

터널조명방식의 국제동향 및 비교평가 연구

Investigation of International Trend and Comparison In Tunnel Lighting System

김형권¹ · 한종성 · 한재웅 · 김호운
(Hyeong-Kwon Kim · Jong-Sung Han · Jae-Ung Han · Hoon Kim)

요약

본 연구에서는 터널조명 시스템에 대한 국제적 동향을 알아보기 위해 일본과 유럽의 터널조명 시스템에 대하여 자료를 수집하였다. 이러한 자료를 근거로 Lightscape 시뮬레이션 프로그램과 경제성 평가도구 WEELS를 이용하여 터널의 기본부를 조명하는 광원의 종류, 주간과 야간, 터널 설계속도 그리고 기구배열 방법에 따라 터널조명시스템에 대한 비교평가 연구를 진행하였다.

1. 서 론

본 연구에서는 해외 터널조명의 추세를 조사하고 이를 바탕으로 이를 반영하여 국내 실정에 적합한 터널조명 시스템에 요구되는 여러 고려사항들을 비교 평가하였다.

등기구 배열방식은 중앙배열, 대칭형 배열, 편측배열로 정하고 각각 사용광원의 종류에 따라 분류하였다. 터널내 기본부 조명에 대하여 표 1과 같이 모의상황을 설정하고 광원의 종류, 배열방식, 조명시간 등의 조명방법에 차이를 두고 설계조도값을 달성하는 등기구의 간격을 Lightscape 프로그램으로 찾았다.

최종적으로는 경제성평가도구인 WEELS를 이용하여 터널조명시스템을 비교·평가했다[2].

2. 터널시스템의 구성

터널 조명은 입구부 조명, 기본부 조명, 출구부 조명, 접속도로 조명 및 비상 조명으로 구성된다. 주간에 도로를 주행하는 자동차 운전자는 야외 휘도에 순응한 상태로 터널에 접근하기 때문에 운전자에게 터널 내부는 모두 암흑으로 보여, 터널의 내부는 잘 식별되지 않는다. 이러한 장해를 경감하기 위하여 입구부에 설치한 조명설비를 입구부조명이라 한다.

표 1 시뮬레이션 설정치

Table 1. The Set Points of Simulation

사용광원	형광등 32W*3 고압나트륨 150W, 250W 무전극 램프 100W, 200W 콤팩트 랜턴힐라이드 70W, 150W
터널제원	길이 : 300m(기본부), 높이 : 7.43m 밀급형 2차로 터널
반사율	천정 : 0 벽부 : 평균 0.3 노면 : 0.1
등기구 배열	천정 중앙, 대칭배열 : FL, HPS, 무전극램프 천정 편측배열 : CMH
등기구 설치	높이 : 노면에서 6m, 간격 : 배열/배광특성 고려
보수률	0.6 고정
설계/시뮬레이션	AutoCAD/Lightscape

기본부 조명이란 터널 전체에 걸쳐 원칙적으로 조명 기구를 일정 간격으로 배치하여 조명하는 것으로, 주간에 터널 외부로부터 터널에 진입한 자동차 운전자가 입구부 조명 구간을 통과하여 거의 정상적 시각 상태에도 달한 후의 조명을 말한다.

주간에 터널 내부에서 출구부를 보았을 경우 출구가 대단히 밝은 배경으로 되고 출구부근에 있는 모든 장해물은 검은 실루엣으로 보이며 쉽게 보인다. 그러나 출구부 야외의 휘도가 대단히 높은 경우, 교통량을 많게 하기 위하여, 차간 거리가 짧게 되어 선행하는 차는 실루엣이 개구부의 일부를 가리는 경우 선행하는 차를 따라가는 작은 차나 낙하물 등을 식별하기가 곤란하다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 자동차의 후면을 적당히 조명할 필요가 있는데 이것이 출구부 조명이다.

