



도로조명 디자인의 이론과 원리

이진우 <호서대학교 전기공학과 교수>

도로조명의 목적은 자동차 운전자와 보행자 모두에게 거리와 도로에서 야간의 가시도(visibility)를 개선하는 것이다. 도로조명은 최고 속도에서 보는 능력, 정확도와 편안함을 향상시켜야 한다. 보행자나 자동차 운전자에 의한 어두운 시간 동안의 도로의 안전한 사용은 적절한 시각 환경에 달려있다.

자동차를 사용하는 경우 도로 안전에 대한 가장 우선하고 분명한 접근은 운전자의 발생할 수 있는 위험을 인지하는 능력과 반응시간, 자동차의 속력에 기초한 제동 필요 조건을 검토하는 것이다. 우수한 도로조명 시스템은 야간의 교통사고를 30%나 감소시킬 수 있다.

자동차 운전자에게 가장 좋은 조명 시스템은 종종 보행자에게도 적합하게 된다. 보행자와 자동차 교통량이 많은 장소에서 권고된 휘도, 조도값은 때로는 자동차 교통량만을 우선 고려한 경우의 적정한 수준을 초과할 수도 있으나, 조명시스템이 적절하게 디자인된다면 보통은 하나의 조명시스템이 두 가지 목적을 잘 만족시킬 것이다.

물리적 요소 중 조명의 범위에 대하여 살펴보겠다. 가장 중요한 것은 보도의 연석에서 연석까지의 도로 표면 자체의 면적에 관계된 것이고 두 번째는 포장된 표면(인도와 자전거도로)과 바로 인접한 보도와 다른 영역에 관련된 것이다. 도로 폭은 교외의 도로와 주거지 도로에서는 6m부터 도심 상업지역에서는 30m 또는 그 이상까지 다양하다.

구체적인 휘도 조도 수준까지 도로 표면을 조명하는데 필요한 실효 광속의 양은 도로 표면의 면적에 좌우된다. 길이가 불명확한 도로에서는 디자인의 관점으로부터 중요한 치수는 도로의 폭인데 이것은 대개 연석간 거리 또는 연석이 없는 곳에서는 포장된 표면의 폭이 된다. 길이 방향으로 중요한 치수는 조명기구 간의 간격이다. 조명기구 당 조명되는 범위는 도로 폭과 조명기구 간격의 곱이다. 도로조명에서 상업적으로 유용한 조명기구가 도로 자체에서 나타나는 긴 직사각형 면적에 적합하도록 기하학적으로 비대칭형으로 연석에서 연석까지 최대로 조명을 분배하도록 디자인되어 있다. 연석의 선상에서 빛의 급격한 절단은 실제 적이지도 바람직하지도 않은데, 이유는 연석을 넘어서 흩어지는 빛은 아주 유용하고 종종 인도, 자전거도로 조명에 필수적인 도움이 되며, 잠재적인 위험-보행자들, 운전자들 혹은 포장된 표면 너머의 고정된 사물 간의 의 인지를 도와준다.

상업과 혼잡한 도로의 경우, 도심 상가도로와 유사한 혼잡한 지역은 종종 도로 조명 디자인에 영향을 주는 특별한 특징을 갖고 있다.

- 1) 특히 도심지역의 도로들은 비교적 폭이 넓어서, 비교적 큰 램프와 IES 타입 III와 IV 배광을 갖는 가까운 간격의 설치를 제안한다.
- 2) 종종 발생하는 차량과 보행자 모두에게 차도와 보도의 표면이 보이지 않는 교통의 경우에는 차

량, 보행자 또는 고정된 사물들이 상대적인 가시도를 결정하는 모든 중요한 기준이 되고 따라서 안전에 영향을 미친다.

- 3) 수직 표면을 제공하는 인접한 건물의 외관들의 조명은 전반적인 환경의 관점에서 대단히 바람직하며, 동시에 등기구와 배경 간의 대비를 감소시키는 것이 바람직한데, 이 조건은 시각적 편안함에 크게 기여한다.
- 4) 연석에 주차하는 경우는 뺏어나간 마스트 암을 사용하는 것이 필요하며, 주차된 차의 뒤에서 걸어 나오는 보행자와의 사고에 주의하게 한다.
- 5) 잠재적 위험이 증가하는 빈번하게 사용되는 교차로는 높은 조명레벨과 주변의 가시도를 증가시키도록 조명기구의 신중한 배치가 필요하다고 할 수 있다.

외진 도로와 간선도로의 경우에는 주거지 도로는 도로조명에 영향을 미치는 특별한 특징을 나타낸다.

