

도로조명의 설계

여 인 선 <전남대 전기공학과 교수>

1. 개요

도로조명의 목적은 설치가 야간 교통사고의 감소 및 각종 범죄의 예방과 아울러 보행자 및 운전자에게 편안한 시각환경을 제공하는 데 있다. 도로조명은 본래 모든 구간의 도로에 설치하는 것이 바람직하지만, 야간 교통량이 많거나 야간의 교통사고 발생 우려가 높은 곳, 그리고 조명을 실시함에 따라 주행의 쾌적성 등 이익을 받는 사람이 많을수록 우선적으로 조명을 설치할 수가 있다.

도로조명을 설치함에 있어서는 연속조명을 실시할 것인지 아니면 국부조명을 실시할 것인지에 대해 우선적으로 판단을 해야 한다. 도로의 종류 및 교통량에 따라서, 그리고 연도의 도로나 건축물의 조명이 본선에 영향을 주는 정도, 조명-비조명 구간의 반복에 따라 시가능에 미치는 영향 등을 고려하여 연속조명의 여부를 결정하도록 한다.

도로조명시설의 설치 효과를 위해서는 도로 일반부의 연속조명의 설계에 있어서 다음과 같은 조명의 요건을 고려하여야 한다.

- ① 노면의 평균 휘도 및 휘도균제도가 적절할 것
- ② 눈부심이 충분히 제어될 것
- ③ 적절한 유도성을 가질 것

이와 같은 요건을 만족하는 양질의 도로조명을 위해서는 휘도 개념에 기반을 둔 조명기준 설정이 요

구된다. 과거에는 조도 개념에 기반을 둔 기준 설정이 사용되었으나, 이것에 의한 조명설계 결과는 대체로 만족스럽지 못한 결과를 가져왔기 때문에, 점차적으로 조도기준 조명설계에서 휘도기준에 기반한 조명설계 쪽으로 옮겨가고 있다. 현재 대부분의 유럽 지역은 CIE(국제조명위원회)의 권고안을 받아들여 휘도기준을 기반으로 조명설계가 이루어지고 있으며, 미국은 휘도 기준으로 설계하는 것을 표준으로 삼되, 올바른 판단에 의해 설계가 이루어지는 경우는 조도 기준을 적용할 수 있다는 입장을 취하고 있다. 우리나라에는 KS 규격에 휘도 기준이 설정되어 있으나, 실제 조명계산을 할 때에는 조도 개념에 기반한 평속법을 사용하고 있다.

휘도 개념에 바탕을 둔 도로조명은 밝은 노면을 배경으로 하여 물체가 보이는 이른바 실루엣 효과를 이용한 것으로, 노면의 밝기를 나타내는 평균노면휘도 수준, 노면휘도의 균제도, 눈부심 조절 등이 질적 평가기준이 된다. 물론 실제로는 노면에 있는 상당수의 물체는 반사율이 높은 것들로서 실루엣으로 보이는 대신에 직접 빛을 반사하여 드러나 보이는 경우가 많다. 또한, 교통량이 많은 도로에서는 배경이 되어야 할 노면이 차량들에 의해 가려져 실루엣효과를 위한 배경을 이루지 못하는 경우가 많다. 그럼에도 불구하고, 눈부심 조절을 적절히 이루면서 올바른 휘도 및 균제도를 제공하도록 하는 접근 방식이

국제적으로 널리 채택되어 가고 있다.

2. 가로등의 구성 요소

2.1 조명방식

도로조명에 채용되는 조명방식은 등주 조명방식을 원칙으로 하는데, 이 조명방식은 사용 실적이 많고 관련기술이 확립되어 있기 때문에 일반적으로 채용되는 조명방식이다. 단, 도로 구조와 주변 환경에 따라 등주 조명방식이 반드시 적절하지 않은 장소에서는 하이마스트 조명방식, 커티너리 조명방식 등 다른 조명방식을 사용할 수 있다.

2.2 등기구의 배열방식

도로의 직선부에 있어서 등기구의 배열방식에는 그림 2.1에 나타나 있는 한쪽배열(편측배열), 지그재그배열, 마주보기배열의 3종류가 있으며, 차도폭, 등기구의 설치높이에 따라서 적절히 선정하도록 한다. 그림 중에서 분리대가 있는 경우의 중앙배열은 한쪽배열 2조로 본다.

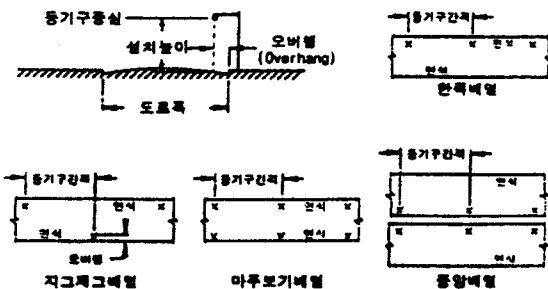


그림 2.1 등기구의 배열방식[6]

곡률반경이 1,000[m]이하인 곡선부에서의 등기구 배열은 곡선부의 유도성과 함께 그것에 접속되는 직선부의 배열을 고려하여 한쪽배열이나 마주보기배열을 사용하고, 한쪽배열의 경우는 원칙적으로 그림 2.2에서와 같이 곡선의 바깥쪽에 등기구를 설치하도록 한다. 단, 마주보기배열과 중앙배열된 직선부에 이어지는 곡선부에서는 배열을 변경하지 않고 곡선 바깥쪽 등기구의 간격을 규정보다 축소하거나, 각 차도의 바깥쪽에 한쪽배열을 실시하는 것이 바람직

하다[5].



그림 2.2 곡선부의 한쪽배열[3]

배열의 종류에는 위에 표시한 것 이외에도 여러 가지가 있지만, 어느 것도 이 3종류가 조합된 것으로, 넓은 중앙분리대로 양복 분리된 도로는 각각의 차도를 독립된 도로로서 생각하면 좋다. 중앙분리대에 2등식의 등주를 배치하는 중앙배열은 한쪽배열 2조로 생각하면 좋다. 지그재그배열의 차선축간격도 U는 다른 2종류 배열의 U에 비하여 나뉘지며, 운전자가 보는 노면 종단방향의 휘도분포가 불균일해지기 쉽고 노면 횡방향으로는 밝고 어두운 팔 모양이 형성되기 쉽다.

2.3 광원 및 안정기

가. 광원

광원의 선정은 광속, 효율, 수명, 동정, 배광제어의 용이성, 연색성 등 기준에 준하여 실시한다. 도로조명용 광원은 주로 고압나트륨램프나 형광수은램프 또는 메탈할라이드램프를 사용하는데, 특정의 장소나 환경조건에 따라서는 형광램프나 저압나트륨램프를 사용할 수도 있다. 이들 광원은 효율, 수명, 광속면에서 도로조명용 광원으로서 안정한 특성을 갖추고 있기 때문이다. 표 2.1은 고속도로에 대표적으로 사용되고 있는 고압나트륨램프의 특성을 표시한 것이다.

나. 안정기

도로조명용 고압나트륨램프에는 일반형 고역률 안정기를, 형광수은램프에서는 정전력형 안정기 또는 일반형 고역률 안정기를 사용한다. 저압나트륨램프에서는 진상형 안정기를 사용하고, 형광램프에서는 일반형 고역률안정기를 사용한다. 그리고, 필요한 경우는 조광형 안정기를 사용한다. 안정기의 불량 램프의 역할, 수명에 직접 영향을 미칠 수 있으므로 사용하는 램프 종류의 와트수에 부합이 되는 것을

표 2.1 고압나트륨램프의 특성

광원의 종류		형 식	전광속 [lm]	광원효율 [lm/W]	평균수명 [시간]
고압나트륨램프	확산형	NH150F	13,000	87	24,000
		NH250F	23,000	92	"
		NH400F	47,500	119	"
	투명형	NHT150	14,000	93	"
		NHT250	25,000	100	"
		NHT400	50,000	125	"

사용하고, 조명을 행하는 장소의 전원의 상황, 경제성을 고려하여 적절한 안정기를 선정하여 사용하여야 한다.

