

터널 조명설계 이렇게 합시다 (터널 조명설계의 허와 실)

유철수 <(주)범창종합기술>

1. 제안 취지

현재 국내 장대터널의 조명설계는 국내 규격인 KSA3703_1992에 의하여 수행되고 있으며, 설계를 함에 있어 광속법 적용 및 응용 방법이 설계자마다 차이가 있고, 단계별 제어(예 : 맑음, 흐림, 주간, 야간, 심야 등 5단계)가 적정하게 이루어 지지 않고 있으며, 또한 터널 유지보수 또는 조도 상향·하향 개선 필요 시 문제점이 발생되어 이를 개선하고자 아래와 같이 그 내용을 현재까지 조사된 바에 따라 정리한 것이다.

KSA3703_1992와 일본공업규격인 JISZ9116_1990은 같은 내용으로 되어 있으며, 일본의 경우는 일본도로 협회에서 별도의 기준(도로 조명 시설 설치기준·동해설 1981 참조)을 만들어 설치기준으로 운용하고 있다.

국내 문헌은 주로 일본도로협회의 설치기준을 원용 기술한 경우가 많으며, 그 기준을 원용함에 있어서도 설계자마다 차이가 발생하고 있는 것이 현실이다.

현재 국내에서는 장대터널의 증가 추세 및 설계속도의 증가 등으로 앞으로는 KSA3703_1992을 충실히 따르는 것이 도로 유지보수, 개선 및 관리에 절대적이라고 판단되어 KSA3703_1992의 바른 이해와 단계 제어에 대한 개념을 설계자 상호간에 공통된 관심으로 설계시에 적극적으로 활용하기 위하여 작성한 것이다.

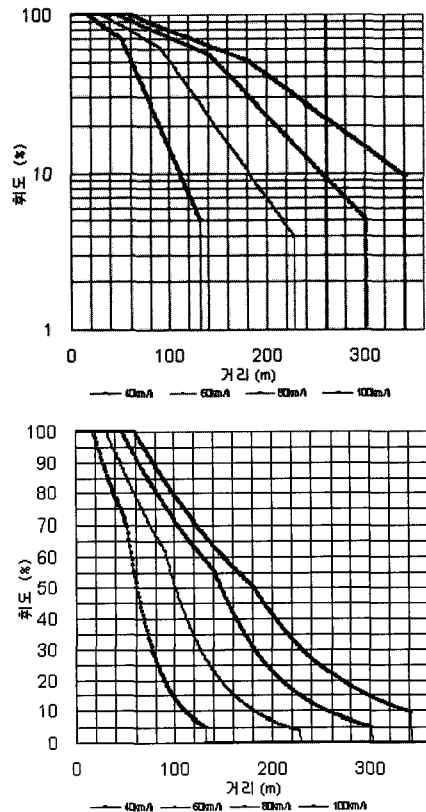


그림 1. KSA3703 그림 3 로그 눈금과 등분 눈금으로 표시

또한 터널 조명 설계자 또는 터널 조명에 관심있는 분들의 많은 의견 교환도 이루어지길 바란다.

2. 연행 설계 방식

광속법에 의거 터널의 제반 조건 - 설계속도, 노면 재질, 천정높이와 도로폭의 비율, 벽면·천정 반사계수, 보수율 등을 고려하여 아래와 같은 방법으로 계산하고 있다.

2.1 기본부 및 기본 조명

- 1) 기본조명에 사용하고자 하는 등기구의 직사조명을 곡선에 의한 기본조명용 조명을 계산
- 2) 구간별 기본조명 광속량을 대칭배열로 계산
- 3) 기본조명 구간길이 계산

