

# 인텔리전트 빌딩의 공간특성을 고려한 배광결정과 형광등기구 설계

(Decision of the Luminous Intensity Distribution and Design of Fluorescent Luminaire  
based on Space Features of the Intelligent Building)

이정욱\* · 김홍범 · 한종성 · 김훈

(Jung-Wook Lee · Hong-bum Kim · Jong-Sung Han · Hoon Kim)

## Abstract

공간의 효율적 조명시스템의 설계를 위해서는 그 공간의 물리적 조건들과 작업의 내용 등을 고려하여 표준적인 상황을 규정하고, 그 상황에서 가장 유용한 조명설계를 찾아내어 표준화해야 한다. 특히, 인텔리전트 빌딩에서는 OA도입으로 인한 VDT 작업환경, 취업인구의 고령화 등의 공간특성을 고려한 조명계획이 요구되며 이러한 조명계획을 구현할 수 있는 조명기구를 제작할 필요가 있다. 따라서 이 연구에서는 국내 인텔리전트 빌딩의 주요공간별 크기와 형태 및 특성을 조사하여 표준공간을 선정했고, 이를 반사판설계에 반영하여 3 가지 형태의 형광등기구를 설계, 분석하였다.

## 1. 연구 배경

정보화 사회로의 빠른 이행과 컴퓨터를 비롯한 첨단 정보통신기술의 급속한 발전에 힘입어 기능성·경제성·유연성·안전성·신속성 등의 면에서 우수한 특성을 지니고 있는 인텔리전트 빌딩은 가까운 장래에 건축문화 전반에 큰 변화를 일으키며, 정보화 사회에서 필수적인 사회기반시설로 부각될 전망이다. 인텔리전트 빌딩은 첨단 정보통신 기술과 고도의 사무자동화시스템을 도입하여 작업의 생산성을 향상시키고, 효과적인 건물관리와 쾌적한 실내환경을 위해 건물자동화시스템을 채택한다. 건물을 인텔리전트화 하는 중요한 목적의 하나는 실내공간에서 일하는 사람에게 쾌적한 환경을 제공하여 작업원의 지적 생산성을 향상시키는 것이다. 이에 따라 명시성 확보에 머물렀던 종래의 조명목적이 점차 쾌적성 추구에 초점을 맞추는 양상으로 바뀌고 있다.

공간의 효율적 조명시스템의 설계를 위해서는 그 공간의 물리적 조건들과 작업의 내용 등을 고려하여 표준적인 상황을 규정하고, 그 상황에서 가장 유용한 조명설계를 찾아내어 표준화해야 한다. 특히, 인텔리전트 빌딩에서는 OA도입으로 인한 VDT 작업환경, 취업인구의 고령화 등의 공간특성을 고려한 조명계획이 요구되며 이러한 조명계획을 구현할 수 있는 조명기구를 제작할 필요가 있다.

생활수준이 향상됨에 따라 점차 조명 전력량의

비율이 증가될 것으로 추정되고 있다. 이러한 조명 전력량의 수요증가를 고려하여 실시한 조명기기 보급 실태조사(한국전력공사, 전력경제처 - 1994)에 의하면, 전체 조명기구의 보급대수와 조명기구의 설비용량 면에서 직관형 형광등이 차지하는 비율은 각각 80.5%, 56.9%로 가장 많이 나타났다. 또한, 일반용 건물의 조명기기별 보급실태 중 사무실의 경우 보급대수와 설비용량에서 각각 96.1%, 94.9%의 비율을 나타냈다.

위와 같은 상황에서 인텔리전트 빌딩의 공간별 특성을 분석하고 표준공간을 선정하여 각 기능공간의 특성에 적절한 조명설계를 구현할 수 있도록 형광등기구를 개발하였다.

