

도로조명 계산법

김 홍<강원대학교 전기전자정보통신공학부 교수>
김기훈<강원대학교 전기공학과 대학원 박사과정>

1. 서 론

현대 사회가 고도의 산업화 및 물질 문명의 사회로 변화함에 따라 자동차에 의한 도로교통은 그 중요성을 더해가고 있으며, 이에 따른 도로조명의 역할 또한 상당히 증대하고 있다. 도로조명의 목적은 야간의 교통 사고를 감소시키고 보행자 및 운전자에게 편안한 시각 환경을 제공하는 것에 있다.

도로 조명을 설치하였을 때 야간의 교통 사고가 어느 정도 감소하는가에 대해서는 이미 오래 전에 CIE (국제 조명위원회)가 조사 한 있으며, 그 결과 도로 조명을 설치하였을 때의 야간 교통 사고에 의한 사망자의 수는 48~65 [%], 중상자는 24~30 [%], 교통 사고 발생 건수는 14~53 [%]가 감소한 것으로 나타났다[1]. 이것으로 볼 때 도로조명은 교통 안전 시설의 하나로서 교통사고에 의한 인명과 재산의 피해와 직접 관련된다는 점에서 매우 중요하다고 할 것이다.

도로 조명 설비의 질적인 평가 기준으로서 휘도 및 조도 분포를 사용하고자 한다면 먼저 도로 조명 설비를 설계 할 때 휘도 및 조도계산을 필요로 하며, 그 다음 설비가 완성 된 직후에는 도로 표면의 휘도 및 조도를 측정하여야 한다. 평균조도나 휘도 계산은

어느 정도 그래픽(graphical)적인 방법이나 광속법에 의해서 이루어질 수도 있겠지만, 매우 광범위한 장소의 조도나 휘도 분포를 계산하기 위해서는 적절한 소프트웨어가 필요하다.

이러한 소프트웨어는 해외에서는 이미 개발되어 있으나, 국내에서 설계하기에 적합한 다기능의 프로그램은 없다. 이에 따라 국내에서 사용하기에 적합하고, 휘도 및 조도 분포를 그래픽으로 나타나게 하여 사용자가 쉽게 알아 볼 수 있도록 하고, 도로조명 설비에 있어서의 도로 면의 휘도 분포 및 조도 분포, 평균 휘도 및 평균 조도, 전반 균제도와 차선측 균제도, 임계 휘도 증가율, 광막 휘도, 눈부심 등의 계산을 수행하는 프로그램의 개발이 무엇보다 필요하다.

한편, 과거에는 조도 개념에 기반을 둔 기준 설정이 적용되었으나, 이것에 의한 조명 설계 결과는 대체로 만족스럽지 못한 결과를 가져 왔기 때문에, 점차적으로 조도 기준 조명 설계에서 휘도 기준에 기반한 조명 설계 쪽으로 옮겨가고 있다. 현재 대부분의 나라에서는 CIE (국제 조명 위원회)의 권고 안을 받아들여 휘도 기준을 기반으로 설계하는 것을 표준으로 삼되, 올바른 판단에 의해 설계가 이루어지는 경우는 조도 기준을 적용할 수 있다는 입장을 취하고 있다. 도로 조명에 있어서 이와 같이 질적인 평가

기준으로서 중요한 위치를 차지하고 있는 휘도 개념은 노면의 반사 특성에 따라서 크게 좌우된다. 노면의 반사 특성은 도로가 설치된 이후로부터의 시간, 날씨의 변화, 주어진 구간 내에서의 교통량 등에 의한 노면 재질의 마모 상태에 따라서 복합적으로 변화한다. CIE에서는 이미 오래 전에 도로 표면의 등급에 따른 노면 반사 특성을 측정할 바가 있으며, 국내에서도 도로표면의 분류와 그에 따른 노면 반사특성의 측정이 시급히 이루어져야 할 것이다.

2. 도로조명 계산법

2.1 조도 계산법

노면 위 특정 점의 수평면 조도는 배광 곡선(I-table)과 거리의 역제곱의 법칙을 함께 이용하거나 등조도 곡선도(Iso-lux diagram)로부터 구할 수 있다. 또한, 일단 각 점의 조도가 구해지면 이로부터 조도 균제도를 계산할 수 있으며, 각 점의 조도를 평균하여 평균 노면 조도를 구할 수 있다. 그러나 평균 노면 조도는 일반적으로 조명률을 이용하여 구한다.

