

도로조명 설계에서 보수율에 따른 광학적 특성 연구

황명근*

*한국조명기술연구소

A Study of Optical Characteristics for Maintenance Factors on Roadway Lighting Design

Myung Keun Hwang*

Korea Institute of Lighting Technology(KILT)

Abstract - The not an organization a branch stream the maintenance factor class on a class and the roadway type for roadway lighting design, the facted an insufficiency maintenance factor to apply our the country conditions. The consideration of maintenance factors is not being fully applied for roadway lighting design in Korea

This paper consider optical characteristics and maintenance factors as well as LID of Luminaires in designing roadway lighting. Consideration of maintenance factors that are neme specified according to LDD(Luminaire Dirt Depreciation), LLD(Lamp Lumen Depreciation), AADT(Average Annual Daily Traffic) based on IESNA regulation. The analyzed optical characteristics are applied for stagger and cross roadway types with maintenance factors in the range of 0.51 ~ 1.00 and equipment factor of 0.9.

선정하도록 하고 있다.

도로조명용 광원의 선정은 광속, 효율, 수명, 배광제어의 용이성, 연색성 등이 기준에 적합하여야 하며, 광원은 주로 HID램프로써 고압나트륨 램프나 형광수는 램프 또는 메탈할라이드 램프를 사용하는데, 이들 광원은 효율, 수명, 광속면에서 도로조명용 광원으로서 안정한 특성을 갖추고 있기 때문이다.

2.2 조명등기구의 광학적 특성

본 연구에 사용된 400W급 메탈할라이드(MH-400) 조명등기구의 광학적 특성은 조명등기구를 배광측정 하고 생성한 IES file을 프로그램에서의 광학적인 특성을 검토하여 보았으며, 그림1.~그림5.은 본 연구에 적용하였던 메탈할라이드 램프의 원뿔 룩스 분포(Cone Lux levels), 등조도(Iso-Lux)분포등의 광학적인 특성 데이터를 나타낸 것이며, WS급 PC에서 운영되는 프로그램은 DPCat을 사용하였다.

1. 서 론

도로 조명으로는 가로등이 최적의 교통안전 시설로서 가로등의 설치는 교통안전 시설로 충분한 설득력을 얻고 있으나, 이를 설치 운영함에 있어서는 경제적, 합리적인 계획된 운영방안을 모색할 필요가 있다고 사료되며, 이에 도로조명 설계와 관련하여, 국내에서 아직까지는 도로의 종류 및 등급에 따른 보수율(Maintenance factor)적용이 미흡한 상태이므로 일반적으로 도로조명 설계시 보수율로는 0.6~0.75를 적용하고 있지만, 우리나라 도로 주변 환경에 맞는 구체적인 지침이 없기 때문에 위의 값을 적용하고 있는 상태이다.

본 논문에서는 이러한 점들을 고려하여 도로조명 설계에 있어서 보수율 1.0을 기준으로 하여 보수율 0.51~1.0까지 보수율을 적용하여 그 광학적 특성을 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션하여 보았으며 시뮬레이션에 사용된 도로용 조명 광원으로는 고압방전램프(High Intensity Discharge)중에서 연색지수가 우수한 메탈할라이드(Metalhalide)램프 400W를 적용한 등기구를 사용하였다.

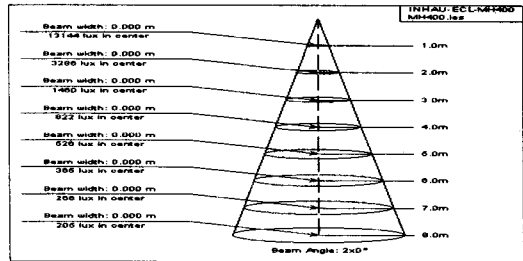


그림1. 원뿔 룩스 분포(Cone Lux levels)

그림1.은 원뿔 룩스 분포로서 원뿔 룩스레벨의 수는 1m의 간격으로 8개로 하였으며, 빔(Beam)각도 20°에서 8m의 거리에서의 205 Lux를 나타내고 있다. 이는 거리의 합수로서 빔의 중앙에서의 조도를 나타내며 조도분포 활용에 많이 사용되는 것으로서 거리별 조도분포는 표1.과 같다.

