

도로터널의 형태에 따른 내부조도 변화

(The Variation of Interior Illuminance according Road Tunnel Shape)

김성식, 이진우

(Sung-Sik Kim, Chin-Woo Yi)

호서대학교 전기정보통신공학부

요 약

본 논문에서는 말굽형과 장방형 터널의 기본부의 노면과 벽면의 조도를 Lightscape를 사용하여 계산하였으며, 계산된 결과를 분석하여 보면 노면의 평균조도와 평균균제도는 두 가지 터널 사이에 큰 차이가 없었으며, 벽면조도는 노면에서 높아질수록 두 가지 터널에서 차이가 커지는 것으로 나타났다.

1. 서 론

우리나라는 지형적으로 산악지대가 많아서 도로에 많은 터널이 건설되어 왔고 교통량의 증가로 더 많은 터널이 발생되고 있다.

터널조명은 터널의 안전시설 중 가장 기본적인 면서 중요한 설비로서 터널 내에서 차량을 운전하는 운전자가 터널의 설계 주행속도로 안전하고 원활하게 주행을 할 수 있도록 하는데 목적이 있다.

이러한 터널조명시설을 설계함에 있어서 터널 조명계산식에 의해서 조명시설을 시설할 경우 설계값과 실측값의 차이가 나타난다.[1]

터널조명 계산방법 중 대표적인 계산방법인 터널의 형태를 장방형의 직사각형형태로 근사화 하는 조명계산 방법이 널리 사용되기 때문에, 이러한 근사화 방법의 조명계산이 실제의 터널조명계산에 적합한지를 수학적 계산방법이 아닌 시뮬레이션 프로그램(Lightscape Program)을 사용하여 실제의 터널과, 조명계산을 위해 근사화한 터널을 모델링하여 평균노면조도, 평균 벽면조도를 구하여 비교 검토하고자 한다.

2. 본 론

2.1 연구방법

터널에는 여러 가지 시설물들이 설치되지만 본 연구에서는 조명계산에 영향을 거의 주지 않기

때문에 터널 내 시설물은 고려하지 않는다.

시뮬레이션을 위한 터널의 모델링은 그림 1의 단면을 기준으로 하며 실제의 말굽형터널과 조명계산을 위해 근사화한 장방형사각터널은 터널의 단면형태를 제외하고는 모든 조건을 동일하게 모델링하여 시뮬레이션을 수행한다.

터널 내부의 조명은 일반적인 설계속도가 80[km/h]인 터널의 기본부 조명을 기준으로 그림2의 조명률을 갖는 조명기구(고압나트륨램프 NH100W 9,000[lm])로 설계속도에 적합한 평균노면휘도값을 얻을 수 있도록 조명의 설치간격을 산정한 후 시뮬레이션을 통하여 터널 노면의 평균조도, 벽면의 평균조도를 구하여 두 모델(말굽형 터널, 장방형 사각터널)을 비교 및 검토한다.

2.2 터널의 모델링

터널의 단면 그림 1을 기준으로 시뮬레이션 (Lightscape Program)을 통한 조명계산을 위하여 3차원 모델링 방법으로 3dsMAX Program을 사용하여 모델링을 수행한다.

가. 터널의 단면 : 그림 1

나. 터널의 길이 : 23m

다. 노면재질 : 아스팔트 (평균반사율 10%)

라. 벽면재질 : 콘크리트 (평균반사율 25%)

라. 천장재질 : 콘크리트 (평균반사율 25%)

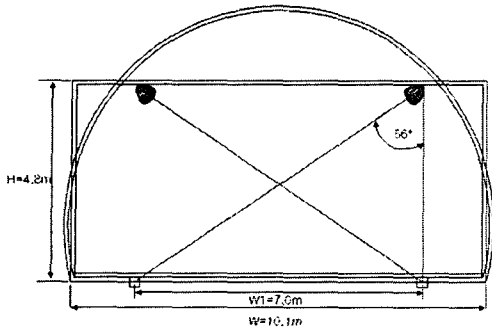


그림 1 터널의 단면도

2.3 조명기구의 선택

- 가. 터널조명에 적합한 배광을 갖는 조명기구를 선택
- 나. 실제 배광측정을 한 Data적용
고압나트륨램프 100[W] 9,000[lm]

