

건축전기설비기술사 문제 해설.

글 / 김세동 (두원공과대학 교수, 공학박사, 기술사 e-mail : kmse@doowon.ac.kr)

터널 조명시설의 목적과 구간적 구성별 조명기준에 대해서 설명하시요.

☞ 본 문제를 이해하기 위해서는 스스로 문제를 만들고, 답을 써보고 기억을 오래 가져갈 수 있는 아이디어를 기록한다.

항 목	Key Point 및 확인 사항	비 고
가장 중요한 Key Word	터널 조명기준	
관련 이론 및 실무 사항	<ol style="list-style-type: none"> 1. 터널조명 입구 및 출구부의 배경 2. 터널조명의 계획시 유의사항 3. 터널조명의 구성 입구부가 예전과 달라졌습니다. 4. 터널조명기준(KS C 3703)이 2010년 5월 전면 개정 	국제조명위원회 및 일본도로공단, 국토해양부 등의 기준

〈해설〉

1. 터널 조명시설의 목적과 기능

터널조명은 터널 이용자가 주야간 안전하고 불안감 없이 통행할 수 있도록 조명을 하는데 목적이 있으며, 조도와 휘도를 함께 고려하여 터널 내외의 환경 변화에 빨리 순응할 수 있도록 하여야 한다. 이와 같이 터널내외의 안전운전을 위한 조명환경을 확보함으로써 교통안전의 향상, 도로이용 효율의 향상, 운전자의 불안감 제거와 피로 감소, 운전자의 심리적 안정감 및 쾌적감을 제공한다.

2. 터널 조명의 계획시 유의사항

- 1) 입구 부근의 시야 상황 : 터널에 근접하고 있는 자동차 운전자의 기준점에서 20° 시야 내의 천공, 노면 등의 인공 구조물, 입구 부근의 지물, 경사면 등의 휘도와 그들이 시야 내에 차지하는 비율
- 2) 구조 조건 : 터널 단면의 모양, 전체 길이, 터널 내 도로의 평면, 종단선형, 노면·벽면·천장면의 표면상태 반사율 등
- 3) 교통 상황 : 설계 속도, 교통량, 통행 방식, 대형차의 혼입률 등
- 4) 환기 상황 : 배기 설비의 유무, 환기방식, 터널 내 공기의 투과율 등
- 5) 유지관리 계획 : 청소 방법, 청소 빈도 등
- 6) 부대시설의 상황 : 교통안전 표지, 도로 표지, 교통신호기, 소화기, 긴급 전화, 라디오 청취시설, 대피소, 소화전 등

3. 터널 조명의 구성

터널 조명은 터널 내에 설치하는 조명(입구부 조명, 기본부 조명과 출구부 조명)과 터널 전후의 접속도로에 설치하는 조명(입구부 접속도로의 조명과 출구부 접속도로의 조명)에 따라 구성한다.

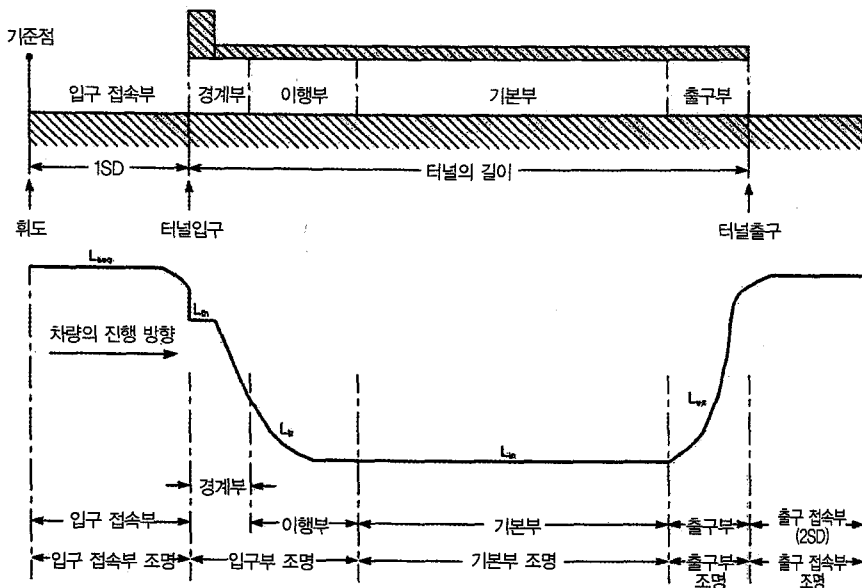


그림 1. 터널 조명의 구성(일방 교통터널의 세로 단면도)

4. 터널 조명방식

터널 조명방식은 휘도대비계수의 비에 따라 다음의 3가지로 구분된다.

