

## 차량을 이용한 터널조도 및 휘도 측정시스템 개발

(Development of the mobile measuring system for tunnel lighting luminance and illuminance)

김동조 · 조덕수 · 정연성 · 석대일 · 정승균 · 이창모 · 남동훈 · 김 훈

(Dong-Jo Kim · Duk-Soo Jo · Dae-Il Suk · Sueng-Kyun Jung · Chang-Mo Lee · Hoon Kim)

(강원대학교 · 한국도로공사)

### 요 약

터널은 밝기가 급변하는 장소로서 자동차 운전자가 터널 진입 시 도로의 상황이나 교통상황을 정확히 파악하여 안전하고 불안감 없이 도로를 통행 할 수 있게 하여야 한다. 터널내의 충분한 노면휘도 유지를 위하여 터널내부의 조도를 정기적으로 측정하여야 하는데 기존의 수동식 측정법으로는 신속하고 신뢰적인 조도측정에 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 차량을 이용한 터널조도 및 휘도 측정시스템 개발과 함께 운용타당성에 대한 결과를 외국 사례와 함께 터널 실험을 통하여 결론을 도출하였다.

### 1. 서 론

도로조명에서 고속국도의 터널은 밝기가 급변하는 장소로서 자동차 운전자가 터널 진입 시 도로의 상황이나 교통상황을 정확히 파악하여 안전하고 불안감 없이 도로를 통행 할 수 있게 하여야 한다. 특히, 터널내의 충분한 노면휘도 유지와 균제도는 도로

교통에 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 수직, 수평면조도를 정기적으로 측정하여 기준에 적합한지를 평가하여야 하는데 기존의 수동식 측정법으로는 수많은 터널의 조도측정에 의한 유지관리의 한계가 있기 때문에 보다 신속하고 신뢰적인 조도 및 휘도를 계측하는 시스템 개발이 필요하게 되었다. 따라서 본 논문에서는 자동차 운전자의 안전한 도로터널 운행에 필수적인 조도와 휘도를 신속하고 신뢰적이며 안전하게 측정 할 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 1.2m를 확보하기 위하여 Jeep을 선정하였고 계측기기로는 portable type 휘도계와 다점조도계를 차량 앞면 하부에 설치하고 이들의 측정값을 저장하고 분석하기 위한 notebook pc, 그리고 일정거리마다 data를 측정하기 위한 펄스신호기 또 이들에게 전원을 공급할 이동식 발전기와 power supply로 구성 되었으며 시스템 구성은 그림1과 같다.

- 차량 : Jeep Rock star R2

- 휘도계 : 미놀타 LS-110 Acceptance Angle (1/3°)

- 다점조도계 : 미놀타 T10
- Notebook pc : 삼성 256MB
- Tachometer : pulse generator

은 2~3초이다. 따라서 빠른 속도로 이동하면서 측정할 수 없다.

