도로터널 조명시설의 설계기준

池哲根(서울大 電氣工學科 名譽教授)
李鎭雨(湖西大 電氣工學科 教授)

1. 서 론

○ **국제조명위원회(CIE)**

CIE는 "터널조명의 설치기준"에 대하여, 1973년에 "터널조명에 관한 국제권고"(CIE No.26)를 첫 출판하였고, 1975년에 터널조명 기초연구위원회를 설치하여, 연구조사를 진행하여, 1985년에 이르러 "주간에 터널입구에 접근하는 자동차 운전자에게 필요한 조명연구"에 관한 기초적 실험에 관한 기술보고서(CIE No.61)를 출판하였다.

현재의 "터널도로와 지하도의 조명에 관한 안내서"는 1973년의 CIE No.26의 "터널조명에 관한 국제적 권고"에 대치하여, CIE TC 4-08위원회가 국제상설 도로위원회(PIARC)의 "도로터널의 조명" 실무위원회와 밀접하게 연계하여 준비된 것이다. 이 안내서는 권고사항이며, 의무사항과 설계안내서가 아니므로, 조명계산법, 조명기구 등의 설계 절차가 포함되어 있지 않다.

○ **일본공업규격(JIS Z 9116)**

건설부의 도로조명설치기준과 조명학회 및 고속도로 조사위원회 등의 실험연구를 토대로 1969년에 조명기준(JIS Z 9116)을 제정하고, 1976년에 내용 그대로를 개정하고, 1984년에 확인되었다. 그리고 1990년에 CIE의 국제규격의 기술동향을 가미하여 근본적인 개정을 하였다.

○ **일본의 고속도로 조사회**

일본의 고속도로 조사회에서는 1966년에 "터널조명 설계지침"을 작성하고, 1970년에 각종 추가연구, 유지관리상의 기술적자료와 에너지 절감대책의 강화, 그리고 터널 형태의 다양화 대책으로 개정되었다.

그 후에, 터널조명에서 터널 내의 주행안전과 쾌적한 주행을 확보하기 위하여 "터널시각환경에 관한 조사연구"를 시행하고, 근래 문제로 되고 있는 대량 교통량도로의 터널에서 교통의 병목현상이 발생되는 사례에 대한 대책과 비교적 교통량이 작은 터널에서 투자효과 등에 대한 기초적 연구가 진행 중이며, 현재까지 정리, 검토되고, 해명된 것만을 추가하여 1990년에 개정하였다.

○ **한국산업규격(KS A 3703)**

한국산업규격 심의회에서는 1976년에 "터널조명기준"(KS A 3703)을 일본의 규격(JIS Z 9116)에 준용하여 제정하고, 1979년과 1982년에 확인하고, 1992년에 일본에서 터널조명에 관한 국내외의 최신 연구성과 실제경험, 관련기술의 발전 등을 반영함과 동시에, 건설당국의 터널조명에 관련된 기준류 및 CIE 등을 중심으로 한 국제적 기준의 동향과 적절한 정합을 하여, JIS 규격을 개정한 것을 그대로 준용하여 개정한 것이다.

○ **건설교통부 도로안전시설설치편람**

건설교통부의 도로안전시설위원회에서 1989년

에 "터널조명의 설치기준"을 제정하였으며, 제정 내용은 설계속도, 노면휘도, 야외휘도, 눈부심, 플리커 등의 기술용어를 정의하고, 터널조명의 목적, 요건과 터널조명의 기준인 조명기구의 배치, 기본부 조명, 입구부 조명, 출구부 조명과 또한 비상용 조명, 터널조명의 유지관리에 대하여도 제정하였다.

2. 터널조명의 필요성

터널조명은 주간과 야간에 걸쳐서 터널 내 도로에서 차량의 교통수송이 설계주행속도로 안락하고, 안전하게 통과하기 위한 것이다. 차량을 운전할 경우에는 운전자의 눈에 보이는 주위의 상황을 모두 알아야 되므로 터널 내부를 조명하므로써 차량 운전자에게 주위의 상황을 알려서 터널이 수송기능을 충분히 발휘할 수 있다. 터널 내 도로는 일반도로와는 달리 협소한 공간, 교통에 의한 압력 및 혼란 등의 위험성이 있는 특수한 조건에 있다. 이러한 특수 조건은 교통기능의 저하를 초래하게 되므로, 수송기능저하를 가능한 한 경감시키기 위하여, 터널 내부에 조명설비가 필요하다.

그리고 터널 내부와 또는 외부로의 차량 주행시, 운전자 시각의 평형상태를 유지하기 위하여, 터널 입구부의 야외휘도 상황에 따른 입구부의 경계부 휘도설정과, 경계부에 이어서 이행부, 완화부의 노면휘도를 터널입구로 부터 진입하는 거리에 따라 감소시켜서, 기본부의 노면휘도의 값으로 원활하게 접속시키는 완화조명이 필요하다. 주간에는 외부의 밝음에 관련시켜서 입구부의 완화조명과 이에 적합한 내부조명을 실시하고, 야간에는 외부도로의 조명조건이 고려된 터널조명이 필요하다.

