

자연채광을 이용한 인공조명의 제어방법에 관한 실험적 연구

- A experimental study on artificial illumination control

system illuminated by Daylighting -

車 光 錫*
Kwang-Seok Cha

* 檀國大學校 大學院
建築工學科 碩士課程

金 會 瑞**
Hway - Suh Kim

** 檀國大學校 建築工學科
副教授. 工博.

1. 머리말

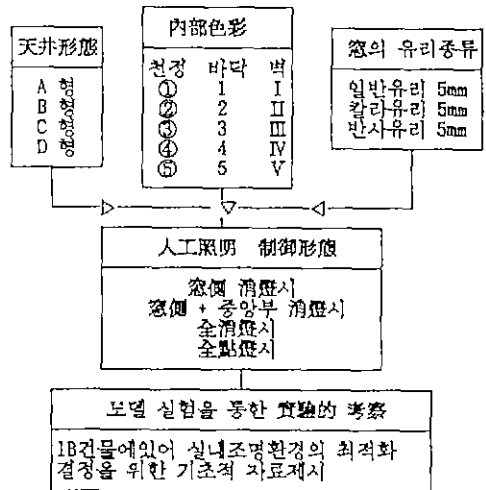
현재의 오피스는 공간이 좁고, 바닥위의 배선이 장애물이며, 형광등구가 노출된 조명으로 실내 작업환경에 대한 고려가 매우 미약한 점에 의심할 여지가 없다고 생각된다. 특히 OA기기의 도입에 따른 집무 공간의 감소, 프린터 소음, 기기의 발생열, 배선, VDT (Visual Display Terminal: 화면이 있는 OA기기) 작업과 관련된 환경 관리, 작업관리, 건강관리의 필요성 등의 문제가 발생하고 있다.

그러므로 쾌적한 분위기를 구성요소로 조명은 심의 LAY OUT, 표면처리, 배색등 인테리어 디자인과 함께 그 효과를 최대한으로 연출하도록 되리라 생각된다. 따라서, 자연채광 이용을 통하여 절감될 수 있는 인공조명(형광등)의 제어방법으로서 본 논문에서는 점멸방식(ON, OFF)을 시도하였으며 절멸에 따른 급격한 조도저하를 보다 심리적인 차이를 고려한 실내조명 조광장치(천정형태와 외부에 덴 반사판)로 인한 실내조도 분포의 영향에 대하여 파악하고자 하였다.

1.1 연구범위 및 방법

본 연구는 상업용 빌딩의 조명계획으로 창을 통한 자연채광을 이용하여 인공조명을 徹御하고, 야간에는 인공조명만을 조작하여 사무실내의 평균조도(500Lux)를 균일시켰으며 관측점에서 추정할 수 있도록 인공광을 제어할 수 있도록 하였다. 즉, 개구부(창)에서 들어오는 자연채광과 인공조명을 적절히 조합해서 전기에너지의 절약과 창유리의 종류에 따른 벽과 바닥의 패턴을 다양하게 변화시키면서 실내의 조도분포의 변화를 알아보았다. 따라서 전체 형광등의 30%만을 이용하고도 전점등상태와 동일한 수준을 유지하는 효과를 얻도록 하는 데 필요한 것을 얻기위한 실험으로 사무실에서의 표준 실내조도 분포에 따른 천정 패턴과 내부색체의 기본적인 색상을 설정하여 요즘에 중요시되고 있는 인텔이전트 빌딩의 사무기능에 맞는 사무실의 보편적인 패턴을 만들어 보고자 하는데 있다.

연구의 흐름도는 다음과 같다.



