

## 도로 조명

지 철 근<서울대학교 전기공학부 명예교수>

### 1. 도로조명의 필요성

#### 1.1 서 론

야간, 자동차 운전자나 보행자들의 도로 이용자의 시각환경을 개선하여, 안전하고, 원활하며, 쾌적하게 도로를 이용하는데 도로조명이 목적을 두고 있다.

야간에 자동차를 운전할 경우에, 우량한 조명시설이 장비되어 있는 도로를 주행할 경우는 조명이 없는 도로에 비하여, 웬지 모르게 운전하기 쉬운 감을 갖는다. 이것은, 노면이 한결같이 밝게 조명되어 있고, 노면의 상태나 주변의 상황을 잘 알게되고, 앞뒤를 달리는 차량이나 마주오는 차량들의 행동도 잘 이해되고, 조명에 의한 도로의 유도성도 좋은 효과로 운전자가 어떤 종류의 안심감을 얻어, 조명이 없는 도로를 야간에 장시간 운전할때 일어나는 것과 같은 과도한 긴장감이 없어지기 때문이라고 생각된다.

도로조명을 설치 하거나 또는 개선 시킴으로서, 조명된 도로구간의 야간의 교통사고와 노상범죄를 감소시킨다는 사실은, 각종 통계로부터 명확하게 되어있다.

#### 1.2 도로조명과 야간교통사고

도로조명을 실시하면, 야간에 주행하는 운전자의 시각환경이 좋아져서 차량운전자가 도로의 구조나

교통의 상황을 정확히 파악할 수 있으므로, 긴장감이 완화된다. 그 때문에 야간 주행의 안전성을 향상시킬 수 있다고 쉽게 상상할 수 있다.

이러한 점들을 명확히 하려고, 옛부터 세계각국에서 조사가 이뤄져 왔으며, 조사결과가 발표되었다.

야간의 교통사고에 미치는 도로조명의 효과에 대하여 고찰하기로 한다.

표 1은 1975년에 국제조명위원회(CIE)의 도로조명기술위원회(TC 4.6)가 중심이 되어, 도로조명의 설치효과에 관한 데이터를 세계 각국으로부터 수집하여 정리한 결과중 중요한 것을 추출한 것이다.

표 1에서 야간사고감소율(%)은 다음식에 의하여 계산한 값이다.

$$\text{야간사고감소율} = \left[ 1 - \frac{\text{야간의 조명설치 후의 사고건수}}{\text{주간 조명설치 후의 사고건수}} \right] \times 100(\%)$$

이들의 결과로부터 세계 각국에서 도로조명설치후의 야간의 교통사고는 20~80% 감소한다는 것이 확인 되었다.

표 1은 각국의 각기 다른 고속도로, 각기 다른 지방부간선도로, 각기 다른 시가도로에서의 야간사고감소율을 나타낸 것임.

표 1. 각국에서의 도로조명의 설치 또는 개선효과에의 예

| 도로의종류   | 국 명    | 야간사고 감소율(%) | 교통사고의 종류    |
|---------|--------|-------------|-------------|
| 고속도로    | 미 국    | 40          | 전체사고        |
|         | "      | 52          | 사망 및 중상사고   |
| 지방부간선도로 | "      | 62          | 전체사고        |
|         | 영 국    | 76          | 전체사고        |
|         | "      | 38          | "           |
|         | "      | 53          | "           |
|         | "      | 61          | 사망 및 중상사고   |
|         | "      | 44          | 전체사고        |
| 시가도로    | 영 국    | 45          | 보행자사고       |
|         |        | 23          | 인신사고 이외의 사고 |
|         |        | 30          | 전체사고        |
|         | 스 위 스  | 36          | 전체사고        |
|         | 오스트랄리아 | 57          | 보행자사고       |
|         |        | 21          | 보행자이외의 사고   |
|         |        | 29          | 전체사고        |
|         | 영 국    | 30          | 전체사고        |
| "       | 33     | "           |             |

1.3 도로조명과 야간범죄

집밖의 주위가 어두우면, 도둑이 들기 쉽다는 것은 옛부터 잘 알려져 오고 있으나 어둡기 때문에 어떤 것을 하더라도 사람에게 드러나지 않는다는 생각이 드는 것은 반드시 범죄 뿐만은 아닌것 같다.

어떻든 범죄를 방지하기 위해서는 그와 같은 어두움을 만들지 말아야 한다.