표1. 원뿔 룩스분포에서의 거리별 조도값

원뿔 룩스레벨에서의 거리별 조도값 (lx)							
1.0m	2.0m	3.0m	4.0m	5.0m	6.0m	7.0m	8.0m
13,144	3,286	1,460	822	526	365	268	205

2. 본 론

2.1 조명방식 및 등기구 배열방식

도로조명에 채용되는 조명방식은 등주 조명방식을 원칙으로 하는데, 등주 조명방식은 사용 실적이 많고 관련기술이 확립되어 있기 때문에 일반적으로 채용되는 조명방식이다. 이와는 달리 하이마스트 조명방식, 카티너리 조명방식등 다른 조명방식은 도로 구조와 주변환경에 따라 등주 조명방식이 적절하지 않은 장소에서 사용한다.

또한, 도로의 직선부에 있어서 등기구의 배열 방식은 한쪽배열, 지그재그배열, 마주보기배열등 세가지 종류가 있으며, 차도폭 및 등기구의 설치높이에 따라서 적절히

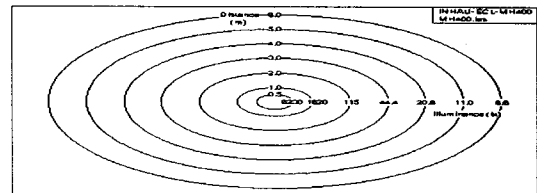


그림2. 그라운드 룩스 레벨(Ground Lux Levels)

윗 그림2는 그라운드 룩스 레벨(Ground lux levels)로서 조명등기구의 중앙에서 부터 바깥쪽의 조도를 계산할 때 적용하는 것으로써 거리별 조도분포는 표2. 와 같다.

표2. 그라운드 룩스 레벨에서의 거리별 조도값

그라운드 룩스 레벨에서의 거리별 조도값 (lx)						
0.5m	1.0m	2.0m	3.0m	4.0m	5.0m	6.0m
6,230	1,620	115	44.4	20.6	11.0	6.6

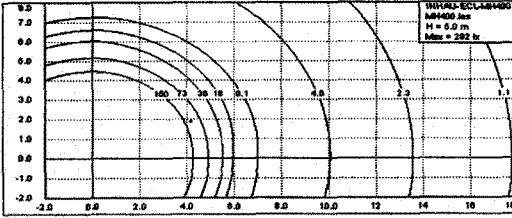


그림3. 등조도(Iso-Lux Contours)분포

그림3. 에서는 등조도(Iso-Lux Contours)로서 장주높이 5.0m와 거리 x축은 -2.0 to 18.0m를 (0° ~180° C-planes), 거리 y 축은 -2.0 to 8.0m를 (90° ~270° C-planes) 나타내며, 그 사이의 각각의 조도값을 나타낸 것으로써 표3. 에 나타낸다.

표3. 등조도 선에 따른 조도값

조도값 (lx)							
a	b	c	d	e	f	g	h
150	73	36	18	9.1	4.6	2.3	1.1

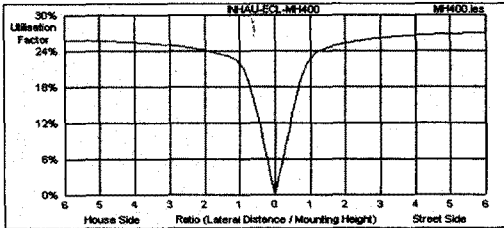


그림4. 조명율 (Utilisation Factor Diagram)

그림4는 도로조명에서의 조명율을 나타내는 것으로써 조명등기구 아래에서 부터 안쪽(Street site)과 바깥쪽(House side)의 거리의 함수로서 한정된 거리에 도달하는 광속의 분포를 나타낸다.

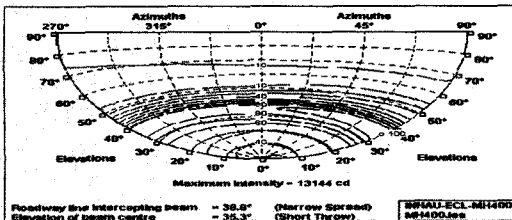


그림5. Iso-Candela Diagram

그림5는 조명등기구의 방위각 투영법(Azimuthal Projection)으로 나타낸 등조도이며, 도로 노선에서의 인터셉팅 빔(Roadway line intercepting beam)은 38.8°를 나타내고 있으며, 빔 센터의 각도(elevation of beam centre)는 35.3°이다.

