

광속법에 의한 조도계산에 있어서 실지수 0.6 이하에서의 조명률 적용에 관한 연구

(A Study on applying the utilization factor for the room index under 0.6 in illuminance calculation by the lumen method)

조경남* · 최병숙 · 신강욱 · 김성수 · 최홍규

(Kyung-Nam Cho · Byoung-Sook Choi · Gang-Wook Shin · Seong-Soo Kim · Hong-kyoo Choi)

요 약

현재 국내에서 실내의 평균조도를 계산하는데 있어서 가장 많이 사용되고 있는 조도 계산법은 광속법이다. 광속법에 의한 조도계산은 거실(넓은방)에서는 어려움이 없으나 협실(좁은방)에서는 실지수에 따른 조명률 적용에 문제가 생긴다. 즉, 실지수가 0.6 이하에서는 광원고가 더 높아지더라도 조명률 적용이 같으므로 실제로는 조도가 떨어지는데 조도계산 상에는 조도가 같게 나올 수밖에 없다. 본 연구에서는 구역 공간법에 의한 조도계산을 하여(독일 LMT 회사의 'LMT GO 1900' 프로그램 이용) 그 결과를 활용하여 작은방에서도 광속법에 의해 조도계산을 할때 실지수에 따른 조명률에 계수를 적용하여 조명률에 실질적인 차이를 만들어서 실지수는 다른데 조도 계산치는 똑같이 나오는 불합리성을 다소나마 해소하도록 하였다.

1. 서 론

조명의 주된 목적은 편안하고 효율적으로 제시 되는 재료나 정보를 볼 수 있게 하는데 있다. 시각은 우리들에게 물체의 모양, 색, 밝기 등을 알려주며, 우리들이 가지고 있는 지식의 80%는 시각에 의해 얻는 것으로 추정된다.

시력은 한마디로 눈의 해상력이다. 시력을 좌우하는 것이 여러 가지가 있겠으나 그 중의 하나가 밝기이다. 실내 밝기를 계산하는 조명 설계는 크게 옥내 조명 설계와 옥외 조명 설계로 구분하여 설명할 수 있으나 양자 어느 것이나 명시적이고 분위기 있는 조명 설계를 하여 가장 이상적인 설계가 되도록 하여야 한다.

조명 설계 시, 원하는 조도를 얻기 위해서는 설치하여야 할 조명 기구의 개수를 알 수 있어야 하고, 또한 정확한 조도 계산을 하여야 한다. 조도계산은 조명 설계 단계에서 조명 설비를 실시하려는 장소의 조명 상황을 예측할 수 있게 한다.

조도가 낮거나 지나치게 강하면 시력이 저하되고, 피로의 원인이 되며, 작업능률의 저하, 안구진탕증 등을 유발하고 정신 기능에도 작용한다.

조명이 나빠 조도가 낮으면 눈의 피로를 증가시켜 굴절 이상의 원인이 될 수도 있다. 따라서 적절한 조도 계산을 위해서는 조명이 설치되는 공간의

물리적인 크기, 마감재의 재질에 따른 반사율, 사용되는 등 기구의 배광 특성, 사용하는 램프의 종류 등을 미리 결정하고, 그 공간의 여러 가지 특성을 알아야 한다. 이로 인해 조명을 설치하려는 공간의 특성에 적합한 조명 설계를 한다.

평균조도를 구하는 계산법은 Harrison과 Anderson이 조명 효율에 관한 실험의 결과에 따라 제안한 광속법이 세계적으로 널리 사용되었으며, 현재 국내에서도 옥내 조명의 설계에 있어서 가장 중요한 계산법으로 이용되고 있다.

그러나 이 방법은 광원고에 따라 실지수의 차이가 나고 또 이 실지수 차이에 따라 조명률의 차이가 생겨 최종 조도 계산치에 차이를 주어야 하는데 실제 실무에서 경험한 바로는 지하 전기실이나 기계실등의 기능성 실내의 부속실 같이 층고는 높고 좁은 실내에서의 조도 계산은 실지수가 0.6 이하로 산정이 되면 그 이후로는 아무리 광원고가 높아 진다해도 조도 계산치는 변함이 없다는 것을 발견했다.