- 1) 도로가 좁아 IES 타입 I 과 II 배광을 사용하는 등주를 편측 또는 지그재그로 설치하는 융통성이 허용된다.
- 2) 보도 또는 인도의 경계가 불명확하면 보행자에 대한 위험이 증가한다. 그러한 경우 충분한 조명이 필요하다.
- 3) 건물의 세트백은 집 방향으로 조명의 광범위한 패턴의 고려를 요구한다. 이것은 조명의 급격한 절단을 피하는 것으로 해결될 수 있다.
- 4) 적합한 조명기구가 선정되어야 하며, 그렇지 않으면 특별한 집 쪽의 차광이 원하지 않는 누설 광을 피하기 위하여 필요하다.
- 5) 나무는 주거지역 도로 조명에서 중요한 문제가 될 수 있는데, 조명에 주는 영향을 최소화하기 위하여 나무의 높이와 가지가 뺏은 정도에 특별한 주의가 필요하다.

간선도로와 도로는 다음과 같은 특징으로 표현된다.

- 1) 매우 넓은 포장도로.
- 2) 길 중앙에 서있는 한 쌍 또는 각각의 도로로 분리하여 다루어진 조명기구를 고려하는 것이 필요한 분리된 도로.
- 3) 모든 방향으로 부터의 조명에 접근하는 특별한 주의가 필요한 비정상적으로 방해된 차로의 차단 또는 고속 교통 도로의 경사진 교차로.
- 4) 곡선부와 경사진 분할선에 관하여 조명 레벨과 조명의 설치위치에 특별히 주의하여야 하는 입체교차로와 톨 프라자.

이용 가능한 전기 서비스 시설을 살펴보면, 많은 장소에서 서비스 전기 설비는 설비에 램프 크기, 설치 높이와 장소를 결정하고 설계서에 기입하는 정부의 고객에게 서비스로 제공하는 도로 조명을 포함하고 있다.

기존 설비의 기둥을 이용하는 것이 가능하면, (일반적으로 도로의 한 쪽으로 늘어서 있고 곡선부에서 끝나는) 가로등의 위치는 이미 위치해 있는 기둥의 물리적인 배열에 의해 고정된다. 기존의 기둥을 사용하는 것은 이용할 수 있는 등주 간격의 문제를 수반하게 된다. 적합한 등구 혹은 조명기구 지지물은 적당한 부착 높이로 기존의 기둥에 설치할 수 없는 장소에서는 기둥을 교체하여야 하기도 한다. 빈번하게 나무 가지치기가 도로에서 적당한 빛의 패턴을 제공하기 위하여 필요할 것이다. 어떤 나무의 가지치기를 할 수 없는 장소에서는 부착 높이에 약간의 타협이 필요할 것이다.

넓은 도로는 지그재그 또는 대면 배열을 사용할 수 있도록 제공하는 기둥들이 필요할 것이다.

서비스 시설이 지중화 되어 있거나 높은 사다리 사용이 필요하여 새로운 도로 조명 시스템을 준비해야만 하는 장소에서는 등주의 간격이 융통성이 있고 원래의 디자인에 맞도록 조정해야 할 것이다.

많은 설비는 장식된 콘크리트, 금속 혹은 다른 특별한 기둥으로 최저 가격에 그들의 소비자들에게 서비스로 공급된다. 정부 정책의 방침에 따라, 설치는 일렬, 지그재그 또는 마주보기 배열로 할 수 있다.

비정상적으로 차단된 장소에서 직면하는 문제는 향후 도로폭을 넓힐 준비를 하고 있는 간선도로의 디자인 또는 정부의 명령에 의하여 지시를 받는다. 뺏어나간 압과 경사진 등기구는 이러한 상황에 필요할 수 있다.

경제적인 요소 중 조명 비용에 대하여 살펴보면, 도시는 도로조명 서비스에 지급되도록 매년 승인된 특별 지출금을 갖는 예산을 운영한다. 대부분의 도시는 지금은 기준에 따라 모든 도로의 조명에 필요한 예산을 고려하고 있다. 어떠한 예산 항목도 증가시키는 것이 정치적으로 어렵고 이것은 도로조명 예산에서도 예외는 아니다. 범죄의 일시적 증가 또는 전에 없었던 나쁜 사고는 사회 움직임을 일으키고 사회가 안심하지 못하는 충격을 줄 수 있다. 그러나 일반적으로 도로조명 비용은 대중의 생각 속에 항상 존재하고 있으며, 도로조명 디자이너에게 가용 자금의 효율적인 사용에 세심한 주의를 기울이도록 하는 것이 필요하다. 이것은 단순히 연간 비용의 액수로 가능한 최고의 조명을 제공하여야 하는 것을 의미한다. 그러나 이것은 잘 계획되고 조정된 판매 프로그램이 설비에 의해 모든 사회를 점차적으로 법적인 수준까지 이끌도록 해야 한다.

