

터널등 관리기준

지철근 <서울대 전기공학부 명예교수>

1. 서론

고속도로의 도로 조명시설은 이용객의 안전을 도모하는 중요한 도로 안전 시설물로서 최근 국민의 생활 및 의식수준이 향상됨에 따라 육구수준도 한층 증가하고 있으며, 지속적인 고속도로 건설에 따른 도로조명 시설물의 설치도 증가하고 있는 실정이다. 이에 따라 보다 안전한 교통여건을 조성함은 물론 에너지절약 및 유지관리의 과학적이고 체계적인 개선을 통한 예산을 절감하며, 이용객에게 편의를 도모하고 경영합리화를 기하기 위하여 도로 조명시설물에 대한 최적의 유지관리기준이 필요한 실정에 있다.

2. 터널 내부 조명 밝기 측정방법 개선

(1) 터널 내부 구간별 측정 지점 선정

1) 측정 조건

- ① 전원 및 점등 상태 파악
- ② 측정 개시 전 원칙적으로 특성의 안정을 기하기 위하여 전구는 5분간, 방전등은 30분간 점등시켜 놓을 것
- ③ 측정자의 자세나 복장에 의한 반사가 측정에 영향을 주지 않도록 주의할 것
- ④ 측정 대상이외의 외광의 영향(주광)을 제거할 것

2) 조도계

중요한 조도 측정에는 KSC 1601 조도계에 규정된 AA급을 사용한다.

3) 조도 측정면의 높이

노면 또는 노면 위 15cm 이하로 한다.

4) 측정점 선정

연속으로 배열된 2개의 조명기구 사이에 긴 노면의 구간(표준 구간)의 노면을 도로의 길이 방향 및 폭 방향으로 등 간격으로 격자 분할하여 그의 교차점을 측정점으로 하여 노면 조도를 측정한다.

조명기구의 배광과 설치 높이를 고려하여 조도 변화가 큰 장소는 조도 측정 간격을 적게 조도 변화가 작은 장소는 측정 간격을 크게 정한다.

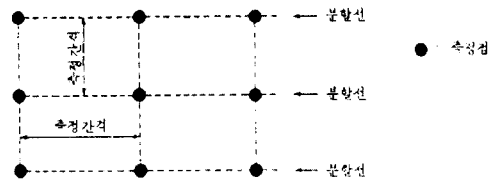


그림 1. 측정점의 결정 방법

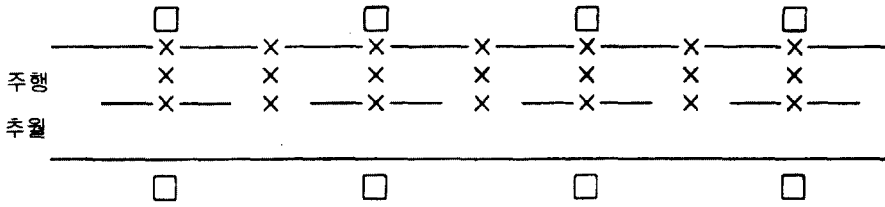


그림 2. 기본부 노면조도 측정점 (경시변화조사용)

