

조명 시뮬레이션을 위한 측광데이터의 생성과 적용

A Study on the Generation and Application of Photometric Data for Lighting Simulation

홍 승 대*

Hong, Sung-De

Abstract

With a growing variety of electronic catalogue specific to the lighting industry, there has been a considerable increase in the offering of photometric data files that are actually based on specific luminaires. The photometric data is offered in IES, EULUMDAT and TM-14 file format. These files are then made available for use in lighting design software to estimate the performance of a proposed lighting system. Currently, a number of manufacturers are offering 'electronic photometric files' by web service rather than print media.

The objectives of this study is to propose a framework for the generation of photometric data files in pre-manufacturing stage. In addition, this study demonstrates how to parse photometric files for use in lighting calculation and visualization software programs. For the study, lamp and reflector geometry modeling were used, and the computer analyses on the luminaire were carried out with a photometric analysis program.

키워드 : 측광데이터, 조명기구, 반사판, 조명 시뮬레이션

Keywords : Photometric Data, Luminaire, Reflector, Lighting Simulation

1. 서 론

1.1. 연구의 배경 및 목적

측광데이터(Photometric Data)는 조명기구의 성능을 표시하는 유효한 방법으로서 각 제작사는 자사의 조명 기구성능을 제공하기위한 기초적인 데이터로서 측광데이터를 활용하고 있다. 세계화와 정보화의 진전에 따라 이러한 측광데이터는 기존의 카탈로그 형태에서 전자화된 데이터로서 온라인상으로 공급되고 있는 것이 현재의 추세라고 할 수 있다. 특정한 규격으로 공급되는 이들 데이터는 건축물의 조명성능을 예측하기위한 시뮬레이션의 기초적인 정보로서 중요한 부분이라고 할 수 있다. 측광데이터는 광원과 빛을 제어하는 반사판, 렌즈 사이에서 거동하는 빛의 거동을 측정하는 것으로서 모든 조명기구는 고유한 측광데이터를 갖게 된다. 전자화된 측광데이터가 공급되지 못하여 조명 시뮬레이션을 수행하면서 대부분의 측광데이터를 해외 업체에서 제공하는 것에 의존하는 국내현실에 비추어볼 때 측광데이터의 전자화는 국내조명산업의 발전을 위해 필수적인 부분이라고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 생산 이전 단계에서 규격화된 측광데이터의 생성과 해석에 관련된 방법을 제시하여, 기구의 특성과 성능이 정확하게 반영된 조명 시뮬레이션의

수행을 위한 기초적인 방법을 검토한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구의 방법은 다음과 같다.

- 1) 측광데이터의 생성과 관련된 선행 과정으로서 현재 국제적으로 통용되고 있는 규격과 측정방법에 관하여 고찰하고, 모델링의 대상인 반사판의 유형과 특성에 대하여 정리한다.
- 2) 조명기구의 주요 구성부인 광원과 반사판을 3차원 모델링하여 빛의 거동을 해석한다.
- 3) 해석된 수치를 규격화된 측광데이터로 생성하고, 생성된 데이터의 유효성을 검증하기위한 시뮬레이션을 수행하여 그 데이터의 활용 타당성을 검토한다.

본 연구에서는 측광 데이터의 생성과 활용에 연구의 중점을 두기 위하여 조명기구 반사판의 여러 유형 중 그 활용도가 높은 타원형(Elliptical type)과 포물선형(Parabolic type), 복합형(Compound type)을 대상으로 하였으며, 이에 적용된 광원은 여타 광원에 비교하여 형상이 복잡한 전구형 형광램프(CFL)로 설정하였다.

2. 조명기구 성능의 측정과 측광데이터의 규격

* 정회원, 안산공과대학 실내디자인과 교수

2.1. 성능의 측정

일반적으로 조명기구의 성능을 측정하기 위한 방법으로 적용되는 것은 배광측정 시스템(Goniophotometer)을 이용하는 것이다. 이러한 조명기구의 측정을 위한 기준에는 실내용 조명기구의 측정을 위한 IES Type A와 C가 있으며, 옥외용을 위한 IES Type B가 있다.¹⁾ 배광측정 시스템을 이용한 조명기구 성능의 측정은 시스템의 유효범위에 따라 변화하는데 특히 기구의 크기가 증가할수록 오차의 범위가 커지는 것으로 확인되고 있다.