- 1) 대칭조명(Symmetric lighting) : 교통의 진행방향과 동일방향 및 반대방향으로 같은 크기의 빛이 투사되는 조명 방식으로, 양 방향으로 대칭적인 광도분포를 보이는 조명기구를 사용하는 것이며, 표준 장애물에서의 휘도대비계수가 0.2 이하이다.
- 2) 카운터빔조명(Counter-beam lighting) : 빛이 교통의 진행방향과 반대되는 방향으로 물체에 투사되는 조명 방식으로, 이 방향으로 큰 배광을 갖도록 비대칭적으로 빛을 발산하는 조명기구를 사용하는 것이며, 노면휘도는 높아지고 장애물은 노면을 배광으로 검은 실루엣으로 나타나며, 표준 장애물에서의 휘도대비계수가 0.6 이상이다.
- 3) 프로빔조명(Pro-beam lighting) : 교통의 진행과 같은 방향으로 빛이 물체를 향해 비치는 조명방식으로, 이 방향으로 큰 배광을 갖도록 비대칭적으로 빛을 발산하는 조명기구를 사용하는 것이며, 이 경우 노면에 수직인 차량의 배면이나 물체의 휘도는 높아지게 된다.

(※ 휘도대비계수란, 터널의 특정 지점에서의 노면휘도와 수직면 조도와와의 비(L/E_v))

5. 터널 조명기준

가. 설계속도와 정지거리

정지거리는 운전자의 반응시간 및 브레이크 조작시간을 포함한 거리이며, 설계속도에 대응하는 정지거리는 표 1과 같다.

표 1. 설계속도와 정지거리

설계 속도	정지거리(SD)
60 km/h	60 m
80 km/h	100 m
100 km/h	160 m

나. 경계부 조명

- 1) 경계부 길이 : 경계부 전체 길이는 정지거리와 같거나 이보다 길어야 한다.
- 2) 경계부 평균노면휘도(L_{th})
 - (1) 터널 속도와 주행방향을 결정한다.
 - (2) 경계부 휘도에 대한 조절계수로부터 경계부 휘도값에 곱하는 비율을 결정한다(표 2).
 - (3) 터널을 바라볼 때 하늘의 비율을 구한다(그림 2).
 - (4) 설계속도와 터널방위를 고려한 20° 원추형 시야 내의 경계부 평균노면휘도를 선정하고, 경계부 노면휘도에 대한 조절계수를 곱한다(표 3).

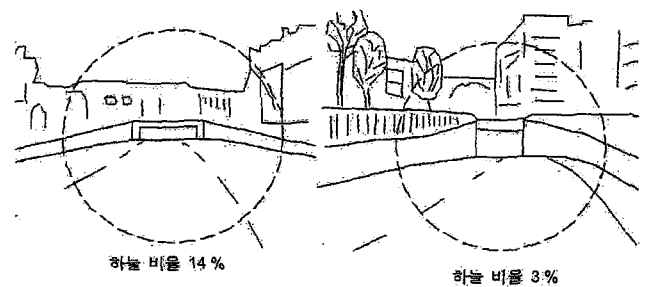


그림 2. 터널의 주변 경관과 하늘의 비율

3) 경계부 조명수준 : 경계부 처음부터 중간지점까지의 조명수준은 경계구역의 초반에서의 값과 같아야 하며, 정지거리의 절반 지점부터 조명수준은 점차적, 선형적으로 감소하여 경계부 종단에서는 $0.4 L_{th}$ 까지 감소되도록 한다.