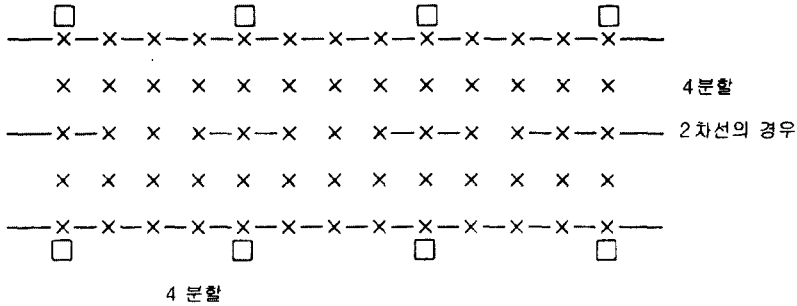


그림 3. 기본부 노면 횡도 측정점

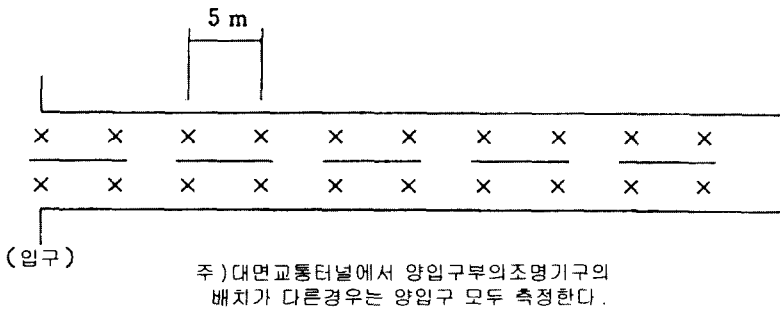


그림 4. 입구부 조명조도측정법

(i) 유지 관리를 위한 조도 측정

터널 조명의 밝음의 저하, 경시 변화 상태를 파악 등의 유지관리를 위한 정기적인 노면 조도측정은 필요에 따라 표준 구간의 측정치로 전반적인 조도를 추측하여도 된다. 실례로, 기본부 조명의 표준 구간 3스팬을 설정하고 아래 그림 2에서와 같이 전체 전등을 점등시외의 차도 외측선상(편측배열), 중앙선상 및 그 중간의 각 점의 노면 조도를 측정한다.

(ii) 조명시설 직후 설계치와 적합 여부 조도측정 조명설계에 적합한가를 조사하기 위하여 조명 시

설 완성 직후의 노면 조도측정을 한다.

① 기본부 조명

기본부 조명의 표준 구간 3스팬을 설정하고, 전체 전등 점등시의 차선내의 아래 그림 3의 노면 조도를 측정한다.

② 입구부 조명

각 차선 중앙선을 5m 간격으로 전체 전등 점등시의 노면 조도를 측정한다.

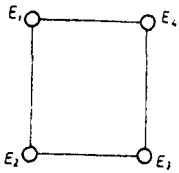
단 측정은 주광의 영향을 받지 않는 야간에 측정한다.

5) 평균 조도 산출법

측정 범위의 평균 조도는 단위 구역마다 평균조도를 구하고, 그 평균치를 전 측정 범위의 평균조도로 한다.

단위 구역(표준구간)마다 평균조도 E는 원칙적으로 그림 5에 나타난 바와 같이 4점법에 따라 모퉁이 4점의 조도를 측정하여 4 점법은 조도 변화의 정도가 근소한 옥외조명에 적당하다.

$$E = \frac{1}{4}(E_1 + E_2 + E_3 + E_4) = \frac{1}{4} \sum E_i$$



$$E = \frac{1}{4} \sum E_i$$

그림 5. 4 점법에 따른 평균 조도 산출법

6) 측정 횟수

터널 조명설비 유지관리를 위한 조도 측정은 대표적인 지점에서 정기적(1회/6개월 정도)으로 시행하는 것이 바람직하다.

(2) 측정자 위치 변경에 따른 보정계수 선정

1) 정상적 조도 측정

고속도로 터널의 노면 조도 측정은 조명시설 완성 직후 설계치와의 적법여부를 조사하기 위한 일시적인 측정과 조명시설 중 램프가 사용동정에 따라 광속이 감퇴하고, 또한 조명기구의 효율은 광학시스템의 사용동정에 따라, 열화나 매연, 먼지 등의 부착으로 점차 떨어진다. 이와 같이 조명시설의 경시변화에 따른 조도저하를 파악하여 조명시설의 유지관리에 활용하기 위한 정기적인 측정 등의 2종류가 있으며, 어느 측정의 경우 이건 전장 4)의 측정 방법으로 노면 조도를 측정하는 것이 원칙이다.

2) 편의적인 측정 위치 변경에 따른 보정계수 선정여부

고속도로의 터널 내의 차량 통행이 빈번하므로 차량소통 중에 터널내 노면의 각 측정지점의 조도 측정은 위험이 뒤따르고 사고의 원인이 되므로, 원칙적으로는 차량 통행을 일시 중단한 후 측정한다.

그러나 터널내의 차량통행의 일시적 중단 없이 원활한 소통중에 안전하게 차도 외측선의 바깥쪽인 보도 등의 위치 변경으로 차선내의 각 측정점의 노면 조도를 측정할 수 있는가는 다음의 이유 등으로 불가능하다.