좁은 실내에서의 조도 계산치 불합리성에도 불구하고 조명배치를 대부분 현장 시공업자들의 경험이나 건축주의 감각에 의하여 결정되는 경우가 대부분이며 체계적인 연구와 방법을 통하여 설계 단계에서 조도 분포를 예측하여 조명 방식에 적용되는 경우는 드문 현실이다.

그리하여 본 논문에서는 이러한 불합리성을 조금이나마 바로 잡기 위하여 좁은 실내에서 실지수가 0.6 이하로 계산된 곳에 조명률을 적용시 적절한 계수를 첨부하여 실제 조도에 가까운 계산치를 구하고자 하는데 노력하고자 한다.

또한 본 논문의 구성은 1 장에서는 서론, 2 장에서는 광속법에 대한 설명을, 3 장에서는 조명률 계수를 구하기 위한 다양한 형태의 실크기와 등기구에 따른 조도 계산 비교 검토, 4 장에서는 3 장의 결과를 가지고 실지수에 따른 적절한 조명률 계수를 결정하는 결론으로 구성한다.

2. 조명 설계 계산

2.1 광속법에 의한 평균조도 계산

시설에 필요한 조도를 주기 위해서 적절한 특성을 갖는 램프와 조명기구를 선택하여 소요기구나 배치를 결정해야만 한다. 여기서 조도를 얻기 위해서 필요한 조명기구의 수 혹은 역으로 조명기구를 배치한 경우에 얻을 수 있는 조도의 값을 미리 예측할 필요가 있다. 이와 같은 목적 때문에 이용하는 조명계산법이 광속법이다.

광속법은 시설에 부착된 다수의 조명기구에 의해 피조면의 평균조도(피조면에 입사하는 단위면적당의 광속)가 어떻게 되는지 구하거나 필요한 조도를 알고 있는 경우에는 그 시설에 조명기구를 몇 대 설치 할 것인가를 구하는 계산법이다.

2.2 전반 조명 설계

옥내 조명에서는 광원으로부터의 직사광 이외에 실내면 및 가구로부터의 상호반사에 의한 확산광을 고려하여야 한다. 전반조명설계는 에너지 보존 법칙을 응용한 광속법(lumen method)을 이용한 것으로서 방 전체의 균일한 조도를 얻기 위한 것이다.

조도를 계산하기 위해서는 조명률(utilization factor)을 사용하면 쉽게 얻어진다. 광속법에 의한 설계 과정은 다음과 같은 순서로 이루어진다.

- ① 광원의 선택
- ② 조명기구의 선택
- ③ 조명기구의 간격과 배치
- ④ 필요한 조도의 결정
- ⑤ 방지수의 결정
- ⑥ 조명률의 결정
- ⑦ 유지율의 결정
- ⑧ 램프의 크기 계산

2.2.1 광원의 선택

연색성과 눈부심을 고려한 광색, 광질과 밝음, 그리고 보수유지를 감안한 수명, 경제면에서의 효율 등이 조명하려는 목적에 적합하도록 광원을 선택한다. 양품점, 양복점, 식료품점 및 염색실 등의 색채를 위주로 하는 곳의 조명은 무엇보다도 연색성을 주로 고려하여야 하므로 광색에 중점을 두어야 하고, 높은 천장, 도로 및 투광 조명에는 보수유지와 경제면을 우선하므로 효율과 수명에 중점을 두어 광원을 택하여야 할 것이다.

옥내조명용 광원으로는 보통 백열전구, 형광등, 할로젠등을 주로 사용하고 옥외용으로는 나트륨램프, 수은등, 메탈할라이드등, 크세논램프 등이 널리 사용된다.

2.2.2 조명기구의 선택

작업 목적에 알맞게 조명기구의 방식에서 특성과 형태 등을 고려하여 선택하되 다음 사항을 기초로 하여야 한다.

- ① 작업장의 특색
- ② 재료의 특징
- ③ 직사 눈부심이 일어나지 않을 것
- ④ 반사 눈부심이 적을 것
- ⑤ 설비의 효율
- ⑥ 수직면과 경사면 위의 조도
- ⑦ 진한 그림자가 일어나지 않을 것
- ⑧ 유지 관리가 용이할 것

앞의 사항들이 적당하고 안락한 조명 방식을 얻는 요소들이다. 휘도의 한계는 일의 종류와 노출된 상태에 따라서 정해진다. 시야 내의 광원의 휘도는 0.5cd/cm²를 초과해서는 안되지만, 오랜 시간의 계속적인 작업이거나 눈에 광원이 노출된 곳에서는 0.5cd/cm²의 1/3로 감소되어야 한다.

