

자연채광을 이용한 인공조명의 제어방법에 관한 실험적 연구

(A Experimental Study on Artificial Illumination Control System Illuminated by Daylighting)

車光錫* · 金會瑞**

(Kwang-Seok Cha · Hway-Suh Kim)

요 약

기존 상업용빌딩은 실내 시환경 개선의 필요성이 증시됨에 따라서 자연채광과 인공조명을 겸용하는 천정형태에 따른 조명제어 방법으로 전기에너지도 절약하면서 실내의 작업면 조도는 적정조도를 이루게 하는 방안을 찾고자 한다. 이에 본 논문에서는 창 유리의 종류와 실내의 마감색채, 천정타입에 따른 인공조명의 제어방법을 가지고 실험을 하였으며, 실험한 데이터는 실내의 조명설계시 참고할 수 있는 기초적 자료로 제시하고자 했다.

Abstract

It is very important and necessary to predict luminous enviroment in an interior space. This paper has described about energy saving and evaluated interior visual environment in a office building having on/off turning control lighting system utilizing daylight.

In order to predict the interior varior illumination distribution, the scale model was made and examined under various conditions, such ad difference of window glass, and color pattern of wall, floor, and also ceiling lighting system type. This paper suggests that basic fundamental data of lighting design performance in the concept and schematic stages of design.

1. 서 론

상업용 오피스 공간에 있어서 조명설계의 합리적인 방안을 모색하기 위하여 많은 연구가 진행되었으나 실질적으로 건축설계시 건축조명계획에 있어 아직까지 뚜렷한 Design Tool로서 응용될 수 있는 자료로서는 불충분하다고 생각된다. 특히 오늘날 인텔리전트 빌딩이라는^{8), 9)} 새로운

건축계획 설계에 있어 실내환경의 쾌적감과 아울러 에너지절약적인 차원을 고려할때 건축조명설비에 있어서도 보다 효율적이고 기능적인 접근이 요구되는 것에는 그 누구도 의심의 여지가 없다고 본다.³⁾ 따라서 본 연구는 모델실험을 통하여 보다 실제에 가까운 접근방안을 찾기위한 것으로 창부위에 빛선반설치 및 실내에 있어 마감색채변화, 창유리의 종류와 함께 천정조명 형태의 제어방법에 따라 실내 조명조건에 의한 시환경분포를 분석하였다. 이것을 기초로 한 실내작업면 조도 분포를 파악하여 실내의 인공조명설계에 있어 실

* 正會員 : 檀國大學校 大學院 延築工學科 碩士課程

** 正會員 : 檀國大學校 建築工學科 副教授·工博
接受日字 : 1993年 12月 4日

● 내 시환경에 대한 기초적 자료로 확립하는데 그 목적이 있다.

1.1 연구범위 및 방법

본 연구는 상업용 빌딩의 조명계획의 일환으로 창을 통한 자연채광을 이용하여 인공조명을 制御하고, 야간에는 인공조명만을 조작하여 사무실내의 평균조도(500[lx])를 균일시켰다. 즉, 개구부(창)에서 들어오는 자연채광과 인공조명을 적절히 조화해서 전기에너지의 절약과 창유리의 종류에 따른 벽과 바닥의 패턴을 다양하게 변화시키면서 실내의 조도 분포의 변화를 알아보고자 한 것이다. 따라서 전체 형광등의 30(%)만을 이용하고도 작업면 조도가 500[lx] 이상을 이루기 위한 효과를 얻도록 하는데 필요한 데이터를 얻기 위한 실험의 하나로서 인텔리전트 빌딩의 사무기능에 맞는 사무실의 보편적인 패턴을 만들어 보고자 하는데 있다. 본 연구의 흐름도는 그림 1.1과 같다.

