

## 조도 계산법

沈 相 萬

(춘천기능대학 전기기술학과 전임강사)

조명설계를 실시하기 위해서는 원하는 조도를 제공하기 위하여 몇 개의 조명기구를 시설하여야 하는지를 알 수 있어야 하고, 따라서 정확한 조도계산법이 있어야 할 것이다. 조도계산법은 설계단계에서 조명을 실시하려는 장소의 조명상황을 예측할 수 있게 해주는 기능을 갖고 있다. 일반적으로 조명설비를 시공하고 난 후에는 이를 변경하는 것이 매우 어려우므로, 설계 단계에서 조명상황을 예측하는 것은 매우 중요하다. 그러므로 적절한 조도를 얻기 위하여 조명이 실시되는 공간의 여러 가지 특성을 알아야 한다. 즉 그 공간의 물리적인 크기, 마감재의 재질에 따른 반사율, 사용되는 등기구의 배광특성 사용하려는 램프의 종류 등을 미리 결정하고, 그 공간의 특성에 적합한 조도설계를 실시한다.

평균조도를 구하는 계산법은 Harrison과 Anderson이 조명 효율에 관한 실험의 결과에 따라 제안한 3배광법으로부터 시작된다. 이 방법은 세계적으로 널리 사용되었으며, 현재 국내에서도 옥내조명의 설계에 있어서 가장 중요한 계산법으로 이용되고 있으나, 상호반사의 효과를 평가하는데 있어서 정확도가 낮아서 적용시에 여러가지 제약이 있으므로, 해외에서는 요즈음 거의 사용되지 않는다.

현재 각국의 조명학회와 국제조명위원회(CIE)

에서는 3배광법보다 정확도가 높은 새로운 옥내 조명계산법을 추천하고 있으며, 이들 중에서 비교적 널리 사용되고 있는 계산법들은 미국의 구역공간법(Zonal Cavity Method;ZCM), 영국의 영국구역법(British Zonal Method;BZM), 국제 조명위원회에서 권고하는 CIE법 등이 있으며, 독일과 프랑스에서는 3배광법을 토대로하여 보다 개선한 방법들을 사용하고 있다. 그 외에도 상기의 방법들과 다른 조도계산법인 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 몬테카를로 시뮬레이션법(Monte Carlo Simulation Method;MCS)과 유한요소, 적분방정식을 이용한 Moon의 해석적인 방법 등이 있다.

위에서 언급한 조도계산법들 중에서 MCS법과 Moon의 해석적인 방법은 비교적 정확도가 높으나 비실용적인 면이 있으며, 실제 조명설계에 많이 사용되는 3배광법과 IES의 ZCM은 실용적이거나 우리나라에서는 이 두가지 방법을 혼용하고 있는 실정이므로, 국내실정에 맞는 조도계산법의 선택이 요청되며 그에 따른 조도계산의 정확도 비교 및 적용한계에 대한 검증이 필요하다.

평균조도의 기초적인 원리와 현재 사용되고 있는 설계법 중에서 대표격이라 할 수 있는 3배광법, 및 IES의 ZCM에 대하여 설명하기로 한다.

### 1. 평균조도계산의 기초

조도계산법에는 평균조도계산법과 조도분포계산법이 있다.

평균조도계산법은 광원으로 부터 방사된 광속이 작업면에 도달하여 얻어지는 조도를 표준적인 계수들을 이용하여 작업면 전체조도의 평균치로 구하는 간략한 방법으로 현재까지 실용적으로 사용되어 오고 있으나 정확한 조도분포를 알아내기가 원리적으로 불가능하다. 조도분포계산법은 실내면 각점에서의 조도분포를 계산하며 정확도는 높으나, 이용법이 복잡하고, 계산용프로그램을 구입해야하는 등의 문제가 있어 현재까지는 대중화에 어려움이 있으므로 그 보급과 이용을 위해서는 앞으로 많은 노력이 필요하다. 광속법에 의하면 전반조명을 실시한 실내에서 작업면의 평균 조도는

$$E_{av} = \frac{F \cdot N \cdot U \cdot M}{A} \quad (1.1)$$

$E_{av}$  : 작업면의 평균조도[lx]

$F$  : 조명기구 1개에 들어있는 램프들의 총광속 [lm]

$N$  : 조명기구의 갯수

$U$  : 조명율

$M$  : 보수율

$A$  : 작업면의 면적[m<sup>2</sup>]

으로 계산된다.

