

터널조명 시스템의 휘도분포 조사연구

(Investigation of the Luminance Distribution of the Tunnel Lighting System)

金 燾* · 姜 來 哲**

(Hoon Kim · Rae-Chul Kang)

요 약

터널조명에서는 조도와 함께 휘도가 중요하므로, 본 논문에서는 국내 터널을 대상으로 휘도 측정에 의해 터널 조명실태를 조사 분석하였다. 조사대상으로 춘천권 및 수도권의 9개 터널을 선정하여 노면, 벽면, 천정면의 휘도를 측정하였으며, 특히 노면휘도를 IES기준 및 국내 KS기준치와 비교 검토하였다. 조사 분석 결과를 바탕으로 국내 터널조명의 문제점을 지적하고 이에 대한 개선방향을 고려해 보았다.

Abstract

In this paper, the luminances of the domestic tunnel lightings are measured and the results are analysed for investigating lighting problems, since the luminance is also very important in tunnel lighting as illuminance. For the investigations, 9 tunnels in Chuncheon and metropolitan area are selected. The luminance distribution of road surface, wall and dome of the tunnels are measured respectively, and the measured luminances of the road surfaces are compared with the recommended values of the IES and KS. Based on the result of investigation and analysis, the problems in the domestic tunnel lightings are pointed out and the methods to improve them are suggested.

1. 서 론

현대사회가 고도의 산업화사회, 물질 문명사회로 변천해감에 따라 자동차에 의한 도로교통은 그 중요성을 더해가고 있으며, 이에 따른 도로망

의 확충에 의해 교량, 터널 등도 점점 늘어나고 있다. 그런데 다른 도로시설과 달리 터널은 조명 설비가 필수적이며 매우 중요하다.

터널조명 설비는 주·야간 운전자들이 안전하고 쾌적하게 주행할 수 있도록 시계확보를 위하여 시설되는 교통안전 시설의 하나로서, 교통사고에 의한 인명과 재산피해를 줄이는 데 그 중요성이 있다 하겠다. 그러므로 터널조명에서 중점적으로 고려되어야 할 사항은 터널내 운전환경과 주행하는 운전자의 시야상태 개선을 위해 필요한

*正會員：江原大學校 電氣工學科 副教授 · 工博

**正會員：江原大學校 施設課

接受日字：1994年 6月 7日

조도 및 휘도의 확보이다.^{1), 2)}

이를 위하여 터널조명은, 입구접속도로 조명, 입구부 조명, 기본부 조명, 출구부 조명, 출구접속도로 조명 등으로 나누어 구성하며,^{3)~5)} 그중에서도 특히 운전환경 변화의 순응에 가장 중요한 역할을 하는 부분은 입구부 조명이다. 이러한 입구부조명은 다시 터널진입 전에 생기는 BLACK HOLE현상을 해소하기 위한 경계부(Threshold Zone)조명과 터널내의 밝기에 순응하는데 필요한 이행부 및 완화부(Transition Zone)조명으로 세분할 수 있다.^{3), 5)}

터널조명에 대한 종래의 연구 및 시설은 대부분이 조도에 초점을 맞추어 왔으나, 이 경우는 터널 각 부위면에 입사되는 빛의 양만을 고려하므로, 실제 운전자들이 느끼는 쾌적한 운전 환경에는 충분한 효과를 주지 못한다. 왜냐하면 실제로 운전자들이 주행중에 터널 내에서 느끼는 밝기는 터널 각 부위 면에 입사한 빛의 양보다는 그 빛이 반사되어 운전자들의 시야에 느껴지는 빛의 세기, 즉 휘도와 더 관련이 있기 때문이다.

^{6) 7)}

실제로 터널 내외의 휘도 대비에 의한 운전의 불쾌감, 시력 저하 등이 안전사고에 중요한 원인이 되고 있으므로, 터널조명 계획시 운전자의 시야 전방 노면의 휘도가 균일하고 충분하도록 고

려되어야 하고, 야외휘도에서 터널 내의 휘도로 순응하는데 지장이 없도록 터널조명을 계획하여야 할 것이다.

최근 외국에서는 휘도의 중요성을 감안하여 휘도분포를 터널조명 설계에 반영하여 쾌적한 운전환경을 제공하고 있으나, 국내 터널조명의 경우에는 조도 기준만으로 설계되어 휘도와 관련한 안전운전 환경을 충분히 확보해주지 못하고 있는 실정이다.^{6) 7)}

그러므로 본 논문에서는 쾌적한 안전운전 환경 확보를 위하여 국내 터널을 대상으로 휘도측정에 의한 터널의 조명실태를 조사분석하여 문제점을 발견하고 이에 대한 개선방안을 생각해보고자 한다.

2. 터널조명의 고찰

터널조명은 운전자들에게 안전하고 쾌적한 운전환경을 확보해 주는 데 목적이 있으며, 조도와 휘도를 함께 고려하여 터널내외의 환경변화에 빨리 순응할 수 있도록 해야한다. 본장에서는 이러한 목적을 달성하기 위한 터널조명의 구성과 휘도를 중심으로 한 터널조명 기준에 대하여 간략히 고찰해보고자 한다.