2. 실내조명계획에 따른 모형실험

2.1 실험개요

인텔리전트 빌딩에 있어서 사무공간에 조명계획으로 우선 자연광과 인공광을 이용한 실내의 조명환경에 있어서 작업환경에 미치는 최적의 조명패턴과 실내의 색채계획을 알아보기 위한 방법

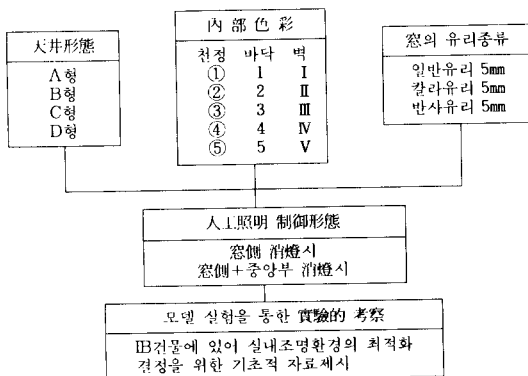


그림 1.1 연구의 흐름도

Fig. 1.1 Measurement capabilities in progress for lighting analysis

으로 실험을 시도 하였다.⁶⁾ 반사루버나 빛선반은 태양광을 반사시켜 건물 깊숙히 자연광을 도입하는 방법의 하나로 실내의 인공조명에너지를 절감시키는데 큰 영향을 미치므로 특히 이번 실험에서는 빛선반설치(각도 45도)와 실내의 반사율이 다른 내부색채의 변화 및 창유리의 종류에 따른 복합적인 실내조명환경을 실험측정을 통하여 알아보고자 하였다.

2.2 실험장치 및 실험기간

실험장치는 보편적인 일반사무소로서 가로 9[m], 세로 9[m]인 정사각형의 단위공간으로 천정고 2.7[m]의 표준사무실을 1/10로 축소한 것을 만들어 실험하였으며 작업면의 높이는 바닥에서 0.75[m]를 기준으로 하였다.

천정은 정측창으로 하여 창유리의 패턴을 바꾸어보고 좌우면중 일부에 개구부를 설치하여 사무실안을 관찰할 수 있도록 하였다. 천정면은 일반사무실의 천정에 부착한 사무실안을 관찰할 수 있도록 하였다. 천정면은 일반사무실의 천정에 부착한 형광등 기구를 축소한 크기로(가로12cm, 세로 3cm(실제 1.2m×0.30m)) 개구부를 내고 아크릴을 부착한 구멍을 통하여 백색형광등(40W) 빛을 유입하여 실내의 적정조도를 이루게 한다.⁴⁾ 또한 실내에 외부확산 조도가 들어오도록 바깥쪽에 백색형광등(40W) 및 거울을 내부전체에 부착하여 거울내의 상호반사에 의한 확산광을 만들어 그 빛을 모형실험실 내부로 투입시켜 워2+조

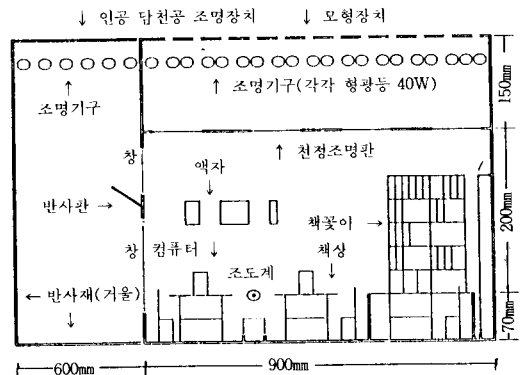


그림 2.1 모형체의 전체 단면도

Fig. 2.1 Full section of the scale model

도 유입에 따른 실내의 작업면조도 변화를 측정하였다. 외부 인공천공확산광의 조도는 수직조도가 6,190[lx], 수평조도가 5,640[lx]이었다.

조도 측정기는 미놀타 T-1조도계 4대와 색채계, 휘도계가 사용되었고 실험기간은 1992. 10. 28일부터 1993. 5. 20일 까지로 실험장소인 환경연구실(암실)에서 측정하였다.