터널 내 교통의 안전성은 터널조명에 의하여 큰 영향을 받으며, 터널 내의 조도가 증가하면, 교통사고가 감소되는 구체적인 사례가 있다. 터널 내부 조명에서 중요하게 고려될 사항은 도로와 벽면하부의 휘도수준, 도로 상 휘도분포의 균제도, 눈부심의 제어, 설치조명등에 의한 운전자들의 프리커 회피 등이다.

3. 터널조명의 기본사항

3.1 터널조명의 구성

터널 조명은 입구부 조명, 기본부 조명, 출구부 조명, 접속도로 조명 및 비상 조명으로 구성된다. 터널 조명의 구성 예를 도시하면 그림 3.1과 같이되고 각각의 설치 목적 및 설치 장소는 다음과 같다.

주간에 도로를 주행한 자동차 운전자의 눈은 야외 휘도에 순응한 상태로 터널에 접근하기 때문에 운전자로서는 터널 내는 모두 암흑으로 보여, 터널의 내부는 잘 식별되지 않는다. 또 터널 진입 후, 운전자의 눈은 주위 휘도에 대하여 순응이 늦다. 이러한 장해를 경감하기 위하여 입구부에 설치한 조명설비를 입구부 조명이라 한다. 이 경우에 입구 인접부의 휘도를 어느 정도로 하고 어떠한 변화의 형태로 기본부 조명으로 이행시키는가는 매우 중요한 문제이다. 입구부 조명설비는 인공 조명만을 사용하는 방법이 일반적이나 자연광을 루버 또는 유사 구조를 사용하여 제어하는 방법도 있다.

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

주간에 출구를 터널 내부에서 보았을 경우 출구가 대단히 밝은 배경으로 되고 출구부근에 있는 모든 장해물은 검은 실루엣으로 보이며 쉽게 보인다. 그러나 출구부 야외휘도가 대단히 높은

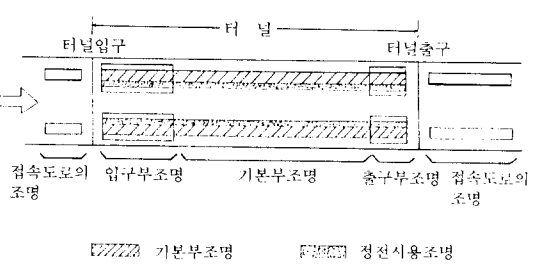


그림 3.1 터널 조명의 구성

경우, 교통량을 많게 하기 위하여, 차간 거리가 짧게 되어 선행하는 차의 실루엣이 개구부의 일부를 가리는 경우 선행하는 차를 따라가는 작은 차나 낙하물 등은 식별하기 곤란하다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 차의 후면을 적당히 조명할 필요가 있다. 이것이 출구부 조명이다.

야간에 터널 고속도로에는 입구부, 출구부 모두 조명을 설치한다. 입구부의 조명은 입구부 부근의 도로폭의 변화를 알리기 위한 것이고, 출구부 조명은 터널 내에서 접속도로의 상황을 파악하도록 설치하는 것이다.

고속도로 터널 내를 주행 중 갑자기 정전을 당하면, 갑자기 어두워진 터널 내를 주행하던 자동차는 매우 위험한 상황에 처하게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 설치하는 조명을 비상조명이라 한다.

3.2 입구부 조명

3.2.1 입구부 조명의 설치

보통 터널 입구에서 약 10〔m〕까지와 출구에서 약 40〔m〕까지의 터널 내부는 자연광으로 널내가 조명되므로, 50〔m〕이상의 터널의 입구에는 야외휘도와 설계 속도에 따르는 입구부 조명을 설치하여야 한다. 단, 터널의 길이, 야외 휘도, 설계 속도, 기타의 이유로 주간에 터널 내의 상태가 잘 보이는 경우는 설치하지 않는다.

3.2.2 입구부 조명의 조건

입구부 조명의 설계에는 야외 휘도, 설계 속도, 주시개시점 등을 고려하여야 한다.

(1) **야외 휘도**

야외휘도값이 계절과 날씨에 따라 달라져서, 실제적으로 측정할 수 없으므로, 아래에 기술하는 야외휘도를 구하는 두 가지 방법을 사용한다.

(개) 설정야외휘도를 사용하는 방법

터널 입구부근의 야외휘도는 20도의 원추형 시야를 구성하고 있는 부분의 휘도 즉, 노면휘도, 입구휘도, 천공휘도, 산림, 흙 등의 휘도가 이들 부분에 20도의 원추형 시야 내에 점유하는