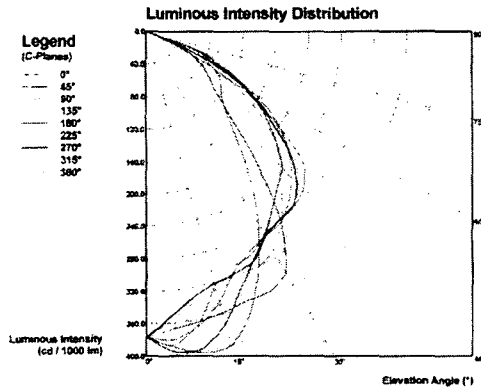


그림 2 조명기구의 배광곡선

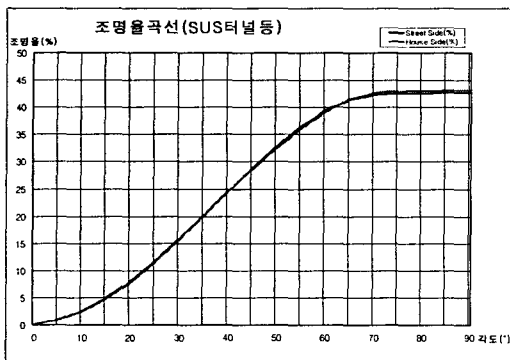


그림 3 조명률곡선

2.4 조명기구의 설치

조명의 설치는 터널의 설계속도 80[km/h]에 적합한 평균 노면휘도값 표 1의 값을 얻기 위하여 그림 4의 평면도에 나타난 바와 같이 조명기구를 양측 대칭배열로 설치하며 설치 간격은 7m로 한다.[2]

표 1 기본부 조명의 평균노면휘도

설계속도[km/h]	평균노면휘도[cd/m ²]
100	9.0
80	4.5
60	2.3
40	1.5

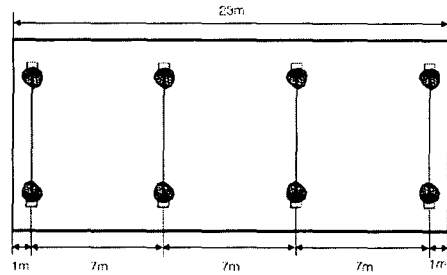


그림 4 평면도

2.5 시뮬레이션 프로그램의 특성

- 가. Lightscape Program은 모든 면을 완전 확산면으로 정하므로[3]
- 나. Lightscape Program에서 계산되는 휘도값은 고려할 수 없다.

2.6 터널조명의 평균노면조도 측정방법

- 터널 조명의 노면 조도 측정 방법은 2가지로 측정하여 비교 검토한다.
- 가. 시뮬레이션(Lightscape Program)을 통하여 계산된 전노면평균조도.
- 나. 시뮬레이션을 통하여 계산된 전노면 조도중 도로터널 조명시설 설계기준 연구(건설교통부)에 의한 그림 5의 측정지점에서 식 1에 의하여 계산된 평균조도.[4]

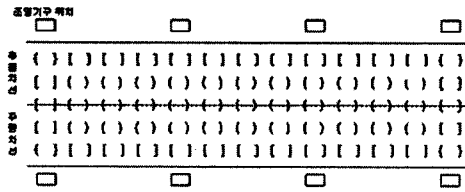


그림 5 터널조명의 평균노면조도 측정방법

$$\text{평균조도} = \frac{\sum(X) + 2\sum(Y) + 4\sum(Z)}{192} [Lx]$$

(식 1)[4]

2.7 터널조명의 평균벽면조도 측정방법

터널 조명의 벽면조도 측정 기준은 없기 때문에 차량이 터널 주행 시 차량을 운전하는 운전자의 시각 높이를 고려하여 유효한 벽면에 대하여 다음과 같은 방법을 사용하여 측정하여 비교한다.

가. 시뮬레이션을 통하여 계산된 벽면 조도중 터널 내부 벽면의 수직 높이 1.5m, 2.0m, 2.5m, 3.0m에서 그림 6에 나타난 측정지점의 조도를 측정하여 평균값을 각 높이 별로 구하여 비교한다.

나. 가 항목에서 측정된 모든 조도값의 평균값을 구하여 비교한다.

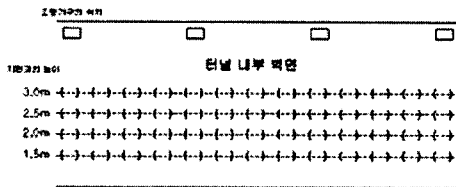


그림 6. 터널조명의 평균벽면조도 측정방법

3. 시뮬레이션 결과 및 검토

3.1 시뮬레이션에서 계산된 전노면 평균조도

말굽형 모양의 터널과 이를 근사화한 장방형 직사각형 터널의 전노면 평균조도는 표 2와 같으며 터널의 형태를 근사화한 장방형 직사각형터널과 말굽형 모양의 터널이 거의 같은 전노면 평균조도를 나타내었다.