1) 모형체의 투시도와 단면도

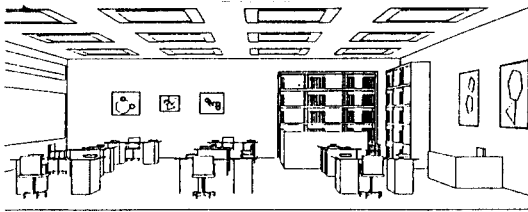


그림 2.2 모형체의 실내투시도

Fig. 2.2 Section of the scale model

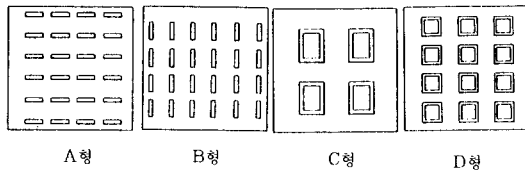


그림 2.3 천정형태 분류

Fig. 2.3 Ceiling type

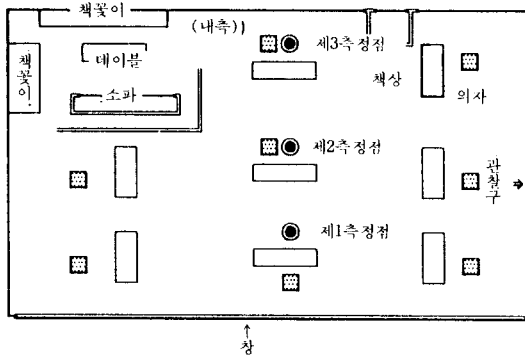


그림 2.4 실내측정점의 위치

Fig. 2.4 Measurement point of interior space

2.3. 실험방법 및 실험조건

(1) 벽체, 바닥, 천정재의 반사율과 색채에 따른 조도변화

지금까지의 오피스의 색채는 회색의 기능성 중

시형이 대부분이었다. 그러나 OA화 및 빌딩의 인텔리전트화에 의해 오피스 환경개혁의 필요성과 쾌적한 공간의 필요성, 인간성 중시의 환경설계를 위한 다양한 제안이 대두됨에 따라 창조적이며 쾌적한 일에 적합한 오피스를 만들기 위한 방안으로 다양한 인테리어 요소를 효과적으로 사용하고 인간의 감정이나 심리에 대응하는 배색을 실시할 필요가 있다. 그러므로 실내의 각 부재에 따른 반사율을 가지고 실내의 조도 변화 및 사무작업의 문제점을 파악, 시환경에 의한 쾌적상을 주어 사무능률을 높이고 인텔리젠트 빌딩의 지적인 사무기능이 가능하도록 본 실험에서는 벽에는 7.5YR 7/2의 4중, 바닥은 10B 4/1의 2중, 천정은 10Y 9/1의 색상을 사용하여 분석하고자 한다.^{1), 7)}

특히 천정에는 반사율이 높은 10Y 9/1 한가지 색만을 사용하여 실내에 도입된 빛에 의한 간접조도를 높이고자 하였다. 실험조건은 총 120가지이다.

표 1. 실내의 내부색채에 많이 이용되는 색채

Table 1. Popular color patten for interior space

	색	채	반사율
바닥	명도 2~5 정도의 무채색		6~20% 정도
벽	명도 7~8의 범위		42~56% 정도
천정	N9 이하		72% 정도

표 2. 실험체의 실내 변경색채 조건

Table 2. The condition of changeable color pattern scale model

제1조건	천정 : 10Y9/1 바닥 : 5PB 8/4 벽 : 7.5GY 7/2
제2조건	천정 : 10Y9/1 바닥 : 10B 4/1 벽 : 7.5GY 9/2
제3조건	천정 : 10Y9/1 바닥 : 10B 4/1 벽 : 10BG 9/1
제4조건	천정 : 10Y9/1 바닥 : 7.5YR 6/2 벽 : 5P 9/2
제5조건	천정 : 10Y9/1 바닥 : 5PB 8/4 벽 : 5Y 9/4

(2) 착색유리에 따른 실내의 조도변화

창이 작업 환경에 미치는 영향을 파악하고자 일반투명유리, 칼라유리, 반사유리를 사용하였다. 이것은 유리별 특성에 따라 각각의 장단점을 가

지고 있기 때문에 어떤 유리의 사용이 가장 인텔리전트 빌딩의 사무환경에 좋은가를 모형실험을 통해 외관상과 실내에서의 조도분포를 파악하고자 함이다.^{1), 3)}

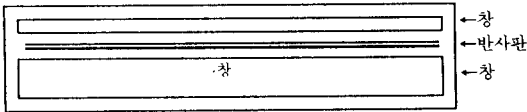
표 3. 유리의 종류에 따른 특징

Table 3. The characteristic of glass

유리 종류	특징 (가시광선)
칼라유리(5mm)	투과율 : 61.1% 반사율 : 6.0%
반사유리(5mm)	투과율 : 14% 반사율 : 18%
일반유리(5mm)	투과율 : 89.3% 반사율 : 8.0%

3) 창면적 비

실내의 조도분포는 창의 면적에 따른 주광 투과율에⁵⁾ 밀접한 관계가 있으므로 면적비를 가능한 크게 만들어 실내에서 발생하는 조도분포의 변화를 측정하여 인텔리전트 빌딩의 사무작업 공간의 시환경을 이상적으로 할 수 있는지를 모형실험을 통하여 알아보려고 한다.