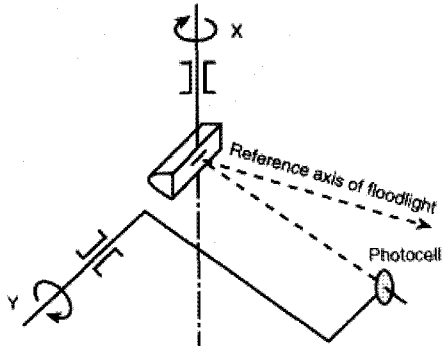


그림 1. TypeC 방식의 배광측정

2.2. 측광데이터의 규격

현재 국제적으로 통용되고 있는 측광데이터의 대표적인 규격은 북미 표준인 IES와 유럽 표준인 EULUMDAT, 영국 표준인 TM-14 등이 있다. 현재 이러한 측광데이터의 전자적 전달과정은 <그림2>에서 표시된 것과 같은 흐름을 갖고 있다.

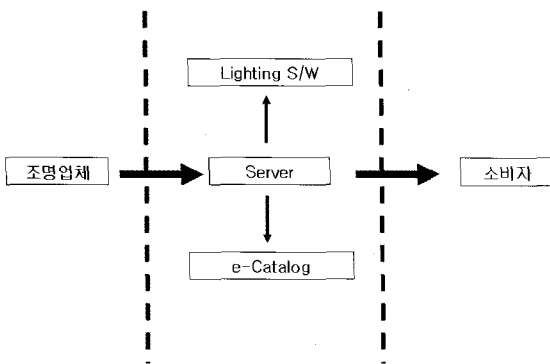


그림 2. Photometric Data의 교환 방식

1) IES

IES(Illumination Engineering Society) 규격은 미국 표준의 측광데이터 규격으로서 특정한 조명기구의 공간적인 빛의 분포상태를 기록한다. 이 규격에는 3가지의 다른

1) Type A는 자동차용 헤드램프나 신호용 램프의 측정을 위한 구면좌표계이며, Type B는 옥외용 투광기나 경기장용 조명기구, Type C는 건물이나 도로용 조명기구를 위한 구면좌표계이다.

규격이 통용되는데 그 중 가장 최근 것이고 IESNA의 지원을 받는 규격이 ANSI/IESNA LM-63-2002이다.²⁾ IES 규격은 설치된 램프의 빛의 출력을 부여하고 이는 다른 종류의 램프가 설치된 조명기구의 속성을 규정한다. 현재 통용되는 규격은 제조회사, 기구의 명칭, 카탈로그 번호 등과 같은 데이터를 포함시키기 위하여 초기에 제정된 규격보다 엄격한 요구사항을 갖고 있다.

2) EULUMDAT

EULUMDAT 규격은 독일의 LCI Software Engineering 사의 Axel Stockmar가 개발하였으며 조명기구의 빛이 공간적으로 확산되는 것과 관련된 데이터를 저장하는 유럽표준의 데이터 포맷방식이다. 총 킬로 루멘당 칸델라 값(cd/klm)을 기록하는 텍스트 파일포맷이다.

EULUMDAT은 여러 가지 유형의 램프가 부착된 조명기구들의 광도값을 표현하는 것이 가능하며 이러한 기능은 IES 규격이나 CIBSE 규격에서는 불가능하다. 또한 EULUMDAT은 서로 다른 램프의 타입을 선택할 수 있는 솔루션을 제공한다.

3) CIBSE TM-14

영국 표준의 측광데이터 규격으로서 구조화가 우수한 텍스트 파일 포맷은 아니며 광도값을 저장하고 있다. 이 규격은 IES 포맷과 매우 유사하나 조명 기구의 메타 데이터에 관한 보다 엄격한 규정을 가지고 있다. 조명기구에 설치된 램프의 광속을 인코딩 할 수 있는 명확한 방법이 없기 때문에 생산자는 광속에 대한 부분을 표준화되지 않은 주석으로 인코딩을 한다. 이러한 한계는 CIBSE TM-14 규격의 실제 활용을 어렵게 만드는 원인이 되고 있다.