- ① 터널 양측 벽상부 또는 천장 중앙부 등 조명기구의 설치위치차이
- ② 노출직부형, 매입형 등 등기구의 설치방식 차이
- ③ 등기구의 형태, 및 배광 등의 차이
- ④ 터널 천장면, 벽면 및 노면의 반사 특성의 차이
- ⑤ 고압 나트륨램프, 저압 나트륨램프, 메탈 할라이드 램프, 및 형광램프 등 사용광원의 종류, 형태, 배치, 크기 등의 차이

이상과 같은 많은 변동요인들에 의한 노면 조도의 큰 변수가 있으므로, 단순한 패턴으로 정하려는 측정자 위치 변경에 따른 보정계수 선정은 매우 곤란하다.

3) 기타 측정추천 방법

① 차량 통행 중 차도 외측에서 원격측정방법
차량 통행이 뜸한 심야 시간대에 차도의 측선 뒤의 안전한 장소에서 적당한 길이의 측정봉(끝에 광전지 부착한)으로 노면상의 각 측정점에 근접시키며 원격측정 하는 방법이다.

② 차량 탑재 화면상처리 장치에 의한 휘도분포 측정 시스템

T.V 카메라를 사용하여 사람의 시야에 가까운 범위의 휘도 분포를 측정하는 장치로서 차량에 탑재하여 주행하면서 측정 가능한 것이 특징이다.

(3) 조명 밝기 측정시 조도 단위별 장·단점 비교

터널 조명에서의 밝기로는 기본적으로 노면의 휘도의 값에 연유되지만, 노면의 휘도는 광원의 종류, 배광, 설치간격, 설치 높이 등의 조명적인 조건만으로 결정되지 않으며 노면 자체의 반사특성에 크게 영향을 받는다.

일반적으로 노면 평균조도와 평균 휘도의 관계는 조명 자체의 조건과 노면의 반사특성의 조합으로 결정되며, 노면의 반사특성의 일정하더라도, 조명에 사용되는 등기구의 배광, 등기구의 설치 높이, 설치 간격에 따라 조도와 휘도의 환산율이 다르지만 조명기구들은 원칙적으로, 노면상 4m이상에 설치하므로 등기구 설치 높이로서 약 4m, 설치간격 S는 조명기구의 배치 배열에 따라 다음과 같다.

대칭식	$S \leq 2.5H$
지그재그식	$S \leq 1.5H$

등기구로서는 눈부심이 적은 것으로 즉, 도로 조명에서는 컷오프(Cut Off)형에 상응하는 것이 사용된다는 전제 조건을 고려한다면, 조명 조건에 의한 환산값의 변동은 비교적 적어지므로, 환산값의 종류로서는 노면의 포장의 종류만 생각하면 된다.

평균 조도 환산계수는, 단위 노면 휘도를 얻기 위해 필요한 평균 노면 조도의 값이며, 노면의 반사 특성이나 조명기구의 배치와 그의 배광에 따라 변하며, 이들의 조건이 정해지면 거의 일정한 값으로 된다는 것이 계산이나 실측에서 확인되고있다.

1) 계산에 의한 평균조도 환산계수

일반적으로, 공간에 놓인 시각대상물, 운전석에서 본 도로면 등의 조명의 장에 놓인 발광면의 휘도는 조명의 조건, 발광면의 반사특성, 관측각에 따라 변한다.

운전자인 관측자 O 가 보고있는 노면상의 1점 P 의 휘도를 $L_p [cd/m^2]$, 이 점에서의 수평면조

도 $E_p [lx]$ 조명기구의 설치높이를 H[m], 조명기구의 점 P 방향의 수직각을 $\gamma [^\circ]$, 점 P방향에의 광도를 I[cd]라 하면 노면이 젖어있지 않을 경우의 노면 휘도 L_p 는

$$L_p = g \cdot E_p [cd/m^2]$$

로 나타낸다.

여기서 g_p 는 P점에서의 노면의 휘도계수라고 부르며, 노면의 반사특성을 나타내는 지수이다.

식 (1.1)은

$$L_p = (I/H^2) \cdot (g \cdot \cos^3 \gamma)$$

의 형태로 나타낼 수 있다.

식의 우변의 $g \cos^3 \gamma$ 는 휘도 환산계수라하며 g 는 L_p 와 E_p 를 측정 하여 구해지므로, 광원으로 부터 노면에의 입사방향의 여러 조건에 대하여 미리 g 를 측정 한 휘도환산계수를 구하여 두면 식을 사용하여 노면상의 각 점에서의 휘도를 구할 수 있다. CIE (국제조명위원회)와 PIARC(국제상설 도로회의)에서는 많은 노면의 반사특성의 측정결과로부터, 마른 노면의 반사특성을 2종류로 대별하여, 각각의 노면에 대한 위도 환산계수의 분포표를 정하고 있다.