표2는 미국에서 조사한 가로조명과 범죄발생률과

의 관계를 나타낸 것으로 가로조명이 범죄를 위해 얼마나 큰 역할을 하고 있는지를 뚜렷이 보여주고 있다. 밝음은 범죄심리와도 관계가 있는 것으로, 일반적으로 밝은 장소에서는 범죄가 적고, 어두운 장소에서는 많다.

표2는 미국 각도시에서의 가로조명 신설·개선과 야간 범죄의 감소의 관계에 대하여 조사한 결과이다.

한편 뉴욕시에서 도로조명을 설치한 효과도 뚜렷이 드러내고 있다(그림 1 참조).

2. 에너지 절약 도로조명 대책의 실패사례

1973년의 석유위기에 즈음하여, 세계 각국에서 도로조명시설의 에너지대책이 실시되어 그의 실시상황이 전문지등에 발표되었다.

2.1 영 국

영국에서는 1973~1974년 동기에 공공조명의 50%를 소등 실시하였다. 그 사이에 도시부도로에서의 주간 교통사고사상자는 6%로 감소한데도 불구하고, 야간의 교통사고사상자는 12%로 증가되었다.

그 기간에 전력의 절약비에 비하여 교통사고사상자에 대한 보험금·차량수리비 등의 비용이 최저 60배에 달하여 나라로서의 손해액이 매우 높아져서, 1975년 1월부터 에너지국으로부터 안전과 방범을 위해 설치된 도로조명의 에너지를 확보하도록 통달하였다.

표 2. 미국에서의 가로조명과 범죄감소와의 관계

| 도시명        | 조 명 | 년 도  | 범죄감소의 내용  |
|------------|-----|------|---|
| 클 리 브 랜 드  | 개선  | 1974 | 소매치기 78%, 폭행 38%, 기타 야간범죄 17% 감소                              |
| 뉴 욕        | "   | 1957 | 개선후 2년동안에 살인, 폭행, 부녀폭행 49%, 청소년범죄 30% 감소                      |
| 워 싱 턴      | "   | 1971 | 개선후 3년동안에 야간범죄 50% 감소(약탈 65%, 자전거도둑 56%, 강도 44%, 기물파손 22% 감소) |
| 세 인 트 루 이스 | "   | 1964 | 소매치기 50%, 약탈 36%, 약질범죄 80%, 야간의 사무실털이 10%, 차내털이 14% 감소        |
| 디 트 로 이 트  | "   | -    | 범죄 37%~55% 감소   |
| 시 카 고      | "   | 1967 | 부녀폭행 40%, 약탈 53%, 절도 16%, 흉악폭행 35% 감소                         |
| 마 이 애 미    | "   | 1972 | 범죄 49% 감소   |
| 넵 튠        | 신설  | 1972 | 약탈 50% 감소   |
| 맥 피 어 슨    | "   | -    | 야간의 빈집털이와 강도 90% 감소   |
| 잭 누 가      | "   | -    | 범죄 70% 감소   |

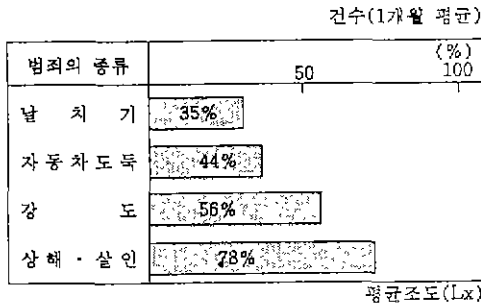


그림 1. 도로조명설치후의 범죄 감소율(뉴욕 1975)

## 2.2 미 국

미국에서는 1974년 연방도로국의 통보로, 에너지 절약을 목적으로 연방보조도로의 조명레벨을 미국고속도로협회 규격에서 정해진 범위의 최치한인 0.6ft<sup>5</sup>-cd(약 6.5lx)로 저감하도록 결정하였다.

예컨대, 플로리다주 크리아워터사내의 주도로에서

400W 램프가 약 130등 소등되어, 에너지의 절약액은 \$9,300로 추정되었다. 그러나 그 도로의 시가부 2.5마일 구간에서, 소등조치전 1년간과 사후1년간의 교통사고를 조사한바 표 3에서의 같이 주간의 교통사고는 약 4%밖에 증가하지 않은 것에 비하여 야간의 교통사고는 약 40%로 증가된 것을 알게 되었다.

1977년에 1974년의 도로조명레벨 절감 방안을 취소통보하고 시설의 수은등 조명을 고압나트륨등 조명으로 교체하는 에너지절감대책을 지시하였다.