일반적으로, 안정기는 회로 역률을 개선하고자 콘덴서를 내장하여 고역률의 특성을 갖는 것이 사용되고 있는데, 그 종류에는 전원전압, 주파수의 구분 외에, 정전력형, 일반형 고역률, 조광형, 그 외 기능이 다른 분류가 있다.

2.4 등기구의 배광제어 형식

조명의 질의 좋고 나쁨을 좌우하는 중요한 요건은 그 배광특성이며, 눈부심의 정도와 밀접한 관계가 있다. 고속도로형 기구는 도로조명에 적합한 배광특성을 갖는 등주를 설치한 기구로, 그의 배광은 컷오프형, 세미컷오프형을 사용하는 것을 원칙으로 한다. 표 2.2는 각 배광제한 형식의 특징을 표시한 것으로

표 2.2 등기구의 배광제어형식에 따른 특징[3]

등기구의 형식	특 징
컷오프형	눈부심을 엄격히 제한하는 기구로서, 눈부심을 작게 할 필요가 있는 중요한 도로에 적합하다. 주변이 비교적 어두운 도로에 적합하다.
세미컷오프형	눈부심을 어느 정도 제한하는 기구로서, 주위가 비교적 밝은 도로에 적합하다.
세미컷오프형 (후방차단)	눈부심을 어느 정도 제한함과 동시에 후방으로 향하는 빛을 제어하고, 차도 측의 조명물에 중점을 둔 기구로서 자동차 전용도로 등에 적합하다.

각각의 특징을 충분히 검토하여 기구를 선정할 필요성이 있다. 단, 등주 조명방식이외의 조명방식에 사용되는 기구는 설치 장소의 여러 조건에 적합한 기구를 사용하여야 한다.

2.5 조명등주

표준형 조명등주의 기본 형식에는 장원형, 절선형, 직선형 등이 있고 각각에는 기본형과 Y형이 많이 사용되고 있다. 등주높이로는 8(m)~13.5(m)가 사용될 수 있으며, 일반적으로 암을 내어 조명물을 높이는 경우가 많다. 그러나 최근에는 반사판의 설계

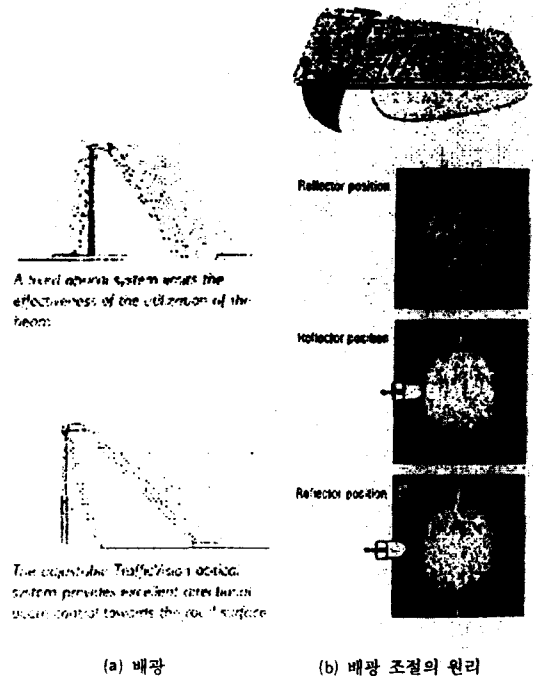


그림 2.3 이미 필요 없는 등기구[15,16]

능력이 향상함에 따라 암을 내지 않고도, 반사판의 위치를 마음대로 조절함으로써 임의의 등주 위치에서 적정 배광을 얻을 수 있는 등기구가 등장하였다. 그림 2.3는 그 예를 보인 것으로, 등주의 위치에 관계없이 원하는 노면에 배광을 실시할 수 있음을 보여 준다.

3. 등기구의 설치 기준

여기서는 표준적인 조명등주 조명방식을 사용함에 있어서 등기구의 설치에 관한 기준을 살펴본다.

3.1 조명기준

도로조명 설계의 평가는 각국마다 약간씩 다르지만 일반적으로 다음의 표와 같은 항목에 대하여 이

루어진다. 각 항목에 대한 조명기준에 대해서는 본 특집 『도로조명 기준』편을 참조하기 바란다.

3.2 외부조건에 따른 등기구의 배광제어 형식

가로등기구는 도로조명에 적합한 배광특성을 갖는 등주를 설치한 기구로, 외부의 조명환경 조건에 따른 배광제어 형식은 표 3.2의 상단을 사용하는 것을 표준으로 하고, 경우에 따라서는 하단을 사용할 수도 있다.

이 표에 따르면, 주변이 비교적 밝은 외부조건 A에서는 세미컷오프형을 표준으로 하고, 도로의 주변이 어둡고 운전자가 도로조명설비로부터 눈부심을 느끼기 쉬운 것으로 여겨지는 외부조건 B, C에서는 컷오프형을 사용하는 것을 표준으로 한다.(특집 『도로조명 기준』편을 참조)

표 3.1 차도의 도로조명 평가 항목[4~8]

평가 항목	기준량	기호	각국의 규격		
			한국,일본	미국	CIE
도로면의 밝기	평균노면휘도 (Average luminance)	L_r [cd/m^2]	○	○	○
전체 휘도균제도	종합 균제도 (Overall uniformity)	U_o	○	○	○
운전 방향 휘도균제도	차선축 균제도 (Longitudinal uniformity)	U_l	○	○	○
감능 눈부심	임계휘도증가율 (Relative threshold increment) 등가광막휘도 (Equivalent veiling luminance)	TI [%]			○
		L_v		○	
불쾌 눈부심	눈부심조절 마크 (Glare control mark)	G	○		(CIE31-1976)
도로주변의 밝기	주변휘도비 (Surround ratio)	SR			○

주) 한국 : KS A 3701-1991, 일본 : JIS Z 9111-1988(1993확인), 미국 : ANSI/RP-8-1983, CIE : CIE115-1995

표 3.2 외부조건과 배광제어 형식[3]

외부 조건	A	B와 C
배광제어 형식	세미컷오프형	컷오프형
	—	세미컷오프형

외부조건 B, C에서도 설치 높이가 비교적 높게 되는 경우 외에 눈부심이 무시될 수 있는 경우에는 세미컷오프형을 사용하여도 좋다. 세미컷오프형에서

는 후방의 빛을 효과적으로 제어하는 후방차단형과, 확산형 램프보다 고효율인 투명형 고압나트륨램프를 사용한 기구가 있다. 도로 주변의 환경에 대하여 빛의 영향을 고려하여야 할 경우는, 기구에 루버를 부착하여 후방의 빛을 차단할 필요가 있다.

3.3 등기구의 설치높이, 오버행 및 경사각도

노면이 젖어 있는 경우 조명효과가 악화되지 않도록

특 하기 위해서는 노면상에 점재하는 수막에 의한 휘도분포를 고려하여 오버행을 0으로 하는 것이 바람직하다. 그러나, 갓길 부분의 상황에 따라 등주를 세우는 위치가 일정하지 않는 것을 고려하여 오버행을 $\pm 1[m]$ 의 한도 내로 정한다.(단, 도로횡방향으로 긴 등기구에서 그 발광부분의 길이가 $0.6[m]$ 이상일 경우에 휘도분포가 넓어지므로 $\pm 1.5[m]$ 로 함) 또한, 차량이 등주에 충돌하는 사고를 방지하기 위하여, 등주는 건축한계의 외측에 차도에서 가능한 떨어져 세우는 것이 바람직하다. 일반적으로 경사각도는 5° 이내로 한다.

