

도로용 터널 및 지하 차도 조명 설계 지침

Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses

吳 聖 洙*
Oh, Sung-Soo

1. Introduction

In 1973, the C.I.F. published the first edition of its "International Recommendations for Tunnel Lighting" (Publication CIE No. 26). Since then it has become clear from practical experience that the 1973 Recommendations do not give a satisfactory answer to all problems concerned with tunnel lighting.

In 1975, therefore, the CIE appointed a subcommittee to study the fundamentals of tunnel lighting. In 1985 a detailed CIE Technical Report, prepared by that subcommittee, was published reviewing fundamental experiments concerning the lighting requirements for drivers approaching the entrance of a tunnel in daytime (Publication CIE No. 61-1984 - 「Tunnel entrance lighting—a survey of fundamentals for determining the luminance in the threshold zone」). That report, together with other information relating to practical experience with different tunnel lighting installations, forms the background of the recommendations given in the present Guide.

The terminology and some of the definitions may be different to those used in Publications CIE No. 26/1 and CIE No. 61.

The present Guide has been prepared by the experts of CIE Committee TC 4-08 in close contact with the working group (Lighting) of the Committee on Road Tunnels of PIARC (Permanent International Association of Road Congresses) and replaces the Publication CIE No. 26/1 (1973) International Recommendations for Tunnel Lighting.

본 기술 자료는 본인이 한국도로공사 용평, 〈둔내 둔내〉 설계를 위하여 스위스를 방문하여 입수한 것을 소개하는 것입니다.

2. 터널 조명의 목적과 조건

터널 조명의 목적은 터널 내가 주야로 길게 뻗은 인접 야외 도로보다는 편안하고 만족스럽지 못하지만 제한 속도로 터널에 접근하여 안전하게 통과할 수 있는 교통 환경을 창출하는 것이다.

1) 차량과 교통의 흐름을 포함한 충분한 정보는 장애물의 출현과 도로 전망에 대해서 알려준다.

2) 시야에 전개된 도로 상황에서 운전자는 인접 야외 도로와 같은 일치된 느낌을 갖도록 해야 한다.

3) 터널을 지나는 운전자에게 안전에 대한 감각을 갖도록 해야 한다. 그렇지 않고, 갑자기 속도를 줄이면 위험한 상황이 생기게 된다.

4) 터널 조명 설비의 광도 특성에서 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

*건축전기설비 기술사, 동양전기설계(주) 대표이사

- 도로와 벽체 하단부의 조도
- 도로 조도 분포의 균일성
- 휘도의 조절
- 명멸하는 불빛 제거

조명 등급들을 위한 이러한 지침에서 주어진 권장 사항은 최소값을 유지하여야 한다. 이러한 지침에서 주어진 장점의 응용은, 거의 모든 실제 상황 아래 기본 목적을 달성하는 것이다.

3. 용 어

이 지침의 배경에는, 도로 위의 모든 포장은 포장의 성질과 길이에 개의치 않는 <터널> 개념에 포함되었다. 차양, 루바 또는 다른 일광 스크린 구조들은 터널의 일부분으로서 고려된다.

1) 구간(Zone)과 연관된 시각 문제들

- 터널 조명의 역할은 터널 안과 밖의 도로를 자세히 보기 위해 운전자의 시각에 적합한 레벨들 사이의 차이점을 제거 또는 줄이는 것이다.

- 인간의 시각은 어두운 터널과 밝은 밖이 다른 만큼 조명 아래 공간 인지를 동시에 할 수 없기 때문에 터널조명은 일조 시간 동안이 가장 좋지 않다.

- 시각 시스템이 둘러싼 조명에서, 조명 등급들 사이의 차이점이 커지면 커질수록 적응하는 시간은 더욱 길어진다.

- 규정 속도에서 이러한 것은 밖과 터널에 둘러싼 조명 레벨들 사이 차이점이 커질수록, 운전자 시각 시스템은 감각 상태가 감소된다.

- <그림 1>은 터널의 횡단면 길이에서 조명의 5개 구역(Zone)을 보여주는 설계도이다. 그 밖의 구간의 조명 밝기들도 터널에서의 구간 조명 밝기이다.

2) 접속부 (Access Zone)

- 접속부는 접근하는 운전자가 터널 내부를 볼 수 있는 터널 입구 밖으로 뻗은 도로이다.

- 여러 요소들은 접속 도로에서 바라볼 때 터널 내 도로의 가시도(可視度)에 영향을 미치기 때문에

도로 내부에서 사물을 보는 것으로부터 접속 도로에서 운전자들에게 적응되기로 하기에는 문턱의 조명들로는 불충분하다.

- 터널 내·외부 도로 위 사물의 조명 밝기비를 감소시키는 것은 대기에 흩어지는 불빛이다.

- <블랙홀 효과>는 운전자가 터널 내부의 운전자의 경로가 명확하지 않을 때 결과적으로 감소하여 일어난다.

- 가장 요구되는 사항은, 가시도의 쉬운 평가를 주기 위해 운전자의 앞에 다른 차들이 없어야 한다.

3) 입구부

- 입구부는 터널 입구의 첫번째 길이이다.((그림 1))

- 입구부의 조명은, 아직 터널 밖에서 접근하는 운전자의 시각적 인식에 바탕이 되며, 접근 구간 내의 조명의 밝기에 종속된다.

- 입구부의 거리는 교통의 지시된 최고 속도에 따른다. 그리고 고려된 정지 거리는 같아야 한다.

