Lightscape를 사용한 도로조명 시뮬레이션

(The Roadlighting Simulation Using the Lightscape)

홍성욱 * 서울산업대학교 전기공학과
장우진 서울산업대학교 전기공학과
(Sung-Wook Hong · Woo-Jin Jang)

Abstract

This report investigates the road lighting systems by using the road lighting simulation system which is the 'Lightscape', and compares the result of the simulation with criterion of the road lighting system. The solution of that is almost equal to the criterion of the road lighting system. With this simulation, we hope to accurately investigate the criterion of the road lighting systems and design the road lighting systems effectively.

1. 서론

1887년 2월 10일 경복궁에 증기동력발전기가 설치, 가동되면서부터 우리나라의 전기사(電氣史)사가 시작되고 전등이 점등되었다. 그 후로 각계의 꾸준한 노력으로 1961년부터 형광램프를 사용하게 되었고, 한전에서의 적극적인 보급으로 우리나라에서 조명에 대한 개혁이 이루어 졌다. 이러한 조명산업의 발전으로 야간시간에 대한 활용도가 높아졌다고 할 수 있다. 그 예로 도로조명시설의 확충을 들 수 있다. 도로조명시설의 목적은 도로조명시설 확충으로 야간시간에 대한 활용도를 높이는 문제보다는, 야간 교통사고의 감소 및 각종 범죄예방과 더불어 도로사용자의 안락한 시각환경을 제공하는 데 있다. 이러한 도로조명시설의 효과적 운영을 위한 방법으로 조명시뮬레이션 프로그램 -Lightscape-을 통하여 조명시설의 설치를 예측하려한다.

실제의 도로 설계를 시뮬레이션 프로그램을 통하여 도로조명설비의 적절한 설치에 대해서 알아본다.

2.본론

2.1 도로조명시설

2.1.1 정의 및 목적

조명시설은 도로이용자가 항상 안전하고 불안감 없이 통행할 수 있도록 적절한 시각 정보를 제공하기 위해 도로에 조명하는 도로안전시설로, 조명기구와 광원, 폴(등주), 제어반으로 구성된다. '도로의 구조·시설 기준에 관한 규정 제30조'에 의하여 설치되는 도로의 부속 시설로, 도로교통의 안전성 증대와 도로 이용효율의 향상을 도모하고 주·야간의 도로 이용자가 안전하고 불안감없이 통행할 수 있도록 하는 데 있다.

2.1.2 조명요건

도로 조명의 설계에 있어서 자동차의 운전자가 주체가 되는 도로는 다음의 요건을 만족하여야 한다.

1) 운전자의 방향에서 본 노면휘도가 충분히 높고, 되도록 일정할 것
2) 조명기구의 눈부심이 운전자에게 불쾌감을 주지 않도록 충분히 제한되어 있을 것
3) 조명기구의 배치·배열이 전방 도로 선모양의 변화, 교차점·합류점·분류점 등 특수한 곳의 유무와 그 차선 구조 등을 운전자에게 착오없이 전달 할 것
4) 조명시설이 도로나 그 주변의 경관을 해치지 않

을 것

2.1.3. 연속조명

일반부의 직선부 도로에서 일정한 간격으로 조명기구를 배치하여 그 구간 전체를 조명하는 것이다.

1) 요건

- 노면의 평균휘도가 적절할 것
- 노명의 휘도 분포가 되도록 일정할 것
- 눈부심이 충분히 제한되어 있을 것
- 유도성이 좋도록 할 것

① 평균 노면휘도(Lr)

노면휘도는 운전자의 위치에서 본 차도의 건조상태에 있어서의 평균 휘도(Lr)로 표시한다.

② 휘도 균제도

휘도 균제도는 종합 균제도와 차선축 균제도가 있다.

- 종합균제도(Uo)는 노면상의 대상물을 보는 방법을 좌우하는 노면 휘도분포의 균일한 정도를 나타내는 휘도의 비이다.

$$\text{종합균제도(Uo)} = \frac{\text{노면상에서의최소휘도}(L_{min})}{\text{평균노면휘도}(L_r)}$$

- 차선축 균제도(U_l)는 전방 노면의 눈에 보이는 밝기 분포의 균일한 정도를 나타내는 휘도의 비이다.