이 식에서 조명율은

$U =$

$$U = \frac{\text{작업면에 입사한 광속}}{\text{조명기구 1개에 들어있는 램프들의 총광속}} = \frac{F_w}{F} \quad (1.2)$$

로 정의 되며,  $F_w$ 는

$$F_w = F_{wd} + F_{wi} \quad (1.3)$$

$F_{wd}$  : 조명기구에서 직접 작업면에 입사하는 광속

$F_{wi}$  : 천정, 벽 등에서의 상호반사를 거쳐 작업면에 입사하는 광속으로 구성된다.

보수율  $M$ 은 시설된 조명장치를 사용함에 따라 램프의 광속과 조명기구 및 실내면의 조명효율이 저감되므로 이를 고려하여 산정한 값이다.

위의 (1.1)식에서 볼 때 조명율과 보수율의 정확한 값을 구하는 것이 전체 조명설계에 대단히 큰 영향을 미치며, 조명율의 경우에는 (1.3)식의 두 항,  $F_{wd}$ 와  $F_{wi}$ 를 정확하게 구하는 것이 중요하다. 단순히 말해서 여러 나라에서 추천되고 있는 조명설계법의 차이는 (1.3)식의 두 항을 구하는 방법의 차이이다. 조명율에 영향을 미치는 요소에는 조명기구의 배광분포, 방의 크기, 형상, 실내면의 반사율, 기구의 배치간격 등이 있다.

### 2. 3배광법

이 계산법은 1916년부터 1920년 사이에 미국의 Harrison과 Anderson이 모형에 의한 실내조도를 실험적으로 구하고 이것을 응용해서 실용화한 실내조명계산법이다. 광원 또는 등기구에서 나오는 전광속을 간접분( $F_i$ ), 수평분( $F_{ii}$ ), 직접분( $F_{di}$ )의 3개의 성분으로 분할하고, 실지수와 천정면 및 벽면의 반사율(바닥면 반사율은 14%로 일정)을 이용해서 구한 직접분 분포계수( $U_i$ ), 수평분 분포계수( $U_{ii}$ ), 간접분 분포계수( $U_{di}$ )를 각각  $F_i$ ,  $F_{ii}$ ,  $F_{di}$ 에 곱한 후 3개의 성분을 합하여 작업면으로 입사하는 유효광속을 구한다. 그리고 이것으로 부터 조명율을 산출해서 작업면의 평균 조도를 계산하는 방법이다.

3배광법을 이용하여 실내면에서 조명율은 다음과 같이 구할 수 있다.

조명율을 구하려면 먼저 실지수( $R_r$ ) 또는 실계수( $K_r$ )를 구하여야 하는데 다음 식으로 구해진다.

$$R_r = \frac{W}{h_r(W + \ell)} \quad (2-1)$$

$$K_r = \frac{1}{R_r} = \frac{h_r(W + \ell)}{W \cdot \ell} \quad (2-2)$$

여기서  $h_r$  : 광원에서 작업면까지의 높이[m]

$w$  : 방의폭[m]

$\theta$  : 방의 길이[m]

위의 식으로 부터 구한 값이 방의 형상을 나타내는 지수가 된다. 즉, R<sub>i</sub>이 크면 바닥면이 넓고 천정높이가 상대적으로 낮은 방이며, R<sub>i</sub>이 작으면 방의 넓이에 비하여 천정높이가 상대적으로 높은 형상이 된다. K<sub>i</sub>은 R<sub>i</sub>의 역수이다.

