

차량을 이용한 터널조도 및 휘도 측정시스템 개발

(Development of the Mobile Measuring System for Tunnel Lighting Luminance and Illuminance)

김동조* · 조덕수 · 석대일 · 정승균 · 이창모 · 남동훈 · 김 훈
(Dong-Jo Kim · Duk-Soo Jo · Dae-Il Suk · Sueng-Kyun Jung · Chang-Mo Lee · Dong-Hoon Nam · Hoon Kim)

요 약

터널은 밝기가 급변하는 장소로서 자동차 운전자가 터널 진입 시 도로의 상황이나 교통상황을 정확히 파악하여 안전하고 불안감 없이 도로를 통행할 수 있도록 조명설비가 관리되어야 한다. 터널내의 충분한 밝기 유지를 위하여 터널내부의 조도를 정기적으로 측정하여야 하는데 기존의 수동식 측정법으로는 신속하고 신뢰성 높은 조도측정에 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 차량을 이용한 터널조도 및 휘도 측정시스템을 개발하고 그 운용타당성에 대한 결론을 도출하였다.

Abstract

The tunnel is the place where brightness changes abruptly. It is important to grasp the road situation and the traffic situation of the tunnel accurately for safe and secure driving, and tunnel lighting installation should be well maintained. Luminance and illuminance of the tunnel inside should be measured periodically to maintain enough brightness. But traditional manual measurement could not guarantee the fastness and trustworthiness of the measured values. In this paper, a mobile measuring system for tunnel lighting luminance and illuminance was developed and a result regarding the propriety of the system was derived.

Key Words : Tunnel lighting, Luminance, Illuminance, Mobile measuring system

1. 서 론

도로조명에서 터널은 밝기가 급변하는 장소로서 자동차 운전자가 터널 진입 시 도로의 상황이나 교

통상황을 정확히 파악하여 안전하고 불안감 없이 도로를 통행할 수 있게 하여야 한다. 특히 터널내의 충분한 노면휘도 유지와 균제도는 도로교통에 있어서 대단히 중요한데 터널내부는 폐쇄된 공간과 같으므로 터널내부에서 사고가 발생할 경우 인적, 물적 피해가 대단히 크기 때문에 터널 내부의 조명설비를 항상 최적화하여야 한다. 따라서 터널내부의 조도를 정기적으로 측정하여 기준에 적합한지를 평가하여야 하는데 많은 터널을 기존의 수동식 측정방법으로

* 주저자 : 강원대학교 전기공학과 박사 수료
Tel : 031-562-4215, Fax : 031-562-4144
E-mail : wooli111@hanmail.net
접수일자 : 2006년 3월 21일
1차심사 : 2006년 3월 28일, 2차심사 : 2006년 4월 20일
심사완료 : 2006년 5월 3일

차량을 이용한 터널조도 및 휘도 측정시스템 개발

는 유지관리의 한계가 있기 때문에 보다 신속하고 신뢰적인 조도 및 휘도를 측정하는 시스템 개발이 필요하게 되었다. 따라서 본 논문에서는 자동차 운전자의 안전한 도로터널 운행에 필수적인 조도와 휘도를 신속하고 신뢰적이며 안전하게 측정할 수 있는 시스템을 개발하고 이를 이용한 운용타당성에 대한 결과를 외국 사례와 국내 터널 실험을 통하여 결론을 도출하였다.

2. 차량을 이용한 조도 및 휘도시스템의 구성

2.1 시스템 구성

차량은 운전자 눈의 높이 1.2[m]를 확보하기 위하여 Jeep을 선정하였고 측정기기로는 portable type 휘도계와 다점조도계를 차량 앞면 하부에 설치하고 이들의 측정값을 저장하고 분석하기 위한 notebook pc, 그리고 일정거리마다 data를 측정하기 위한 신호 공급원인 펄스신호기 또 이들에게 전원을 공급할 이동식 발전기와 직류 변환 power supply로 구성 되었으며 시스템 구성은 그림 1과 같다.