차선축균제도(U_l)

$$= \frac{\text{차선의 중심선상에서의 최소휘도}(L_{min})}{\text{동일한 차선의 중심선상에서의 최대휘도}(L_{max})}$$

③ 눈부심 조절 마크(G)

도로의 종류에 따라 다음 식으로 계산되는 조명시설의 눈부심 조절 마크(G)는 표에 나타내는 값 이상이 되는 것이 바람직하다.

$$G = SLI + 0.97\log Lr + 4.41\log h' - 1.46\log p$$

SLI : 조명기구의 고유눈부심(1.26)

Lr : 평균 노면 휘도[cd/m^2]

h' : 관측자의 눈 위치에서 조명기구까지의 높이 (조명기구의 설치높이) - 1.5[m]

P : 도로구간 1[km]당 조명기구의 수(대)

④ 조명방식

- 폴 조명방식을 원칙으로 한다.
- 도로조명에서 가장 널리 사용하고 있으며, 폴에 조명기구를 설치하고, 도로를 따라서 폴을 배치하여 조명하는 방식이다.

⑤ 광원

도로조명에 사용되는 광원은 저압나트륨램프, 고압나트륨램프, 메탈할라이드램프 등이 있다. 일반적으로 광원의 선정에 있어서는 조명기구와 관련해서 다음의 사항을 고려한다.

- 램프 및 안정기를 포함한 종합효율이 높을 것
- 수명이 긴 것
- 광색과 연색성이 적절한 것
- 주위 온도의 변동에 대해서 안정한 것

표 1 운전자에 대한 도로 조명의 기준(KSA3701)

Table 1 The standards of road lighting for driver

도로의 종류	교통의 종류와 자동차 교통량	평균노면휘도 Lr* [cd/m^2]	종합균제도 Uo	차선축균제도 U_l	눈부심 조절마크 G
상하선이 분리되고 교차부는 모두 입체교차로서, 출입이 완전히 제한되어 있는 도로	주로 야간의 자동차 교통량이 많은 고속 자동차 교통	2	0.4	0.7	6
자동차 교통전용의 중요한 도로, 대부분의 경우 속도가 느린 교통용으로 독립된 차선, 보행자용의 도로 등을 수반한다. 중요한 도시부 및 지방부의 일반도로		2	0.4	0.7	5
	주로 야간의 자동차 교통량이 매우 많은 중속 자동차교통 또는 자동차교통량이 많은 중속의 혼합교통	2	0.4	0.5	5
시가지 혹은 상점가 내의 도로 또는 관청가로 통하는 도로, 여기서는 자동차 교통은 교통량이 많은 저속교통, 보행자 교통 등과 혼합되어 있다.	주로 야간의 교통량이 매우 많고 그 대부분이 저속교통 또는 보행자인 혼합교통	2	0.4	0.5	4
주택지역(주택도로)과 위의 도로를 연결하는 도로	비교적 느린 제한속도와 주로 야간, 중정도의 교통량이 있는 혼합교통	1	0.4	0.4	4

* 도로 주변의 조명환경이 어두운 경우에는 Lr의 값을 1/2로 하여도 좋다.

⑥ 조명기구

- 일반적으로 폴에 취부하는 도로 조명기구는 컷오프형, 세미컷오프형, 넌컷오프형의 3종류가 있으며, 광도의 제한을 다소 늦춘 배광인 세미컷오프형이 현재 일반도로조명에 가장 많이 적용되고 있다.

⑦ 조명기구의 배치 및 배열

표 2 조명기구의 배치기준

Table 2 The standard arrangement of lighting luminaires

	세미 컷 오프형	
	H(등주 높이)	S(등주 간격)
마주보기 배열	0.6W 이상	3.5H이상

* W = 차도의 폭

3. 자료입력

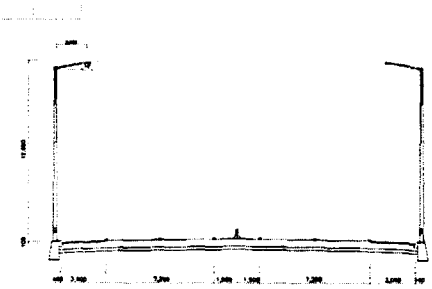

그림 1 도로 설계 단면도

Fig. 1 The cross section of the road design

3.1 모델링

다음의 모델링은 도로공사의 설비 표준에 의한 그림 1의 설계도를 따른 것이다.