다음은 광원에서 나온 전광속을 배광곡선으로부터 3개의 성분 즉 간접분(F<sub>I</sub>), 수평분(F<sub>H</sub>), 직접분(F<sub>D</sub>)으로 나누고 각각의 성분은 다음 식으로 구해진다.

$$F_H = \pi I(90^\circ) = 9.87 I(90^\circ) \quad (2.3)$$

$$F_I = F(90^\circ \sim 180^\circ) - \frac{F_H}{2} \\ = F(90^\circ \sim 180^\circ) - 4.93 I(90^\circ) \quad (2.4)$$

$$F_D = F(0^\circ \sim 90^\circ) - \frac{F_H}{2} \\ = F(0^\circ \sim 90^\circ) - 4.93 I(90^\circ) \quad (2.5)$$

I(90°): 수평방향의 광도

F(0°~90°): 광원의 중심에서 수직으로 바닥 방향을 0°로 할 때 0°에서 90° 사이의 전광속 (하향광속)

F(90°~ 180°): 90°에서 180°사이의 전광속 (상향광속)

그리고 각 성분의 분포계수 U<sub>i</sub>, U<sub>H</sub>, U<sub>D</sub>는 Harrison & Anderson의 실험결과를 실지수, 천정 및 벽면의 반사율에 대하여 정리한 도표를 이용하여 구한다.

또한 직접분 분포계수만은 0°에서 40°사이의 배광이 넓으나 좁으나에 따라 다소 보정할 필요가 있는데 직접분에 대한 분포계수표에서 실계수와 천정 및 벽면의 반사율을 적용하여 값을 구하고, 그 값에 (2.6)식에서 구한 결과가 다음과 같은 범위인 경우 주어진 도표에서 보정치를 구하여 가감 한다.

$$\frac{F(0^\circ \sim 40^\circ) - 0.65 I(90^\circ)}{F(0^\circ \sim 90^\circ) - 4.93 I(90^\circ)} \times 100\% \quad (2.6)$$

35~40% ( 35% 이하) : Broad distribution

40~45% : Medium distribution(보정이 필요 없음)

45~50% (50% 이상) : Narrow distribution

이상에서 각 광원 또는 등기구에서 작업면에 입사하는 유효광속은 광속의 3개 성분에 각각의 성분에 해당되는 분포계수를 곱해서 더하면 얻어진다.

즉 유효 광속 (F<sub>T</sub>)는 다음과 같다.

$$F_T = U_i \cdot F_I + U_H \cdot F_H + U_D \cdot F_D \quad (2.7)$$

따라서 조명율 U는

$$U = \frac{F_T}{F} \quad (2.8)$$

F : 램프의 총광속 이다.

그리고 작업면상의 평균조도 E<sub>av</sub>는

$$E_{av} = \frac{F \cdot U \cdot N \cdot M}{A} = \frac{F \cdot U \cdot N}{A \cdot D} \quad (2.9)$$

여기서 E<sub>av</sub> : 작업면의 평균조도[lx]

A : 방의 바닥면적[m<sup>2</sup>]

N : 램프의 갯수

M : 보수율

D : 감광 보상율(D =  $\frac{1}{M}$ )이다.

### 3. 구역공간법(Zonal Cavity Method; ZCM)

여기에서는 미국의 ZCM법을 소개하고 이용률(Coefficient of Utilization; CU)과 보수율(Light Loss Factor; LLF)을 산정하고 이용하는 방법에 대하여 설명한다.

이 계산법은 건축물의 실내에 조명을 실시할 경우, 작업면 또는 바닥면에서의 평균조도를 계산하는 방법이다. 이 방법을 이용하여 평균조도를 계산할 경우 다음 사항에 유의하여야 한다.

① 이 계산법의 계산순서는 국내에서 기존 이용되고 있던 3배광법(통칭 광속법)과 거의 같으며, 이용률(Coefficient of Utilization; CU)은 조명률과, 광손실률(Light Loss Factor; LLF)은 유지율(Maintenance factor, 감광보상률의 역수)과 같은 의미를 가지고 있다. 그러나 방의 형상을 나타내는 공간비율(Cavity Ratio; CR)은 3배

광법의 실지수와 반비례하며, 천장 및 바닥의 반사율을 고려하는 방법에서 구역공간법과 3배광법이 서로 다르므로 이용률과 조명을 사이에 호환성은 없다.