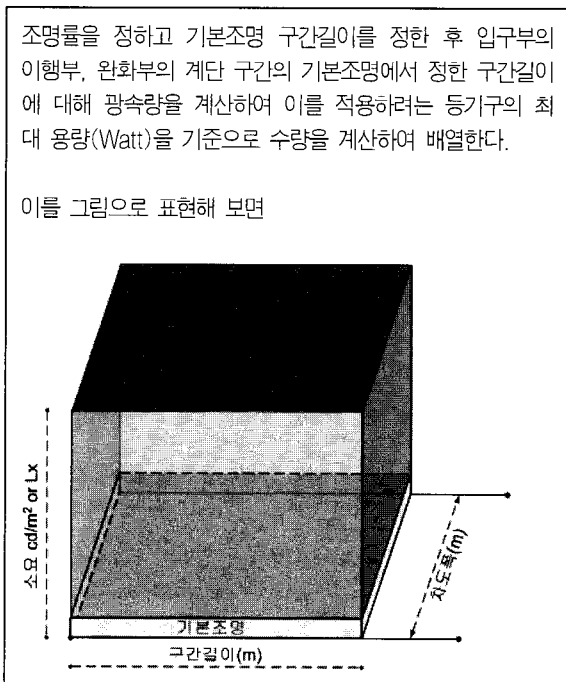


그림 2. 기본 조명 등기구의 조명을 기준 구간 조도량 계산 개념(현행)

2.2 입구부 조명

기본조명의 조명률을 계산하여 설계 전반에 조명률

이 고정된 것으로 간주하여 광속법 수식을 변형하여 입구부의 경계부의 조도를 중심으로 이행부, 완화부의 조도를 아래와 같은 방법으로 계산한다.

- 1) 이행부, 완화부 30[m], 35[m] 등 구간길이 일률 적용
- 2) 기본조명 광속량 제외한 추가 광속량을 계산하여 등기구 광속량별 수량 산정
- 3) 구간내에서 지그재그 배열로 기본 조명을 계산 시 적용했던 대칭배열 개념 혼선
- 4) 광속량이 많거나 모자라면 위에서 정한 기본조명 구간길이도 조정
- 5) 좌, 우측의 광속량(Watt수라 해도 됨)이 대부분 동일한 것끼리로 설계
- 6) 각부에서 설정한 구간의 계단간 비율(상위계단 : 하위계단)이 거의 1인 경우도 있음(이 경우엔 한 계단을 삭제하는 것이 더 좋음)

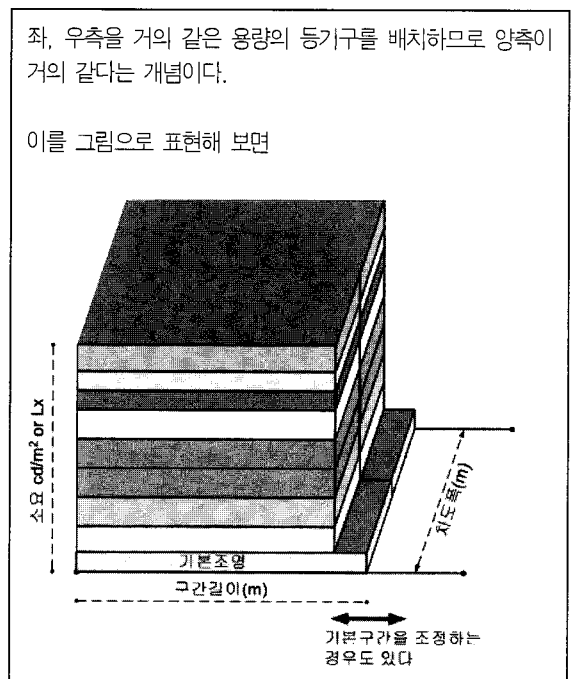


그림 3. 기본 조명 등기구의 조명을 기준 구간 등기구 수량 계산 개념(현행)

2.3 출구부 조명

- 1) 출구부 조도를 400(Lux)로 일률적으로 적용
- 2) 야외회도 미측정

2.4 조명 설계도

- 1) 입구부의 5단계 제어 개념이 문헌의 내용과 상이(맑음 1, 맑음 2, 흐림 1, 흐림 2, 기본 → 맑음, 흐림, 기본, 야간, 심야)
- 2) 출구부에는 5단계 제어 미적용

3. 검토 내용

위의 여러가지 설계 현상을 적절히 해소하고자 검토 내용을 아래에 실는다.

3.1 조명률에 대하여

같은 등기구를 주행선측, 추월선측에 배치한 경우를 예로 들어 비교하면 아래와 같다. 즉 같은 등기구의 경우도 설치 조건에 따라 좌, 우측의 위치에서의 차이가 있음은 누구나 알고 있을 것이다.