3.4 등기구의 설치 간격

노면휘도의 균계도를 일정한 수준으로 유지하기 위해서는, 선정된 등기구의 배광에 따라 그 배치방법에 일정한 한도를 규정하여 설치하면 좋다. 표 3.4는 그 한도를 규정한 것으로, 차도폭과 등기구 설치높이와의 관계는 도로 횡단방향의 휘도균계도를 확보하는 것이고, 등기구의 설치높이와 간격과의 관계는 도로 종단방향의 휘도균계도를 확보하기 위한 것이다.

등기구의 설치높이와 간격은 차도폭, 배열, 등기구의 배광에 따라 결정되고, 원칙적으로 표 3.4를 따른다. 세미컷오프형의 경우에는 컷오프형의 경우보다 설치높이 및 간격을 1.1배 정도로 한다. 한쪽배열과 마주보기배열에 대해서 2단으로 기술되어 있는 것은 차도폭 W에 대한 등기구의 설치높이 H가 비교적 높은 경우에는 등기구의 간격 S를 크게 해도 좋을을 나타낸 것이다.

단, 곡선부의 바깥쪽에 설치하는 등기구의 간격은 표 3.4와 표 3.5에 표시하는 값 중에서 작은 쪽을 채택한다.

표 3.6은 표 3.4의 조건에 따라 각 차도폭에 대한 등기구의 설치높이와 그 최대간격의 관계를 정리한 것이다. 이 표의 차도폭 $6.0\sim 7.0[m]$ 은 대향 2차선 도로 및 왕복분리 4차선의 한쪽 부분의 예이고, $9.0\sim 10.5[m]$ 는 왕복분리 6차선의 한쪽 부분, 그리고 $12.0\sim 14.0[m]$ 는 왕복분리 8선의 한쪽 부분의 예이다.

등기구의 설치높이는 $10[m]$, $12[m]$, $13.5[m]$ 의 3종류가 사용될 수 있으며, 경우에 따라서는 $15[m]$ 짜리도 고려할 필요가 있다. 이들의 수치가 이 표에 나타나지 않은 경우에는 표 3.4에 따라 계산하도록

표 3.3 등기구의 설치높이, 오버행 및 경사각도[3]

등기구 1동당 광원의 광속 F [lm]	설치높이 H [m]	오버행 O_h [m]	경사각도 θ [°]
30,000 미만*	10 이상	$-1 \leq O_h \leq 1$	5 이하
30,000 이상 50,000미만*	12 이상	단, 발광부분 길이가 $0.6[m]$ 이상인 등기구는 $-1.5 \leq O_h \leq 1.5$	
50,000 이상 80,000미만	13.5 이상		

주) * 국내에서 사용되고 있는 투명형 고압나트륨램프의 경우, NHT250이 25,000[lm], NHT400이 50,000[lm]에 달한다.

표 3.4 등기구의 설치높이와 간격[3]

배열의 종류	컷오프형		세미컷오프형	
	설치높이 H	간격 S	설치높이 H	간격 S
한쪽배열	$\geq 1.0 W$	$\leq 3.0 H$	$\geq 1.1 W$	$\leq 3.5 H$
	$\geq 1.5 W$	$\leq 3.5 H$	$\geq 1.7 W$	$\leq 4.0 H$
지그재그배열	$\geq 0.7 W$	$\leq 3.0 H$	$\geq 0.8 W$	$\leq 3.5 H$
마주보기배열	$\geq 0.5 W$	$\leq 3.0 H$	$\geq 0.6 W$	$\leq 3.5 H$
	$\geq 0.7 W$	$\leq 3.5 H$	$\geq 0.8 W$	$\leq 4.0 H$

주) W : 차도폭(m)

표 3.5 곡선부의 등기구 간격[3]

곡률반경 [m]		300	250	200	200
		이상	이상	이상	미만
등기구의 설치높이	12 [m]	35	30	25	20
	미만	이하	이하	이하	이하
등기구의 간격 [m]	12 [m]	40	35	30	25
	이상	이하	이하	이하	이하

한다. 이 표에 표시된 등기구의 간격은 소요 휘도균 제도를 얻기 위한 것으로 가능한 최대치로 하고, 원칙적으로 이 값을 초과하지 않는 범위에서 등기구의 간격을 결정하여야 한다. 실제의 설계에 있어서는 등기구의 간격에 규정된 범위 내에서 규정된 평균노 면휘도를 얻을 수 있도록 간격을 구한다.

표 3.6 차도폭별 등기구 설치 간격 한도[3]

(단위 : [m])

등기구의 설치높이	차도폭 등기구 배열	6.0 ~ 7.0		9.0 ~ 10.5		12.0 ~ 14.0	
		컷오프	세미컷오프	컷오프	세미컷오프	컷오프	세미컷오프
10	한쪽배열	30	35	—	—	—	—
	지그재그배열	30	35	30	35	—	—
	마주보기배열	—	—	35	40	30	35
12	한쪽배열	42	48	36	42	—	—
	지그재그배열	—	—	36	42	36	42
	마주보기배열	—	—	42	48	42	48
13.5	한쪽배열	47	54	40	47	40	47
	지그재그배열	—	—	40	47	40	47
	마주보기배열	—	—	47	54	47	54

주) 단, 표 중의 — 표시는 부적당함을 나타낸 것이다.

4. 조명계산

도로조명의 설계 및 평가를 위해서는 노면에 대한 휘도계산법 및 조도계산법과 눈부심 평가법 등이 필요하다. 여기에서는 노면 각 지점의 휘도 및 조도와 그것들의 평균값 등을 계산하는 방법을 설명한다.

4.1 조도 계산법

노면 위 특정 점의 수평조도는 배광곡선(I-table) 과 거리의 역자승법칙을 함께 이용하거나 등조도곡 선도(Iso-lux diagram)로부터 구할 수 있다. 또한,

한편, 설치 간격이 48(m)를 초과하는 경우에는 등기구의 높이를 보다 높이는 것이 바람직하다. 한 예로, 높이를 15(m)로 하면 컷오프형 기구로 간격이 54(m)까지, 세미컷오프형 기구로는 간격을 60 [m]까지 넓힐 수 있다.

서두에서 언급한 바와 같이 도로조명 요건의 하나로서 유도성이 좋도록 해야 하는데, 본 항의 규정에 따라서 등기구의 배치를 행하면 일반적으로 등기구가 도로의 선형에 따라서 정연하게 배치되므로 유도성이 좋게 된다. 오버행, 경사각도, 차도폭에 대한 등기구의 설치높이 및 이에 따른 설치 간격 등의 규정은 유도성을 좋게 할 것도 고려하여 결정된 것들이다.

일단 각 점의 국부조도가 구해지면 이로부터 조도균 제도를 계산할 수 있으며, 각 점의 조도를 평균하여 평균노면조도도 구할 수 있다. 그러나 평균노면조도는 일반적으로 조명률을 이용하여 구한다.

