



## 교통도로 TUNNEL 조명의 이해( I )

### The Understanding of Road TUNNEL Lighting



李 殷 豊\*

Lee, Eun Poong

\*건축전기설비·소방설비기술사, (주)미동

엔지니어링 기술사 사무소 대표.

E-mail: ELECM1@chollian.net

Until the first stage of the 1990's years, Korean are not concern so much the facilities of traffic tunnel, because of them are the short length and also the quantity of them are not over the several tens in Korea.

But, in latest many tunnels has been constructed and are designed in expressway and local national roads. The government office concerned forecast the numbers of tunnel are increased about 300 until the 2003 years, and then we need more interesting about the facilities of tunnel.

In the tunnel, the first above of all important facilities is lighting installations which are required much electric energy and continuing maintenance.

#### 1. 터널 조명의 특성

일반도로에서의 조명은 원활한 교통소통과 교통안전의 측면에서 대부분 야간에만 필요로 하지만 터널의 경우는 주야간 조명이 필요하며, 특히 주간에는 터널 입·출구에 상당히 높은 조도(照度)의 조명을 필요로 하는 것이 특징이다. 입구부 조명은 일반적인 조명 개념과는 다른 특수한 형태의 조명이 필요하다. 이는 인간의 시력이 생리적 특성상 급격한 휘도(輝度) 변화에 적응하는데 있어서 적당한 시간이 필요하기 때문이다. 예를 들면, 영화관에 들어갔을 때 처음에는 사물을 구분할 수 없으나 점차 시간이 흐르면서 사물을 구분할 수 있는 현상과 같은 것이다.(이를 학술 용어로 암순응(暗順應)이라고 함)

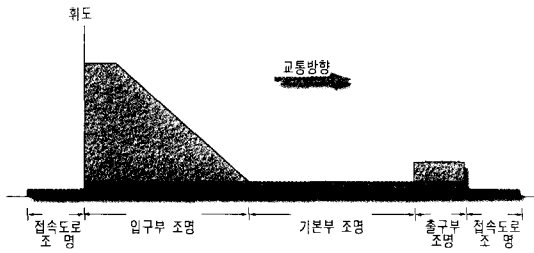
교통도로를 목적으로 하는 터널에서는 운전자가 높은 휘도의 야외로부터 상대적으로 낮은 휘

도의 터널에 진입하게 되므로 시각(視覺)의 순응(順應)이 따라가지 못해 입구가 암흑으로 보인다. 이를 해소하기 위해서 터널 내부에도 상당히 높은 휘도를 유지해 주어야 한다. 이는 많은 전력소모와 시설비를 수반하게 된다.

일광에 의한 야외의 휘도차는 아주 커서 맑은 하늘(8,000~16,000cd/m<sup>2</sup>), 직사광선에 의한 도로로면(3,000~5,000cd/m<sup>2</sup>)인 반면 비오는 날의 휘도는 흐림의 정도에 따라 수백(cd/m<sup>2</sup>) 내외 정도이므로 휘도의 변화가 상당히 크다. 일중(日中)에도 기후의 변화나, 태양의 고도 등에 의해서 상당폭의 휘도변화가 자주 발생한다. 터널입구의 조명은 외부의 휘도의 변화에 상관되므로 이러한 것을 고려하여 조명의 시설과 유지 및 제어를 적절히 시행함으로써 교통환경에 필요한 조명의 목적을 충족하고 불필요한 조명을 억제하여 에너지의 절약을 도모할 필요가 있다.

## 2. 터널 조명의 구성

터널조명의 구성은 크게 입구부 조명, 기본부 조명, 출구부 조명, 접속도로 조명으로 구성된다. 터널조명의 구성예를 도시하면 다음과 같다.