4) CIE

CIE(국제조명위원회)에서 제안된 세계표준의 측광 데이터 규격이다. 구조화가 잘되어있는 텍스트 파일 포맷이며 칸델라 단위의 광도값을 저장하고 있다. 하였다. 이 규격은 전 세계적으로 산업계와 지역에 따라 서로 다른 포맷으로 통용되고 있는 것을 '조명기구 측광 데이터의 전자적 교환을 위한 권장파일 포맷'으로 통일하여 규정하기 위한 시도에서 제안되었다. 이 규격에 대한 규정은 CIE publication No. 102(1993)에 수록되어있다.

5) 기타 규격

이상에서 열거한 규격 이외에 기업체에서 독자적으로 개발하여 사용되는 규격으로는 덴마크의 Lys & Optik에서 규정한 LTLI와 일본 도시바사에서 개발한 TBT, 유럽 표준화위원회에서 제안한 CEN규격이 있으며, 이들 규격은 세계적인 호환성이 부족한 규격이라고 할 수 있다.

2) Ian Ashdown, Thinking Photometrically Part II, p.12, LIGHTFAIR 2001 Pre-Conference Workshop

3. 모델링 조건 및 해석프로그램

측광데이터의 생성을 위한 사전단계인 광원과 반사판에 대한 모델링 조건과 대상은 다음과 같으며 기하학적 모델링을 위해서 AutoCAD 2002가 사용되었으며, Surface model로 작성되었다.

3.1. 모델링의 대상

1) 반사판

조명기구에 적용되는 반사판의 유형은 단면형상에 따라 빛의 거동에 관한 수학적 계산이 비교적 용이하여 그 예측이 쉽게 이루어지는 원형(Circular type)과 타원형(Elliptical type), 포물선형(Parabolic type)이 있으며, 여러 단면 형상이 결합되어 이루어지는 복합형(Compound type)으로 대별될 수 있다.³⁾

표 1 조명기구 반사판의 유형

Type	reflector shape
Circular	
Elliptical	
Parabolic	
Compound	

본 연구에서 적용할 반사판은 조명기구의 반사판중 보편적으로 사용빈도가 높은 타원형과 포물선형을 기본으로 이들 반사판과의 비교를 위하여 복합형을 해석 대상으로 하였다. 세부적인 모델링 조건과 반사판의 단면형상은 <표2>와 <표3>과 같다.

표 2. 반사판 모델링 조건

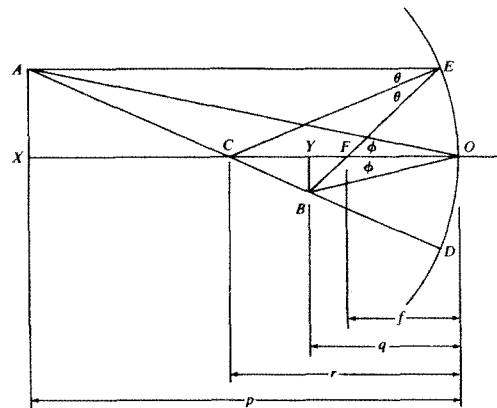
구분	세부 규격
Reflector height	145mm
Aperture size	216mm
Reflector material	ACA Specula Aluminum (Reflectance : 86%)

표 3 반사판의 단면 형상

Type	Geometry model
Elliptical	
Parabolic	
Compound	

2) 광원

반사판에서의 빛의 거동을 수학적으로 간단히 예측이 가능한 것은 광원을 점(Point)으로 가정하는 것에 기인한다. 예를 들어 반사판의 형상이 구형(circular)일 경우 다음과 같은 식으로 빛의 거동을 예측할 수 있다.⁴⁾



