

차량을 이용한 2분할 조도측정시스템의 개발

(Development of 2 Division Illuminance Measurement Mobile Systems)

조덕수* · 이창모 · 정승균 · 석대일 · 김 훈**

(Deok-Soo Jo · Chang-Mo Lee · Seung-Gyun Jung · Dae-Il Seok · Hoon Kim)

요 약

도로조명의 적절한 보수를 위하여, 조명 수준을 정확하게 파악하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 2분할 수 광방식을 고안하여, 차량을 이용한 조도측정시스템을 개발하였다. 이 시스템은 넓지 않은 면적을 차지하고 도로의 흐름을 차단하지 않고 신속하고 신뢰성 높은 데이터를 자동으로 측정 저장할 수 있다. 따라서 도로조명 측정에서 많은 비용과 시간을 절약할 수 있다.

Abstract

It is important to grasp the accurate lighting level for appropriate maintenance of the road lighting equipment. It is developed 2 division illuminance measurement systems. This system has a small size and no need to block the way and achieves the speedy measurement and high accuracy data in automatically measurement. As a result, this system can save expense and time to measure roadway lighting

Key Words : Measurement, Roadway Lighting, Illuminance, Automatically

1. 서 론

도로조명설비는 야간에 자동차 운전자나 보행자 등 도로 이용자들의 시각 환경을 개선하여 필요한 시각정보를 주고, 야간의 도로교통을 안전하고 원활하게 해주는 필수적 설비로서 그 중요도가 매우 높다. 도로조명시설의 설치 또는 개선으로, 조명된 도로구간의 야간 교통사고와 노상범죄를 감소시킨다

는 사실은 각종 통계로부터 잘 알려져 있다. 이러한 기능을 충분히 발휘하기 위한 도로조명은 노면의 조도 및 휘도가 적절하고, 노면의 조도분포 및 휘도분포가 적절한 균제도를 가지며, glare가 충분히 제한되면서 적절한 유도성을 갖는 등의 요건이 필요하다[1].

이러한 요건을 만족시키기 위해서는 적절한 도로조명의 설계 및 시공, 적절한 시기에 도로조명기구의 유지, 보수가 행해져야 할 것이다. 특히 노면 조도를 측정하여 램프 광속 저하, 조명기구 오염 등을 사전에 파악하고 유지, 보수함으로써 조명 수준을 기준 이상으로 유지시키는 것이 중요하다. 신속하고 적절한 보수가 행해지기 위해서는 도로교통의 여건

* 주저자 : 강원대학교 일반대학원 전기공학과 졸업

** 교신저자 : 강원대학교 전기전자공학부 교수

Tel : 010-6384-1953, Fax : 033-241-3775

E-mail : sooyalove79@paran.com

접수일자 : 2007년 6월 11일

1차심사 : 2007년 7월 9일

심사완료 : 2007년 8월 1일

차량을 이용한 2분할 조도측정시스템의 개발

상 신속하고 신뢰성 높은 조도분포를 계측하는 측정 시스템의 필요하다.

도로교통에 영향을 주지 않으면서 안전하고 신속하게 노면 조도분포를 측정하기 위해서는 차량을 이용한 측정시스템을 구성하는 것이 바람직하다. 그러나 차량을 이용하여 노면의 조도분포를 측정할 경우 차량에 의한 그림자나 반사광이 조도센서에 미치는 영향을 고려하여야 하며, 조도센서 부착 프레임의 제작이나 측정시 차량과의 접촉 등의 문제점이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 국내 최초로 2분할 수광 방식을 고안하여 차량을 이용한 조도측정시스템을 개발하였다.

2. 2분할 수광방식 조도센서

2.1 2분할 수광방식의 원리

차량을 이용하여 노면의 조도분포를 측정할 경우 차량에 의한 그림자나 반사광이 조도센서에 미치는 영향을 고려하여야 한다. 조도센서에 영향을 주지 않도록 하기 위해서는 차량과 조도센서간의 이격거리가 적어도 차량의 높이 이상이 되어야만 한다. 그럴 경우 조도센서 부착 프레임의 제작이나 측정시 타 차량과의 접촉 등의 문제점이 발생할 수 있다.