기구의 각 부분간의 휘도나 또는 기구와 주위와의 비는 3:1을 초과해서는 안 된다. 기구로부터의 직사 눈부심을 없앨 수 있으나 불쾌한 반사 눈부심은 남게 된다. 이 반사 눈부심은 기구의 배치로서 제거할 수 있으나, 기구의 적당한 선택으로 근본적으로 휘도와 확산을 조절하는 것이 더욱 좋다. 경사면이나 수직면이 크게 문제되는 조명설비에서는 국부조명기구나 넓은 각도로 배광하는 기구를 설비하여야 한다. 기구 효율이 점등비를 좌우하므로 이를 충분히 감안하여야 한다.

2.2.3 실지수의 결정

실의 크기와 형태는 빛의 이용에 많은 영향을 미치고 있다. 넓고 천장이 낮은 방은 좁고 천장이 높은 방에 비하여 빛의 이용률이 좋은 것은 방바닥 면적에 비례하여 빛을 흡수하는 벽의 면적이 적어지기 때문이다. 그러므로 실 지수는 빛의 이용에 대한 실의 크기의 치수로

나타낸다.

※ 계산법

실지수(R) : 실 형상, 크기, 광원의 위치에 따라 결정되는 계수는 다음과 같다.

$$\text{실지수 } (R) = \frac{X \times Y}{H \times (X + Y)}$$

간접·반간접 조명일 때는 다음과 같다.

$$\text{실지수 } (R) = \frac{3}{2} \times \frac{X \times Y}{H \times (X + Y)}$$

X : 가로

Y : 세로

H : 작업 면에서 광원까지 높이[m]

표 1. 실지수 표
Table 1. Room Index Specification

기호	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
실지수	5.0	4.0	3.0	2.5	2/0	1.5	1.25	1.0	0.8	0.6
범 위	4.5	4.5	3.5	2.75	2.25	1.75	1.38	1.12	0.9	0.7
	이상	3.5	2.75	2.25	1.75	1.38	1.12	0.9	0.7	이하

실지수 기호가 꼭 맞아 떨어지지 않을 경우는 가까운 기호를 구한다. 이 실지수와 실내 반사율로부터 각종 조명 기구의 조명률 표에 해당하는 조명률을 구한다.

2.2.4 조명률의 결정

조명률(U ; Utilization factor) : 조명률은 광원의 전체 광속과 작업면 위에 오는 유효광속과의 비로, 실지수 및 실내 반사율, 기구의 배광, 효율로부터 구한다. 따라서 조명률이라는 것은 조명시설 전체로서의 종합적인 조명 효율이라 말할 수 있다.

2.2.5 보수율의 결정

(1) 보수율(M ; Maintenance factor)

실내, 기구등의 먼지, 램프 광속저하 등에 따라 평균조도는 저하하지만, 소요되는 평균조도를 유지하기 위해 계산하여 이 조도 저하에 맞는 계수를 유지해 주면 설계조도를 유지할 수 있다. 이 계수가 보수율로 기구의 구조, 실내 먼지 상태에 따라 다른 값이 나오고, 조명률표와 함께 기입되어 있다. 보수율은 광원에 보수, 청소 상태가 좋은 실내에서는 양호하고, 또 공장 등 먼지가 많은 곳에서 청소가 곤란한 장소는 양호하지 못한다.

전구 필라멘트의 증발에 따르는 발산광속의 감소

와 유리구 내면에서의 흑화 또는 조명기구 및 실내반사면이 먼지의 축적으로 점차 더러워져서 반사율도 내려가기 때문에, 조명 설비를 사용함에 따라서 작업면 위의 조도는 점차 감소한다. 이와 같은 조도의 감소를 예상하여 소요전광속에 여유를 취해 둘 필요가 있다. 이와 같이 여유를 취하는 정도를 감광 보상률(depreciation factor) 또는 보수율(maintenance factor)이라 한다.