도로조명의 비용의 매우 큰 부분은 물리적 설비의 자금 부담인데, 효과적인 조명 시스템을 구성하기 위해 필요한 등주와 조명기구의 수를 최소화하여야 한다. 이것은 효율적인 조명기구를 의미하는데, 넓은 간격, 큰 램프와 높은 설치 높이를 말한다. 국가 표준은 이러한 경제적 요소를 인식하고 있고, 안전을 보장하려고 노력한다.

기준에 적합한 조도 수준에 대한 경제적인 고려는 현대의 실제에서 제공될 수 있는 전체 조명량의 제한을 둔다. 도로조명에서 한 가지는 낮은 조명 수준은 5lx 내외와 관련이 있다. 20~50lx의 비교적 높은 조명 수준은 도심의 상업지역에서 바람직할 수 있다. 특별히 높은 수준의 설비는 지방 정부 기관의 재력을 넘으며, 대개 그런 설비는 지역 상인들로부터 특별한 기부를 받아서 제작한다. 조명시스템의 훌륭한 디자인

은 낮은 조도수준에서 우수한 가시도를 제공할 수 있는 것이다.

가시도 요인을 살펴보면, 1925년 M. Luckiesh 박사는 그의 저서 "Science of Seeing"에서 사물을 보는 것(visibility of objects), 즉 사람의 지각과 인지 능력(ability to perceive and to recognize)은 4개의 중요한 요인에 따른다는 것을 말하였다:

- 1) 물체의 크기 또는 물체의 결정적인 세세한 부분
- 2) 물체와 그의 배경 또는 물체를 보완하는 부분과의 대비
- 3) 물체의 휘도
- 4) 보는 것이 유효한 시간 또는 보는 속력

보는 작업은 크기, 대비와 보는 유효 시간에 따라 크게 변화한다. 그러나 휘도는 조도의 함수이고 언급한 다른 요인과 전적으로 무관하게 제어된다.

실내조명과 다르게 도로조명에서는 물체의 크기 또는 물체의 결정적인 세부는 별로 중요하지 않다. 물체란 상대적인 크기이고 시력 또는 작고 세밀한 것을 구분하는 능력은 일반적인 법칙에 포함되지 않는다.

물체와 그의 배경 사이, 물체와 다른 부분 사이의 대비는 도로조명에서 중요한 요소이다. 도로조명에서 하나의 중요한 목표는 물체(보행자, 차량 또는 도로상의 다른 장애물든지 간에)와 물체의 배경 또는 도로 표면 자체 사이에 조도대비를 만들거나 개선하는 것이다.

휘도는 눈이 보는 것이다: 따라서 휘도는 언제나 가장 중요한 것이다. 휘도는 조도뿐만 아니라 물체의 반사율(-물체 자체에 고유한 물리적 특성)의 함수이다. 밝은 색의 표면 즉, 높은 반사율을 갖는 표면은 더 쉽게 지각되고 따라서, 두 가지가 동일한 조도 수준으로 조명되는 경우 밝은 표면은 어두운 표면보다 더 잘 보인다.(이러한 이유 때문에 보행자는 밤에 어두운 도로 또는 간선도로를 따라서 걸을 때 색이 밝은 옷을 입거나, 무언가를 들고가도록 주의하여야 한다.)

도로조명 디자인에서 가장 관심이 있는 것은 높고

적당히 균일한 도로면 조도를 만드는 것이다. 그러므로 노면 반사 특성과 조명의 양과 방향은 첫째로 고려되어야 한다. 보는 속력 또는 시간 요인은 도로조명에서는 매우 중요하다. 보는데 분배된 시간은 운전자가 그날의 정상 속력으로 간선도로를 여행하고 있을 때 필요하다. 잠재된 위험을 보는 데는 시간이 걸린다. 얼마나 많은 시간이 필요한 가는 잠재된 위험을 구성하는 물체의 크기와 조도 대비에 직선적으로 비례한다. 잘 디자인된 도로조명 시스템은 위험을 줄여줄 것이다. 반면에 서투르게 디자인된 시스템은 실제로 위험을 증가시킬 수 있다.