- 차량 : Jeep Rock star R2
- 휘도계 : 미놀타 LS-110 Acceptance Angle (1/3[°])
- 다점조도계 : 미놀타 T10
- Notebook pc : 삼성 256[MB]
- Tachometer : pulse generator

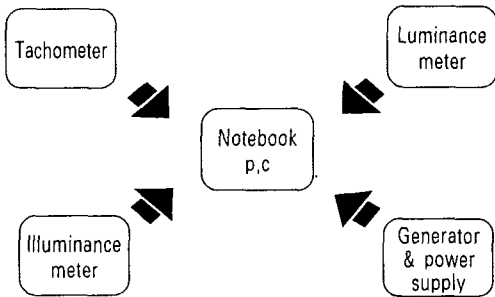


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. Schematic diagram of the system

2.1.1 측정기기 설치

가. 휘도계

미놀타 LS-110 기종으로 Acceptance Angle (1/3[°])의 사양을 갖고 있으며 차량 전면 중앙에 50[cm] 높이에 설치하였다. 이때의 노면 휘도측정대상은 설치점 으로부터 20[m] 지점으로 하였는데 이는 운전자 눈의 순응휘도가 주행하고 있는 자동차의 전방에 선행차가 없다고 하였을 경우의 주시개시점이 60~160[m]중 최소치를 적용한 것이며 KSA3701 부속서 3.3에서는 휘도계의 측정각은 약 1[°]로 하고 측정범위를 60~160[m], 휘도계 높이를 1.5[m]로 규정하고 있다. 실험에 사용한 측정 휘도계는 1/3[°]이고 휘도계의 높이는 50cm로 설치하였기 때문에 측정 범위를 $60 \times 1/3(1.5[m]/0.5[m]) = 20[m]$ 로 계산하여 이것을 휘도계의 측정점 대상으로 하였다.

나. 조도계

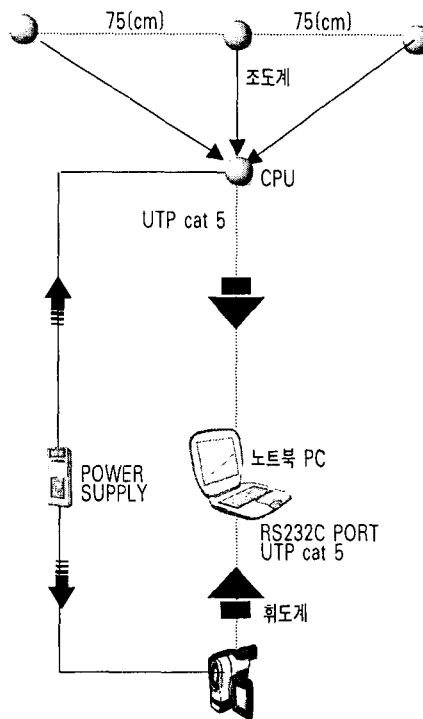


그림 2. 조도계 및 휘도계 구성도
Fig. 2. Schematic diagram of the illuminance meter and luminance meter

미놀타 T10을 사용하였으며 차량 전면에 3개의 조도센서를 75[cm] 간격과 노면 위 14[cm] 높이로 설치하였다. 조도센서의 간격은 신뢰도를 높이기 위해 실험용 차량의 차폭을 3분할하여 3개의 조도계를 사용하였고 조도계의 data 인식 처리시간이 2~3초이기 때문에 빠른 속도로 이동하면서 조도값을 측정할 수 없었다(5[km]/[hr]로 운행).

다. Tachometer

조도계 및 휘도계를 일정거리마다 동작시키기 위해서는 자동차 주행거리를 검지하여 펄스 신호를 계측기에 전송하여야 하는데 자동차 전용의 Tachometer를 차량 하부의 transmission에 연결하였다. 그림 3은 펄스신호기의 구성도이다.

라. 차량

운전자의 눈높이 1.2[m]를 충족시키고 계측기를 안전하고 견고하게 부착시키기 위하여 jeep 차량을 사용하였다. 전면부에는 조립식 앵글을 이용하여 조도계 및 휘도계를 부착하고 turnbuckle과 steel wire로 앵글을 고정시켰다.

