이션에 차광판 5종을 장착한 보안등의 IES 파일을 적용하여 거리별 침입광 발생 수치를 확인하였다[5,8]. Fig 2.는 Relux 프로그램을 이용한 침입광 시뮬레이션 모습이다.

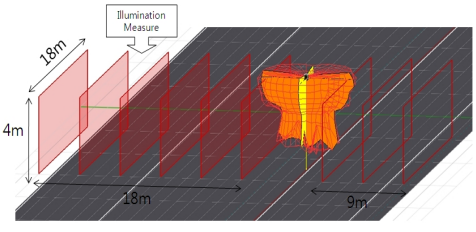


Fig. 2. The light trespass simulation using Relux program.

실측값과 시뮬레이션 값을 비교·확인하여 시뮬레이션을 이용한 차광판 적용성을 검토하였다.

3. 결과 및 고찰

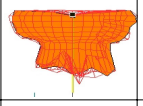
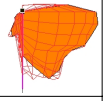
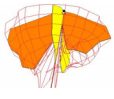
3.1 보안등 차광판 설치 후 BUG 등급 변화

보안등에 차광판 설치 후 BUG 등급 변화를 확인하였다. 차광판을 설치하기 전 보안등의 BUG등급은 후사광 B2, 상향광은 U4, 글레어 G3등급으로 나타났다.

차광판을 설피한 후 후사광의 저감 효과가 높은 차광판은 B1등급으로 일반형, 도장형, 요철형, (뒤)코딩 글로브로써 모두 B1등급으로 저감을 시켰다. 상향광의 저감 효과가 높은 차광판 모델은 도장형 차광판과 (상)코팅 글로브로써 U3등급으로 저감시켰다.

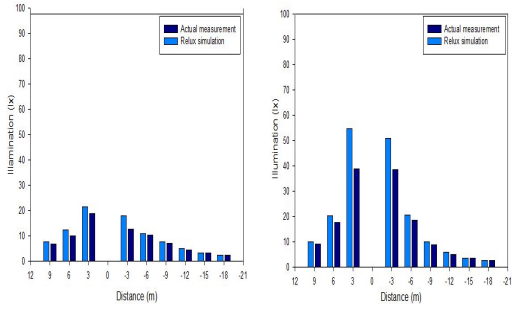
도장형 차광판의 경우 B1-U3-G3 등급으로 글에어의 변화 없이 후사광 및 상향광이 모두 줄어들어 저감 효과가 가장 뛰어난 것으로 나타났다. 차광판을 적용 후 BUG중 특정영역에서 빛 공해 저감 효과를 보였다. 그러나 후사광 저감을 위해 설치한 차광판이 전사광을 증가시켜 글레어가 증가하거나, 상향광을 증가시키는 현상이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 설치 환경에 맞는 차광판을 설치하는데 중요한 요인이 될 수 있다.

Table 2. The change of cutoff panel after installation in security light.

Cutoff panel type	Cutoff panel	Change of light distribution	BUG class
Security light (Cutoff panel uninstalled)			B2 U4 G3
General type			B1 U4 G4
Painting type			B1 U3 G3
Uneven type			B1 U4 G4
Top coating globe			B3 U3 G3
Back coating globe			B1 U4 G4

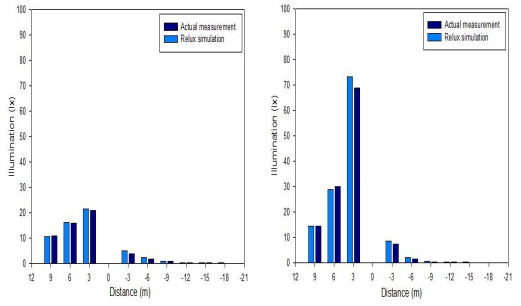
3.2 보안등 차광판 배광파일을 이용한 시뮬레이션

실측 및 시뮬레이션 결과에 따르면 보안등과 수평거리 0 m 지점에서 최대 침입광이 발생하여 수평거리 0 m 위치에서 차광판 미설치와 일반형, 도장형, 무늬형 차광판, (상)코팅 글로브, (뒤)코팅 글로브의 설치 시 조도 값을 변화를 실측값과 시뮬레이션으로 침입광 저감 차광판 예측 가능성을 평가 하였다.



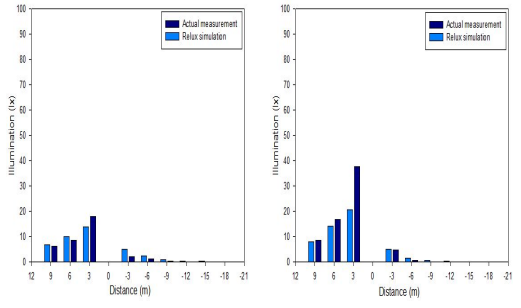
(a) first floor heigh 1.5m (b) second floor height 4.0m.