이러한 상황으로부터 명확하게 알게된 것은 도로조명의 레벨을 떨어 뜨리면 틀림없이 야간의 교통안전에 악영향을 미치며, 그 정도를 야간교통사고의 증가율로 표시하면 저체소등 90% 증가, 속아내기점 등 반감에 30% 증가로, 특히 전체소등이나 속아내기 소등에서 그 영향이 매우 큰 것을 알게 되었다.

표 3. 플로리다주도로 2.5마일 구간의 교통사고 발생건수

|                     |       | 주 간        |             |             |
|---------------------|-------|------------|-------------|-------------|
|                     |       | 주 간        | 야 간         | 합 계         |
| 소 등 조 치 전<br>(1973) | 교 차 점 | 187        | 44          | 231         |
|                     | 단 로 부 | 81         | 24          | 105         |
|                     | 계     | 268        | 68          | 336         |
| 소 등 조 치 후<br>(1975) | 교 차 점 | 182        | 52          | 234         |
|                     | 단 로 부 | 96         | 43          | 139         |
|                     | 계     | 278        | 95          | 373         |
| 변 화                 | 교 차 점 | - 5        | + 8         | + 3         |
|                     | 단 로 부 | +15        | +19         | +34         |
|                     | 계     | +10(+3.7%) | +27(+39.7%) | +37(+11.0%) |

## 3. 합리적인 도로조명 계획

KS도로조명 기준은 국제조명위원회(CIE)규격을 기준으로하고 있으며, 운전자에 대한 도로조명의 기준은 표4에 보행자에 대한 기준은 표5에 나타낸다.

### 3.1 도로조명 기준

표 5. KS규격(KS A 3701-1991) -보행자에 대한 도로 조명의 기준[14]

| 야간의 보행자 교통량 | 지 역   | 조도[lx] |        |
|-------------|-------|--------|--------|
|             |       | 수평면 조도 | 연직면 조도 |
| 교통량이 많은 도로  | 주택 지역 | 5      | 1      |
|             | 상업 지역 | 20     | 4      |
| 교통량이 적은 도로  | 주택 지역 | 3      | 0.5    |
|             | 상업 지역 | 10     | 2      |

주) (1) 수평면 조도는 보도의 노면상 평균 조도.

(2) 연직면 조도는 보도의 중심선 상에서 노면으로부터 15m 높이의 도로축과 직각인 연직면상의 최소 조도.

표 4. KS규격(KS A 3701-1991) - 운전자에 대한 도로 조명의 기준 [14]

| 도로의 종류   | 교통의 종류와 자동차 교통량                                      | 평균 노면휘도<br>$L_v$ [cd/m <sup>2</sup> ] <sup>(1)</sup> | 종합 균제도<br>$U_0$ | 차선측 균제도<br>$U_1$ | 눈부심 조절마크<br>$G$ <sup>(2)</sup> |
|--|--|--|-----------------|------------------|--------------------------------|
| 상하행선이 분리되고 교차부는 모두 입체교차로서, 출입이 완전히 제한되어 있는 도로  | 주로 야간의 자동차 교통량이 많은 고속자동차 교통                          | 2  | 0.4             | 0.7              | 6                              |
| 자동차 교통전용의 중요 한도로. 대부분의 경우 속도가 느린 교통용으로 독립된 차선, 보행자용의 도로 등을 수반한다. 중요한 도시부 및 지방부의 일반도로 |  | 2  | 0.4             | 0.7              | 5                              |
| 시가지 혹은 상점가 내의 도로 또는 관청가로 통하는 도로. 여기서는 자동차 교통은 교통량이 많은 저속교통, 보행자 교통 등과 혼합되어 있다.       | 주로 야간의 자동차 교통량이 많은 중속 자동차 교통 또는 자동차교통량이 많은 중속의 혼합교통  | 2  | 0.4             | 0.5              | 5                              |
| 시가지 혹은 상점가 내의 도로 또는 관청가로 통하는 도로. 여기서는 자동차 교통은 교통량이 많은 저속교통, 보행자 교통 등과 혼합되어 있다.       | 주로 야간의 교통량이 매우 많고 그 대부분이 저속 교통 또는 보행자인 혼합 교통         | 2  | 0.4             | 0.5              | 4                              |
| 주택지역과 이 도로를 연결하는 도로  | 비교적 느린 제한속도와 주로 야간, 중정도의 교통량이 있는 혼합교통 <sup>(3)</sup> | 1  | 0.4             | 0.5              | 4                              |

- 주) (1) 도로 주변의 조명환경이 어두운 경우에는 L의 값을 1/2로 하여도 좋다.  
 (2) 도로 주변의 조명환경이 어두운 경우에는 G의 값을 1증가시키는 것이 바람직하다.  
 (3) 교통량이 적은 경우에는 L의 값을 1/2로 하여도 좋다. 다만, 위의 규정에 관계없이 L의 값을 0.5[cd/m<sup>2</sup>]미만으로는 할 수 없다.