4) 완화부

- 완화부는 입구부 다음 터널의 거리이다.((그림 1))

- 완화부에서 입구부의 끝 조명 등급은 기본부의 조명 등급보다 낮아지며, 더 낮은 조명 등급에 충분히 적응하기 위한, 정확히 적당한 가시도와 안락의 연관된 손실에 관련한 적응 결핍을 피하기 위한 시간을 운전자에게 주기 위해 점진적으로 이러한 것을 해야 한다.

- 전이 구역의 길이는 문턱 구역과 실내 구역의 끝 사이 조명 레벨 차이점과 지정된 최고 속력에 의한다.

5) 기본부

- 기본부는 완화부 다음 터널의 길이이다.((그림 1))

- 조명은 기본부의 전체 길이에 걸쳐 일정 레벨에서 점진적으로 유지된다.

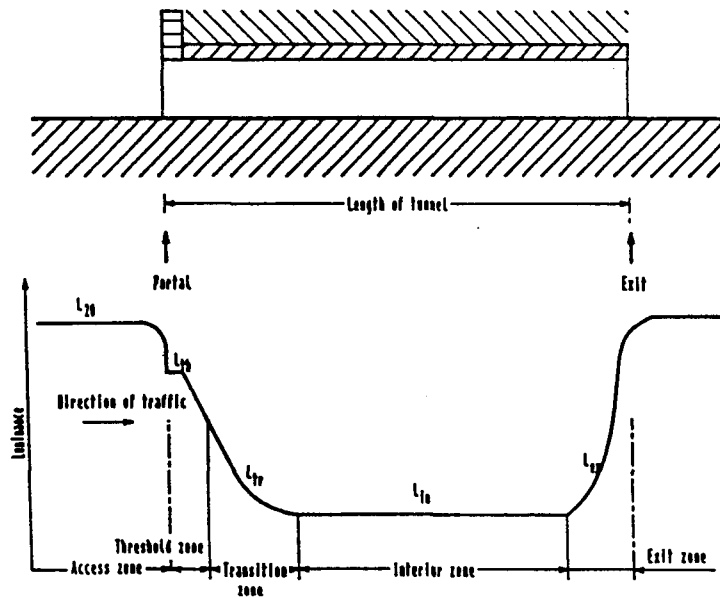
- 차들 속력에 의존한 완화부에서 조명 밝기의

점진적 감소는 기본부에서 도달된 가장 낮은 조명 등급으로 완전히 어둠에 적응하는 것은 허용하지 않으므로 일정 시간 동안 충분히 높은 조명 등급은 만족스런 가시도를 위해 기본부에서 필요하다.

6) 비상 구간

- 비상 구간은 비상구에 접근하는 운전자의 시각이 터널 밖 밝기에 의해 영향을 받는 터널의 거리이다. (<그림 1>)

- 비상 구간에서 일조 시간 동안 가시도와 안락



<그림 1> Typical Longitudinal Section of A-One-Way Tunnel

에 대한 상황은 비관적이 아닌데, 왜냐하면 비상 구역에서 사람들은 밝은 비상구에 대한 그림자를 명확히 상징하기 때문이다.

4. 조도

1) 접속 도로의 조도

입구부에서 필요한 조명 밝기에 대한, 접속 도로에서 조명 밝기의 영향은 접근하는 운전자의 눈에 서 20°각도와 터널 입구의 1/4의 높이에 있는 지점

중간에 마주한 관점의 원추형 영역에 포함된 조명 밝기의 직진성 평균에 의해 허용될 수 있는 것이 실제 목적이다.

이러한 조명 밝기를 L20, 접속 도로 조명 밝기라 한다.

2) 입구부 조도

입구부에서, 어떤 위치의 평균 도로 표면 조명의 밝기는 이 위치에서 입구부의 조명 밝기(Lth)라 한다.

3) 입구부와 접근부 사이의 비 $L_{th} / L_{20} = k$

입구부와 접속 도로 조명 밝기의 시작점에서 평균 도로 표면 조명 밝기 사이의 비는 터널 정면에서 정지 거리와 같은 거리에서 측정되었다.

4) 완화부의 조도

완화부에서 어느 평균 도로 표면 조명 밝기는 이 위치에서 완화부의 조명 밝기 (Lth)라 한다.

5) 기본부의 조도

기본부에서 평균 도로 표면 조명(Lth)을 기본부 조명이라 한다.

5. 정지 거리와 속도

1) 제한 속도

제한 속도는 2에서 표현된 목적을 이행하기 위한 최대 속도이다.

2) 정지 거리 (Stopping Distance)

정지 거리는 제한 속도로 운행하는 운송 수단들이 안전하고 완벽하게 정지하기 위해 필요한 거리로서 브레이크를 밟는 동안의 거리와 재시도 동안의 거리를 포함한다.

6. 조명 시스템과 Contrast

- 1) 사물의 조명 밝기 대비가 높을수록 그림의 가시도는 더 낮다.
- 2) 사물의 조명 밝기 대비는 도로 표면, 터널 벽, 조명 시스템 등에 사용된 반사 성질에 달려있다.
- 3) 높은 도로 표면 조명 밝기(L)와 낮은 수직 조명(Ev)을 산출하는 조명 시스템은 도로 위에 있는 대부분의 사물에 상대적으로 높은 대비를 준다.
- 4) 조명 분산이 비대칭 길이고 우선적으로 운전자에게 향할 때만 얻을 수 있는 시스템을 (Counter Beam Lighting(C.B.L))이라고 한다.