$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f}$$

3) John E. Flynn, Architectural Lighting Graphics, p.123

4) Joseph B. Murdoch, Illuminating Engineering 2nd ed. p.406

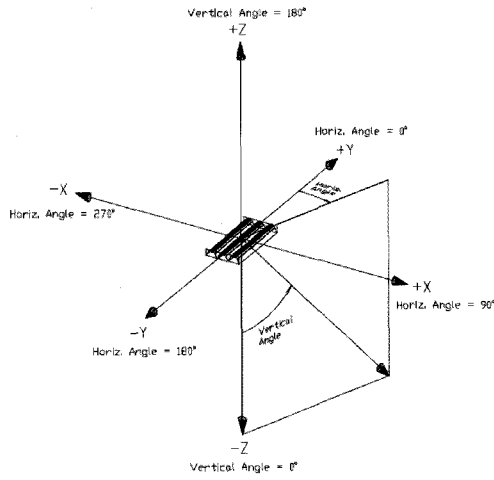
실제 조명시뮬레이션을 위해 요구되는 측정데이터는 체적을 갖는 광원이 부착된 조명기구를 대상으로 하기 때문에 그 해석이 단순하게 이루어지지 않으며 정확성이 결여된 결과물로 나타날 수 있다. 이에 본 연구에서는 실제 사용되는 광원을 3차원 모델링하여 결과의 정확도를 확보하고자한다.

표 4 광원 모델링의 조건

구분	세부규격
Lamp	Osram CF18DT 18W Triple Tube (Non - integrated ballast)
Luminous Flux	1,200 Lm
Lamp height	112 mm
Lamp base	GX24q-2

3.2. 해석 프로그램 및 측정 방식

모델링 결과를 해석하기위한 프로그램은 Lighting Technologies에서 개발한 Photopia 2.0 이며 측정방식은 실내용 조명기구로 한정하여 IES Type C 방식으로 측정하였다.



Type A & C Coordinate System

그림 11. IES Type C

4. 결과의 해석 및 적용

4.1. 결과의 해석

1) 최대광도범위

최대광도범위는 <표6>, <표7>, <표8>에 표시된 바와 같이 포물선형과 타원형, 복합형 반사판 모두 수직각 5°에서 각각 1,285 cd, 406 cd, 712cd로서 최대로 나타나는 것으로 확인할 수 있다. 특히 포물선형은 50%의 광도값 (Luminous Intensity)이 수직각 0° ~ 10° 범위에 분포하

여 스포트라이트와 같이 배광분포가 매우 좁게 나타난다. 타원형은 전체 50%의 광도값이 수직각 0° ~ 25° 범위에 분포하며, 복합형은 전체 50%의 광도값이 수직각 0° ~ 15° 범위에 분포한다.

2) 광도값의 규격화

해석된 광도값의 분포를 조명 시뮬레이션 프로그램에 입력되기 위해서는 표준화된 규칙으로 코딩되어야한다. 본 연구에서 적용하는 기준은 북미표준규격인 ANSI/IES-LM-63-02를 적용한다. 코딩된 데이터는 ASCII 파일로 저장되며 각 행의 문자수는 256개를 초과할 수 없다. 파일의 각 필드는 <표5>와 같은 규칙을 따른다.⁵⁾

표 5. ANSI/IES-LM-63-02 코딩 규칙 (if TILT=INCLUDE)

ID	Field	Descriptions
01	IESNA:LM-63-2002	파일 포맷
02	[TEST]	키워드
	[TESTLAB]	
	[ISSUEDATE]	
	[MANUFAC]	
03	TILT=NONE or TILT=INCLUDE or TILT=<filename>	기구의 회전
	<Number of lamp>	램프의 수
	<Lumen per lamp>	램프당 광속값
	<Multiplier>	증분계수
	<Number of vertical angles>	수직각도의 수
	<Number of horizontal angles>	수평각도의 수
	<Photometric type>	측광 유형
	<Units type>	측정기본단위
	<Luminaire width>	기구의 폭
	<Luminaire length>	기구의 길이
04	<Luminaire height>	기구의 높이
	<Ballast factor>	부착된 램프의 방향
	<Future use>	
05	<Input watts>	소비전력
	<Vertical angles>	수직각도
06	<Horizontal angles>	수평각도
07	<Candela values>	각 수직각에 대한 광도값
		각 수평각에 대한 광도값

5) IESNA Computer Committee, IESNA Standard File Format for the Electronic Transfer of Photometric Data and Related Information, p.2~5

표 6. Candela Distribution table(parabola)

Angle	0	22.5	45	67.5	90
0	1149	1149	1149	1149	1149
5	1285	1234	1271	1283	1248
10	1098	1119	1111	1113	1107
15	845	848	839	841	866
20	660	649	651	648	653
25	506	511	509	506	512
30	387	385	386	390	390
35	285	288	282	286	290
40	207	210	208	211	212
45	154	159	156	161	157
50	112	112	114	113	111
55	73.4	78	77	80.1	76
60	51.4	54.4	55	56.9	54.2
65	32.2	33.2	34.9	35.9	34.1
70	16.1	15.9	16.1	16.5	15.6
75	3.15	3.47	3.08	3.15	2.97
80	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0