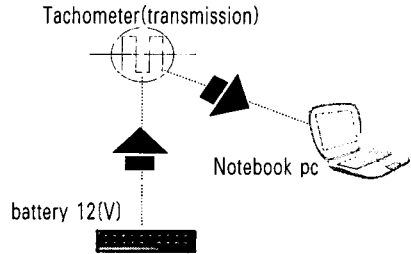
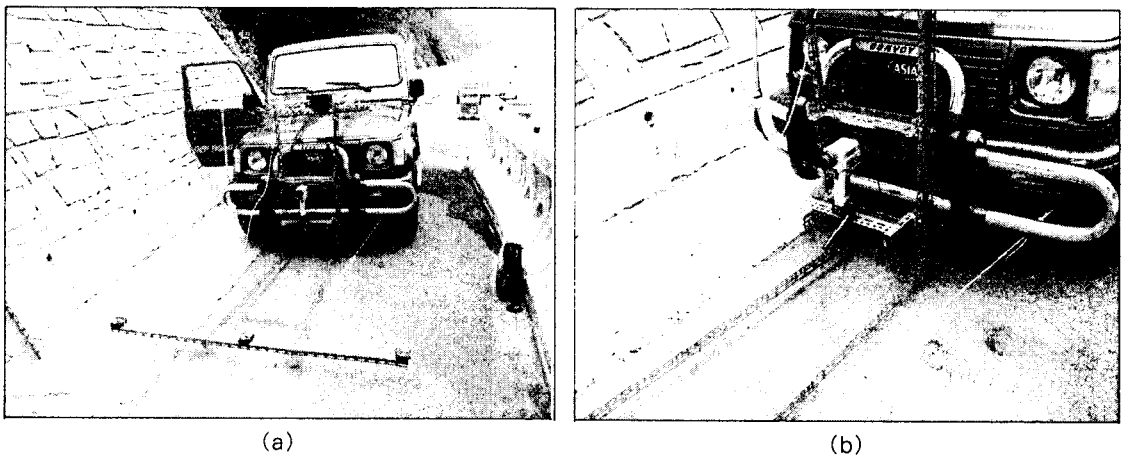


그림 3. 펄스신호기 구성도
Fig. 3. Schematic diagram of the Tachometer

2.1.2 Tachometer에 의한 신호 입력

자동차 transmission에 연결한 펄스신호기는 4가닥의 제어선으로 구성되어있으며 이중 2가닥(black, red)은 전원선으로서 자동차에 부착된 축전지 12V에 연결하고 2가닥은(white, green) pulse를 출력한다.

이 펄스신호기는 자동차 바퀴 크기에 의해 일정거리 당 펄스 수가 달라진다. 펄스 출력단자를 oscilloscope에 연결하여 일정거리를 주행한 후에 펄스 수를 세면 1펄스 당 주행거리를 알 수 있다. 이를 이용하여 측정하려고 하는 일정거리마다의 펄스 수를



※ · 상부 : CCD 카메라가 부착된 PHOTOMETRIC(기기명 : PROMETRIC 512×512 pixel)
· 중간지점 : 휘도계
· 최하단부 : 조도계
조도계는 차량에 의해 그늘이 지지 않도록 차량과 1.5(m)를 이격시켰음.

그림 4. (a) 차량 외관 (b) 휘도계 설치모습
Fig. 4. (a) The exterior of the mobile system (b) luminance meter

차량을 이용한 터널조도 및 휘도 측정시스템 개발

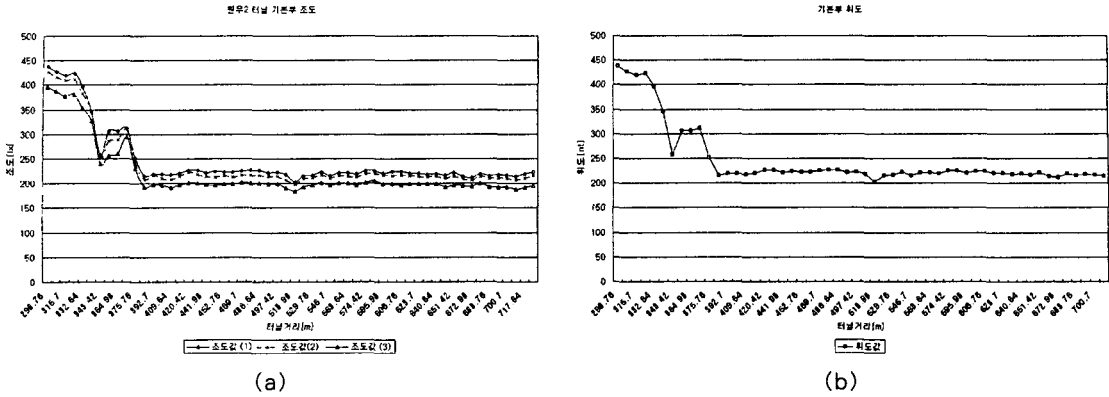


그림 5. (a) 조도측정 결과(기본부) (b) 휘도측정 결과
Fig. 5. Result of the illuminance and luminance measurement

산정하고 이때의 신호로 조도계 및 휘도계가 작동하도록 하였다. 이때 출력신호를 임의의 펄스 수에서 동작하도록 프로그램을 구성하였는데 이는 실측 시험에서 차량 속도에 의해 측정되어지는 조도 및 휘도의 측정간격을 조절하기 위함이다.