〈표 1〉 Definition of lighting system

Lighting system	L/EV ratio
"symmetrical"	≤ 0.2
Counter Beam Lighting (C.B.L)	≥ 0.6

- 5) 이러한 상황에서 조명 시스템의 비대칭성은 일정 그리드로부터 얻어진 L/EV비의 최소값으로 정의한다.
- 6) 수직 조명은 도로 위에서 접근하는 운전자 쪽을 향하는 10m로 한다.
- 7) 일정한 그리드는 차선당 12포인트, 두 조명 사이 세로 방향은 4포인트, 차선 교차는 3포인트로 한다.
- 8) 조명 시스템의 두 분류는 L/EV,비에 기초한다.

Two categories of lighting systems are defined

on the basis of the L/EV ratio.

Note : 1. Lighting systems with L/EV ratio 0, 2 and 0, 6 are rarely encountered. Such systems should comply with the recommendations in this Guide for symmetrical lighting.

2. The photometric values L and L and EV to be taken into consideration are related to the artificial lighting only.

7. 교통과 도로 조건

1) 운행의 난점

- 도로 위 운행의 어려운 점은 일반적으로 도로 설계와 주변 교통의 속도, 양, 구조에 의해 영향을 받는다.
- 교통량은 도로 설계와 속도 간의 상호 연관되어 있다.
- 일상 도로에서 교통량이 증가하면 터널 내 사고도 증가한다.
- 기본부에서 조명 레벨은 교통량과 함께 증가한다. (〈표 4〉)
- 이 지침에서 주어지는 값들은 일반적인 교통 조건에서 최소값들이다.

2) 속도와 가시도

- 정해진 속도가 증가할수록 차들의 정지 거리는 더욱 커진다.
- 접속 도로에서 운전자의 경우 속도가 증가할수록 입구에서 터널 내부를 볼 수 있는 곳까지의 거리는 증가한다.
- 멀리 떨어진 위치에서 접근 도로 내 조명은 접근 구간 조명(L20)보다 더욱 높아질 것이다.
- 또한, 멀리 떨어진 위치에서 터널 내의 사물은 운전자의 눈에서 작은 각을 마주한다.
- 터널 입구에서 운전자의 거리가 멀어질수록 대기 속에 흩어진 조명때문에 가시도의 감소 현상은 더욱 커진다.
- 입구부와 접속 도로 조명 밝기(Lth/L20)의 비

는 지정된 속도의 증가 정지 거리의 증가 또는 둘 다 증가해야 한다.

• 정지 거리와 속도 사이의 실제적인 관계는 지역 교통 법칙에 달려있다. 예를 들어, 날씨 조건·도로 면의 형태와 상태 및 지역 상황은 지정된 속도에 대응하는 정지 거리를 결정하는 기초이다.

8. 주간 조명

1) 접근 도로에서 조도

터널에 접근하는 운전자의 시각에 적합한 조도를 결정하는 것은 터널의 입구부에서 요구되는 조도를 산출해 내는 데 기초가 된다.

적합한 조도에 영향을 주는 두가지 요소는:

• 터널 입구 주변의 다양한 조도에 의해 산출된 Egmivalent Veiling Lunimance(LSeg)

• 운전자 관점의 중앙 위치에서의 조도

(1) LSeg는 운전자의 적응성을 결정하는 데 고려되어야 할 주요 요소임을 C.I.E. No.61에서 보여준다.

(2) LSeg를 결정하는 것은 쉽지 않기 때문에 실제 경험에 근거한 몇 가지 접근 방법이 있다.

(3) 가장 공통적으로 사용되는 것 중 하나는 어느 정도 정확성을 계산할 수 있는 접근 도로 조도(L20)의 개념이다.

(4) LSeg와 L20사이 상호 관계는 보통 조건에서는 양호하나 예외 조건에서 확장은 개별적인 경우, 둘 사이에 주요 불일치가 있을 수 있다는 것을 고려해야 한다.

(5) 적용하기 쉽고 정확한 LSeg를 결정하는 방법은 다음과 같다.

① 입구부의 시각점에서 필요한 조도값은 실제 터널 정면에서 정지 거리와 같은 거리에서 일어나는 L20값에 기초한다.

② 주간 접근과 환경이 다른 터널은 L20의 값이 상당히 다를 것이다.

③ 터널 주간 조명 설비를 설계할 때 한 해 동안 충분히 일어날 수 있는 L20의 최고치를 알 필요가 있다.

④ 왜냐하면, 계절과 날씨 상황에 따라 L20의 값을 측정할 수 있기 때문이다.

• 첫번째 방법

〈표 2〉에 있는 L20 값(cd/m²)으로부터 각주에 설명을 고려하여 선택한다.

• 두번째 방법

(1) L20의 평가는 터널 입구 주변의 스케치로부터 얻어진다.

계산하는 공식은 다음과 같다.

$$L20 = r LC + P LR + E LE + T Lth$$

* LC = 하늘 휘도 r = 하늘 퍼센트

LR = 도로 휘도 P = 도로 %

LE = 주변 휘도 E = 주위 %

Lth = 입구부 조도 T = 터널 입구 %

$$r + P + E + T = 1$$

100m-160m의 정지거리 경우 그 값은 낮다.

(2) Lth는 다른 조도치에 비해 낮기 때문에 무시할 수 있다.