표 2 터널의 형태에 따른 전노면조도

터널의 형태	전노면 평균조도 [Lx]
말굽형	140
장방형 직사각형	137

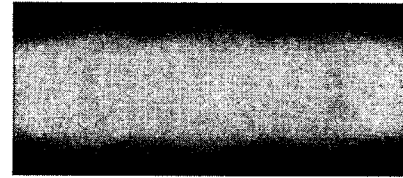


그림 7 말굽형 터널의 전노면 평균조도시뮬레이션 (평면도)

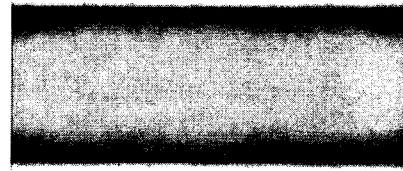


그림 8 장방형 직사각형 터널의 전노면평균조도 시뮬레이션(평면도)

3.2 도로터널 설계기준에 의한 노면평균조도

도로터널 조명설계 기준에 의한 평균 노면조도의 측정은 도로에서 유효한 면, 즉 도로 차선안쪽의 노면조도값 중 그림 5 및 식 1에 의해 측정된 값으로 표 3과 같이 거의 같은 값을 나타내었다.

또한 유효한 노면 차선 안쪽의 균제도 역시 거의 같은 값을 보여주었다.

표 3 도로터널 설계 기준에 의해 측정된 평균노면 조도

터널의 형태	평균조도	균제도
말굽형	167	0.52
장방형 직사각형	169	0.54

3.3 도로터널의 평균벽면조도

터널 내부 벽면의 평균조도는 장방형 직사각형 터널이 표 4에 보이는 바와 같이 각 높이별로 높게 측정되었고 평균조도 또한 말굽형 터널에 비해 장방형 직사각형 터널이 8% 높게 나왔다.

표 4. 도로터널의 평균벽면조도

조도측정높이	말굽형	장방형 직사각형
1.5m	78.06[Lx]	80.78[Lx]
2.0m	78.08[Lx]	83.02[Lx]
2.5m	77.66[Lx]	84.82[Lx]
3.0m	76.60[Lx]	84.94[Lx]
평균	77.60[Lx]	84.39[Lx]

표 5. 터널 내부 평균벽면조도 비율(말굽형 기준)

측정 높이	조도비율
1.5m	+ 3.3%
2.0m	+ 5.9%
2.5m	+ 8.4%
3.0m	+ 9.8%
평균	+ 8.0%

3.4 결과

터널 조명 계산 방법중 대표적인 계산방법인 터널의 형태를 장방형의 직사각형 터널로 근사화 하는 조명 계산방법을 시뮬레이션을 통하여 실제의 터널과 비교 검토한 결과 다음과 같다.

가. 평균 전노면 조도 및 도로 터널 설계 기준에 의해 측정된 평균 노면 조도는 거의 같은 값을 나타내었다.

나. 도로터널 내부의 평균벽면조도는 높이에 따라 변화가 있었으나 대체적으로 근사화한 장방형 직사각형 터널이 높은 조도값을 보여주었다.

4. 결론

터널조명을 설계함에 있어서 터널의 형태를 장방형의 직사각형 터널로 근사화 하는 조명 계산 방법은 노면평균조도에 대해서는 오차가 거의 없는 것으로 나타났다. 노면 평균조도가 거의 유사

하게 나온 이유는 터널 내부의 반사율이 낮고, 노면의 조도는 대부분 광원의 직사광에 의해 나타나기 때문이다. 하지만 터널 내부의 벽면 조도값은 터널의 형태를 장방형의 직사각형 형태로 근사화 하면 더 높은 조도값을 나타내게 되어 벽면 조도를 고려한 조명시설 설계시 오차가 발생하게 된다. 이러한 조도값의 차이가 나타나는 것은 터널 내부의 단면이 원형일 경우 직사각형에 비해 광원에서 나온 빛이 벽에 반사되는 횟수가 많기 때문에 벽면에 의한 반사광의 이득이 작기 때문일 것으로 판단되며 이 부분은 앞으로 연구해야 할 과제이다. 또한 터널 내부의 벽면조도 측정 기준에 대한 연구도 필요할 것이다.

본 논문에서는 터널조명계산을 함에 있어서 수학적 방법이 아닌 실제의 터널을 모델링하여 시뮬레이션을 통한 조명계산하는 방법을 보여주었다. 보다 정확한 터널 조명시설을 설계하는데 본 논문에서 접근한 조명계산 방법이 실제의 터널 조명시설 설계시 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부, “도로터널 조명시설 설계기준 연구”, p69, 1995, 12.
2. 건설교통부, “도로터널 조명시설 설계기준 연구”, p46, 1995, 12.
3. 한완모 장우진 이인환, “도로터널에서 최적의 조명기구 위치”, 조명·전기설비학회논문지 제 18권4호, p4, 2004, 7
4. 건설교통부, “도로터널 조명시설 설계기준 연구”, p109, 1995, 12.