

조명 설계 시스템을 위한 데이터베이스 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Database for Lighting Design System

조성오* / Cho, Sung-O

Abstract

In The Lighting design is important to acknowledge appearance space. Development of artificial light makes a extension to life space in the Modern life. With the rapid development of efficient light sources, have lighting design acquired the tools that allow artificial lighting to be produced with adequate illuminance levels. However, by the task of defining the objectives and methods behind discipline, of deciding on the criteria by which the artificial lighting that is now provide many available data to be applied. The main concern is which illuminance levels and types of lighting will ensure optimum visual performance, high productive and safety at design which are affordable. This study is support to standard design process with material reflection rate, installing the lighting fixture, task illuminance level and automatic arithmetic calculation during the lighting design. Lighting Design database can check and support other final lighting level. A quantitative light that is primarily oriented toward providing a recommended illuminance level, the criterion of develop a concept that goes beyond the requirements that would ensure productivity and safety to meet the needs of the architecture and interior space. Illuminance level is compose to space task and space code according to KS A 3011. To be able to design the visual effect of an environment the central reference quantity has to provided the Database.

키워드 : Lighting design, Database

1. 서론

1.1. 연구의 배경

사람이 감각기관을 통해서 얻는 정보의 87%는 시각에 의한 다. 또한 청각에 의해 7%의 정보를 받아들이고, 그 나머지를 후각이나 여타의 감각기관을 이용해서 얻는다.¹⁾ 삶에 필요한 정보의 대부분이 시각에 의해 얻어진다고 할 수 있다. 그리고 감각에 의한 정보의 획득은 그 자체로 끝나는 것이 아니라, 아주 짧은 시간에 지각으로 이어져서 사람의 행동을 좌우하기도 하고 감정을 불러일으키기도 한다. 이렇게 인간의 의식과 행동에 중요한 역할을 할 수 있는 시각정보는 빛이라는 매개체를 통해 수용된다. 그러므로 사람이 머무르는 곳을 인식하여 생활을 영위해 나가기 위해, 빛의 존재는 필연적이다.

빛을 디자인하는 것이 조명디자인이라고 한다. 조명디자인을 하는 사람은 빛을 어떻게, 어디까지 이해해야 할까? 빛이란 감각은 물론 지각²⁾과도 연계되어 있는 것인가? William. Lam은

‘좋은 조명디자인을 위해서, 설계자는 시지각의 프로세스와 원리 및 인간의 시각적 정보 요구에 대한 본질을 분명하게 이해하고 있어야 한다’고 하였다³⁾

피카소는 빛을 ‘형상 세계의 판단 기준’이라고 표현하였으며, 꼬르뷔제는 ‘건축이란 매스가 빛과 함께 연출해내는 교묘하면서도, 정밀하고 멋들어진 유희’라고 하였다.

현재까지의 조명의 발전은 기능적 심미적인 면에서 디자이너에게 모두 중요한 요소가 되었다. 조명의 기능적인 면은 일상생활에 적절할 밝기로 공간을 낮에 이어 밤을 연장시켜줄 수 있으며, 시각적으로 공간에 존재하는 물체를 분다는 물리적 환경에 대응하고, 거대한 사회와 도시의 복잡한 시스템의 한 요소로서의 역할을 하고 있다. 조명디자인은 하나의 시스템으로 그

1) 社団法人 日本照明學會編, 照明工學, 1997, p.102.

2) 감각은 사람의 감각기관에 자극의 변화를 일으킨 즉각적인 결과를 말하며, 지각은 자극이 기존의 경험이나 정보와 결합하여 이해하는 것을 의미한다. 예를 들어 장미꽃을 알려주지 않은 상태에서 ‘향기롭다’는 체험은 감각이지만, 꽃을 보여주고 ‘장미꽃이 향기롭다’할 때는 지각이다. 즉 지각은 외면적인 사물을 의미하나, 감각은 사물과 관계없이 내면적인 체험을 의미한다.

3) W. Lam, Perception and Lighting, 1992, p.12.

* 정회원, 동양공업전문대학 실내건축과 조교수

중요성을 인식하고 있으나 현재로서는 적절한 평가, 사회적 인식과 이해의 방법이 충분히 확립되어 있지 않으며, 국내에서는 조명 전문인을 양성하는 학교나 학원이 전무하며, 다만 1999년부터 사단법인 한국조명·전기설비학회에서 조명 디자이너를 양성하는 6개월 과정이 있을 뿐이다.⁴⁾ 따라서, 조명 디자인을 위한 전문가들이 많지 않으며, 조명 설계에 있어 설비적인 요소로 취급하고 있어, 설계에서 소홀히 다루어지고 있었다.

12. 연구의 목적

조명환경과 조명기구의 선택에 있어 다음과 같은 좋은 환경을 얻기 위한 조명방식, 조도와 그 공간의 배분, 휘도 대비, 광원의 종류, 조명기구 등이 적절해야 한다. 조명기구가 적절하다는 것은 배광이 적절하고, 효율이 좋고, 그 의장이 사용장소에 조화되어 있으며, 튼튼하고 내구성이 있으며, 모양이나 색도 어울리고, 광원의 교체나 취급이 용이하며 유지도 쉬워야 한다. 그러나 생산되는 조명기구의 종류가 다양하며, 설계자가 적절한 선택과 적용에 있어 많은 어려움이 있다. 따라서 공간을 디자인 할 경우 설계에서의 조명관련 자료의 체계적인 지원은 광학적 기능인 빛의 합목적 배분과 공간의 사용 목적에 맞는 광원의 배치는 광속의 손실을 최소화시키며, 전기적 안전성을 확보하게 된다.

본 연구의 목적은 조명 디자인에 있어 쉽게 사용할 수 있는 사용자 환경을 개발하며, 다양한 조명관련 정보를 제공함으로써 건축마감재와 마감 상태에 따른 종합적인 분석과 설계자의 의사결정을 돕고, 오류를 줄일 수 있는 데이터 베이스의 개발을 목적으로 한다.