가. 평균조도의 계산

조명률(Coefficient of utilization)은 램프광속 중에서 실제 노면에 도달하는 광속의 비로서, 등기구의 종류가 결정되면 그에 따른 배광분포로부터 조명률곡선도가 작성된다. 조명률곡선도는 등기구 높이를 단위로 하여 도로측과 연도측의 도로폭에 대한 조명률(각각 CUSS 및 CUHS)의 변화를 그린 것이

며, 이로부터 평균노면조도를 구하거나 주어진 평균 노면조도에 대한 등기구 설치 간격을 구하는 데 사용된다. (즉, $CU = CU_{SS} + CU_{HS}$)

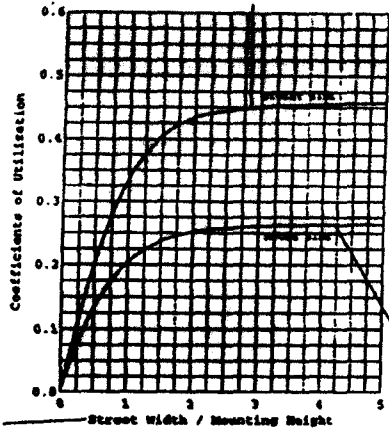


그림 4.1 조명률곡선도[13]

일단 조명률이 구해지면, 수명중 유지되어야 하는 평균노면조도는 다음 식으로 표현된다.

$$E_{av} = \frac{F \times N \times CU \times MF}{S \times W} \text{ (lx)}$$

단, 여기에서 F: 램프 광속(lm)

N: 한쪽배열 및 지그재그배열의 경우는 1, 마주보기 배열의 경우는 2

S: 등기구 설치 간격[m]

W: 도로폭[m]

CU: 조명률

MF: 광속유지율 (또는 보수율)

예) 조명률곡선도에 의한 평균노면조도 계산

조명률곡선이 그림 4.1로 표시되는 등기구를 사용하여 그림 4.2와 같이 지그재그 배열로 설치한 경우의 평균노면조도를 계산해본다.

〈설치 조건〉

- 1등당 광속 $F = 25,000 \text{ (lm)}$
- 지그재그 배열 간격 $S = 30 \text{ (m)}$
- 등기구 설치높이 $H = 10 \text{ (m)}$
- 유효도로폭 $W = 14 \text{ (m)}$ (4차선)
- 오버행 $Oh = 1 \text{ (m)}$
- 램프 광속 감퇴율 $LLD = 0.85$
- 등기구 광속 감퇴율 $LDD = 0.70$
- 조도관계도 기준값 $U = 3:1$

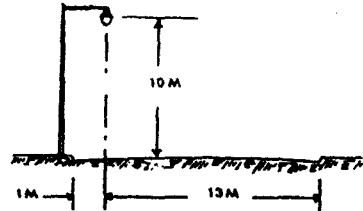
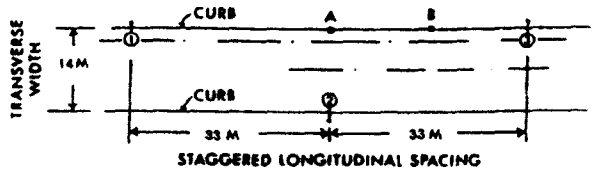


그림 4.2 등기구 설치의 예(지그재그 배열)[4,6]

그림 4.1에 의한 조명률 계산 결과를 다음 표에 정리하였다.

(조명률 계산 결과)

조명범위		조명률 CU
구분	유효폭 TD	
도로측	$W_{SS} = 13 \text{ (m)} = 1.3 H$	$CU_{SS} = 0.39$
연도측	$W_{HS} = 1 \text{ (m)} = 0.1 H$	$CU_{HS} = 0.05$
합계	$W = 14 \text{ (m)}$	$CU = 0.44$

광속유지율은 $MF = LLD \times LDD = 0.85 \times 0.70 \approx 0.60$ 과 같으므로 평균노면조도는 다음과 같이 계산된다.

$$E_{av} = \frac{F \times N \times CU \times MF}{S \times W} = \frac{25,000 \times 1 \times 0.44 \times 0.6}{30 \times 14} \approx 15.7 \text{ (lx)}$$

나. 국부조도의 계산

(1) 거리 역자승 법칙

하나의 등기구에 의한 노면상의 수평조도는 일반적으로 램프를 점광원으로 보아서 거리의 역자승법칙을 적용하여 구한다. 노면 한 점에서의 수평조도 E는, 광도를 I, 광원에서 점까지의 거리 R, 등기구 높이 H, 연직각 γ 라고 하면, 다음 식과 같이 표현된다.(그림 4.6 참조)

$$E = \frac{1}{R^2} \cos \gamma = \frac{1}{H^2} \cos^3 \gamma$$

조도를 계산하는 영역은 도로측 방향으로 같은 열에 있는 두 등기구 사이의 간격만큼, 도로 횡단 방향으로는 도로 폭에 걸쳐 계산하거나 좀 더 자세한 조도분포를 얻고자 하는 경우에는 도로 양측으로 차선폭의 1/2 만큼 더 늘려 잡을 수도 있다. 계산하고자 하는 점을 적게 잡아도 좋으므로, 도로측 방향으로는 등간격의 5군데를, 도로 횡단 방향으로는 각 차선의 중앙에 대해 계산한다.

수평조도의 수치계산은 위 식을 이용하면 되고, 이 중 등기구의 광도 데이터는 배광곡선(I-table) 또는 등광도곡선도(Iso-candela diagram)로부터 얻는다. 확산반사성의 노면(000)을 나타내는 r-table(4.2절 참조)을 적용하면 휘도계산 프로그램에 의해서도 수평조도 계산이 가능하다.

(2) 등조도곡선도(Iso-lux diagram)

그림 4.3에 보이는 등조도곡선은 노면을 등기구 높이를 기준 간격으로 하여 격자로 구획하고 그 위에 하나의 등기구에 의한 각 등조도점을 연결한 곡선으로 이루어진 것으로서, 각 등조도값은 1,000 [lm]의 램프 광속당의 값으로 표현된다. 이 곡선도는 등기구 직하점(0,0)을 기준으로 도로 방향과 도로 횡단 방향으로(LD,TD)만큼 위치한 특정 점의 수평조도값을 구하는 데 사용되며, 그 점의 실제 조도는 적어도 세 개의 근접한 등기구에 의한 결과를

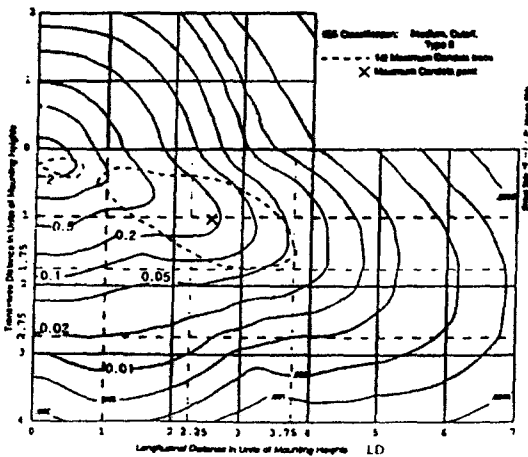


그림 4.3 등조도곡선도(Iso-lux diagram)[13]

더함으로써 구하여진다. 일반적으로 특정 높이를 갖는 특정 등기구 형식에 있어서 표현되므로 주어진 경우와 다른 설치 높이에 대해서는 거리의 역자승법칙에 따라 보정을 실시하면 된다.

(3) 조도균제도(Uniformity of Illumination)

최소조도와 평균조도의 비로 표시되는 종합조도균제도를 구하기 위해서는 최소조도점을 알아야 하며, 이를 찾아내기 위해서 다음 그림 4.4와 같은 예상 지점을 선정하여 비교한다. 그림 중의 P1~P4가 최소조도일 것으로 예상되는 점이다.

