

# 광원의 형태에 따른 유효공간반사율에 관한 연구

(A Study on Effective Cavity Reflectance according to the form of the source)

김성식\* · 이진우

(Seoung-sik Gim · Chin-Woo Yi)

## 요 약

조명설계시 조명의 양을 결정하는데 있어서 유효공간반사율(Effective Cavity Reflectance)을 사용하는 계산이 널리 사용된다. 그러나 유효공간반사율은 광원의 형태를 고려하지 않고 광속만을 고려하기 때문에 조명설계시 설계값과 실측값 사이에는 오차가 있다.

이에 본 논문에서는 가상의 공간을 모델링하고 이 공간에 대해서 유효공간반사율을 이용한 작업면 평균조도값 계산과 시뮬레이션을 통하여 광원의 형태가 작업면 평균조도값에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

검토 결과 유효공간반사율을 사용하여 계산된 평균조도값과 시뮬레이션을 사용하여 계산된 평균조도값 사이에는 최대 15%의 오차가 있다. 또한, 광원이 형태에 따라 평균조도값이 달라지기 때문에 유효공간반사율을 사용한 조명설계시 광원의 형태를 고려해야 함을 확인하였다.

## 1. 서 론

조명설계는 주어진 장소의 사용목적에 가장 알맞은 광환경과 시각작업에 적합하도록 빛의 질, 양 및 방향을 고려한 광원과 기구의 종류, 크기, 위치 등의 조명시설을 정하는 것이다 [1].

이러한 조명설계시 조명의 양을 결정하는 과정에서 유효공간반사율을 사용한 조명계산 방법이 널리 사용되고 있다. 그러나 유효공간반사율을 사용하여 조명계산시 설계값과 실측값 사이에는 오차가 발생한다. 특히, 유효공간반사율은 광원의 형태를 고려하지 않고 광원의 광속만을 고려하기 때문에 광원의 형태가 다를 경우 오차값은 더욱더 커지게 된다. 따라서 본 논문에서는 가상적인 공간을 3차원으로 모델링하여 유효공간반사율에 의한 작업면 평균조도값 계산과 시뮬레이션에 의한 작업면 평균 조도값을 측정하여 비교 검토하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 관계이론

#### 2.1.1 Cavity Ratio(CR)

공간의 크기와 형태는 빛의 이용에 많은 영향을 미친다. 넓고 천장이 낮은 공간은 좁고 천장이 높은 공간에 비하여 광원에서 공급되는 빛의 이용률이 좋은데, 그 이유는 공간의 바닥 면적에 비하여 빛을 흡수하는 벽의 면적이 적기 때문이다. 따라서 조명계산에서 Cavity Ratio를 고려해야 하고, 식 1과 같다[2].

$$CR = \frac{5H(L+W)}{L \times W} \quad (1)$$

#### 2.1.2 유효공간반사율(Effective Cavity Reflectance)

유효공간반사율은 그림 1과 같이 속이 비어있는 직사각형 형태의 직육면체에 바닥면의 반사율과 벽면의 반사율을 통하여 이 공간의 유효공간반사율이 결정되고, 이 공간에 광속이 입사할 때 반사되어 나가는 광속은 유효공간반사율을 따른다. 즉 이 공간에 입사한 광속이 반사되어 그림 2의 면으로 들어가는 광속의 양은 식 2와 같다[3].

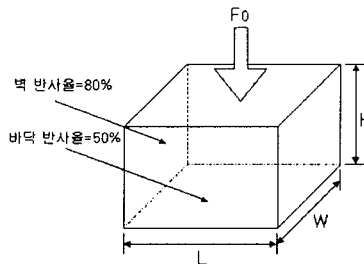


그림 1. 공간의 형태

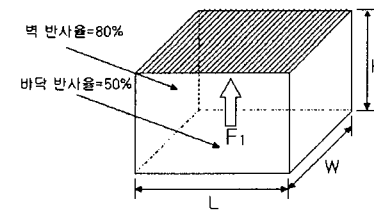


그림 2. 유효공간반사율에 따른 반사광속

$$F_1 = \rho \times F_0 \quad (\rho \text{는 유효공간 반사율}) \quad (2)$$

## 2.2 연구방법

공간의 모델은 그림 1과 같이 하고 방지수의 영향을 고려하기 위하여 표 1과 같은 크기를 갖는 공간을 모델링한다.

유효공간반사율을 이용하여 그림 2에서와 같이  $F_1$ 방향의 면에서 평균조도값을 계산하고, 같은 공간에 대해서 시뮬레이션을 통하여 평균조도값을 구하여 비교 검토한다.

표 1. 공간의 크기에 따른 CR

No.	길이 L[m]	너비 W[m]	높이 H[m]	CR
1	2	2	0.2	1
2	2	2	0.4	2
3	2	2	0.6	3
4	2	2	0.8	4
5	2	2	1.0	5
6	2	2	1.2	6
7	2	2	1.4	7
8	2	2	1.6	8
9	2	2	1.8	9
10	2	2	2.0	10

## 2.3 공간의 모델링

공간은 그림 1과 같은 형태로, 크기는 표 1에 나타난 값으로 한다.

공간은 다음과 같은 조건으로 가정하여 모델링한다.