2.1 터널조명 구성

터널조명은 입구접속도로 조명, 입구부 조명, 기본부 조명, 출구부 조명, 출구접속도로 조명등 크게 5가지로 구성되어 있으며, 그림 2.1에 그 형태를 나타내었다.

이 중에서도 운전자의 운전환경 변화에 대한 순응에 가장 중요한 역할을 하는 부분은 입구부 조명이다.

2.1.1 입구 접속도로 조명

입구 접속도로 조명은 짧은 시간에 교통의 흐름에 장애가 되거나 위험을 줄수 있는 장애물을 관찰 할 수 있도록 약 100m전에서부터 휘도가 높은 등기구등을 시설하여야 한다. 그리고 접근도로는 어두운 마감을 하고, 터널내 자동차 안전거리(Safe Stopping Sight Distance : SSSD)만큼은 밝은 마감을 하여 휘도차이를 최대한 줄일 수 있도록

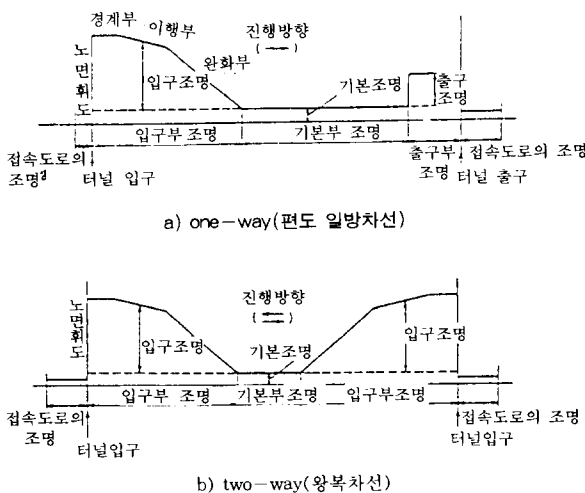


그림 2.1. 터널조명의 구성
Fig. 2.1. Composition of the Tunnel Lighting

한다.⁶⁾

특히 입구 부근에서는 등기구를 터널 바깥에서 볼 수 있으면 좋으며, 표석, 차선도 도움이되나, 높은 휘도의 등기구가 터널의 형상을 파악하는데 가장 좋다.

2.1.2 입구부 조명(Entrance Lighting)

입구부 조명은 경계부 조명과 이행부 및 완화부 조명으로 세분할 수 있다. 운전자가 주간에 3,000~6,000(cd/m²)(조도로 계산하면 10,000~100,000lx)까지 도달하는 밝은 야외도로에서 5~10 [cd/m²]의 터널로 진입하게 되면 매우 짧은 시간에 시야의 밝기는 1/1,000정도로 어두워지므로, 이러한 터널 내외의 밝기 차이에 의해 운전자는 터널 진입전에 Black Hole현상에 직면하게 된다. 이것을 해소하기 위한 조명구간이 경계부 조명이다. 또한 터널내부에 돌입한 직후 밝은 야외 휘도에서 터널내의 휘도에 순응하려면 시간이 요구되며 이를 해소하기 위한 조명구간이 이행부 및 완화부 조명이다.^{3) 6)}

경계부에서는 터널위치, 교통량, 속도에 따라 표 2.1에서와 같이 적합한 휘도를 제공해 주어야 하며 경계부 조명의 길이는 최소(SSSD-15)(m)가 되어야 한다.^{6) 7)}

이행부 및 완화부에서는 경계부에 비해 휘도가 서서히 감소하도록 해야 되며 이때 각 section별로 균등한 휘도감소가 있어야 한다. 이행부에서는 휘도가 경계부 휘도의 1/4배 이상이어야 하며 완화부에서는 이행부 휘도의 1/3이상이 되어야 한다.

2.1.3 기본부 조명(Basic Lighting)

기본부 조명은 주야간에 터널 내에서의 운전자의 시각 인지성을 확보하기 위하여 터널 전체 길이에 걸쳐서 거의 균일한 휘도를 확보하는 조명이다. 이 기본부는 보통 도로조명의 휘도보다 훨씬 높은 휘도레벨을 갖는다. 터널조명설계에 있어서 기본부 조명의 평균노면휘도는 설계속도에 따라 표 2.2를 기준으로 한다.

2.1.4 출구부 조명(Exit Lighting)

운전자가 터널에서 운행중 출구를 보게되면 조명이 빈약한 터널에서는 2대 이상의 자동차가 터널안을 선행(先行)하고 있을 때 터널 출구를 통

하여 보이는 고휘도의 풍경을 배경으로 한 덩어리의 실루엣(silhouette)으로 보이는 White Hole현상으로 인하여 전방 자동차의 주행속도와 거리를 정확하게 판단할 수 없게 된다.