## 2. 인텔리전트 빌딩의 주요공간별 조명요건과 표준공간선정

### 2.1 사무공간

#### 2.1.1 조명요건

사무공간은 인텔리전트 빌딩의 핵심 생산공간이며 작업자가 가장 오래 동안 머무르는 곳이기 때문에 작업효율 향상을 위한 시각능력에 대한 배려와 편안한 근무환경을 제공하기 위한 쾌적성 향상이 중요한 조명의 요건이다.

시각능력 향상을 위해서는 작업의 종류와 활동 유형에 따른 적절한 조도, 작업면과 주변간의 조도 균제도를 확보하여 시각적 피로를 방지해야 한다. VDT 사용이 많은 Intelligent Building의 사무공간에서는 VDT 화면에서의 반사글래어뿐만 아니라 VDT 작업시 시야에 들어오는 조명기구에 의한 직접글래어를 충분히 방지해야 한다. 쾌적성 향상을 위해서는 적절한 연직면 조도를 확보하여 작업자간의 커뮤니케이션에 대한 배려를 해야하고, 램프의 광색과 연색성 등을 실내의 분위기와 마감재의 색채를 고려해서 선정해야 한다.

### 2.1.2 표준사무공간

표준사무공간은 철골구조물의 모듈치수와 기존 사무소 건축물의 평균 크기를 기초로 하여 기본 스패간격 6m의 정방형 공간을 기본형으로 하고, 모듈과 스패의 증가를 고려하여 증가형, 확대형으로 구분하였다.

표 1. 표준사무공간 크기

Table 1. The Sizes of standard Offices Area

구분	높이	가로	세로	비고
기본형	2.7	6	6	기본 스패간격 기준
증가형	2.7	9	12	증가모듈의 첨가
확대형	2.7	12	24	open-plan office

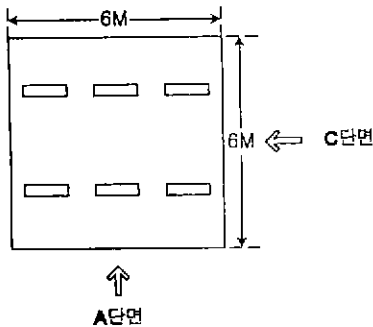


그림 1. 표준사무공간 평면도(기본형)

Fig. 1. The plane figure of standard Office

- Basis model

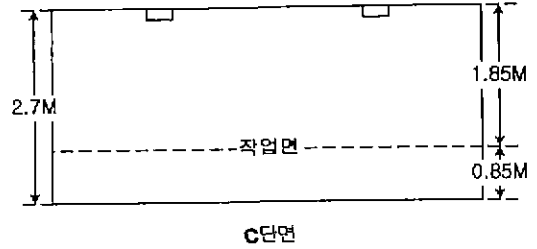
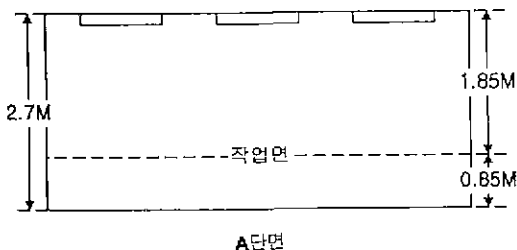


그림 2. 표준사무공간 정면도

Fig. 2. The front view of standard Office  
- Basis model

## 2.2 복도공간과 엘리베이터공간

### 2.2.1 조명요건

복도는 인텔리전트 빌딩의 주요 통로이며 확실한 안전성을 충족시켜야 함과 동시에 다른 기능공간과 연결되는 부분으로 명확히 구분되어야 한다. 복도에서 일어나는 주된 시각업은 선 상태에서 이루어지기 때문에 조명하는 높이와 연직면 조도의 확보가 중요한 요건이 된다. 복도에 필요한 조도는 인접한 공간의 조도수준에 따라 달라지는데, 이는 인접공간에서 복도로 이동할 때, 순응의 문제를 발생시키지 않게 하기 위함이다. 복도의 마감재의 반사율이 매우 낮거나, 고풍자들이 많이 이용하는 복도일 경우에는 보다 높은 조도를 제공하여 안전성을 확보해야 한다.