- 가. 공간은 속이 비어있는 사각평행육면체이다.
- 나. 공간의 바닥 및 벽면은 완전확산면이다.
- 다. 공간으로 들어가는 모든 광속은 완전하게 확산한다.
- 라. 바닥면 평균반사율 50%
- 마. 벽면 평균반사율 80%

## 2.4 광원의 선택

광원은 이상적인 구형 확산 배광을 갖는 광원으로 모델링하고 표 2와 같이 한다.

표 2. 광원의 형태

광원의 형태	광속[lm]	비고
점광원	10,000	점광원
선광원	10,000	광원의 길이 1.2[m]

## 2.5 유효공간반사율을 사용한 평균조도값

### 계산 방법

유효공간반사율을 사용한 평균조도값 계산은 식 1을 사용하며 유효공간반사율  $\rho$ 는 표 3을 통해서 구한다.

## 2.6 시뮬레이션 방법

그림 1과 같은 형태의 모델을 3차원으로 모델링하고 Lightscape Program을 사용하여 그림 2와 같은  $F_1$ 방향의 면에서 평균조도값을 구한다.

표 3. 유효공간반사율(바닥면반사율 50%, 벽면반사율 80%)[4]

CR	유효공간반사율[%]
1	48
2	46
3	45
4	44
5	42
6	42
7	41
8	40
9	39
10	37

## 2.7 시뮬레이션 프로그램의 특성

Lightscape Program은 모든 면을 완전 확산면으로 가정한다[5]

## 3. 결과 및 검토

### 3.1 유효공간반사율을 사용한 평균조도값

유효공간반사율을 사용한 평균조도값은 표 4와 같다.

표 4. 유효공간반사율을 사용한 평균조도값

No.	입사광속[lm]	유효공간반사율[%]	평균조도[lx]
1	10,000	48	1,200
2	10,000	46	1,150
3	10,000	45	1,125
4	10,000	44	1,100
5	10,000	42	1,050
6	10,000	42	1,050
7	10,000	41	1,025
8	10,000	40	1,000
9	10,000	39	975
10	10,000	37	925

### 3.2 시뮬레이션에 의한 평균조도값

시뮬레이션에 의한 평균조도값은 표 5와 같다.

표 5. 시뮬레이션을 이용한 평균조도값

No.	입사광속[lm]	점광원[lx]	선광원[lx]
1	10,000	1,154	1,183
2	10,000	1,075	1,064
3	10,000	1,001	1,000
4	10,000	946	951
5	10,000	905	914
6	10,000	875	886
7	10,000	851	863
8	10,000	832	845
9	10,000	816	830
10	10,000	802	816

### 3.3 평균조도값 비교(유효공간반사율에 의한 평균조도값 기준)

유효공간 반사율에 의한 평균조도값과 시뮬레이션에 의한 평균조도값과의 차이는 표 6과 같다.

표 6. 유효공간 반사율에 의한 평균조도값과 시뮬레이션에 의한 평균조도값과의 차이

No.	유효공간반사율에 의한 평균조도값		시뮬레이션에 의한 평균 조도값(점광원)		시뮬레이션에 의한 평균 조도값(선광원)	
	Lx	%	Lx	%	Lx	%
1	1,200	100	1,154	96	1,183	95
2	1,150	100	1,075	93	1,064	93
3	1,125	100	1,001	89	1,000	89
4	1,100	100	946	86	951	86
5	1,050	100	905	86	914	87
6	1,050	100	875	83	886	84
7	1,025	100	851	83	863	84
8	1,000	100	832	83	845	85
9	975	100	816	84	830	85
10	925	100	802	87	816	88

### 3.4 결과

유효공간반사율을 사용하여 구한 평균조도값과 시뮬레이션에 의해 구한 평균조도값을 비교 검토한 결과 다음과 같다.

가. 유효공간반사율을 사용한 평균조도값과 시뮬레이션에 의해 구한 평균조도값과는 최소 4%~17%정도의 오차가 있다.

나. 광원의 형태가 다를 경우 작업면의 평균조도는 Cavity ratio와 광원의 형태에 따라 달라진다.

## 4. 결론

우수한 조명환경을 위해서 조명의 적절한 양을 정하는 것이 중요하다. 조명의 적절한 양을 정하는 방법으로 유효공간 반사율을 사용한 조도계산이 널리 사용되는데 유효공간반사율을 사용한 조도계산방법은 광원의 형태를 고려하지 않기 때문에 본 논문의 결과와 같이 광원의 형태가 달라질 경우 작업면의 평균조도값이 달라진다.

따라서 유효공간반사율을 사용한 조명계산시 광원의 형태를 고려한 조명계산이 필요하다.

본 논문에서는 작업면의 평균조도를 계산하는 방법을 공간을 모델링하여 시뮬레이션을 통해 조명계산하는 방법을 보여주었다. 공간이 보다 복잡해질 경우 조명계산의 어려움이 있고 계산된 조도값의 오차가 커지게 되는데 본 논문에서 접근한 방법을 사용하면 보다 쉽게 조명계산을 수행 할 수 있고 오차의 값도 줄일 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 지철근외 4명, "조명환경원론", 문운당, p.221, 2004, 02
- [2] IESNA, "Lighting Education" pp.5A-11,12, 1993
- [3] IESNA, "Lighting Education" pp.5A-18,19, 1993
- [4] IESNA, "Lighting Education" p.5A-20, 1993
- [5] 한원우 장우산 이인환, "도로서널에서 최적의 조명기구 위치", 조명·전기설비학회논문지 제18권4호, p4, 2004, 7