13. 연구의 방법과 범위

본 연구는 조명의 기능과 역할을 알아보면서, 일반적인 조명 설계 방법과 그 차이를 분석하고, 조명설계를 지원할 수 있는 공학적 접근 방법과 용도별 목적에 부합하는 시스템 개발에 있어 조명 설계 프로세스를 분석하고, 공간에서의 평균조도와 평균휘도를 분석하기 위하여 실내조도계산의 이론을 조사하였다. 또한, 수치모델을 확립하여 설계를 지원할 수 있는 데이터 베이스를 구축하도록 한다. 연구의 범위는 실내공간의 전반 조명에 대한 설계를 중심으로 연구하였으며, 천장의 구성은 조명 이외의 자연채광과 화재감지기, 공조 설비에 대해서는 고려하지 않기로 한다. 사용 시스템의 개발은 표준화를 중심으로 개발하며, Window 2000 server에서 IIS 5.0을 기반으로 하며, ASP 3.0 으로 인터페이스를 구축하고, 데이터베이스는 SQL 2000으로 구현하였다.

4)한미라, 야간도시의 경관조명 활성화방안 연구, 2001, 한양대석론 pii

2. 조명

조명의 목적과 기능은 어두운 곳에서 사물의 인지와 적절한 분위기(mode) 그리고, 안전(security)으로 구분될 수 있으며, 무엇보다 조명의 가장 중요한 목적은 공간과 사물을 인지하는 것이라 할 수 있다. 그러한 정보를 바탕으로 인간의 활동과 삶이 이루어지고. 어두운 공간에서는 어떤 물체나 다른 위험으로부터 적절히 대처할 수 없기 때문에 빛이 없는 공간은 인지될 수 없는 공간이며 이는 즉, 무의미한 공간이라 할 수 있다. 인간의 시각기관이 빛에 의하여 반응하기 위해서, 공간이나 사물에 대한 정보는 많은 부분을 시각기관에 의존하고 있기 때문에 공간에서 빛이 필수적이라 할 수 있다. 즉, 조명은 설비의 한 부분으로서 공간의 구성에 있어 무엇보다 없어서는 안될 중요한 요소이며, 공간연출 방법의 하나이다.

일정한 기하학적 형상과 표면의 특성을 갖는 공간의 광원으로부터 빛이 분배되면 이 공간은 광원으로부터 직접 도달하는 광속과 공간을 제한하는 면 상호간에 수차례의 반사, 투과, 흡수를 반복하는 상호 작용이 일어나게 되며, 도달하는 광속에 의해 광속 분포를 갖는 조명의 물리적 환경이 형성된다.

조명에 대한 책임의 큰 부분은 인간에 적합한 작업 요건과 안전을 보증하는 것이다. 그러므로 조명 기술의 개발 정도에 대한 기본 원칙은 어떻게 인간이 빛에 반응하며, 어떠한 심리적, 신체적인 영향이 계산되어야 하는가에 대한 향상된 인지에 있다. 조명의 기술적인 성질에 대한 정확하고도 광범위한 인지는 그것과 관련된 의미 있는 계획, 배치, 투입을 위한 전체 조건들이다. 이와 마찬가지로 조명과 비주얼 지각 사이의 연계에 대한 인지도도 역시 중요하다. 모든 조명 과제는 인간 시각 시스템의 성질을 통해 규정된 평가 기준에 맞추어져야 한다. 일정 방법에 의해 한 건축물의 공급을 위한 빛을 책임지는 많은 전문인의 실제적 연구, 예증, 고찰을 바탕으로 한 일반에의 교육목표는 최고의 의미를 내포한다고 하겠다. 이것은 원칙적으로 모든 건축 시공자, 특히 건축가, 인테리어디자이너, 엔지니어, 조명 디자이너에게 필요한 인식 기반이다. 건축가와 조명 계획자는 조명의 설계, 배치에 아주 구체적으로 다양한 조명 방법의 장단점들을 인식해야만 한다.

2.1. 조명(Lighting)의 역할

빛과 시간은 비물질적 특성의 공간을 실체화시킨다. 공간 디자인에 있어 주변과 사물을 인지하는 단순한 빛의 기능에서 빛의 종류에 따라 공간의 분위기가 결정된다. 인공광원에 비교해 보면, 촛불이나 백열전구만 켜져 있는 장소, 형광램프가 설치된 공간, 부드러운 빛이라고 하는 확산광(diffused light)에 의한 분위기와 방향성을 갖고 있는 빛(directional light)에 의한 조명

은 심리적으로 많은 차이가 있다.

빛이나 시간은 그 자체로는 표현이 불가능하지만 건축물을 통해서 가능한 것처럼 그리스의 건축물을 보면 쉽게 이해할 수 있다. 보이지 않는 빛을 매개로 건축적 가시화를 구현한 것이다. 태양의 움직임에 따라 하나의 보이지 않는 차원, 즉 시간이라는 요소도 건축으로 가시화 할 수 있으며, 과거에는 단지 건물이 오브제로서 자연과의 조화를 이루도록 하거나 형상 그 자체로서 즐거움을 추구하였으나, 최근 자연환경의 중요성을 강조하고 에너지 절약과 주변과의 조화를 우선시 하고 있다.

조명의 역할은 외부의 장애물을 비춰어 안전을 확보하고, 숨을 곳을 없애거나 경계를 분명히 해줌으로서 방어적 공간을 만들며, 주변 조경이나 건축물을 아름답게 하는 미적 기능을 한다.

