

고속도로 터널조명 현황 측정 및 분석

(The Measurement and Analysis for Tunnel Lighting Conditions
of an Expressway)

이민욱* · 김형권** · 신상록*** · 김 훈*

(Min-Uk Lee* · Hyeong-Kwon Kim** · Sang-Rok Shin*** · Hoon Kim*)

(*강원대학교 전기전자공학부, **태양전자, ***한국도로공사)

요 약

전국 주요 노선의 고속도로 터널도로를 대상으로 터널조명설비가 기준에 적합한지 그 성능을 차량을 이용한 고성능 터널조명 측정시스템으로 측정함으로써 터널조명의 적절성 여부와 터널조명 변화를 파악하고, 그 결과를 바탕으로 우리나라 터널조명의 실태를 비교 분석하였다.

1. 서 론

터널조명의 주목적은 터널에 접근, 진입하여 통과하는 차량 운전자의 복잡한 시각 특성의 변화, 심리적 반응, 터널 고유의 환경조건을 고려하여 운전자에게 안전하고 쾌적한 운전환경을 확보해 주는 것이다. 이 목적에 기반을 두고 각국에서는 터널조명 신설 시 자국의 터널조명 기준에 부합하도록 설치하고, 그 기준을 준수하려고 노력하고 있다. 각국에서 규정하고 준수하는 기준의 차이는 다소 있지만, 초기 설치 기준을 제시하고 향후 유지 보수 관리 차원에서 기준에서 크게 벗어나지 않도록 주기적으로 혹은 수시로 터널조명 시스템의 운영 상태를 측정하여 파악하고 효율적인 관리를 해 주도록 하는 것은 공통된 요구사항이다[1-4].

이에 본 연구에서는 터널조명의 효율적인 유지 관리와 에너지 절감의 도모뿐만 아니라 운전자의 안전을 향상시키는 것을 목적으로, 60km/h 이상의 고속 운행이 가능한 차량 부착용 터널조명 측정시스템을 개발하여, 측정시스템 성능평가 및 예비 실험을 마친 후 전국의 16개 고속도로 터널을 대상으로 우리나라 터널조명의 실태를 비교 분석하였다.

2. 터널조명 현황 측정방법

고속도로 터널도로의 주야간 터널조명의 측정은 '고성능 터널조명 측정시스템'을 이용하여 진행되

었다. 측정 차량은 60km/h 이상의 고속으로 운행하므로 교통에 영향을 주지 않으면서 신속한 측정이 가능하다[5]. 측정 전에 하드웨어와 소프트웨어를 최적화 하고, 터널 입구 200m 전부터 차선별로 측정하였으며, 측정 즉시 데이터가 PC에 저장되도록 하였다. 측정 및 분석 대상은 터널의 차선별 평균조도 및 조도균제도, 차선별 평균휘도 및 휘도균제도, 터널형태, 조명시설 등이다.

차량을 이용한 터널조명 현황 측정은 2007년 11월 28일(수)에서 12월 14일(금)까지 청원-상주간 미개통 고속도로, 영동고속도로, 서울 외곽순환도로, 중부내륙선, 마산외곽도로, 호남선, 경부선 등 전국 주요 노선의 고속도로 터널 16개를 대상으로 이루어졌다. 측정시 최소 필요인원은 차량운전자 1명, 컴퓨터 운영자 1명, 도로상황 및 터널 내부의 조명환경 기록자 1명이다.

3. 측정 결과 및 고찰

그림 1과 그림 2는 청원-상주간 신축터널(측정 당시 미개통 상태)인 보은터널의 조도분포와 휘도분포를 나타낸 것이다. 이 터널은 약 900m 길이의 터널로 입구조명부에서 출구부 조명에 의한 터널 내부의 전반적인 조도/휘도 변화를 확인할 수 있었다. 해가 지고 있는 시간대에 측정하였으며, 터널 내부의 점등 방식은 모두 주간점등 모드로 모든 조명기구를 점등시킨 상태에서 측정하였다.