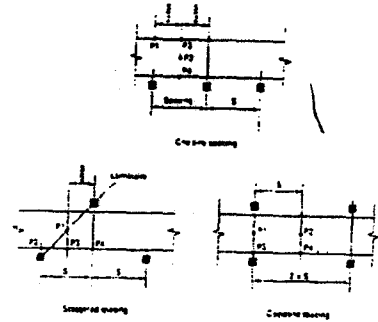


그림 4.4 최소조도 예상 지점

예) 등조도곡선도에 의한 수평조도 및 조도균제도 계산

앞의 예제에서와 같은 등기구 배열(그림 4.2)에 있어서, 등조도곡선이 그림 4.3과 같다고 할 때, 그림 4.2에 표시한 ①, ②, ③의 등기구에 의해 점 A와 점 B에 생기는 수평조도 및 조도균제도를 계산해 본다.

등조도곡선도 4.3에 의한 각 점의 조도를 다음 표에 정리하였다. 단, 여기에서 H는 10[m]이고, E는 기준 설치높이 9[m], 1,000루멘당 조도[lx]를 나타낸 것이다.

	A 점			B 점		
	LD	TD	E	LD	TD	E
등기구①	3 H	-0.1 H	0.02	4.5 H	-0.1 H	0.003
등기구②	0 H	1.3 H	0.35	1.5 H	1.3 H	0.2
등기구③	3 H	-0.1 H	0.02	1.5 H	-0.1 H	0.3
합 계			0.39			0.5

그러나 등기구 실제 광속과 설치 높이, 그리고 광속유지율을 고려하여야 하므로, 실제 조도는 다음과

같이 계산된다.

1) A점에 대해서,

$$E_A = 0.39 \times \frac{25,000}{1,000} \times \left(\frac{9}{10}\right)^2 \times 0.60 = 4.7[\text{lx}]$$

$$U_A = \frac{E_A}{E_{av}} = \frac{4.74[\text{lx}]}{15.7[\text{lx}]} = 0.30$$

(또는 평균 : 최소의 비가 3.3 : 1)

2) B점에 대해서,

$$E_B = 0.50 \times \frac{25,000}{1,000} \times \left(\frac{9}{10}\right)^2 \times 0.60 = 6.08[\text{lx}]$$

$$U_B = \frac{E_A}{E_{av}} = \frac{6.08[\text{lx}]}{15.7[\text{lx}]} = 0.39$$

(또는 평균 : 최소의 비가 2.6 : 1)

이 결과에 따르면, 조도가 낮은 A점에서의 조도균제도가 기준값 3 : 1을 넘어서므로 이 등기구는 설치높이를 높이거나 다른 종류의 배광분포를 갖는 등기구를 사용할 필요가 있음을 알 수 있다.

4.2 휘도 계산법

노면의 휘도를 계산하기 위해서는 측정점을 향해 입사하는 광원의 광도(배광분포)와, 노면의 반사특성을 알아야 하는데, 이것들은 특정한 좌표계를 이용하여 기술된다. 또한 다양한 노면의 반사특성을 적절한 변수의 선택에 따라 몇가지 표준 노면의 유형으로 분류할 수 있으며, 이에 따른 간편한 휘도계산이 가능해진다.

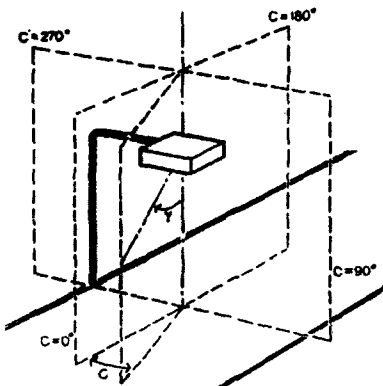


그림 4.5 등기구의 배광분포를 나타내기 위한 (C, γ) 좌표계[12]

가. 좌표계

(1) 등기구의 배광분포(C, γ)

노면의 특정 점을 향해 입사하는 광원의 광도는 등기구의 배광분포에 의해 결정되며, 이 배광분포를 나타내기 위해 CIE에서는 다음 그림 4.5에서와 같이 정의되는 좌표계 (C, γ)을 사용하고 있다.

(2) 측정점의 위치와 관측 방향(β, γ)

노면의 휘도는 노면 반사 특성에 따라 크게 좌우되는데, 관측자가 느끼는 노면의 한 점 P의 반사특성은 광원의 입사 방향과 관측 방향에 따른 휘도계수(Luminance coefficient) q로써 표현된다. 이같은 노면 반사 특성을 기술하기 위해서는 그림 4.6과 같은 좌표계를 적용한다. 한 점의 휘도계수는 그 점의 휘도 L과 수평조도 E의 비로서 표현되어 일반적으로 세 각(α, β, γ)의 함수로 되지만 관측각을 α=1°로 하면 다음과 같이 보다 간단한 형태로 나타낼 수 있다.

$$q = \frac{L}{E} \Rightarrow q(\alpha, \beta, \gamma) |_{\alpha=1^\circ} \Rightarrow q(\beta, \gamma)$$

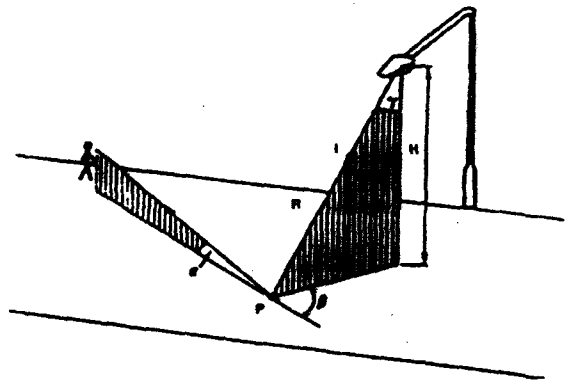


그림 4.6 노면의 반사특성을 나타내기 위한 (β, γ)좌표계[17]

나. 노면의 반사특성

(1) 통합휘도계수

앞에서 정의한 휘도계수의 식으로부터 측정점 P의 휘도는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$L = q \times E = \frac{I \times (q \cos^3 \gamma)}{H^2} = \frac{\gamma(\beta, \gamma) \times I(C, \gamma)}{H^2}$$

여기에서, $\gamma(\beta, \gamma) \equiv q(\beta, \gamma) \cos^3 \gamma$

위 식에서 γ 은 통합휘도계수(Reduced luminance coefficient)라고 부르는 것으로, 노면에 있어서 관측자 전방 일정한 크기의 노면에 대해 γ 값을 측정해 놓은 표를 통합휘도계수표(r-table)이라고 부른다.

(2) 표준 노면

다음 식으로 주어지는 $Q_0-S_1-S_2$ 체계(노면 기술체계)를 이용하여 노면의 반사특성을 정량적으로 나타낸다. 각국의 도로 특성을 조사한 결과, 이 값들이 갖는 범위에 따라 표 4.1과 같은 네 종류의 표준 노면을 고려할 수 있다.

$$Q_0 = \frac{\int_a q \cdot d\Omega}{\int_a q \cdot d\Omega}$$

$$S_1 = \frac{r(0, 2)}{r(0, 2)}, S_2 = \frac{Q_0}{r(0, 0)}$$

단, $r(0, 0)$ 는 등기구 직하점, $r(0, 2)$ 는 $\beta=0$, $\tan\gamma=2$ 인 경우를 나타낸다.