〈60m정지 거리 경우〉

$$L20 = \frac{r Lc + P LR + E LE}{1 - T^k}$$

k < 0.1, 〈표 3〉에서 볼 수 있다. 따라서 T^k는 무시하면

$$L20 = r LC + P LR + E LE$$

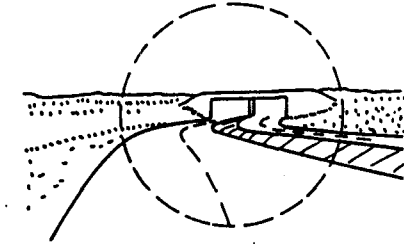
$$r + P + E + < 1$$

* r, E, P의 정확한 값이 가능하지 않을 때, 이들 값은 〈그림 1〉에서 〈그림 8〉을 비교해서 평가할 수 있다.

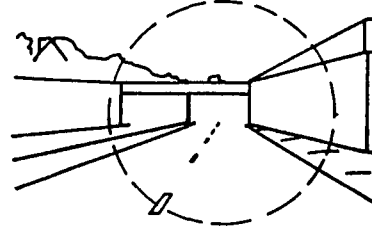
(3) 지역적인 값이 정확히 유용하지 않지만, kcd/m²으로 표현된 〈표 3〉에 있는 LC, LR, LE의 값을 사용한다.

• 두 가지 방법 이용

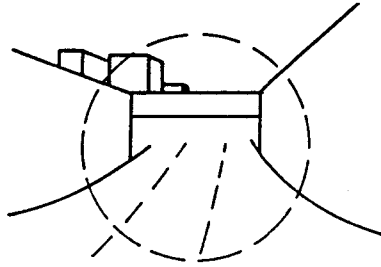
(1) 5.1의 사용을 촉진하기 위해 〈그림 2〉 ~ 〈그림 9〉에서 전형적인 터널 입구의 8가지 종류를 보이고 있는데, 이들 그림은 사진에 근거한 것으로 각 그림에 부과된 것은 접근 도로 조명 밝기의 관점인 20°원추 영역이다.



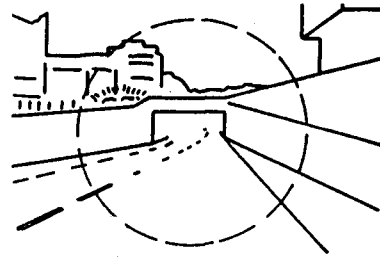
〈그림 2〉 Stopping distance 160m Sky 35%



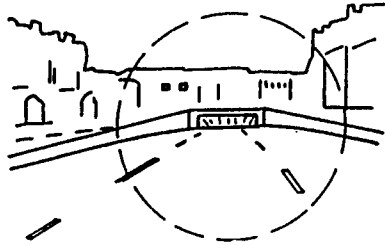
〈그림 3〉 Stopping distance 100m sky 27%



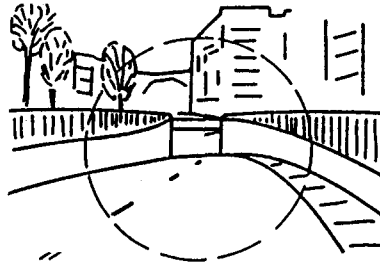
〈그림 4〉 Stopping distance 60m Sky 14%



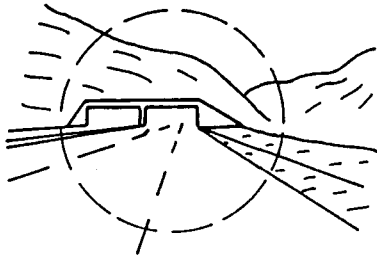
〈그림 5〉 Stopping distance 100m Sky 18%



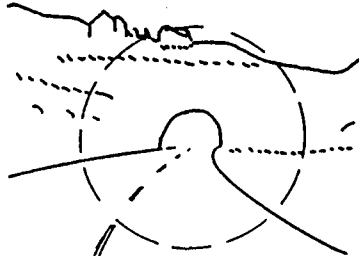
〈그림 6〉 Stopping distance 160m Sky 14%



〈그림 7〉 Stopping distance 100m Sky 3%



〈그림 8〉 Stopping distance 100m Sky 18%



〈그림 9〉 Stopping distance 100m Sky 4%

(2) 20°영역 이내 나타나는 Sky 퍼센트를 스케치한 이점한 각 사진에서 보이는 터널 입구로부터 정지 거리와 함께 주어져 있다.

(3) 터널 입구에서 L20 값에 영향을 미치는 스카이의 퍼센트의 값을 평가하기 위해 사진은 정지점으로부터 그림에서 알려진(터널 높이 20°원추형의 반경을 결정할 수 있는) 영역을 찍어야 한다.

(4) 터널이 아직 건설되지 않았을 때 사진은 건설 중 스카이라인이 개조되지 않는 한 오래 동안 사용될 수 있다.

• L20 값을 결정하는 방법은 터널 입구에 관한 충분한 데이터가 있을 때만 사용할 수 있다. 실제로 터널 조명 설계의 초기 추정치는 더욱 자세한 정보가 유용할 때 앞의 방법으로부터 유도된 L20 값에 기반을 둔 최종 조명 설계를 가지고 <표 2>를 사용하여 수행된다.

• 거리로부터 보았을 때 관점의 커다란 영역을 일광 비상구가 차지한다면, 추가 일조 시간이 필요하지 않다. 반대로, 같은 위치에서 보았을 때 차가 숨을 수 있는 장애물이 어두운 곳에서 나타난다면 추가로 일광이 필요하다.

• 어두운 터널 구조에서 목적물이 방해될 확률은 3가지 면에서 증가된다.