22. 조명 설계

실내의 전반 조명에서 광원으로부터 방사된 광속이 직사광속과 확산 광속이 되며, 일반적으로 작업면(WP : Work Plan)에 도달하여 얻어지는 조도는 작업면 전체의 평균치로 구한다. 이같은 산출 방법은 1916년 해리슨(W. Harrison)과 앤더슨(E. A. Anderson)이 모의 실험을 통하여 광속법에 의한 계산의 기초를 발견하였다. 버클리(H. Buckley), 아마우찌 지로우, 구노 기요시, 문(P. Moon), 스펜서(D.E. Spencer), 오브라이언(P.F. O'Brien)등이 상호 반사율을 발전시켜 상당히 정밀도가 높은 해석이 이루어 졌다. 미국에서는 1964년 오브라이언의 이론적 연구와 조명기구 생산업체의 협조로 구역공간법(ZCM: Zonal Cavity Method)를 IES의 표준방식으로 정하였고, 영국에서도 같은 시기에 BZM(British Zonal Method)이 발표되었다. 1967년 프랑스의 도그농(J. Dourgnon)의 연구에 의한 CIE법이 국제조명위원회(CIE: the Commission Internationale de l'Eclairage) 대회에서 승인되었다. 독일에서는 위티히(E. Vitting)와 스톨첸베르흐(K. Stolzenberg)가 독일 공업규격(DIN)에 있는 배광분류에 기초하여 14종류의 배광에 한 고요조명율에 해당하는 만능조명률표를 작성하였다. 일본에서는 조명률을 사용하여 평균조도를 산출하는 방법이 널리 보급되어, 현재 많은 조명기술자는 이 평균조도로 여러 가지 조명결과를 확인하는데 이용하고 있다.⁵⁾

조명은 공간에서 광속분포를 취급하는 기술에서, 과거의 광속법(Flux method)으로부터 더욱 발전하여 공간의 광속예측을 위한 방법이 개발되었다.

(1) 광속법 (Flux Method)

광속법에 의한 조도 계산은 실내 전체의 균일한 조도를 얻기 위한 방법으로 국내에서 가장 일반적으로 이뤄지는 방법이

다. 광속법은 실의 천장면에 균등 배치된 광원보다는 광속이 작업면 위에 균일하게 분포되어, 수평면 평균조도에 대한 광원의 수를 구하는 것으로 조명기구의 배광, 실의 형성, 천장, 벽, 바닥의 반사율 및 광원의 배광곡선, 조명기구, 실내 천정도 등을 고려한다. 광속법은 직육면체의 방에서 벽면의 반사율이 모두 같은 경우에 평균조도를 계산한다. 방의 형태가 직 육면체가 아닌 경우, 비슷한 형태의 직육면체로 치환하거나 여러개의 직육면체로 분할하여 계산한다. 벽면의 반사율이 크게 차이가 생기는 경우에는 반사율의 면적가중치를 평균치로 계산한다.

같은 조명 기구를 동일한 개수를 사용하더라도 배열방식에 따라 조도가 달라진다. 광속 계산법은 조명기구를 균등하게 배치한 경우에 대하여 평균 조도를 산출하며, 천장의 일부에 편중되어 있거나, 벽면에 부착한 경우 오차가 발생한다.

이용율은 방이 비어 있는 상태에서 실내 각 면이 완전 확산 반사를 한다는 가정하에서 계산된 것이다 이를 이용하여 계산된 평균 조도는 작업면에 입사하는 총광속을 작업면의 면적으로 나누어 작업면상 여러 점에서 조도를 측정하여 계산한 평균값을 다루게된다. 조명율(Utilization factor)은 광원의 전광속과 작업면에 도달하는 유효 광속의 비율을 나타내며, 실지수(K)와 반사율, 기구 배광, 효율로 얻어진다. 즉, 전광속 F_0 [lm]이고, 실의 면적인 A_0 [m²] 인 단위 면적당 광속은 F_0/A_0 이다. 실내 조명 설계에서는 모든 광속이 작업면으로 입사되는 것이 아니므로 작업면의 입사광속 F_w 의 비율(U)은 $U = \frac{F_w}{F_0}$ 가 된다. 광속법에서는 조명율을 이용하여 평균조도를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E = \frac{NFUM}{A} \quad [lx, lm/m^2]$$

단, E : 평균조도[lx], N : 램프의 개수, F : 램프의 광속 [lm], U : 조명율, M : 보수율⁶⁾, A : 작업면의 바닥 면적 [m²]

(2) 구역 공간법 (ZCM : Zonal Cavity Methode)

구역 공간법은 조명 설계에 있어 방의 천장, 벽, 바닥의 반사율이 각각 ρ_c, ρ_w, ρ_f 일 경우, 천장, 조명기구와 작업면 사이의 실 공간, 작업면과 바닥면 사이의 공간으로 구분되어 공간의 형태를 공간의 비율(Cavity Ratio) RC로 나타낸다.

$$\text{천장 공간 계수} : K_{cc} = \frac{5 \times h_{cc} \times (\omega + l)}{\omega + l}$$

$$\text{유효실 공간 계수} : K_{rc} = \frac{5 \times h_{rc} \times (\omega + l)}{\omega + l}$$

$$\text{작업면 이하의 공간 계수} : K_{fc} = \frac{5 \times h_{fc} \times (\omega + l)}{\omega + l}$$

6)보수율(Maintenance factor)이란 조명이 어느정도 사용후 램프의 광속 감퇴, 실이 더러워짐으로서 조도의 저하되는 비율을 의미한다. 보수율의 역수 1/M을 감광보상율이라고 한다. 조명설계에 있어 초기의 조도값을 미리 큰 수치로 정한다면 시간이 지난후에도 설계한 조도를 일정기간 유지할 수 있게 하는 것이다. 최근에는 잘 사용하지 않는다.

5)대한전기협회, 현대조명환경 시스템, 1985 p.130

따라서, 공간 비율은 $CR = \frac{5h(w+l)}{w+l}$ 이 된다.

구역 공간법은 건물의 실내에 조명을 설치할 경우 작업면, 또는 바닥면의 평균 조도를 계산하는 방법이다. 우리나라에는 광속법과 유사한 방법을 사용하고 있다. 그러나, 실내의 형상을 나타내는 공간비율(CR : Cavity Ratio)은 광속법의 실지수와 반비례하며, 천장 및 바닥의 반사율을 고려하는 방법에 구역 공간법과 광속법이 서로 다르므로, 이용율과 조명률 사이에 호환성이 없다.