백열전구를 사용할 때 보통 깨끗한 곳에서는 30%, 특히 먼지가 많은 곳에서는 100%의 여유를 보며, 전자의 경우 보수율은 0.77, 후자의 경우는 0.5로 본다. 형광등은 0.77부터 0.42까지 보고 있다. 그런데 근래에는 감광 보상률 대신에 이의 역수인 보수율을 사용한다. 복잡한 보수율을 사용하는 이유는 방전등의 특성 때문이다. 즉 광도 감소의 구배가 급하여 수명의 끝부분에서는 대단히 어두워지기 때문이다.

(2) 보수율(M)의 산출

$$M = M_e \times M_d \times M_r \times M_w$$

M_e = 램프 자신의 노화에 의한 광속 유지율

M_d = 램프 및 조명 기구의 먼지에 의한 광속 유지율

M_r = 기구 내면 재질 노화에 따른 광속 유지율

M_w = 벽면, 천장면, 바닥면 등의 먼지·변색·퇴색에 의한 광속 유지율

그러나 기구의 형상, 재질, 사용장소의 상황(실내 형태, 작업내용 청소기간, 광원의 사용기간 등)의 조건이 다르기 때문에 보수율의 값을 결정하는 것은 어려운 일이다. 일반 기계공장에서는 연 1회 청소를 하여 램프 표면 및 반사판 먼지상태는 각기 10~20[%] 정도인 것이다.

따라서 램프 자체의 노화에 의한 광속 유지율을 20[%], 램프 및 조명 기구 먼지 상태에 의한 광속 유지율을 10[%], 기구내면 재질 노화에 따른 광속 유지율을 5[%], 벽면, 천장면, 바닥면의 먼지·변색·퇴색에 따른 광속 유지율을 5[%]로 가정하고 초기를 1로 하면 보수가 양호한 높은 천장 옥내 경우는 다음과 같다.

$$M = M_e \times M_d \times M_r \times M_w$$

$$= 0.8 \times 0.9 \times 0.95 \times 0.95$$

$$= 0.6498 \approx 0.65$$

보수가 보통인 높은 천장옥내 경우는 다음과 같다.

$$M = M_e \times M_d \times M_r \times M_w$$

$$= 0.8 \times 0.8 \times 0.9 \times 0.95$$

$$= 0.5776 \approx 0.58$$

보수가 곤란한 높은 천장 옥내 경우는 다음과 같다.

$$M = M_e \times M_d \times M_r \times M_w$$

$$= 0.8 \times 0.8 \times 0.9 \times 0.9$$

$$= 0.5472 \approx 0.55$$

상기 보수율은 일반적인 높은 천장 공장에서 반사형 조명 기구를 사용한 경우이지만 반사형 수은램프 등 조명 기구를 사용하지 않을 경우는 다음과 같다.

$$M = M_e \times M_d \times M_w$$

$$= 0.89 \times 0.95 \times 0.95$$

$$= 0.722 \approx 0.72 \text{ (보수가 양호한 경우)}$$

$$M = M_e \times M_d \times M_w$$

$$= 0.8 \times 0.85 \times 0.95$$

$$= 0.646 \approx 0.65 \text{ (보수가 보통인 경우)}$$

$$M = M_e \times M_d \times M_w$$

$$= 0.8 \times 0.75 \times 0.95$$

$$= 0.57 \text{ (보수가 곤란한 경우)}$$

(3) 광원의 수 결정

천장 조명에 의한 조도 및 등수 계산은 다음과 같이 구해진다.

$$\text{평균 조도 } E = \frac{F \times N \times U \times M}{A} \text{ [lx]}$$

$$\text{광원의 수 } N = \frac{E \times A}{F \times U \times M} \text{ [개]}$$

E : 평균조도 또는 설계조도 [lx]

F : 사용하는 램프의 전광속 [lm]

A : 조명되는 면적(바닥면적) [m²]

U : 조명을 구하는 방법 및 각 조명 기구의 조명률 표 참조

M : 보수율 참조

N : 광원의 수 또는 사용된 등수

2.2.6 설계 계산의 순서

- ① 실면적을 구한다. [m²]
- ② 필요한 조도를 정한다. [lx]
- ③ 사용기구를 정하고 램프 광속을 안다. [lm]
- ④ 광원 기구의 설치 높이를 정한다. [m]
- ⑤ 실지수를 조사한다.
- ⑥ 천장, 벽의 반사율을 조사한다.
 - 천장 : 75[%], 50[%], 30[%]
 - 벽 : 50[%], 30[%], 10[%]

이 중에서 가장 실제에 가까운 반사율을 취한다.