표 7. Candela Distribution table(elliptical)

Angle	0	22.5	45	67.5	90
0	388	388	388	388	388
5	406	404	405	399	379
10	334	344	336	333	325
15	309	315	313	310	308
20	295	302	311	302	306
25	309	317	320	318	311
30	303	317	311	312	312
35	289	294	295	295	296
40	282	283	288	283	279
45	265	278	275	278	272
50	248	258	260	258	254
55	210	221	219	217	216
60	165	171	177	174	170
65	122	124	126	127	122
70	70.4	70.7	74.7	72.9	74.1
75	25.8	28.1	28.4	28.2	26.8
80	3.92	4.28	4.34	4.46	4.32
85	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0

표 8. Candela Distribution table(Compound)

Angle	0	22.5	45	67.5	90
0	668	668	668	668	668
5	712	701	693	706	704
10	636	636	634	629	640
15	499	493	491	497	510
20	441	451	458	444	439
25	411	418	426	424	418
30	371	370	376	375	375
35	325	323	325	324	324
40	274	281	283	287	282
45	235	243	241	242	236
50	184	190	191	188	185
55	133	135	136	138	135
60	81.4	84.5	85.1	86.1	88.7

Angle	0	22.5	45	67.5	90
65	47.1	45.2	45.2	46	44.7
70	16.7	17.8	17.3	17.4	16.2
75	1.5	1.36	1.47	1.75	1.18
80	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0

4.2. 결과의 적용

IES-LM-63-02 규격으로 코딩된 해석의 결과를 호환성 측면에서 검증하기 위하여 우선적으로 Photometric Data Viewer를 통한 확인과정을 거친다. 이후 코딩된 축광데이터를 조명시뮬레이션 프로그램에 입력하여 실제공간에 대한 시뮬레이션을 수행한다.

1) Photometric Data Viewer를 통한 호환성 검증

본 연구에서 입력된 축광데이터의 호환성 검증을 위해 사용된 프로그램은 Lithonia Lighting에서 개발한 Photometric Viewer v3.0이며 IES-LM-63-02 규격의 축광데이터를 배광곡선의 형태로 출력한다.

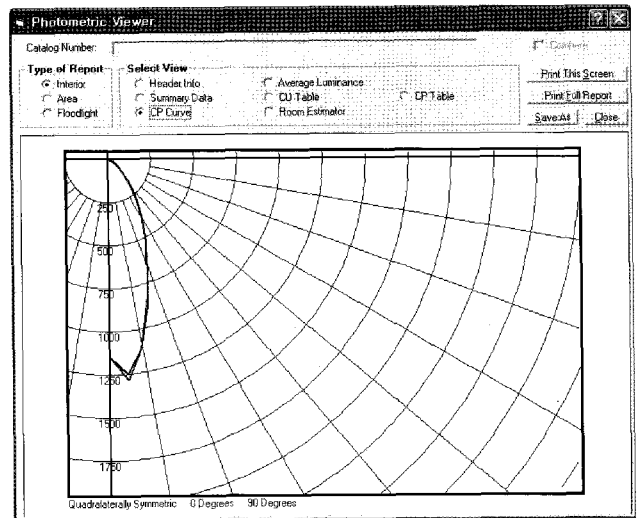


그림 12. CP Curve (Parabolic Type)

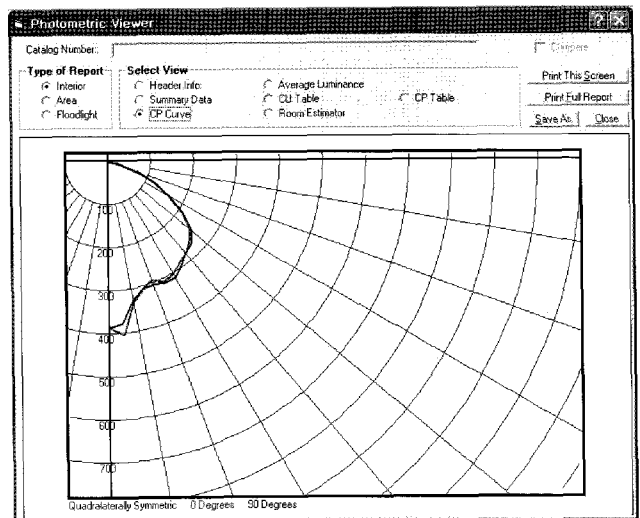


그림 13. CP Curve (Elliptical Type)