요약하면, 도로조명의 디자인에서는 사람이 크기가 비교적 크고 심하게 변하는 대비를 갖는 물체 또는 장애물과의 관계하는 것이다. 크기 또는 대비 어느 것도 도로조명 엔지니어가 제어할 수는 없다. 그러나 휘도는 어느 정도 제어 가능하나 앞에서 지적하였듯이 엔지니어는 넓게 분포된 조명기구들로부터 비교적 낮은 조명의 수준을 제공하려는 경제적인 고려사항에 의한 저항을 받는다. 결론은 신중한 램프 크기와 조명 기구의 선정과 배열의 조작만으로는 해결할 수 없는 매우 특별한 디자인 문제이다. 거리와 도로에서 편한 조명을 제공하기 위하여 과학적인 원리들이 포함된 어느 정도의 제한이 적용될 수 있다.

다음은 식별의 방법에 대하여 살펴보겠다. 도로 조명 디자인은 실내 조명의 실행에서는 만날 수 없는 식별의 방법에 기초한 특별한 기술을 필요로 한다. 식별의 방법은 다음을 포함한다:

- 1) 표면 세세한 부분에 의한 보임
- 2) 실루엣에 의한 보임
- 3) 가장 밝은 부분의 반짝임에 의한 보임
- 4) 그림자에 의한 보임

일반적으로 실제 도로조명 디자인은 처음 두 가지와 관련이 있다. 전통적인 조명시스템의 디자인에서는 반짝임과 그림자에 의한 보임은 부차적인 효과이며 중요한 요소는 아니다.

노면 휘도 필요조건은 도로조명 기준에서는 도로조명 디자인을 위한 수평면 조도와 노면 휘도 기준을 모두 인정하고 있다. 후자의 방법이 조명의 질의 시각적인 영향과 더 밀접한 상호 관계가 있다.

대부분의 거리와 도로조명 디자인은 자동차 운전자에게 보이는 노면 휘도의 수준과 분포 패턴으로부터 보이는 실루엣과 관련이 있다. 노면의 더 높은 휘도수준과 반사율, 더 뚜렷한 실루엣 혹은 대비는 가시도를 더 높인다. 노면의 결함, 장애물 또는 다른 위험을 숨기려는 어두운 부분은 없어야 한다. 도로 전체에 걸친 균일한 노면 휘도는 디자인 한계이나 절대적인 균일함으로부터 어느 정도의 이탈은 실제 디자인 한계 내에서는 받아들여진다.

균일한 노면 휘도를 디자인하다보면, 기술자는 바람직한 휘도값을 만드는 동안 노면에 적절한 존 분포를 제공하여야 하는 기술적인 문제에 직면하게 될 것이다. 노면 휘도는 제곱 미터당 칸델라(cd/m²)로 측정되고 노면으로부터 관측자의 눈으로는 반사되는 빛의 결과이다. 허용할 수 있는 강도로서 기준은 적당히 균일한 노면 밝기를 보장할 것이다.

도로조명 디자인에서의 일반적인 함정은 균일한 조도와 균일한 노면 밝기를 혼동하는 것이다.

노면 휘도는 노면으로부터 관측자의 눈으로 반사되는 빛에 의하여 만들어지며, 표면으로 떨어지는 조도뿐 아니라 떨어지는 각도의 함수이다. 도로에 수직으로 떨어지는 조명은 아주 작은 각도로 노면을 때리고 관측자의 눈을 향하여 반사되는 정도의 휘도도 만들지 못한다. 보통은 관측자는 작은 각도로 노면을 볼 것이다.

lx로 표시하는 조도의 균일한 분포는 자동차 운전자가 보는 휘도의 균일한 패턴을 만드는데 필요로 하지 않는다. 보통의 조명기구와 규격의 간격과 부착높이를 사용하면, 노면 휘도는 측정된 조도보다 더 균일하게 만들어질 것이다. 조명기구가 비교적 가깝고 보통의 부착높이로 설치된 중앙 상업지역에서는 상황은 균일한 조도와 균일한 휘도가 동시에 만들어지는 실

내조명의 경우와 아주 유사하게 될 수 있다.

노면 휘도는 또한 포장면에 대한 조명기구의 가로 축의 위치에 의하여 영향을 받는다. 입사되는 빛의 세로축 방향은 최대 반사 광선의 방향을 결정한다. 다른 세로축의 각도로 반사되는 빛은 최대치보다는 적어진다. 효과를 최대로 하기 위하여, 조명기구는 자동차 운전자의 시선과 동일한 선상, 즉 진행하는 길의 중앙 위에 위치시켜야 한다.

실제 도로조명 디자인에서는, 받아들이는 정도의 휘도 패턴은 다음의 효과를 언급한 기준의 추천사항을 따르면 목적을 달성할 수 있을 것이다:

- 1) 최대 베일링 휘도가 0.3:1일 때, 최소에 대한 평균 휘도의 비가 3:1을 초과하지 말아야 한다.
- 2) 교통량이 매우 적은 장소에서, 최대 베일링 휘도가 0.4:1일 때, 최소에 대한 평균 휘도의 비가 6:1을 초과하지 말아야 한다.

