

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 25, No. 4, 2005

미술관에서의 상부 띠형 천창의 채광분포에 관한 연구

최만진*

*경상대학교 건축학부 전임강사(mjc77@gsnu.ac.kr)

An Analysis of Illuminance Distribution in Fine Art Museum with Girdle Skylight Type

Choi, Man-Jin*

*Dept. of Architecture, Gyeongsang University(mjc77@gsnu.ac.kr)

Abstract

Character and illuminance distribution of daylighting is very important for the architectural plan in museum. Those data show bases for exhibition space design with daylighting and play a decisive role in visual perception of articles and space aesthetic. The goal of this paper was therefore to analyze the illuminance distribution in fine art museum with 3 typical girdle skylight types which are divided according to the art of protection from glare.

This Experiment proved that they had a striking contrast with regard to the ratio of daylight illumination and illuminance distribution in spite of the same purpose of those development. The girdle skylight with a translucent glass showed the strongest value of the ratio of daylight illumination, but inequable illuminance distribution in space, excepting the area of the wall. However, the latticed reflector of light refracted daylight in the direction of wall and made illuminance distribution very equable in whole space. The ratio of daylight illumination at the girdle skylight which was located at the verge of the ceiling, was highest at the upper part of the wall and was reduced gradually from there, by way of the middle and under part of the wall, to the center of space.

Keywords : 미술관 자연채광(Fine art museum daylighting), 띠형 천창(Girdle skylight), 채광분포(Illuminance distribution), 에너지절약(Energy saving)

1. 서론

초기의 공공 미술관에서는 자연채광이 유일한 조명수단이었다. 1960년대에는 자연광이 주는 전시물에 대한 훼손성이 알려지면서 인공조명으로 대체된다. 1970년대 초부터는 유류파동, 에너지 절약운동, 자연채광 기술의 발달 등으로 인해 미술관에서 자연채광은 다시 선호되어진다.

전시를 목적으로 하는 자연 채광 미술관 및 전시관 등의 건축 설계 및 실내 공간 디자인에 있어서 실내 자연 채광양의 거동과 분포는 결정적인 역할을 한다. 이것이 전시물의 시지각적 인지와 전시실의 공간 미학에 있어 큰 영향을 끼치기 때문이다. 따라서 자연채광 분포에 대한 정확한 연구 자료는 전시실 설계에 대한 자연채광학적 근거를 제시함으로써 미술품 감상을 위한 합리적이고 기능성이 좋은 건축 설계를 가능케 한다.

따라서 본 연구는 우선 실험을 통해 미술관에 가장 전형적으로 사용되는 띠형 천창의 세 가지 유형이 가져다주는 채광 분포와 실내 조도 등을 측정하였다. 이를 통해 각 유형이 가지는 실내 채광학적 특성을 비교 및 분석하여 채광설계 및 이와 관련된 전시학적 의미와 장단점을 연구하고자 한다.

2. 천창의 분류와 상부 띠형 천창의 정의

2.1 천창의 정의와 분류

천창은 건축물의 지붕이나 천장에 위치한 자연 채광을 위한 개구부로 정의할 수 있다. 천창은 그 채광학적 특성인 개구부의 위치, 크기, 형태, 빛의 유입 방향성, 채광분포 등의 관점에 따라 돔형, 상부 띠형, 측면 띠형 그리고 전면 개방형으로 구분 된다.

2.2 상부 띠형 천창의 유형

상부 띠형은 하늘과 수평방향으로 마주보고 있

는 긴 개구부를 가진 천창으로 정의할 수 있다. 이 상부 띠형 천창은 톱니(쥬드)형과 띠형으로 대분되며 띠형, 유충형, 만배형, 폴트형 등으로 세분된다.

이 중 상부 띠형 채광 설계기법은 개구부 바로 아래에 있는 실 중앙부에 햇빛이 직접적으로 유입됨으로 현휘 현상이 발생하게 되는 데 이에 대한 해소책으로 주로 다음의 세 가지를 사용한다.