2.1.1 조명률 곡선을 이용한 평균 조도의 계산

조명률(Coefficient of utilization)은 램프 광속에 대한 실제 노면에 도달하는 조명기구 광속의 비이며, 조명기구가 결정되면 그에 따른 배광 분포로부터 조명률 곡선도가 작성된다. 조명률 곡선도는 등기구 높이를 단위로 하여 도로측과 연도측의 도로폭에 대한 조명률의 변화를 그린 것이며, 조명률은 조명률 곡선으로부터 주어진 도로폭과 연도폭에 대한 조명률의 합으로서 구하여진다.

즉 $CU = CU_{SS} + CU_{HS}$ 로부터 평균 노면 조도를 구하거나 주어진 평균 노면 조도에 대한 등기구 설치 간격을 구하는데 사용된다. 여기에서 CU_{SS} 는 주어진 도로폭에 해당하는 조명률이며, CU_{HS} 는 주어진 연도

폭에 대한 조명률이다. 일단 조명률이 구해지면, 수평 중 유지되어야 하는 평균 노면 조도는 다음의 식으로 표현된다[2].

$$E_{av} = \frac{F \times N \times CU \times MF}{S \times W} \text{ [lx]} \quad (1)$$

단, 여기에서

F : 램프광속 [lm]

N : 한쪽 배열 및

지그재그 배열의 경우는 1,

마주보기 배열의 경우는 2

S : 등기구 설치 간격 [m]

W : 연도 및 차도의 도로폭 [m]

CU : 조명률

MF : 광속 유지율 (또는 보수율)

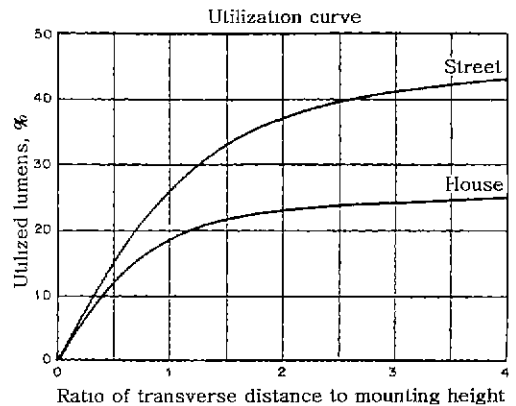


그림 1. 조명률 곡선[3]

노면에서의 광속 유지율 $MF = LLD \times LDD$ 로 계산된다. 여기에서 LLD는 램프 광출력 감소 요인(Lamp Lumen depreciation factor)으로서 램프 초기 광속에 대한 램프 교체 직전 광속의 비이다. LDD는 조명기구 먼지 열화 요인(Luminair dirt depreciation)으로서 조명기구가 먼지 등으로 오염되면 광출력이 감소하며, 이때의 광손실을 표현한 값이다. 이 값은 가로등의 설치환경, 조명기구의 형상 등에 의존한다.

2.1.2 점 조도의 계산

하나의 조명기구에 의한 노면상의 수평면 조도는 일반적으로 램프를 점광원으로 보아서 거리의 역제곱 법칙을 이용하여 구한다. 노면 한 점에서의 수평면 조도 E는 광도를 I, 광원에서 점까지의 거리 R, 등기구 높이 h, 입사각을 γ 라고 하면, 다음 식과 같이 표현된다.

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \gamma = \frac{I}{h^2} \cos^3 \gamma \quad (2)$$

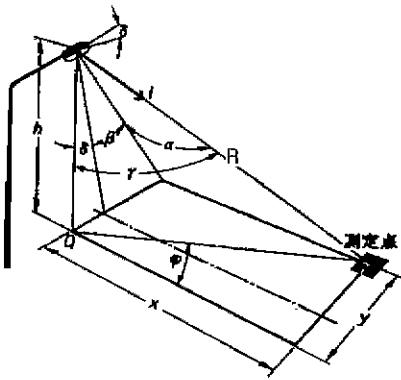


그림 2. 조도계산을 위한 기하학적 관계

2.2 휘도 계산법

완전한 균등확산 반사면에 대해서는, 조도와 휘도의 관계로 다음과 같은 간단한 계산식이 성립한다.

$$L = \frac{\rho E}{\pi} \quad (3)$$

여기에서 ρ 는 반사물의 반사율이고, E[x]는 반사면의 조도이며, L[cd/m²]은 휘도를 의미한다.