표 4.1 표준 노면의 분류[4,5,6,12,14]

표준 노면 등급	반사 특성			예
	Q_0	S_1	S_2	
R1	0.10	0.25	1.53	콘크리트 도로
R2	0.07	0.58	1.80	자갈을 최소 60% 함유한 골재를 사용한 아스팔트 도로
R3	0.07	1.11	2.38	어두운 색의 골재를 사용한 아스팔트 도로, 아스콘
R4	0.08	1.55	3.03	표면이 매끄러운 아스팔트 도로

표 4.3 그래프를 이용한 휘도 계산법의 종류

종 류	방 법	사 용 되는 곡 선 도	
		국부휘도 계산	평균휘도 계산
점대용 휘도계산법 (Point-by-point method)	국부점의 반사특성과 광도를 점대용시켜 휘도를 계산하는 방법	Iso-candela diagram Iso-r diagram	앞의 국부휘도를 평균함
복합법 (Combined method)	등기구와 노면 특성이 통합된 도면 이용	Iso-luminance diagram	Luminance yield diagram (단, 직선도로에 적용)

(3) 노면의 평균휘도 - 평균조도 환산계수

특수한 도로조건에서는 노면의 평균휘도와 평균조도의 사이에 비교적 단순한 관계가 성립하므로, 이 둘 사이의 환산계수 K를 고려할 수 있다. 즉, 평균휘도값(cd/m²)에다 표에 표시된 환산계수를 곱하면 간단히 평균조도(lx)를 구할 수 있다.

$$K = \frac{E_{av}}{L_{av}} = \frac{CU}{\eta_l \times Q_0} \sim \frac{1}{Q_0}$$

표 4.2 노면의 평균휘도와 평균조도 사이의 환산계수

노면의 종류	표준노면등급	평균휘도계수 Q_0	환산계수K
콘크리트	R1	R1	10
일반아스팔트	R3	0.07	15
매우 매끄러운 아스팔트	R4	0.08	13

다. 그래프를 이용한 휘도 계산법

휘도는 이 절에서 소개한 식에 기반하여 컴퓨터에 의한 계산이 가능하지만, 여기에서는 그래프를 이용하여 간단히 구할 수 있는 방법에 대해 소개한다. 이들은 등기구의 배광특성과 노면 반사특성의 영향을 각각 독립적으로 취급하는지 복합된 데이터를 이용하는지에 따라 표 4.3과 같이 구분할 수 있다.

(1) 점대용 휘도계산법(Point-by-point method)

앞에서 살펴본 바와 같이 노면 한 점의 휘도는,

$$L_p = \frac{r(\beta, \gamma) \times I_p(C, \gamma)}{H^2}$$

와 같이 표현되므로, 노면의 각 격자점에 해당하는 반사율 r ,와 광도값 I_p 를 별도의 곡선도를 이용하여 구하고 이로부터 각 점의 휘도를 계산할 수 있다. 이 방법은 서로 대응하는 노면의 반사 특성을 나타내는 등반사계수곡선도(Iso-r diagram)와 등기구의 배광

본포를 노면에 정사영된 등광 도곡선의 형식으로 나타내는 등광도곡선도(Iso-candela diagram)을 함께 이용한다. 이 곡선도에는 광도값이 1,000 렉트루멘 당 광도값, 또는 최대광도값의 백분율로 표시되어 있다.

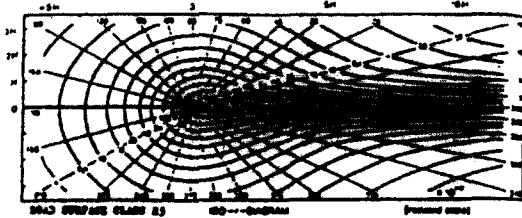


그림 4.7 등반사계수곡선도(Iso-r diagram)[12]

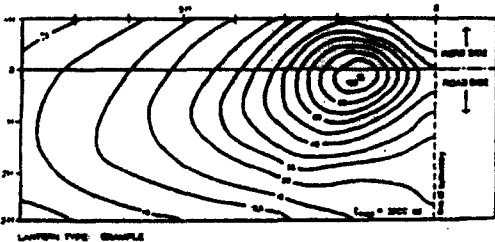


그림 4.8 등광도곡선도(Iso-candela diagram)[12]

이 방법을 사용하려면 휘도를 구하고자 하는 도로의 평면도를 갖춰야 하는데, 여기에는 관측자 및 동기구 위치가 표현되어 있으며 계산하고자 하는 점이 격자점으로 나타나 있다. 각 그림은 같은 척도로 축소되어 있으며, 도로 길이 및 폭을 유효 동기구 높이 H를 기준 단위로 표현하되 일반적으로 20(m)로 축소하여 나타낸다.

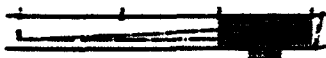


그림 4.9 휘도계산용 축소 도로 평면도[12]

일단 동기구 하나씩에 대해 각 점의 휘도성분을 구한 다음, 여러 동기구에 의한 전체 휘도는 각 동기구에 의한 휘도를 더하여 구한다. 측정하고자 하는 점을 P라 할 때, i번째 동기구에 의한 휘도는 다음과 같은 순서로 구해진다.

(1단계) 그림 4.7에 보인 등반사계수곡선도의 원점 (0,0)를 그림 4.9의 P 점에 일치시키고 그림의

중심축을 관측자의 방향으로 향하게 한 다음 그림의 반사율 $r_{a,i}$ 를 읽는다.

(2단계) 그림 4.8에 보인 등광도곡선도의 원점을 해당 동기구 위치에 일치시키고 동기구의 방향과 도로 방향을 일치시킨 다음 측정점의 광도값 $I_{a,i}$ 를 읽는다.

3단계) 위에서 구한 $r_{a,i}$ 와 $I_{a,i}$ 로부터 다음 식을 사용하여 해당 점의 휘도를 구한다.

$$L_{p,i} = \frac{r_{a,i} \times I_{a,i}}{H^2}$$

이상의 계산을 P점의 휘도에 영향을 주는 동기구 전체에 걸쳐 수행하여야 하는데, 일반적으로 측정점을 중심으로 관측자 쪽으로 2군데의 동기구와 관측자 반대 쪽으로 3~4군데의 동기구에 대해 계산을 실시한다.

$$L_p = \sum_{i=1}^N L_{p,i} \quad (\text{단, } N \text{은 계산에 포함되는 동기구 수})$$

따라서 측정 범위내의 모든 격자점에 대한 휘도 분포를 알 수 있으며, 이에 따라 휘도균제도 및 평균 노면휘도를 구할 수 있다.

(2) 복합법(Combined method)

이 방법은 직선도로의 평균노면휘도를 구하기 위한 휘도수율곡선도(Luminance yield diagram)와 국부휘도 및 휘도균제도를 구하기 위한 등휘도곡선도(Iso-luminance diagram)를 사용하는 것으로 이 곡선에는 동기구의 배장특성과 노면 반사특성의 영향이 복합되어 있다. 이것은 직선도로의 평균노면휘도를 계산하거나 요구되는 휘도값을 만족시키는 동기구 간격을 아주 빨리 구할 수 있는 방법이다.

가) 휘도수율곡선도에 의한 평균노면휘도 계산
휘도수율(Luminance yield)은 특정 노면에 대하여 휘도를 발생시키는 효율을 나타내는 값으로, 광속법에서 조명률이 정의되는 것과 비슷하게 다음과 같은 식으로 정의된다.

$$\eta_L = \frac{(L_p/Q_s)}{(E_{av}/CU)} = \frac{L_p \times S \times W}{Q_s \times F \times N \times MF}$$

휘도수율은 도로 횡단 방향 특정 위치에서 관측자 전방 60(m)~160(m)에 이르는 100(m) 길이의 좁은 띠 모양의 영역에 대한 평균노면휘도값으로부터 얻어진다. 이것은 등기구의 배광 및 노면의 반사 특성, 그리고 관측자의 위치에 따라 달라지는 값인데, 그림에는 보통 세 경우(A, B, C)의 관측자의 위치에 있어서 유효 도로폭의 길이에 따른 휘도수율 값을 나타낸다.(그림 4.10) 만일 관측자의 위치가 위의 세 경우에 해당되지 않고 그 사이값을 갖는 경우 내삽(interpolation)에 의해 구하면 된다.