(그림 1) 터널의 휘도분포(에너지 분포)

- 주간에는 도로를 주행하는 운전자는 높은 야외휘도에 순응된 상태에서 터널에 접근하기 때문에 상대적으로 휘도<sup>1)</sup>가 낮게 조명된 터널은 암흑과 같이 잘 식별되지 않는다. 또 터널에 진입한 후에도 낮은 휘도에 순응되지 않은 상태이므로 잘 보이지 않는다. 이러한 장애를 해결하기 위해 입구부분에 상당히 높은 휘도의 조명이 필요하다. 이를 입구부 조명이라 한다. 이 경우 '초기의 휘도는 얼마로 하고 어떻게 기본부까지 이행시키느냐' 하는 것은 여러 가지 요인 즉, 야외휘도의 크기, 설계속도, 교통량 등 제요소를 복합적으로 분석해야 한다.
- 기본부 조명이란, 주간에는 터널 외부로부터 진입한 자동차가 입구부 조명구간을 거치면서 거의 정상적 시각상태에 도달한 후의 구간을 말한다. 밝은 곳에 적응되어 있던 사람의 눈이 어둠(빛이 거의 없는 야간)에 순응되기까지는 10~20분 정도가 필요하다. 그러나, 터널에서는 아주 긴 터널(5km 이상)이 아니면 기본부의 주간조

명 레벨은 상당히 높은 상태를 유지해야 한다. 이 조명구간은 터널 전체에 걸쳐 조명기구를 일정간격으로 배치하여 균등 조도를 유지하도록 한다.

- 출구조명은 주간에는 터널내부에서 출구를 보았을 때 터널 출구가 대단히 밝은 배경으로 인해 선행하는 차의 뒷부분이 보이지 않는다. 이를 해소하기 위해 차의 후면을 적당히 조명할 필요가 있다.
- 야간에 터널에 접근하거나 터널에서 나갈 때 변화된 도로의 상황을 알리기 위해 터널 입·출구에 적당한 밝기의 도로조명이 필요하다. 이를 접속도로 조명이라 한다.
- 야간에는 순응의 문제가 없으므로 상당히 낮은 조도를 유지하여도 된다. 주간 조명의 일부회로를 분리하여 야간 조명으로 사용한다.

## 3. 입구조명의 원리

사람의 눈은 어둠에 대한 순응의 늦음 현상 때문에 터널입구에 대단히 높은 휘도의 조명을 유지하여야 하며, 이를 적절히 제어하여야 하는 것이 터널 조명의 특징이다.

입구조명의 중요성은 터널조명의 상당부분(터널 길이가 1km일 때 약 70%, 500m일 때 약 90% 정도)을 점하며, 설계속도와 터널폭 및 야외휘도 기준에 따라 차이는 있지만 2차선 고속도로에서 터널 1개소마다 150kW 이상을 소요하며 사용량은 연간 수십만 kWh에 달한다. 이러한 입구조명은 시야휘도에 비례하며, 시야휘도는 수시로 변화하므로 터널입구의 시야휘도의 변화에 적절히 대응하여야만 교통환경을 유지하면서 에너지 낭비를 방지할 수 있다.

1) 휘도(輝度)(cd/m<sup>2</sup>) : 임의의 면을 임의의 방향에서 본 투영면적당 광도(빛나는 정도)  
조도(照度)(lx) : 피조면에 입사되는 단위면적당 광속



### 3.1 입구조명의 구성

입구조명의 구성에서 휘도값 및 조명구간 거리는 야외 시야휘도(視野輝度), 설계속도, 교통량 등에 따라 다르나 구성형태는 경계부, 완화부 및 이행부로 구분할 수 있다.