도로 포장 면은 그 구조와 도로교통량의 부담 때문에 결코 균등확산 특성은 보존되지 않는다. 그 때문에 도로 포장면의 반사광에 의한 휘도는 광원의 입사각 γ 에 강하게 관계되고, 또한 관측점과 측정점이 이루는 각 β 및 도로면에 대한 관측각에도 관계한다. 이 관계를 그림 3에 나타내었다. 그러므로 도

로면의 휘도는 식 (3)과는 달리

$$L_i = q(\gamma_i; \beta_i) E_i \quad (4)$$

와 같이 된다.

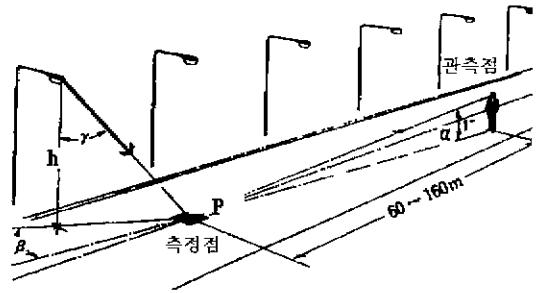


그림 3. 노면 휘도 계산을 위한 좌표계

여기에서, $q(\gamma_i; \beta_i)$ 는 i 번째의 등기구에 의한 도로 포장면의 γ_i, β_i 각에 대한 휘도 계수, E_i 는 측정점 P의 수평면 조도, L_i 는 휘도이다. 관측 각은 표준적인 사람의 눈 높이인 1.5m와 관측자로부터 측정점의 거리 150[m]에 해당하는 $1 \pm 0.5^\circ$ 를 표준값으로 한다.

식(2)을 사용하면 식(4)를 식(5)와 같이 변형할 수 있다.

$$L_i = \frac{q(\gamma_i; \beta_i)}{h^2} \cdot \cos^3 \gamma_i I(\gamma_i) \quad (5)$$

여기에서

$$r(\gamma_i; \beta_i) = q(\gamma_i; \beta_i) \cdot \cos^3 \gamma_i \quad (6)$$

이라고 하면

$$L_i = r(\gamma_i; \beta_i) \cdot \frac{I_1(\gamma_i)}{h^2} \quad (7)$$

$$= r(\gamma_i; \beta_i) \cdot E_i \quad (8)$$

과 같은 식이 된다. 여기에서 r 을 통합 휘도 계수라고 하며, β 와 γ 각에 대해서 r 값을 정리한 표를 통합 휘도계수 표(r -table)라고 한다.

또한 도로 포장면의 반사 특성을 정량적으로 표시하기 위해서 Q_0 , $S1$, $S2$ 와 같은 인자를 사용하며, 이들은 다음과 같이 표시된다.

$$Q_0 = \left(\int_0^{\Omega_0} q \cdot d\Omega \right) / \Omega_0 \quad (9)$$

$$S1 = \frac{q(\beta=0; \tan \gamma=2)}{q(\beta=0; \tan \gamma=0)} \quad (10)$$

$$S2 = \frac{q_0}{q(\beta=0; \tan \gamma=0)} \quad (11)$$

그 의미들을 살펴보면 Q_0 는 차도의 평균 휘도를 나타내는 양으로서 평균 휘도 계수라고 하며, $S1$ 과 $S2$ 는 경면 반사 성분을 표시하는 양이다[4].

이것들을 기초로 하여 CIE에서는 도로 포장면을 R1에서 R5까지 5단계로 분류하여 표준 노면으로 하였다.