2. 실내조명계획에 따른 모형실험

2.1 실험개요

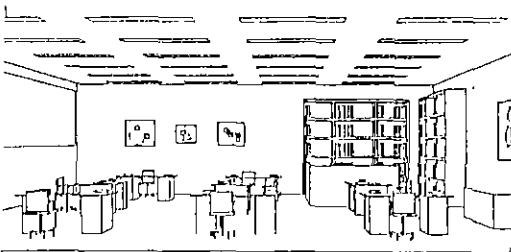
IB 사무빌딩에 있어서의 조명계획으로 자연광 + 인공광을 이용한 실내의 조명설계시 그 실내의 작업환경에 미치는 영향과 최적의 IB 빌딩의 조명패턴과 실내의 색채계획을 알아보기 위한 실험으로 시도 하였다. 반사루버나 광선반은 태양광을 반사시켜 건물 깊숙이 자연광을 도입 하는 방법으로 실내의 인공광을 절감시키는데 사용하는 것으로 인접공간의 실내 반사율이 높은 재료를 사용하거나 광선반 및 반사루버를 시간에 따라 작동가능 하게 하면 더욱 효과적이될 수 있다. 그러나 이번 모델 측정은 반사판과 실내의 반사율이 다른 재료를 사용하여 실내조도분포를 알아 보 고자 하였다.

2.2 실험장치

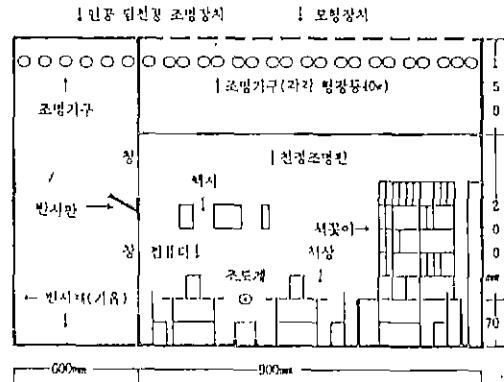
모형장치는 일반 개방형 사무소 가로 9m, 세로 9m인 정사각형의 단위공간으로 천정고 2.7m의 이상적인 표준 사무실을 1/10로 축소한 것을 만들어 사용하였으며 작업면의 높이는 0.75m를 기준으로 하였다.

천정은 창으로 하여 유리의 패턴을 바꾸어보고 좌우 면중 하나는 개구부를 설치하여 사무실안을 관찰할 수 있도록 하였으며 천정면은 사무실의 천정에 부합한 형광등 기구를 축소한 크기로(가로12cm 세로 3cm(실제 1.2m x 0.30m)) 개구부를 내고 아크릴을 붙여 그 구멍을 통하여 빛을 유입하여 실내의 조도조건을 이루게 한다. 또한 실내에 외부확산 조도가 들어오도록 바깥쪽에 형광등을 부착하여 유리반사로 인한 확산광을 만들고 그 빛을 모형실험실 내부로 투입시켜 실내의 조도 변화를 측정하여 그 조도 분포를 파악하고 야외에서 측정시 외부조도의 변화에 따른 실내조도 분포의 변화를 예측하고자 하였다.

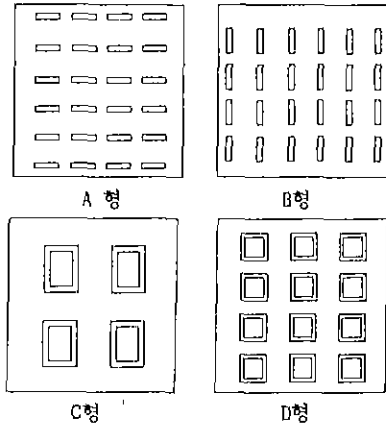
1) 모형체의 무시도와 단면도.



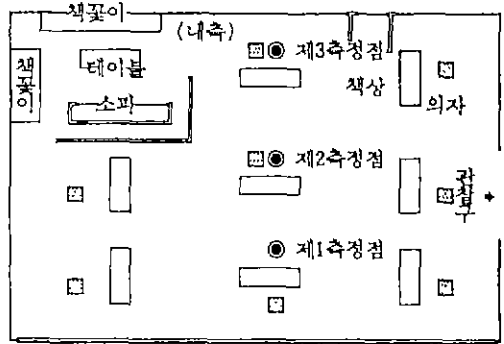
[그림 1] 모형체의 실내무시도.