이상과 같이 400W급 메탈할라이드램프를 사용한 도로 조명설계에서 조명등기구의 IES file을 사용하여 그 광학적특성들을 검토하여 보았으며 실제적인 도로조명 설계에서는 지그재그 배열방식과 +교차로 조명설계를 하여

보수율에 따른 광학적 특성을 비교 검토하여 보았다.

2.3 도로조명 설계에서의 지그재그 배열설계

도로조명 설계에서 차도길이(Roadway length)는 60m, 차선폭(lane width) 15m인 도로에서의 조명등기구 배치 및 설계사양은 다음과 같이 하였다.

- 등주높이(Mounting Height) : 12.0m
- 암 길이(Arm Length) : 1.5m
- 조명등기구 기울기(Luminaire tilt) : 15°
- 간격(Spacing) : 30.0m
- Distance to first luminaire : 6.0m

로 정하고, 조도분포도는 최대, 최소, 평균값등으로 설정, 조도계산 분포도는 차도길이 60m의 모서리 영역으로 부터의 차도거리와 차선폭 0.5m를 제외한 0.5에서 59.5m와, 차선폭 15.0m에 따른 0.5m~14.5m를 각각 20개의 영역으로 분리하여 조도분포를 나타내었다.

사용된 프로그램은 EasyLux이며 MH-400을 지그재그 배열(Stagger Roadway)에 세분화된 보수율(MF)을 0.5 ~1.0까지 적용하여 보았다.

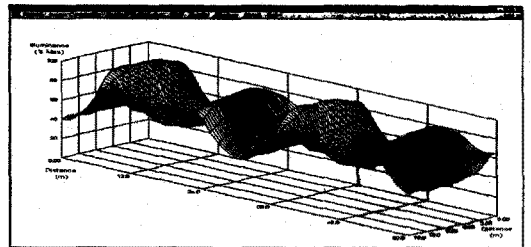


그림6. 3D-Lux Web

그림6은 등기구를 설치 하였을때의 조도분포를 각각의 방향에 대하여 3차원으로 나타낸 것이다.

표5는 지그재그 배열방식에서의 도로조명의 평균값은 34.112이고, 보수율 1.0을 적용하면 0.697로 세분화된 값을 얻을수 있었다.

2.4 도로조명 설계에서의 +자 교차로 조명설계

+교차로(Cross Roadway)에 보수율(MF)을 0.51~1.0까지 적용하여 광학적특성을 검토하였다.

표 5. 지그재그 배열에서의 보수율에 따른 노면의 평균, 최대, 최소값의 조도분포도

보수율	구분	도로조명 조도값 (lx)			
		평균값	최대값	최소값	최소값/평균값
0.51		24.9	39.6	15.8	
0.52		25.4	40.3	16.2	
0.53		25.9	41.1	16.5	
0.54		26.4	41.9	16.8	
0.585		28.6	45.4	18.2	
0.60		29.3	46.5	18.6	
0.61		29.8	47.3	18.9	
0.62		30.3	48.1	19.3	
0.63		30.8	48.9	19.6	
0.65		31.8	50.4	20.2	
0.66		32.3	51.2	20.5	
0.675		33.0	52.4	21.0	
0.68		33.3	52.7	21.1	
0.70		34.2	54.3	21.7	
0.71		34.7	55.1	22.1	
0.72		35.2	55.8	22.4	
0.73		35.7	56.6	22.7	
0.75		36.7	58.2	23.3	
0.765		37.4	59.3	23.8	
0.80		39.1	62.0	24.8	
0.81		39.6	62.8	25.2	
0.85		46.1	65.9	26.4	
0.855		41.8	66.3	26.6	
0.90		44.0	69.8	28.0	
0.95		46.5	73.7	29.5	
평균		34.112	53.824	21.568	
1.00		48.9	77.6	31.1	0.400 (0.635)