조명기구 제조자들은 일반적으로 규격의 균제도의 기준을 만족하며, 명기된 폭의 도로에 적합한 간격과 높이 배열을 표시한 데이터를 제공한다. 이런 데이터가 없거나 상황이 보통이 아닌 장소에서는 등휘도 곡선의 도면을 만들거나, 특정 조명기구에 대한 평균과 최소 수준을 제조자의 등휘도 곡선으로부터 계산할 수 있다.

노면 휘도에 영향을 미치는 요인들로는 우선 노면 반사율이 있다. 표면의 휘도는 표면으로부터 눈으로 반사되는 광속으로 측정된다. 표면이 비경면인 경우에는 간단한 수학적 관계가 있다:

$$L = E_p(\text{휘도} = \text{조도} \times \text{반사율})$$

표면이 거울과 같이 아주 광택이 나는 경면인 경우를 제외하고는 경면의 경우에는 이러한 간단한 관계는 성립하지 않는데, 거울의 경우에 관측자는 어떤 특정한 각도에서 볼 때 실제로 광원의 상을 본다. 이러한 조건 하에서, 표면(또는 상)의 휘도는 광원 자체의 휘도에 근접할 것이다. 이러한 조건은 건조한 조건에서 제공되는 것과는 전혀 다른 패턴으로부터 나오는 아주 밝은 좁은 광선이 존재하는 젖은 노면과 비슷하다.

실제적인 디자인 목적에 따르면, 비록 노면 위로 뻗어 나온 직선 형태의 조명기구들이 젖은 노면 조건에서도 넓은 상을 만든다고 할지라도, 보통은 경면 반사의 효과는 무시된다. 상업적으로 사용이 가능한 조명기구의 경우 확장효과는 한계가 있으나, 경면 반사는 실루엣을 좋게 보이게 하기도 한다.

실제 디자인에서는, 3%대의 반사율을 갖는 아주 어두운 아스팔트부터 20%의 높은 반사율을 갖는 콘크리트까지 변화하는 도로 표면을 다룰 필요가 있다. 당연한 결론이지만 동일한 휘도를 얻기 위하여 어두운 표면은 밝은 표면의 3에서 4배의 조도가 필요하다는 것이다. 그러나 도로조명에서는 노면 휘도는 다음 두 요소에 의하여 크게 변화한다: 도로 표면을 비추고 스치기 각도에 가깝게 반사되는 빛의 비교적 높은 반사율과 기름과 타이어 광내기에 의한 노면의 경면도.

이러한 경면 반사는 운전자의 시선과 일치하는 직선이 되는 포장도로의 부분에서 주로 효과적이다. 다른 포장도로 영역의 밝기는 어떤 주어진 점에서 표면의 확산 반사 특성에 더 좌우된다. 교차점과 커브와 교차점의 중요한 장소에서 도로 위에 위치한 조명기구는 포장도로 반사 특성의 장점을 최대한 이용하여야 한다.

조명기구 분포 특성은 빛이 낮은 스치기 각도로 표면을 비추는 경우, 조도에 대한 휘도의 비를 개선하려면 70에서 80도의 큰 수직각도로 상당히 큰 빛을 집중시킬 필요가 있다. 큰 각도의 방사는 눈부심을 일으키며, 최대 축광의 설계 각도 이상은 완전한 차단을 요구한다. 도로의 옆에 위치하는 조명기구에 요구되는 물리적인 제한은 최대 빔 축광은 연석의 각도 내부로 향하여야 하며, 도로의 중앙을 향하여 조준되어야 한다는 것이다. 종종 포장도로의 조명기구는 먼 차로에서 충분한 휘도를 얻기 위하여 연석 부근의 차로에서 휘도를 희생시키기도 한다.

IES Type I과 II같은 좁은 분포 패턴은 큰 각도 또는 스치기 각도에서 큰 축광 방사를 하므로 이론적으로는 높은 포장도로 휘도를 만들어 낸다. 그러나 큰

측광과 운전자의 시선에 근접할 수 있는 빔의 방향 때문에 눈부심의 문제는 악화된다. Type III 분포는 대부분의 거리와 간선도로에 적합하며, 운전자의 시선으로부터 멀리 이동한 최대 측광의 방향으로 인한 적당한 눈부심을 갖는 최대 포장도로 휘도를 제공하도록 바람직한 절충을 한다.

간격과 배열의 특징은 다음과 같다.

편측 배열 - 편측 배열은 불균일한 휘도 패턴을 발생시키며, 폭이 넓어질수록 더 심하게 된다. (등주 쪽) 가까운 차로에 있는 운전자는 만족할 것이다. 적절한 디자인에 의하여 먼 차로도 적절하게 조명될 수 있다.