- (1) 터널의 길이
- (2) 목적물이 차들보다 작을 때
- (3) 터널 도로가, 비상구가 터널 입구 정면에 참조할 정지 거리로부터 완전히 볼 수 없을 정도로 휘어져 있거나 경사가 있을 때

9. 입구부에서 조도

1) 터널 치수의 영향

터널 또는 지하도는 터널 입구 전 정지 거리와 같은 표를 사용함으로써 얻을 수 있는 L20 값은 매우 근사치이고 터널 입구의 매우 제한된 정보에만 사용할 수 있다고 추천되고 있다.

<표 2> Table of L20

		Average luminance L20 in the 20° conical field of view, cd/m ²															
		Percentage of sky in the 20° conical field of view															
		35%				25%				10%				0%			
brightness situation in field of view	normal	snow		normal	snow		normal	snow		normal	snow		normal	snow			
	low high	low high	low high	low high	low high	low high	low high	low high	low high	low high	low high	low high	low high	low high			
		(1)	(1)		(1)	(1)		(2)	(3)		(2)	(3)					
stopping distance 60m	(4)	(4)		4000	5000	4000	5000	2500	3500	3000	3500	1500	3000	1500	4000		
stopping distance 100m to 160m	4000	6000	4000	6000	4000	6000	4000	6000	3000	4500	3000	5000	2500	5000	2500	5000	

〈표 3〉 Recommended ratios between threshold zone luminance and the access zone luminance : Lth/ L20

stopping distance	Symmetrical lighting system (L/EV≤0.2)	Counter Beam Lighting system (L/EV≥0.6)
	k = Lth/L20	k = Lth/L20
60m	0.05	0.04
100m	0.06	0.05
160m	0.10	0.07

(4) 비상구가 완전히 볼 수 있을 정도로 짧은 터널은 일광 침투의 정도가 높으면 추가 일광이 필요 없다.

(5) 커다란 횡단면과 도로 평면 또는 내리막 길에 비상구가 있는 터널은 최대 일광이 침투되는 것을 허용할 것이다. 반대로, 비상구가 북쪽을 향하거나 도로 기울기가 비상구 위쪽에 있거나 높은 빌딩에 둘러 쌓여 있으면 일광 침투는 약할 것이다.

• 교통량이 증가하여, 밝은 배경의 관점에서, 커다란 차가 가로 막을 경우는 위험이 증가된다. 따라서, 부적당한 가시도의 위험은 터널에 추가 조명이

〈표 4〉 Interior Zone. Average Luminance Recommended on the Road(cd/ m²)

Interior zone average road surface luminance cd/m ²			
Stopping Distance S.D.	Traffic flow		
	Low ≤ 100 vehicles/h	Medium > 100 vehicles/h < 1000 vehicles/h	Heavy ≥ 1000 vehicles/h
160m	5	10	15
100m	2	4	6
60m	1	2	3

없으면 더욱 증가한다.

• 표 수치들은 터널 또는 지하도가 추가 조명이 필요한 지, 종일 조명이 필요한 지, 50%만 필요한 지 결정하는 지침이 된다. 어떤 수치의 경우, 지침은 절대치가 아닌 정성(定性)치이다.

2) 입구부에서 조명 등급

입구부(Lth)의 시작점에서 필요한 평균 도로 표면 조명은 테이블에서 주어진 Lth/L20비로부터 결정할 수 있다.

• Counter Beam 조명 시스템에 표에서 보인 것보다 낮은비를 사용하면 주의가 요구되어진다.

• Lth의 낮은 값을 쓰면, 대칭 조명 시스템을 위한 Lth 값을 얻을 수 있는 블랙홀 효과가 다소 증

가하고 운전자의 안락감이 줄어들 것이다. 그러나, Counter Beam 시스템은 작은 사물과 도로 표면 배경 사이 커다란 대비가 만들어짐으로 가시도 등급이 높으면 낮은 조명 등급치를 얻고 시각 적응이 완전히 되기도 전에 사물이 나타난다.

• 표에서 주어진 수치들 사이 정지 거리치 경우, 선형 보간이 허용된다. 대체로, 모든 특정된 Lth/L20 값은 교통 상태가 보통이고 높을 때 합당하며 이들 상태가 명백히 매우 유리한 곳에서 표의 비는 그들 상태치의 0.75보다 낮을 수 있다.

다음 요구 사항이 모두 이행될 때에만 이 수치가 고려되어야 한다.

- (1) 터널당 편도 교통량
- (2) 저속과 고속의 교통량의 혼합 없이

- (3) 차선 변경 없이
- (4) 터널 내 정지 허용 없이
- (5) 낮은 교통량 (<100 Vehicles/m)
- (6) 직선 터널

3) 입구부의 길이

입구부의 총 길이는 적어도 정지 거리와 같아야 한다. 이 거리의 반 이상 경우 조명 등급은 입구부의 시점에서 수치, L_{th} 와 같아야 하고, 정지 거리의 반으로부터, 조명 등급은 $L_{th}=0.4$ 인 입구부 끝에서 값이 선형적이고 점진적으로 감소한다.