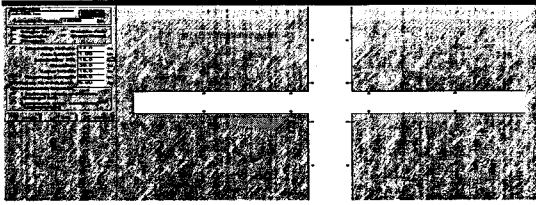


그림7. +자 교차로(Cross Roadway)에서의 조명설계

표 6. 보수율에 따른 등조도의 평균분포(지그재그 배열)

보수율	구분	등조도의 평균조도값 (lx)					
		40%	50%	60%	70%	80%	90%
0.51		10.1	12.6	15.1	17.6	20.2	22.7
0.52		10.3	12.8	15.4	18.0	20.6	23.1
0.53		10.5	13.1	15.7	18.3	21.0	23.6
0.54		10.7	13.3	16.0	18.7	21.4	24.0
0.585		11.6	14.5	17.3	20.2	23.1	26.0
0.6		11.9	14.8	17.8	20.8	23.7	26.7
0.61		12.1	15.1	18.1	21.1	24.1	27.1
0.62		12.3	15.3	18.4	21.4	24.5	27.6
0.63		12.5	15.6	18.7	21.8	24.9	28.0
0.65		12.8	16.1	19.3	22.5	25.7	28.9
0.66		13.0	16.3	19.6	22.8	26.1	29.4
0.675		13.3	16.7	20.0	23.4	26.7	30.0
0.68		13.4	16.8	20.2	23.5	26.9	30.2
0.7		13.8	17.3	20.8	24.2	27.7	31.1
0.71		14.0	17.5	21.1	24.6	28.1	31.6
0.72		14.2	17.8	21.4	24.9	28.5	32.0
0.73		14.4	18.0	21.6	25.3	28.9	32.5
0.75		14.8	18.5	22.2	25.9	29.7	33.4
0.765		15.1	18.9	22.7	26.5	30.2	34.0
0.8		24.9	31.2	37.4	43.6	49.9	56.1
0.81		16.0	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0
0.85		16.8	21.0	25.2	29.4	33.6	37.8
0.855		16.9	21.1	25.4	29.6	33.8	38.0
0.9		17.8	22.2	26.7	31.1	35.6	40.0
0.95		18.8	23.5	28.2	32.9	37.6	42.3
합 계		352	440	528.3	616.1	704.5	792.1
평균		14.08	17.6	20.952	24.644	28.18	31.684
1.00		19.8	24.7	29.7	34.6	39.5	44.5
평균 보수율		0.711	0.712	0.705	0.712	0.713	0.712

표7. +자 교차로에서의 보수율에 따른 노면의 평균, 최대, 최소값의 조도분포도

보수율	구분	도로조명 조도값 (lx)			최소값/평균값
		평균값	최대값	최소값	
0.51		24.9	39.6	15.8	
0.52		25.4	40.3	16.2	
0.53		25.9	41.1	16.5	
0.54		26.4	41.9	16.8	
0.585		28.6	45.4	18.2	
0.60		29.3	46.5	18.6	
0.61		29.8	47.3	18.9	
0.62		30.3	48.1	19.3	
0.63		30.8	48.9	19.6	
0.65		31.8	50.4	20.2	
0.66		32.3	51.2	20.5	
0.675		33.0	52.4	21.0	
0.68		33.3	52.7	21.1	0.400
0.70		34.2	54.3	21.7	(1:2.50)
0.71		34.7	55.1	22.1	
0.72		35.2	55.8	22.4	0.635
0.73		35.7	56.6	22.7	
0.75		36.7	58.2	23.3	(1:1.57)
0.765		37.4	59.3	23.8	
0.80		39.1	62.0	24.8	
0.81		39.6	62.8	25.2	
0.85		41.6	65.9	26.4	
0.855		41.8	66.3	26.6	
0.90		44.0	69.8	28.0	
0.95		46.5	73.7	29.5	
합 계		848.3	1345.6	539.2	
평균		33.932	53.824	21.568	
1.00		48.9	77.6	31.1	
평균 보수율		0.693	0.693	0.693	

표8. 보수율에 따른 등조도의 평균분포(+자 교차로)