2분할 수광방식은 조도센서를 덮개로 2분할하는 방식이다. 차량 전면부와 후면 부에 위치하는 2분할 조도센서는 차량 앞뒤를 기준으로 차량의 그림자나 입사광 방향의 영향을 받는 부분은 차광되고, 그 반대 부분은 1/2 개방되어 수광된다. 같은 점에서 각각 측정된 2분할 조도 값은 서로 합산함으로써 그 점에서 서의 조도가 구해진다.

2.2 2분할 조도센서 덮개의 제작

본 연구에서는 2분할 수광방식을 채택하여 조도 측정시스템을 제작하였다. 2분할 조도센서 덮개의 높이에 따른 반사광의 영향을 알아보기 위해 서로 높이가 다른 2개의 원통형 덮개를 제작하여 예비실험을 행하였다.

2분할 조도센서를 차광되는 방향으로 위치시켜 놓

은 상태에서 표 1과 같이 광원의 높이를 변동시키고, 광원 축과 2분할 샘플과의 이격거리를 변동시키면서 입사광의 영향을 측정하였다.

측정 결과 표 1에서 보이는 바와 같이 덮개가 낮은 것(높이 3.5[cm])은 75[cm] 이상의 높이에서 입사광 방향의 영향을 비교적 많이 받는 반면 덮개가 높은 것(7.5[cm])은 광원의 높이나 이격거리에 별다른 영향을 받지 않는 것으로 밝혀졌다.

표 1. 덮개의 높이에 따른 반사광의 영향
Table 1. Effect of the reflection lighting for the Cover height

광원 높이 ⁽¹⁾ [cm]	덮개가 낮은 것 ⁽²⁾ 의 거리별 조도 [lx]				덮개가 높은 것 ⁽³⁾ 의 거리별 조도 [lx]			
	광원 축과의 이격거리 ⁽⁴⁾ [cm]				광원 축과의 이격거리 [cm]			
	20	30	40	50	25	30	40	50
25	0.26 (710)	0.32 (454)	0.28 (255)	0.25 (153)	0.2 (713)	0.18 (439)	0.18 (264)	0.17 (155)
50	0.68 (380)	0.28 (304)	0.19 (229)	0.18 (183)	0.2 (377)	0.21 (302)	0.24 (224)	0.19 (184)
75	41.1 (162)	6.51 (148)	0.31 (132)	0.19 (109)	0.19 (163)	0.16 (150)	0.16 (132)	0.17 (111)
100	34.7 (89)	16.7 (86)	4.66 (80)	0.34 (74)	0.17 (90)	0.14 (86)	0.19 (81)	0.16 (74)
150	20 (41)	14.7 (41)	9.48 (40)	5.26 (38)	0.18 (41)	0.17 (41)	0.14 (40)	0.15 (39)

주) (1) 지면과 수직한 축에 위치한 조사 광원의 높이
(2) 덮개의 높이 3.5[cm], 직경 4.5[cm] 인 것
(3) 덮개의 높이 7.0[cm], 직경 4.5[cm] 인 것
(4) 조사 광원이 위치한 수직축을 기준으로 한 지면(수평면)에서의 이격거리
(5) 괄호() 안의 수치는 가림이 없는 조도센서로 측정된 조도 값임.

이에 본 연구에서는 이 측정 결과와 구조적인 문제를 고려하여 그림 1과 같은 2분할 조도센서용 덮개를 제작하였으며, 그림 2와 그림 3과 같이 2분할 수광방식의 조도측정시스템을 구성하였다. 제작한 덮개는 그림 1과 같이 원통형의 플라스틱 용기를 2등분한 것으로 높이 5.5[cm], 직경 4.5[cm]이다. 덮개의 직경은 조도센서의 수광부 테두리의 직경과 같으

며, 제작한 덮개를 수광부 테두리에 접착시켰다. 또한 덮개의 내부와 외부에 빛의 반사 및 투과 등을 고려하여 흑색의 무반사 페인트칠을 하였다.