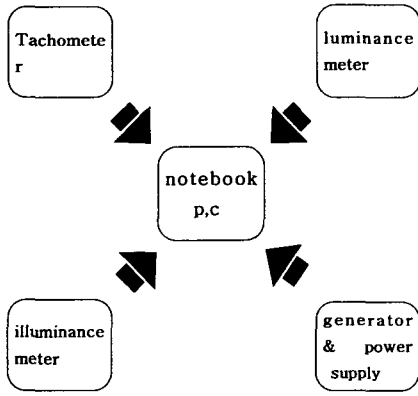


그림1. 시스템 구성도

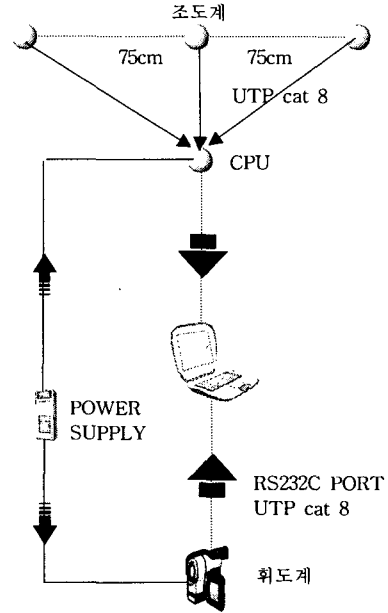


그림2. 조도계 및 휘도계 구성도

### 2.1.1 계측기기 설치

#### 가. 휘도계

미놀타 LS-110 기종으로 Acceptance Angle (1/3°)의 사양을 갖고 있으며 차량 전면 중앙에 75cm 높이에 설치하였다. 이때의 노면 휘도 측정 대상은 설치점 으로부터 20m 지점으로 하였는데 이는 운전자 눈의 순응휘도가 주행하고 있는 자동차의 전방에 선행차가 없다고 하였을 경우의 주시개시점이 60m~160m중 최소치를 적용한 것이며 이때 휘도계의 측정각을 KSC 7613에서는 1°로 규정하였으므로 1/3°인 휘도계의 주시개시점은  $60m \times 1/3 = 20m$ 이기 때문이다.

#### 나. 조도계

미놀타 T10을 사용하였으며 차량 전면에 3개의 local sensor를 75cm 간격과 노면 위 14cm 높이로 설치하였고 사용 조도계의 data 인식 처리시간

#### 다. Tachometer

조도계 및 휘도계를 일정거리마다 동작시키기 위해서는 자동차 주행거리를 검지하여 펄스 신호를 계측기에 전송하여야 하는데 자동차 전용의 Tachometer를 차량 하부의 transmission에 연결하였다. 그림3은 펄스신호기의 구성도이다.

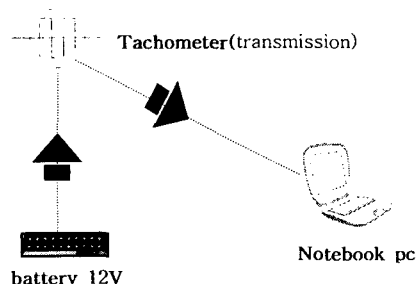
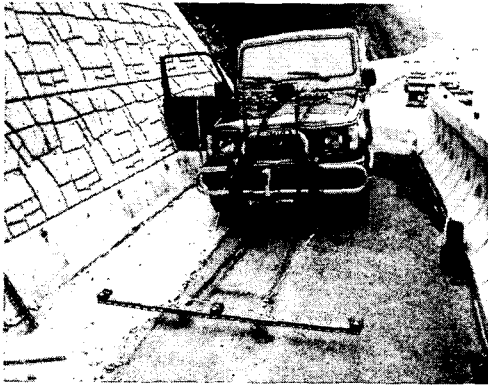


그림3. 펄스신호기 구성도

## 라. 차량

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

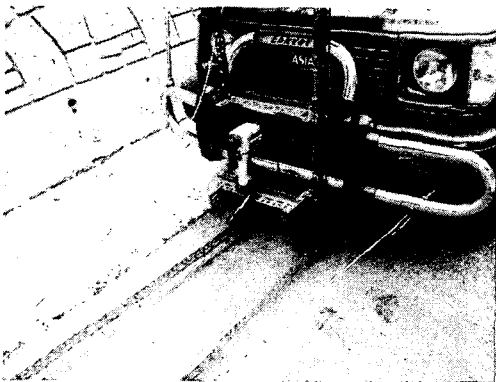


(a)

· 상부 : CCD 카메라가 부착된 PHOTOMETRIC  
(기기명: PROMETRIC 512 × 512 pixel)

- 중간지점: 휘도계
- 최하단부 :조도계

조도계는 차량에 의해 그늘이 지지 않도록 차량과 1.5M를 이격시켰다.



(b)

그림4. (a)차량에 부착한 각종 계기 (b)휘도계 설치모습

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

## 3. 시스템을 이용한 측정

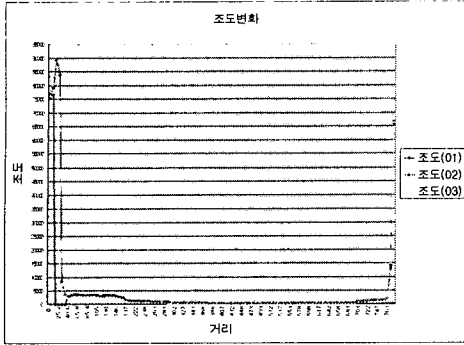
### 3.1 측정방법

설계된 시스템을 이용하여 중앙고속도로 춘천-홍천 간에 위치한 원무2터널을 대상으로 측정하였으며 터널의 제원과 측정조건은 아래와 같다.