표 2. 경계부 노면휘도에 대한 조절계수

터널 길이	교통량	출구부 보임(기준점으로부터)				출구부 안보임(기준점으로부터)			
		주광 입사				주광 입사			
		좋은		나쁨		좋은		나쁨	
		벽면 반사율				벽면 반사율			
		30% 초과	30% 이하	30% 초과	30% 이하	30% 초과	30% 이하	30% 초과	30% 이하
SIM	적음	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	50%
	보통	25%	25%	25%	25%	25%	50%	50%	50%
	많음	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
SIM	적음	50%	50%	50%	50%	50%	100%	100%	100%
	보통	75%	75%	75%	75%	75%	100%	100%	100%
	많음	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
200m 이상	전부	100%				100%			

교통량 : 단위[차량대수/시간/차로]
 -일반통행 : 많음(1000 이상), 보통(1000 미만~300 초과), 적음(300 이하)
 -양방통행 : 많음(300이상), 보통(300 미만~100 초과), 적음(100 이하)

표 3. 주간의 자동차 터널도로의 경계부 평균 노면휘도 L_{th} (cd/m²)

20° 원추형 시야 내의 경계부 평균노면휘도 L_{th} (cd/m ²)									
20° 원추형 시야 내의 하늘 비율		20% 초과		SIM		SIM		SIM	
시야 내의 밝기 상황		터널 방위				주변 반사			
		남향	북향	남향	북향	보통	높음	보통	높음
설계속도 (km/h)	60	200	250	150	200	125	175	75	150
	80	260	360	200	300	180	270	150	240
	100	370	480	280	400	240	360	200	320

a. 터널 입구의 방위(남향 : 남쪽 입구, 북향 : 북쪽 입구)
 b. 터널 입구의 방위가 동-서쪽의 경우 노면 휘도는 남향과 북향의 중간 값을 선택한다.
 c. 터널 입구 주변의 반사에 따르는 영향
 - 높음 : 터널 입구 부근의 지물이 흰색, 회색 등의 반사율이 높을 경우를 말하며, 입구 부근에 장기간 적설 상태가 계속되는 경우도 여기에 포함된다.
 - 보통 : 상기 이외의 경우를 말한다.

다. 이행부 조명

- (1) 이행부는 경계부(t=0)가 끝나는 지점에서 시작된다.
- (2) 이행부에서의 단계별 휘도값 $L_{th} = L_{th}(0.9 + t)^{-1.4}$ 으로 계산된다. 여기서 t(초 단위)는 경계부 끝점에서부터의 운행시간이다.
- (3) 계단식으로 감소하는 경우 한 단계와 그 다음 단계의 최대 휘도비는 3이며, 이행부 최종 단계의 휘도는 기본부 휘도의 2배 이상으로 되어서는 안된다.

라. 기본부 조명

주간 자동차 터널도로의 기본부에서의 평균 노면휘도(0)는 정지거리나 설계속도에 따라 표 4와 같이 한다.

표 4. 주간 자동차 터널도로의 기본부 평균 노면휘도 L_{th} (cd/m²)

정지거리(설계속도)	터널의 교통량		
	적음	보통	많음
160m(100km/h)	7	9	11
100m(100km/h)	5	6.5	8
60m(100km/h)	3	4.5	6

교통량 : 단위[차량대수/시간/차로]
 -일반통행 : 많음(1000 이상), 보통(1000 미만~300 초과), 적음(300 이하)
 -양방통행 : 많음(300 이상), 보통(300 미만~100 초과), 적음(100 이하)

마. 출구부 조명

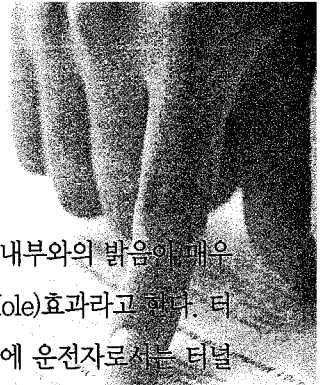
- (1) 출구부 조명에 의한 주간 휘도를 정지거리 이상의 구간에 걸쳐 점차 증가시킨다.
- (2) 기본부 휘도에서 시작하여 출구 접속부 전방 20 m 지점의 휘도가 기본부 휘도의 5배가 되도록 단계적으로 상승시킨다.