A사 등기구			B사 등기구		
Type	L	R	Type	L	R
NH_100	0.308	0.394	NH_100	0.260	0.317
NH_250	0.287	0.367	NH_250	0.315	0.383
NH_400	0.287	0.367	NH_400	0.360	0.436

그림 4. 동일용량 등기구에 대한 업체별, 사용 위치별 조명률 차이 예시

또 기본 조명용으로 사용하는 등기구의 산술평균 조명률(주로 양 측에 동일 용량의 등기구)만 계산하여 모든 구간에 동일 조명률을 적용하는 것은 적절하지 못하다고 판단된다.

위의 표에서 보듯이 사용하려는 등기구가 3~4종으로 이들의 배치 방법 및 배열 조합에 따라 조명률이 모두 틀림에도 불구하고 동일하게 적용하는 것의 문제점은 상상해 보기 바란다.

위 A사, B사의 경우와 같이 적용 등기구의 제조업체 및 모델에 따라 직사조명률값이 모두 다르므로 설계시에는 사용 등기구를 제조업체와 모델을 정확히 밝혀야 한다고 본다.

이는 유지보수시에도 타사 제품을 사용할 경우에는 직사조명률이 설계시 적용한 것보다는 상위의 것을 선정하여야 하는 이유이다.

위의 등기구의 다양한 조합에 의한 배치의 경우 현재 설계 방법은 아래와 같이 좌, 우측의 조명률 및 등기구 용량에 의거 위 그림처럼 정성적으로 표현하면 아래와 같다.

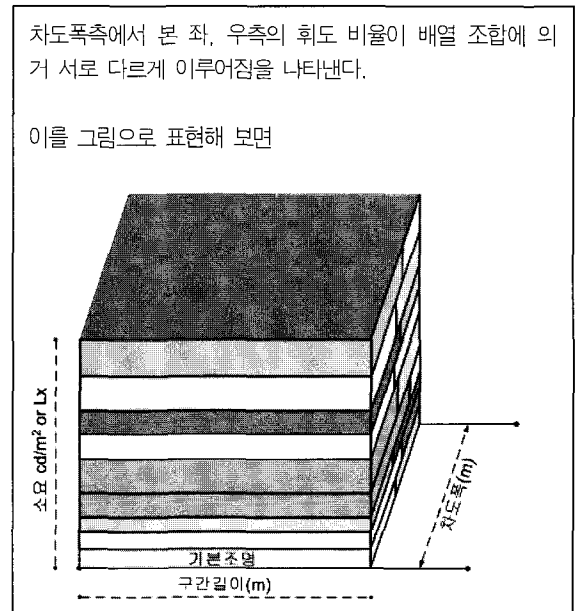


그림 5. 등기구별, 설치 위치별로 각각의 조명률 계산한 구간조도(회도)량 개념

또 이를 계산하는 데에도 배열 조합에 의한 단순한 좌, 우측 등기구 조명률의 산술평균값을 적용하는 것

에 대해서도 타당성 여부를 검토 하여야 된다고 생각한다.

이에 대해 예를 들어 위 A사 등기구를 사용한다고 가정하고 NH_400(L), NH_100(R)로 대칭 배열한 경우의 조명률을 생각해 보자

1) 산술평균으로 계산하면

$$\frac{0.308 + 0.367}{2} = 0.338$$

이에 대하여 가중치를 적용하는 방법을 고려해 보면

2) 광속을 가중치로 하면

$$\frac{9000 \times 0.308 + 47000 \times 0.367}{9000 + 47000} = 0.358$$

3) Watt수를 가중치로 보면

$$\frac{100 \times 0.308 + 400 \times 0.367}{100 + 400} = 0.355$$

입구부 설계시 등기구 조합에 의해 위와 같은 좌, 우 동일 용량의 등기구 끼리가 아니라, 서로 다른 등기구를 배치하는 현상은 계속 발생할 수 있으므로 필자는 위 2)항의 등기구의 광속에 의한 가중치가 타당하다고 본다.