② 구역공간법, 3배광법, CIE(국제 조명위원회)법 등, 평균조도를 계산하는데 이용되는 광속법은, 비교적 큰 실내에서 다수의 전반 조명기구를 사용할 때 작업면에 입사하는 평균적인 광속을 계산하는 것이므로, 소형의 방에서 한 두 개의 조명기구를 사용하는 경우나 복도와 같이 좁고 긴 형상의 실내의 경우에는 계산 결과의 오차가 상대적으로 커진다.

③ 광속법은 직육면체의 방에서 벽면의 반사율이 모두 같은 경우에 평균조도를 계산하는 것이다. 방의 형태가 직육면체가 아닌 경우 비슷한 형태의 직육면체로 치환하거나 여러개의 직육면체로 분할하여 계산한다. 또 각 벽면의 반사율이 크게 차이나는 경우에는 반사율의 면적가중 평균치를 취하여 계산한다.

④ 같은 조명기구를 동일 갯수 사용하더라도 배열방식에 따라 조도가 달라진다. 이 계산법은 조명기구를 균등하게 배치한 경우에 대하여 평균조도를 산출하며, 천장의 일부에 편중되어 있거나 벽면에 취부한 경우 오차가 발생한다.

⑤ 이용률은 방이 비어 있고, 실내 각 면이 완전확산 반사를 한다는 가정하에 계산된 것이다. 이를 이용하여 계산된 평균조도는 작업면에 입사하는 총 광속을 작업면의 면적으로 나누어 계산된 것으로, 작업면상의 여러 점에서 조도를 측정하여 계산한 평균치와는 매우 다를 수 있다.

ZCM은 미국 조명학회(IES)에서 1964년 부터 개발하여 추천해온 방법으로 꾸준히 개선되고 있으며, 그 개요는 다음과 같다. 조명설계를 행하려는 방의 천정, 벽, 바닥의 반사율이 각각  $\rho_c, \rho_w, \rho_f$ 일 때, 그림 1에서와 같이 방을 천정과 조명기구 사이의 천정공간, 조명기구와 작업면 사이의 방공간, 작업면과 바닥사이의 바닥공간으로 구분한다.

그리고 각 공간의 형태와 반사율에 따라 천정공간을 유효반사율  $\rho_{cc}$ 의 면으로 치환하여 방공간의 가상천정으로 하고 바닥공간을 유효반사율

$\rho_{fc}$ 의 면으로 치환한 후 이를 방공간의 가상바닥으로 생각하여 방공간에서 조명율을 구하는 것이다.

유효반사율  $\rho_{cc}, \rho_{fc}$ 는  $\rho_c, \rho_w, \rho_f$ 와 천정공간 바닥공간 형태의 함수로 되며 여기서 천정, 바닥공간과 방공간의 형태는 공간계수(Cavity Ratio)K로 나타낸다.

$$K_{cc} = \frac{5 \cdot h_{cc} \cdot (w + l)}{w \cdot l} \quad (3.1)$$

$$K_{fc} = \frac{5 \cdot h_{fc} \cdot (w + l)}{w \cdot l} \quad (3.2)$$

$$K_{fc} = \frac{5 \cdot h_{fc} \cdot (w + l)}{w \cdot l} \quad (3.3)$$

$K_{cc}, K_{fc}, K_{fc}$ : 천정, 방, 바닥공간의 공간계수  
 $h_{cc}, h_{fc}, h_{fc}$ : 천정, 방, 바닥공간의 높이[m]  
 $w, l$ : 방의 폭과 길이[m]

위의 (3.1), (3.3)식에 의해 천정과 바닥의 공간계수  $K_{cc}, K_{fc}$ 를 계산하면 천정과 바닥의 유효반사율을 계산할 수 있으며 또한 도표에서 찾아 볼 수도 있다.