### 3.2 도로 조명 계산

도로조명의 설계 및 평가를 위해서는 노면에 대한 휘도계산법 및 조도계산법과 눈부심 평가법등이 필요하다. 여기에서는 노면 각 지점의 휘도 및 조도와 그것들의 평균값들을 계산하는 방법을 설명한다[3, 5, 16].

#### 3.2.1 조도 계산법

노면 위 특정 점의 수평조도는 배광곡선(I-table)과 거리의 역사승법칙을 함께 이용하거나 등조도곡선도(Iso-lux diagram)로부터 구할 수 있다. 또한, 일단 각 점의 국부조도가 구해지면 이로부터 조도균제도를 계산할 수 있으며, 각 점의 조도를 평균하여 평균노면조도도 구할 수 있다. 그러나 평

균노면조도는 일반적으로 조명률을 이용하여 구한다.

#### 가. 평균조도의 계산

조명률(Coefficient of utilization)은 램프광속 중에서 실제 노면에 도달하는 광속의 비로서, 등기구 종류가 결정되면 그에 따른 배광분포로부터 조명률곡선도가 작성된다. 조명률곡선도는 등기구 높이를 단위로 하여 도로측과 연도측의 도로폭에 대한 조명률(각각  $CU_{SS}$  및  $CU_{HS}$ )의 변화를 그린 것이며, 이로부터 평균노면조도를 구하거나 주어진 평균노면조도에 대한 등기구 설치 간격을 구하는 데 사용된다.(즉,  $CU = CU_{SS} + CU_{HS}$ )

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

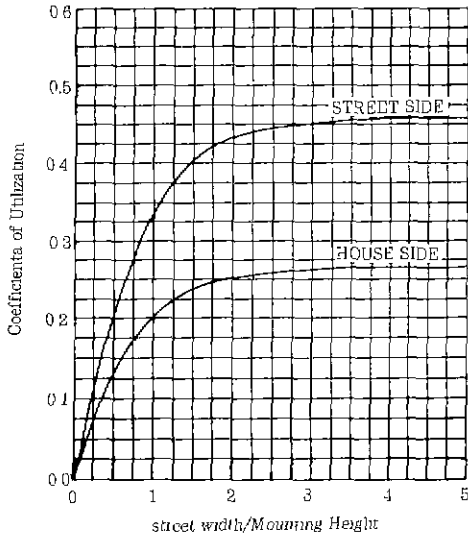


그림 2. 조명률곡선도 [8]

$$E_{av} = \frac{F \times N \times CU \times MF}{S \times W} \quad [lx] \quad (2)$$

단, 여기에서

F : 램프 광속 [lm]

N : 한쪽배열 및 지그재그배열의 경우는 1, 마주 보기 배열의 경우는 2

S : 등기구 설치 간격 [m]

W : 도로폭 [m]

CU : 조명률

MF : 광속유지율(또는 보수율)

### 3.3 합리적 광원과 조명기구의 선정

#### (1) 광원의 선정

도로, 터널, 광장등의 조명에 사용하는 램프는 효율, 광속, 수명, 광색, 배광제어의 난이도 및 사용환경의 여러 조건등을 종합적으로 판단하여 선택한다.

도로조명용으로 일반적으로 사용되는 램프를 많이 사용되는 장소 마다 표시하면 표6에서와 같다.

표 6. 도로조명에 사용되는 램프

| 사 용 장 소 | 램 프                                    |
|---------|--|
| 도 로 조 명 | 고압나트륨램프<br>메탈헬라이드램프<br>저압나트륨램프         |
| 터널조명    | 저압나트륨램프<br>고압나트륨램프<br>메탈헬라이드램프<br>형광램프 |
| 광 장 조 명 | 메탈헬라이드램프<br>고압나트륨램프<br>크세논램프<br>형광수은램프 |

도로조명용으로 사용되는 대표적인 램프의 특징을 표7에서 나타낸다.