이 때문에 출구 부근에도 완화조명이 필요하게 되는데 출구부 조명은 터널내부로부터 그 출구

표 2.1 경계부의 평균 휘도값(IES 추천치)⁸⁾
Table 2.1 The Average Luminance Value of Threshold Zone

| 터널의 특징 | 교통속도 [km/h] | 교통량 AADT | | | |
|--|----------------|----------|-----------|--------|------|
| | | <25 | 25-89,999 | 90-150 | >150 |
| 1) 산악터널, 눈이 쌓인 점진적 경사면 터널, 인접건물이 없는 터널, 강주위 터널, 동/서 터널방향 | >81 | 210 | 250 | 290 | 330 |
| | 61-80 | 180 | 220 | 260 | 300 |
| | ≤60 | 140 | 185 | 230 | 270 |
| 2) 급경사, 또는 눈이 쌓일 수 없는 터널, 입구부주변이 일년내내 중간 정도의 밝기를 갖는 터널 | >81 | 145 | 175 | 205 | 235 |
| | 61-80 | 130 | 160 | 190 | 220 |
| | ≤60 | 105 | 140 | 170 | 200 |
| 3) 숨겨진 입구를 갖는 터널, 입구주변에 건물이 있는 터널, 외부의 밝기조절을 위해 인위적 조치를 취한 터널, 남/북방향 | >81 | 80 | 100 | 115 | 130 |
| | 61-80 | 70 | 90 | 105 | 120 |
| | ≤60 | 60 | 80 | 95 | 110 |

AADT : Average Annual Daily Traffics in Both Directions.

(양방향 일일통행량의 연평균치)

표 2.2 기본부 추천 휘도와 조도
Table 2.2 Luminance and Illuminance of Basic Lighting

| 설계속도 [km/h] | 평균노면휘도 [cd/m ²] | 환산평균조도[lx] | |
|----------------|--------------------------------|------------|--------|
| | | con'c | 아스팔트포장 |
| 100 | 9 | 120 | 200 |
| 80 | 4.5 | 60 | 100 |
| 60 | 2.3 | 30 | 50 |
| 40 | 1.5 | 20 | 35 |

를 향해 최소한 70[m]이상에 걸쳐서 출구부를 통해 측정된 야외휘도값의 1/10이상의 값인 30 [cd/m²] 이상을 주는 것을 원칙으로 한다.

2.1.5 출구 접속도로 조명

출구 접속도로 조명은 야간시 터널 내의 밝은 부분을 주행한 자동차가 터널밖으로 나올 때 출구외부의 암흑부에 설치하여 야간에 원활한 휘도 순응이 되도록 하는 완화조명이다. 보통 조명이 설치되는 길이는 터널내의 밝기와 설계속도에 의해 변하지만 일반적으로 360~260[m] 정도로 한다.^{7) 8)}

2.2 터널조명 설계시 고려사항

터널조명설계는 교통량과 속도, 외부휘도, 터널 종류, 터널휘도, 조명과 전기설비 등을 고려하여 안전성, 쾌적성, 경제성을 기할 수 있도록 터널 조명설계를 하여야 한다.

1) 교통량과 속도 : 많은 교통량과 빠른 속도의 터널은 그보다 적은 교통량과 느린 속도의 터널보다 더 높은 휘도가 필요하다.

2) 외부 휘도 : 운전자는 터널에 들어가기 전에 터널 입구주변의 시각적인 광경의 휘도에 먼저 순응되어 있다. 그러므로 외부휘도의 영향을 완화할 수 있도록 입구부 조명이 설계되어야 한다.

3) 터널의 종류 : 터널이 선형인 경우에는 경계부 조명이 필요하다. 그리고 자동차 안전거리(SSSD)보다 긴 터널에서는 앞절에서 설명한 여러개의 조명구간이 필요하다.

4) 터널 휘도 : 주간 터널에서는 밝은 야외 휘도에 순응된 눈으로 터널내의 장애물을 안전하게 확인할 수 있도록 야외휘도와 설계속도에 따른 적정 휘도를 갖추어야 한다.

5) 광원 및 조명기구 : 터널 조명에 사용하는 광원을 선정할 때에는 수명, 효율, 광색과 연색성 등의 램프특성에 유의하면서 터널구조와 환기상황등의 제조건을 함께 고려하여야 한다. 그리고 조명기구의 배치는 휘도의 분포에 의한 플리커현상, 유도, 보수의 편의성을 고려하여야 한다.

6) 비상은 조명 : 200[m]이상의 터널에는 원칙적으로 정전시에 대비하여 예비전원에 의한 비상용 조명을 할 수 있도록 설계되어야 한다.