반사판 창면적 85%, 반사판(빛선반) 사용

그림 2.5 창모양에 따른 면적

Fig. 2.5 Window size of scale model

3. 실험결과 및 토의

창측에 반사판사용시 각 조건에 대하여 실내의 조도분포의 결과치로는 다음과 같이 나타남을 볼 수 있다.

3.1 천정타입 A형일때

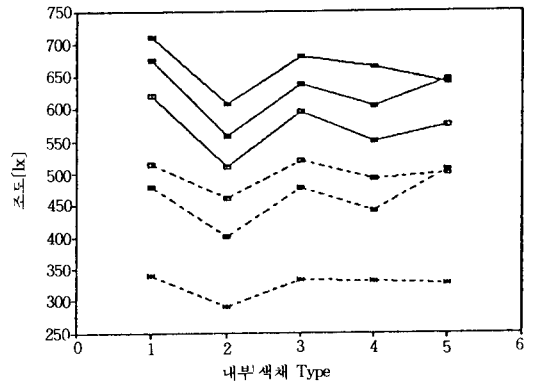
가) 칼라유리의 경우 내부 색채를 1로 하였을 때 각각의 측정점간의 조도는 그림 3.1의 A)처럼 실선인 창측소등시는 가장 높은 조도를 나타내고 있으나, 점선(창측과 중앙부 소등시)에서는 후미가 중앙이나 창측보다 더욱 낮게 나타남으로서 실내에 작업 환경으로는 좋지못한 결과를 미치고 있다. 또한 내부색채 4로 하였을때 실선(창

측소등)에서는 각각의 측정점간의 차이가 가장적게 나타난다. 그러나 점선(창측과 중앙부소등시)에서는 측정점 1과 측정점 3의 경우 실내평균조도 500[lx]에 미치지 못하고 있다. (그림 3.1의 A참조)

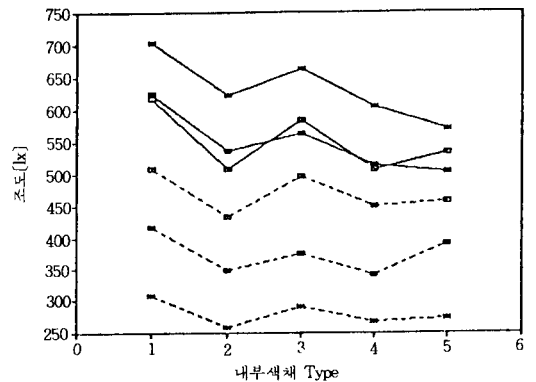
나) 반사유리의 경우는 그림 3.1의 B)에서와 같이 내부색채 1을 살펴보면 실선인 경우, 칼라유리와 같이 측정점 1, 2, 3의 조도 간격이 크고, 실선보다 점선의 측정조도 값은 현저히 떨어졌다. 전체적인 조도도 칼라유리 보다는 약간 떨어지고(점선의 조도값에서 약 40[lx]가 떨어지며 내부색채에 따라 차이가 있음)이다. (그림 3.1의 B참조)

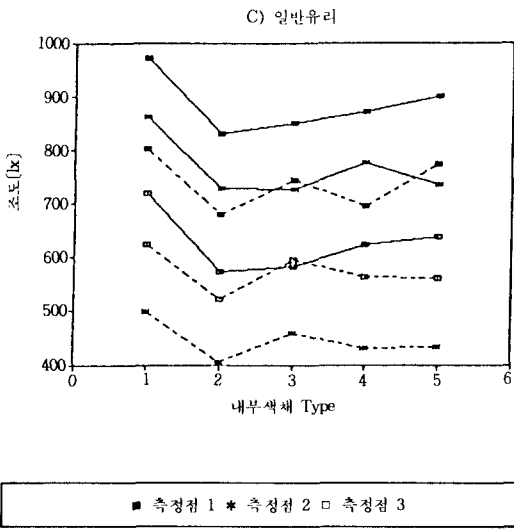
다) 일반유리의 경우는 그림 3.1의 C)에서와 같이 실선은 거의 600[lx]에서 900[lx]사이에서 각 측정점의 각 측정값의 조도가 나타나고 점선