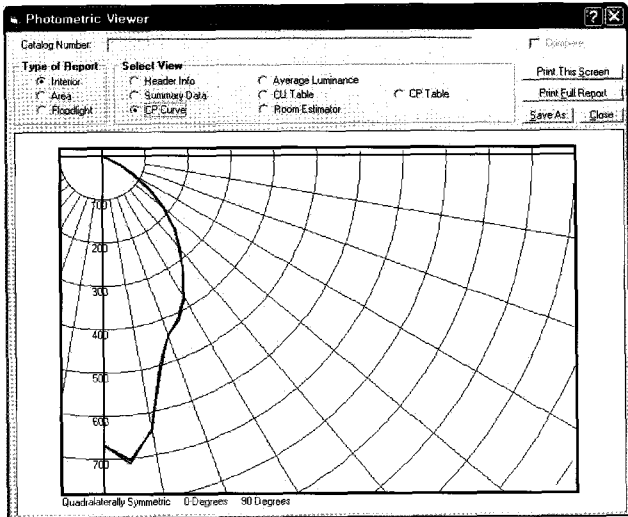


그림 14. CP Curve (Compound Type)

2) 조명 시뮬레이션

실제 공간규모에서의 예측 가능성을 검토하기 위하여 코딩된 측광데이터를 시뮬레이션 프로그램에 입력한다. 이때 이를 위하여 사용된 시뮬레이션 프로그램은 Lightscape 3.2이며 조명기구의 취부 조건은 벽면에서 300mm 이격 시킨 위치이고 세부적인 실규모와 실 표면 반사율은 다음과 같이 설정하였다.

표 9. 시뮬레이션 조건

구분	세부 조건
실의 규모(가로×세로)	3,000 × 3,000mm
천정고	2,400mm
반사율	천정(70%), 벽(50%), 바닥(20%)

시뮬레이션 결과를 Pseudo-coloring을 적용하여 휘도 분석한 결과는 <표10>과 같으며, 각 기구별 배광의 특성이 시뮬레이션에도 동일하게 나타남을 확인할 수 있다.

표 10. 조명 시뮬레이션의 결과

Type	reflector shape
Elliptical	

Parabolic	
Compound	

5. 결론

본 연구에서는 조명기구의 생산 이전 단계에서 규격화된 측광 데이터의 생성과 관련된 기구의 기하학적 모델링과 이의 해석과 적용의 가능성에 관한 부분을 평가하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 조명기구에서 빛의 반사와 흡수가 가장 우세한 광원과 반사판을 3차원 모델링하여 빛의 거동을 해석한 결과, 각 수평각과 수직각에 대한 광도값을 구할 수 있었다. 해석된 광도값은 반사판의 단면형상에 따라 서로 상이한 배광 패턴을 나타냄으로써 계산의 결과가 유효함을 확인할 수 있었다.

2) 해석된 광도값을 국제적으로 통용되는 규격으로 코딩하여 조명 시뮬레이션 프로그램에 적용한 결과, 현재 각 조명생산업체에서 배포하는 측광데이터를 활용한 결과와 동일한 측정값을 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. IESNA, Lighting Handbook 9th Edition, Illuminating Engineering Society of North America, 2000
2. IESNA Computer Committee, IESNA Standard File Format for the Electronic Transfer of Photometric Data and Related Information, Illuminating Engineering Society of North America, 2002
2. Joseph B. Murdoch, Illuminating Engineering 2nd ed. Visions Communications, 2003
3. Ian Ashdown, Thinking Photometrically Part II, LIGHTFAIR 2001 Pre-Conference Workshop, 2001
4. John E. Flynn, Samuel M. Mills, Architectural Lighting Graphics, Van Nostrand Reinhold Company, 1962