구역 공간법, 광속법, CIE법 등, 평균 조도를 계산하는 데 이용되는 광속법은 비교적 큰 실내에서 다수의 전반 조명 기구를 사용할 때 작업면에 입사하는 평균적인 광속을 계산하는 것이므로 소규모 방에서 한 두 개의 조명을 사용하는 경우나 복도와 같이 좁고 긴 형상의 실내의 경우에는 계산 결과의 차이가 커진다.

(3) 영국의 BZM 법

BZM(British Zonal Method) 법은 공간의 작업면의 반사율을 고려하여 북미조명학회(IESNA)의 구역공간법처럼 작업면 하부의 반사율은 고려하지 않는다.

$$\text{실공간 지수 } R_{rc} = \frac{w \times l}{h_{re}(w+l)}$$

$$\text{천장 공간지수 } R_{ce} = \frac{w \times l}{h_{ce}(w+l)}$$

<표 1> 하향광속 고유 조명률표 U_{∇}' ($\rho_w = 50[\%]$)

실 공간 지수	유 효 천 장 반사율 pc,eff [%]	직접비(DR)										직접비(DR)									
		0.1	2	3	4	5	.6	7	8	9	1.0	0.1	2	3	4	5	.6	7	8	9	1.0
R		마루면 또는 작업면 위의 반사율이 10%인 경우의 U_{∇}'										마루면 또는 작업면 위의 반사율이 30%인 경우의 U_{∇}'									
0.6	70	.25	.34	.43	.52	.60	.69	.77	.85	.94	1.02	0	1	1	1	2	2	2	2	2	3
	50	.24	.33	.42	.51	.60	.68	.77	.85	.93	1.01	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3
0.8	70	.28	.37	.46	.54	.63	.71	.79	.87	.94	1.02	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	50	.27	.36	.45	.53	.62	.70	.78	.86	.94	1.02	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3
1.0	70	.39	.48	.56	.64	.72	.80	.88	.95	1.03	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	
	50	.38	.46	.55	.63	.71	.79	.87	.95	1.02	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	

BZM 법의 조명률 U는 다음과 같이 계산된다.

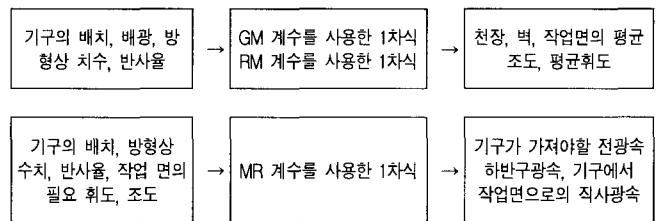
$$U = (\text{광원의 전광속에 대한 하향 광속비 } \eta_{\nabla}) + (\text{하향광속 고유 조명률 } U_{\nabla}') + (\text{광속의 상향 광속비 } \eta_{\Delta}) \times (\text{상향광속 고유 조명률 } U_{\Delta}') \\ = \eta_{\nabla} U_{\nabla}' + \eta_{\Delta} U_{\Delta}' \quad (\eta_{\nabla} + \eta_{\Delta} = \eta \text{ 로 조명기구의 효율을 의미한다.})$$

하향광속 고유 조명률 U_{∇}' 은 직접 조명률, 실 공간 지수, 천장 유효 반사율(등가 천장면의 가상 반사율), 벽면 및 작업면(Work plan)의 반사율에 의해 결정되면 그 수치는 고유조명률 표에 의한다.

(4) 국제 조명학회 CIE 기초법

CIE 법은 휘도적 설계에 관한 기초 데이터, 조명 기구의 불규칙한 배치에도 조도의 계산이 가능한 것이 특징이다. 직사광속, 상호반사의 계산을 기초로 방의 평균조도, 평균휘도를 표나, 계산에 의하여 구할 수 있는 실용적인 방법이다. CIE 기초법은 다음과 같은 가정에 의하여 설계되어 진다. 첫째, 방은 직 6면체의 내부에 한한다. 둘째, 실내 각 면은 균등확산 반사를 한다. 셋째, 광원은 점광원, 축 대칭 배광이다. 넷째, 각 면의 직사조도와 상호 반사후의 조도는 동일하게 분포한다.

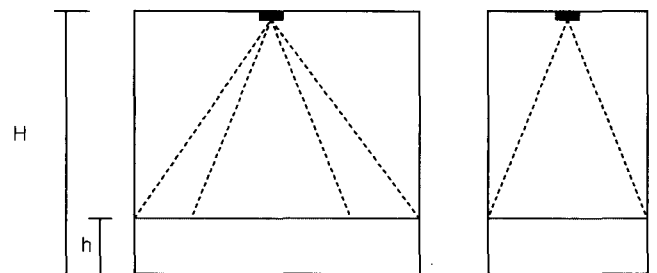
<표 2> CIE 기초법의 특징



3. 조명 설계 프로세스

3.1. 실 조건의 입력

조명설계는 공간의 단위로 이루어지며, 각 실의 조건과 특성을 조사 분석하는데서 시작한다. 실지수는 방의 형태와 크기를 나타내는 척도로서 공간의 형태나 모양이 다양한 평면을 갖기 때문에 이를 보정하는 수치다. 직사각형이나 정사각형이 아닌 원형이나 다각형의 평면을 갖는 경우에는 정확한 실지수 산출이 용이하지 않다. 그러므로 그 물리적 의미를 이해하고 있어야 한다. 실지수는 (바닥면적+천장면적)/(벽 면적)의 개념이다. 즉 실의 치수와 관련된 개념이 아니고 실의 형상과 관련된 개념이다.



(a) 실지수가 크다. <그림 1> 실지수값의 비교

$$\text{실지수} = \frac{\text{바닥의면적} + \text{천장면적}}{\text{벽면적}}$$

$$k = \frac{2xy}{z * 2(x+y)} = \frac{xy}{z(x+y)}$$

단, x : 실의 길이 y : 실의 넓이 z : H-h 이다.