2) 실측에 의한 평균조도 환산계수

광원으로, 저압나트륨램프를 사용하고, 터널벽면상부 모퉁이에 조명기구를 설치 한, 가장 일반적인 터널에 대하여 측정한 결과에서는 콘크리트노면에 대한 평균조도환산계수는 개통초기 11 ~ 13 $[lx/cd/m^2]$ 였다. 그리고, 아스팔트노면에서는 개통초기의 측정값은 20 ~ 26 $[lx/cd/m^2]$ 였다.

그러나, 교통에 의한 오손이나 마모에 의한 경년변화를 받은 노면의 평균조도환산계수는 콘크리트노면에서 약간 커지고, 아스팔트노면에서는 약간 적어지는 경향을 나타내고, 그들의 값은 터널개통후 4년점에서 거의 안정된다.

그 값은,

콘크리트노면에서 $13 [lx/cd/m^2]$

아스팔트노면에서 $18 [lx/cd/m^2]$

로 되므로, 이들의 값을 표준값(평균조도환산계수)으로 하고 있다.

3. 터널등 교체방법에 대한 검토

(1) 개별, 회로별, 및 전체교체 장, 단점 비교

터널용 광원의 교체방식에는 개별교체, 개별적 집단교체 및 집단교체 방식 등이 있다.

1) 개별교체

불량광원을 그때마다 하나씩 교체하는 방식이 개별교체이다. 그러나

- ① 불의의 부점등이 생기기 쉽고
- ② 청소와 교체의 시간이 일치하지 않고,
- ③ 광원의 교체수가 매일 크게 변동하고
- ④ 명도나 광원이 각각이므로 미관상에도 좋지 않다.

그러므로 광원교체 방식 중 가장 경제적이지만 특성의 주기에 교체수가 많아지므로, 규모가 적은 조명시설이나 점등시간이 짧은 조명시설에 적당한 방식이다.

2) 개별적 집단교체

개별적 집단교체는 점등초기에 부점등으로 되는 광원을 그때마다 교체하고(개별교체) 부점등으로 되는 광원의 수가 증가경향을 보이기 시작하는 적당한 시기에 신, 구광원을 합쳐서 전광원을 교체(집단교체)하는 방식이다.

외관상, 부점등 또는 흑화상태로 남겨놓는 것이 좋지 않을 때에는 개별적 집단교체 방식이 바람직하다. 이 교체방식은 가장 일반적인 광원의 교체방식이다.

3) 집단교체

집단교체 방식은, 광원이 부점등이 되었다라든 보수기간(시간) 또는 미리 정한 부점등 광원의 수가 될 때까지는 교체하지 않고, 보수시점에 도달하면 모든 광원

을 일제히 교체하는 방식이다. 이 방식은 광원교체가 힘든 장소나 신, 구광원의 혼재가 미관상 문제가 되는 장소 등에는 적합하지만 보통은 비용이 높다.

광원교체 시간을 마음대로 단축할 수 있다면, 일체집단교체를 실시하는 것도 고려할만하다.

4) 회로별 교체

터널내 조명은, 내부회로의 적정화와 조명의 경제적인 조작성을 목적으로 터널외부의 주광조도의 변동 및 타이머에 의하여 터널입구완화조명 및 내부기본조명을 몇 단계에 걸쳐서 자동적으로 바꾸어 그 접점신호를 조명반내의 전자개폐기부에 공급하여 터널조명 전체를 제어하는 자동조광장치로 조절되고 있다.

자동조광장치는 유화카드뮴(CdS)이나 광전관을 수광부로 사용하여 터널 밖의 조도를 검출하고, 설정된 조도 또는 시각에 대하여 광원의 점멸 등을 시행하는 것이 일반적 형태이다.

본 장치는 수광부와 제어부로 성립되고 있으며, 수광부는 야외에, 제어부는 조명반 내에 내장되고, 양자는 다심케이블로 접속된다.

터널내부의 조도는 주로입구부 조명의 조도조절이 주이고, 야간이나 심야 등 교통량이 적은 경우는 기본부의 조도를 감광한다.

자동조광장치의 회로별은 단계별 조광으로, 터널입구부 및 기본부의 조도를 외부의 주광의 밝기의 변동 및 타이머 등에 따라 자동적으로 터널조명 전체를 제어한다.