[그림 2] 모형체의 전체 단면도



[그림 3] 천정형태 분류



[그림 4] 조도계의 위치 및 내부배치.

2.3 실험방법 및 실험조건

(1) 벽체, 바닥, 천정재의 반사율과 색채에 따른 조도변화.

지금까지의 사무공간은 회색의 기능성 중시형이 대부분이었다. 그러나, OA화나 빌딩의 인텔리전트화에 의해 오피스 환경 개혁의 필요성도 꽤적인 공간의 필요성, 인간성 중시의 환경 설계와 같이 다양한 제한이 대두되고 있다. 따라서, 창조적이며 쾌적한 일에 적합한 오피스를 만들기 위해서는 다양한 인테리어 요소를 효과적으로 사용하여, 인간의 감정이나 심리에 대응하는 배색을 실시할 필요가 있다. 그러므로 실내의 각부재에 따른 반사율을 가지고 실내의 조도 변화 및 사무작업의 문제점을 파악, 시환경에 의한 쾌적성을 주어 사무능률을 높이고 인텔리전트 빌딩의 첨단적인 사무기능이 가능하도록 기여하는 색상중 7.5YR 1/2과 10GY4/4의 것은 벽에, 7G 4/5와 2.5YR 4/4은 바닥, 천정은 3.4W 9/1과 10Y 9/1을 사용하여 분석하고자 한다.

< 표 1 > 실내의 내부색체에 많이 이용되는 색채

| | 색 채 | 반 사 율 |
|-----|------------------|-------------|
| 바 닥 | 명도 2 - 5 정도의 무채색 | 6 - 20% 정도 |
| 벽 | 명도 7 - 8의 범위 | 42 - 56% 정도 |
| 천 징 | N9 이하 | 72% 정도 |

< 표 2 > 실험체의 실내의 변형색채 조건

| |
|--|
| 제 1 조건 천징 : 10Y9/1바다 : 5PB 8/4 벽 : 7.5GY 7/2 |
| 제 2 조건 천징 : 10Y9/1 바다 : 10B 4/1 벽 : 7.5GY 9/2 |
| 제 3 조건 천징 : 10Y9/1 바다 : 10B 4/1 벽 : 10BG 9/1 |
| 제 4 조건 천징 : 10Y9/1 바다 : 7.5YR 6/2 벽 : 5P 9/1 |
| 제 5 조건 천징 : 10Y9/1 바다 : 5PB 8/4 벽 : 5Y 9/4 |

(2) 착색유리에 따른 실내의 조도변화

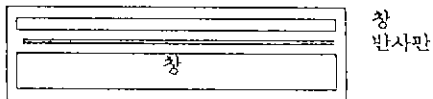
우리는 투과율에 따라 실내조도에 변화가 생기기 때문에, 작업환경에 미치는 영향을 파악하고자 일반 투명유리, 칼라유리, 반사유리 사용하였다. 각각은 장 단점을 가지고 있기 때문에 어떤 유리의 선택이 가장 사무환경에 좋은가를 모형실험을 통해 외형과 실내에서의 조도분포를 찾아보고자 한다.

< 표 3 > 유리의 종류에 따른 특징

| 유 리 종 류 | 특 징 (가 시 광 선) | |
|-----------|-----------------|-----------|
| 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.

창의 면적 또한 주광의 투과율과 밀접한 관계에 있으므로 면적비를 85%로 만들어 실내에서 발생하는 조도 분포의 변화를 측정하여 인텔리전트 빌딩의 사무작업 공간의 시환경을 이상적으로 할 수 있는지를 모형실험을 통하여 알아보고자 한다.



창면적 85% 반사판 사용
[그림 5] 창 면적

3. 측정치 분석

창측에 반사판사용시 각조건에 대하여 실내의 조도 분포로서 전체적으로 반사판용 사용하였을 때의 결과는 다음과 같이 나타냄을 볼 수 있다.