표 3.1 설정야외휘도

20도 원추형 시야의 평균 설정야외휘도〔cd/m²〕																
비율 / 구분	20도 원추형 시야 내의 하늘의 비율															
	35〔%〕				25〔%〕				10〔%〕				0〔%〕			
시야 내의 휘도상황	정상시		적설시		정상시		적설시		정상시		적설시		정상시		적설시	
	보통 (1)	밝음 (1)	보통 (1)	밝음 (1)	보통 (1)	밝음 (1)	보통 (1)	밝음 (1)	보통 (2)	밝음 (2)	보통 (3)	밝음 (3)	보통 (2)	밝음 (2)	보통 (3)	밝음 (3)
제동거리 60〔m〕	(4)	(4)	(4)	(4)	4000	5000	4000	5000	2500	3500	3000	3500	1500	3000	1500	4000
제동거리 100~160〔m〕	4000	6000	4000	6000	4000	6000	4000	6000	3000	4500	3000	5000	2500	5000	2500	5000

주 : (1) 터널의 방위에 주로 따르는 영향
- 보통 : 북반구에서 : 남쪽 입구
- 밝음 : 북반구에서 : 북쪽 입구
- 동쪽과 서쪽의 경우, "보통"과 "밝음"의 중간값을 선정해야 한다.

(2) 주변의 밝음에 따르는 영향 :
- 보통 : 낮은 주변 반사
- 밝음 : 높은 주변 반사

(3) 터널의 방위에 주로 따르는 영향
- 보통 : 북반구에서 : 북쪽 입구
- 밝음 : 북반구에서 : 남쪽 입구
- 동쪽과 서쪽의 경우, "보통"과 "밝음"의 중간값을 선정해야 한다.

(4) 제동거리 60〔m〕의 경우, 하늘 비율 35〔%〕는 실제로는 발생하지 않는다.

주의 : "북쪽 입구"는 운전자가 남쪽으로 주행하는 입구를 의미
"남쪽 입구"는 운전자가 북쪽으로 주행하는 입구를 의미

면적비율로써 정해진다.

다음의 설정야외휘도값[cd/m²]를 참고하여 야외휘도를 선택한다.

(나) 계산식에 의한 방법

이 방법에서는 야외휘도의 계산이 터널 입구 주변휘도의 개략도로부터 얻어지며 다음식으로 계산한다.

$L_{20}=\nu L_C+\rho L_R+\varepsilon L_E+\tau L_{th}$

여기에서 L_{20}=야외휘도

L_C=하늘휘도 ν=하늘의 비율

L_R=도로휘도 ρ=도로의 비율

L_E=주변휘도 ε=주변의 비율

L_{th}=터널 입구부의 휘도 τ=터널입구의 비율

이 식에서 $\nu+\rho+\varepsilon+\tau=1$.

주 : 이 식에서, L_{th}는 결정되는 미지수이다.

제동거리 100[m]와 160[m]의 경우 τ값은 매우 작으며(10[%]미만) L_{th}는 다른 휘도에 비하여 상대적으로 낮은 값을 가지므로, L_{th}항은 무시한다.

제동거리 60[m]의 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{20}=\frac{\nu L_C+\rho L_R+\varepsilon L_E}{1-\tau K}$$

K는 입구부와 야외휘도의 비로 대개의 경우 0.1을 넘지 않는다. 따라서 τK는 무시할 수 있다.

그리고 $L_{20}=\nu L_C+\rho L_R+\varepsilon L_E$, $\nu+\rho+\varepsilon<1$에 주의하라

ν, ρ와 ε의 정확한 결정이 불가능한 경우, 이들 값은 그림 3.2의 각 그림을 비교하므로 계산할 수 있다. [kcd/m²]으로 표현되는 L_C, cL_R과 L_E의 다음 값은 정확한 지역적인 값을 얻을 수 없는 경우 사용할 수 있다.

(다) 두 방법의 사용

표 3.1의 사용을 쉽게 하기 위하여, 8개의 전형적인 터널 입구의 선형스케치를 그림 3.2에서 표시한다. 이들 스케치는 실제 사진을 기본으로 하여 입구접속부 휘도를 규정하기 위한 20도 원추형 시야를 각각의 그림에 중첩시켰다. 각 스케치 하단에 사진을 찍은 터널 입구로부터 제동거리에서의 20도 시각 내에 나타나는 하늘의 비율을 나타내고 있다. 모든 터널 입구에서의 야외휘도값에 영향을 미치는 하늘의 비율을 평가하기 위하여, 사진은 제동점에서 찍어야 하며, 사진에서 알 수 있는 크기 즉, 터널 높이로 부터 사진 위에서 20도 원추의 반지름을 결정할 수 있다. 터널이 건설되지 않은 경우는 지평선이 공사 중에 변경되지 않는다면 사진을 사용할 수 있다.