3. 국내 터널조명의 실태조사 및 분석

앞에서 살펴본 바와 같이 터널내 운전환경과 주행하는 운전자의 시야상태 개선을 위해서는 조도와 함께 충분한 휘도가 확보되어야 한다. '91년 말을 기준으로 우리나라에 설치되어 있는 도로터널의 수는 모두 87개 인데,¹⁴⁾ 국내 터널조명의 대부분은 조도기준으로 설계되어 있을 뿐만 아니라 터널조명의 현격한 효율저하로 쾌적한 운전환경을 위한 휘도가 확보되지 않아 안전운행에 많은 지장을 초래하고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 국내 터널 조명의 문제점을 알아보기 위하여 현재 설치된 터널 중 주로 국도변에 위치한 터널을 중심으로 휘도측정에 의한 터널의 조명실태를 조사하였다.

3.1 조사내용

춘천권 및 수도권권을 중심으로 시설된 의암, 느릿재, 마치(상, 하), 금화, 가락재, 사직(상, 중, 하)터널을 대상으로 터널조명의 휘도분포를 조사하였다. 조사대상의 선정은 터널 내외부 휘도대비가 심하여 운전환경이 열악한 터널(의암, 느릿재, 마치터널 등)과 상대적으로 운전환경이 양호한 서울권역의 터널(금화, 사직터널 등)을 골고루 선정하였다. 조사대상 터널들의 주요제원은 표 3.1와 같다.

휘도측정에 사용한 계측기는 미놀타 LS-110 휘도계(국립공업기술원 소장 : 측정범위 0.01-999900[cd/m²]이며, 주간휘도를 측정하였다. 운전자의 눈 높이에 대응하여 도로갓길에서 1.5[m] 높이에 휘도계를 설치하고 터널내 벽면, 천정면, 노면 등 3곳의 휘도를 각각 측정 하였다.

3.2 조사결과분석

터널 안을 주행하는 운전자의 시야의 표준상태는 천정면, 벽면, 노면 등 각면 휘도의 합을 그 순응휘도로 한다. 또한, 노면에 구배가 있는 경우와 터널이 선형인 경우 전체의 1/3전후로서 벽면과 노면이 같은 정도의 중요성을 갖는다. 그리고 터널안을 주행하는 운전자의 운전환경을 개선하기 위해서는 터널안의 각면을 되도록 밝게하여

운전자의 순응휘도를 높이고 그 시력을 좋게하여 휘도대비가 작은 것까지 잘 보이도록 하는 것이 중요하다. 따라서 터널안을 주행하는 운전자의 시환경을 개선하기 위하여 벽면의 휘도를 중시하는 것에 덧붙여 실제 터널 내 안전운행에 가장 중요한 노면휘도를 중심으로 조사대상의 측정치를 IES규격 및 KS규격에 의한 설계기준치와 비교하여 그림 3.1~3.6까지 나타내었다.

3.2.1 의암터널

의암터널은 경춘국도변에 위치한 대면 1차선을 가진 터널('93. 11. 현재기준)로서, 터널길이는 짧으나 구부러져 있어 입구에서 출구가 보이지 않고, 입구부에서 운전자의 시야에는 터널벽면이 주 배경으로 되는 지형상 동/서로 관통하는 선형 터널이다. 벽면에는 자기질타일을 부착하여 조명 효율을 높였다. 도로주행시 터널입구의 등기구가 운전자의 눈방향과 같아서 눈부심으로 인한 불편감을 느낄수 있었다.

의암터널의 경우 터널입구 10[m]까지는 기준 휘도보다 높게 나타나고 있으나 전체적인 입구부 조명은 기준에 모자라는 편이며 천천히 변화하지 않고 급격한 감소를 보인다. 현재 대면통행 터널

표 3.1 터널의 주요제원

Table 3.1 Major Specifications of Tunnels

| 제원 터널명 | 조명등구 | 설계속도 | 터널길이 | 통행차선 | 벽면특성 |
|-----------|---------|--------|----------------------------|-------------|----------------------|
| 의 암 | 고압나트륨램프 | 60km/h | 290m | 1차선 대면통행 | 백색타일 부착 (2.5m) |
| 마 치 | 고압나트륨램프 | 60km/h | 上313m 下276m | 2차선 일방통행 | 매연으로 시계불량 |
| 느랏재 | 고압나트륨램프 | 60km/h | 660m | 1차선 대면통행 | 백색타일 부착 (2.5m) |
| 가락재 | 고압나트륨램프 | 60km/h | 590m | 1차선 대면통행 | 백색타일 부착 (2.5m) |
| 금 화 | 고압나트륨램프 | 70km/h | 555m | 2차선 일방통행 | 백색타일 부착 (2.5m) |
| 사 직 | 저압나트륨램프 | 70km/h | 上 146m 中 136m 下 126m | 2차선 일방통행 | 백색타일 부착 (2.5m) |

이나 일방통행 터널로 운영될 계획이다.

개선방안으로는 접근도로의 마감을 어둡게 하거나 터널입구 10[m]전부터 나무 등을 설치하고, 산을 깎아낸 부분은 돌산 그대로 두지 말고, 법면보호(초류종자 파종 등)를 하여 터널주위의 야외휘도를 낮춤으로써 눈이 부시지 않게 하여야 한다.