표 7. 도로조명에 사용되는 대표적인 램프의 특성

| 특성 \ 램프     | 고압나트륨램프 | 형광수은램프 | 메탈헬라이드램프 | 저압나트륨램프 | 형광램프   |
|-------------|---------|--------|----------|---------|--------|
| 와트 [W]      | 400     | 400    | 400      | 35      | 40     |
| 전광속 [lm]    | 40,000  | 21,000 | 30,000   | 4,600   | 3,000  |
| 종합효율 [lm/w] | 87      | 47     | 65       | 84      | 55     |
| 광색          | 등 백색    | 백색     | 백색       | 등황단색광   | 백색     |
| 색온도 [k]     | 2,100   | 4,100  | 4,500    | 1,740   | 4,200  |
| 연색성 [Ra]    | 30      | 43     | 68       | 28      | 64     |
| 기동시간(分)이하   | 8       | 8      | 8        | 20      | 순시정등   |
| 재기동시간(分)이하  | 3       | 10     | 15       | 순시기동    | "      |
| 평균수명 [h]    | 12,000  | 12,000 | 9,000    | 9,000   | 10,000 |

#### 1) 저압나트륨램프

저압나트륨램프는 효율은 가장 우수하지만 등황단

색광 이기때문에 연색성이 나쁘다.

#### 2) 고압나트륨램프

고압나트륨램프는 효율이 저압나트륨램프보다 떨어지나 긴수명으로 동점특성도 우수하고, 연색성도 다소개선된 것이다.

3) 형광램프

효율도 좋고, 연색성도 우수하지만 출력이 큰 램프가 없고, 주위온도에 따라서 램프발산광속이 현저히 변동하는 결점이 있다.

4) 메탈할라이드램프

고효율이고 연색성도 우수하므로 특히 사람의 통행이 많은 도로, 광장, 유원지, 유보도에 적합하다.

(2) 조명기구

도로에사용하는 조명기구의 주요목적은 배광을 제어하고 램프를 보호하는 것이다.

조명기구의 선택에서는 다음의 각 사항을 충분히 검토한다.

- 배광특성이 조명의 목적이나 설치장소의 기하학적조건에 적합 여부

- 형태, 크기가 소형이고 견고하며 설치내 보수가 쉬울것

- 내후성이 우수한 재질 또는 마무리가 잘 되었는가.

도로에 사용되는 조명기구의 배광은 사용장소(도로주변의 명암) 이나 노면회도의 균제도 및 글레어 등을 검토하여 결정하며, 보통 컷 오프형과 세미컷 오프형을 사용하며 주로 글레어에 대한 배료로부터, 세미컷오프형은 주위가 비교적 밝은 도로에 컷오프형은 주위가 비교적 어두운 지방부의 도로에 적당하다.

표 8. 도로조명기구의 형식과 배광규제

| 기구의 형식 | 광 도 [cd/1,000lm] |         |
|--------|------------------|---------|
|        | 수직각 90°          | 수직각 60° |
| 컷 오프   | 10 이하            | 30 이하   |
| 세미컷 오프 | 30 이하            | 120 이하  |

3.4 도로조명의 제어

밝은 대낮에 도로등의 소등이 방치되어 밝게 점등되어 있는 것을 때때로 볼수 있다. 이는 아까운 조명 전력에너지의 낭비이다. 어느정도 어두울때 도로등이 켜지고, 밝아지면 꺼지는 도로조명의 제어 방식에는 수동조작, 타임스케줄제어 및 주광센서에 의한 연동 제어등이 사용되고 있다. 사람이 조명의 점멸의 필요성에 의해 수동으로 점멸하는 방식은 때때로 소등이 방치되는 경우가 있다.

계절에 따른 아침, 저녁의 밝기 변화를 프로그램으로기억 시켜서 자동적으로 반복하여 점멸하는 방식은 마이크로컴퓨터의 설치등 설치비가 많이든다.

주광센서에 의한 주광량을 감지하여 조명등을 제어하는 방식이 비교적 간단하고 제어설비 비도 적다 이러한 도로조명의 제어로 많은 조명전력을 절감할 수 있다.

◆ 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 케이메 공대 대학원 수료. 서울대 대학원 전기공학과 졸(박사). 1983년 대한전기학회 회장. 현재 서울대 공대 전기공학과 명예교수. 대한전기협회 부회장. 기술사. 당화회 회장.