A) 칼라유리



B) 반사유리





주) 점선과 실선은 소등범위를 구분한 것뿐
다른 의미는 없음

[실선 : 창측 소등시]

[점선 : 창측과 중앙부 소등시]

그림 3.1 천정타입 A형의 창유리에 대한 실내조도측정치
Fig. 3.1 Form A of ceiling type, interior illumination ever window glass

에서는 450[lx]에서 600[lx]사이에서 분포하고 있다. 이중 특이한 것은 각 측정점간의 조도간격이 내부색채 3에서는 창측소등시는 중앙, 후미가 같고 점선의 측정점은 창측과 중앙부가 거의 같게 나타난다는 것이다. (그림 3.1의 C참조)

3.2 천정 타입 B형

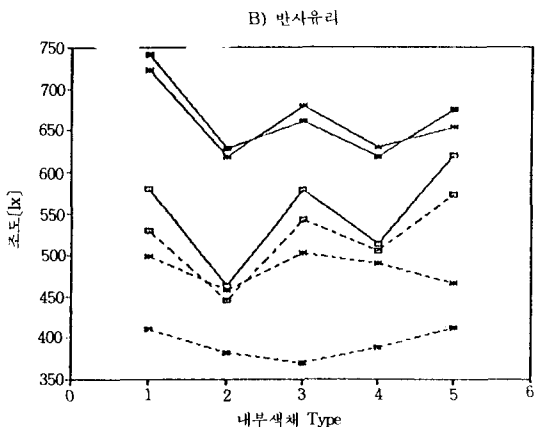
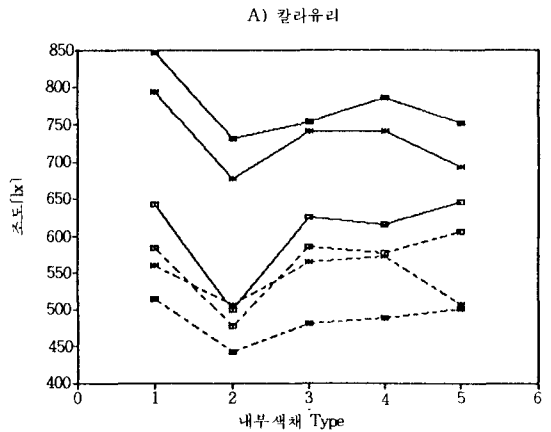
가) 칼라유리의 경우 평균적으로 실선의 측정 조도는 750~600[lx]를, 점선의 측정조도는 600~450[lx]의 조도를 나타내고 있으며 내부색채 5에서 실선이나, 점선모두 각 측정점간에 조도차가 가장 적고 고르게 나타났다. (그림 3.2의 A참조)

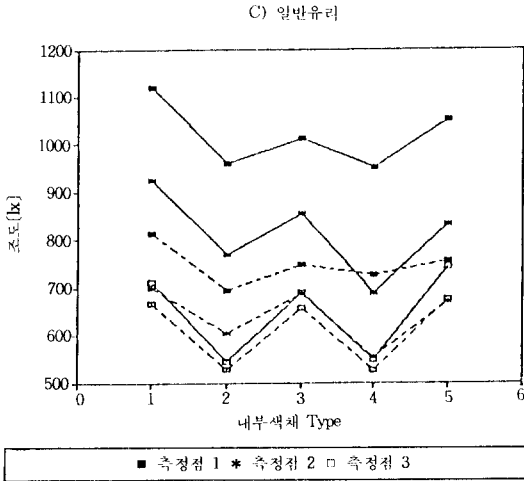
나) 반사유리의 경우는 실선의 경우 약 730~400[lx]사이에서 조도가 분포하고 있으며 점선의 실내평균조도 500[lx]를 넘지 못하고 있다. 내부색채 2는 점선시에 전반적으로 실내평균조도 500[lx]를 넘지 못하지만 각 측정점간의 조도 차이가 가장 적게 나타났다. (고른 조도분포를 보임)