엘리베이터에는 복도와 동일한 조도를 제공한다. 좁은 공간을 보다 넓게 느낄 수 있도록 천장과 벽을 밝게 하는데, 주로 광천장 방식을 채택하고 있다.

### 2.2.2 표준 복도공간과 엘리베이터공간

표준복도공간은 기존 사무소 건축물의 평균복도 크기를 바탕으로 구성하였는데, 복도의 크기는 건물의 용도에 따른 통행량에 근거하여 정해지기 때문에 좁은 복도, 기본형 복도, 넓은 복도로 구분하였다.

표 2. 표준복도공간 크기

Table 2. The Sizes of standard corridors

구분	높이	가로	세로	
복도공간	좁은 복도	2.7	1.6	1.8
	기본형 복도	2.7	2	1.8
	넓은 복도	2.7	2.4	1.8
엘리베이터	2.2	1.6	1.4	

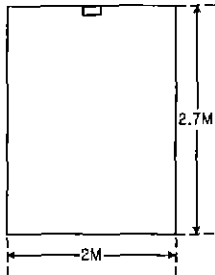


그림 3. 표준복도공간 정면도  
Fig. 3. The front view of standard Corridor

표준엘리베이터공간은 제작자들이 제공하는 표준모델 중에서 중간형을 선정하였다. 대부분의 엘리베이터에는 확산형 패널을 사용하는 광천장조명 방식을 채택하고 있다.

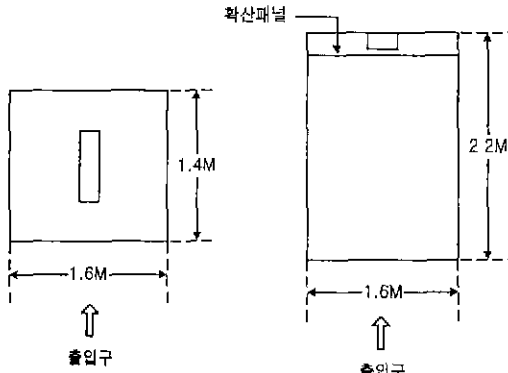


그림 4. 표준엘리베이터 모델 규격  
Fig. 4. The size of standard elevator model

### 2.3 계단공간과 화장실공간

#### 2.3.1 조명요건

복도와 더불어 주요 통로역할을 하는 계단은 무엇보다도 안전성에 대한 배려가 우선된다. 즉, 계단의 발판을 분명히 인식할 수 있도록 하여 안전사고를 방지해야 하고, 계단공간용 조명기구의 설치위치의 계단에서 사다리를 사용하더라도 쉽게 유지보수 할 수 있는 곳이어야 한다.

화장실에서는 균일한 조도를 확보하는 것보다 세면대와 같이 활동이 주로 일어나는 특정 부분에 빛을 집중시켜 적절한 면조도를 제공하는 것이 중요한 요건이다 빛이 집중되면 공간의 청결도를 보다 높일 수 있다

#### 2.3.2 표준 계단공간과 화장실공간

표준계단공간에 사용되는 발판은 단높이 180mm, 단너비 280mm에 각각 10개, 9개로 하여 기존 건축물의 평균계단공간에 가깝도록 구성하였다. 계단참 공간의 크기는 기존 건축물 중 계단을 많이 이용하는 저층건물을 대상으로 한 조사의 평균이다.