3.2 입구부 조명에 대하여

L₂₀법에 의하여 측정하거나 기타의 방법으로 경계부의 조도(휘도)를 결정하였다면 그 조도(휘도)에 의해 전체적으로 KSA3703 그림 3의 설계 이론값을 만족하는 그래프를 그려야 할 것이다. 예를 들어 설계속도 100[km/hr], 경계부 휘도 140[cd/m²], 터널 길이 600[m]인 경우를 예로 들면

휘도 설계 그래프

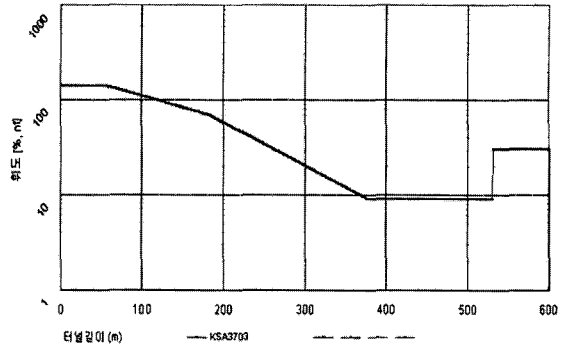


그림 6. 설계속도에 의한 입구부~출구부까지의 KSA3703에 의한 휘도

여기에서 입구부는 계단으로 할 필요가 없으며 이행부와 완화부에 대하여 이론곡선값을 만족할 수는 없으므로 이를 계단식으로 만족되도록 하여 보면 아래와 같다.

여기서 주의할 것은 상위 계단과 하위 계단의 비율이 CIE_88의 경우는 $\frac{3}{1}$ (→3)을 넘지 않도록 규정되어 있으나 KSA3703의 경우에는 특별한 규정이 없지만 이행부와 완화부가 완전하게 구분되어 있으므로 계단의 비율이 $\frac{5}{4} \sim \frac{2}{1}$ (→1.25~2) 전후가 적정하리라 판단된다.

휘도 설계 그래프

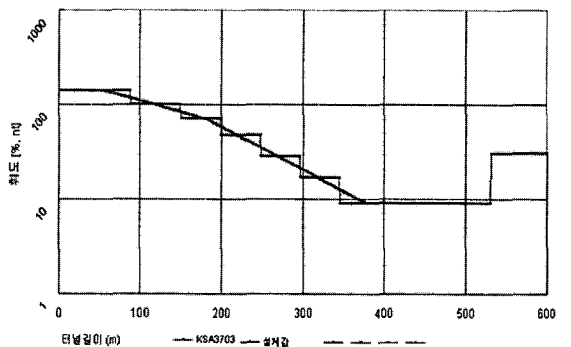


그림 7. 그림 6에 의거 구간 휘도 및 길이 설계 기준도면

3.3 5단계 제어에 대하여

현재 5단계 제어의 개념을 맑음, 흐림, 기본, 야간, 심야 등으로 구분하고 있으나 문헌의 내용처럼 조도(휘도)계로 단계 제어하는 실제로는 맑음 1, 맑음 2, 기본, 야간, 심야로 설계하고 있는 듯 하나 맑음 2에 해당하는 조(휘)도로 설계자가 경계부 휘도의 70~80[%]내에서 적당히 적용하고 있다.

이에 대해 문헌에 나와 있는 내용을 토대로 생각해 보면

도로터널 조명시설의 설계기준(도서출판 의제 P104)
일본도로공단 설계요령 제7집 P15-59 표2-5

점등구분	구분	휘도No.								속도 100		휘도 140		계	비율
		1	2	3	4	5	6	7	8	경계부	기본부	131	9		
단구부조명	맑은날1	○	○	○	○	○	○	○	○	1	1	131	9	140	100%
	맑은날2	○	○	○	○	○	○	○	○	0.75	1	98.25	9	107	77%
	흐린날1		○	○	○	○	○	○	○	0.5	1	66.5	9	75	53%
	흐린날2			○	○	○	○	○	○	0.25	1	32.75	9	42	30%
기본조명	주간					○	○	○	○	0	1	0	9	9	6%
	야간						○	○	○	0	0.75	0	6.75	7	5%
	심야							○	○	0	0.5	0	4.5	5	3%
	비상								○	0	0.25	0	2.25	2	2%

그림 8. 설계속도에 의한 단계 제어 휘도량 및 비율 적용 예

위 표에서 왼 쪽의 점등 사항에 의한 속도별 하위 비율을 오른 쪽의 비율란에 적어 두었다. 설계속도와 경계부 휘도에 따라 차이가 있는 데 단계에 대한 개념은 이렇게 설정하는 것이 타당하다고 생각된다.