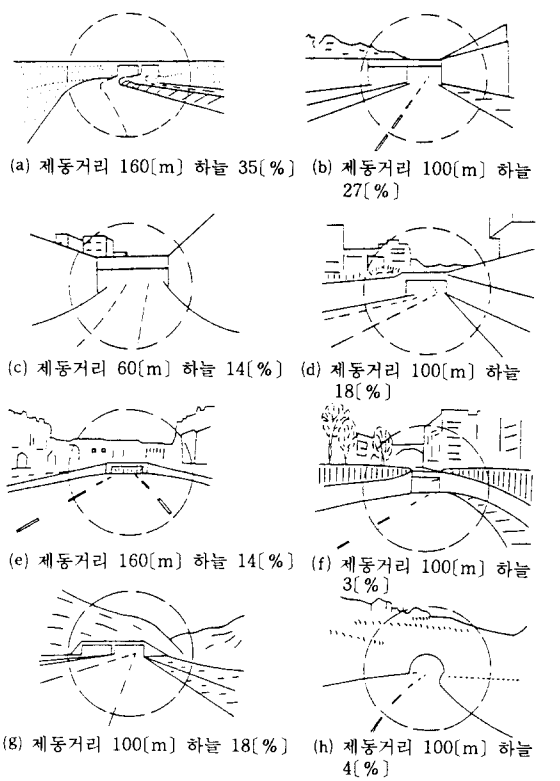
표 3.2 하늘, 도로 및 터널 주변휘도

운반방향 (북반구)	L_C(하늘) [kcd/m²]	L_R [kcd/m²]	L_E(주변)[kcd/m²] 바위	건물	눈	풀밭
북쪽	8	3	3	8	15(V) 15(H)	2
동·서쪽	12	4	2	6	10(V) 15(H)	2
남쪽	16	5	1	4	5(V) 15(H)	2

(V) 운전자가 볼 때 주로 가파른 언덕이 있는 산악지역

(H) 평지, 다소 평평한 지역

주 : 남반구에서는 북쪽과 남쪽이 바뀌어야 한다.



(a) 제동거리 160[m] 하늘 35[%] (b) 제동거리 100[m] 하늘 27[%]

(c) 제동거리 60[m] 하늘 14[%] (d) 제동거리 100[m] 하늘 18[%]

(e) 제동거리 160[m] 하늘 14[%] (f) 제동거리 100[m] 하늘 3[%]

(g) 제동거리 100[m] 하늘 18[%] (h) 제동거리 100[m] 하늘 4[%]

그림 3.2 하늘의 비율

그렇지 않으면 축척 도면을 사용하여야 한다. 사진이나 도면은 가장 유사한 스케치와 비교할 수 있다. 특히 하늘 비율값에 주목하여야 한다. 하늘의 비율이 표에 나타나는 값 사이에 있게 될 경우에는 야외휘도값은 내삽법을 사용하여 구한다. 표를 사용한 결과적인 야외휘도 값은 매우 개략적이며, 이것은 터널 입구에서 매우 제한적인 정보가 필요한 경우에만 유용하다. (나)에 설명한 야외휘도의 결정방법은 터널 입구에 대한 충분한 데이터가 있는 경우에만 사용되어야 한다. 실제로는 터널 조명 설계의 초기 평가는 표 3.1을 사용하여 수행되어도 무방하며, 더욱 자세한 것이 필요하면, (나)의 방법으로 부터 구한 야외휘도값에 기초한 최종 조명 설계를 하여야 한다.

우리나라 고속도로 터널의 외부시각환경 실태를 파악하기 위하여 경부고속도로와 중부고속도로의 터널을 조사한 결과, 우리나라의 경우는 터널 입구 150[m] 전방에서 20도 원추형 시야 내에 하늘이 점유하는 비율이 5[%]이하가 대부분으로 나타났다.

(2) **설계속도와 시인거리**

조명설계에 사용되는 설계속도는 터널 본체의 설계에 사용되는 설계속도와 다른 경우도 있다. 고속도로의 터널에서는 안전성과 경제성을 감안하여 일반적으로 규제속도가 조명설계의 설계속도로 사용되고 있다. 표 3.3에 설계속도와 시인거리의 값을 나타낸다.

(3) **주시개시점**

주시 개시점은 운전자가 터널 입구를 주시하기 시작하는 지점을 의미한다.

주시개시점은 터널 입구 접속 도로의 지형에 따라 다음의 값을 취한다.

(가) 접속도로가 직선으로 관찰하기 좋은 경우는 터널 입구에서 150[m]의 점, 단 설계 속도가 100[km/h]의 터널에서는 180[m]의 점.

(나) 접속 도로가 곡선 또는 구배 때문에 전항의 지점으로부터 터널 입구가 보이지 않는 경우에는 우측차선의 중앙에서 터널 개구부가 적어도 1/2이상의 면적이 보이는 점과 터널 입구까지의 거리를 도로의 주행 차선의 중앙을 따라서 측정한 값.

표 3.3 설계속도와 안전 시인거리

설계속도 V[km/h]	100	80	60	40
시인거리 ℓ[m]	160	110	75	40

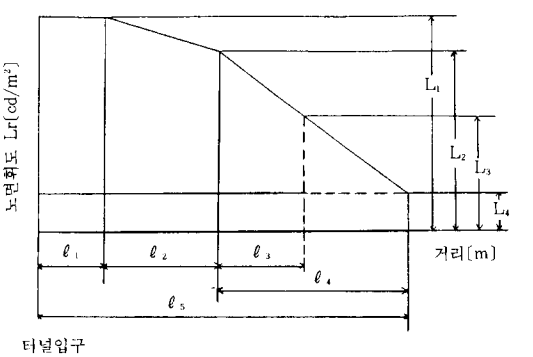
3.2.3 입구부 조명곡선

입구부 조명곡선은 터널의 형태, 입구부근의 상황, 설계속도와 교통량, 야외휘도 등에 따라 다르게 되지만, 기본적인 모양은 그림 3.3에 나타낸 바와 같이 경계부, 이행부, 완화부의 3부분으로 나눌 수 있다.