- ⑦ 조명률을 조사한다.(U) : 사용할 조명 기구의 조명률표에서, 위의 실지수와 천장, 벽의 반사율에 대응한 조명률을 찾는다.
- ⑧ 보수율을 조사한다.(M) : 사용할 조명기구의 조명률 표에서, 보수의 정도(양, 중, 부)에 대응하는 보수율을 구한다.
- ⑨ 계산 : 다음식에 각 수치를 대입하여 기구소요수를 구한다.
- ⑩ 배치를 정한다 : 작업면에 균등한 조도를 얻을 수 있도록 균등하게 배치한다.
기구 상호간격은 조명률 표에 표기된 최대 설치 간격 이내이며 다음과 같이 한다.
기구와 기구의 사이 $S \leq 1.5H$
기구와 벽의 사이 $S_0 \leq S/3$
- ⑪ 배치 및 배선의 검토 : 계산으로 얻어진 조명기구를 건물이 구조, 설치 방법, 배선 방법 등을 고려하면서 설치등 수 및 그 배치를 정한다.

2.3. 조도계산 조건

- (1) 기준조도 : 300[lx] ~ 600[lx]
- (2) 작업면 높이 : 0[m]
- (3) 반사율 : 천장 50[%], 벽 50[%], 바닥 30[%]
- (4) 형광램프의 광속 : 5600[lm]
- (5) 조명기구형태 : FL 32Wx2 매입하면 개방형
FL 32Wx2 갓형(펜던트형)
FL 32Wx2 삼각직부형
- (6) 조명률 : 표9, 10, 11의 조명기구 형태별 조명률표 참조(동화실업주식회사, 'catalog' 참조)
- (7) 보수율 : FL 32Wx2 매입하면 개방형 : 0.72
FL 32Wx2 갓형(펜던트형) : 0.67
FL 32Wx2 삼각직부형 : 0.77
(기다리, '조명설계의 기술계산' 참조)
- (8) 실크기 : 3m×4m, 3m×5m, 4m×4m, 5m×5m 등의 4가지 형태
- (9) 광원고 : 2.4m, 3.4m, 4.4m, 5.5m, 6.4m 등의 5가지 경우
- (10) 광원 설치 천장은 텍스로 마감
- (11) 창문없는 사면 밀폐된 방

- 조명기구 형태별 조명률 표 -

표 2. 매입 하면 개방형(FL 32W×2)
Table 2. Open Type Recessed Luminaire

상면 반사율(%)		30								
천정면 반사율(%)		70			50			30		
벽면 반사율(%)		50	30	70	50	30	70	50	30	
실 지 수	K _R = 0.60	0.38	0.30	0.47	0.37	0.30	0.45	0.35	0.29	
	K _R = 0.80	0.47	0.39	0.56	0.45	0.38	0.53	0.44	0.37	
	K _R = 1.00	0.55	0.47	0.63	0.53	0.45	0.59	0.51	0.44	
	K _R = 1.25	0.62	0.53	0.68	0.59	0.52	0.64	0.56	0.50	
	K _R = 1.50	0.68	0.60	0.73	0.64	0.58	0.68	0.61	0.56	
	K _R = 2.00	0.76	0.69	0.79	0.72	0.66	0.74	0.68	0.63	
	K _R = 2.50	0.81	0.75	0.83	0.77	0.71	0.78	0.73	0.68	
	K _R = 3.00	0.85	0.79	0.86	0.80	0.76	0.81	0.76	0.72	
	K _R = 4.00	0.91	0.86	0.90	0.85	0.81	0.84	0.80	0.77	
	K _R = 10.00	1.02	0.99	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.88	

표 3. 갓형(펜던트형-FL 32W x 2)
Table 3. Reflector Type(Pendant Type)