즉,  $K_{cc}$ 값이 클수록 좁고 천정이 높은방을 나타내며,  $K_{cc}$ 값이 작을 수록 넓고 천정이 낮은 방을 나타내어 3배광법의 실지수와는 반대의 경향을 나타낸다. 방공간계수  $K_{fc}$ 는 종래의 3배광법

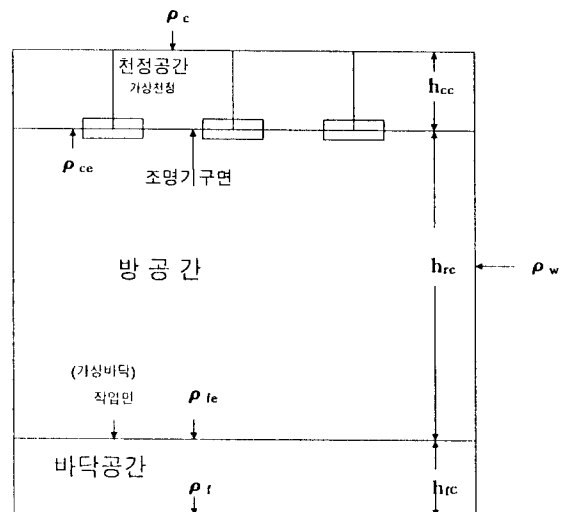


그림 1. 구역공간법에서 방의 공간  
 Fig. 1. Cavities of the room in ZCM

에서 사용되던 방지수 R,과

$K_{rc}$ ,  $R_r=5$ 의 반비례 관계가 있다.

이상에서 구해진  $\rho_{ca}$ ,  $\rho_{rc}$ 와  $K_{rc}$ , 그리고  $\rho_w$ 를 이용하여 각각의 조명기구에서 주어진 이용률표에 의하여 해당되는 이용률을 찾아낸다.

보통 조명기구의 카탈로그에 주어진 이용률은  $\rho_{rc}$ 가 0.2인 경우의 값들이며  $\rho_{rc}$ 가 이 값과 차이가 있을 때에는 적당한 배율을 도표에서 찾아 이용률에 곱해 준 것이 정확한 이용률이 된다. 즉 ZCM은 조도계산의 대상인 실내전체를 천정, 벽, 바닥 반사율이  $\rho_{ca}$ ,  $\rho_w$ ,  $\rho_{rc}$ 인 방공간 크기의 방으로 치환하여 이용률을 계산하는 것이다.

ZCM에서의 이용률은 다음과 같이 구할 수 있다.

이용률은 조명기구내에 들어있는 램프들이 발산하는 총광속중에서 작업면이 입사하는 광속의 비를 나타내는 것으로서 조명기구의 배광분포, 방의 형상, 실내면의 반사율 등에 따라 변화하는 값이다

조명기구에서 나오는 광속 중 상향하는 광속이나, 하향하는 광속 중 직접 작업면에 입사되지 않는 광속은 작업면이 아닌 다른 면에 입사하여 흡수, 또는 반사 되며 빛의 일부는 작업면에 입사하게 된다. 이렇게 한 번, 또는 여러번의 반사를 거쳐 작업면에 입사하는 광속은 광속 전달 이론에 의해 계산된다. 또한 하향 광속중 작업면에 직접 입사하는 광속은 방의 구조에 따른 직접비에 의해 계산된다. 이러한 광속을 합하여 이용률(Coefficient of Utilization; CU)을 구할 수 있다.

조명기구에서의 방출광속이 시간에 따라 감소하는 것을 여러 가지 요인으로 분석하고 이 경향을 광손실율(Light Loss Factor; LLF)로 표현한다.

광손실율은 조명기구에서 예상되는 광출력의 저하를 나타내며, 주기적인 보수가 있을 때 까지 최소요구 조도를 유지하려는 것이다.

광손실율은 회복 가능 요인과 회복 불가능 요인 두가지로 구분할 수 있다.

회복 가능 요인은 정기적인 보수, 즉 청소, 램프 교체, 도색 등에 의하여 회복될 수 있는 요인

을 말한다. 회복 불가능 요인은 장치나 설치 장소에 기인한 요인들로서 일반적인 보수에 의해 변화하지 않는 요인들이다.