입구부 조명 곡선의 각부의 노면휘도와 길이에 대하여는 설정야외휘도, 설계속도, 터널길이 등에 따라서 표 3.4를 기준으로 한다.

3.2.4 연속터널의 입구부 조명

50[m]이상의 터널이 둘 이상 연속하여 존재하고, 선행(앞에 통과)하는 터널의 출구로부터 후속하는 터널의 입구까지의 거리(갱구간 거리)가 설계속도에 대응한 서인거리보다도 짧은 경우 후속하는 터널의 입구부 조명의 평균노면휘도의 설계치를 갱구간 거리에 따라서 감소시킨다.



L_1 : 경계부의 노면휘도[cd/㎡]
L_2 : 이행부 최종점의 노면휘도[cd/㎡]
L_3 : 완화부 최종점의 노면휘도[cd/㎡]
L_4 : 기본부 노면휘도[cd/㎡]
ℓ_1 : 경계부의 길이[m]
ℓ_2 : 이행부의 길이[m]
ℓ_3, ℓ_4 : 완화부의 길이[m]
ℓ_5 : 입구조명부의 길이[m]

주 1) 그림의 휘도변화는 편대수 눈금 그래프로 직선이다.
2) L_3, l_3는 특정 길이의 터널에 대하여만 적용되어, 그 경우의 노면휘도는 그림의 점선과 같이 변화한다.
3) L_4는 기본부 조명이다.

그림 3.3 입구부 조명곡선의 구성

표 3.4 입구부 조명(설정야외휘도 4000[cd/m²]의 경우)

설계속도 V[km/h]	터널길이 [m]	노면휘도Lr[cd/m²]				길이 ℓ[m]				
		L_1	L_2	L_3	L_4	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4	ℓ_5
100	75인상	116	—	—	—	40	0	0	0	40
	100	11	106	—	—	55	10	0	0	65
	125	105	91	—	—	55	35	0	0	90
	150	103	77	—	—	55	55	0	0	110
	175	99	67	—	—	55	80	0	0	135
	200	95	58	—	—	55	105	0	0	160
	250	95	47	—	—	55	150	0	0	205
	300	95	47	27	—	55	150	45	0	250
	350	95	47	15	—	55	150	90	0	295
	400이상	95	47	—	9.0	55	150	0	135	340
80	75이상	112	—	—	—	40	0	0	0	40
	100	105	94	—	—	40	25	0	0	65
	125	100	76	—	—	40	45	0	0	85
	150	94	62	—	—	40	70	0	0	110
	175	88	51	—	—	40	90	0	0	130
	200	83	46	37	—	40	100	15	0	155
	250	83	46	19	—	40	100	55	0	195
	300	83	46	10	—	40	100	100	0	240
	350	83	46	5.3	—	40	100	145	0	285
	400이상	83	46	—	4.5	40	100	0	155	195
60	75이상	107	99	—	—	25	15	0	0	40
	100	94	71	—	—	25	35	0	0	60
	125	83	53	—	—	25	55	0	0	80
	150	74	46	34	—	25	65	15	0	105
	175	66	40	20	—	25	65	35	0	125
	200	58	35	12	—	25	65	55	0	145
	250	58	35	5.2	—	25	65	95	0	185
	300이상	58	35	—	2.3	25	65	0	135	225
40	75이상	94	74	—	—	15	20	0	0	35
	100	73	51	38	—	15	30	10	0	55
	125	58	40	18	—	15	30	25	0	70
	150	46	33	8.6	—	15	30	45	0	90
	175	36	25	4.0	—	15	30	60	0	105
	200	29	20	1.8	—	15	30	80	0	125
	250이상	29	20	—	1.5	15	30	0	85	130

주 : 1) 노면휘도는 설정야외휘도가 6,000[cd/m²]의 경우는 본 표의 1.5배, 3,000[cd/m²]의 경우는 0.75배로 한다.

2) 짧은 터널이라도 진입시에 출구가 보이지 않는 선형의 경우에는 노면휘도 L_1및 L_2에 관하여는 길이 200[m]이상의 값을 적용할 수 있다.

3) 길이가 본 표의 값 이외의 경우에는 내삽법에 의하여 구한다.

4) 쌍방교통의 경우에는 양입구 각각에 대하여 본 표를 적용한다. 짧은 터널에서 양입구 입 구부 조명구간이 중요한 경우에는 노면휘도의 높은 쪽의 값을 사용하는 것이 바람직하다.