표 1. 자동조광장치의 단계별조광

외 부 밝 기	자 동 조 광
맑은 날	입구부조명 전부점등
약간 맑은 날	입구부조명의 3/4점등
약간 흐린 날	입구부조명의 1/2점등
흐린 날	입구부조명의 1/4점등
주 간	기본부조명 전부점등
야 간	기본부조명의 1/2점등
심 야	기본부조명의 1/4점등

그런데 터널조명 설계에서, 광원의 경시변화에 따른 광속저하, 조명기구와 터널의 천장, 벽면 및 노면 등의 오손에 따른 조명을 저하를 예상하여 감광보상 수단으로 필요조도보다 소요조도를 높게 설정하려는 보수율을 감안하고 있다.

예컨대 보수율이 0.6이라면 추천조도 보다 70%정도 높게 설정된다. 이와 같이 터널내의 조도는 입구부, 이행부 및 기본부를 막론하고 모두 소요조도 보다 매우 높게 계획되어 있으므로 몇 등이 부점등이 되더라도 노면조도의 양적 측면에서는 문제가 없다.

그러나, 등기구 설치 간격이 1m 이하인 입구부는 거리가 짧아서 차량의 주행시간이 매우 짧으므로 큰 문제는 없으나 기본부의 등기구 설치간격은 수 m에 이르므로 부점등 전등이 생길 경우 미관상 노면균제도에 영향을 주므로 개별적 집단교체방식이 바람직하다.

5) 회로별 부분 집단적 개별교체

터널외부조도의 변동에 대응한 터널내부조도를 단계적으로 변동시키는 자동조광장치에 의한 조도단계별 회로별로 광원을 평균수명말기에 집단 교체하면서 그 때 동시에 타회로의 불량광원을 개별교체하는 방법으론 상기 4가지 교체방법 중 보수경비의 절약 측면과 터널내 조명시각측면에서 가장 현실적인 방법으로 추천할만한 방법이다.

(2) 고속도로 터널에서의 터널등 최적 교체 방법 검토

1) 광원의 광속유지율을 고려한 램프교체

각광원을 점등 하면은 시간의 경과에 따라서 약간씩 광속이 저하한다.

일반적으로 100시간 점등하였을 때의 광속을 기준으로 하여 어느 시간 경과시의 광속과의 비율을 그 때의 광속유지율 $f(t)$ 라 한다.

$$f(t) = \frac{F(t)}{F(100)} \times 100$$

여기서 $F(t)$: t 시간 점등시의 램프광속 [lm]

$F(100)$: 100시간 점등시의 램프광속

그리고, 램프를 점등하면 시간의 경과에 따라서 램프가 순차적으로 부점등된다. 이때 초기의 램프수를 기준으로 하여, 어느 시간경과시의 생존하고있는 램프수의 비율을 그때의 잔존률 $n(t)$ 라 한다.

$$n(t) = \frac{N(t)}{N(0)} \times 100$$

이상에서와 같이 광원의 점등시간경과에 따른 경시변화시의 평균광속유지율과 잔존률을 고려하여 각 광원이 바람직한 교체 시간을 표 2에서 추천하고 있다.

형광램프의 광속유지율과 잔존률의 예를 표 3에서 나타낸다.

표 2. 각 램프의 추천교체시간

램프의 종류	추천교체시간(h)
저압나트륨 램프	7,000
고압나트륨 램프	8,000
형광 수은 램프	8,000
메탈헬라이드 램프	7,000
형광램프	6,000

표 3. 집단교체시의 광속유지율 잔존율과 조도유지율

시간 t(h)	광속유지율 f(t)	잔존율 n(t)	조도유지율	설비유지율
			$\frac{E(t)}{E(0)}$	$\frac{E(0)}{E(t)}$
0	1.0	1.0	1.0	1.0
1,000	0.91	1.0	0.91	1.1
3,000	0.84	1.0	0.84	1.19
5,000	0.80	0.97	0.78	1.28
6,000	0.78	0.94	0.73	1.37
7,000	0.77	0.88	0.68	1.47
8,000	0.75	0.78	0.59	1.70
10,000	0.74	0.50	0.37	2.70
12,000	0.73	0.13	0.10	10.0

여기서 E(0) : 초기조도, E(t) : t 시간 점등후의 조도

형광램프를 사용하는 경우, 점등시간 6,000(h)에서의 광속유지율은 78%, 잔존율은 94%, 그리고 조도유지율은 73%로서, 조명설계에서는 램프의 광속이 점등시간에 따라 감소되고, 오염공기 및 먼지축적에 의한 조명기구, 실내면의 반사율의 감소에 따른 조명률은 저하한다. 이와같은 조도의 감소를 예상하여 소요 전광속에 여유를 취해줄 필요가 있다.