(1) 회복 불가능요인

- 1) 조명기구 주위온도 요인(Luminair ambient temperature factor)
- 2) 열방출 열적 요인(Heat extraction thermal factor)
- 3) 공급전압 요인(Voltage-to-luminair factor)
- 4) 안정기 요인(Ballast factor)
- 5) 안정기-램프 광학적 요인(Ballast-lamp photometric factor)
- 6) 장치 작동 요인(Equipment operating factor)
- 7) 램프 기울임 요인(Lamp position (tilt) factor)
- 8) 조명기구 표면열화 요인(Luminair surface depreciation factor)

(2) 회복가능 요인

- 1) 램프 광출력 감소 요인(Lamp lumen depreciation factor; LLD)
- 2) 조명기구 먼지열화 요인(Luminair dirt depreciation factor; LDD)
- 3) 실내면 먼지열화 요인(Room surface dirt depreciation factor; RSDD)
- 4) 램프 수명 요인(Lamp burnout factor; LBO)

광손실율의 각 요인들을 상호 독립적이며 각요인 들에 의해 산출된 계수들을 모두 곱하여 최종적인 광손실율이 구해진다.

위의 방법으로 구해진 CU와 LLF를 이용하여 ZCM에서의 평균조도  $E_{av}$ 는

$$E_{av} = \frac{F \cdot N \cdot (CU) \cdot (LLF)}{A} \quad (3.4)$$

로 구해지며 여기서

$E_{av}$  : 작업면의 평균조도 [lx]

F : 조명기구 1개내에 들어있는 램프의 총광속 [lm]

N : 조명기구의 갯수

CU : 이용률  
 LLF : 광손실율(보수율과 같은 의미)  
 A : 방의 면적(m<sup>2</sup>)이다.

#### 4. 조도계산법의 비교

조명설계의 근간이 되는 평균조도 계산은 주어진 방에 조명기구를 설치할 때 평균조도가 얼마나 되는지 계산하는 것이다.

조도에 영향을 미치는 요소는 매우 많으나 크게 분류하면 방에 관련된 요소(방의 크기, 반사율, 조명기구 설치높이, 작업면 높이 등)와 조명기구에 관련된 요소(배광곡선, 안정기율, 램프광속, 수명, 전압 등)로 구분 되는 데 이러한 요소들을 충분히 고려하여야 정확한 조도계산이 된다.

필자가 실내면에서 완전확산조명기구나 직접조명기구를 설치하였을때 조도에 영향을 주는 요소, 즉 실내면의 크기, 광원의 위치, 각 부분의 반사율, 광원의 갯수 등을 변화 시키면서 실내면의 조도값을 MCS법, 3배광법, ZCM으로 구하여 정확도가 높은 MCS법에 3배광법과 ZCM을 각각 비교하는 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

##### 가. 방의 크기 변화에 따른 평균조도 비교

실내면에서 전반확산형, 직접조명기구를 광원의 수[9개], 광원의 위치, 천정과 벽면의 반사율을 고정 시킨 상태에서 정사각형의 방의 한변의 길이를 3[m]에서 부터 30[m]까지 변화를 주었다. 계산결과에 따르면 전반확산조명기구에서 평균오차는 3배광법에서는 16.5[%] ZCM은 9.8[%] 오차의 범위는 3배광법에서 57[%] ZCM은 27[%]가 나타났다. 또 직접식 조명기구에서 평균오차는 3배광법에서 16.1[%] ZCM은 5.1[%] 오차의 범위는 3배광법에서 51[%] ZCM은 19[%] 오차가 나타났다. 위 결과에서 광원의 형태와는 관계없이 3배광의 평균조도 오차가 크고 오차의 범위와 오차가 균일하게 되는 범위도 작아서 ZCM이 정확함을 알 수 있었다. 또 같은 조건에서 두가지 방법 모두 방의 크기가 작은 공간에서 평균조도 오차가 심하고 방공간이

커질 수록 오차는 점점 적어짐을 알 수 있었다.

##### 나. 광원의 수 변화에 따른 평균조도 비교

방의 크기 변화시 오차가 가장 적게 나타난 직접 조명기구를 설치한 10[m]×10[m]의 방의 크기에서 광원의 갯수를 1개에서 64개 까지 변화시켜 MCS법, ZCM, 3배광법으로 평균조도값을 구하고 각각 비교한 결과 동일한 공간에서 3배광법은 광원의 수가 적어지면 평균조도 오차가 커지고 광원의 수가 점점 증가하면 할 수록 오차가 감소 되는데, 광원의 수가 16개에서 오차의 최소치가 되면서 다시 오차가 증가 하였다. 또 ZCM의 경우는 광원의 수가 증가 되면 오차가 점점 감소하여 오차의 최소치에 수렴하는 것으로 보아 ZCM보다 3배광법의 평균조도 오차가 크게 나타날 것으로 예상된다.