이에 의해 2~5단계(5단계는 기본 조명에 해당하므로 여기서는 4단계까지만)를 그려 보면

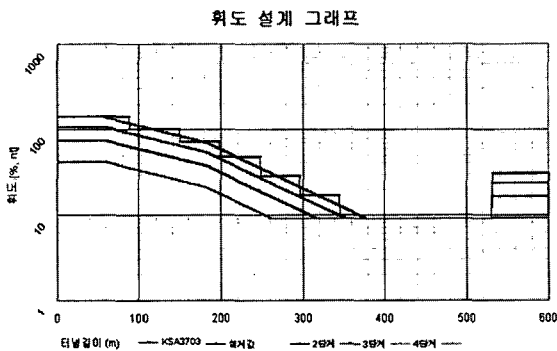
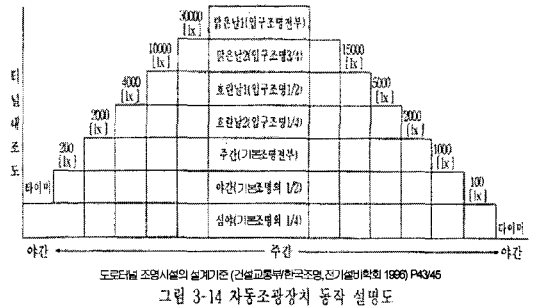


그림 9. 그림 8에 의한 5단계 제어 휘도를 KSA3703 기준 표시

여기서 유의할 것은 출구부도 입구부와 마찬가지로 위 그래프와 같이 5단계 제어를 적용해야 된다.

현재 설계자들이 5단계의 일부로 생각하고 있는 야간과 심야는 5단계 제어, 즉 조(휘)도계에 의한 제어와는 별도로 위 표와 같은 기본조명의 격등 또는 격격 등 회로를 타이머를 사용하여 구성하여 주면 될 것이다.

이에 대한 근거는 아래 그림을 보면 쉽게 알 수 있을 것이다.



도로터널 조명시설의 설계기준(건설교통부한국조명, 전기설비학회 1990) P4346

그림 3-14 차등조광장치 동작 설명도

그림 10. 조도계의 단계 제어 조도량 설정 범위 예시

위의 내용을 토대로 각 구간별로 5단계의 휘도값을 계산하여 시행착오법(Try and Error Method)으로 각 구간별 설계 일부를 예를 들어 나타내 보면 아래와 같다.

읽는 방법은 아래 경계·이행1의 설계기준값은 단계별로 140.0-107.3-74.5-41.8-9.0이고 그림의 좌측 등기구 명칭(여기서는 B, K, M, S)을 바꿔가면서 오른쪽의 숫자를 넣거나(1) 빼서(0) 위 설계기준값에 근접하도록 해 나가는 것이다.

5단계 휘도량을 맞추기 위하여 등기구의 배열 조합 및 1, 0을 계속 바꿔가면서(Try and Error) 적용해야 한다. 이렇게 하여 얻어진 것이 140.1-105.8-79.1-44.9-9.1이다.

그 아래 계단 이행부 2 이하도 같은 방법으로 설계하여 나가면 되는 것이다.