지그재그 또는 마주보기 배열 - 지그재그 또는 마주보기 배열은 양 방향으로 여행하는 운전자에게 동일하게 나타나는 휘도 패턴을 발생시킨다. 이론적으로 매우 높은 정도의 균제도가 얻어져 이 배열이 선호된다.

중앙 배열 - 이 방식은 조명기구를 거리의 중앙 위에 설치할 수밖에 없는 매우 좁은 거리로 제한된다. 이 배열은 진행하는 양 차로에서 운전자에게 동일한 휘도 패턴을 만들어 준다. 적절하게 디자인하면 균제도는 아주 좋아질 수 있다. 유감스럽게도 이 배열은 일반적으로 먼 간격으로 설치되므로, 얼룩진 패턴을 만든다. 이 배열은 주거지역 또는 낮은 교통량의 거리의 경우 지방 정부 기관에서 받아들여질 수 있다.

중앙 분리대 설치 - 이 배열은 보통 주요도로 또는 합류도로로 지정된 거리로 제한된다. 중앙 분리대를 갖는 거리는 몇몇의 방향으로 다루어질 수 있다. 중앙 분리대가 좁을 경우, 마주보는 등기구를 설치한 등주가 사용될 수 있다. 좁은 중앙 분리대의 양쪽의 거리 폭이 길고 교통량이 많은 경우는 마주보는 양쪽 또는 중앙 분리대에 존재하는 것들로부터 지그재그로 조명을 더하는 것도 인정된다. 넓은 중앙 분리대를 갖는 주요도로 또는 합류도로 거리의 양쪽은 지그재그 또는 마주보기 조명기구 배치를 갖는 별도의 거리로 취급하여야 한다.

조명기구 설치 높이는 광효율이 향상되고 고 광출

력 램프들의 출현으로 인해 증가하고 있다. 이것은 균제도와 경제적, 미적 시스템의 개선을 가져왔다. 과다한 간격의 조명기구에 대한 유혹이 있을 수 있으나, 이것은 피하여야 한다. 디자인은 도로조명 규격에 적합하여야 한다.

오버행-브래킷 길이에 대하여 살펴보도록 하겠다. 가장 효율적인 포장도로 휘도를 얻기 위하여 조명기구의 이상적인 위치는 주행 차로의 중앙 위쪽이다. 간선도로가 여섯 이상의 차로를 갖는 경우, 각 차로 위에 조명기구를 설치한 다차로 도로는 비현실적이다. 현대의 디자인은 첫 번째 차로의 중앙 위에 조명기구를 위치시킨다. 연석 부근에 등주를 사용하여, 이 디자인은 2~3m의 브래킷 길이를 사용하면 실행할 수 있게 된다. 더 긴 브래킷과 5m까지의 마스트 암은 등주가 도로로부터 뒤로 물러나거나 1차로가 고장 대피 또는 주차지역으로 사용되는 장소에서 적합하게 사용된다. 양호한 실제의 경우는 연석 선으로부터 1.5m의 최소 오버행을 요구한다.

등주 머리부분에 부착되는 주두 조명기구는 일반적인 거리 조명기구와 비교하여 그들의 감소된 효율에도 불구하고, 거리조명에서 허용되는 스타일이다. 사회는 주거지역을 위한 더 장식적인 조명 기구에 관심이 있고 이를 요구하며, 구적으로 주거지역에 적합하지 않은 높은 위치와 긴 마스트 암과 큰 조명기구를 현대 거리조명의 특징으로 인식하고 이들을 받아들이고 있다.

주두 조명기구는 3.5m까지의 낮은 높이에 등을 위치시키도록 디자인되며, 다른 것들은 6.5m의 설치 높이로 디자인된다. 조명기구는 설치 높이와 조도 요구에 따라 크기가 변하는 수은램프 또는 나트륨램프를 제공한다.

주두 기구가 더 적합한 장소에서는 잔디밭과 인도와 집앞의 도로까지의 차도를 포함하는 넓은 영역보다는 연석에서 연석까지 또는 포장도로 휘도에 위치하는 것이 덜 강조가 된다. 적절한 램프 크기와 설치 높이와 간격을 갖는 현대적 주두 조명기구가 도로조

명 규격의 요구조건을 충족시키는 것은 가능하다.