1. 천정타입 A형일때

가) A형일때는 칼라유리, 반사유리, 보퐁유리에 따라 각각의 특징을 나타내는데 칼라유리의 경우 내부색체를 1로 하였을 때는 각각의 측정점간에 창측소동시는 가장 높은 조도를 나타내고 있으나, 중앙소동시 후미가 중앙이나 창측보다 더욱 낮게 나타남으로서 실내에 작업 환경으로는 좋지못한 결과를 미치고 있다. 또한 내부색체를 5로 하였을때 창측과 중앙부는 거의 같은 조도를 나타내고 있으나, 측정점3에서는 중앙부 소동시 색채 1과 같이 다른 것에 비해 너무 낮은 조도를 나타낸다. 칼라 유리의 경우 내부색채 4로 하였을 때 각각의 측정점간의 차이가 가장적게 나타난다. 그러나 창+중앙부의 소동시 측정점 1과 측정점 3의 경우 실내평균조도 500Lux에 미치지 못하고 있다.(그래프 1 참조)

나) 반사유리의 경우는 내부색채 1에서는 칼라 유리에서와 같이 측정점 1, 2, 3의 조도 간격이 크고, 창측소동시 보다 창측+중앙부의 조도는 현저히 떨어지고 전체적인 조도도 칼라 유리 보다는 약간 떨어지고(중앙+창측 소동시 약 40Lux가 떨어져서 내부 색체에 따라 차이가 있다)이다.

실내 평균 조도 500lux에 가장 근접한 것이 내부색채 5에서 나타난 값이 창, 중, 후미가 평균조도 500lux값에 근접한 값을 나타냄을 알 수 있다.(그래프 2 참조)

다) 일반 유리의 경우 창측 소동시는 거의 600lux에서 900lux사이에서 각 측정점의 각 측정값의 조도가 나타나고 창+중앙부 소동시에는 450lux에서 600lux사이에서 분포하고 있다. 이중 특이한 것은 각 측정점간의 조도간격이 내부 색채 3에서는 창측소동시는 중앙, 후미가 같고 중앙+창측 소동시는 창측과 중앙부가 거의 같게 나타난다는 것이다.(그래프 3 참조)

2) 천정 타입 B형

가) 칼라유리의 경우 평균적으로 창측 소동시 750 - 600Lux를, 창 + 중앙소동시는 600 - 450Lux의 조도를 나타내고 있으며 내부색채 5에서 창측이나, 창 + 중앙부소동시 모두 각 측정점간에 조도차가 가장 적고 크게 나타낸다.(그래프 4 참조)

나) 반사 유리의 경우는 약 730 - 400Lux사이에서 조도가 분포하고 있으며 창+중앙부 소동시는 거의 실내 평균조도 500Lux를 넘지 못하고 있다. 내부색채 2에서는 창+중앙부 소동시 전반적으로 실내 평균 조도 500Lux를 넘지 못 하지만 각 측정점간의 조도 차이가 가장 적게 나타났다.(고른 조도분포를 보임) 그러나, 내부색채 5에서는 창측소동시 660 - 600Lux로 실내 평균조도 500Lux넘어서며 각 측정점간의 조도차도 거의 없이 나타나고 있다. 특히 내부색채 4에서는 창측소동시나 창 + 중앙부소동시 공이 측정점 1과 측정점 2가 거의 같은 조도를 보이고 측정점 3만이 크게 떨어

지는 결과를 보였다.(그래프 5 참조)

다) 일반유리의 경우는 거의 평균적으로 500Lux를 크게 넘어서고 있으나 창측 소등시나 창 + 중앙부소등시 모두 각 측정점간의 조도차가 크게 나타나고 있다.(그래프 6 참조)

3. 천정타입 C형

가) 칼라유리의 경우 내부색채에 따라 측정점 1의 조도가 약 525 - 445Lux사이에 분포하고, 측정점 2가 600 - 515Lux, 측정점 3이 580 - 500Lux까지 내부색채에 따라 분포된다. 이중 내부색채 5에서 520Lux를 중심으로 실내의 평균조도에 맞으면서도 각 측정점간의 조도차도 없이 나타난다.(그래프 7 참조)