상면 반사율(%)		30								
천정면 반사율(%)		70			50			30		
벽면 반사율(%)		50	30	70	50	30	70	50	30	
실 지 수	K _R = 0.60	0.35	0.29	0.44	0.34	0.28	0.42	0.33	0.28	
	K _R = 0.80	0.44	0.37	0.51	0.42	0.36	0.49	0.41	0.35	
	K _R = 1.00	0.50	0.43	0.57	0.49	0.42	0.54	0.47	0.42	
	K _R = 1.25	0.56	0.49	0.61	0.54	0.48	0.59	0.52	0.47	
	K _R = 1.50	0.61	0.55	0.66	0.59	0.53	0.63	0.57	0.52	
	K _R = 2.00	0.67	0.62	0.71	0.65	0.60	0.68	0.63	0.59	
	K _R = 2.50	0.72	0.67	0.74	0.69	0.65	0.71	0.67	0.64	
	K _R = 3.00	0.75	0.70	0.77	0.72	0.69	0.74	0.70	0.67	
	K _R = 4.00	0.79	0.75	0.80	0.76	0.73	0.77	0.74	0.72	
	K _R = 10.00	0.87	0.85	0.86	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	

표 4. 삼각직부형(FL 32W×2)
Table 4. Direct Adhere Triangle Type

상면 반사율(%)		30								
천정면 반사율(%)		70			50			30		
벽면 반사율(%)		50	30	70	50	30	70	50	30	
실 지 수	K _R = 0.60	0.33	0.26	0.40	0.30	0.24	0.36	0.28	0.28	
	K _R = 0.80	0.41	0.33	0.46	0.37	0.31	0.42	0.34	0.35	
	K _R = 1.00	0.47	0.40	0.52	0.43	0.37	0.47	0.40	0.42	
	K _R = 1.25	0.52	0.45	0.56	0.48	0.42	0.51	0.44	0.47	
	K _R = 1.50	0.57	0.50	0.60	0.53	0.47	0.54	0.48	0.52	
	K _R = 2.00	0.63	0.57	0.65	0.58	0.53	0.59	0.54	0.59	
	K _R = 2.50	0.68	0.62	0.68	0.63	0.58	0.62	0.67	0.64	
	K _R = 3.00	0.71	0.66	0.70	0.66	0.61	0.64	0.70	0.67	
	K _R = 4.00	0.75	0.71	0.74	0.70	0.66	0.68	0.74	0.72	
	K _R = 10.00	0.85	0.82	0.81	0.79	0.77	0.75	0.82	0.81	

2.3 광속법에 의한 표본 조도계산 결과도표

조명기구및광원고에따른실지수,조명률,조도의 도표

표 5. 매입 하면 개방형 FL 32W×2
Table 5. Open Type Recessed Luminaire

방크기(m' 가로(m) x세로(m)	구분 설치고 (m)	실 지 수	비율 (%)	평균 비율 (%)	조 명 률 (%)	비율 (%)	평균 비율 (%)	조도 (Lx)	비율 (%)	평균 비율 (%)
(3x4=12m' FL 32Wx2 x4개	2.4	0.71			0.45			605		
	3.4	0.5	70		0.37	82		497	82	
	4.4	0.39	78	78	0.37			497		
	5.4	0.32	82		0.37			497		
	6.4	0.27	84		0.37			497		
(3x5=15m' FL 32Wx2 x4개	2.4	0.78			0.45			484		
	3.4	0.55	70		0.37	82		398	82	
	4.4	0.43	78	78	0.37			398		
	5.4	0.35	81		0.37			398		
	6.4	0.29	82		0.37			398		
(4x4=16m' FL 32Wx2 x4개	2.4	0.83			0.45			454		
	3.4	0.59	71		0.37	82		373	82	
	4.4	0.45	76	78	0.37			373		
	5.4	0.37	82		0.37			373		
	6.4	0.31	83		0.37			373		
(5x5=25m' FL 32Wx2 x4개	2.4	1.04			0.53			342		
	3.4	0.74	71		0.45	84		290	84	
	4.4	0.57	77	78	0.37	82	83	239	82	83
	5.4	0.46	80		0.37			239		
	6.4	0.39	84		0.37			239		

표 6. 갓형(펜던트형) FL 32W×2
Table 6. Top Hat Type(Pendant Type)