3.2.2 마치터널

마치터널은 중간부분이 높고 입출구 부분이 낮아 입구 진입시 운전자의 시야에 바닥, 천정이

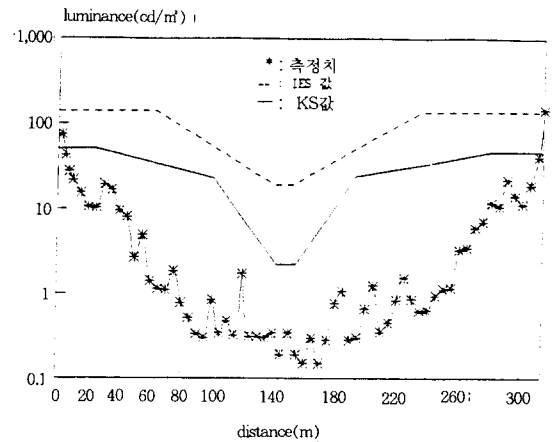


그림 3.1 의암터널의 노면휘도곡선
Fig. 3.1 Road Surface Luminance Curves of EUAM Tunnel

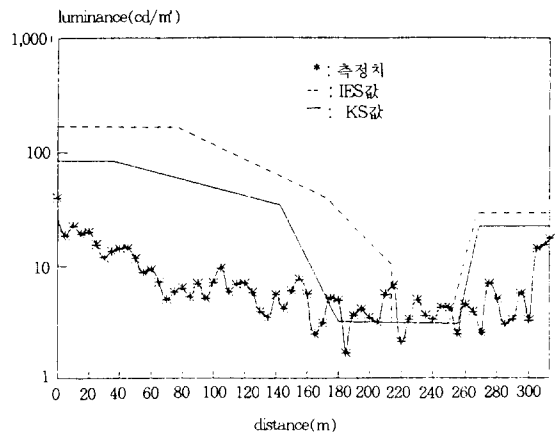


그림 3.2 마치터널(상)의 노면 휘도곡선
Fig. 3.2 Road Surface Luminance Curves of MACHI(a) Tunnel

주배경이 되며, 급경사의 산악 터널이다. 입구부 주변은 일년내내 중간정도의 밝기를 갖는 동/서 방향의 터널이다. '92년 측정시에는 터널내 노면 휘도가 기준치에 훨씬 못미치는 불량한 상태였으나 '93년 터널내 조명기구를 증설 보완하여 이전 보다는 많이 개선되었다.

마치터널의 경우 터널진입시부터 충분한 휘도가 확보되지 않았다. 그리고 입구부조명은 휘도

감소가 서서히 되어야 하나 전반적으로 기본조명의 휘도상태에 머무르고있는 실정이었으며 출구 부조명은 기준치와 비슷하였다. 따라서 터널입구부 조명설비의 증설보완이 필요하며 터널내부의 청소를 주기적으로 실시하여 벽면휘도 개선을 하여야겠다. 또한 자기질타일로 벽면 일정한 높이까지 부착하면 터널내의 휘도는 높아질 것이다. 그리고 터널입출구에는 오염에 강한 상록수종류