그림 4. 도로포장 면의 종류와 상황에 따른 빛의 반사

도로 포장면의 구조는 그림 4와 같이 설명된다. 그림에서의 도로 포장면은 입자 직경이 3~12mm 인 암석이 약 50~60%이고, 입자 직경이 0~3mm인 모래 및 충전물이 약 30~40%이며, 역청 및 아스팔트가 5~10 %이다. 새로운 노면 (a)에서는 외피가 거칠고 암석편이 아스팔트 층 표면에 붙어 있다. 반사 성분

은 확산 성분이 강하고, 휘도 계수는 낮다. 교통량이 많아지면 수개월 뒤에는 그림(b)에서처럼 외피가 압축되고, 아스팔트 피막은 벗겨져서 표면의 암석 편은 마멸되어 버린다. 반사 성분은 점차로 확산 성분이 사라지고 강하게 조명하면 역 방향으로 반사하는 방향성을 갖는다. 그림 (c)는 비가 내렸을 때의 젖은 도로 포장면을 설명하고 있다. 강한 비가 내리면 도로 포장면의 공극은 물로 채워지고 평활면이 되어 반사 성분은 경면 반사 성분을 포함하게 된다.

그림 5는 도로 포장면의 반사 특성에 대한 측정원리를 설명하고 있으며, 이와 같은 원리를 적용하여 국내에서는 강원대학교에서 개발한 노면 반사특성 측정 장치가 있다.

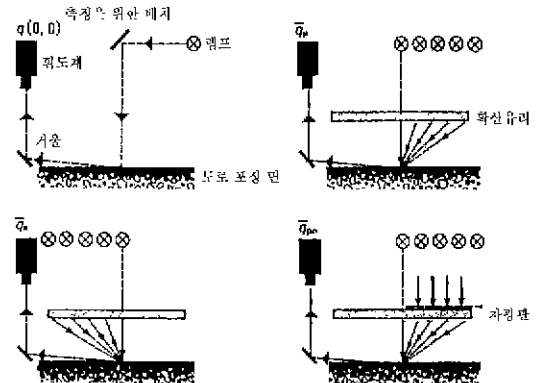


그림 5 도로 포장면의 반사특성 측정의 원리(5)

3. 노면 반사특성의 측정 및 분석

3.1 측정 장치의 개발

그림 6 의 노면 반사 특성 측정기구는 강원대학교에서 개발한 것이다 그림에서 보는 바와 같이 개발한 측정 기구는 광원이 β 와 γ 각에 대하여 움직이는 부분으로 이루어져 있다. β 각에 대한 이동은 반원의 이치가 원형의 받침을 따라 시계 반대 방향으로 360 도 회전한다. 그 간격은 r -table에서 제시한 β 각의 범위를 충분히 만족시키기 위해 처음에 0도

에서 2도를 먼저 이동하게 하고 그 나머지는 5도 간격으로 이동하도록 하였다. 여기서 0도는 도로 포장재의 샘플과 휘도계를 일직선으로 연결하였을 때 원형 폴의 원주 상에서 만나는 점이다. 그러므로 r-table에서 제시한 β 각에 대한 범위를 충분히 만족시킬 수 있다.

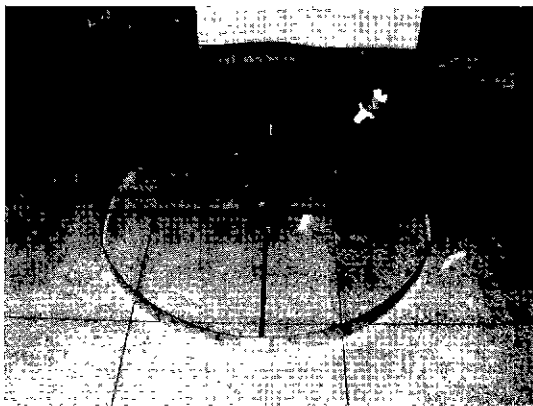


그림 6. 개발된 노면 반사 특성 측정기구

γ 각의 이동은 반원의 아치에서 램프를 상하로 움직임으로서 달성된다. γ 각이 0도라 함은 램프가 도로 표면과 수직일 때를 말하며 이 위치에서 휘도계의 위치와 반대 방향으로 램프가 내려갈수록 γ 각은 증가한다. 즉, 램프가 지면과 평행하고 휘도계와 램프가 마주볼 때의 γ 값이 90도이다. 또한 γ 각의 간격은 r-table에서 제시한 $\tan(\gamma)$ 값을 각으로 환산하여 그 간격을 결정하였다. 그 간격이 너무 세밀한 부분은 램프의 크기 문제로 인해 직접 구현하지는 못하였으나, 주변의 값들을 측정해서 보간을 취해 구할 수 있다.