<표 3> 실지수 분류 코드

CODE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
실지수값	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.25	1.0	0.8	0.6
범위	4.5 이상	4.5~3.5	3.5~2.75	2.75~2.25	2.25~1.75	1.75~1.38	1.38~1.12	1.12~0.9	0.9~0.7	0.7 이하

실지수는 조명을 구하기 위해, 램프의 발산광속에서 작업면에 도달하는 광속의 비를 구하기 위해 실내의 형태를 모듈화한 것이다. 작업면 조도의 수치가 커지거나 작아지는 것을 의미하는 것은 아니다. 단지 램프의 발산광속 중에서 작업면에 도달하는 광속 비율의 대소를 의미하는 것이다. 실내의 평면이 동일해도 공간의 높이에 따라 실지수는 차이가 있다. 즉 동일한 배광 곡선을 갖는 조명기구를 사용한다고 해도 높이가 높은 공간은 벽면에서 흡수되는 빛의 양이 증가하고, 상대적으로 작업면에 도달하는 광속의 양은 줄어든다. 그러므로 벽면적이 클수록(실지수가 낮을수록) 조명은 저해된다. 조명기구 제조회사의 카탈로그를 살펴보면 쉽게 알 수 있다. 같은 의미에서 간접조명용 조명기구보다 직접조명용 조명기구가 조명이 높고, 또 실내 마감재의 반사율이 높을수록 조명이 높다.⁷⁾

3.2. 재료의 반사율

<표 4> 마감 재료별 반사율(%)

재 료	반사율(%)	재 료	반사율(%)
금속		보도	
알루미늄(brushed)	55-58	아스팔트	5-10
알루미늄(etched)	70-85	콘크리트	40
알루미늄(polished)	60-70	잔디나 수목류	5-30
스테인레스 스틸	67-72	눈(雪)	60-75
석재		페인트	
벽돌(어두운 갈색)	35-40	흰색	70-90
벽돌(밝은 갈색)	40-45	흰색의 에나멜	60-83
시멘트	20-30		
화강암	20-25	목재	
석회암	35-60		
대리석	30-70	밝은 자작나무	35-50
석회(회색)	90-92	마호가니	6-12
사암	20-40	오크(어두운)	10-15
테라코타(흰색)	65-80	오크(밝은)	25-35
		호도나무	5-10
유리			
투명 혹은 유색	5-10		
반사성	20-30		

대상면에 들어온 빛과 다시 반사된 빛의 양에 의해 필요 조도를 확보하기 위해 적절한 반사율을 갖는 재료의 선정이 필요하다. 실내 공간을 이루는 각 면의 반사율은 눈부심과 피로를 주는 요인이기도 한다. 미국의 IES에서는 실내반사율을 천장은 80%, 벽 50%, 바닥은 30%로 권장하고 있다.⁸⁾ 따라서, 마감재료가 결정되지 않았을 경우 기본 값으로 IES의 권장 반사율의

값을 사용하기로 한다.

<표 4>는 각종 재료의 반사율을 나타낸다. 설계자의 경우 반사율 보다는 재료의 선정에 의한 설계를 진행하게 됨으로 재료와 표면상태에 따라 진행하게 됨으로 재료를 제공하고, 반사율을 검색한다.

3.3. 권장 조도의 설정

조명과 관련된 단체나 세계 각국의 권장조도기준은 다양한 수치가 일정한 패턴을 가지고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 수치는 실제 조명디자인에 있어 적절한 조도를 쉽게 결정할 수 있는 중요한 역할을 하게 된다. 권장조도기준에는 공간에 체류하는 사람들의 활동 유형에 따라 조도 등급을 구분하고 있다. 먼저 주변환경의 밝기를 고려한 후 시작업 대상물의 크기나 휘도대비와 같은 광학적 특성을 생각한다. 그리고 작업자의 시각능력이나, 작업에 요구되는 정밀도 등, 시작업에 영향을 미치는 요인을 고려하여, 가중치를 적용할 수 있도록 표준조도 외에 최고조도 및 최저조도를 포함하는 조도의 범위가 규정되어 있다.

권장조도기준의 수치가 작업장소에 따른 분류인지 작업종류에 따른 분류인지를 확인하게 된다. 작업장소에 따른 분류는 누구나 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있으나 내용이 방대해지며, 작업장소가 구체적으로 제시된 것이 없으면 적용이 어려운 단점이 있다. 반면에 작업종류에 따른 분류는 권장조도기준 자체가 간단하지만, 이용자가 적용하기에 어려움이 있다.

<표 5> 작업별 조도기준

작업등급	기준조도lx		
	최저허용조도	표준기준조도	최고허용조도
초정밀	1500	2000	3000
정밀	600	1000	1500
보통	300	400	600
단순	150	200	300
거친	60	100	150

국제조명위원회(CIE)나 CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers)의 조도기준은 작업종류에 의한 분류이다. 우리나라나 일본, 미국의 경우에는 작업장소에 따른 분류체계를 따르고 있다. 우리나라의 KS A 3011의 조도기준은 작업장소에 의한 분류를 한 후, 다시 작업의 종류에 따른 분류를 하고 있다.

작업의 종류에 따른 분류는 일차적으로 작업 시간을 고려할 때, 연속적인 시작업이 필요한 경우에, 작업 대상물의 크기나 휘도 대비를 중심으로 난이도에 따라 작업 등급을 구분한다. 이는 대개 거친, 단순, 보통, 정밀, 초정밀 작업의 5종류로 구분하고 있다. 그러나 용어 자체가 다소 추상적이어서 실제 시작업과의 연관성을 결정하는 데 어려움이 있다. 영국의 CIBSE에서 제안하고 있는 권장조도 기준은 작업 특성 및 시작업 대상물에 대해 내용보다 구체적인 기준을 포함하고 있어 다소 적용

7) 최홍규 외, 조명설비 및 설계, 성안당, 2001, p.424

8) 현대 조명환경시스템, 사)대한전기협회, 1985, p.143

이 용이한 편이다. 예를 들어 일상적으로 일어나는 보통의 시작업 - 저휘도 대비의 보통의 활자 크기를 가진 시작업-으로 색상의 구별이 요구되는 경우에는 500lx가 권장조도이다.