그러나, 내부색채 5에서는 실선시 660~600[lx]로 실내평균조도 500[lx]를 넘어서며 각 측정점간의 조도차도 거의 없이 나타나고 있다. 특히 내부색채 4에서는 실선과 점선에서 모두 측정점 1과 측정점 3이 거의 같은 조도를 보이고 측정점 2만이 크게 떨어지는 결과를 보였다. (그림 3.2의 B참조)

다) 일반유리의 경우는 거의 평균적으로 500[lx]를 크게 넘어서고 있으나 그림 3.2의 C)와 같이 실선에서는 측정값이 각 측정점간의 조도차가 크게 나타나고 있다. (그 예로 내부색채 1에서 측정점 1의 조도가 1,120[lx]이고 측정점 3이 713[lx]로 그차가 400[lx] 이상을 보이고 있다.)

점선시는 내부색채 1, 3, 5에서 각 측정점간의 조도차도 적고 600[lx] 이상의 조도를 보였다. (그림 3.2의 C참조)





주) 점선과 실선은 소등범위를 구분한 것뿐
 다른 의미는 없음
 [실선 : 창측 소등시]
 [점선 : 창측과 중앙부 소등시]

그림 32 천정타입 B형의 창유리에 대한 실내조도측정치
 Fig. 32 Form B of ceiling type, interior illumination ever window glass

3.3 천정타입 C형

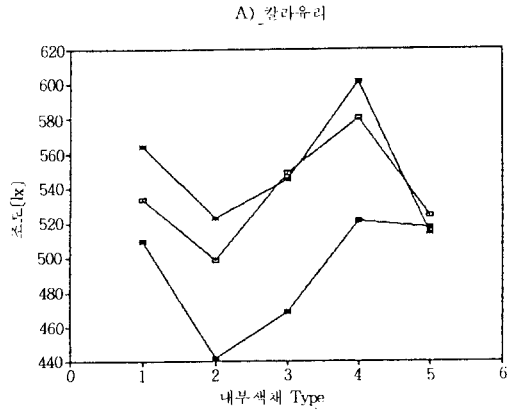
가) 칼라유리의 경우 내부색채에 따라 측정점 1의 조도가 약 525~445[lx] 사이에 분포하고, 측정점 2가 600~515[lx], 측정점 3이 580~500[lx]까지 내부색채에 따라 분포된다. 이중 내부색채 5에서 520[lx]를 중심으로 실내의 평균조도에 맞으면서도 각 측정점간의 조도차도 없이 나타난다. (그림 3.3의 A참조)

나) 반사유리의 경우는 칼라유리와 비슷한 조도분포를 보이고 내부색채 1, 2, 3, 4는 칼라유리보다 약간 조도가 떨어진다. (그림 3.3의 B참조)

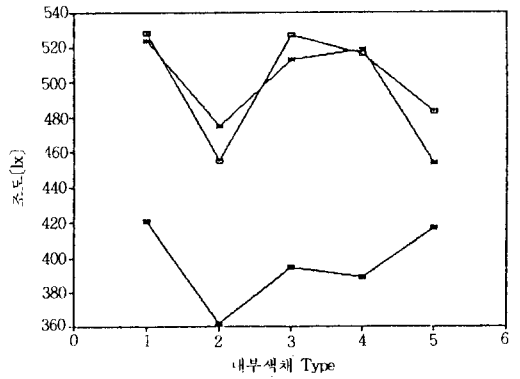
다) 보통유리의 경우는 각 측정점간의 조도분포 간격이 크고 특히 내부색채 5에서 측정점 1에서 900[lx] 가까이되고 측정점 2에서는 700[lx], 650[lx]로 그 차이가 너무 커서 실내 작업시환경으로 적합하지 못한것으로 판단된다. (그림 3.3의 C참조)

3.4 천정타입 D형

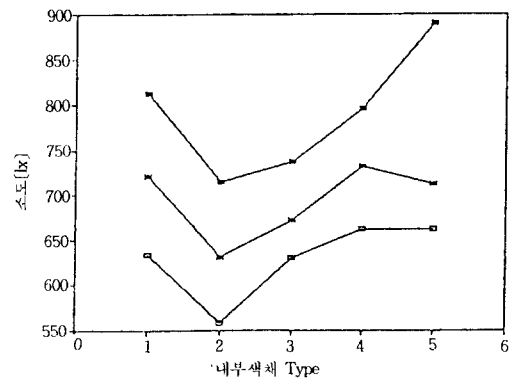
가) 칼라유리의 경우 실선에서는 거의 측정점간의 조도차는 크지 않으며 측정점 1, 측정점 2,