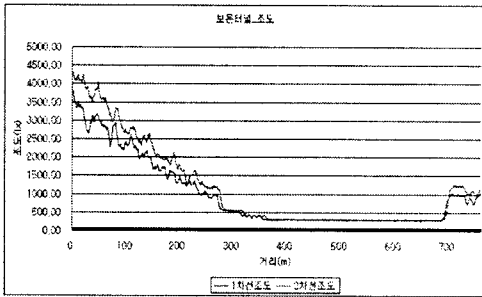


그림 1. 보은터널의 노면 조도분포

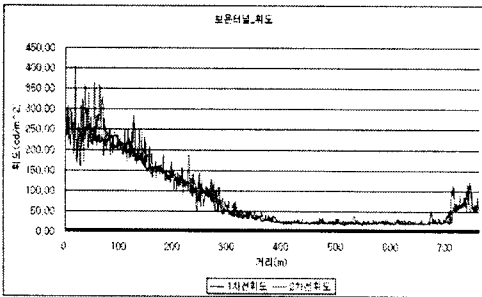


그림 2. 보은터널의 노면 휘도분포

표 1은 전국 주요 고속도로의 12개 측정대상 터널도로의 현황 측정 결과를 나타낸 것이다.

표 1. 전국 주요 고속도로 터널도로의 측정 결과

터널명	조명기구		조도(기본부)		휘도(기본부)		
	광원	기구 배치	평균 조도	전반 균제도	평균 휘도	차선속 균제도	전반 균제도
대관령1	HPS	천정 대칭	220.7	0.75	6.02	0.70	0.82
다부	HPS F/L	벽면 대칭	86.1	0.86	3.65	0.74	0.82
청원 1	HPS F/L	벽면 대칭	274.4	0.78	7.70	0.71	0.85
대덕	CMH F/L	천정 대칭	420.1	0.71	22.	0.58	0.70
충원	HPS F/L	천정 대칭	196.7	0.89	12.7	0.72	0.87
광교	HPS F/L	천정 대칭	186.4	0.69	×	×	×
둔내	LPS	벽면 대칭	78.3	0.53	3.89	0.70	0.79
대전	HPS	천정 대칭	201.9	0.65	7.10	0.74	0.81
광암	LPS	천정 중앙	77.9	0.80	4.34	0.64	0.81
광교	HPS F/L	천정 대칭	130.8	0.76	8.75	0.59	0.73
둔내	LPS	벽면 대칭	13.1	0.65	1.82	0.60	0.79
대전	HPS	천정 대칭	70.6	0.51	1.96	0.54	0.74

표 1에 나타난 터널도로의 터널조명 환경과 측정 결과에 대한 분석을 다음과 같이 요약 정리하였다.

1) 측정결과 고압나트륨램프 혹은 저압나트륨램프

만을 이용한 조명방식은 다른 조명방식에 비해 균제도 측면에서 적절하지 못한 것으로 나타났다.

- 대부분의 터널에서 주간에는 고압나트륨램프와 형광등램프를 혼용 점등하여 조명하고 야간에는 형광등램프만을 이용하여 조명한다.

- 고압나트륨램프와 저압나트륨램프를 단일광원으로 조명할 경우 점등되어 있는 조명기구 사이거리가 멀어지므로 노면의 얼룩이 발생하고 플리커 현상을 유발하므로 운전자의 시각 활동을 방해할 수 있다.

2) 형광램프와 혼용하여 점등할 경우 균제도를 개선할 수 있다.

- 대관령1터널과 둔내터널의 경우 고압나트륨램프와 저압나트륨램프를 이용하여 터널 기본부를 조명하고 있다.

- 이 터널들은 기본부에 점등되어 있는 조명기구 간격이 멀었으며 노면에 얼룩이 비교적 심한 편이었다. 이러한 상황을 개선하기 위해서는 형광램프를 사용할 경우 균제도가 크게 개선될 수 있다고 생각된다.

3) 콤팩트 메탈할라이드램프를 활용한 대덕터널의 사례를 보면, 대덕터널은 전반적으로 높은 수준의 균제도를 달성하고 있었다.

- 형광램프와 유사한 광색을 갖고 있으며 전체적으로 터널 내부에 얼룩이 없이 균일하게 밝혔다.

- 데이터 수집의 시간차가 있었으나 1차선과 2차선에 얻어진 조도 데이터는 유사한 수치를 보였다.

표 2는 미개통 상태에서 시험운행 중인 청주-상주간 고속도로 터널도로의 측정 결과를 정리한 것이며, 조명현황은 다음과 같다.