Fig. 3. The actual measurement and relux simulation of does not apply cutoff panel



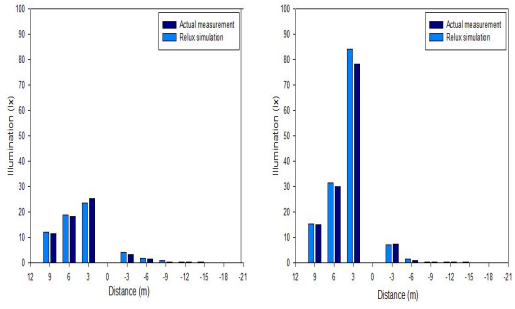
(a) first floor heigh 1.5m (b) second floor height 4.0m.

Fig. 4. The actual measurement and relux simulation of the general type cutoff panel



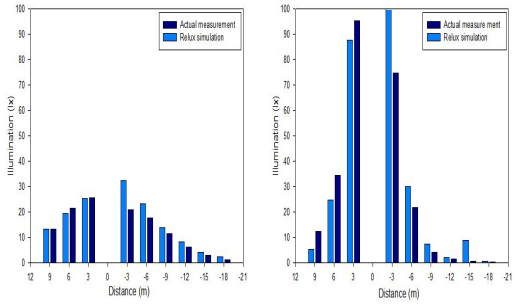
(a) first floor heigh 1.5m (b) second floor height 4.0m.

Fig. 5. The actual measurement and relux simulation of the painting type cutoff panel



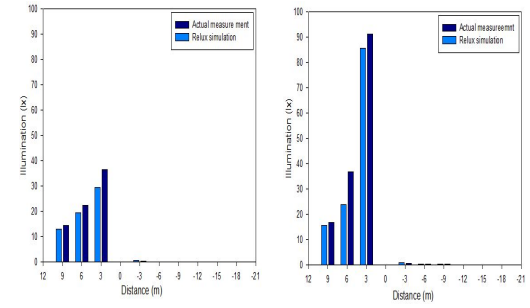
(a) first floor heigh 1.5m (b) second floor height 4.0m.

Fig. 6. The actual measurement and relux simulation of the uneven type cutoff panel



(a) first floor heigh 1.5m (b) second floor height 4.0m.

Fig. 7. The actual measurement and relux simulation of the top coating globe



(a) first floor heigh 1.5m (b) second floor height 4.0m.

Fig. 8. The actual measurement and relux simulation of the back coating globe

Fig.3 ~ Fig.8은 보안등에 차광판을 설치하기 전·후의 실측값과 시뮬레이션 예측값을 비교한 그래프이다. 본 연구에서 사용한 5종의 차광판을 적용한 보안등의 실측값과 시뮬레이션 값의 비교 결과 대부분 측정 위치에서 두 결과 값이 평균 90 % 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 보안등과 가까운 3 m 지점에서는 평균치 이상의

오차가 발생하였다. 이 오차 발생 지점은 20 lx 이상의 높은 조도 환경에서 발생하는 것으로 나타났다. 이는 실측시 보안등주와 이격 거리가 비교적 가까운 지점에서는 측정기기의 미세한 각도 변화와 차광판 설치시 미세한 설치 각 변화의 원인으로 판단된다. 본래의 모양과 달리 약간 변형된 모양으로 설치되어 오차가 발생한 것으로 판단된다. 이는 차광판의 성능을 평가하는데 실험자에 따른 오차가 발생 할 수 있다는 것을 나타낸다. 시뮬레이션을 이용하여 차광판의 성능을 판단한다면, 실험자에 따른 오차 발생도 줄일 것으로 기대한다. 또한 시뮬레이션을 이용하여 차광판 성능 확인 시 암실과 가까운 환경 및 측정 장 설비구성 등에 필요한 공간적 제약에서 자유로울 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

누출광을 고려하지 않은 보안등은 주거지 인접하여 설치되는 보안등의 특성상 주택실내에 침입광이 발생하는 큰 문제점이 있다. 본 연구는 보안등으로 인한 발생하는 침입광을 저감시키기 위해 사용되는 차광판의 효과를 높이기 위한 방법으로 실측과 시뮬레이션을 이용하였다. 그 결론은 다음과 같다.

1. 시뮬레이션을 통해 차광판 적용 전 · 후의 보안등에서 발생하는 상향광 및 글레어의 변화를 확인하였다. 높은 효율을 얻기 위해 차광판별 특징과 차광판을 설치하는 주변 환경의 특징은 다음과 같다.