표 3 도로제원

Table 3 Dimensions of road

차 로	2W4L
포장재	아스팔트
요구휘도[cd/m^2]	2
등주높이[m]	12
암 길이[m]	2
배열방식	마주보기
설치간격[m]	48
광원	NH400W
차도폭[m]	3.6
길 어깨[m]	3
등기구 경사각도[°]	10

표 3의 도로제원에서 표 2의 조명기구 배치기준 하에 설계되었다.

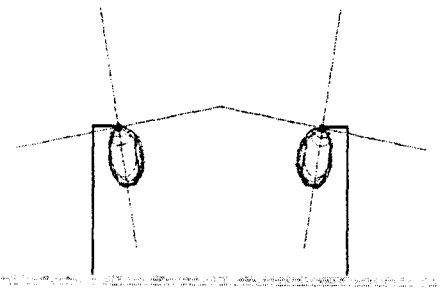

그림 2 등기구 경사각도

Fig. 2 The tilt angle of luminaire

3.1.2 광원

- 고압나트륨램프 400[W]
- 도로공사에 납품되는 도로조명용 램프의 배광곡선 적용(H사 고압나트륨램프 400W)

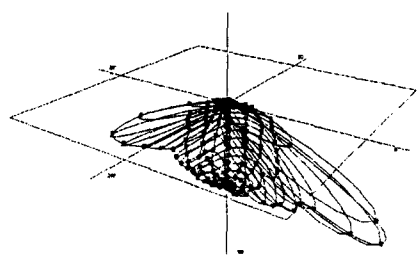

그림 3 적용등기구의 Photoweb

Fig. 3 Photoweb of the luminaire used

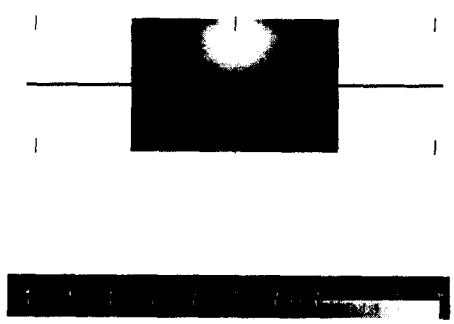

그림 4 측정구간 내 1개의 램프 점등시

Fig. 4 A case of lighting up one lamp in the mesurement field

4. 도로조명 시뮬레이션

4.1 데이터 입력

4.1.1 보수율 적용

1) 초기광속(46000[lm])

→ 도로공사의 표준보수율(71[%])적용

→ 적용광속(32660[lm])

2) 보수율 적용방법

보수율의 적용방법은 다음의 세 가지가 있다.

- 그림 3의 배광곡선 상에서 광속을 조절한다.
- 프로그램 내에서 광원의 광속을 바꾼다.
- 프로그램 내에서 램프에 필터를 적용한다.

4.1.2 환산조도 적용

표 4에 나타난 평균조도환산계수(K)를 이용하여 아스팔트 포장도로에서 2[cd/m^2]는 30[lx]로 바꾸어 적용할 수 있다.

환산조도를 적용하기 때문에 프로그램 내의 모델에 대해서 표면속성에 대해서는 고려하지 않아도 된다.

표 4 평균조도환산계수(K)

Table 4 The conversion constants of average illuminance (K)

노면의 종류	평균조도환산계수 [cd/m^2]
아스팔트	15
콘크리트	10

4.2 시뮬레이션

모델링된 2W4L의 직선도로 100[m]구간에 대해서 시뮬레이션한 것이다. 그림 4에서와 같이 등주 간격이 48[m]로 양방향으로 6개가 설치되어 있다.