터널 조명설계 이렇게 합니다

단계별 제어		1,797' (@7.9 m)		계산																					
경계,이행1				(계산) nt:lm		140.1	764,000	105.8	576,000	78.1	435,000	44.9	247,000	9.1	50,000										
				nt: (기준휘도)		140.0		107.3		74.5		41.8		9.0											
No	L1	Lumen	-	Lumen	Lumen	R1	Lumen	L1		R1	L1		R1	L1		R1	L1		R1	L1		R1			
1	M	25,000	X	-	X	-	M	25,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
2	B	9,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
3	S	47,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
4	S	47,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
5	S	47,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
6	S	47,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
7	S	47,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
8	S	47,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
9	S	47,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
10	X	-	X	-	X	-	X	-																	
11	X	-	X	-	X	-	X	-																	
12	X	-	X	-	X	-	X	-																	

그림 11. 시행착오법에 의한 경계부 설계 일부 예

단계별 제어		1,797' (@7.9 m)		계산																					
이행부2				(계산) nt:lm		107.9	588,000	77.2	422,000	55.0	303,000	31.8	170,000	9.1	50,000										
				nt: (기준휘도)		101.0		77.4		53.7		30.1		9.0											
No	L1	Lumen	-	Lumen	Lumen	R1	Lumen	L1		R1	L1		R1	L1		R1	L1		R1	L1		R1			
1	M	25,000	X	-	X	-	M	25,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
2	B	9,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
3	M	25,000	X	-	X	-	M	25,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
4	K	14,000	X	-	X	-	K	14,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
5	S	47,000	X	-	X	-	M	25,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
6	S	47,000	X	-	X	-	M	25,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
7	S	47,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
8	S	47,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
9	M	25,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
10	X	-	X	-	X	-	X	-																	
11	X	-	X	-	X	-	X	-																	
12	X	-	X	-	X	-	X	-																	

그림 12. 시행착오법에 의한 이행부 2 설계 일부 예

단계별 제어		1,797' (@7.9 m)		계산																					
완화부1				(계산) nt:lm		51.2	268,000	36.6	190,000	25.7	134,000	20.3	106,000	9.1	50,000										
				nt: (기준휘도)		48.9		35.9		25.0		14.0		9.0											
No	L1	Lumen	-	Lumen	Lumen	R1	Lumen	L1		R1	L1		R1	L1		R1	L1		R1	L1		R1			
1	M	25,000	X	-	X	-	M	25,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
2	B	9,000	X	-	X	-	S	47,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
3	K	14,000	X	-	X	-	K	14,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
4	K	14,000	X	-	X	-	K	14,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
5	K	14,000	X	-	X	-	K	14,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
6	K	14,000	X	-	X	-	K	14,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
7	M	25,000	X	-	X	-	M	25,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
8	X	-	X	-	X	-	X	-																	
9	X	-	X	-	X	-	X	-																	
10	X	-	X	-	X	-	X	-																	
11	X	-	X	-	X	-	X	-																	
12	X	-	X	-	X	-	X	-																	

그림 13. 시행착오법에 의한 완화부 1 설계 일부 예

단계별 제어		1,797' (@7.9 m)		계산																					
출구부				(계산) nt:lm		33.2	180,000	24.1	130,000	17.0	91,000	8.1	50,000	9.1	50,000										
				nt: (기준휘도)		30.8		23.6		16.4		9.2		9.0											
No	L1	Lumen	-	Lumen	Lumen	R1	Lumen	L1		R1	L1		R1	L1		R1	L1		R1	L1		R1			
1	M	25,000	X	-	X	-	M	25,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
2	B	9,000	X	-	X	-	B	9,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
3	K	14,000	X	-	X	-	B	9,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
4	M	25,000	X	-	X	-	K	14,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
5	M	25,000	X	-	X	-	M	25,000	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1			
6	X	-	X	-	X	-	X	-																	
7	X	-	X	-	X	-	X	-																	
8	X	-	X	-	X	-	X	-																	
9	X	-	X	-	X	-	X	-																	
10	X	-	X	-	X	-	X	-																	
11	X	-	X	-	X	-	X	-																	
12	X	-	X	-	X	-	X	-																	

그림 14. 시행착오법에 의한 출구부 설계 일부 예(출구부도 5단계 제어 필요)

3.4 출구부 조명에 대하여

1) 출구부 조명은 KSA3703의 끝부분에 나와 있는 방법으로 야외회도를 측정하여 연직면 조도로 삼아야 할 것이다.

필자가 확인한 바로는 어느 터널 하행선의 경우 터널 출구측이 교량으로 이어져 있는데, 실제로 야외회도 측정 또는 계산하여 설계하였다면 600(Lx)이상이 나오리라 생각되지만 그 터널의 경우에도 400(Lx)로 설계되어 있다.