• 입구부의 1/2 이상 점진적 감소는 여러 단계를 만들 수 있다. 한 단계와 다음 단계 사이 조도비는

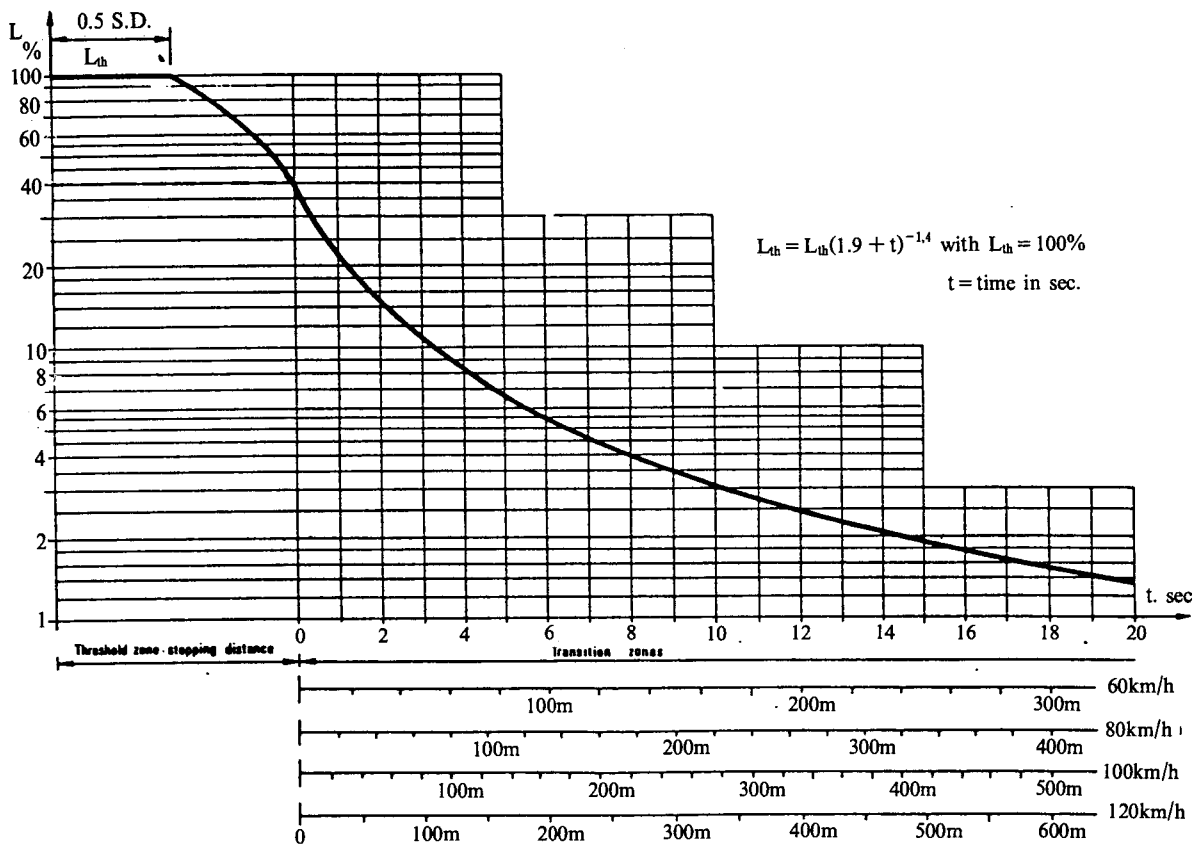
3:1을 넘지 않아야 하고 조명 등급은 굴곡에 의해 나타난 한계 이하로 내려가면 안된다.

4) 벽의 조도

2m 높이 이상의 터널 벽의 평균 조도는 평균도로 표면 조도보다 적어야 한다.

10. 완화부의 길이와 조도

1) 완화부에서 조도는 기본부를 향한 입구부로부터 점차 감소된다. 터널축을 따른 조도에서 추천된 감소는 0m지점에서 굴곡 시작점의 부분에서 주어진다.



<그림 10> Schematic representation of lighting level in the various zones

실제 이 굴곡으로부터 약간의 이탈은 다음 사항에서 묵인된다.

- 굴곡은 약간 시각의 불만족 상황에 대응한다. 때때로 다소 깊은 굴곡은 더 불만족스러운 상황이다.

- 굴곡은 여러 단계에 의해 근사화되고 이들 단계에서 최대 허용치는 3:1로 감소된다.

- 조명 등급은 굴곡에 의해 나타난 한계 이하로 떨어지는 안된다.

- 완화부는 다음 상황에서 나타난 것보다 더 짧다.

1) 입구부의 규정 조도에 있을 때

(2) 기본부에 조도는 추천된 것보다 더 높을 때

- 굴곡으로부터 커다란 이탈에 대한 방법을 정확히 표현하는 것은 불가능하다. 이것에 대한 정확한 연구는 앞으로 가까운 시일내 이루어질 것으로 기대한다.

- 완화부는 조도가 3배인 기본 조도와 같을 때 도달하므로 높이 2m 이상의 터널 벽의 평균 도로 표준 조도로 평균 도로 표면 조명 밝기보다 작아야 한다.

11. 기본부에서 조도

터널의 실내에 평균 도로 표면 조도는 교통 흐름에 따라 160m, 100m, 60m 3가지 정지 거리로 주어진다. 높이 2m 이상 터널 벽의 평균 조도는 평균 도로 표면 조도보다 적으면 안된다.

12. 비상 구간의 조명

둘러싼 조명 등급에서 증가는 시각적 적응이 빠른 경우 추가 조명은 터널 비상구에서 필요하지 않다. 비상 구간에서 추가 조명이 다음과 같은 경우에 결코 유용하지 않다.

- 비상구의 눈부심 효과 때문에 작은 차 또는 큰 차의 차들과 같은 눈에 띄지 않는 교통 상황이 나타나는 경우

- 백미러를 충분히 보면서 터널을 통과하는 운전자

13. 주간 변화와 조명 조정

- 접근 구간 조도는 주간 상태에 따라 변화가 일어난다. 입구부와 완화부에서 이상적인 조도는 접근 구간 조도의 퍼센트가 일정할 때 이들 구간에서 인위적인 조명의 자동 조정을 제공하는 것이 필요하다.