방크기(m' 가로(m) x세로(m)	구분 설치고 (m)	실 지 수	비율 (%)	평균 비율 (%)	조 명 률 (%)	비율 (%)	평균 비율 (%)	조도 (Lx)	비율 (%)	평균 비율 (%)
(3x4=12m' FL 32Wx2 x4개	2.4	0.71			0.42			525		
	3.4	0.5	70		0.34	80		425	80	
	4.4	0.39	78	78	0.34			425		
	5.4	0.32	82		0.34			425		
	6.4	0.27	84		0.34			425		
(3x5=15m' FL 32Wx2 x4개	2.4	0.78			0.42			420		
	3.4	0.55	70		0.34	80		340	80	
	4.4	0.43	78	78	0.34			340		
	5.4	0.35	81		0.34			340		
	6.4	0.29	82		0.34			340		
(4x4=16m' FL 32Wx2 x4개	2.4	0.83			0.42			394		
	3.4	0.59	71		0.34	80		319	80	
	4.4	0.45	76	78	0.34			319		
	5.4	0.37	82		0.34			319		
	6.4	0.31	83		0.34			319		
(5x5=25m' FL 32Wx2 x4개	2.4	1.04			0.49			294		
	3.4	0.74	71		0.42	85		252	85	
	4.4	0.57	77	78	0.34	80	83	204	80	83
	5.4	0.46	80		0.34			204		
	6.4	0.39	84		0.34			204		

표 7. 삼각직부형 (FL 32W×2)
Table 7. Direct Adhere Triangle Type

방크기(m²) 가로(m) x세로(m)	구분		평균 비율 (%)	조 명 률 (%)	비율 (%)	평균 비율 (%)	조도 (Lx)	비율 (%)	평균 비율 (%)
	설치고 (m)	실 지 수							
(3x4=12m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.71	78	0.37	81	83	532	81	83
	3.4	0.5							
	4.4	0.39							
	5.4	0.32							
(3x5=15m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.78	78	0.37	81	83	425	81	83
	3.4	0.55							
	4.4	0.43							
	5.4	0.35							
(4x4=16m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.83	78	0.37	81	83	399	81	83
	3.4	0.59							
	4.4	0.45							
	5.4	0.37							
(5x5=25m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	1.04	78	0.43	86	83	297	86	83
	3.4	0.74							
	4.4	0.57							
	5.4	0.46							

표 9. 갓형(펜던트형)FL 32W×2
Table 9. Top Hat Type(Pendant Type)

방크기(m²) 가로(m) x세로(m)	구분		이 용 률 (%)	비율 (%)	평균 비율 (%)	조도 (Lx)	비율 (%)	평균 비율 (%)	전체 평균 비율 (%)
	설치고 (m)	이 용 률 (%)							
(3x4=12m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.36	79	75	79	455	73	78	79
	3.4	0.27							
	4.4	0.21							
	5.4	0.17							
(3x5=15m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.39	79	74	79	390	75	79	79
	3.4	0.29							
	4.4	0.23							
	5.4	0.18							
(4x4=16m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.41	79	76	79	384	75	79	79
	3.4	0.31							
	4.4	0.24							
	5.4	0.19							
(5x5=25m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.48	82	81	82	286	78	81	81
	3.4	0.37							
	4.4	0.3							
	5.4	0.24							

2.5. ZCM에 의한 표본 조도 계산 결과 도표
조명기구 및 광원고에 따른 이용률, 조도의 도표

표 8. 매입하면개방형 (FL 32W x 2)
Table 8. Open Type Recessed Luminaire

방크기(m²) 가로(m) x세로(m)	구분		이 용 률 (%)	비율 (%)	평균 비율 (%)	조도 (Lx)	비율 (%)	평균 비율 (%)	전체 평균 비율 (%)
	설치고 (m)	이 용 률 (%)							
(3x4=12m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.4	78	73	78	483	77	78	78
	3.4	0.29							
	4.4	0.23							
	5.4	0.18							
(3x5=15m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.43	79	74	79	414	78	79	79
	3.4	0.32							
	4.4	0.25							
	5.4	0.2							
(4x4=16m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.45	80	76	80	408	75	79	79
	3.4	0.34							
	4.4	0.27							
	5.4	0.21							
(5x5=25m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.53	81	80	81	303	78	81	81
	3.4	0.41							
	4.4	0.33							
	5.4	0.27							