#### • 경계부

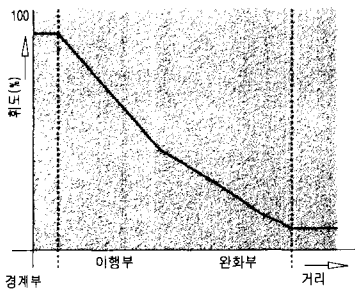
경계부는 운전자가 터널 밖에서 터널 안의 물체를 관측할 때 필요한 휘도(아직 암순응 상태에 있지 않은 시점)이므로 동일한 휘도를 유지한다. 휘도값은 야외 시야휘도와 설계속도에 따라 정해지는 일정 비율로 한다. 구간거리는 설계속도에 따라 다르며 <sup>2)</sup>CIE 보고서에서는 <sup>3)</sup>제동거리의 1/2로 권장하고 있다.

#### • 이행부

이행부는 아직 터널밖에 있지만 터널에 접근하면서 서서히 순응이 진행되는 상태에서 관측하는 물체에 휘도 배경을 주기 위한 부분이다.

#### • 완화부

이행부의 끝점에서부터 기본부까지 순응에 따라 휘도를 감쇄하여 휘도 배경을 주기 위한 부분이다.

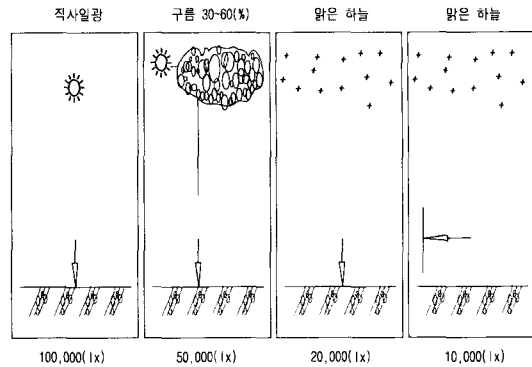


<그림 2> 터널입구의 휘도분포

### 3.2 야외휘도의 설정

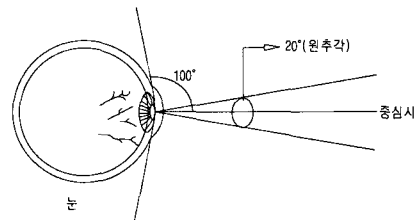
터널입구 휘도를 결정하기 위해서는 운전자가 터널입구에 진입하기 직전의 시야휘도를 설정하

여야 한다. 시야휘도는 입구조명의 기준이 되는 중요한 것이지만 설정되는 폭이 크며 설계자의 주관에 따라 크게 달라질 수 있으므로 올바른 개념정립이 필요하다.



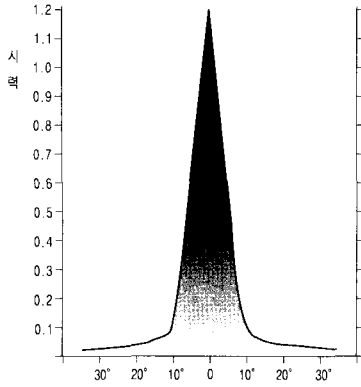
<그림 3> 조도의 개수값

운전자의 시각순응에 영향을 주는 야외 휘도는 터널입구의 천공휘도(天空輝度)로 보기 쉽지만, 천공휘도와 항상 일치하는 것은 아니다. 야외의 휘도는 태양의 직사광을 제외하면 태양광에 의해 1차 또는 2차 반사에 의한 것으로 관측하는 대상과 방향에 따라 다르게 된다. 당연히 하늘을 향하는 수직방향은 높게되며 수평방향은 낮게 된다. 시야휘도는 눈에 입사되는 광량에 의해 순응되므로 관측(觀測)하는 대상과 시선의 방향에 영향을 받게 된다. 눈의 시야범위는 좌우 100°에



<그림 4> 눈과 원추각

2) CIE : INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION-국제 조명 위원회  
3) 제동거리 : 운전자가 장애물을 발견하고 안전하게 정지할 수 있는 거리로 속도에 따라 달라진다.  
100km/h - 160m, 80km/h - 110m, 60km/h - 75m