실내조명에서와 같이 거리 조명에서도 눈부심은 두 요소, 불능 눈부심과 불쾌 눈부심으로 나눌 수 있다. 눈부심 또는 조명기구의 비교적 고휘도의 영향은 꽤 중요하고, 시야에서 심각한 손상 시력을 일으키거나, 성가심 또는 불쾌감의 원인이 되기도 한다. 불능 눈부심과 불쾌 눈부심을 분명하게 나누는 선은 없다. 방해 눈부심과 무방해 눈부심 또는 비제어 눈부심 사이의 구분은 가능하다. 눈부심은 변칙이는 빛에 의하여 발생하며, 대부분 바람직하지 않다: 디자이너는 이 영향을 최소화하는데 모든 노력을 하여야 한다.

방해 눈부심은 조명기구의 광원으로부터 직접 눈으로 받아들이는 광속의 영향이다. 이 빛은 대상물을 보는데 부정적으로 작용하며, 신중한 조명기구 디자인과 배치에 의하여 제거하거나 최소화시킬 수 있다. 비방해 눈부심은 보는 과정에서 필수 요소로서 눈으로의 직사 광속을 대상물 자체로부터 반사되는 빛으로부터 만들어 진다. 과도한 빛 또는 대상물과 그의 배경으로과의 휘도 대비는 가시도를 낮게하는 경향이 있는데, 이유는 순간적으로 변화하는 휘도에 대하여 눈이 적응할 수 없기 때문이다. 눈은 균일한 휘도를 갖는 장소에서 가장 효과적으로 본다.

거리조명에서 실용적인 눈부심의 제어는 실내조명 디자인에서보다 훨씬 더 어렵다. 이것은 운전자 방향으로 가능한 높은 포장도로 휘도를 얻기 위하여 큰 각도의 빛을 필요로 하는 것과 직접적으로 시야 내에 기구가 위치하는데 기인한다. 연구자들은 눈부심은 눈을 향하여 직사되는 빛의 함수라는 것을 보여주었다. 눈부심의 영향은 보통 시선으로부터 조명기구의 각도 이동에 반비례하여 변화한다. 정확한 수학적 관련은 벗어난 각도의 제곱에 따르는데, 이것은 즉각 디자이너에게 높은 설치위치, 도로변 설치 또는 똑바른 시선으로부터 눈부신 광원을 제거하는 다른 수단의 장점을 암시한다.

큰 각도에서 급격한 차단을 하고, 조명기구의 집중

점또는 관측자를 향한 과도한 휘도를 최소화시키는 조명기구의 훌륭한 디자인은 현저하게 눈부심의 감소를 돕는다. 조명기구의 본질적인 휘도는 쉽게 제어되며 반사경 또는 굴절렌즈 크기를 증가시키면 감소한다. 본래 낮은 휘도의 광원의 사용은 개별 조명기구로부터 눈부심을 최소화하는데 상당한 효과를 갖는다. 그러나 저휘도 광원의 연속은 허용될 수 없는 전체 시스템의 밝기를 초래할 수 있는데, 이는 눈부심은 누적되며 광원의 물리적인 크기뿐 아니라 광원의 축광과 시야 내에서의 위치의 함수이기 때문이다.

거리조명외의 다른 광원, 즉 반대편 전조등, 도로 측면의 투광조명 등등으로부터 발생하는 눈부심의 제어를 실행하는 것은 거리조명 디자이너의 영역 밖이다. 기분을 상하게하는 투광조명과 다른 눈부심을 유발하는 광원은 관련 공무원에 의하여 광원들이 야간 운전의 위험요소가 되는 장소에서 방향을 수정, 차폐하거나 제거되어야 한다. 잘 설계된 거리조명에서는 이러한 외부로부터의 눈부심의 원인들의 영향이 감소되거나 완전히 제거될 수 있다. 기준을 만족하고 적당한 거리조명은 특별히 잘 디자인된 설비 아래에서 로우빔 헤드라이트 또는 주차등 만으로도 안전하게 운전하는 것을 완전히 가능하게 한다. 특별한 설비는 주차등 만을 사용하는 가능성을 보여주나, 일반적인 것을 사용하는 경우에는 자동차 규정 기관으로부터 주차등을 허락하기 위한 특별한 허가가 필요하다. 이것은 미래를 위한 실제 가능성으로 남길 수 있다.

거리가 잘 조명된 때는 운전자의 주의력이 앞의 도로로 더 쉽사리 향하고, 주변 장소에 있는 임의의 발광체에 의한 주의산만은 운전자의 작업에 대한 집중을 덜 방해할 수 있다. 양호한 거리 조명의 결과인 우수한 가시도는 운전자가 그의 주의력을 바로 앞의 좁은 지역에 억지로 집중하는 장소에서의 야간 운전시 종종 나타나는 근육의 긴장과 피로를 줄여주어, 운전자에게 낮에 하는 것처럼 더 넓은 시야를 자세히 쳐다보는 것을 가능하게 한다.