도로 표면 샘플은 γ 각이 0도일 때 직하점에 있도록 하기 위하여 원형 받침의 중심에 위치하게 된다. 그때의 광원과 도로 표면 사이의 거리는 광원의 길이까지 고려하여 96.5cm로 하였다. 이것은 그 거리에서 휘도계의 시준 영역내의 조도가 일정하기 때문이다. 도로 샘플과 휘도계의 간격은 1m로 정하고 휘도계의 설치 높이는 도로 샘플 중심에서 지면과

이루는 각도가 15도 인 위치에 설치하였으며 그 값은 262cm이었다. 본 실험 장치에서 사용한 휘도계는 미놀타 LS-110, 조도계는 미놀타 T-1M이다.

광원은 편구금형 할로겐 램프를 사용하였으며 휘도계의 시준 영역에서 조도값이 균일하도록 하는 조명 기구를 선택하였다. 그리고 램프의 전압유지는 슬라이더스로 입력 220V를 항상 유지하도록 하였고 샘플을 변경할 때마다 확인하여 전압의 변동으로 인한 오차를 최소화하였다.

도로의 샘플은 국내에서 가장 일반적으로 사용되는 콘크리트, SMA(Stone Matrix Asphalt), 밀입도, 투수성 도로 표면을 선택하여 측정하였다.

3.2 노면 반사 특성의 측정 범위

CIE (국제 조명위원회)에서 규정한 통합 휘도 계수 r의 측정범위는 다음과 같다.

β 는 0-2-5-10-25-30-40-45-60-75-90-105-120-135-150-165-180도 순서로 측정되고, γ 는 $\tan \gamma$ 값이 0-0.25-0.5-0.75-1-1.25-1.5-1.75-2-2.5-3-3.5-4-4.5-5-5.5-6-6.5-7-7.5-8-8.5-9-9.5-10-10.5-11-11.5-12의 순서로 측정된다. β 각과 γ 각에 대하여 그 간격이 너무 세밀한 부분은 주변 각도에서 측정된 값에 보간을 취하여 구하였다.

3.3 측정결과와 분석

개발한 측정기구를 사용하여 각각의 샘플의 반사 특성을 측정하여 r-table을 만들었다. 표 1은 제작된 직후의 도로 샘플의 r-table의 한 예를 나타내고 있다.

실제 측정된 β 와 γ 각의 범위는 그 수가 매우 많으므로 몇 개의 각들을 임의로 선정하여 표로 나타내었다. 이와 같은 콘크리트, SMA(Stone Matrix Asphalt), 밀입도, 투수성 도로표면의 r-table을 이용하여 Q0, S1, S2를 각각 구하여 CIE에서 제시한 표준 노면과 비교하여 보면 그 값이 표준 노면과 차이가 있었다.

표 1. r-table의 예

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|
| $\beta \backslash \gamma$ | 0 | 45 | 63.4 | 76 | 80.5 | 82.9 | 84.3 | 85.2 |
| 0 | 715 | 583 | 510 | 376 | 173 | 79 | 46 | 16 |
| 5 | 715 | 580 | 306 | 96 | 38 | 15 | 9 | 5 |
| 10 | 715 | 571 | 341 | 110 | 42 | 15 | 9 | 4 |
| 20 | 715 | 472 | 150 | 38 | 14 | 6 | 3 | 2 |
| 30 | 715 | 394 | 102 | 25 | 10 | 4 | 2 | 1 |
| 40 | 715 | 327 | 88 | 19 | 8 | 3 | 2 | 1 |
| 60 | 715 | 279 | 66 | 16 | 6 | 2 | 1 | 0 |
| 75 | 715 | 237 | 59 | 14 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 90 | 715 | 253 | 68 | 18 | 7 | 2 | 1 | 1 |
| 105 | 715 | 270 | 77 | 23 | 9 | 4 | 2 | 1 |
| 135 | 715 | 325 | 103 | 33 | 14 | 6 | 4 | 2 |
| 150 | 715 | 347 | 133 | 46 | 21 | 10 | 7 | 4 |
| 180 | 715 | 399 | 175 | 73 | 34 | 17 | 12 | 7 |