나) 반사유리의 경우는 칼라유리와 비슷한 조도분포를 보이나 내부색채 1, 2, 3, 4는 칼라유리보다 약간 조도가 떨어진다.(그래프 8 참조)

다) 보통유리의 경우는 각 측정점간의 조도분포 간격이 크고 특히 내부색채 5에서 측정점 1에서 900Lux 가까이되고 측정점 2에서는 700Lux, 650Lux로 그 차이가 너무커서 실내 작업시환경으로 적합하지 못한것으로 판단된다.(그래프 9 참조)

4. 천정타입 D형

가) 칼라유리의 경우 창측소등시는 거의 측정점간의 조도차는 크지 않으며 측정점 1, 측정점 2, 측정점 3 순으로 나타났다. 또한 창 + 중앙부소등시는 각 측정점간의 조도차가 크게 나타나고 평균실내조도 500Lux에도 미치지 못하고 있다. 그러나 내부색채 5에서 창측면 소등시에 가장 내부의 조도차가 적고 안정되게 나타나고 있다.(그래프 10 참조)

나) 반사유리의 경우는 창측소등시는 거의 측정점간의 조도가 고르게(약 500 - 600Lux사이에 분포)나타나고 있다. 그러나 창 + 중앙부소등시는 측정점 1이나 측정점 2에서는 평균실내조도 500Lux에 크게 못미치고 있다.(그래프 11 참조)

다) 보통유리는 전반적으로 창측소등시는 측정점 1, 측정점 2, 측정점3의 조도가 실내평균조도 500Lux보다는 높으나 그차가 약 100Lux씩 차이를 두고 있어 실내시환경에는 좋지 못한 것으로 보인다. 그러나, 창 + 중앙부소등시는 600 - 700Lux사이에 측정점 1, 2, 3의 조도가 분포되어 있고 각 측정점간의 차도 적게 나타난다.(그래프 12 참조)

4. 맺음말

지금까지 내부색채와 창유리에 따른 실내조도분포의 변화를 알아보았다. 그중 사무공간에 가장 바람직하다고 보는 조도권장치 500Lux를 기준으로 천정타입에 대한 창측소등시의 창과 중앙부소등시에 따른 바람직한 형태를 찾아보고자 한다.

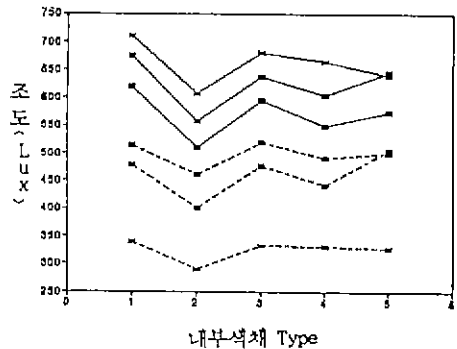
창측소등시, 천정타입 A와 B에서는 반사유리, 내부색채 5에서 조도권장치에 가장 가까운 조도값을 나타

내고 측정점간의 조도차도 적어 실내조도환경에 좋다고 생각된다. 또한 천정타입 C는 칼라유리, 내부색채 5에서 3곳의 측정점 조도가 520Lux에 근접한 값을 보고, 그 간격차도 적어 이중 좋다고 생각된다. 천정타입 D에서는 반사유리 내부색채 4에서 580Lux로 실내조도환경에 좋다고 판단된다.