A) 칼라유리



B) 반사유리



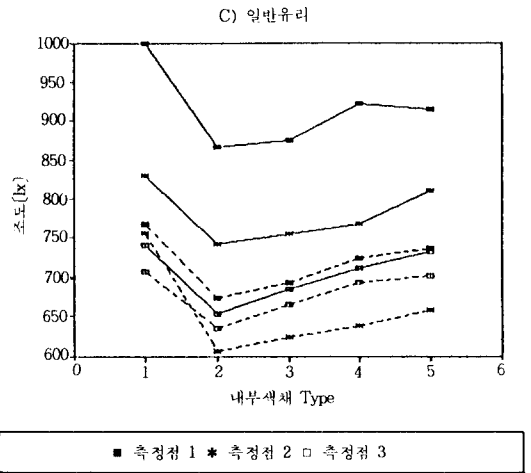
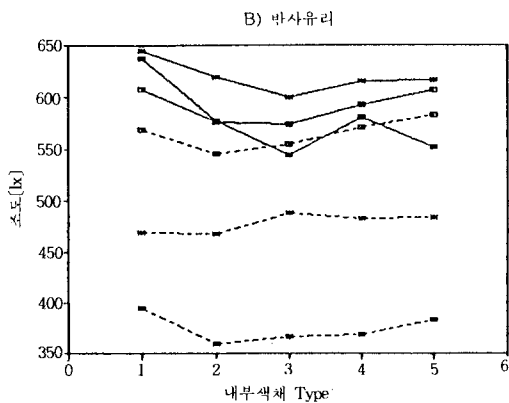
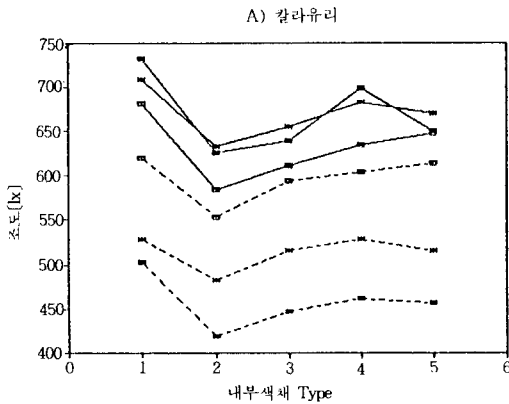
C) 일반유리

주) 점선과 실선은 소등범위를 구분한 것뿐
 다른 의미는 없음
 [실선 : 창측 소등시]
 [점선 : 창측과 중앙부 소등시]

그림 3.3 천정타입 C형의 창유리에 대한 실내조도측정치
 Fig. 3.3 Form C of ceiling type, interior illumination ever window glass

측정점 3순으로 나타났다. 또한 점선의 측정값은 각 측정점간의 조도차가 크게 나타나고 평균실내 조도 500[lx]에도 미치지 못하고 있다. 그러나 내부색채 5에서 창측면 소등시에 가장 내부의 조도차가 적고 안정되게 나타났다. (그림 3.4의 A참조)

나) 반사유리의 경우는 그림 3.4의 B)와 같이 실선에서는 거의 측정점간의 조도가 고르게(약 500~600[lx]사이)에 분포)나타나고 있다. 그러나 점선에서는 측정점 1이나 측정점 2에서는 평균실내조도 500[lx]보다는 높으나 그차가 약 100[lx]씩 차이를 두고 있어 실내 시환경에는 좋지 못한 것으로 보인다. 그러나 점선의 측정조도는 600~700[lx]사이에서 측정점 1, 2, 3의 조도가 분포되어 있고 각 측정점간의 차도 적게 나타난다. (그림 3.4의 C참조)



주) 점선과 실선은 소등범위를 구분한 것뿐
 다른 의미는 없음
 [실선 : 창측 소등시]
 [점선 : 창측과 중앙부 소등시]
 그림 3.4 천정타입 D형의 창유리에 대한 실내조도측정치
 Fig. 3.4 Form D of ceiling type, interior illumination ever window glass

4. 결론

지금까지 내부색채와 창유리에 따른 실내조도 분포의 변화를 알아보았다. 그중 사무공간에 가장 바람직하다고 보는 조도권장치 500[lx]를 기준으로 볼때 천정타입에 대한 창측소등시와 창과 중앙부소등시의 바람직한 형태를 찾아보면 다음과 같다.