- 스위칭은 각 단계에서 수행되어진다.

- 3요소에 의한 순간적 감소가 경제성, 만족성 때문에 좋더라도, 5요소 증가로 인한 감소는 받아들일 수 있다.

- 입구부에서 최소로 요구된 등급은 조도비 'K'와 순간적인 조도 L20을 곱하므로써 연속적으로 결정할 수 있다.

- 조도 L20은 20°반경의 영역에 걸친 평균 조명 밝기이다. 이 경우 L20의 계산에 사용될 가능성이 있는 측정 영역에서 터널 입구에서 떨어진 정지 거리를 측정해야 한다.

- 조도 계측은 적절한 1/λ인 측정해야 한다. 온도에 민감도는 최소이어야하고 장기적인 안정성은 좋아야 한다.

- 응용된 조도비 'K'는 입구부에서 조명의 대비와 교통의 속도 제한에 의존한다. 테이블 L20과 K로부터 입구부(Lth)에 있는 순간적으로 필요한 조도가 유도된다.

- 입구부의 효과적인 조도는 조명을 제공하는 회로의 조정에 달려있다.

- 입구부에서 요구된 조도 Lth와 효과적인 조도 사이 차이점은 조명의 스위칭의 결정되는 것에 의한 표준이다.

- 효과적인 조도는 운전자 시각의 위치로부터 측정할 수 없는 것을 고려해야 한다.

- 실제 경우, 높이는 가장 높은 트럭의 높이 4.5m보다 커야 한다. 그러므로, 측정치는 운전자에 의해 보여진 조도와 다르다. 일반적으로 입구부에

서 Lth와 효과적인 조도 사이 차이점이 작을수록, 조정하기가 더 좋고 비용이 낮아질 것이다.

- 단계수가 많을수록 조정은 잘 할 수 있다. 각 설치 경우, 가장 경제적 해결책은 기본인 에너지, 램프, 노동비를 고려하는 것이다.

- 여러 경우에 조명의 단계는 10-25cd/m²의 범위 내에 있다. 주의할 것은 조명 조정 시스템의 여러 요소들에 역학적 응답을 지불해야만 한다.

- 조정 시스템의 출력 역학은 응용에서 공통적으로 간주된 조명을 가장 빠른 변화에 응답할 필요성을 접할 수 있어야 한다.

- 조명 조정은 적어도 L20의 실제값과 입구부에서 효과적인 조도와 조명 프로그램을 나타내야 한다.

14. 조도 동질성

- 조도의 좋은 동질성은 도로 표면 위와 2m 높이 이상 벽에 제공되고 벽의 낮은 부분은 도로와 마찬가지로 교통의 배경으로 여겨지므로 둘 다 같은 방법으로 고려해야 한다.

- 터널의 청결 상태에서 도로 표면과 벽에서 조도의 평균치인 최소값 0.4의 비가 추천되었다.

- 각 차선의 중간에 따라 0.6의 세로 동질성이 도로에 추천된다.

- Computer Beam 조명 시스템 경우에 벽의 조명은 충분히 밝은 배경의 제공과 L/EV 비가 감소될 벽으로부터 많은 반사 성분의 제거 사이를 해결한다.

1) 깜박이는 빛 제한

반짝이는 빛은 가시도가 감소되므로 최소화하여야 한다. 입구부 증가 (T.I)는 주간 동안 비상 수단이 없는 터널에는 단계와 모든 구간이 15% 이하이어야 한다.

- T.I 값은 다음 공식에 의해 계산된다.

$$T.I = \frac{65 \times LV}{LR \cdot 0.8} \quad (LR, \leq 5 \text{ cd/m}^2 \text{인 경우})$$

$$T.I = \frac{95 \times LV}{LR \cdot 1.05} \quad ((LR > 5 \text{ cd/m}^2 \text{인 경우})$$

LR은 배경을 형성하는 벽과 차도의 평균조도, LV는 수평위 20°위 관점의 영역에서 모든 조도에 의해 만들어진 배일 조도이다.

2) 깜박이의 제거

깜박이는 깜박이는 미늘창 터널 벽 또는 부적당한 공간적 조도에 의해 산출되는 것과 같은 공간적 주기를 통과하여 조도를 변화할 때 보여지는 것이다. 깜박이는 것 때문에 경험한 시각 불만족은 다음 사항에 의존한다.

- (1) 초당 조도 변화의 수 (깜박이는 주파수)

- (2) 경험의 총지속

- (3) 1 사이클에서 빛에서 어둠까지의 변화의 비

- (4) 각 주기 이내 어두운 조명과 빛의 비

(1), (2), (3)은 차의 속도와 조명 공간에 의존한다. 또한 (3), (4)는 조명의 공간성과 광적 성질에 의존한다. 일반적으로 깜박이는 효과는 2.5Mz 이하 (5Mz 이상 주파수에서 무시할 수 있다).

조명의 플래시 영역의 끝점과 다음 조명의 플래시 영역의 시작점 사이 거리가 플래시 영역의 길이보다 적을때 깜박이 속임수는 인위적 조도에 대해 적어도 무시할 수 있다.

길게 뻗은 터널 이내 깜박이 주파수를 계산하기 위해서는 조명공간(m)으로 속도(m/s)를 나눈다.

3) 야간 조명

- 만일 터널안의 조명이 터널에 비춰지는 길의 일부분이 되면 근접길의 균일성과 등급이 같아져야 한다.