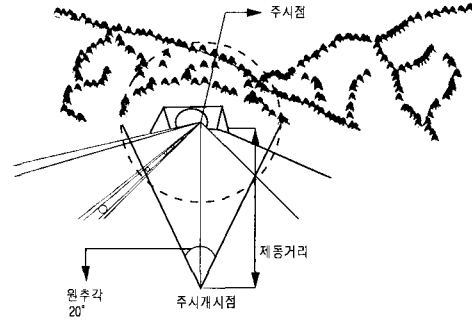
〈그림 5〉 시력과 각도

가까우나 시력은 중심을 기준하여 원추형(圓錐形)으로 분포돼 있어 외부시야의 휘도에 의한 눈의 순응의 영향도 그와 비례하여 중심시(中心視) 주변의 휘도에 많은 영향을 받게 된다.

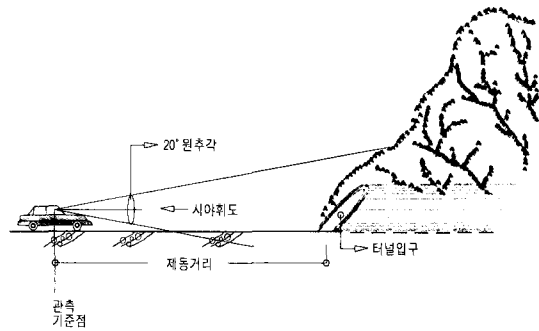
CIE 권고안에서 터널입구 시야휘도의 기준을 시각 20°(원추각) 범위내 휘도의 평균치로 하고 있고 거의 모든 나라에서 이를 기준으로 삼고 있다. 터널 입구조명을 위해 기준으로 하고 있는 시야휘도는 터널입구 제동거리 전방에서 시선을 중심으로 한 20°범위내 휘도로 결정하고 있다. 이 휘도값은 연중 최대치의 값을 실측하여 얻는 것이 이상적이나 설계당시에는 터널입구가 조성되어 있지 않고 야외의 휘도값이 기후변화나, 태양의 고도, 주변환경의 변화 등 수시로 변하기 때문에 측정에 의해 최대값을 얻기는 곤란하다. 그래서 미리 여러 가지 유형의 환경여건에서 분석된 휘도값을 참고로 하여 시야 휘도값을 결정하는 방법과 좀 더 정확한 값을 얻기 위해서는 20°원추각 시야내의 하늘, 도로, 수목 등의 점유비율과 각각의 휘도값을 계산하여 평균치로 결정하는 방법이 있다.

최대 야외휘도값의 설정은 터널조명의 기준이 되므로 중요하게 고려되어야 한다. 설계자가 어떤 방법을 택하여도 설계자의 주관에 따라서 상당한 폭의 차이가 날 수 있다. 이 값의 결정은 최

대휘도의 발생빈도나, 도로의 중요성, 경제성 등을 감안하여 결정하여야 한다.



〈그림 6〉 시야휘도 설정범위



〈그림 7〉 운전자의 시야휘도

운전방향 (북반구)	하늘 kcd/m <sup>2</sup>	도로 kcd/m <sup>2</sup>	주변 kcd/m <sup>2</sup>			
			바위	빌딩	눈(雪)	초목
북쪽	8	3	3	8	15(V) 15(H)	2
동쪽·서쪽	12	4	2	6	10(V) 15(H)	2
남쪽	16	5	1	4	5(V) 15(H)	2

(V) 산악지로서 운전자 시야와 대항인 가파른 경사면  
(H) 평평한 지형  
주의 : 남반구에서는 남과 북이 바뀜

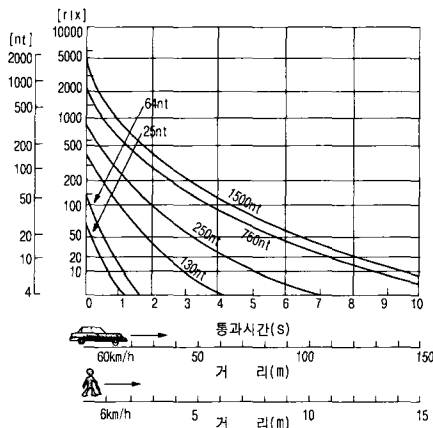
### 3.3 입구부 조명

입구경계부 노면의 휘도값을 얼마로 하느냐는 '야외휘도값에 대하여 터널안의 조명을 어느 정도 유지해야 시각에 장애를 주지 않을 것인가?'



