

조명기구 종류에 따른 도로조명 실태 조사

(Investigation of Road Lighting by following Luminaire)

이민욱^{1*} · 이창모¹ · 석대일¹ · 정승균¹ · 오석식¹ · 김기남¹ · 최주용² · 김 훈¹
 (Min-Wook Lee^{*} · Chang-Mo Lee · Dae-Il Seok · Seung-Gyun Jung · Seok-Sik Oh · Ki-Nam Kim
 · Joo-Yong Choi · Hoon Kim)

¹강원대학교, ²강남구청 토목과 도로조명팀

요 약

조명기구의 종류에 따른 도로조명 실태를 조사하기 위하여 최근 조명기구가 새롭게 교체된 도심지의 도로를 대상으로 조도와 휘도를 측정하였다. 도로조명기준에 제시된 측정법에 맞도록 장비를 구성하여 측정되었으며, 측정결과를 비교·분석하였다.

1. 서 론

도로조명은 주로 야간에 도로 이용자의 시환경을 개선하여 안전성과 가시성을 확보해주고, 쾌적한 도로 교통 환경을 제공해주는 필수적 설비로서 그 중요도가 매우 높다. 특히 교통안전과 직결되기 때문에 그 요건과 기준이 매우 엄격한 편이다.

국내의 도로조명 설비는 종류와 성능이 제한되어 있어서 대체로 도로조명의 질적 성능을 만족시켜 주지 못하는 경우가 많았지만 최근, 도로조명의 중요성이 부각되면서 기존의 노후화된 조명 설비를 새 것으로 교체하거나, 신설 도로에는 성능이 향상된 조명기구를 적용하려는 노력을 하고 있다. 고효율의 램프를 적용한 다양한 디자인의 조명기구들이 개발되어 실제 도로에 설치되기도 한다.

본 논문에서는 기존의 도로조명 설비를 새로운 조명기구로 교체한 도심지의 다차로 구간을 선정하여 도로조명 설비에 의한 노면의 조도 및 휘도를 측정하였다. 도로조명의 질적 기준에 대하여 KS A 3701에서 권고하는 추천치와 측정 결과치를 비교하여 도로조명의 적절성 여부를 평가하였다.

2. 측정 장비

노면의 수평면 조도를 측정하기 위해서 다점 측정조도계(T-10, MINOLTA)를 이용하였다. 조도계와 다수의 센서를 직렬연결하고, RS232C 방식의 디지털 출력 기능으로 PC와 연결하여 연속 측정, 기록이 가능하다.

노면 휘도 측정은 독일 Techno Team사의 LMK Mobile advanced system을 이용하였다. 이 시스템은

측정 장소의 사진을 찍고, 프로그램을 이용하여 사진 데이터에서 휘도를 찾아낸다.

그림 1은 측정 장비를 보여준다.



(a) 다점 측정조도계

(b) 휘도계

그림 1. 측정 장비

3. 측정 방법

3.1 측정 정보 수집

각 구간의 측정에 앞서 분석에 필요한 기본 정보들을 수집하고 기록하였다. 표 1은 수집된 측정 도로에 대한 정보이다. 사전에 조명기구에 대한 정보도 획득하였다. 적용된 램프의 사양과 조명기구의 외형, 조명기구의 배광에 대한 IES 파일을 얻었고, 시뮬레이션을 하기 위해 획득된 조명기구의 IES 파일을 이용하였다.