4.2.1 조도측정

설계된 전체 구간에 대한 시뮬레이션 결과물에 대해서 조도측정을 하면, 측정을 하려는 도로면 부분이 아닌 고려하지 않아도 되는 부분-인도와 같은-에 대한 조도 데이터가 평균 노면 조도 계산에 반영되므로, 설계 목표 구간인 도로면의 평균노면 조도에 영향을 준다. 따라서 시뮬레이션을 행할 때 원하는 도로면 부분을 따로 구분하여 작업해야 하며 측정이 필요한 부분-도로면의 길이방향-50[m] 구간에 대해서 조도측정을 하였다.

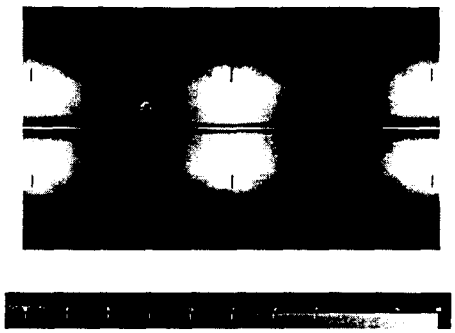

그림 5 도로 100(m)구간에 대한 조명시뮬레이션

Fig. 5 The road lighting simulation for 100 (m) of the road

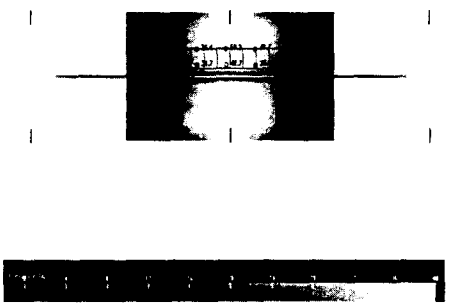

그림 6 설정된 측정구간에 대한 조도측정

Fig. 6 Illuminance measurements for the selected field

2W4L의 직선도로의 시뮬레이션에 의하여 조도 예상치와 종합균제도는 표 5와 같다.

표 5 시뮬레이션 결과치

Table 5 The solutions of the simulation

평균조도[lx]	30.36
최대조도[lx]	56.39
최소조도[lx]	17.91
종합 균제도	0.59
차선축 균제도	0.318

등주를 중심으로 양방향 50[m]구간에 대해서 조

도측정을 하였다. 물론 측정구간 외의 램프도 작동중이며 조도계산도 물론 측정구간 외의 램프를 감안한 것이다. 또한 100[m]구간 외의 램프들의 영향이 약 0.2[lx] 정도이다. 이러한 오차를 고려하지 않고 결과치를 계산하여 도로기준과 비교하면 다음과 같다.

표 6 결과치와 도로기준과의 비교

Table 6 The comparison of the solution and the standard of road lighting system

	결과치	기준치	
평균조도[lx]	30.36	30	만족
최대조도[lx]	56.39	×	
최소조도[lx]	17.91	×	
종합균제도	0.59	0.4이상	만족
차선축 균제도	0.318	0.7이상	불만족
눈부심 조절마크(G)	7.85	5이상	만족

표 6의 결과치와 그림 4에서와 같이 차선축 균제도는 기준치에 미치지 못했다. 기준치에 따르려면 등주간격을 현격히 좁혀야 됨을 알 수 있다. 나머지 결과치는 기준치를 만족하였다.

5. 결론

도로공사의 설비 표준에 의한 설계도를 통해서 모델링된 자료에 대해서 시뮬레이션을 한 결과를 보았다. 이러한 결과치를 통해 등주간 간격을 적절하게 조절하여 요구하는 환산조도를 맞추었다. 그리고 각종 설비의 위치변경 및 램프의 교체에 따른 변화된 결과치를 알 수 있다.

시공 후의 상태를 수치와 함께, 실제적인 상황으로 표현해 볼 수 있었다. 하지만 아직도 램프에 대한 IES data의 부족으로 다양한 시뮬레이션이 제한되어 있음을 알 수 있었다.

위와 같은 과정으로 시뮬레이션의 결과치를 통해서 보다 정확한 기준의 검토가 이루지길 바란다.

참 고 문 헌

[1] Lightscape Technologies, Inc., "Lightscape Visualization System Version 3 for Windows NT and Windows 95 Tutorials & User's Guide", 1996, http://www.lightscape.com

[2] IESNA, "IES Lighting Hnadbook", 8th ed.

[3] 서울특별시, "도로기전시설물 유지관리 요령", 1999