의 문제를 해결하는 적절한 휘도값을 찾는 것이다. 이에 대한 것은 좀 더 많은 연구가 진행되어야 하겠지만 수많은 실험에 의존할 수밖에 없는 어려움이 있고 결정값에 대한 기준도 모호할 수밖에 없는 것이 사실이다. 참고로 Urayama, H.O(浦山久夫)의 실험치를 도시한다.

경제성만 고려치 않는다면 터널조명을 야외휘도



(그림 8) 시력을 너무 저하시키지 않고 어둡게 할 수 있는 한계

와 비슷하게 유지하는 것이 바람직하나, 야외휘도 값이 대단히 높아 그의 10%를 유지하는 것도 상당한 비용이 소요된다. 이런 점을 고려하여 경제성과 시환경(視環境) 개선사이에 타협할 수밖에 없는 것이 현실적인 측면이다. 국제적인 협의기구인 "CIE"에서 기준값을 제시하고 있고 각국에서 이를 토대로 각국의 형편에 맞게 조금씩 변경하여 사용하고 있다. 우리 나라와 일본은 CIE 권고값보다는 약간 낮은값을 기준으로 하고 있다.

- 야외휘도 대비 경계부 휘도

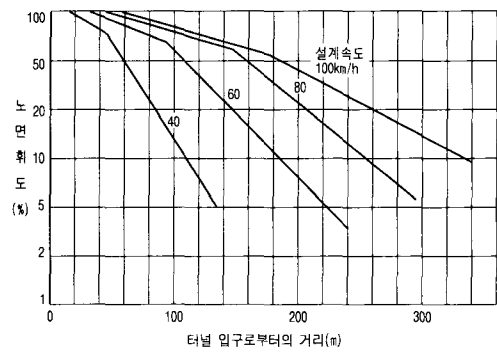
(KS 기준)

설계속도 km/h	계수
60	0.04
80	0.05
100	0.07

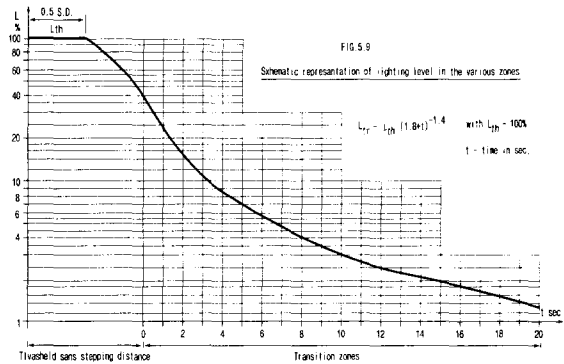
(CIE 기준)

재동거리	대칭 조명방식	카운터빔조명방식
60m(60km/h)	0.05	0.04
100m(80km/h)	0.06	0.05
160m(100km/h)	0.10	0.07

주 - 국내에서는 대칭 조명방식과 카운터빔 조명방식을 구분하지 않고 있음.



(그림 9) 터널입구의 노면휘도(KSA 3703)



(그림 10) 터널입구부의 노면휘도(CIE)

이행부 및 완화부는 경계부 휘도와 기본부 휘도 사이를 눈의 순응특성에 맞게 완만하게 감소시키는 것으로 우리 나라와 일본에서만 구분하고 있다. 참고로 "CIE" 안과 KS 기준을 비교하였다.

(원고 접수일 1999. 10. 19)