표 1. 측정 도로의 특성

도로 구분	도로 형태			조명기구		
	차선수 (양쪽)	차도폭	노면 (포장년도)	기구 간격	배열 방식	오버행
램프A	3(6)	1차:3m 2차:3m 3차:3m	아스팔트 (2005년)	26.5	마주보기	2.5m
램프B	3(6)	1차:3m 2차:3m 3차:3.5m	아스팔트 (2003년 이전)	26.5	마주보기	2.5m
램프C	3(6)	1차:3.35m 2차:3.45m 3차:3.45m	아스팔트 (2003년 이전)	30m	마주보기	2.5m
램프D	3(6)	1차:3m 2차:3m 3차:4m	아스팔트 (2007년)	26.5m	마주보기	2.5m
LED	3(6)	1차:2.3m 2차:3.15m	아스팔트 (2003년 이전)	27	편측배열	2.5m

3.2 측정 방법

3.2.1 조도 측정

KS A3701에서 노면의 수평면조도 측정 방법을 제시하고 있다. 조명기구 사이가 측정 영역이며, 영역 내에서 총 측정점은 조명기구 간격과 도로폭을 고려하여 계산된다. 그림 2에 조도 측정점의 정의와 측정 영역을 나타내었다.

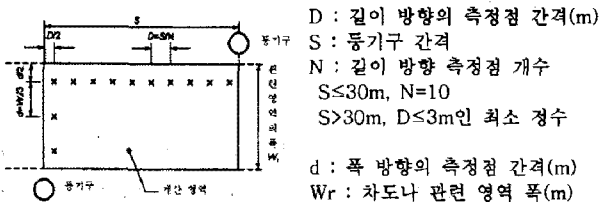
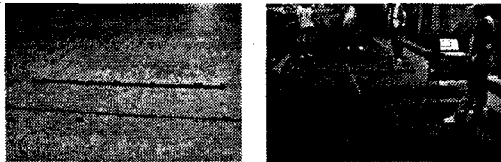


그림 2. 노면 조도 측정점 (KS A 3701 '도로조명기준')

표준 측정 방법에 준하여 측정 시스템을 구성하였다. 측정 bar 위에 다점 측정조도 센서를 측정점 계산에 의한 간격에 맞추어 배치하였다. 바를 이동시키면서 노면 전체의 수평면 조도를 측정하였다. 그림 3은 bar에 부착된 조도 센서와 측정 모습이다.



(a) 조도 센서 (b) 측정 모습
 그림 3. 수평면 조도 측정

3.2.2 휘도 측정

휘도 측정 영역은 조도 측정 영역과 동일하며, 관찰자 위치는 측정 영역으로부터 60m 후방이며, 관찰자 눈 높이는 차선의 중심에서 노면으로부터 1.5m이다. LMK를 각 차선의 중심에 위치시키고, 1.5m 높이에서 측정하였으며, 측정 모습을 그림 4에 나타내었다.

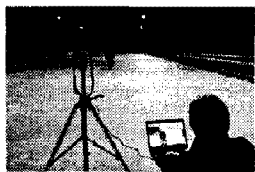


그림 4. 노면 휘도 측정

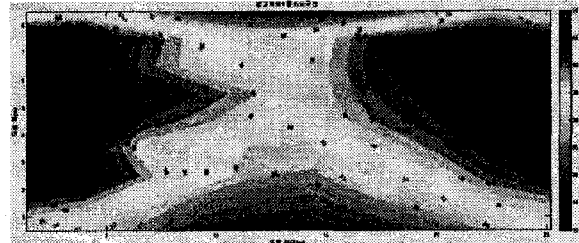
4. 측정 결과

각 측정 구간에서 조도와 휘도 측정 결과는 등조도 곡선과 등휘도 곡선으로 나타내었다. 최종적인 평균 조

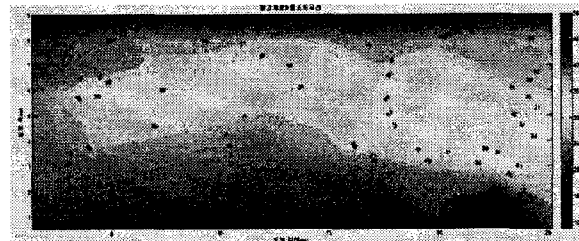
도, 조도 균제도(종합, 차선축), 평균 휘도, 휘도 균제도(종합, 차선축)의 측정치는 표 3에 정리하였다.