<표 6> 조도분류 (사무실) (KS A 3011, 1998년)

장소/활동	조도 분류	장소/활동	조도 분류
그래픽 설계		서비스 공간	
그래프, 사진(8)	G	계단, 복도, 엘리베이터	E
색상 선택(18)	H	세면장, 화장실	E
설계와 예술품 제작	H		
세밀한 일	G	은행	
해도와 지도 그리기	H	로비	
		탁상	E
법정		일반	E
좌석	E	금전출납 창구	G
활동영역(9)	G		
		제도	
사무실(키보드, VDT조명)	H	고명도 대비 소재(9)	G
도서실(공공시설 도서관)	*	밝은 테이블	E
로비, 응접실, 휴게실	E	암갈색 물감 인쇄, 저명도 대비 소재	H
시청각실	F	침사진	G
오프셋 인쇄와 복사실	F		
우편물 분류	G	회계(공공시설 관독 참조)	*
일반 개인 사무실 (* 공공 시설 관독참조)	*		
키보드식별	G	회의실	F
회의실	F		
VDT가 있는 공간	F		

* 장소 및 작업의 명칭은 가나다순으로 배열하고 동일행에 배열된 것은 상호 연관 정도를 고려하여 배열하였다.

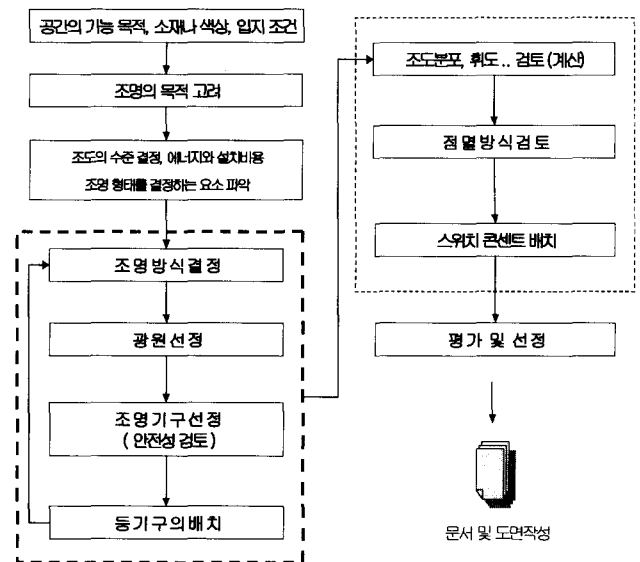
조도는 주로 시(視) 작업면(단, 시작업면의 지정이 없을 경우에는 바닥 위 85 cm, 앉아서 하는 일일 경우에는 바닥 위 40 cm, 복도 및 옥외 등은 바닥면 또는 지면으로 한다.)에 있어서의 수평면 조도를 나타내지만 작업내용에 따라서는 수직면 또는 경사면의 조도를 표시하는 경우도 있다. 조도는 설치 초기의 값이 아닌, 항상 유지하여야만 하는 값을 나타낸다.

국부 조명을 사용하여 기준 조도에 맞추는 경우, 전체 조명의 조도는 국부 조명에 의한 조도의 10% 이상인 것이 바람직하다. 조명 설계의 단계는 <그림 2>에서와 같은 흐름을 모델로 관련 시스템을 구성하도록 한다. 먼저 공간의 목적에 맞는 공간을 구성한다. <표 7>에서와 같이 작업별 조도분류로 결정할 수 있으며, <표 6>과 같은 공간의 용도에 따른 분류는 KS A 3011(9)에서 각 시설별 인공 조명의 조도기준에 대하여 규정하고 있다.

<표 7> 조도분류와 일반 활동 유형에 따른 조도값(KS 3011)

활동유형	조도 분류	조도범위(lx)	작업면(WP) 조명방법
어두운 분위기중의 시설별 작업	A	3~4~6	공간의 전반조명
어두운 분위기중의 간헐적 시작업	B	6~10~15	
어두운 분위기중의 단순 시작업	C	15~20~30	
잠시동안의 단순 시작업	D	30~40~60	
빈번하지 않은 시작업	E	60~100~150	
고휘도대비 혹은 큰 물체대상의 시작업	F	150~200~300	작업면 조명
일반휘도대비 혹은 작은 물체대상의 시작업	G	300~400~600	
저휘도대비 혹은 매우 작은 물체 대상의 시작업	H	600~1,000~1,500	
비교적 장시간동안 저휘도대비 혹은 매우 작은 물체대상의 시작업 수행	I	1,500~2,000~3,000	전반조명과 국부조명을 병행한 작업면 조명
장시간동안 힘드는 시작업 수행	J	3,000~4,000~6,000	
휘도대비가 거의 안되며 작은 물체의 매우 특별한 시작업 수행	K	6,000~10,000~15,000	

* 조도범위에서 왼쪽은 최저, 중간은 표준, 오른쪽은 최고조도이다.



<그림 2> 조명 설계의 작업 방법

3.4. 등 기구의 배치

광속이 높은 조명기구를 사용하여 조명기구의 간격을 넓게 배치하는 것이 조명기구를 감소시킬 수 있으며, 배선, 조명기구의 비용을 절약할 수 있으며, 설치 및 관리에도 용이하다. 그러나, 균일한 조도를 만들어 내기 위해서는 전반조명에서 조명기구의 적절한 간격을 조정하여야 한다.

직접 조명의 경우 조명기구의 간격은 작업면에서 조명기구의 높이 H를 천장높이의 2/3로 정하고 조명기구의 간격 S는 다음과 같다.