2) 출구부 조명 설계도 입구부 조명설계와 똑같이 5단계 제어가 되도록 되어야 한다.

4. 기존 설계 예

위의 조명을 관련 사용 등기구 배열 조합에 의한 광속량 산정의 적정성 여부에 대한 문제가 있음은 논외로 하고 설계된 계단별 설계기준 조도값이 KSA3703에 따라 설정되었는지를 확인해 보기 위해 기존 터널 조명 설계를 예로 들어 설명해 본다.

여기서 유의하여 볼 것은 KSA3703 그림 3의 이론값 곡선과의 설계값과의 관계, 상위 계단값과 하위 계단값과의 비율 관계, 흐림이라 명명된 2단계 설계내용과 KSA3703과의 관계 등을 그래프상에서 살펴보기 바란다.

현재의 조명 설계도에는 설계자가 정한 설계기준 조도를 중심으로 위와 같은 방법으로 계산된 조도값을 구간별로 그리는 상태이고, KSA3703 그림 3과 함께 그리지 않기 때문에 비교가 되지 않아 만족 여부를 판단할 수는 없지만 아래와 같이 함께 구현하여 표시하면 문제점을 확실하게 알 수 있을 것이다.

이에 관련된 조명 설계 사양은 아래와 같다.

설계속도 100(km/hr), 경계부 140(cd/m²), 노면재질 : 콘크리트, 출구부 : 400(Lx)

4.1 A Tunnel의 경우

구분	조명제외구간	경계부	이행부				완화부					기본부	출구부	조명제외구간	
			1	2	3	4	1	2	3	4	5				
터널	설계거리	8	60	30	30	30	30	30	30	30	30	150	70	8	
	누계길이	8	68	98	128	158	188	218	248	278	308	338	497	567	575
설계조도	설계기준	-	1,620	1,690	1,460	1,260	1,020	790	590	360	230	170	120	400	-
	완음	-	1,651	1,811	1,508	1,279	1,068	802	588	363	272	204	138	513	-
	흐림	-	1,165	1,140	822	902	695	587	364	288	204	136	136	513	-
설계기준 비율				1.08	1.16	1.17	1.23	1.29	1.44	1.53	1.57	1.35	1.42		

여기서 이행부 1을 없애고 설계하는 것이 더 타당하다고 본다.

그림 15. CAD도면에서 설계 내용 발췌

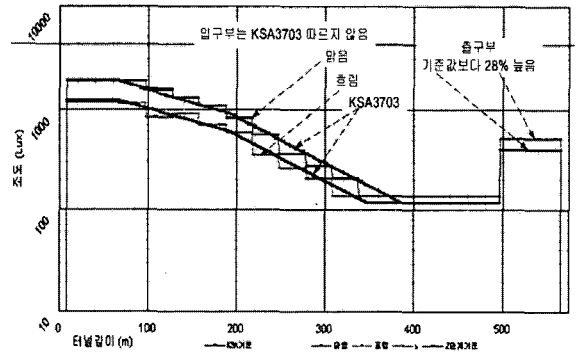


그림 16. KSA3703 그림 3과 위 그림 15 설계 내용 동시 표현

이행부는 KSA3703의 상부를, 완화부는 KSA3703의 하부를 그리고 2단계(흐림)의 경우는 상부도 하부도 아니지 않는가!!

4.2 B Tunnel의 경우

구분	조명제외구간	경계부	이행부				완화부					기본부	출구부	조명제외구간	
			1	2	3	4	1	2	3	4	5				
터널	설계거리	10.2	62.1	29.9	31.2	30	29.9	40.5	40.8	39.1	40.5	40.5	200	72	10.3
	누계길이	10.2	72.3	102.2	133.4	163.4	193.3	233.8	274.6	313.7	354.2	394.7	594.7	666.7	677
설계조도	설계기준	-	1820	1680	1450	1260	1020	790	590	360	230	170	120	400	-
	완음	-	1848	1766	1562	1286	1030	877	567	373	262	196	134	554	-
	흐림	-	1161	960	849	720	592	504	367	263	196	131	136	513	-
설계기준 비율				1.06	1.17	1.16	1.23	1.29	1.44	1.53	1.57	1.35	1.42		

마찬가지로 이행부 1을 없애고 설계하는 것이 더 타당하다.