이것을 감광보상을 또는 유지율이라 한다.

감광을 보상하기 위하여 추천조도값보다 높게 조명설계시에 보수상태에 따라 30%~100%의 여유 설계조도에 계산되므로, 램프 점등 중 조명의 조도는 추천조도보다 떨어지지 않으므로 램프의 집단교체가 바람직하다.

2) 유지관리비 측면에서의 램프교체

터널조명에 사용되는 광원은 일반적으로 점등시간의 경과와 더불어 광속이 감퇴되고 단위 소비전력당의 유효광속이 떨어져서 비경제적으로 된다.

따라서 광원의 점등시간의 합계가 그의 평균수명보다 약간 짧은 시점에서 일제히 교체하는 방식이 가장 경제적이며, 실용적인 광원의 교체방식이라 생각된다.

그 시기의 설정은 광원의 종류나 광원교체에 드는 비용 등에 따라 다르다.

예를 들어 저압나트륨램프에 대하여 계산하기로 한다. 램프교체에 요하는 비용을 램프비를 포함하여 CI (원)으로 하고, 램프 1등당의 소비전력을 W [kW]전기요금을 P [원/kWh], 시설비를 I (원), 1시간당의 상각계수를 R 이라하면, 초기광속 F_o [lm]의 램프를 t[h]시간 점등후의 광속 F [lm]은

$$F = F_o(1 - m \times t)$$

단, m 은 1시간당의 감광률이다.

가장 경제적인 램프 교체시간 t(h)를 구하기 위하여 램프 1등당 (단위광량당)의 유지관리비 C는 다음 식으로 나타낸다.

$$C = \frac{CI + PWt + RI}{F_t} = \frac{CI}{F_o} \times \frac{1 + at}{(1 - mt)t}$$

$$\text{단, } a = \frac{PW + RI}{CI}$$

이 비용을 최소로 하기 위하여 $dC/dt = 0$ 를 계산하면

$$amt^2 + 2mt - 1 = 0$$

$$t = \frac{1}{a} \left(\sqrt{1 + \frac{a}{m}} - 1 \right)$$

저압나트륨램프 55 W 의 경우

$$CI = 109,000 \quad W = 0.08 \text{ [kW]} \quad P = 200 \text{ [원/kWh]}$$

$$I = 1,500,000 \text{ 원} \quad R = 2.5 \times 10^{-5} \quad m = 2.5 \times 10^{-5}$$

라 하면

$$t \approx 7,200 \text{ [h]}$$

로 된다.

따라서, 이 예에서는 점등시간의 합계가 대략 7,000 시간으로 되는 시점에서 램프교체를 하는 것이 가장 경제적이다.

다른 램프에 대해서도 동일한 계산을 하여, 각 램프의 추천교체시간을 나타낸 것이 표 1.2.2이다.

그러므로 두 경우의 결과가 거의동일 하며 램프의 교체는 집단교체 방식이 가장 경제적이다.

(3) 구간별 교체시기에 대한 소등을 및 밝기 기준

터널등에 사용되는 각종 광원은 동정특성, 광속유지율, 잔존율, 수명 등이 유사하며 대표적으로 형광램프에 대하여 점등시간에 따른 부점등램프 누적수, 광속유지율, 잔존율, 조도 유지율 및 설비 비율 등의 예를 표 4에서 나타낸다.

표 4. 집단교체시의 광속유지율, 잔존율 및 조도유지율

시 간 t[h]	광속유지율 f[t]	잔존율 n[t]	부점등램프누적계수 (누적%)	조도 유지율 $\frac{E(t)}{E(0)}$	설비비율 $\frac{E(0)}{E(t)}$
0	1.0	1.0	0(0)	1.0	1.0
1,000	0.91	1.0	0(0)	0.91	1.1
2,000	0.87	1.0	0(0)	0.87	1.15
3,000	0.84	1.0	0(0)	0.84	1.19
4,000	0.82	1.0	0(0)	0.82	1.22
5,000	0.80	0.97	0.03(3)	0.78	1.28
6,000	0.78	0.94	0.06(3)	0.73	1.37
7,000	0.77	0.88	0.12(12)	0.68	1.47
8,000	0.75	0.78	0.22(22)	0.59	1.70
9,000	0.74	0.66	0.34(34)	0.49	2.04
10,000	0.74	0.50	0.50(50)	0.37	2.70
11,000	0.73	0.31	0.69(79)	0.23	4.35
12,000	0.73	0.13	0.87(87)	0.10	10.0