보수율	구분	등조도의 평균조도값 (lx)					
		40%	50%	60%	70%	80%	90%
0.51		10.1	12.6	15.1	17.6	20.2	22.7
0.52		10.3	12.8	15.4	18.0	20.6	23.1
0.53		10.5	13.1	15.7	18.3	21.0	23.6
0.54		10.7	13.3	16.0	18.7	21.4	24.0
0.585		11.6	14.5	17.3	20.2	23.1	26.0
0.6		11.9	14.8	17.8	20.8	23.7	26.7
0.61		12.1	15.1	18.1	21.1	24.1	27.1
0.62		12.3	15.3	18.4	21.4	24.5	27.6
0.63		12.5	15.6	18.7	21.8	24.9	28.0
0.65		12.8	16.1	19.3	22.5	25.7	28.9
0.66		13.0	16.3	19.6	22.8	26.1	29.4
0.675		13.3	16.7	20.0	23.4	26.7	30.0
0.68		13.4	16.8	20.2	23.5	26.9	30.2
0.7		13.8	17.3	20.8	24.2	27.7	31.1
0.71		14.0	17.5	21.1	24.6	28.1	31.6
0.72		14.2	17.8	21.4	24.9	28.5	32.0
0.73		14.4	18.0	21.6	25.3	28.9	32.5
0.75		14.8	18.5	22.2	25.9	29.7	33.4
0.765		15.1	18.9	22.7	26.5	30.2	34.0
0.8		15.8	19.8	23.7	27.7	31.6	35.6
0.81		16.0	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0
0.85		16.8	21.0	25.2	29.4	33.6	37.8
0.855		16.9	21.1	25.4	29.6	33.8	38.0
0.9		17.8	22.2	26.7	31.1	35.6	40.0
0.95		18.8	23.5	28.2	32.9	37.6	42.3
합 계		342.9	428.6	514.6	600.2	686.2	771.6
평균		13.716	17.144	20.584	24.008	27.448	30.864
1.0		19.8	24.7	29.7	34.6	39.5	44.5
평균 보수율		0.692	0.694	0.693	0.693	0.694	0.693

3. 결 론

본 논문은 IESNA에서 규정한 보수율(maintenance factor)에 기초하여 주변 환경에 의한 오염 정도와 해당 도로의 교통량에 의한 오염의 정도를 추산해서 수치화하여 세분화 한 것에 보수율을 적용하였고, 주위환경 및 교통량에 따른 보수율 값은 조명등기구의 장치적용률 0.9등을 적용하여 0.51부터 1.0까지 26개의 보수율로 세분화 한 것을 시뮬레이션에 적용, 그 결과 도로조명(Roadway lighting)설계에서의 지그재그 배열방식(Stagger Roadway)에서는 노면의 평균 조도분포는 보수율 0.69이었고 등조도의 평균분포는 0.71의 결과를 얻음으로써 일반적인 도로조명 설계시 보수율 적용 0.6~0.75와는 차이가 없음을 알수 있었으며, 또한 +자 교차로(Cross Roadway)에서의 보수율에 따른 노면의 평균 조도분포는 0.69, 등조도 평균분포도 또한 0.69로서 +자 교차로에서도 일반적인 보수율과는 차이가 없음을 알수 있었다.

앞으로 도로 여건에 맞는 조건 즉, 도로 교통량, 도로 주변환경, 조명등기구의 보수상태등이 세분화된 규격들로 규정되어 적용될 필요가 있다고 판단되며, 보수율에 대해서 보다 근거있고 충분한 검토가 필요로 하며, 도로 조명 관련 유관기관에서의 도로조명 설계시 널리 응용될 것으로 기대해 본다

[참 고 문 헌]

- [1] 지철근. "조명원론" pp.165~169, 1998. 1.
- [2] 여인선. "교통량을 고려한 고속도로 조명등기구의 보수율 산정법". 한국조명·전기설비학회 논문집. 제2권 제2호, pp.1~6, 1998. 5.
- [3] IES lighting handbook, application vol. sec. 14 "Roadway Lighting", pp. 1~35, 1987.
- [4] KS C 8010 배광 측정방법(도로조명 기구). 1978.
- [5] KS A 3701 도로조명 기준. 1991.
- [6] CIE 30-2 Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting. 1982.
- [7] CIE 34 Road lighting lantern and installation data - photometrics, classification and performance. 1977.
- [8] CIE 47 (TC 4.6) Road lighting for wet conditions