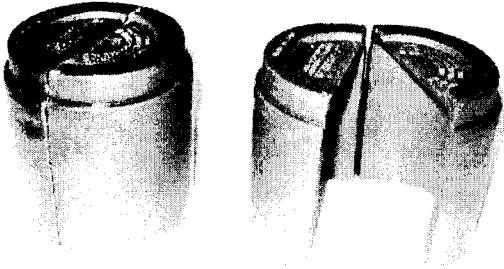


그림 1. 2분할 조도센서의 덮개
Fig. 1. Cover of the 2 division illuminance sensor

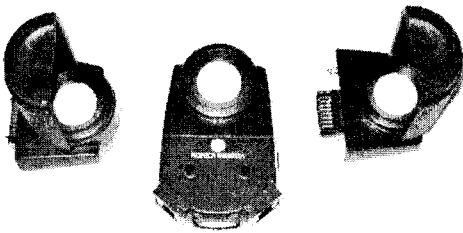


그림 2. 2분할 및 일반 조도센서
Fig. 2. 2 division and common illuminance sensors

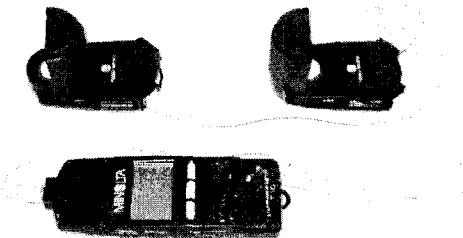


그림 3. 2분할 조도 시스템
Fig. 3. 2 division illuminance meter

2.3 2분할 조도센서의 유용성 검증 실험

2분할 조도센서의 유용성을 검증하기 위해 가로등

도로조명이 시설된 도로에서 실증 실험을 행하였다. 시험 장치는 그림 4와 같이 앵글에 2분할 조도센서 1조(전면 1, 후면 1)와 일반 조도센서를 부착한 상태에서 다점 조도계를 측정 프로그램이 내장된 PC에 연결해 놓고 30[m] 거리를 1[m] 간격으로 측정하였으며, 같은 측정점을 유지하였다.

그림 5는 전면부와 후면부에 위치하는 2분할 조도센서에서 각각 수광한 조도와 이를 합성한 조도를 나타낸 것이다. 그림 6은 전체를 수광한 조도값과 2분할 수광을 합성한 조도값을 비교한 것이다. 그림에서 보이는 바와 같이 전체 수광과 2분할 수광이 거의 유사함을 알 수 있다. 전체를 수광한 조도값과 2분할 합성 조도값의 차는 전구간에 걸쳐 0.04~0.9 [lx]이며, 평균 오차는 ±1.94[%]이다.



그림 4. 2분할 조도센서의 유용성 검증 실험
Fig. 4. Availability verification experimentation of the 2 division illuminance sensor

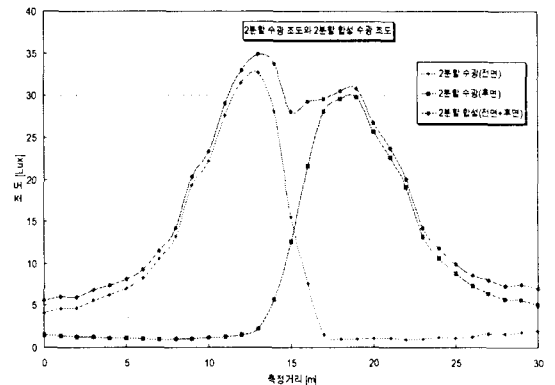


그림 5. 2분할 수광과 합성 조도
Fig. 5. 2 division lighting receiving and composition illuminance