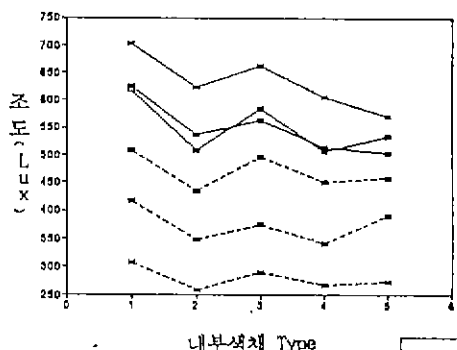
창측과 중앙부소등시, 천정타입 A와 B에서 일반유리는 조도권장치를 넘어서고 있으나 측정점간의 조도차가 크게 나타난다. 따라서, 칼라유리, 내부색채 1이 좋은 것으로 생각된다. 그러나 천정타입 A에서는 측정점 2의 조도 보정이 필요하다. 천정타입 D도 내부색채 1에서 측정점간의 조도차도 적고, 실내권장치 500Lux에 근접함으로써 이중 가장 바람직한 것으로 판단된다.

지금까지의 결과치는 실험적 수치에서 유추한 것으로 실측과는 어느정도 차이가 있다고 생각되나, 설계시 참고로 사용할 수 있는 Data로 활용하는데 의의가 있다.

[그래프 1]



[그래프 2]



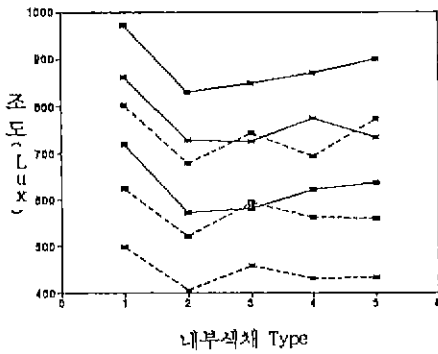
주) 점선과 실선은 소등범위를 구분한 것뿐 다른 의미는 없음

[실선 : 창측 소등시]

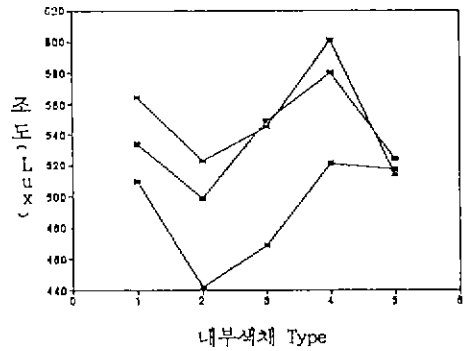
[점선 : 창측과 중앙부 소등시]

| | |
|---|-------|
| ■ | 측정점 1 |
| * | 측정점 2 |
| □ | 측정점 3 |

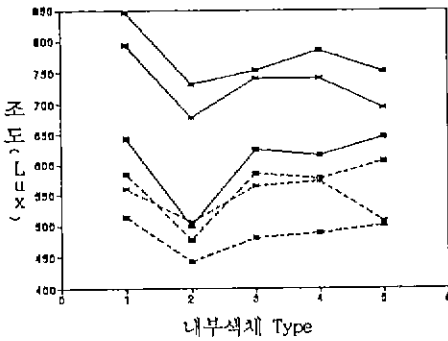
[그래프 3]



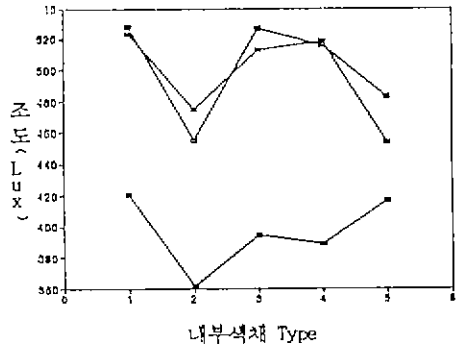
[그래프 7]



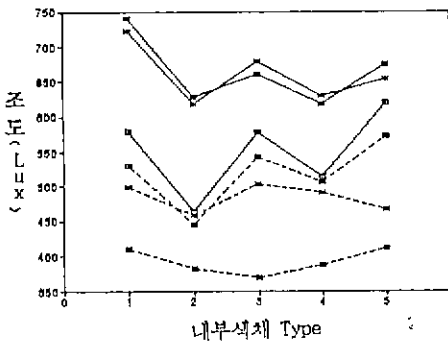
[그래프 4]