4.1 조도 측정 결과

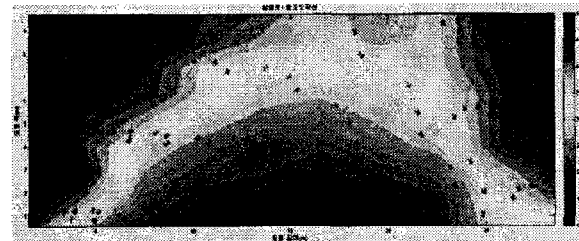
그림 5는 조도 측정이 이루어진 5개 구간의 각각에 대한 수평면 등조도 곡선이다.



(a) 램프A



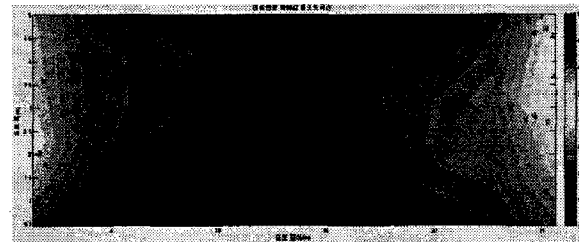
(b) 램프B



(c) 램프C



(d) 램프D



(e) LED

그림 5. 측정 구간의 등조도 곡선

4.2 휘도 측정 결과

각 측정 구간의 모든 차선에 등휘도 곡선을 보여주기에 제한이 있기 때문에 측정 구간마다의 2차선에서 본 전체 차로에 대한 등휘도 곡선을 나타내었다(그림6).

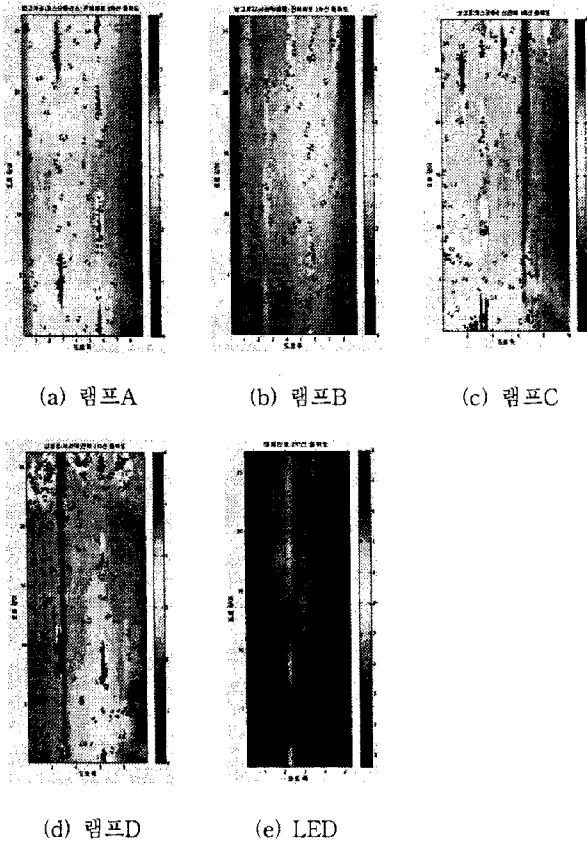


그림 6. 측정 구간의 2차선 등휘도 곡선

4.3 측정 결과에 대한 분석

KS 도로조명기준에서 제시하는 조도 및 휘도의 기준은 다음과 같다.

표 2. 도로조명의 조도 및 휘도 기준

도로조명의 휘도 기준			
도로 조명 등급	평균노면휘도 $L_{avg}(cd/m^2)$	휘도균제도	
		종합균제도(U_o) L_{min}/L_{avg}	차선축균제도(U_l) L_{min}/L_{max}
M2	1.5	0.4	0.7
M3	1.0	0.4	0.5
도로조명의 조도 기준			
도로 조명 등급	포장도로 등급별 평균노면조도 $E_{avg}(lx)$	조도균제도	
		종합 조도균제도(UE_o) E_{min}/E_{avg}	차선축 조도균제도(UE_l) E_{min}/E_{max}
M2	R2&R3 22	0.4	0.7
M3	R2&R3 14	0.4	0.5

전체적인 측정 결과값은 표 3에 정리되었으며 측정 구간의 조명기구류는 모두 설치시기가 2달 이내로 도로조명기준의 조도 및 휘도 기준과 측정값 비교시 초기상태임을 감안하여야 한다.