차량을 이용한 2분할 조도측정시스템의 개발

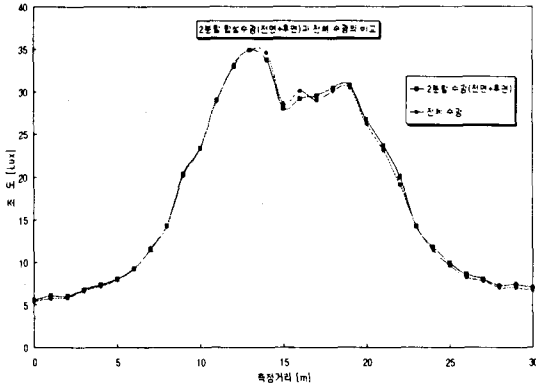


그림 6. 2분할 합성수광과 전체수광의 비교
Fig. 6. Comparison of the 2 division composition and overall lighting receiving

3. 펄스 및 측정 주기 산정

3.1 차량 펄스 테스트

2분할 수광방식을 차량에 적용하기 위해서는 측정 주기와 차량의 전면과 후면에 부착된 2분할 조도센서간의 길이를 결정하는 것이 중요하다. 이는 일정 주기마다 차량 앞뒤에 있는 2분할 조도센서들의 측정점이 같아야 하기 때문이다.

일정 거리별 측정주기를 PC에 인가시키는 사각 펄스는 실험 차량의 펄스발생기를 사용하였다. 차량의 펄스 테스트를 위해 디지털 오실로스코프로 예비 측정을 행한 다음 조도 및 휘도 측정시스템을 차량에 장착하여 50[m] 주행 측정을 하였다. 그 결과 사각펄스 1주기당 0.4[m](50[m]/125주기=0.4[m])로 밝혀졌다.

다음은 위의 측정 결과를 바탕으로 펄스 주기를 변경시켜 재검증한 데이터이다.

- ① 입력데이터 : 측정거리 50[m], 펄스 1주기 당 간격 0.4[m], 측정 펄스의 주기 5(2[m] 당 1회씩 측정 0.4[m]×5주기=2[m])
- ② 출력데이터 : 펄스 주기 125, 측정 데이터 수 26회(스타트 시 1회 측정됨)

3.2 측정 주기의 산정

표 2는 차량 펄스 테스트에서 얻어진 결과를 나타낸 것이다. 펄스 주기 당 측정 간격이 정해져 있기 때문에 차량 전면과 후면에 위치하는 2분할 조도센서간의 거리는 이에 부합되는 값으로 정해야 한다. 그래야만 전면과 후면의 조도센서가 일정 주기(측정 간격)에서 측정점이 서로 일치되고, 일치된 후부터는 그 주기에 맞추어 일정하게 같은 측정점이 유지되기 때문이다.

표 2. 펄스 당 측정 간격
Table 2. Measurement interval per Pulse

펄스주기	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
주기당 측정간격 [m]	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0

표 3. 차량 길이별 측정 간격의 설정
Table 3. Setting of the measurement interval for the mobile length

차량길이 x [m]	차량 길이의 분할 [m]								
	x/2	x/3	x/4	x/5	x/6	x/7	x/8	x/9	x/10
5.2	2.6	1.73	1.3	1.04	0.87	0.74	0.65	0.58	0.52
5.3	2.65	1.76	1.32	1.06	0.88	0.76	0.66	0.59	0.53
5.4	2.7	1.8	1.35	1.08	0.9	0.77	0.74	0.68	0.54
5.5	2.75	1.83	1.37	1.1	0.92	0.79	0.69	0.61	0.55
5.6	2.8	1.87	1.4	1.12	0.93	0.8	0.7	0.62	0.56
5.7	2.85	1.9	1.43	1.14	0.95	0.81	0.71	0.63	0.57
5.8	2.9	1.93	1.45	1.16	0.97	0.83	0.73	0.64	0.58
5.9	2.95	1.97	1.48	1.18	0.98	0.84	0.74	0.66	0.59
6.0	3.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.85	0.75	0.67	0.6