- 만일 빛이 없는 터널이면, 평균 발광성 cd/m²의 Lav, 전체 균일성 Lmin/Lav=0.4와 터널의 통로, 각각 길이, 균일성 Lmin/Lmat=0.6의 터널 안의 조명이 필요하다. 또한 낮시간 동안은 짧은 터널도 적용된다.

- 터널간의 허용 속도 제한과 일치한 운전은 적어도 5초 동안의 일정한 길이를 따라 비추어진다. 평균 균일성은 출구가 가까운 터널보다 1/3보다 적

어야 한다.

• 터널의 입/출구부에 태양 차단개가 제공될 때 터널 내부의 야간 조명 시스템은 태양 차단개 밑에서 지속되어야 한다.

4) 비상 조명

• 일반 사항

전력 공급의 부족 상황은 비상 공급 시스템에 제공되어야 한다.

(1) 중복 충돌시 급브레이크가 가능한 터널 안의 운전자를 위해 순간의 본능적인 반응을 최소화한다.

(2) 교통 속도 제한의 감축을 위해 적절한 조명이 제공된다.

(3) 터널안의 사고에 의해 비상 서비스가 첨가되어진다.

• 운전자 주의

조명 시설이 결여된 터널에 재빠르게 접근하는 운전자를 위해 입구에 10개의 표지판이 설치된다. 운전자는 속도를 터널로 들어가면 일시적으로 감소된다.

표지판은 단지 필요시에 사인에 연락이 전달되게 하기 위한 (Energized Legend) 타입이 될 것이다.

• 조명 유지

입구부와 완화부에서 지속되어야 하는 조명 등급은 경고 표지판에 표시되어 있는 속도 감속과 관계 있다.

터널안의 기본부에서 비상 Power는 적어도 야간 조명 등급으로 공급되어야 한다.

• 공급 전력

조명이 나갔을 때 위기의 순간이 발생된다. 정상 Voltage의 소등 후에 짧은 시간 경과(연습시 -2초) 안에 비상조명을 위해 전력이 필요하다.

비상전원 공급을 위해:

(1) 두 개의 시스템으로부터 전력 공급은 자동적이고 순간적으로 동작하며, 비상 전력 공급되는 것은 비상 조명이다. 이 경우의 어려운 점은 두 전력 수전이 독립적이라는 것이며, 두 수전 시설은 다른

S/S이어야 한다.

(2) 비상 전력은 비상 발전기 세트와 배터리 뱅크 (UPS System)로부터 공급된다. UPS는 발전기 세트가 작동되고 송전되기 위한 시간 동안만 공급된다.

(3) 비상전원을 위해 순식간에 부분적인 비상 조명이 정전 시간에 켜져야 한다. 이것과 다른 문제 해결 방법사이의 선택은 지역 상황과 비용에 달려 있다.

(4) 정전을 위해 순환의 재작동 램프, 또는 자동 작동이 필요하다. 통풍, 양수기, 기, 교통 신호 등과 같은 다른 설비를 위한 비상 전원 공급 방법이 필요하다.

(5) 비상 조명은 짧은 터널의 경우에 일반적으로 반드시 필요하지는 않다.

5) 유지 (보존)

재조명을 포함한 조명 설치의 유지는 조명 기구의 청결, 터널 벽의 청결, 전기 회로와 조명 기구와 연결된 기타 부대 설비의 유지이다.

• 재조명

유량은 시간 감소의 일반적인 자원에 의해 공급되며, 최적의 재조명 싸이클 결정을 위하여 출구 조명의 변화는 모니터 되어진다. 조직적인 재조명 그룹이 취해져야 하며, 이 그룹의 재설치는 Lumen 하락과 사용 조명이 끝나는 비율에 달려있다.

• Luminaires의 청결

정기적인 Luminaires의 청결이 필요하나, 반면에 유량(流量)은 마침내 거의 모두 잃게 될 것이다. 만일 Luminaires 더럽혀지지 않게 하기 위해 유지의 청결과 Luminaires은 빛의 출구를 충분히 유지되어야 한다.

청결을 유지하기 위하여 다양한 시간 간격이 있어야 한다.

• 터널 벽의 청결

터널 벽의 청결 효과가 내부 반사된 조명의 기여를 총성능으로 고려하여 작을지라도 조명 반사가 높으면 반대로 보이는 사물의 조명 대비가 높아지

는 결과와 광학적 지침에 충분한 기대를 제공하기 때문에 터널 벽 청결을 요구한다. 다양한 청결의 번 변함은 금속으로 싸이는 벽과 교통 상태에 따라 변 한다.

- 광도계 조절의 유지

접근과 문턱 구역에서 광도계의 정기적인 점검이 중요하므로, 터널 안의 조명 등급을 조정하는 표준 실험과 같거나 또는 유사한 터널 안의 첫째의 에너지 소비의 비교에 의해 눈금은 적어도 1년에 한번 점검 되어져야 한다.

- Luminaires에 연결된 부대 설비의 유지

전등 받침의 수리와 점검, 시스템 차단과 방수

Gaskets, 부착물 등의 유지(Maintenance)는 이와 같은 설계 단계의 상세도에 의한 주의에 의해 이루어진다.

(1) I.E.C Publication 598에 의한 IP65 보호 정도 I.E.C와 Luminaires에 의하여

(2) 램프와 부착물에 근접한 부분의 재빠른 제거

(3) 크고 처리하기 쉬운 Luminaires Fixing Systems

(4) Luminaires 부분과 터널 안에 사용된 다른 Materials의 부식 저항

(5) 교통 정지 높이의 적어도 25Cm Clear Luminaires의 가설