■ 추가 검토 사항

☞ 공학을 잘 하는 사람은 수학적 사고를 많이 하는 사람이란 것을 잊지 말아야 한다. 본 문제에서 정확하게 이해하지 못하는 것은 관련 문헌을 확인해 보는 습관을 길러야 엔지니어링 사고를 하게 되고, 완벽하게 이해하는 것이 된다는 것을 명심하기 바랍니다. 상기의 문제를 이해하기 위해서는 다음의 사항을 확인바랍니다.

- 1. 터널조명에서 가장 중요한 부분이 입구부 조명이며,





입구부 조명은 경계부, 이행부로 구성되는 이유는 무엇인가를 정확히 확인해 둔다.

주간에 터널 진입 전에 조명이 충분하지 않은 터널 입구 부근에서, 터널의 야외부와 터널 내부와의 밝음이 매우 다르므로 길이가 긴 터널에서는 터널 내부는 검은 굴로 보이며, 이러한 현상을 블랙홀(Black Hole)효과라고 한다. 터널 밖의 도로를 주행한 운전자의 눈은 야외의 휘도에 순응한 상태로 터널에 근접해 오기 때문에 운전자로서는 터널 내가 암흑으로 보이며, 그 내부를 잘 식별할 수가 없다. 이러한 블랙홀 현상은 터널 입구 부근에서 일어나는 가장 곤란한 문제이며, 이러한 현상을 제거하기 위한 그림 4에서 보는 바와 같이 조명 구간(경계부, 이행부)이 필요하다.

2. 터널 조명이 과거에는 벽면에 설치하였으나 최근에는 천장에 설치하고 있으며, 천장에 설치하였을 때 어느 위치에 설치하여야 적절한지를 검토한 연구논문에 의하면, 조명기구 는 벽면에 설치하는 것보다 천장에 설치하는 것이 균제도가 균일하고 조명률이 높아 경제적이며 휘도비도 대체로 좋은 것으로 나타났다. 그림 5에서 보는 바와 같이 천장 5.5m에 설치하여 제트팬의 간섭을 피하는 1차로 중앙에서 좌측 벽면으로 0.7m로 이동한 위치가 기준에 따른 종향균제도(0.4 이상), 차선축균제도(0.7 이상) 및 휘도비(1.5 이상)가 최적의 위치인 것으로 나타났다. 이 연구에서는 거의 대칭배광에 가까운 조명기구를 사용하였으나 앞으로는 비대칭 배광 또는 고압나트륨 조명기구의 배광에 대해서도 연구가 필요한 것으로 지적하고 있다. KEA

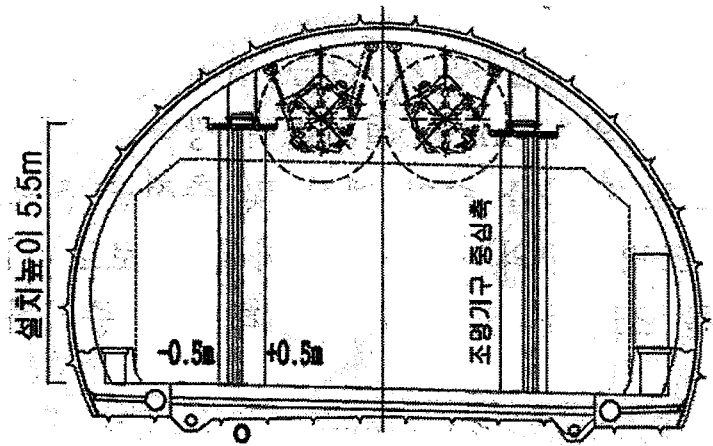


그림 4. 터널 등기구의 설치 위치

[참고문헌]

1. 한국산업규격 KS C 3703(터널조명기준), 2010
2. 한원모 외, 도로터널에서 최적의 조명기구 위치 연구, 전기설비, 2003. 12