3. 시스템을 이용한 측정

3.1 측정방법

설계된 시스템을 이용하여 중앙고속도로 춘천-홍천 간에 위치한 원무 2터널을 대상으로 측정하였으며 터널의 제원과 측정조건은 아래와 같다.

- 터널길이 : 808[m], 일방향 2차선
- 터널방향 : 입구부 북향
- 조명기구 설치 형태 : FL32W*3+고압나트륨
- 측정시간 : 오전 11시 51분 날씨 맑음
- 측정거리 및 측정 소요시간 : 798[m], 50분

3.2 측정결과

측정방법으로는 임의의 한점을 운행 중인 상태에서의 조도를 측정하고 측정점에서 차량을 일시 정지하여 정지 상태에서의 조도값과의 일치 여부를 확인한 후

에 지속적인 측정을 하였다. 그림 5는 조도 및 휘도의 측정결과 예이다.

4. 외국 사례

일본에서는 2004년에 고속도로 관리회사에서 본 장치와 유사한 시스템을 개발하여 2005년도부터 사용하고 있으며 전국 9개 지역에 시스템을 장착한 차량이 각 1대씩 배치되어 있다. 그림 6은 일본에서 최근 사용 중인 차량을 이용한 2분할 수광방식 측정장치의 예이다.

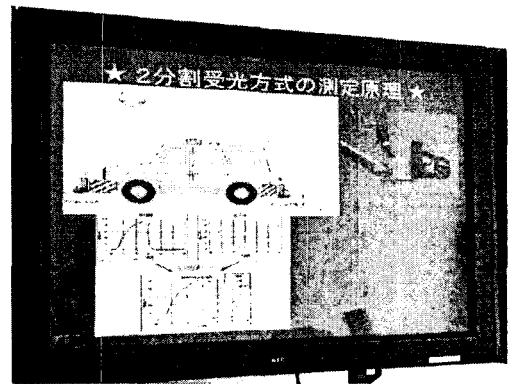


그림 6. 일본의 측정시스템
Fig. 6. measuring system of Japan

또한 2005년 4월 스페인의 레온에서 열렸던 CIE midterm meeting에서 발표되었던 이태리 출신의 Rossi에 의해서도 유사한 형태의 시스템이 개발 중이며 향상된 버전의 시스템이 올해 중 완성될 것이라고 한다.

그림 7은 Italy의 차량을 이용한 조도측정시스템 예이다.

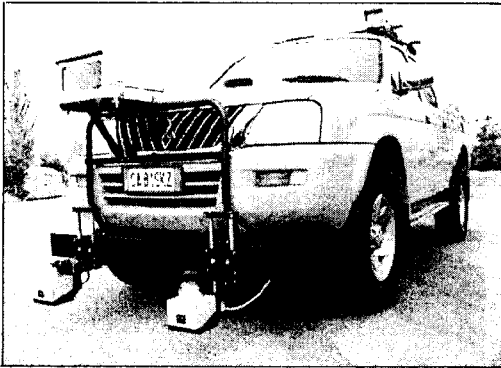


그림 7. Italy의 측정시스템 예
Fig. 7. Measuring system of Italy

5. 결 론

도로조명에서 터널조명은 주야간에 걸쳐 차량이 설계주행속도로 안전하고 안락하게 통과하기 위한 인공설비이다. 터널도로는 일반도로와는 달리 협소하고 밀폐된 공간으로 교통에 의한 압력 및 혼란 등의 위험이 잠재된 특수조건을 갖고 있다. 따라서 터널내부의 일정하고 균일한 조도값을 유지하기 위하여 정기적(1회/월)인 조도측정이 필수적이다. 신설된 터널이나 좀더 정확한 측정치를 원하는 장소에서는 휘도측정을 병행하는 것이 좋다. 그것은 휘도값이 조도값보다는 신뢰적이기 때문이다. 이러한 정기적 측정조사를 통한 조명설비의 경시변화를 구하면 조명설비 보수 및 개선 또는 신설 터널인 경우 설계값과의 적합성을 판단할 수 있으며 터널조명 설계에 필요한 기초자료(보수율 등)로 활용하기도 한다. 그러나 기존의 수동식 측정방법은 KSC 7612, 7613에서 규정한 방법으로 측정할 경우 측정시간이 많이 소요되고 측정자의 안전이 위협되며 신뢰도가 저하된다. 또한 경제적 비용도 무시 못할 수준이다. 향후