표 5. 터널조명에서의 보수율

터널상황 교통량(대/일)	길이(mm)	1,500 m 이상		500 ~ 15,000 m 미만		500 m 미만	
	오름 구배 (%)	2%이상	2%미만	2%이상	2%미만	2%이상	2%미만
20,000 대/일 이상	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

※ 일반교통터널의 입구조명의 보수율은 위 값보다 0.05 크게 할 수 있다.

1) 교체시기의 부점등률

표 4에서 나타내는 바와 같이 램프의 추천교체시간 6,000 시간에서 램프의 잔존율은 94%이고, 부점등 램프수의 누적은 겨우 6%이며 조도유지율도 73%로서, 보수율을 감안되었으므로 부점등 램프로 인한 노면의 밝기나 노면의 휘도 균제도 등에 대한 영향이 미미하다.

터널용의 다른 광원들의 수명, 동정특성, 광속유지율 등이 약간의 차이는 있으나 대체로 유사하므로,

이들의 점등시간에 따른 부점등율, 광속유지율 및 조도유지율 등의 변화경향이 거의 비슷하다.

이들의 추천교체시간에서의 부점등램프수의 누적은 대동소이 하다.

2) 교체시기의 밝기의 기준

터널내에 조명설비를 설치한 후, 램프광속의 저하, 조명기구의 더러워짐, 벽면, 천장면 등의 더러워짐 등에 의한 조명을 저하 등으로 노면휘도는 감소한다.

이와 같은 노면휘도의 감소를 막기 위하여 조명기구의 세척, 램프교체 등의 유지관리작업을 시행해야 한다. 보수율이란 이들의 작업에 의하여 초기의 노면 휘도값중 어느정도 유지할 수 있느냐를 나타내는 계수이다.

노면휘도의 감소의 정도는 주로 매연 등에 의한 더러워짐이며, 이에 영향을 미치는 주요 요소는 교통량, 터널길이, 종단구배 및 유지관리작업의 빈도이다. 터널 조명의 보수율은 원칙적으로 표 5에 따르고 있다.

보수율 M은 원인별로 보면

$$M = M_e \times M_d \times M_w$$

여기서 M_e : 램프의 열화에 의한 부분보수율

M_d : 램프, 조명기구 등의 더러워짐에 의한 부분 보수율

M_w : 실내면의 더러워짐에 의한 부분 보수율

그리고 조명계산에서 사용되는 보수율 M 은

$$M = \frac{E}{E_o}$$

E : 설계조도 [lx], E_o : 초기조도 [lx]

그러므로 조명계산에서 설계조도 E는

$$E = M E_o$$

로 추천조도 보다 매우 높아진다.

표 5에서와 같이 터널조명의 보수율은 교통량과 터널상황에 따라 0.4 ~ 0.75를 적용하고 있다. 보수율이 0.5에서는 $E = M E_o$ 로 추천조도의 2배의 높은 설계조도를 요구하고, 보수율이 0.6에서는 추천조도의 1.7배의 설계조도를 요구하며, 보수율이 0.75에서는 추천조도의 1.3배의 설계조도를 요구한다. 이리하여 추천조도에 비하여 각각 100%, 70%, 30% 의 높은 여유를 감안하고 있다. 그러므로 형광램프의 추천교체시간인 6,000 시간에서 광속유지를 78%, 조도

유지율 $\frac{E(t)}{E_o} = 0.73$ 으로 추천조도보다 높은 조도수준이므로 명시를 위한 조명의 양적인 면에서는 그리 영향을 미치지 않는다.

◇ 著 者 紹 介 ◇



지 철 근 (池哲根)

1927년 7월 17일생. 1951년 서울대 공대 전기공학과 졸. 1995년 서울대 대학원 전기공학과 졸(석사). 1957년 미국 케이대공대 대학원 수료. 서울대 대학원 전기공학과 졸(박사). 1983년 대한전기학회 회장. 현재 서울대 공대 전기공학부 명예교수. 대한전기협회 부회장. 기술사. 당학회 회장.