##### 다. 실내 반사율에 따른 평균조도 비교

방의 크기가 10×10×3.0[m]인 실내공간에서 직접 조명기구를 설치하고, 조도에 영향을 주는 다른 요소들을 고정시키고 각면의 반사율을 변화시켜 MCS법, ZCM법, 3배광법으로 평균조도값을 구하고 각각 비교한 결과 3배광법과 ZCM에서 각면의 반사율이 낮은 경우에는 평균조도가 낮게 나타나며, 반사율이 높으면 높을 수록 평균조도는 높아진다. 반사율이 저하되면 평균조도가 저하되므로 실제 적용시제 시설관리 유지보수 측면에서도 충분히 고려가 되어야 한다.

##### 라. 방의 형태 변화에 따른 평균조도 비교

방의 길이 및 직접 조명기구의 갯수를 고정시키고 방의 폭을 변화 시킨 공간에서 MCS법, ZCM, 3배광법으로 평균조도 값을 구하여 각각 비교한 결과 평균오차는 3배광법에서 8.8[%] ZCM은 1.7[%] 오차의 범위는 3배광법에서 16[%] ZCM은 7[%] 오차의 균일하게 되는 범위는 3배광법이 작게 나타났다. 그러므로 동일한 조건에서 3배광법 보다 ZCM이 오차가 작음을 알 수 있었다. 또 복도와 같이 폭이 좁고 길이가 긴 공간일 수록 평균조도는 오차가 점차적으로 크게 나타나고 방공간이 커지면서 정방형에 가까

위질 수록 오차는 점점 적게 나타났다. 따라서 폭이 좁고 길이가 긴 공간에서 평균조도법의 적용은 곤란하며 보다 정확도가 높은 새로운 조도 계산법이 요청된다.

## 5. 결 론

이와같이 광속법을 소개 하였다. 실내면에서 조도에 영향을 주는 여러 요소들을 변화시켜 조명을 하였을 때 실내면의 조도값 계산에 대해 3 배광법과 ZCM을 비교한 결과 ZCM이 우수한 것으로 판단되며, 앞으로 ZCM을 우리나라의 실정에 맞게 변형하고, 사용하기 쉬운 소프트웨어의 개발과 보급이 요구된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 현대 조명환경 시스템, 대한전기협회 출판부, 1987.
- 2) 지철근, 조명공학, 문운당, 1994.
- 3) 조명설계 표준화에 관한 연구, 상공자원부 에너지절약 기술개발사업 중간보고서, 1994.9.
- 4) 室内照明設計法 石野幸三 森北出版株式會社, 1971.
- 5) Kaufman, J.E., ed., IES Lighting Handbook, Reference

- Volume, I.E.S. of North America, 1987, New York
- 6) Joseph B.Murdoch, Illumination Engineer From Edison's Lamp to the Laser
  - 7) 김 훈, 몬테카를로법을 이용한 실내조도계산법, 학술진흥재단 지방 대육성과제, 1991.
  - 8) 지철근, 김 훈, 송민호, 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 실내면의 조도계산에 관한연구, 조명.전기설비학회지, 1992년 4월호
  - 9) 김 훈, 조명율과 보수율, 조명. 전기설비학회지, 90년 6월호
  - 10) 김 훈, 김창섭, 심상만, "몬테카를로 시뮬레이션을 기준으로 한 조도계산법의 정확도 평가", 한국 조명·전기설비학회지, Vol.10.NO.2, PP.46~52, 1996.

### ◇ 著 者 紹 介 ◇



심 상 만(沈相萬)

1955年 8月 20日生, 1993年 서울産業大 電氣工學科 卒, 1995年 江原大産業大學院 電氣工學科 卒(碩士), 現在 春川技能大學 電氣技術學科 專

任講師