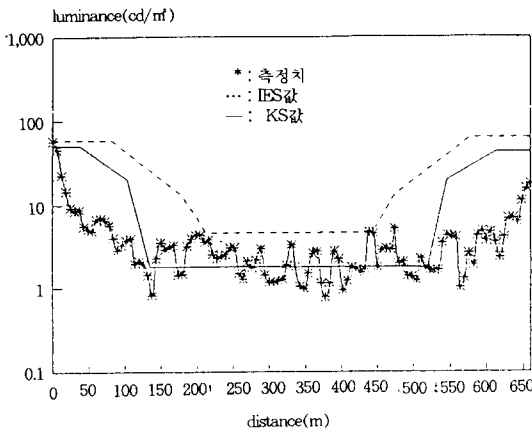


그림 3.3 느랏재터널의 노면휘도곡선
Fig. 3.3 Road Surface Luminance Curves of NEURAJAE Tunnel

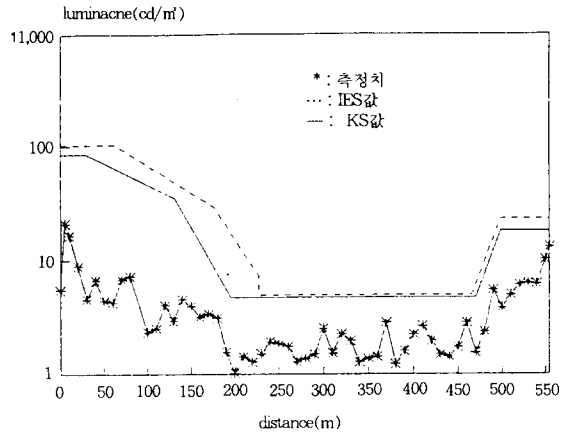


그림 3.5 금화터널의 노면휘도 곡선
Fig. 3.5 Road Surface Luminance Curves of KEUMHWA Tunnel

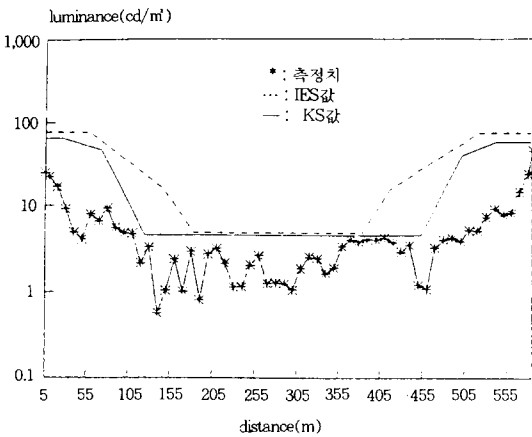


그림 3.4 가락재터널의 노면휘도곡선
Fig. 3.4 Road Surface Luminance Curves Curve of GARAKJAE Tunnel

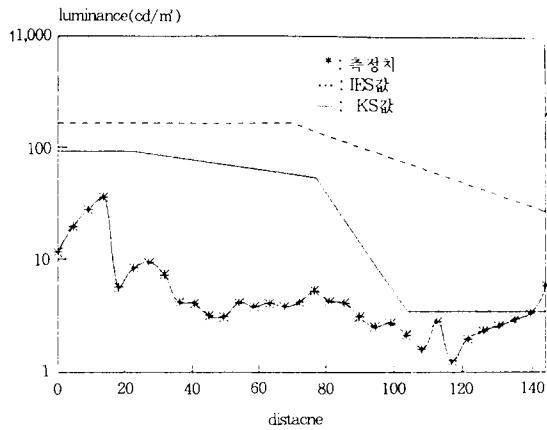


그림 3.6 사직터널(상)의 노면휘도 곡선
Fig. 3.6 Road Surface Luminance Curves of SAJK (a) Tunnel

의 나무들을 심어 터널진입시 휘도대비가 작도록 해야할 것이다.

3.2.3 느랏재 터널

느랏재터널은 1차선 대면통행의 터널로 산속에 위치하며, 남/북으로 관통되어 있어 자연환기가 잘되고 있었으며, 터널내 벽면 2.5(m)까지 타일을 부착하여 조명효율을 높였다.

느랏재터널의 경우 입출구부 조명이 서서히 감소되어야만 순응이 가능하나 급격한 변화로 기준에 미치지 못하였다. 그러나 기본부 조명은 기준치에 접근하고 있으며 터널이 산 중턱에 위치하고 있어서 터널 입구부 10(m)까지는 자연광이 직접 들어오게 되어 있었다. 그러나 조명등의 일광 점멸기가 주, 야간 2단계로만 자동 점, 소등하게 되어 있어 일기변화 등에 즉각 대응하지 못하는 문제가 있었으며 터널 내부에서는 플리커현상으로 인해 불편감이 있는 바, 터널 내부에는 용량이 작은 램프를 다수 설치하여 일정한 밝기를 유지하면 플리커현상을 줄일 수 있을 것이다.

3.2.4 가락재 터널

가락재 터널은 춘천군 동면에 위치한 1차선 대면통행의 터널로 산속에 위치하며 남/북으로 관통되어 있어 자연환기가 잘되고 있었으며, 터널내 벽면 2.5m까지 타일을 부착하여 조명효율을 높였다. 입, 출구 접속도로 조명이 설치되어 일광 점멸기에 의해 동작이 되게 하였다.

가락재터널의 경우 590(m)의 길이를 갖는 남북 방향의 1차선 대면통행터널이다. 휘도분포의 대칭성은 어느 정도 확보되어 있으며 입구부 조명의 휘도 분포가 기준치에 미치지 못 하였으나 입, 출구부에 30(m)의 Optical Guidance가 설치되어 있다. 플리커현상으로 인해 운전 중 불편감을 느꼈으며, 느랏재터널과 마찬가지로 터널내부의 등기구 용량을 적절히 조절하여 설치간격을 크게 하지말고 줄이는 대신 작은 용량의 램프를 설치하면 플리커현상을 줄일 수 있으리라 생각한다.

3.2.5 금화 터널

금화 터널은 서울시내 터널로서, 48번 국도에 위치하고 있었으며, 동/서 방향의 2차선 일방통행 터널이다. 터널길이는 555(m)이며 중앙등기구 배열방식을 채택하여 터널내 조명 효율이 매

우 높았으며, 입, 출구에 접속도로 조명 및 Optical Guidance도 잘 갖춰져 있었고 노면휘도가 균일하였다. 출구부 조명 및 기본부 조명이 일정하여 도로 통행시 편안하였으나 입구부의 휘도분포는 기준치보다 낮았다. 그러나 야간에도 주간과 마찬가지로의 밝기를 가져서 도로주행시 눈부심이 있는 바, 주, 야간 야외휘도 변화에 대해 터널부의 조명등을 조절하도록 하여야 할 것이다.