야간에 터널 접속도로에는 입구부, 출구부 모두 조명을 설치한다. 입구부의 조명은 입구부 부근의 도로 폭의 변화를 알리기 위한 것이고, 출구부 조명은 터널 내에서 접속도로의 상황을 파악하도록 설치하는 것이다. 비상조명이란 고속도로 터널 내를 주행 중 갑자기 정전을 당하면, 갑자기 어두워진 터널 내를 주행하던 자동차는 매우 위험한 상황에 처하게 되는데 이러한 현상을 방지하기 위한 조명시설을 의미한다.

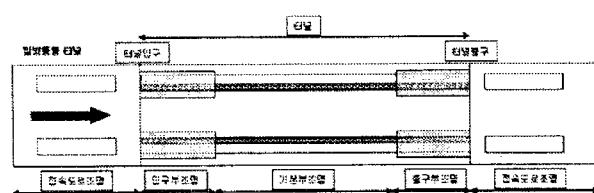


그림 1 터널조명의 구성
Fig 1. The Composition of Tunnel Lighting

3. 터널조명 시스템의 국제적 동향

3.1 일본

표 2는 1991년부터 2007년까지 일본조명학회지에 게재된 자료를 바탕으로 정리한 일본의 터널조명에 대한 내용 중 일부분을 나타낸 것이다.

1990년대 초·중반 일본에서는 CIE에서 추천하는 휘도등급 $9\text{cm}/\text{m}^2$ 에 적합한 터널조명 시스템 구현을 위해 각 지역의 터널들에 대한 개수·보수공사를 시행하였다. 당시 사용된 조명기구용 램프는 주로 저압나트륨램프와 고압나트륨램프로 등기구의 배열을 대칭형으로 하였다.

1990년대 후반부터 터널의 기본부에 사용되는 램프가 다양해 졌으며 등기구의 배열 방식에도 변화가 생겼다. 저압나트륨등의 사용이 줄어들었으며 고주파 형광램프, 무전극 방전램프, 콤팩트 형광램프, 세라믹 메탈헬라이드램프 등 다양한 램프가 터널의 기본부에서 광원으로 사용되었다. 또한 등기구의 배열에서도 대칭형 배열뿐만 아니라 터널의 중앙배열 및 편측배열의 조명방식도 새롭게 도입되었다.

조명기구의 배광방식으로 대칭형, 비대칭형, 카운터 빔, 프로 빔의 배광을 사용하고 입구부, 기본부에 사용되는 램프를 각각 채택하고 있었다.

표 2. 일본의 터널조명(일본조명학회지)

Table 2. The Tunnel Lighting of Japan Journal of the illuminating engineering institute of Japan)

년도	설치장소	기초 조명설정				조명방식				
		LUX	WATT	WATT/M²	주광방향	CFL*	세로등	벽등	거울	방수
1991	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1992	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1993	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1994	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1995	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1996	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1997	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1998	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1999	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2000	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2001	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2002	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2003	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2004	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2005	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2006	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2007	新潟県	●	●	●	●	●	●	●	●	●

표 3 여러 국가들의 조명시스템

Table 3. The Lighting System of several Countries

터널명	사용광원	기구배열	기타
Malmashin (Spain)	FL 58W*2 HPS 400W*2	중앙 대칭 벽부 대칭	연속조명
Suez Canal (Egypt)	FL 58W*2	천정 대칭	연속조명
Cointe (Belgium)	FL 80W T5	편측배열	터널모형에 따른편 측배열
Wadi Mudik (USA)	FL 58W*2 HPS 150W*2	천정 대칭	
Berg Bock (Germany)	HPS 150W*2	천정 중앙	
Prapontin (Italy)	LPS 131W*1	천정 대칭	
Porte Champeret (France)	LPS 131W*1 HPS 400W*2	벽부 대칭	짧은 지하도 터널 비 대칭 배광활용
Puymorens (France)	LPS 131W*1 CFL 55W*2	천정 대칭	
Chinook Centre (USA)	MH 250W*1 HPS 400W*1	천정 대칭	컷오프 45도, IP66등급, 조명파이프와 혼용운 영

3.2 유럽 및 기타 국가의 동향

독일, 프랑스, 스페인 등 여러 유럽 국가들과 미국, 이집트 등의 나라에서 운영하고 있는 터널조명 시스템을 여러 웹사이트와 인터넷 기사들을 바탕으로 조사하고, 터널조명에 주로 사용되는 광원과 기구 배열방식 및 기타 사항을 표 3에 나타냈다.