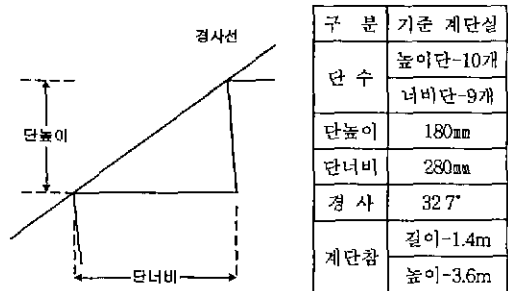


그림 5. 표준계단 발판 구성과 규격  
Fig. 5. The stair tread and sizes of standard stairway

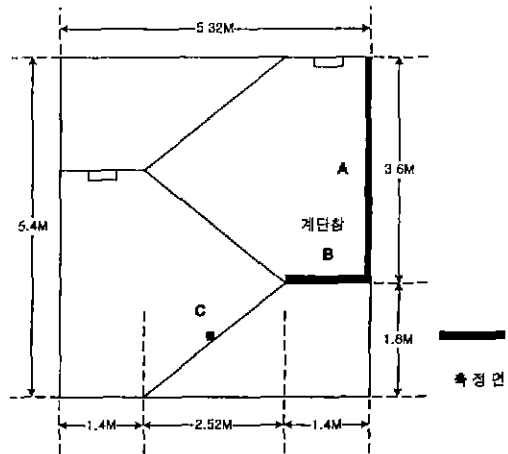


그림 6. 표준계단공간 정면도  
Fig. 6. The front view of standard Stairway

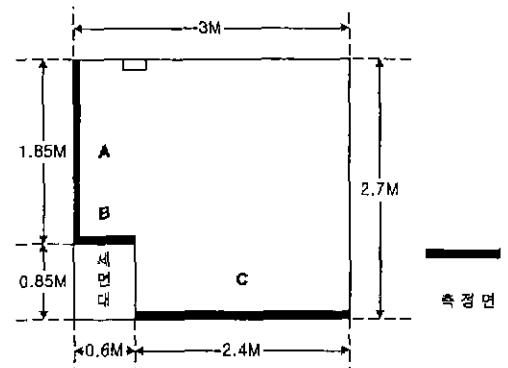


그림 7. 표준화장실공간 정면도  
Fig. 7. The front view of standard Restroom

표준화장실공간은 기본 단위모듈(3m)과 단위스팬(6m)을 조합하여 구성하였고, 한 쪽에 주된 활동이 일어나는 작업면을 위치시켰다.

### 3. 목표배광 결정과 반사판 설계

목표배광의 결정은 직관형 형광램프의 단면에서의 광도는 모든 방향에서 동일하다고 가정에서 시작한다. 따라서, 조명기구 밖으로 나오는 광도는 두 가지로 나뉜다.

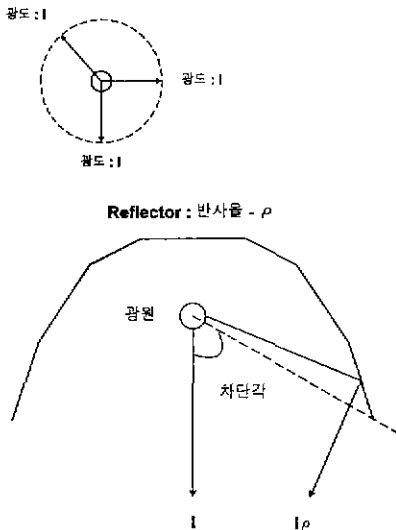


그림 8. 형광등기구 단면에서의 광도  
Fig. 8. Luminance intensity on the plane figure of fluorescent luminaire

#### 3.1 조명구역과 조명방식,

##### 활동유형을 고려한 배광형태 결정

표준공간에서의 조명구역과 조명방식을 분명히 하면 불필요한 곳으로 누설되는 조명에너지를 작업면에 집중시켜 에너지효율을 높일 수 있다. 예를 들면, 사무공간에서 전반조명용으로 사용되는 형광등기구는 작업면을 균일하게 조명하는 것이 바람직하지만, 복도공간에서 사용되는 경우에는 좁은 폭의 바닥면과 벽면을 조명하는 것이 에너지효율을 높일 수 있다.

비슷한 크기의 실내공간이라도 작업의 내용과 목적에 따라 활동유형이 틀린 경우가 있다. 화장실이나 세탁실, 서고 등의 경우에는 한 쪽 벽면에서 집중적인 활동이 일어나기 때문에 그림자와 작업면 조도를 고려한 조명기구 설치위치와 배광을 제공할 수 있어야 한다.