표 2. 마모시간에 따른 각 샘플의 Q_0 , S_1 , S_2 의 변화

| 도로 샘플 | 마모 시간 (sec) | Q_0 | S_1 | S_2 |
|-------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 콘크리트 | 0 | 0.142819 | 0.713396 | 1.998162 |
| | 20 | 0.1057151 | 1.9528979 | 3.2732134 |
| | 40 | 0.0951154 | 2.4966623 | 3.0555528 |
| | 60 | 0.0911345 | 2.0069941 | 3.6886252 |
| SMA | 0 | 0.042479 | 1.4356852 | 2.8545419 |
| | 20 | 0.0677565 | 0.7466474 | 2.30884 |
| | 40 | 0.0576921 | 0.6583447 | 1.9256123 |
| | 60 | 0.0631735 | 0.6868272 | 1.8989651 |
| 투수성 | 0 | 0.0507553 | 1.2318423 | 2.745733 |
| | 20 | 0.0806118 | 1.9786294 | 2.5603122 |
| | 40 | 0.074756 | 2.144367 | 2.201266 |
| | 60 | 0.0563342 | 0.4847271 | 1.7708529 |
| 밀입도 | 0 | 0.032395 | 1.0654338 | 4.4698018 |
| | 20 | 0.0803709 | 2.5457859 | 3.669731 |
| | 40 | 0.0715975 | 4.0671942 | 3.0641295 |
| | 60 | 0.0917027 | 4.2904209 | 3.5123161 |

이것은 CIE에서 제시한 표준 노면은 오랜 시간에 걸쳐서 마모된 도로 표면이었으나 측정 대상으로 삼은 도로 표면 샘플은 전혀 마모되지 않은 상태에서

측정하였기 때문이다. 그렇기 때문에 도로 표면의 마모 상태에 따른 r-table 값의 변화를 측정하는 것이 필요한 것으로 판단하고 그에 따라 도로 표면을 마모시킬 수 있는 방법을 고안하였다.

실제로는 야외에서 오랜 시간에 걸친 날씨의 변화와 지나는 차량에 의해 도로 표면이 마모된 상태를 구현하여 측정하여야 하지만 시간의 절약과 측정 과정에 있어서의 위험성 및 불편함을 감안하여 실내에서 노면의 마모 상태를 구현하여 측정하였다. 즉, 주속도가 4300 m/min 이고 분당 회전수 1200 rpm, 입력력 570W, 출력 350W, 슷돌 100×6×15.88 mm 인 연삭기를 사용하여 각각의 도로 표면에 대하여 0초, 20초, 40초, 60초 동안 마모시켜 노면의 경년 변화를 구현하였으며, 이에 따른 통합 휘도 계수 (r) 값을 각각 측정하였다. 이와 같이 측정한 통합 휘도 계수 (r) 값들로 각각의 시료마다 마모 시간별로 분류하여 Q_0 , S_1 , S_2 를 계산하여 나타내면 표 2와 같다.

4. LapRoad의 소개

LapRoad 역시 국내에서는 처음으로 강원대학교 연구팀이 개발한 것으로 도로 조명 설비에 있어서도 노면의 휘도 분포 및 조도 분포뿐만 아니라, 평균 휘도 및 평균 조도, 전반 균제도와 차선축 균제도, 임계 휘도 증가율, 광막 휘도, 눈부심 등의 계산을 수행하는 프로그램 (Lighting Analysing Program for Road, LAPRoad)이다.

LapRoad는 현재 휘도 및 조도 분포 등과 여러 인자들을 계산하고 그것들을 휘도 및 조도 산맥의 형태로 출력하는 등의 기본적인 기능은 갖추었지만, 상업용이 아닌 연구 목적으로 개발된 것이기 때문에 현재 시판되고 있는 외국의 도로조명 계산 프로그램에 비해서는 디자인이나 사용자 인터페이스의 면에서 약간은 부족한 것이 사실이다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 계속 수정, 보완 중에 있으며 이러한 문제들이 해결되면 곧 바로 배포될 수 있을 것이라 생각된다.

LapRoad의 전체 구성은 크게 여섯 부분으로 되어 있다.

첫째는 사용자가 여러 입력 데이터를 선택하는 부분으로 입력 파일명과 그 경로를 입력한다. 입력데이터는 조명기구의 배광 데이터, 도로의 기하학적 구조에 관한 데이터, 노면의 반사특성 데이터가 있다.

둘째는 입력 파일이 정확하게 입력되었는지를 확인하고 오류가 있으면 그 원인을 설명하여 사용자가 쉽게 오류의 원인을 수정할 수 있도록 하였다.