주로 사용되는 광원으로는 형광등, 고압나트륨, 저압나트륨, 콤팩트 형광등, 메탈헬라이드 램프가 있다. 기구 배열은 설치 위치에 따라 천정형과 벽부형으로 나뉘고 배열방식에 따라 중앙배열, 대칭형배열, 편측배열을 이용하고 있다. 또한 운전자로 하여금 터널을 선형 특성을 잘 인식시키기 위해 조명파이프와 혼용하여 사용하는 시설도 있다.

4. 터널조명 시스템 비교평가

4.1 터널조명 시스템 시뮬레이션

본 연구에서는 AutoCAD와 Lightscape 프로그램으로 그림 2와 같이 고속도로의 2차로 확폭 터널을 설계했다.

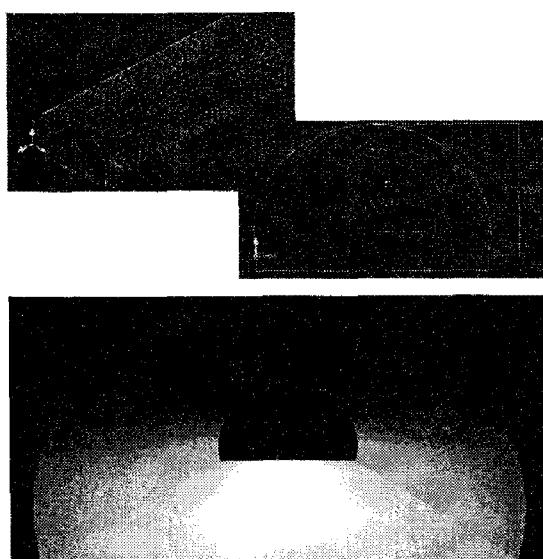


그림 2 터널 단면도
Fig 2 A partial cross section of tunnel

4.2 터널조명 시스템 평가표 구성

고속도로의 터널에 설치된 조명시스템은 광원, 조명기구, 설치 및 운용의 방식에 따라 그 종류가 매우 다양하다.

표 4는 터널의 기본부에 대해 주간과 야간으로 구분하고 사용광원과 등기구의 설치방법에 따른 결과를 비교한 표이다.

표 4 주야간 터널조명 시스템 평가표
 Table 4 The estimation table for tunnel lighting system

4. 3 결과 분석표 작성

본 연구에서는 고압나트륨 150W, 200W, 형광등 32W, 무전극 램프 100W, 200W 그리고 콤팩트 메탈헬라이드 70W, 150W 을 대표적인 터널조명용 램프로 선정하고, 시뮬레이션을 통해 터널 조명의 조건을 변화시키며 각각의 상황에 따라 발생되는 결과를 표 5에 정리했다.

표 5 주야간 터널조명 시스템 비교평가표
Table 5 The comparative table for tunnel lighting system

5. 결론

국내외의 터널조명 방식을 조사했고 터널조명시스템의 비교평가에 고려될 수 있는 사항들을 선정하였다. 또한 실제상황과 유사한 터널을 시뮬레이션하

고 터널의 특성에 따른 조명방식의 변화를 평가할 수 있도록 터널의 구조적특성과 설계특성에 따라 경제적인 평가가 가능하도록 표를 작성하여 다양한 측면에서 상호비교 되도록 하였다.

계산에 사용한 데이터를 보다 정확하게 보완하여 개선할 예정이다.

참고문헌

- [1] 건설교통부 “도로터널 조명시설의 설계기준”
 - [2] 심상만, “조명시스템의 경제성 평가를 위한 도구 개발”, 2000.8
 - [3] 일본조명학회지 8월호, 1991년 ~ 2007년
 - [4] IESNA RP_22_05
 - [5] CIE 88_2004
 - [6] 김기훈 외, “광원의 종류에 따른 터널조명 설비의 실태조사 및 경제성 평가”, 추계학술대회 논문집 2001.11