본 시스템을 개선하여 감응속도가 빠른 조도계를 사용하면 차량 속도를 70~80[km]/[hr]로 하여 실용적인 측정이 가능하고 차량 상부에 CCD카메라나 조도센서를 선택적으로 설치하면 다양한 형태의 터널 환경 정보를 얻을 수 있으며 도로의 터널, 시가지 등 광범위한 장소에서의 조명환경 정보를 취득할 수 있으며 다음과 같은 이득도 예상할 수 있다.

- 점등이 안된 램프를 확인(추후 연구에 포함)
- 조도측정의 효율화를 기대
- 측정 시 교통 통제시간을 절감
- 램프 교체시기를 예측할 수 있음
- data 보관과 활용 방법의 다양화

따라서 본 논문에서는 기존의 수동식 측정방식을 탈피한 편리하고 안전하며 신속하게 조도 및 휘도를 자동으로 측정하고 기록할 수 있는 차량을 이용한 측정시스템을 개발하였고 이 시스템에 의해 조도값과 휘도값이 측정되었으며 외국의 예에서와 같이 현재 사용되고 있는 유사형태의 시스템이 갖는 장점을 살펴본 결과 본 시스템 운용이 가능함을 평가한 내용에 대하여 소개하였다. 본 연구는 기본적인 측정 장비로 실험한 결과로서 향후 실용화되기 위해서는 지속적인 연구가 필요하다.

이 논문은 한국도로공사의 연구용역에 의해 수행된 연구결과의 일부임.

References

- (1) KCE "터널 및 도로조명기준 개선용역", pp. 2~25, 2004.12.
- (2) 건설교통부 "도로터널 조명시설의 설계기준", pp 12, 22~24, 121, 1996.4.
- (3) Rossi "The development of a new mobile photometric laboratory" CIE Midterm meeting. 2005.4.
- (4) CIE "Photometric measurement systems for load lighting installations" proceedings of two CIE workshops. Belgium 1994, France 1996.
- (5) 일본도로공단 "자동식 조도 측정 시스템" presentation, 2005. 9.
- (6) 日本理工出版會,, 光 と照明 pp.215~264, 1994.
- (7) 照明學會,"照明ハンドブック, pp.395~403, 1987.

차량을 이용한 터널조도 및 위도 측정시스템 개발

◇ 저자소개 ◇

김동조 (金東朝)

1955년 10월 10일생. 2004년 8월 강원대학교 전기공학과 박사과정 수료. 현재 기술사사무소 고려기술단 대표.

조덕수 (趙德洙)

1979년 8월 30일생. 2005년 2월 강원대학교 전기공학과 졸업(학사). 현재 동 대학교 대학원 석사과정.

석대일 (石大鎰)

1981년 1월 06일생. 2005 02월 강원대학교 전기공학과 졸업(학사). 현재 동 대학교 대학원 석사과정.

정승균 (鄭承均)

1981년 1월 10일 생. 2004년 8월 강원대학교 전기공학과 졸업(학사). 현재 동 대학교 대학원 석사과정.

이창모 (李昌模)

1976년 2월 12일생. 2001년 2월 강원대학교 전기공학과 졸업(학사). 2003년 2월 동 대학교 대학원 졸업(석사). 현재 동 대학교 대학원 박사과정.

남동훈 (南東勛)

1970년 12월 4일생. 1993년 2월 인천대학교 전기공학과 졸업. 1995년 7월~현재 한국도로공사 전기팀 차장.

김 훈 (金 燾)

1958년 8월6일생. 1981년 서울대학교 전기공학과(학사). 1983년 동 대학교 전기공학과(석사). 1988년 동 대학교 전기공학과(박사). 현재 강원대학교 전기전자공학부 교수.