셋째는 조명 기구의 배광 곡선을 출력하는 부분으로, 이것은 사용자로 하여금 조명 기구의 배광 특성을 쉽게 확인할 수 있도록 하기 위함이다.

넷째는 휘도 및 조도 분포를 비롯한 여러 인자들을 계산하고 출력하는 부분이다.

다섯째는 계산된 휘도 분포와 조도 분포를 사용자가 쉽게 비교 분석할 수 있도록 그래픽 처리하여 출력하는 부분이다.

여섯째는 사용자가 입출력 파일 전체를 확인하고

점검할 수 있도록 하는 부분이다. 이것은 LAPRoad 실행 중 오류가 발생하여 입력 파일을 확인하여야 하거나 휘도 및 조도 분포외에 다른 계산인자들을 확인하기 위해 출력 파일을 열어야 할 경우 프로그램을 빠져나가지 않고도 확인할 수 있도록 한 것이다.

4.1 입력 데이터의 구성

입력 데이터는 도로 조명 설비의 기하학적 구조 데이터와 휘도의 계산을 위한 노면의 반사 특성 데이터, 그리고 조명 기구의 배광 데이터로 구성된다.

기하학적 구조 데이터는 도로의 구조가 직선인가, 곡선인가 하는 것과 조명기구의 위치, 설치 높이와 간격, 램프 사양, 계산범위 등을 포함한다. 반사특성 데이터는 현재 국내에서 정리한 표준 노면의 등급이 없기 때문에 CIE에서 제시한 R1에서 R4, N1에서 N4의 R시리즈와 N시리즈로 한다. 조명기구의 배광 데이터는 일반적인 IES 형식의 배광 파일을 말한다.

4.2 출력 내용

출력은 설비의 기하학적 구조 데이터와 휘도 및 조도 분포, 그리고 휘도 및 조도 분포 그래프와 조명 기구의 배광 곡선, 그리고 평균 노면 휘도 및 평균 조도, 전반균제도(Overall Uniformity), 차선축균제도(Longitudinal Uniformity), 임계휘도증분(Threshold Increment, TI), 광막휘도(Veiling Luminance, VL), 글레어 조절 마크(Glare control mark, G) 등이다.