① 천정타입 A와 B에서는 반사유리, 내부색채 5에서 창측소등시 가장 500[lx]에 가까운 조도값을 나타내고 측정점간의 조도차도 적어 실내조도 환경에 좋다고 생각된다. 일반유리의 경우는 측정점간의 조도차가 커 이 경우에는 바람직하지 못한 것으로 판단 되었다.

창측과 중앙부소등시는 천정타입 B에서 칼라유리, 내부색채 1에서 500[lx]의 실내조도 분포를 이루고 있어 사무환경에 적합한 형태이다.

② 천정타입 C는 칼라유리, 내부색채 5에서 창측소등시 세 측정점 간의 조도차도 적고 실내조도도 520[lx] 정도를 이루어 천정타입 C에서 좋다고 본다.

③ 천정타입 D에서는 칼라유리와 반사유리에
서 모두 창측소등시 실내조도가 500[lx]를 넘어
서고 각 측정점간의 조도차도 적어 사용하기 적
합하고 특히 칼라유리 내부색채 5에서는 650[lx]
에서 거의 세 측정점의 조도가 이루어져 실내시
환경 뿐아니라 에너지 절약적인 측면에서도 가장
이상적으로 판단된다.

창측과 중앙부소등시는 일반유리 내부색채 1,
3, 5에서와 천정타입 D에서 내부색채에 관계없이
세 측정점의 간격차도 적도 600[lx] 이상의 실내
조도를 보여 세부적인 작업이나 밝기를 요하는
공간에 사용되면 좋다고 본다.

지금까지의 결과치는 실험적 수치에서 유추한
것으로 실측과는 어느 정도 차이가 있다고 판단
되어 설계에 직접 이 데이터를 응용할 수는 없으
나 참고 자료로 활용할 수 있는 데이터로는 가치
가 있다고 본다. 아래표는 위 결론을 도표로 나
타낸 것이다.

표 4. 실내제어 방법에 따른 실용성있는 형태의 구분
Table 4. A practical design of interior lighting enviroment
utilizing by light control system

	천정타입	내부색채 조건	창유리 타입
창측 소등시	A	5	반 사 유 리
	B	5	반 사 유 리
	C	5	칼 라 유 리
	D	5	칼 라 유 리
창측과 중앙부 소등시	B	1	칼 라 유 리
	B	1, 3, 5	일 반 유 리
	D	전 체	일 반 유 리

參 考 文 獻

- 1) 金會瑞, 徐廷昊 “商業用 건물의 自然採光用 反射材料에 대한 光學的 特性에 관한 연구”, 太陽에너지논문 報告集 제10권 제2호(1991)
- 2) K. MATSUJURA, KIM HWAY-SHU, “EXPERMENTAL STUDIES ON PREDICTION OF ILLUMINANCE ON THE WORKING PLANE FORM HORIZONTAL AND VERTICAL LUVER-TYPE SUNSHADE SYSTEMS (SHANGHAI CHAINA)”, LUXPACIFICA 89, The First pacific Basin Lighting Conference, 1989
- 3) 金會瑞, 徐廷昊, 崔仁影 “Atrium Building의 自然採光 특성에 관한 기초적 연구”, 韓國太陽에너지 論文 報告集 제12권 제1호(1992)
- 4) 松浦邦男, 金會瑞 “たて形ルバーによる室内作業面照度分布の 實驗的 研究” 1985. 9
- 5) 김정태 “창 디자인 1-5”, 꾸밈지, 1985.
- 6) 이경희 “自然採光 디자인을 위한 書光率分布 豫測評價 모델 開發에 관한 연구”, 大韓建築學會 春季學術論文 集, 1990. 4
- 7) 이진숙, 이선영 “주택조명환경의 실태연구”, 한국주거 학회지 제2권, 제2호, 1991
- 8) 윤여승외 3인, “인텔리전트빌딩 설계 계획가이드북”, 技多利, 1991
- 9) 이용만 “인텔리전트빌딩”, 신한종합연구소, 1987