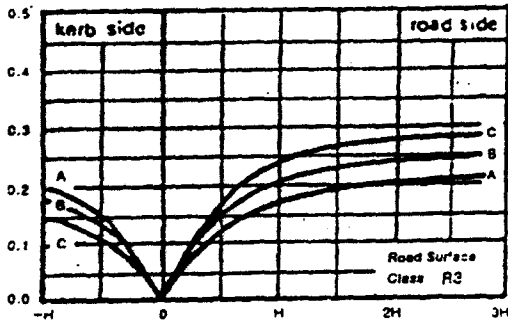


그림 4.10 휘도수율곡선도(Luminance yield diagram)[12]

그림으로부터 휘도수율값을 구하려면 도로 단면도와 측방향 등기구 및 관측자 위치를 알아야 한다. 주어진 관측자의 위치에 해당하는 곡선상에 있어서, 등기구의 직하점을 기준으로 도로측과 연도측의 폭(W_{SS} , W_{HS})에 해당하는 각각의 휘도수율(η_{SS} , η_{HS})을 읽고 더한 뒤 다음 식에 대입하여 평균노면휘도를 계산할 수 있다. 등기구가 도로 양쪽 편(맞은 편 또는 지그재그)에 놓여 있는 경우는 각각의 경우에 있어서 휘도수율을 구한 다음 더하면 된다.

$$L_r = \eta_L \times Q_o \times \frac{F \times N}{S_i \times W} \times MF$$

단, S_i 는 같은 등기구열에 있어서의 설치 간격이다.

(예) 휘도수율곡선도를 이용한 평균노면휘도 계산
 조도계산에서 예를 들었던 등기구 배열(그림 4.2)에 있어서, 휘도수율곡선도가 그림 4.10과 같다고 할 때, 평균노면휘도를 구한 결과는 다음과 같다. 단, 예를 든 4차선 도로의 2차선 중앙에 관측자가 위치해 있으며 도로의 등급은 R3로 가정한다.

주어진 조건에 따른 관측자의 위치는 도로 우측 등기구로부터 약 8(m)(0.8H에 해당), 좌측 등기구로부터는 약 4(m)(0.4H에 해당) 떨어진 곳으로서, 이 곳을 기준으로 한 휘도수율값을 구하면 다음과 같다.

등기구 열	관측자 위치	η_{SS}	η_{HS}	휘도수율 $\eta_L = \eta_{SS} + \eta_{HS}$
		$W_{SS} = 1.3H$	$W_{HS} = 0.1H$	
우측 열	도로측 0.8 H	0.25	0.03	0.28
좌측 열	도로측 0.4 H	0.24	0.03	0.27
합 계		0.49	0.06	0.55

따라서, 평균노면휘도는

$$L_r = \eta_L \times Q_o \times \frac{F \times N}{S \times W} \times MF$$

$$= 0.55 \times 0.07 \times \frac{25,000}{14 \times 60} \times 0.6 = 0.69 (\text{cd/m}^2)$$

나) 등휘도곡선도에 의한 국부휘도의 계산

한편, 휘도균제도를 구하기 위해서는 측정 격자점의 휘도분포를 계산해야 하는데, 앞에서 설명한 점 대응법 컴퓨터를 이용하지 않는 한 계산 시간이 많이 걸린다. 그 대신 등휘도곡선도를 이용하여 특정한 관측자의 위치에서 하나의 등기구에 대한 휘도 패턴을 구한 다음, 여러 등기구의 영향을 고려하기 위해 곡선도를 각 등기구 위치에 옮겨가면서 값을 중첩시켜 가면 전체 등기구에 의한 휘도 분포를 구할 수 있다.

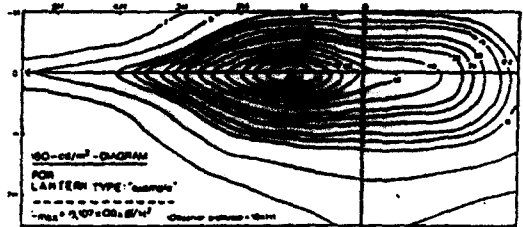


그림 4.11 등휘도곡선도(Iso-luminance diagram)[12]

(1단계) 먼저 투명한 용지위에 등휘도곡선도와 같은 축척으로 그려진 그림 4.9와 같은 도로 평면도를 준비한다.

(2단계) 등휘도곡선도의 원점 (0,0) 위에 도로

평면도의 동기구 위치를 겹치게 하되, 곡선도의 중심축과 도로 방향 축은, (1)해당 동기구가 측정 영역 뒤 쪽에 있는 경우는 곡선도의 중심축이 관측자를 향하도록 하고, (2)해당 동기구가 측정 영역 앞 쪽에 위치한 경우는 두 축을 일치시키도록 한다.

(3단계) 측정하고자 하는 모든 격자점에서 하나의 동기구에 의한 휘도값(최대값의 백분율로 표시된)을 읽는다.

(4단계 위의 과정을 다른 여러 동기구에 대해서 반복한 다음, 각 격자점에서 지금까지 구했던 모든 휘도값을 더한다.

이 방식은 점대용법에 비해 관측 방향이 동기구열과 나란하면 같은 정도의 정확도를 가지며, 두 축의 각도가 10° 이내인 경우는 오차가 5% 이내로 줄일 수 있다.

4.3 눈부심 평가

가. 감능 눈부심(disability glare)

감능 눈부심은 임계휘도증가율(Relative threshold increment) TI 또는 동가광막휘도(Equivalent veiling luminance) L_v 로서 정량적으로 표현될 수 있다. 이 중 TI는 감능 눈부심에 의해 야기되는 가시성의 상실 정도를 나타내는 것으로, 눈부심이 있을 때와 없을 때의 임계가시휘도의 차이를 휘도증가율로써 표현한 값이며, 초기광속을 내는 램프가 장착된 깨끗한 동기구를 대상으로 하여 계산한다.

감능 눈부심이 일으키는 효과는 마치 균일한 휘도를 갖는 광막을 씌우는 효과와 같으므로 동가광막휘도(Equivalent veiling luminance) L_v 로써 나타낼 수 있다. 이것은 눈에 도달하는 수직조도 E_v (lx)와 쳐다보는 각도 θ (rad)에 의해 결정되는 값으로서, 다음 식에서와 같이 적정 범위내의 모든 동기구 N의 영향을 고려한다.

$$L_v = \sum_{i=1}^N 3 \times 10^{-3} \times \frac{E_{v,i}}{\theta_i} \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

여기에서 관측자는 도로 측방향으로 자신의 위치와 같은 거리 만큼 떨어진 전방 90(m) 앞을 주시하

고 있다고 가정한다. 또한, θ 는 차량의 덮개에 의한 차광의 영향으로 20°이내만 고려하면 되므로, 이 범위 내에 드는 동기구로부터 시작하여 같은 동기구열을 따라 500(m)까지에 있는 동기구의 영향을 고려하도록 한다. 그리고 임계휘도증가율 TI는

$$TI = 65 \frac{L_v}{\left(\frac{L_r}{MF}\right)^{0.8}} \text{ (\%)}$$

로부터 구할 수 있다.

감능 눈부심을 계량화하는 데 있어서 도로가 복잡하거나 혼합교통이 이루어지는 지역에서는 종종 TI 값을 적용할 수 없는 경우가 있다. 이러한 경우에는 관측자가 올려다보는 양각 80° 및 90°에서의 광도값을 각각 30(cd/klm) 및 10(cd/klm) 이내로 제한하도록 하고 있다.

나. 불편 눈부심(discomfort glare)

아직까지 불편 눈부심을 신뢰성있게 표현할 수 있는 수치는 없다. 이전부터 눈부심조절 마크(Glare control mark) G가 사용되고는 있으나, 주관적인 눈부심 평가와는 잘 일치하지 않는다. CIE에서는 TI값이 제한값을 넘지 않는 한, 불편 눈부심도 감능 눈부심과 마찬가지로 조절될 수 있다고 하고 있다.