표 3. 배광형태에 따른 적용공간

Table 3. Application areas from distribution

목표배광 형태	적용공간
넓은 배트형	대부분의 사무공간
좁은 배트형(원형)	복도공간, 엘리베이터
비대칭	계단, 화장실, 서고, 창고, 세탁실

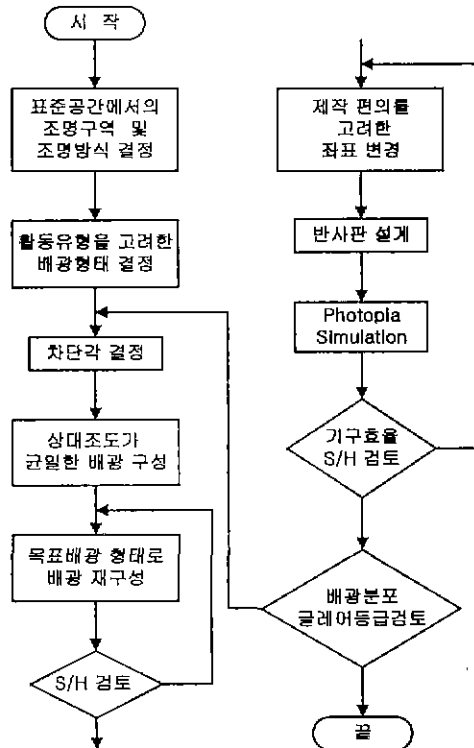


그림 9. 배광결정 순서도  
Fig. 9. Flow chart for decision of luminous intensity distribution

#### 3.2 조명기구 설계목표

조명기구 설계목표는 에너지효율 향상의 목적과 글래어 발생 방지, 균제도, 설치방식의 편의를 고려하여 다음과 같이 설정하였다. 그러나, 설치간격비의 경우는 적용공간에 따라 다소 낮아질 수 있다.

표 4. 형광등기구 설계목표값

Table 4. The purpose for FL luminaire design

구분	목표값
기구 효율	90% 이상(반사판 반사율 95%)
글래어등급	G2 등급
설치간격비	1 : 16 이상(균제도 0.8이상)
기구 크기(mm)	폭 220~265(2등용) 길이 110 이하

표 5. 글레어 등급분류

Table 5. The classification of glare

기구의 눈부심 제한	각 연직각에서의 최대 휘도		
	65 °	75 °	85 °
G1	5250	2670	2670
G2	10500	7080	7080
G3	제한 없음		

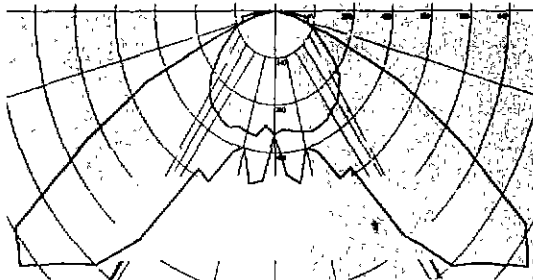
### 3.3 반사판 설계

결정한 목표배광을 실현하기 위해서 경면반사판 설계법을 이용하여 반사판을 설계하였고, 실제 제작할 때의 편의를 위하여 목표배광과 설계목표에서 벗어나지 않는 범위에서 반사판 형태를 단순화했다. 포토피아 시뮬레이션을 이용하여 배광분포 및 설계목표 달성여부를 검토하였다.