표 10. 삼각 직부형 (FL 32W x 2)
Table 10. Direct Adhere Triangle Type

방크기(m²) 가로(m) x세로(m)	구분		이 용 률 (%)	비율 (%)	평균 비율 (%)	조도 (Lx)	비율 (%)	평균 비율 (%)	전체 평균 비율 (%)
	설치고 (m)	이 용 률 (%)							
(3x4=12m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.33	80	79	80	469	74	79	79
	3.4	0.24							
	4.4	0.19							
	5.4	0.15							
(3x5=15m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.35	80	74	80	402	75	79	80
	3.4	0.26							
	4.4	0.21							
	5.4	0.17							
(4x4=16m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.37	80	76	80	397	75	80	80
	3.4	0.28							
	4.4	0.22							
	5.4	0.18							
(5x5=25m²) FL 32Wx2 x4개	2.4	0.43	82	81	82	295	78	81	81
	3.4	0.33							
	4.4	0.27							
	5.4	0.22							

3. 결 론

본 논문에서는 3가지의 등기구 형태에 4가지의 실크기와 5가지의 광원고를 조건으로 60가지 표본치를 조도계산하여 보면 앞의 광속법에 의한 표본 조도계산 결과 도표에서 보는 바와 같이 광원 설치고가 2.4m를 기준으로 해서 1m씩 높아짐에 따라 실지수는 실면적 25m² 이하의 4가지 표본실에서의 실지수 평균하락 비율은 78%로 거의 같고 실지수 0.6 이하에서의 조명률과 조도는 광원 설치고가 더 높아져도 변화가 없다.

그리하여 'LMT GO 1900' 구역 공간법(ZCM) 조도계산 프로그램을 활용하여 조도계산을 한 결과 구역 공간법에 의한 표본 조도계산 결과 도표에서 보는바와 같이 광원 설치고가 2.4m를 기준으로 해서 1m씩 높아짐에 따라 이용률과 조도가 하락 변화되는 것을 볼 수 있다. 즉, 4가지 표본치 방에서의 조도 변화 비율이 약 1~4%의 변화를 나타내고 그것의 평균 비율은 약 1~2%로 나타난다. 따라서, 전체의 평균 비율은 약 79~80%로 집약된다. 매입하면 개방형 FL 32W×2에서는 전체 평균 하락 비율이 약 79% 이고, 갓형(펜던트형) FL 32W×2에서도 전체 평균 하락 비율은 79% 이고, 삼각직부형 FL 32W×2에서는 전체 평균 하락 비율이 약 80% 이다.

이와 같이 조명기구 형태에 따라 1%의 차이가 있으나 많은 차이가 아니므로 이를 무시하면 전반적인 전체 평균 비율은 79%가 된다. 그러므로 광속법에 의한 조도계산시 실면적 25m² 이하에서의 조명률 적용시는 광원고 3.4m에서 1m씩 높아질수록 (실지수가 0.6 미만일 때부터) 조명률에 계수를 0.79로 적용토록 하면 실제 조도와 근사값을 구할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] D.C. PRITCHARD, 'LIGHTING FIFTH EDITION', LONGMAN, pp82 ~ 100, (1969).
- [2] "Lighting Handbook", Illuminating Engineering Society of North America, 1978
- [3] J. M. Stork, 'High Pressure Sodium Lamps: Practical Design Model' Lighting Res. Tech., Vol. 24 (3), pp. 149-154, 1992.
- [4] 최홍규외, "조명설비 및 설계", 성안당, 2000
- [5] 최홍규외, "전력 사용시설물 설비 및 설계", 성안당, 1999.
- [6] 송 영 "전기설비 설계·시공·견적 핸드북", 기다리, 1982.
- [7] 지철근 "조명 원론", 문운당, 1998.
- [8] 고영근 "퍼지 추론과 구역 공간법을 이용한 조도계산법" 1998
- [9] 강지영 "진주시내 학교 교실과 과학실의 조도에 관하여", 경상대학교 석사학위 논문, 1999.
- [10] 정성윤 "학교 강의실 조명에 대한 에너지 절약과 휘도에 관한 연구" 홍익대학교 석사학위 논문, 2000.

- [11] 조용상 "조명기구 반사각의 반사율 변화에 따른 조도분포 및 균제도에 관한 연구", 홍익대학교 석사학위 논문, 2000.
- [12] 한국 산업 규격 "조도 기준 KSA 3011", 한국표준협회, 1999.
- [13] Lee Watson, "Lighting design handbook", New York : McGraw-Hill, 1990.
- [14] 일본조명 학회, "조명용어사전", 의제, 2000.
- [15] 기다리, "조명 설계의 기술 계산".
- [16] 동화실업주식회사, "catalog"