표 3. 측정결과 정리

구분	램프A	램프B	램프C	램프D	LED	
설치간격	26.5m	26.5m	30m	26.9m	27m	
설치높이	10m	10m	10m	10m	10m	
전차도폭	9m	9.5m	10.25m	10m	5.45m	
조도	평균조도(lx)	38.03	24.34	36.21	29.93	18.83
	최소조도(lx)	18.07	12.76	11.45	17.57	9.23
	최대조도(lx)	57.7	35.5	57.6	61.5	35.6
	종합 조도균제도 (UE_o)	0.48	0.524	0.32	0.586	0.49
	차선축 조도균제도 (UE_l) (1차/2차/3차)	0.62 0.63 0.55	0.83 0.75 0.61	0.63 0.42 0.30	0.76 0.49 0.40	0.37 0.41
휘도	평균휘도 (cd/m^2) (1차/2차/3차로)	2.73 2.70 2.54	1.90 2.09 2.00	2.56 2.55 3.08	1.93 2.28 1.67	1.633 1.461
	최소휘도 (cd/m^2)	1.23 1.28 1.33	0.94 0.89 0.86	1.03 1.06 1.35	1.07 1.15 1.02	0.741 0.761
	최대휘도 (cd/m^2)	4.21 4.32 4.10	3.593 3.747 3.504	4.05 3.91 4.39	3.03 3.45 2.42	2.603 2.158
	종합균제도 (U_o)	0.45 0.48 0.52	0.50 0.42 0.43	0.40 0.42 0.44	0.55 0.51 0.61	0.454 0.521
	차선축 균제도 (U_l) (1차/2차/3차)	0.72 0.72 0.75	0.70 0.56 0.64	0.82 0.72 0.64	0.53 0.75 0.65	0.60 0.72

일반적인 보수율 0.7을 적용하여 비교하면 램프A와 램프C를 사용용한 등기구 적용구간은 M2등급, 램프B와 램프D를 사용한 구간은 M3등급의 조명기준을 만족하는 것으로 나타났으며, 전반적으로 램프A, C 설치 구간의 수치가 높게 나타났다. LED 가로등 설치 구간의 경우 비교 대상이 되는 조명기구에 비해 상대적으로 낮은 램프 광속으로 인하여 측정 결과값이 낮게 나타났다. 균제도의 경우 램프A와 램프C를 사용한 등기구가 휘도의 균제도 기준을 만족하는 높은 값을 보였으며 램프B와 램프D가 사용된 구간은 조도 균제도가 높은 값을 나타내었다.

측정결과와의 비교를 위해 측정구간의 조명기구에 대한 IES 파일을 사용하여 일반적인 조건들을 실제 측정 조건과 일치시킨 후 조도 및 휘도분포에 대한 시뮬레이션을 수행하였으며 그 결과를 표 4에 나타내었다.