표 2. 청원-상주간 신축 터널도로의 측정 결과

터널명	조명기구		조도(기본부)		휘도(기본부)		
	광원	기구 배치	평균 조도	전반 균제도	평균 휘도	차선속 균제도	전반 균제도
내서1	HPS	천정 대칭	3995.0	0.90	374.34	0.41	0.53
내서2	HPS F/L	천정 대칭	601.17	0.91	73.70	0.56	0.80
내서3	HPS F/L	천정 대칭	439.18	0.78	29.81	0.85	0.79
내서4	HPS F/L	천정 대칭	313.33	0.96	18.38	0.77	0.86
모은	HPS F/L	천정 대칭	299.93	0.95	22.98	0.53	0.84
회북	HPS F/L	천정 대칭	280.75	0.93	22.25	0.70	0.81
수한 (야간)	HPS F/L	천정 대칭	81.15	0.94	5.89	0.49	0.62

1) 청원-상주간 고속도로의 터널 측정은 도로개통 전인 2007년 11월 21일에 이루어졌으며 전체적으로 매우 높은 수준의 균제도를 나타냈다.

2) 대부분의 터널 경계부는 고압나트륨램프와 형광램프를 혼용하여 사용하고 있었고, 기본부 광원으로 형광등램프를 사용했다.

3) 신축터널이라도 기본부에 고압나트륨램프만을 이용한 조명방식은 노면의 휘도차를 발생시킴을 알 수 있었다.

터널 경계부의 조도변화 경향을 알아보기 위해 2007년 11월 21일 청원-상주 고속도로의 회북터널, 보은터널 그리고 내서3터널에 대한 조도측정 결과를 그림 3에 나타냈다.

전반적인 경향을 분석한 결과, 터널 입구부 조도는 약 4000lux 정도였고, 기본부까지의 조도가 감소하는 구간은 약 400m 였다. 각각의 터널에 대한 측정시간은 다소 차이가 있었으나 객관적인 비교를 위해 터널의 조명방식은 주간모드로 하였고, 비교 터널의 경계부에 사용되는 광원은 고압나트륨램프와 형광램프를 혼용하는 곳으로 선정했다.

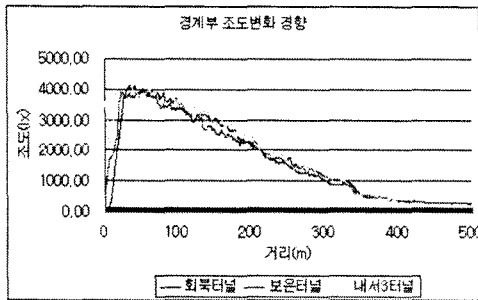


그림 3. 경계부 조도변화 경향

4. 결론

본 연구에서는 60km/h 이상의 고속 운행이 가능한 고성능 터널조명 측정시스템을 개발하여, 현재 설치되어 있는 고속도로 터널을 대상으로 터널조명 실태를 측정함으로써 터널조명의 적절성 여부를 분석하였다.

본 연구에서 사용한 고성능 터널조명 측정시스템을 이용하여 노면의 조도 및 휘도를 측정할 경우 다음의 상황을 주의하여야만 한다.

1) 교통량이 많은 지역은 측정차량과 터널을 통과하는 차량들과의 사이를 충분히 이격시킴으로써 정확한 노면의 휘도와 조도를 측정할 수 있도록 하여야한다.

2) 터널 내부의 조명시스템에 의한 노면의 상황을 분석하기 위해서는 측정 당시의 교통량, 광원의 종류, 조명기구 배열 등의 터널 상황을 정확히 기록해야만 한다.

3) 차량 이동간에 측정이 이루어지기 때문에 측정을 마친 후 재측정을 하고자할 때에는 정확한 측정을 위해 조도센서의 이상유무와 휘도계 조준점에 대한 재확인 작업을 해야 한다.

그리고 터널조명에 대한 적절한 보수를 산정을 위해서는 터널 경년변화에 따른 조명환경을 주기적이면서 장기적으로 측정을 하여 그 변화를 관찰할 필요가 있다.

본 연구는 한국도로공사의 학술연구 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] CIE, CIE 88-2004(2nd edition): Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses, 2004
- [2] IESNA, IESNA RP-22-05: IESNA Recommended Practice for Tunnel Lighting, 2005
- [3] 일본조명학회, Lighting Handbook, 제2판, Ohmsha, 2003
- [4] 한국표준협회, KS 터널조명기준(KS A 3703)
- [5] 한국도로공사, 고속도로 터널조명 에너지절약 및 개선방안 연구, 최종보고서, 2007. 12