그림 17. CAD도면에서 설계 내용 발췌

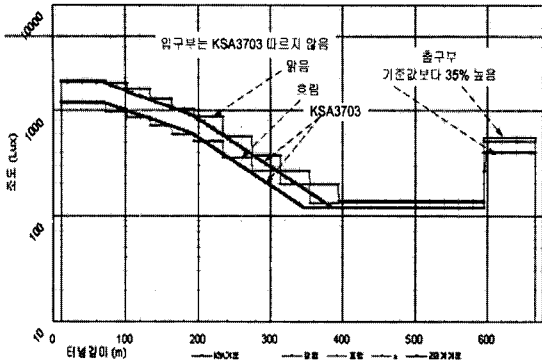


그림 18. KSA3703 그림 3과 위 그림 17 설계 내용
동시 표현

이행부는 KSA3703의 상부를, 완화부도 KSA3703의 상부를 타고 가다가 완화부 끝부분은 떠 있다. 그리고 2단계(흐림)의 경우는 A Tunnel과 마찬가지로 상부도 하부도 아니지 않는가!!

위 두 터널의 예의 경우 또 한가지는 출구부의 설계 기준 조도와 맑음, 흐림에 대한 조도가 특별한 기준도 없이 설계 기준값보다 35[%], 28[%] 높게 되어 있음과 단계별로는 A터널의 경우는 단계값이 다르고 B 터널의 경우는 같게 설계 되었음도 유의하여 확인하기 바란다.

5. 결론

이러한 문제점을 해결하고 명확히 하기 위해서는 설계시에 반드시 고려하고 보고서에도 반영하여야 할 사항을 아래에 정리 소개한다.

가. 입구부 공간비를 산출 L_{20} 법에 의거 제시(권장)
나. 조도/휘도 단계별 계단식 그래프 작성시 KSA3703 그림 3과 반드시 병기

다. 피해야 할 등기구 간격 준수 여부

- 1) 하단부 : 입구부 조명 설계에 적용
- 2) 상단부 : 기본 조명 구간 설정할 때

라. 단계 제어

- 1) 단계(맑음1, 2, 흐림1, 2, 기본...) 구성
 - 2) 단계용 계단식 그럴 때 KSA3703 그림 3과 설계 조도/휘도 그래프를 병기
- 마. 출구부 연직면 조도 산출 L_{20} 법에 의거 제시(권장)
바. 적용 등기구에 대한 업체명, 모델명 제시 및 각 각의 직사조명률 곡선(IES or EXCEL File) 첨부

기타 상세 사항은 <http://argeo.co.kr/rpass/lumi/lumi.htm>를 참고 바란다.

참고 문헌

- (1) 한국산업규격, 터널 조명기준 KSA3703(1992).
- (2) 도로안전관리시설 설치 및 관리지침(건설교통부 1999).
- (3) 도로설계편람(1999. 12).
- (4) 조명설비 설치 기준(한국도로공사 2000).
- (5) 전기실무 지침서(한국도로공사 시설처 2002. 10).
- (6) 도로터널 조명시설의 설계기준(건설교통부, 한국조명·전기설비학회 1996).
- (7) 道路照明施設 設置基準·同解説(日本道路協會) 昭和 56 (1981).
- (8) 日本工業規格, トンネル照明基準 JISZ9116(1990).
- (9) CIE, Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses, Pub No. 88-1990(ISBN 3900734259), 1990.
- (10) Tunnel Engineering Handbook(2nd Edition of Chapman & Hall).

◇ 저자 소개 ◇



유철수

1949년 7월 30일생. 1976년 2월 서울 공대 전기과 졸업. 1976년 1월 생산설계 분야, 발전설비 계장설계 분야, 신소재 산업 공장 설계 및 생산 업무 담당. 정보통신회사 운영설비 보전 및 네트워크 설계 분야. 터널, 지하철 등 방재 및 전기설비 설계.

E-mail : rchs@chol.com