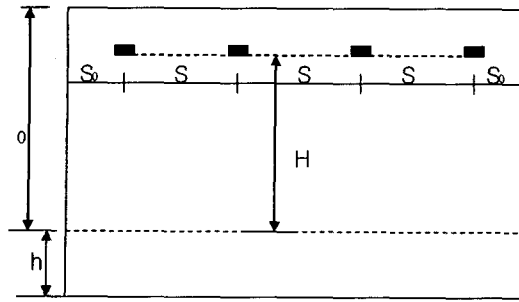
$$S \leq 1.5H$$

조명기구와 벽면 사이의 간격 S0는 다음과 같다.

$$S0 \leq H/2 \text{ (벽면을 이용하지 않을 경우)}$$

$$S0 \leq H/3 \text{ (벽면을 이용할 경우)}$$

9) 최홍규 외, 조명설비 및 설계, 성안당, 2003(3쇄) p.442



<그림 3> 조명 기구의 간격

간접 및 반간접 조명의 경우 작업면에서 천장까지의 높이를 H 로 하고, 등기구 간격 S 를 $1.5H$ 이하로 하여, 천장과 등기구와의 거리를 S 의 1/5정도 하면서 균등한 휘도가 되도록 한다. 본 연구에서는 광원중 가장 많이 사용되고 있는 FL-40W 형광등을 적용하기로 한다.

4. 조명설계관련 데이터 베이스 구성

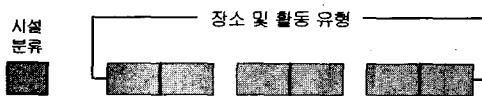
조명의 설계에 있어 데이터 베이스 구성에서 가장 중요한 KS A 3011과 관련 된 조도의 결정이다. 설계의 진행과정에서 제공되어야 하는 정보는 디자인을 결정하는 단계로 공간에서의 작업별 형식, 활동유형별, 장소 및 시설별 명칭은 가나다순으로 배열하고 상호 연관성을 고려하여 배열한다.

4.1. 시설별 데이터 베이스 구성의 코드

<표 8> 시설별 분류 코드

CODE	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
시설명	경기장	공공 시설	공장	교통 시설	병원	사무실	상점	옥외 시설	주택	학교

시설별 분류는 10가지로 구분하여 알파벳 소문자로 표시하여 <표 8>과 같이 분류한다.



<그림 4> 분류코드의 구성

분류코드의 형식은 [시설분류]-[대분류]-[중분류]-[소분류]로 나누어 표시하여, 설계 프로세스에 따라 구분되고, 소분류의 값이 없을 경우에는 공란으로 표기한다. 따라서, f-05-01-01의 경우 'f'는 사무 시설을 의미하며, '05'은 은행을 '01'은 로비공간, '01'은 탁상이 있는 공간을 의미한다. 기타 세부 사항이 없을 경우에는 공란으로 둔다. <표 9>는 사무공간을 코드로 분리하여 구성한 예이다. 조도 분류값은 <표 10>의 범위 값으로 표시한다. 이와같은 데이터 베이스의 구성을 각각의 값에 대한 정보를 디자인의 과정에 따라 초기 기획단계에서부터 적용이 가능하여, 새로운 항목에 대하여 추가 및 삭제가 용이하다.

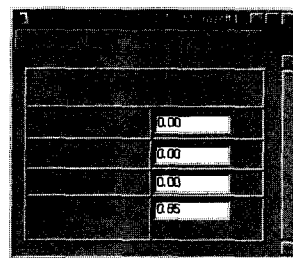
<표 9> 사무 공간의 분류 Code

시설 구분	대 분류	중 분류	소 분류	공간 및 시설명	조도 분류
f	01	-	-	그래픽 설계	
f	01	01	-	그래프, 사진(8)	G
f	01	02	-	색상 선택(18)	H
f	01	03	-	설계와 예술품 제작	H
f	01	04	-	세밀한 일	G
f	01	04	-	해도와 지도 그리기	H
f	02	-	-	법 정	
f	02	01	-	좌 석	E
f	02	02	-	활동영역(9)	G
f	03	-	-	사무실(키보드, VDT조명)	H
f	03	01	-	도서실(공공시설 도서관 참조)	
f	03	02	-	로비, 응접실, 휴게실	E
f	03	03	-	시청각실	F
f	03	04	-	오프셋 인쇄와 복사실	F
f	03	05	-	우편물 분류	G
f	03	06	-	일반 개인 사무실(공공 시설 관독 참조)	
f	03	07	-	키보드식별	G
f	03	08	-	회계(공공시설 관독 참조)	
f	03	09	-	회의실	F
f	03	10	-	VDT가 있는 공간	F
f	04	-	-	서비스 공간	
f	04	01	-	계단, 복도, 엘리베이터	E
f	04	02	-	세면장, 화장실	E
f	05	-	-	은행	
f	05	01	-	로 비	
f	05	01	01	탁 상	E
f	05	01	02	일 반	E
f	05	02	-	금전출납 창구	G
f	06	01	-	제 도	
f	06	01	01	고명도 대비 소재(9)	G
f	06	01	02	밝은 테이블	E
f	06	01	03	암갈색 물감 인쇄, 저명도 대비 소재	H
f	06	01	04	청사진	G
f	07	-	-	회의실	F

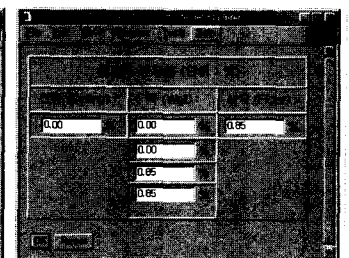
<표 10> 조도 분류 값 표시

조도 분류	최소값(LTS_S)	평균(LTS_A)	최대값(LTS_L)
A	3	4	6
B	6	10	15
C	15	20	30
D	30	40	60
E	60	100	150
F	150	200	300
G	300	400	600
H	600	1,000	1,500
I	1,500	2,000	3,000
J	3,000	4,000	6,000
K	6,000	10,000	15,000

4.2. 시스템의 구현과 정보의 흐름



<그림 5> 공간 치수 입력 양식



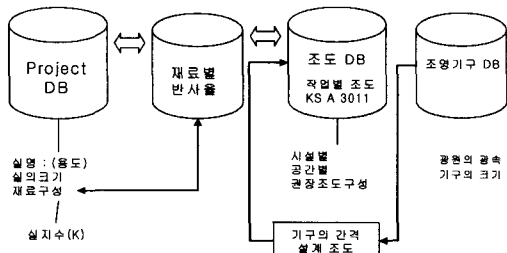
<그림 6> 재료의 반사율 입력양식

사용자의 입력사항은 공간의 크기와 공간내의 벽, 천장, 바닥 재료의 반사율을 입력하거나, 재료를 선택하게 되면, 반사율로 전환된다. 실의 용도에 의한 권장 조도를 검색하고, 광원을 선정한다.