5) 주시개시점이 150[m]이상의 경우에는 L_1, L_2, L_3에 다음식의 계수를 곱한 값으로 한다.

$$k = 1 + 0.54\frac{a_1 - a_2}{V}$$

k : 주시 개시점의 감소에 따른 휘도 증가계수 a_1 : 100[km/h]→180[m], 80[km/h]이상→150[m]
a_2 : 주시 개시점과 터널입구와의 거리 [m] V : 설계속도[km/h]

6) 보통의 터널에서는 자연광 입사를 고려하여 터널입구로부터 10[m]지점에서 입구부 조명을 개시하며, 조명기구의 설치는 3.3.1에 준할 것.

3.2.5 입구부 조명의 조절

입구부 조명은 터널입구로 접근하는 차량 운전자의 눈의 순응휘도에 따라 조명레벨이 결정되므로 계절, 기후 및 시각 등에 따라 순응휘도가 변화하는 경우에는, 이에 대응하여 입구부 조명을 조절할 수 있다.

터널입구부 조명의 조절은 터널입구부근의 야외휘도에 따라서 시행하는 것이 바람직하다. 입구부 조명의 조절단계와 입구부근의 야외휘도와의 관계는 표 3.5의 이상으로 하는 것을 원칙으로 한다.

3.2.6 자동조광장치

터널용 자동조광장치는 터널 내부휘도의 적정화와 조명의 경제적 운영을 목적으로 설치되며, 터널외부 주광조도의 변동이나, 타이머에 의하여 터널입구부 완화조명 및 내부의 기본부 조명을 몇 단계에 걸쳐서 자동적으로 변경시켜, 그의 접점신호를 조명반 내의 전자 개폐기부로 공급하여, 터널조명 전체를 제어하는 것이다.

자동조광장치는 다음 사항에 유의하여야 한다.

(1) 자동조광장치의 수광기는 쌍방교통의 터널에서는 터널의 양입구에 설치하고, 일방통행의 터널에서는 상향선, 하향선의 각 입구에 설치한다.

(2) 수광기는 터널 입구면 부근의 수직면 조도의 평균치를 대표하는 장소에 설치되어야 한다.

(3) 수광강도 및 조광동작중의 조절은 자유로이 할 수 있어야 한다.

터널 내부의 조도는 주로 입구부 조명의 조도조절이 주이고, 야간이나 심야 등 교통량이 적은 경우 기본부의 조도를 감광한다.

3.3 기본부 조명

3.3.1 조명기구 설치

(1) 조명기구의 설치

일반적으로 조명기구의 설치 위치는 측벽 상부에 설치되는 예가 많음으로 노면상 4.5[m] 이상의 위치에 설치하는 것을 원칙으로 하였지만, 노면의 오버레이 등을 사전에 고려하여 건축 한계외의 여유를 보고 설치하는 것이 바람직하다.

(2) 조명기구의 설치 간격

(개) 설치 간격과 노면·벽면의 휘도균제도

조명기구의 설치 간격(S)의 양부는 노면·벽면의 휘도균제도를 좌우한다. 휘도균제도는, 특히 평균휘도가 낮은 경우, 보임의 상태에 크게 영향을 주기 때문에 가능한 한 양호하게 유지하는 것이 바람직하다.

바람직한 설치높이(H)에 대한 설치간격(S)은 다음과 같다. 그림 3.4, 3.5에서 H와 S의 관계를 나타낸다.

표 3.5 입구부 조명의 조절

조 절 단 계	야 외 휘 도※	노 면 휘 도※
A	100%	100%
B	65%	75%이상
C	50%	50%이상
D	25%	25%이상

※설정치에 대한 비율

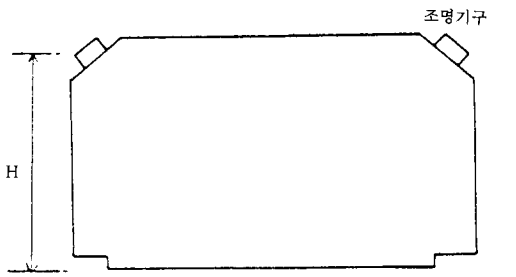


그림 3.4 조명기구의 설치 높이

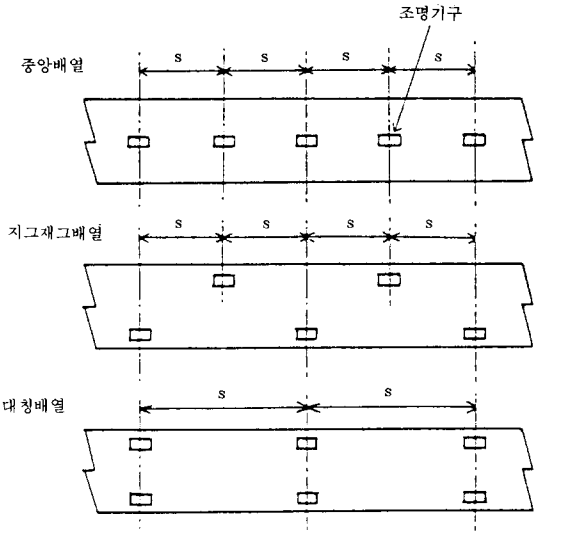


그림 3.5 조명기구의 배열

대칭배열	S≤2.5H
지그재그 배열	S≤1.5H
중앙 배열	S≤1.5H

(나) 설치 간격과 플리커

터널 내에서 일어나는 플리커에 의한 불쾌감을 피하도록 하여야 한다.