가. 일반형 저감 특성은 후사광 반사로 인해서 전사광이 증가 한다. 설치 추전 지역으로는 전면에 주거지가 없는 환경에 적합 할 것으로 판단된다.

나. 도색형 저감 특성은 전·후 사광 모두 감소하는 것으로 나타났다. 이는 주거지역이 밀집된 골목길 환경과 같은 지역에 설치가 적합 할 것으로 판단된다.

다. 요철형의 경우는 요철무늬로 인해 난반사가 발생한다. 차광판 제작의 경우 요철형은 부적합 한 것으로 판단된다.

라. (상)코팅형의 경우 상향광을 사방으로 반사하여 광량이 증가하는 것으로 나타났으며, 설치가 적합한 지역으로는 주거지역보다는 공원이나 체육시설등과 같이 주변에 주거지가 없는 개활지가 있는 지형에 적합 할 것으로 판단된다.

마. (뒤)코팅형은 후사광 반사로 인해 전사광이 증가하는 것은 일반형과 같으나 반사량이 일반형보다 높게 나타났다. 설치 추천지형으로는 일반형과 같은 전면에 주거지가 없는 지형이 적합 할 것으로 판단된다.

향후 차광판 설치시 주변지형에 따라 위의 특성을 참고하여 선택한다면, 침입광 저감 효과와 더불어 설치 지역의 환경에 따라 적합한 차광판을 선정 할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 차광판 저감 효과를 확인하는 방법으로 실제 측정은 빛 측정 특성상 암실 같은 환경과 밤 시간대의 측정, 비나 눈과 같은 날씨의 영향등 여러 단점이 있다. 이러한 단점의 대안 방안으로 시뮬레이션을 이용한 저감 효과 평가 가능여부를 확인하고자 하였다. 그 결과 실측값과 조명시뮬레이션(Relux 프로그램)결과 값이 90 % 정도 같게 나타나는 것으로 확인하였다. 이를 통해 반사광 저감을 위해 차광판 설치·제작에 앞서 설치될 지형에 따라 효과를 극대화 할 수 있는 종류를 선택하고 설치하는데 활용을 할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 보안등은 10년 정도의 내구연한을 가지고 운영이 된다. 빛공해 영향이 적은 보안등(LED)으로 교체는 예산문제와 여러 가지 이유로 어려운 실정이다. 이에 대안 방안으로 기존 보안등 안에 차광판을 설치한다면, 저렴한 가격으로 전·후 사광, 상향광, 눈부심 등 빛공해 저감 효과를 가져 온다는 것을 시뮬레이션을 통해 수치적으로 확인하였다.

References

[1] National Institute of Environmental Research, Study on a guidelines to reduce the light pollution emitted from the road lighting fixtures, pp. 1-31, 2011.

[2] Chae, S. G., Jung, D. H., Lee, Y. C., Reflector Design for LED Pedestrian Lighting Using Indirect Reflectance Type, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 26(4), 6~13, 2012.

[3] National Institute of Environmental Research, Study on a improvement of the spilt light by outdoor lighting (Ⅰ), pp. 1-29, 2013.

[4] Yoo, S. S., Lee, M. M., Kim, H., A Study of Shade Plate Structures for against Light Trespass by Road Lighting, Journal of the Korean Institute of Illuminating

and Electrical Installation Engineers 27(4), 106~107, 2013.

[5] Gu, j., h., Kwon, M, H., Lee, Y. G, Study on a Forward Light Changes According to the Surface Treatment of Light Cutoff Panel, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 28(12) 1-5, 2014.
DOI: http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2014.28.12.001

[6] Illuminating Engineering Society of North America, Lighting for Exterior Environments. RP-33-99, 2008.

[7] Illuminating Engineering Society of North America & International Darksky Association, Model Lighting Ordinance(MLO),2008.

[8] Hong, S.D. Lighting Simulation using Relux. Journal of Korean Digital Architecture · Interior Association 11(1), 83-90, 2011.

박 형 규(Hyung-Kyu Park) **[정회원]**

- 2007년 8월 : 한양대학교 공학대학원 (환경공학석사)
- 2004년 1월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과

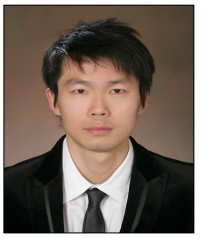
<관심분야>
빛공해, 소음진동

구 진 회(Jin-Hoi Gu) **[정회원]**

- 2005년 2월 : 인하대학교 기계공학과(공학석사)
- 2007년 8월 ~ 현재 : 새만금유역환경청 공업연구사

<관심분야>
빛공해, 소음진동, 전자파

이 규 목(Kyu-Mok Lee) **[정회원]**



- 1900년 2월 : 계명대학교 환경계획학과(이학학사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과

<관심분야>
빛공해, 소음진동, 전자파