3.2.6 사직 터널

사직 터널은 서울시내에 위치한 48번 국도터널로서 모두 3개의 터널로 이루어져 있다. 상터널은 세종로/독립문 방향의 2차선 일방통행이었으며 하터널은 독립문/세종로 방향의 2차선 일방통행이었다. 그러나 가운데 있는 터널은 가변차선에 의한 1차선 대면통행이었으며, 터널길이는 126-146(m)로 짧았으나, 중앙배열 등기구 조명방식을 채택하여 노면 전체에 비교적 고르게 휘도가 분포하였다.

사직터널(상)의 경우 터널 길이는 146(m)로 짧은 편이나, 중앙 등기구 배열방식을 채택 하였으며, 터널입구에서 10(m)까지는 등기구가 설치되어 있지 않아 곡선에는 보는 바와 같이 터널 입구내의 경계부 조명은 떨어졌다가 점점 밝아지는 것을 알 수 있었다. 개선방안으로는 터널입구 10(m)에도 조명 기구를 설치하고, 터널내 주기적인 청소 실시로 벽면의 타일을 항상 깨끗하게 하여야 겠다.

그림 3.1~3.6에서 볼 수 있는 것처럼 대부분의 터널 노면 휘도가 국내 터널조명기준에 많이 미치지 못하고 있다. 국내 터널조명기준이 IES기준보다 상당히 낮은 수준임을 감안하면 현재 설치되어 있는 국내 터널의 조명 상태로는 운전자에게 안전하고 쾌적한 운전환경을 제공하기 힘들다고 판단된다.

안전운전 환경의 제공에 가장 중요한 부분이 입구부 조명이라고 볼 수 있는데 조사된 터널의 실태는 기준에 상당히 못 미치는 값으로 드러났다. 우선 경계부의 길이가 충분히 확보되지 못하고 있고 경계부에서 제공되어야 할 휘도기준에 많이 미달되고 있으며, 이행부와 완화부를 거쳐

서서히 감소되어야 함에도 불구하고 기본부 휘도 값으로 급격히 감소하여 운전자가 야외 휘도로부터 터널 내부의 운전환경으로 순응하는데 필요한 조건을 제공하지 못하고 있다. 그리고 기본부 조명에 있어서도 대부분의 터널이 기준치를 확보하지 못하고 있다. 또한 전반적으로 측정오차를 감안하더라도 터널 내부 내에 각 부분의 휘도분포의 균질성이 확보되지 못하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 운전중에 불쾌감, 시력저하 등을 일으킬 가능성이 있다고 판단된다.

대면 통행의 경우, 휘도분포의 대칭성은 대체로 확보되고 있는 것으로 나타났으며 일방통행의 경우 출구부 조명의 길이가 충분하지 않는 것으로 드러났다. 마치터널을 제외한 전 터널은 벽면에 타일로 마감재가 되어 있어 벽면 휘도가 노면 휘도 보다 높게 측정되었다. 그런데 일부 터널에서는 노면 휘도와 벽면 휘도의 차이가 극심한 것으로 나타났는데 쾌적한 운전환경을 위해서는 이러한 차이를 더 감소시키는 방안을 강구해야 할 것으로 판단된다. 그 외에도 대부분 터널 시설이 유지보수가 적절히 이루어지지 못하여 설치되어 있는 조명 시설의 효율이 상당히 저하되는 문제점을 드러냈으며, 터널조명의 운용이 일광점멸기로 주야간 2단계로만 자동 점소등 되고 있는 실정으로서 일기 변화와 교통량 변화 등의 환경변화에 적시에 대응하지 못하고 있는 것도 문제점이라고 판단된다. 또 다른 문제점으로는 조명기구의 설치 및 배치가 일부 부적절하여 운전자에게 눈부심이나, 휘도의 불균일성을 유발하고 있는 것으로 드러났다. 또한 대부분의 터널에 비상용 조명이 시설되어 있지 않아 갑작스런 정전시에 교통안전에 상당한 위험을 초래할 수 있는 것으로 드러났다.

3.3 터널조명의 개선 방안

조사결과 분석에서 볼 수 있듯이 국내의 터널 조명 실태는 많은 문제점을 안고 있는 것으로 드러났다. 안전운행과 쾌적한 운전환경을 제고하기 위해서는 우선 국내 터널조명 기준이 IES 기준에 더 접근되도록 강화되어야 한다고 생각한다. 조사 결과의 분석에서 지적된 문제점들을 개선하

기 위하여 다음과 같은 방안을 생각해 볼 수 있을 것이다.

첫째로 입구부 조명설비와 관련하여 터널입구부에 가능하면 자연채광이 되도록 시설하며, 터널진입전에 스크린을 설치하거나, 나무 등을 심어 실제 터널입구부의 휘도가 야외 휘도와 대비차가 적게하여 터널내 순응에 적응토록 해야겠다.