기상 조건도 도로조명과 관련이 있다. 거리조명의 도움으로 기상에 무엇을 할 수 있는가? 전조등만으로는 젖어있고, 비오는 밤에는 실제로 무용지물이 되는데, 이유는 전조등에서 나오는 빛은 거울과 같은 면에서와 같이 운전자의 반대쪽으로 반사되기 때문이다. 이러한 효과는 반질반질하고, 검고, 마모되어 광택이 나는 아스팔트 포장도로에서 더 확실히 나타나는데, 이러한 장소에서는 운전자가 자신의 전조등을 갖고 보는 것은 거의 불가능하다. 잘 설계된 거리조명 시스템은 그들이 운전자를 향하여 직사광을 만들고, 장애물이 뚜렷한 실루엣 속에 있도록 휘도의 선을 만들기 때문에 젖은 포장도로에서 매우 효과적이다.

연석의 선에 수직으로 배열된 크기가 큰 조명기구들은 젖은 도로에서는 통상의 수은 또는 고압나트륨등기구에서 얻을 수 있는 것보다 다소 넓은 휘도를 만든다. 큰 조명기구가 젖은 포장도로 조건에서 더욱 효과적일 뿐 아니라 마른 포장도로에서도 더 낮은 밝기를 만들기 때문에, 미래에는 제조자들에 의하여 현재 만들어지고 있는 것보다 더 큰 조명기구가 요구될 수 있다. 최근 사용이 증가하고 있는 LED가로등에서 고려할 사항이 된다.

야간의 안개는 운전자들에게 특히 위험하다. 지금까지, 자동차에 특수한 전조등을 사용하거나, 특수한 거리 조명 장치를 사용하는 등의 야간 안개 문제에 대한 실용적인 해답은 발견되지 않았다. 안개는 전조등으로부터의 빛은 흩뜨리고, 빛의 많은 양을 광원을 향해, 결과적으로 운전자를 향해 되돌려 보낸다. 빔의 축광이 높을수록, 더 많은 빛이 운전자에게 되돌아 간다; 이것이 가시도를 크게 손상시키는 발광 안개막을 만든다. 이러한 효과에서 가능한 멀어지도록 위치하고 조준되어 있는 경우에는 다소 감소한다.

이러한 효과는 안개 조건 하에서 도로의 가시도는 바닥 가까이 위치하고, 광선을 포장도로에 열십자로 평평한 면처럼 투사하는 고정된 빛에 의하여 개선될 수 있음을 보이는데 실험적으로 사용되고 있다.

낮게 설치된 투광기의 연속 또는 거의 연속열은 상용의 거리조명 기구와 비교하면 설치와 유지관리에 비용이 더 많이 든다. 그러나 이것은 이 방법을 최후의 수단으로 받아들일 수 있는 제한된 장소의 극한 상황에서는 생각해 볼 수 있다. 이 기술은 수평선 위의 빛을 날카롭게 차단하는 것과 안개가 비교적 낮은 농도의 지역에서 포장도로에 가깝게 빛을 향하게 하는 것을 포함하고 있다.

과거에는 노란색 렌즈를 사용하는 안개등이 운전자의 시선의 오른쪽에 그리고 지면 가까이에 위치하였다. 이것이 안개 조건 하에서 운전자의 가시도를 개선한다고 주장되었다. 일반적으로 조명 전문가들은 가능한한 운전자의 시선에서 멀리 그런 발광체를 위치시키는 것에는 동의하나, 컬러 렌즈의 사용하는 어떤 특별한 장점도 부인한다. 색광은 일반적으로 원하는 색을 통과시키고 다른 빛은 제거하는 필터를 사용하여서만 얻을 수 있다. 그러므로 색은 빔 축광의 회생과 오직 색만을 얻기 위하여 다른 이익을 손실 상계하여 얻어진다.

연기와 먼지는 일반적으로 대기 중의 입자에 의한 산란에 의하여 눈에 보이는 빛의 색이 변한다. 산란은 파랑과 녹색보다는 적은 정도로 노랑과 빨강 파장에 영향을 주며, 눈에 보이는 색을 노랑과 빨강쪽으로 이 동시킨다. 실제 안개 중에서는 입자는 순수한 물의 작은 방울이며, 모든 빛의 색이 거의 같게 분산된다; 따라서 안개 중에서, 광선의 투과력은 색이 아닌 축광의 함수이다.

◇ 저 자 소 개 ◇



이진우 (李鎭雨)

1961년 2월 4일생. 1980년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1984년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1990~1994년 (주)세명백트론 연구실장. 1994년~현재 호서대학교 전기공학과 교수.