우리 나라에서는 눈부심조절 마크 G를 사용하고 있으며, 그 정의는 다음과 같다.

$$SLI = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \left(\log \left(\frac{I_{88}}{I_{80}} \right) \right)^{1/2}$$

$$- 0.8 \log \left(\frac{I_{88}}{I_{80}} \right) + 1.29 \log F$$

$$G = SLI + 0.97 \log L_r + 4.4 \log h' - 1.46 \log p$$

단, I_{80} , I_{88} : 연직각 80° 및 88°에서의 광도 [cd]

F: 동기구의 발광면적 [m²]

L_r : 평균노면휘도 [cd/m²]

h' : 눈높이를 기준한 동기구의 높이

($h' = H - 1.5$ (m))

p: [km]당 동기구의 수

5. 도로조명설계의 예

도로조명설계의 핵심은 주어진 조건을 만족하는 등기구의 선정 및 이것의 배치에 있으며, 특히 등기구 설치 간격 및 램프 광속을 구하는 것이 중심과제로 된다. 이것은 4장에서 살펴본 조도 및 휘도계산법을 이용하여 가능하다.

도로조명에 있어서 도로 단위길이당 램프의 소요 광속 F 는 평균노면조도 E_{av} 와가 주어진 경우와 같이 다음 식을 이용하거나,

$$\frac{F}{S} = \frac{E_{av} \times W}{N \times CU \times MF} \quad \left(\text{또는} \quad \frac{K \times L_r \times W}{N \times CU \times MF} \right)$$

또는 휘도수율을 이용하는 방법으로서,

$$\frac{F}{S_1} = \frac{L_r \times W}{\eta_L \times Q_o \times N \times MF}$$

에 의해 도로 단위길이당 램프의 소요 광속을 계산할 수 있다. 이하에 도로조명설계의 예를 간략히 정리한다.

〈설계 예〉 4차선 도로

- (1) 설계조건
 - ① 도로의 구분 - 고속도로
 - ② 도로의 폭 구성 : 유효 도로폭 $W = 14(m)$
 - ③ 외부조건 - B
 - ④ 포장종류 - 아스콘 포장

〈휘도수율 계산 결과〉

등기구의 설치높이 [m]	폭 [m]		비		휘도수율		
	W_{SS} ($W - O_h$)	W_{HS} (O_h)	$[W_{SS}/H]$	$[W_{HS}/H]$	$[\eta_{SS}]$	$[\eta_{HS}]$	$[\eta_L]$
10	13	1	1.3H	0.1H	0.49	0.06	0.55
12			1.08H	0.08H	0.47	0.04	0.51

〈램프광속 및 등기구 설치간격 계산 결과〉

등기구의 설치높이 [m]	설치간격당 소요 램프광속 F/S_1 [lx/m]	램프		최대 설치간격 S [m] ()는 S_1
		출력 P [W]	광속 F [lm]	
10	606	250	25,000	21 (41)
12	654	400	50,000	38 (76)

(2) 설계기준

① 기구배열

지그재그 배열

② 등기구

외부조건 B → 컷오프형 도로조명기구

③ 평균노면휘도 : 도로조명 기준으로부터 $L_r = 1.0$
(cd/m²)

④ 평균조도환산계수 : $K = 15$ [lx/(cd/m²)]

⑤ 등기구의 설치 높이, 오버행, 경사각도

표 3.4로부터 컷오프형은 $H \geq 0.7(W) = 9.8(m)$, 따라서 설치 높이는 여유를 두어 12(m) 오버행 및 경사각도는 각각 1(m) 및 5(°)

⑥ 광원 : 고압나트륨램프

⑦ 기구간격 : 표 3.6으로부터 최대간격은 $S = 3.0H = 36(m)$

⑧ 광속유지율(또는 보수율) : $MF = 0.6$

(3) 조명계산

① 휘도수율

그림 4.10에 보인 휘도수율곡선도로부터 등기구 설치 높이가 10(m) 및 12(m)인 경우의 휘도수율을 구한 결과를 다음에 정리하였다. 단, 휘도수율값은 등기구 좌우열의 영향을 모두 고려한 것이다.

② 도로 단위길이당 소요 램프광속

$$\begin{aligned} \frac{F}{S_1} &= \frac{L_r \times W}{Q_o \times N \times MF} \\ &= \frac{1 \times 14}{\eta_L \times 0.07 \times 1 \times 0.60} = \frac{333.3}{\eta_L} \text{ [lx/m]} \end{aligned}$$

단, S_1 은 같은 열내에 있는 등기구 간격을 표시하므로, 지그재그 배열의 경우, 도로 단위길이당 소요 램프 광속은 위 값의 2배가 된다. 즉, 설치간격 S 는 S_1 의 반이 된다.

위 결과로부터 4차선 도로의 조명을 지그재그 배열로 함에 있어서 등기구 설치높이로서 10[m]는 부적당하며, 적어도 12[m] 이상이 되어야 함을 알 수 있다. 또한, 12[m]의 경우에 있어서 실제 설치간격은 앞에서 언급한 바 있는 기구간격의 한도에 의해서 36[m]로 한다. 이외에도 눈부심에 대한 평가가 이루어져야 하나 지면관계상 생략하도록 한다.

참 고 문 헌

- [1] J.B. DE Boer ed., Public Lighting, Philips Technical Library, 1967.
- [2] CIE Technical Report, Pub. No. 93, Road Lighting as an Accident Countermeasure, 1992.
- [3] 日本高速道路調査會, 道路照明研究委員會, 『道路照明設計指針』, 1990.
- [4] ANSI/IES RP-8-1983, American National Standard Practice for Roadway Lighting, 1983.
- [5] CIE Technical Report, Pub. No. 115-1995, Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic, 1995.
- [6] IESNA Handbook, 8/e, 1993.
- [7] JIS 道路照明基準, JIS Z 9111-1988(1993 確認).
- [8] KS 道路照明基準, KS A 3701-1991.
- [9] IESNA CP-31-1989, Value of Public Roadway Lighting, 1989.
- [10] M.S. Janoff et al., "The effect of reduced freeway lighting on driver performance," J. of IES, pp. 159-166, Fall 1985.
- [11] 日本照明學會, JIEG-001, 『照明設計の保守率と保守計劃』, 1987.
- [12] CIE Technical Report, Pub. No. 30-2-1982, 2/e, Calculation and Measurement of Luminance and Illuminance in Road Lighting, 1990.
- [13] IESNA LM-69, IESNA Approved Guide for the Interpretation of Roadway Luminaire Photometric Reports, 1995.
- [14] CIE Technical Report, Pub. No. 34-1977, Road Lighting Lantern and Installation Data—Photometrics, Classification and Performance, 1977.
- [15] Philips Co., Philips Outdoor Lighting to enhance your life, 1996.
- [16] G. Giesbers, "Public Lighting—Part1—Road lighting", International Lighting Review, 94/3, p. 83.

- [17] J.R. Coaton et al, Lamps and Lighting, 4/e, Arnold, 1997.
- [18] 한국·조명전기설비학회, 『고속도로조명 운용개선에 관한 보고서』, 한국도로공사, 1998.

◇ 著 者 紹 介 ◇



여 인 선(呂寅善)

1957년 6월 11생. 1979년 서울대공대 전기공학과 졸업. 1981년 서울대 대학원 전기공학과 졸(석사). 1989년 서울대 대학원 전기공학과 졸(박사). 현재 전남대 공대 전기공학과 부교수, 당학회 평의원 및 편수이사.