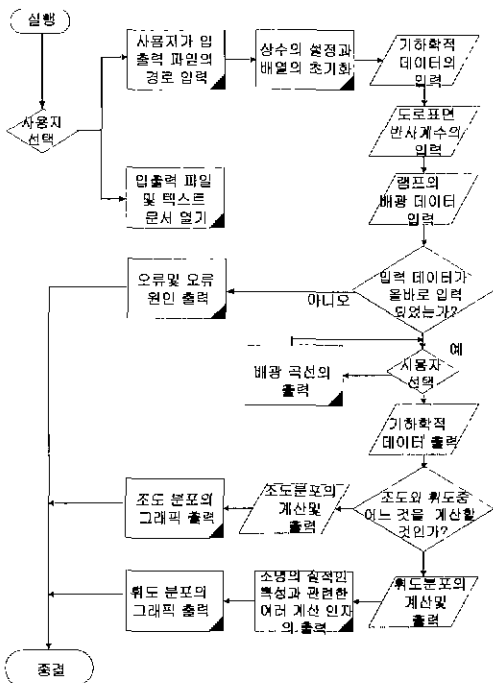


그림 6. LapRoad의 전체 구성도

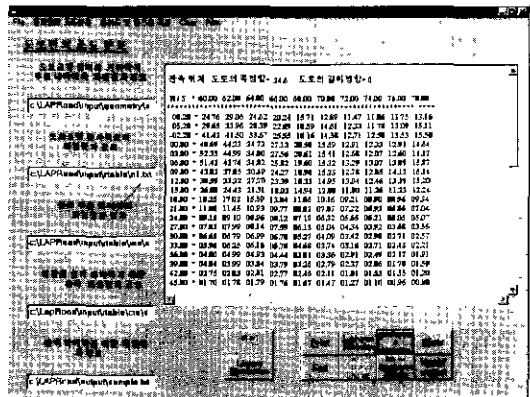


그림 7. 조도분포가 계산되었을 때의 활성화창



그림 8. 배광 곡선을 출력했을 때의 활성화창

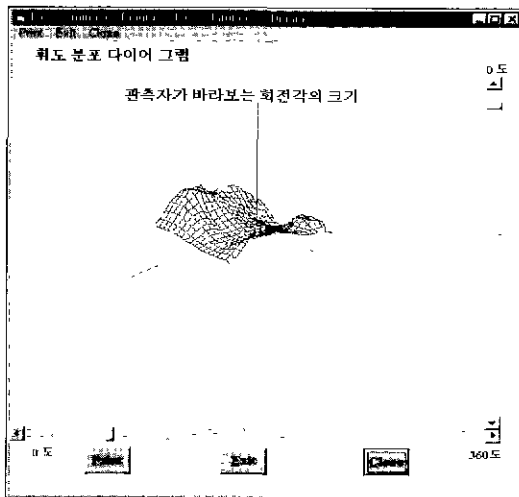


그림 9 휘도 분포를 출력했을 때의 활성화창

5. 결 론

도로조명은 개인의 인명과 재산에 관련한다는 점에서 다른 조명시설보다 중요하다고 할 수 있으며 이에 따른 조도 및 휘도의 계산 또한 매우 중요하다. 광범위한 조도 및 휘도의 계산을 신속하고 정확하게 계산하기 위해서는 국내에서 사용하기에 적합한 보다 발전된 도로조명용 계산 프로그램의 개발이 필요

하다. 또한 휘도의 정확한 계산을 위해서는 CIE와 같이 국내에서도 표준 노면의 분류화가 이루어져야 하며 그에 따른 노면반사 특성의 측정이 이루어져야 할 것이다. 현재 국내의 도로조명용 계산 프로그램으로는 본문에서 소개한 바와 같이 LapRoad가 최초로 개발되어 있는 상황이지만 사용자 인터페이스의 측면에서 좀더 업그레이드가 필요하다. 또한 LapRoad를 실행한 결과 계산값과 실제 도로에서의 측정값을 비교 분석하였을 때는 조도 분포와 휘도 분포 모두가 비교적 일치하였으나, 휘도 분포를 계산함에 있어서는 도로 표면의 반사 특성에 따라서 크게 영향을 미치므로 정확한 휘도값을 계산하기 위해서는 계산하고자 하는 대상인 도로의 노면 반사특성 값을 직접 측정하여 계산하는 것이 바람직할 것이다. 노면 반사특성 측정기구 또한 처음으로 개발되어 노면 반사특성의 측정이 이루어지고 있는 상황이지만 좀더 정확한 데이터의 측정을 위해서는 수동식이 아닌 자동식으로 변화되어야 할 것이며, 오랜 시간에 걸친 노면의 경년 변화와 연삭기에 의한 노면의 연마 시간을 연결시키고자 한다면 더욱 많은 연구가 필요하다.

뿐만 아니라 노면의 반사 특성은 우천 시에도 크게 변화하므로 마른 노면에 대한 측정뿐만이 아니라 젖은 노면에 대한 연구도 앞으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- (1) 전 관섭, 정 중철 "도로 조명의 요건과 기준", 조명·전기설비학회지, 12 권, 1호, 1998, pp3
- (2) 여 인신, " 도로 조명의 설계 ", 조명·전기설비 학회지, 12권, 1호, 1998, pp18~19
- (3) Sohn P Frier and Mary F. Gazley Frier, "Industrial Lighting Systems, McGraw-Hill, 1980, pp240
- (4) OE, "Calculation and Measurement of Luminance and Illuminance in Road Lighting ", Technical Report , Pub 30-2, 1982, 2/e, pp36

(5) 日本理工出版會, “光と照明. 光工學の 理論と實際” 新
改訂 第 4 版, 1994, pp230~239

◇ 著 者 紹 介 ◇



김 훈(金煥)

1958년 8월 6일생. 1981년 서울대 공
대 전기공학과 졸. 1993년 서울대 대
학원 전기공학과 (석사). 1988년 서울
대 대학원 전기공학과(박사). 1993년
호주 국립대학 방문 교수 현재 강원
대 공대 전기전자정보통신공학부 교수 당학회 편수
이사.



김 기 훈(金紀勳)

1970년 4월 24일생. 1997년 강원 대공
대 전기공학과 졸 1999년 2월 강원대
공대 전기공학과 대학원 석사졸업. 현
재 강원대 공대 전기공학과 대학원 박
사과정.