실험 차량의 앞뒤 범퍼(프레임 지지대) 간의 길이가 5.1[m]이므로 이것을 기준으로 표 3과 같이 차량 길이별 측정 간격을 분할하여 계산해 본 결과, 표 2에 부합되는 차량길이(차량 전면과 후면의 조도센서간의 거리)는 5.6[m]와 6[m]만이 가능한 것으로 나타났다. 6[m] 보다 5.6[m]로 정하는 것이 프레임 제작이나 차량 이동시 유리하기 때문에 본 연구에서는 5.6[m]에 맞추어 조도센서 거치용 프레임을 제작하

였다. 5.6[m]로 할 경우, 표 3과 같이 인가되는 펄스 주기(측정간격)는 2주기(0.8[m]) 또는 7주기(2.8[m])로 제한된다. 이 두 가지 측정거리는 CIE 도로측정 기준에 부합되는 거리이다[2].

4. 2분할 측정시스템의 검증 실험

도로조명 현황 측정을 위한 조도측정시스템의 계측기기로는 차량 앞부분에 다점측정조도계의 2분할 수광센서를 차량 전면, 후면 하부에 각 2개씩 1.2[m] 일정 간격으로 설치하고, 이들의 측정값을 저장하며 분석하기 위한 PC, 그리고 일정거리마다 데이터를 측정하기 위한 신호를 발생시켜주는 펄스발생기로 구성된다. 그리고 차량 앞면과 후면간의 수평 일직선 라인에 위치하고 있는 같은 조의 조도센서의 거리는 5.6[m]이며, 각 조도센서는 노면 위 14[cm] 높이로 설치하였고 사용 조도계의 데이터 인식 처리시간은 2~3[초]이다. 그림 7은 차량 앞면 프레임에 부착된 2분할 조도센서의 모습을 보인 것이다.

개발한 2분할 조도측정시스템의 유효성을 검증하기 위하여 아스팔트 노면의 편도 3차선 도로를 대상으로 측정실험을 행하였다. 측정은 2분할 조도측정시스템을 탑재한 차량이동 측정과 수동 측정을 각각 시행하였다. 실제 측정 전에 예비 실험과 계산에 의해 정해진 측정 주기(0.4[m]×7주기=2.8[m])에 맞게 측정될 수 있도록 소프트웨어와 하드웨어를 사전에 최적화 하였다. 측정시스템을 탑재한 측정 차량이 선두에서 측정하고, 차량 통제와 선두 차량 보호를 위한 차량이 후미에서 측정에 영향을 주지 않을 범위의 일정 거리에서 뒤따르는 방식으로 이루어졌다. 측정 차량의 속도는 계측센서의 응답속도의 제약으로 10[km/h] 이하의 저속이었다. 수동 측정(전체 수광)은 2분할 조도센서와 동일한 모델의 일반 센서로 차량 이용 2분할 측정 지점과 동일한 위치에서 행하였다.

그림 8과 표 4는 2분할 측정과 수동측정(전체 수광)의 조도평균치를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 7과 표 4에서 보이는 바와 같이 노면평균조도는 전체 수광이 9.45[lx], 2분할 합성조도는 9.14[lx]로 거의 일치하는 것으로 나타났다.

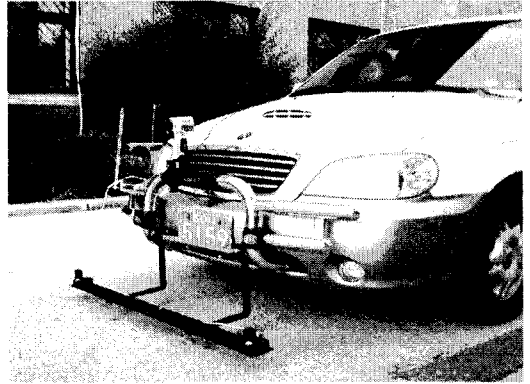


그림 7. 차량 전면 프레임의 조도센서
Fig. 7. Illuminance sensor on the frame in the front of mobile