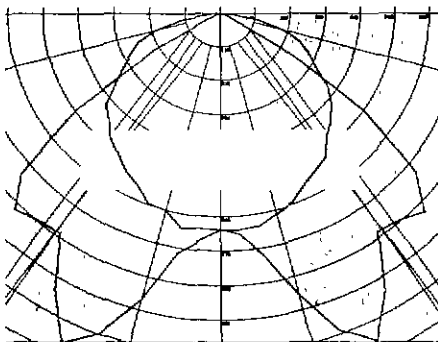
표 6. 포토피아 시뮬레이션 결과

Table 6. Photometric report from Photopia

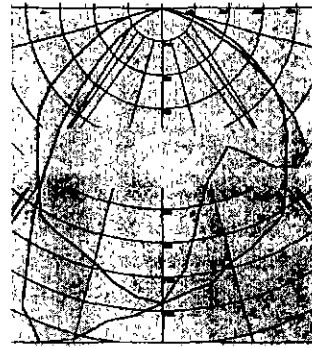
구 분	기구 효율	글레어 등급	설 치 간격비	기구 크기 (폭, 높이)
사무공간용	90.0	G2	1.75	248, 87
복도공간용	93.4	G2	1.5	248, 73
화장실용	92.7	G2	1.25(1.5)	117, 65



사무공간용 배광분포곡선



복도공간용 배광분포곡선



계단·화장실공간용 배광분포곡선

그림 10. 설계된 형광등기구의 배광분포 곡선

Fig. 10. Luminous intensity distributions of the designed fluorescent luminaires

## 4. 표준공간에서의 적용

### 4.1 검토사항 및 표준공간의 반사율

검토사항으로 한국공업규격의 조도기준과, 일본 조명학회의 오피스조명기준에서 제시하는 강제도 0.6이상을 정했고, 에너지소비량을 검토하기 위해서 W/m<sup>2</sup>, 최적배광에 대한 척도로 기구 수를 선정했다.

표 7. 한국공업규격 기준조도

Table 7. Standard illuminances for office(KS)

장소 / 활동	조도분류	조도범위[lx]
일반개인사무실(CRT화면)	F	150-200-300
키보드 식별	G	300-400-600
VDT가 있는 공간	F	150-200-300
계단, 복도, 엘리베이터	E	60-100-150
세면장, 화장실	E	60-100-150

표 7. 검토공간의 크기 및 반사율

Table 7. Size and reflectance of the comparative areas

구 분		크 기			반 사 율		
		가로	세로	높이	천장, 벽, 바닥		
사무 공간	기본형	6	6	2.7	0.8, 0.5, 0.2		
	증가형	9	12	2.7	0.8, 0.5, 0.2		
	확대형	12	24	2.7	0.8, 0.5, 0.2		
복도공간		2	18	2.7	0.8, 0.5, 0.2		
화장실		3	6	2.7	0.8, 0.7, 0.3		
계 단		532	3	5.4	0.8, 0.5, 0.2		

비교공간의 크기는 설계의 기초가 되었던 기준공간의 크기로 정했으며, 반사율은 천장 0.8, 벽 0.5,

바닥 0.2를 기준으로 하였으나, 엘리베이터나 화장실 등의 경우에는 보다 높은 반사율을 적용했다.

#### 4.2 루멘마이크로 시뮬레이션을 이용한 적용사례 분석

사무공간용과 복도공간용 형광등기구의 경우에는 검토사항을 바탕으로 광학적 성능을 중점적으로 분석했는데, 기구설치방식과 수량은 기존 건물에 적용되고 있는 형태로 기본형 표준사무공간에 6개의 형광등기구를 설치하였고, 복도의 경우에는 복도의 길이방향과 평행한 설치방식으로 설치간격은 사무공간의 길이방향과 같게 하였다. 두 기구 모두 표준공간의 작업면 전체에서 KS 조도기준보다 높은 평균조도를 제공했고, 복도용의 경우에는 1등용 기구로도 조도기준을 충분히 만족시켰다. 수평면 조도균제도는 양호했으나, 복도용의 수직면 조도균제도가 다소 떨어지는 양상을 보였다. 그러나, 이 부분은 배광결과와 설계과정에서 충분히 보완할 수 있다고 판단된다.