3.3.2 노면과 벽면의 휘도

(1) 노면 휘도

본 지침에서는 운전자의 눈의 순응 휘도, 터널의 매연투과율 및 경제성을 고려하여, 표 3.6에 나타내는 값을 노면휘도로 하도록 하였다.

터널내 주행시간이 135[초]이상 되는 긴 터널의 경우(설계 속도가 80[km/h]의 경우, 약 3,000[m]이상에 상당)에는 이것 이후의 부분의 노면휘도를 표 3.6의 노면휘도의 65[%](설계속도가 80[km/h]의 경우, 약 3.0[cd/m²])까지 저하시켜도 좋다.

(2) 벽면 휘도

터널 내에서 존재가 예상되는 위험한 장애물의 높이나 터널의 구조 등을 고려하여 노면상 적어도 2[m]높이 까지의 벽면의 평균휘도는 평균노면휘도 이상인 것이 바람직하다.

3.4 출구부 조명

3.4.1 출구부 조명의 설치

터널 출구에는 터널 설계속도 80[km/h]이상, 터널 출구부 야외휘도 6,000[cd/m²]이상, 그리고 터널 길이 400[m]이상의 경우는, 조명을 설치하는 것이 바람직하다.

표 3.6 기본부 조명의 노면 휘도

설계속도 V[km/h]	노면평균휘도 Lr[cd/㎡]
100	9.0
80	4.5
60	2.3
40	1.5

표 3.7 야간시 출구접속도로의 조명

설계속도V[km/h]	노면휘도Lr[cd/㎡]	길 이 l[m]
100	2.0	180
80	1.0	130
60	0.5	95
40	0.5	60

3.4.2 출구부 조명의 조건

출구조명은 원칙적으로, 주간의 노면휘도는 출구부 야외휘도의 1/10으로 하고, 조명구간은 80[m]로 한다.

3.5 접속도로의 조명

출구부접속도로의 노면휘도는 터널 내를 주행하는 차량 운전자의 눈의 순응휘도와 소요노면휘도에 관한 실험결과로부터 설계속도에 따라 표 3.7에 나타내었다.

4. 비상조명

비상주차대 시설의 평균노면조도는 75[lx]를 표준으로 한다. 파난갱도의 밝기는 적어도 평균노면조도 10[lx]를 확보할 필요가 있다. 피난연락갱도는 평균노면조도 20[lx]는 확보할 필요가 있다.

길이가 300[m]이상의 터널 내에는 정전시용 조명을 설치할 필요가 있다.

5. 조명기구

5.1 광원

터널조명용 광원은 저압 나트륨 램프, 고압 나트륨 램프, 형광 램프 중에서 선택하는 것을 원칙으로 한다.

5.2 안정기

터널 조명용으로서 저압나트륨램프를 사용할 때에는 진상형안정기, 고압나트륨램프를 사용할 때에는 일반형 고역률 안정기, 형광램프를 사용할 때에는 일반형 고역률안정기를 사용한다. 또 필요한 경우에는 조광형 안정기를 사용한다.

5.3 조명기구

터널 조명기구는 매입형이나 직부형으로 터널 조명에 적합한 배광특성을 갖고 있는 것으로 하고, 방수형을 원칙으로 한다.

6. 조명계산

6.1 조명계산식

조명계산은 다음의 식을 사용한다.

$$\frac{F}{S}=\frac{W\cdot E}{N\cdot U\cdot M}=\frac{W\cdot k\cdot L}{N\cdot U\cdot M}$$

여기서, F : 광원의 광속 〔lm〕

S : 조명기구의 간격 〔m〕

W : 차도폭 〔m〕

k : 평균조도환산계수

L : 노면휘도 〔cd/m²〕

N : 조명기구의 간격 S내의 기구수

대칭 배열은 2

지그재그 배열, 중앙배열은 1

U : 조명률

M : 보수율

6.2 평균조도환산계수

평균조도환산계수 값은 콘크리트노면에서는 13〔lx/cd/㎡〕, 아스팔트노면에서는 18〔lx/cd/㎡〕을 원칙으로 한다.

6.3 보수율

보수율은 원칙적으로 표 6.1에 의한다.

7. 유지관리

7.1 점검

점등상황, 조명커버 부착 상황 및 파손의 유무, 조명기구의 설치 상황 및 파손의 유무, 자동조광장치의 동작상황에 대하여 정기적(1〔회/월〕정도)점검할 필요가 있다.

7.2 유지관리

7.2.1 유지관리

(1) 청 소

조명커버 외면은 대개 3개월에 1회 이상 정기적으로 청소를 시행할 필요가 있다. 조명커버 내면, 반사판 표면, 램프 표면은 필요에 따라서 청소를 시행하는 것이 바람직하다.

(2) 램프 교환

각 램프의 점등시간의 합계가 표 7.1에 나타내는 시간을 초과하는 경우, 램프 교환이 바람직하다.