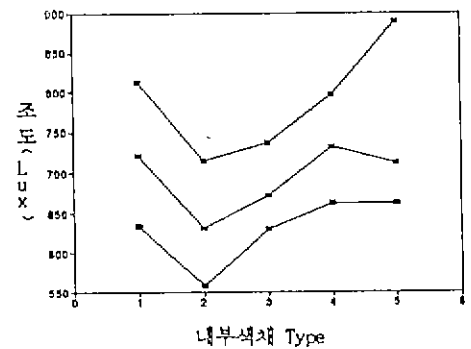
[그래프 8]



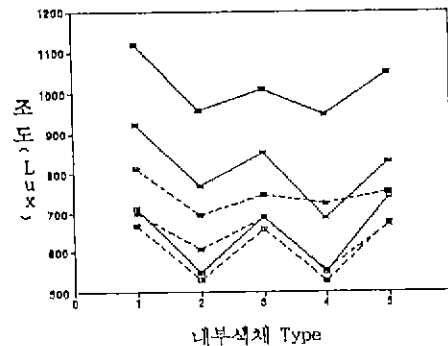
[그래프 5]



[그래프 9]



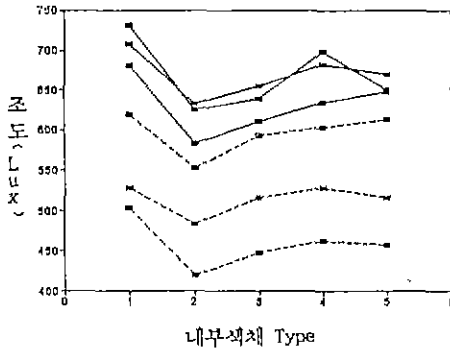
[그래프 6]



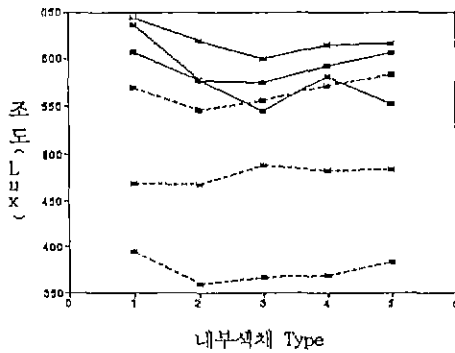
■ 측정점 1 * 측정점 2 □ 측정점 3

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

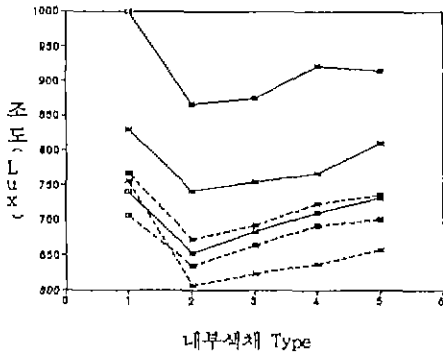
[그래프 10]



[그래프 11]



[그래프 12]



■ 측정점 1 * 측정점 2 □ 측정점 3

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

參考文獻

- 1) 金會瑞, 徐廷吳 "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 제 2호(1991)
- 2) K. MATSUURA, KIM HWAY-SHU, "EXPERIMENTAL STUDIES ON PREDICTION OF ILLUMINANCE ON THE WORKING PLANE FROM HORIZONTAL AND VERTICAL LUVER-TYPE SUNSHADE SYSTEMS(SHANGHAI CHINA)", LUXPACIFICA 89, The First pacific Basin Lighting Conference, 1989
- 3) 金會瑞, 徐廷吳, 崔仁彰, "Atrium Building의 自然採光 특성에 관한 기초적 연구", 韓國太陽에너지論文 報告集 제 12권 제1호(1992)
- 4) 松浦邦男, 金會瑞, "たて形室内作樂面ルベ-による照度分布の 實驗的 研究, 1987.9
- 5) 김경태, "창 디자인 1-5", 무림지, 1985.
- 6) 이경희, "自然採光 디자인을 위한 晝光率分布 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