조명 설계 시스템은 입력값에 의하여 실지수값과 소요광속을 계산하게 되며, 크기와 위치를 결정하고, 등기구의 간격을 검토할 수 있다.

<표 11> 조도 및 조명설계에서의 결과값 유도

조명률(U)	보수율(M)	계산램프수(N)	채용램프수(N')	평균조도(E)



<그림 7> Database 시스템 구성

```

SELECT LTA_CD, LTA_NM, ISNULL(LTA_VALUE,""), ISNULL(LTS_E,""), ISNULL(LTS_L,""), ISNULL(LTS_S,"")
FROM TBL_AREA A,
TBL_STD B
WHERE A.LTA_VALUE = B.LTS_CD

--1단계 SQL
SELECT LTA_CD, LTA_NM, ISNULL(LTA_VALUE,""), ISNULL(LTS_E,""), ISNULL(LTS_L,""), ISNULL(LTS_S,"")
FROM TBL_AREA A,
TBL_STD B
WHERE LEN(LTA_CD) = 1
AND A.LTA_VALUE = B.LTS_CD

--2단계 SQL
SELECT LTA_CD, LTA_NM, ISNULL(LTA_VALUE,""), ISNULL(LTS_E,""), ISNULL(LTS_L,""), ISNULL(LTS_S,"")
FROM TBL_AREA A,
TBL_STD B
WHERE LTA_CD LIKE 'B%'
AND LEN(LTA_CD) = 3
AND LEFT(LTA_CD,1) IN (SELECT LTA_CD FROM TBL_AREA WHERE LEN(LTA_CD) = 1)
AND A.LTA_VALUE = B.LTS_CD

.... 중략 ....
--5단계 SQL
SELECT LTA_CD, LTA_NM, ISNULL(LTA_VALUE,""), ISNULL(LTS_E,""), ISNULL(LTS_L,""), ISNULL(LTS_S,"")
FROM TBL_AREA A,
TBL_STD B
WHERE LTA_CD LIKE 'B%'
AND LEN(LTA_CD) = 9
AND LEFT(LTA_CD,7) IN (SELECT LTA_CD FROM TBL_AREA WHERE LEN(LTA_CD) = 7)
AND A.LTA_VALUE = B.LTS_CD
    
```

위와 같은 구성으로 단계별 구성값과 권장 조도의 값에 대한 범위에 만족하는 조명기구의 배치를 수행한다.

기구의 배치는 광속범에 의하여 등기구수(N)값에 의하여 공간에 배치될 경우 배치 방법은 '3'이상의 소수인가를 먼저 확인하고, 소수일 경우 N값에 1을 추가하여 인수분해하며 입력받은

실의 크기(x,y)의 값의 비례에 의하여 배치한다. 등기구수가 1인 경우 실의 가운데 배치하게 되며, 2의 경우 장방형의 길이로 횡 배치하게 된다. 채용 램프수와 계산 램프의 수가 차이가 있을 경우 역산하여 최종 결과에 대한 평균 조도를 계산하여 검산하게 된다.

5. 결론

이상과 같이 실내공간의 조명 설계 시스템 구축을 위한 데이터 베이스의 구축은 실내공간의 적절한 조도를 확보하고, 설계의 초기 단계에서도 조명의 관계를 검토할 수 있어 관련 디자인을 진행할 경우 디자인의 변화에 따라 상호 손쉽게 비교 검토될 수 있으며, 조명에 대한 전문가가 아니더라도 쉽게 조명기구를 배치할 수 있다. 각 기능실에 대한 필요 조도의 검색과 실 구성간의 상호 조도차를 줄여 쾌적한 공간을 설계하기 위한 기본 정보의 구축을 확립하여, 막연하고 추상적이거나 경험에 의한 조명 디자인보다는 정확한 정보에 의한 합리적인 디자인으로 과도한 조명의 사용을 방지하고, 광원에서 나오는 열에 의한 냉방 부하를 줄 일 수 있으며, 운영비의 절감 효과를 가져올 수 있다.

본 연구에서는 광원에 대하여 가장 많이 사용하고 있는 형광등으로 구성하였으며, 설계의 초기 단계부터 조명디자인을 고려한 설계를 가능하게 하였으며, 에너지 절감과 천장 디자인에 있어 조명과의 관계를 미리 검토할 수 있고, 조명 설계시스템을 위한 데이터 베이스를 기반으로 기본조도와 실내의 전반적인 재료구성, 광원과의 관계를 수치적으로 확립하기 위하여 조명관련 정보의 데이터베이스를 구축을 하였다. 앞으로 국내에서 제조회사의 경우 조명기구의 배광과 광색의 광학적 자료 제공이 미흡한 실정에 있어 다양한 조명기구의 정보 구축이 계속적으로 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 나카지마 다쓰오키 외, 조명디자인 입문, 예경, 1999
2. 니시자와 요시아키, 조명설비 관련 지식과 설계도작성, 월간전기기술 2001. 12, pp.102-105
3. 박동화·정용기, 조명설비 설계와 시공 가이드 북, 의제, 2002(제4판)
4. 박종호 역, 건축조명개론, 기문당, 2000 (제3판)
5. 社団法人 日本照明學會編, 照明工学, 1997, p.102.
6. 이장원, 알기쉬운 영상조명 기술, 도서출판 아르케라이팅아트, 2002
7. 지철근, 최신 조명공학, 문운당, 2002
8. 황세옥, 조명디자인, 미진사, 2002
9. 사)한국조명전기설비학회, 현대 조명환경 시스템, 1985
10. The IESNA Lighting Handbook, reference & application, 9th edition
11. Corky Binggeri, Building Systems for interior designers, John Wiley & Sons, Inc. 2003
12. Environmental Science in building, R McMullan, 1983
13. Davied E. Weigand, Advanced Lighting Design Guides, New Buildings Institute, 2003

<접수 : 2004. 6. 4>