표 8. 형광등기구 성능  
(사무공간용과 복도공간용)

Table 8. The performances of FL luminaire for office and corridor

구분	평균 조도	균제도	기구 수	W/m <sup>2</sup>
사무공간	기본형	0.71	6(2등용)	11
	증가형	0.67	24(2등용)	14.7
	open형	0.63	48(2등용)	11
복도공간	260(210)	0.71(0.42)	9(1등용)	8.25(7.86)

(수직면)

표 9. 형광등기구 활용도 비교  
(화장실공간용과 계단공간용)

Table 9. Comparison of FL application for restroom and stairway

구분	작업면	평균 조도					
		A			B		
화장실 공간 (1등용)	화장실용	316	484	281	0.5	0.77	0.63
	사무공간용	330	318	217	0.56	0.83	0.63
계단 공간 (2등용)	복도용	339	440	269	0.4	0.77	0.67
	계단용	231	288	245	0.4	0.63	0.63
사무공간 (2등용)	사무공간용	314	211	277	0.38	0.71	0.83
	복도용	302	236	268	0.36	0.71	0.77

측정면은 그림 6, 7 참조

작업공간에서의 활동유형을 고려하여 설계한 비

대칭 형광등기구(화장실공간용, 계단공간용) 경우에는 활용도를 중심으로 검토하였다. 화장실용의 경우에는 평균조도와 균제도에서 비교대상 기구와 비슷하거나 약간 개선된 성능을 나타냈고, 계단용의 경우에는 오히려 낮게 나타나 배광결정 의도가 설계에 반영되지 않은 것으로 분석되었다. 이는 제작편의를 위해서, 설계된 반사판형상을 변경했기 때문이고 더불어 조명기구를 설치하는 기존방식과 기구설계의도와 일치하지 않았기 때문이라고 여겨진다.

## 5. 결론

지식정보산업의 핵심생산공간으로 자리매김하고 있는 인텔리전트 빌딩의 주요공간별 특성을 분석하여 이를 조명기구설계에 반영한 결과, 합리적이고 효율적인 조명기구를 설계할 수 있었고, 더 나은 조명환경을 제공할 수 있음을 알 수 있었다. 그러나, 배광결과와 조명기구설계의 의도가 보다 완전하게 공간에 적용되기 위해서는 다양한 설치방식에 대한 연구와 기구의 설계와 제작 사이의 오차를 줄일 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다는 결론에 이르렀다.

### 참고 문헌

- [1] 이정덕, 정준희, "우리나라 사무소 IB화 기본방향에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 7권, 5호, p.3~14, 1991, 10.
- [2] 김갑득, 권인규, 김옥선, "비주거용 건축물의 철골 공업화에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 9권, 6호, p.123~128, 1993, 6.
- [3] 이진숙, "인텔리전트 빌딩의 조명계획", 대한건축학회, 특집
- [4] 김형수, 박동소, 이경희, "인텔리전트 빌딩의 공간규모 계획기준에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표논문집, 제 14권, 제 1호, p.147~150, 1995, 4.
- [5] 박준영, 정무용, "건축물의 모듈러수정합과 격자설계 방법에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 14권, 4호, p.91~99, 1998, 4.
- [6] Ernst Neufert, 이민섭(역), "건축설계보람", 기문당, p.62~64, 390~394, 1993, 3.
- [7] IESNA, "American National Standard Practice for Office Lighting", 1992.
- [8] William B. Elmer, "The Optical Design of Reflectors" third edition, TLA Lighting Consultants, Inc., 1989.
- [9] "빛과 조명(광공학의 이론과 실제)", 신개정 제4판, 일본이공출판회, 1994.
- [10] "오피스 조명기준", 일본조명학회, 1992.
- [11] "Discomfort glare in the interior working environment", CIE N° 55(TC-3.4), 1983.
- [12] "조명디자이너 자격인증 교재", 한국조명전기설비학회.
- [13] 김홍범, "조명디자이너의 이해", 한국조명전기설비학회, 제 13권, 제4호, p. 53~64, 1999, 12.
- [14] IESNA, "Lighting Handbook (8th Ed.)", p.447~500, 1993.