표 4. 시뮬레이션 결과

구분	램프A	램프B	램프C	램프D	
광속	16500	14000	16500	17000	
조도	평균조도(Ix)	38.3	28.6	30.9	32.8
	종합 조도균제도 (UE ₀)	0.35	0.56	0.31	0.62
휘도	평균휘도 (cd/m ²)	2.41	1.84	1.95	2.16
	(1차/2차/3차로)	2.40	1.82	1.93	2.16
		2.39	1.81	1.91	2.15
	종합균제도 (U ₀)	0.39	0.63	0.38	0.63
		0.42	0.67	0.41	0.66
	0.46	0.73	0.45	0.68	
차선축 균제도(U _i) (1차/2차/3차로)	0.84	0.75	0.81	0.60	
	0.74	0.79	0.71	0.71	
	0.69	0.85	0.64	0.60	
TI(%)	9	7	9	8	

주변 건물의 조명에 의한 영향, 상가의 간판 불빛, 인도의 보안등, 측정구간에 존재하는 표지판, 가로수 등 실제 측정결과에 영향을 미치는 요인들이 다수 존재하였기 때문에 측정결과와 시뮬레이션 결과를 수치적으로 단순 비교하는 것은 무리가 있다. 실제로 측정구간의 주변이 논밭으로 이루어져 있고, 차량의 통행이 많지 않았던 램프A 구간과 인접 건물이 도로와 비교적 떨어져 있었던 램프C 구간의 경우 실제 측정값과 시뮬레이션 값이 거의 일치하는 경향을 보이고 있다.

균제도의 경우 실제 측정값과 마찬가지로 램프A, C가 휘도균제도에서, 램프B, D가 조도균제도에서 각각 높은 값을 나타내었다. 균제도의 경우 조명기구의 배광이 그 성능을 좌우하는 요소로써, 그림 7에 각 조명기구의 배광곡선을 나타내었다.

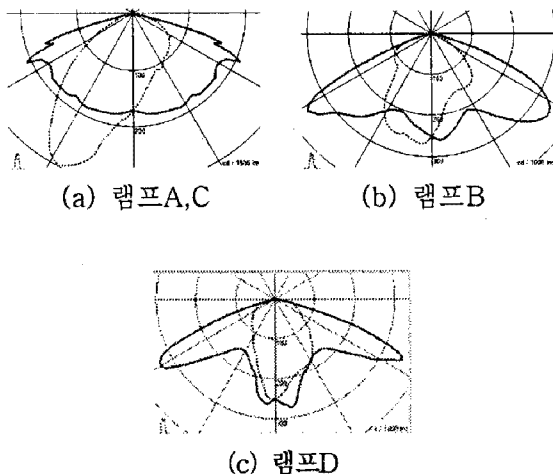


그림 7. 조명기구 배광곡선

5. 결론

도심지의 도로에 대하여 각기 다른 조명기구가 신설된 구간 선정하여 조명기구 종류에 따른 도로조명 실태와 그 특성에 대하여 비교·분석하였다. 측정 결과는 전반적으로 조도 및 휘도의 값들이 높게 나타났으며, 이는 측정 구간의 가로등이 비교적 최근에 설치되어 램프가 초기상태의 특성을 보이기 때문인 것으로 판단할 수 있다. 때문에 도로조명기준과의 비교를 위해서는 보수율이 적용되어야 한다.

측정구간의 조명기구 설치간격이 다르고 광속 또한 램프간에 차이가 있기 때문에 측정의 결과를 수치적으로 단순 비교하기는 어렵다. 또한 개통되어 차량이 통행하고 있는 도심지 도로를 대상으로 측정하였기 때문에 주변 통행차량이나, 상가, 간판 불빛, 가로수나 표지판 그림자 영향 등 측정결과에 영향을 줄 수 있는 요인이 다수 존재하며, 측정간 주변 상황과 특이사항에 대한 정확한 기록을 통하여 측정결과 분석시 이를 반영해야 한다.

조도와 휘도에 대한 종합균제도는 우수한 것으로 나타났으나 차선축 균제도에서 차선별로 편차가 크게 나타나는 구간이 존재하였다. 또한 조명기구별로 조도균제도와 휘도균제도의 경향에 차이가 나타났으며, 이는 조명기구 배광 특성에 의한 것으로 판단되어 향후 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- (1) KS A 3701 도로조명기준
- (2) 한종성 외, "수도권 시내도로 조명현황 측정 및 분석", 한국 조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집, p109, 2006