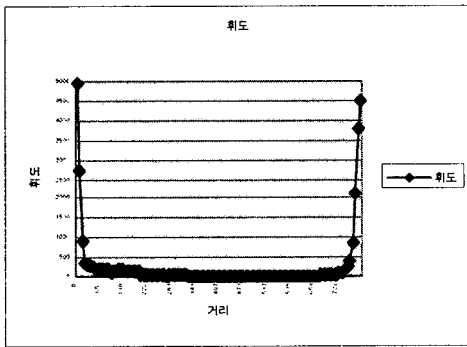
- 터널길이 : 808m, 일방향 2차선
- 터널방향: 입구부 북향
- 조명기구 설치 형태 : FL32W\*3 + 고압나트륨
- 측정시간: 오전11시51분 날씨 맑음
- 측정거리 및 측정 소요시간: 798m, 50분

### 3.2 측정결과

그림5는 조도 및 휘도 측정결과이다.



(a)



(b)

그림5. (a)조도측정 결과 (b) 휘도측정 결과

#### 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. 그림6은 일본에서 최근 사용중인 차량을 이용한 2분할 수광방식 측정장치의 예이다.

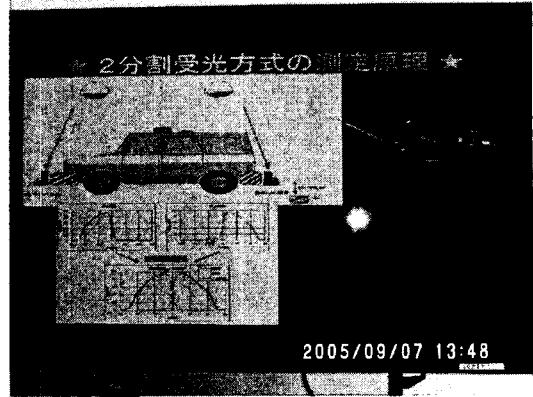


그림6. 일본의 측정시스템 예

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

그림7은 Italy의 차량을 이용한 조도측정시스템 예이다.

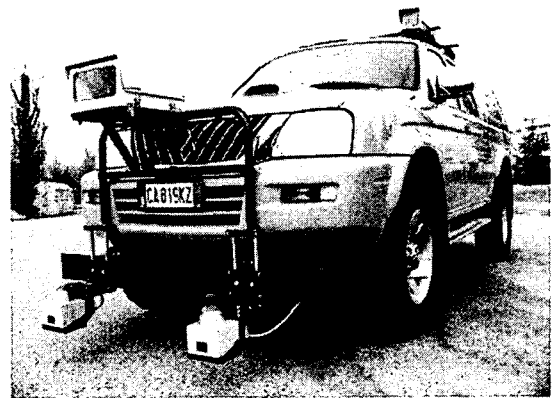


그림7. Italy의 측정시스템 예

#### 5. 결론

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 판단 할 수 있으며 터널조명 설계에 필요한 기초자료로 활용하기도 한다. 그러나 기존의 수동식 측정방법은 KSC 7612, 7613에서 규정한 대로 측정할 경우 측정시간이 많이 소요되고 측정자의 안전이 위협되며 신뢰도가 저하된다. 또한 경제적 비용도 무시할 수준이다. 차량을 이용하여 조도와 휘도를 안전하고 신속하게 신뢰적으로 측정한다면 다음과 같은 이득을 예상 할 수 있다.

- . 점등이 안 된 램프를 확인
- . 조도측정의 효율화를 기대
- . 측정 시 교통 통제시간을 절감
- . 램프 교체시기를 예측 할 수 있음
- . data 보관과 활용 방법 극대화

따라서 본 논문에서는 기존의 수동식 측정방식을 탈피한 편리하고 안전하며 신속하게 조도 및 휘도를 자동으로 측정할 수 있는 차량을 이용한 측정시스템 개발을 소개하였다.

## 후 기

이 논문은 한국도로공사의 연구용역에 의해 수행된 연구결과의 일부임. 또한 강원대학교 대학원생인 조문성, 김형권군의 프로그램 구성에 대하여 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] KCIE " 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 자료, 2005.9