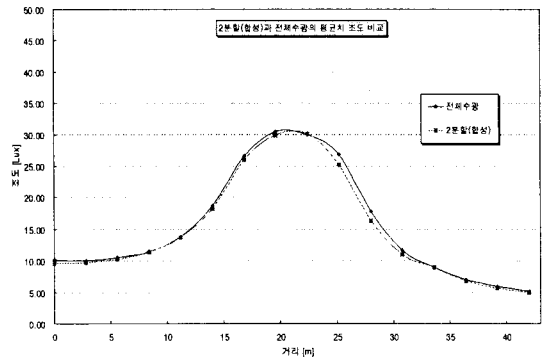


그림 8. 평균 노면조도의 비교
Fig. 8. Comparison of the average illuminance of the road surface

표 4. 2분할 합성조도와 전체조도의 비교
Table 4. Comparison of the 2 division composition illuminance and overall illuminance

측정거리[m]	전체수광조도[lx]	2분할(합성)조도[lx]
0	10.08	9.59
2.8	9.99	9.73
5.6	10.54	10.20
8.4	11.47	11.38
11.2	13.78	13.71
14	18.69	18.18
16.8	26.53	25.99
19.6	30.45	29.86
22.4	30.00	30.20

차량을 이용한 2분할 조도측정시스템의 개발

측정거리[m]	전체수광조도[lx]	2분할(합성)조도[lx]
25.2	26.81	25.22
28	17.82	16.32
30.8	11.68	10.99
33.6	8.99	8.91
36.4	7.00	6.78
39.2	5.94	5.68
42	5.11	5.00
노면평균조도	9.42[lx]	9.14[lx]
전반조도균제도	0.54	0.55

5. 결 론

본 연구에서는 국내 최초로 2분할 수광방식을 고안하였으며, 이를 바탕으로 차량을 이용한 조도측정시스템을 개발하였다. 2분할 수광방식의 유효성을 검증하고 차량을 이용한 조도측정시스템에 적용하기 위해 아래와 같은 일련의 검증실험을 행하였다.

2분할 조도센서 덮개의 높이에 따른 반사광의 영향을 알아보기 위해 서로 높이가 다른 2개의 원통형 덮개를 제작하여 예비실험을 행하였으며, 그 결과를 바탕으로 2분할 조도센서를 제작하였다.

제작한 2분할 조도센서의 유용성을 검증하기 위해 가로등 도로조명이 시설된 도로에서 실증 실험을 행하였으며, 전체 수광과 2분할 수광이 거의 유사함을 알 수 있었다.

그리고 2분할 수광방식을 차량에 적용하기 위해서 차량 신호발생기의 주기를 측정하였으며, 측정 주기와 차량의 전면과 후면에 부착된 2분할 조도센서간의 길이를 산출하여 조도센서 거치용 프레임 제작하였다.

차량을 이용한 조도측정시스템을 개발한 후 이 시스템의 유효성을 검증하기 위하여 아스팔트 노면의 편도 3차선 도로를 대상으로 실측정을 행하였다. 측정 결과 노면평균조도는 전체 수광이 9.45[lx], 2분할 합성조도는 9.14[lx]로 거의 일치하는 것으로 나타났다.

본 연구는 한국토지공사의 학술연구 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- [1] 照明學會, Lighting Handbook, 第2版, Ohmsha, 2003.
- [2] CIE Technical Report, Pub. No. 140-2000, Road Lighting Calculations, 2000.

◆ 저자소개 ◆

조덕수 (趙德洙)

1979년 8월 30일생. 2007년 강원대학교 일반대학원 전기공학과 졸업(석사).

이창모 (李昌模)

1975년 2월 12일생. 2003년 강원대학교 일반대학원 전기공학과 석사 졸업. 현재 강원대학교 일반대학원 전기 공학과 박사과정 수료.

정승균 (鄭承均)

1981년 1월 10일생. 2007년 강원대학교 일반대학원 전기전자공학과 박사과정.

석대일 (石大鎔)

1981년 1월 6일생. 2007년 강원대학교 일반대학원 전기전자공학과 박사과정.

김 훈 (金 燾)

1958년 8월 6일생. 1981년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년 호주 국립대학 방문 교수. 현재 강원대학교 IT 특성화 대학 전기전자공학부 교수.