둘째로 현재 일광점멸기에 의한 주야간 2단계로만 자동점소등되는 터널조명설비의 효율적 운용을 위해서는 일기변화, 교통량이 적은 심야 등, 작동단계를 세분화시켜 주간에는 맑음 흐림(비), 일출, 일몰, 야간, 심야 등 5단계 이상으로 점소등함으로써 통행차량의 안전운행을 기하도록 해야겠다. 즉, 일기변화에 따른 터널내 조명휘도가 적절하게 자동으로 조절되게 하여 운전자의 터널 순응에 적응토록 하여야 겠다.

셋째로 터널의 형태와 주위환경 등을 고려하여 효과적인 터널조명의 설치와 배치, 조명기구의 선정, 벽면 마감재의 선택 등을 통하여 눈부심과 휘도의 불균일을 방지할 수 있도록 해야 할 것이다.

그의 시설되어 있는 터널조명설비의 유지보수를 철저히 함으로써 조명설비의 효율저하를 막을 수 있도록 해야한다.

4. 결 론

터널조명에서는 안전하고 쾌적한 운전환경의 제공을 위해 조도와 함께 휘도에 대한 고려도 중요하다. 따라서 본 논문에서는 춘천권과 수도권 의 9개 터널을 선정하여 휘도 분포측정에 의한 국내터널 조명 실태조사를 실시하고, 그 문제점을 분석하였다. 국내터널 조명은 K. S 기준자체가 IES기준보다 상당히 낮았음에도 불구하고 대부분의 터널이 K. S기준에 많이 미달한 것으로 나타났다. 특히 운전자가 터널내외의 운전환경 변화에 순응하는데 가장 중요한 입구부 조명에 있어서 기준 휘도에 미달될 뿐만 아니라, 휘도분포가 급격히 감소함으로써 순응에 충분한 조건을 확보해주지 못하고 있다는 것으로 나타났다.

이러한 여러가지 문제점들을 해결하여 안전운행을 보장하기 위해서는 우선 국내터널조명 기준이 IES기준에 가깝게 강화되어야 할 것으로 판단된다. 그리고 현재 드러난 문제점의 개선 방안으로는 특히 입구부 조명과 관련하여 터널 진입전에 적절한 영역을 설정하여 스크린 등의 배치로 입구부 휘도와 야외 휘도차의 대비가 적게 되도록 한다든지 터널 조명 설비의 효율적 운용을 통해서 일기변화, 교통량 변화 등 환경변화에 따른 휘도의 조정을 적절히 할 수 있도록 하며 터널의 상황을 고려하여 조명기구의 선정, 설치 및 배치를 적절히 선택하여 사용하도록 해야 한다. 이와 같은 개선 방안 등을 터널조명 설계 및 운용시 반영하여 주야간 운전자들이 안전하고 쾌적하게 주행할 수 있도록 하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1) 손경호, 도로조명 시스템 설계기준 및 개선에 관한연구, 연세대, 1988.
 2) 지철근, 최신 조명공학, 문운당, 1988.

3) KOREAN INDUSTRIAL STANDARD, Recommendation for Lighting of Traffic Tunnels, 1987.
 4) 김용구, 터널조명시스템 설비에 관한 연구, 연세대 석사학위 논문, 1986.
 5) 오홍식, 고속도로의 터널 조명설비 개선 방안에 관한 연구, 연세대 석사학위 논문, 1988.
 6) Illuminating Engineering Society Lighting Handbook, Application Volume 1987, pp 14.22 - 14.25
 7) D.A.Sohreader, The Light of Vehicular Traffic Tunnels, Phillips Library, 1964
 8) 成定康平, Tunnel Lighting, 일본조명학회지, Vol.67, NO.4 1983.
 9) 板本正悦, 터널조명의 휘도형 자동조광장치, 일본조명학회 논문집, Vol.2, NO.7, 1986
 10) 지철근, 절전식 조명장치 및 시스템 설계기준, 공업진흥청, 1985.
 11) 한국도로공사, 전기시설물 관리지침, 1989.
 12) 서울특별시, 도로기전시설 계획 및 유지관리 요령, 1988
 13) 한국도로공사, 도로기술 지침서, 1986
 14) 건설부, 건설통계편람, 1992.

◇ 著 者 紹 介 ◇



강 래 철(姜來哲)
 1962年 10月 3日生, 1991年 서울產業大 電氣工學科 卒, 1994年 江原大産業大學院 電氣工學科 卒(碩士), 現在 江原大學校 事務局 施設課



김 훈(金 燦)
 1958年 8月 6日生, 1981年 서울大工大 電氣工學科 卒, 1983年 서울大大学院 電氣工學科(碩士), 1988年 서울大 大学院 電氣工學科(博士), 現在 江原大 工大 電氣工學科 副教授, 當學會 編修理事