(3) 조도의 측정

대표적인 지점의 선정은 정기적인 유지수선작업을 시행할 때에 조도측정이 가능한 지점을 택하면 좋다. 정기적(1〔회/6개월〕 정도)인 노면조도의 측정이 바람직하다.

(4) 기 록

조명기구번호 등에 의한 관리대장을 비치하고, 청소, 램프교환, 노면조도 등을 기록할 필요가 있다.

7.2.2 조도, 휘도 측정법

조도, 휘도 측정방법은 KS C 7612「조도 측정방법」과 KS C 7613「휘도 측정방법」에 따른다.

7.3 터널 내장

운전자가 터널 내를 안전, 쾌적하게 주행하기

표 7.1 램프의 추천교환시간

램프의 종류	추천교환시간〔시간〕
저 압 나 트 륨 램 프	7,000
고 압 나 트 륨 램 프	8,000
형 광 램 프	6,000

표 6.1 보수율

터널의 상황 / 교통량〔대/일〕	길이〔m〕	1,500〔m〕이상		500〔m〕이상~1,500〔m〕미만		500〔m〕미만	
	오름구배〔%〕	2%이상	2%미만	2%이상	2%미만	2%이상	2%미만
20,000〔대/일〕이상		0.4	0.5	0.5	0.55	0.55	0.6
10,000~20,000〔대/일〕미만		0.45	0.55	0.55	0.6	0.6	0.65
5,000~10,000〔대/일〕미만		0.5	0.6	0.6	0.65	0.65	0.7
5,000〔대/일〕미만		0.55	0.65	0.65	0.7	0.7	0.75

단, 일방통행터널의 입구부 조명의 보수율은 위의 값보다 0.05크게 할 수 있다.

위하여는 노면 뿐아니라 벽면, 천정면도 밝기의 밸런스를 적절히 하고 양호한 시각환경을 터널 내에 만드는 것이 필요하다.

7.4 환기

자동차 배기가스에 의한 터널 내부의 휘도감소를 적게 하기 위하여, 긴 터널 내부에는 환기장치가 필히 설치되어야 한다. 주간 기본부에 필요한 휘도는 터널의 설계속도에 따라 2～20[cd/㎡]의 값을 얻을 정도의 환기가 필요하다.

참 고 문 헌

1) Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses : C.I.E Publication No. 88-1990(ISBN 3900734259).
2) トンネル照明設計指針 : 高速道路調査會.
3) 터널입구 조명에 대한 조사보고서 : 高速道路調査會.
4) 빛의 플리커가 불쾌감에 미치는 영향 : National Tech. Rept. 14-1.
5) 터널조명에 관한 조사보고서 : 高速道路調査會.
6) The International Recommendation for the Lighting of Public Throughfares : C.I.E Publication No.12.
7) The Lighting of Vehicular Traffic Tunnels : Puilips Tech. Library.
8) 신현준, 조정식, 1991, 도로터널의 환기시스템 연구, 한국건설기술연구원.
9) 건설부, 1989, 도로안전시설 설치 편람.
10) 한국산업규격, 1992, KS A 3703 터널조명기준.
11) 한국산업규격, 1991, KS A 3701 도로조명기준.
12) 日本道路協會, 1981, 道路照明施設設置基準・同解說.
13) 대한전기협회, 1989, 터널내 조명기구의 선정과 설계.
14) 일본조명학회, 1992, ライティングハンドブック, オーム社.
15) 서울특별시, 1994, 도로기전시설계획 및 유지관리요령.
16) 한국토지개발공사, 1987, 가로등설치에 관한 기준.
17) 日本道路公團, トンネル照明設備.
18) 日本規格協會, JIS Z 9116, トンネル照明基準.
19) J.B. De Boer, "Public Lighting", Philips Technical Library, 1967.
20) Recomennendations for the Lighting of Roads for Motorized Traffic, : C.I.E Publication No. 12.2-1977.
21) Calculation and Measurements of Luminance and Illuminance in Road Lighting, : C.I.E Publication No. 30/2-1982.
21) Glare and Uniformity in Road Lighting Installations, : C.I.E Publication No. 31A-1976.

◇著 者 紹 介◇

지 철 근(池哲根)

1927年 7月 17日生. 1951年 서울大 工大 電氣工學科 卒. 1995年 서울大 大學院 電氣工學科 卒(碩士). 1957年 美國 케이스 工大 大學院 修了. 서울大 大學院 電氣工學科 卒(博士). 1983年 大韓電氣學會 會長. 現在 서울大 工大 電氣工學科 名譽教授. 大韓電氣協會 副會長. 技術士. 當學會長.

이 진 우(李鎭雨)

1961年 2月 4日生. 1984年 서울大 工大 電氣工學科 卒. 986年 서울大 大學院 電氣工學科 卒(碩士). 1990年 서울大 大學院 電氣工學科 卒(博士). 세명백트론(株) 硏究室長 勤務. 現在 湖西大 工大 電氣工學科 助敎授. 當學會 理事.