첫째, 그림 3의 경우로 천창의 투명유리 층 바로 밑에 설치되어있는 '먼지 방지층'이다. 이 층은 불투명 유리로서 직사광을 산란시켜 유입하여 전시실 내부에 균일한 채광을 가져다준다. 이 채광법은 시공이 단순하면서도 균일한 채광 분포를 가져다주므로 미술관에서 가장 선호하는 채광법이다.

둘째 경우는 그림 4에 잘 나타나 있다. 이는 상부 띠형 천창 바로 밑에 불투명, 반투명 혹은 여과 등의 물성을 가진 좁은 판을 설치하여 빛의 일부를 통과 시키거나, 완전히 반사 혹은 여과시켜 눈부심 현상을 방지하는 기법이다.

셋째는 그림 5처럼 실 중앙부의 대부분의 천창부분을 불투명한 재료로 막아 햇빛을 차단하고 천창 가장자리에다 긴 띠창을 내어 채광하는 방법이다.

3. 실험에 관한 설명

3.1 자연채광을 위한 실험 방법

자연채광 공간에 대한 실험은 주로 다음의 세 가지 방법에 의해 이루어진다.

- (1) 자연 빛 아래 실제 공간에서의 측정
- (2) 자연 빛 아래 모형 공간에서의 측정
- (3) 인공 하늘 아래 모형 공간에서의 측정

이 중 첫 번째 방법은 최상의 실험 결과를 유출해 주나 많은 시간과 비용이 든다는 단점을 가진다. 또한 기상상태의 끊임없는 변화로 동일한 채광학적 조건에서 실험을 하는 것이 거의 불가능

하다. 이에 비해 모형 공간에서의 실험은 다양한 공간의 조건 및 상황을 빠르고도 쉽게 변화시킬 수 있다. 다만 이 경우에는 정확한 실험 결과의 도출을 위해 모형을 축척에 따라 상세 부분까지 정확하게 제작해야만 한다. 인공하늘에서의 측정은 채광조건을 마음대로 조절할 수 있다는 장점이 있어 매우 선호하고 있다. 하지만 직사광의 양이나 스펙트럼 띠의 분포 구성을 단지 제한적으로 재현할 수 있다는 단점이 있다. 이 때문에 인공하늘 아래에서의 측정 시에는 실험의 전제 조건들을 미리 정확하게 설정하여야만 올바른 결과를 기대할 수 있다. 본 논문의 실험을 위해서는 위에서 언급한 세 가지 방법 중 인공하늘아래에서 모형공간으로의 방법을 선택하였다.

3.2 인공하늘의 제원과 실험 기상상태

실험에 사용된 그림 1, 2의 인공하늘은 기상조건과 일사각을 임의대로 조절할 수 있어 다양한 채광상황에서 임의대로 실험을 할 수 있다. 이 인공하늘의 제원은 다음과 같다.

표 1. 인공하늘의 주 제원

지름	직경 7.5m(장착램프 안쪽)
램프 수	393개
램프	HK1-2: 75 W (Osram 4613) HK3-13: 150W(Osram4633)
최대 조도(산란광 시)	약 23,000 lx(룩스)
최대 조도(구름 낄 시)	약 18,000 lx(룩스)
인공 태양의 조도	10,000 lx

장착된 인공 태양은 인공 하늘 안에서 움직일 수 있도록 설계되어져 있다. 장착된 램프의 각각의 원형 열은 컴퓨터로 조절하고 제어할 수 있도록 되어있다. 이 인공하늘에서의 실험 시에는 실제 하늘의 기상 상태에 비해 다음의 측정 오차를 가지고 올 위험성이 있다.

- 실제 하늘과 비교 시의 휘도의 오차

- 램프 휘도의 편차(수명, 청소 상태 등)
 - 디밍(dimming) 상태에 따른 스펙트럼 구성과 색온도의 변화
 - 축척에 따른 상세 모형 시공의 한계
 - 재료 표면의 축척(소)화의 불가능
 - 채광기술 구현 가능성의 일부 제약
- 따라서 실제 기상 상태나 공간에서와 같은 실험 결과의 도출을 위해서는 위에 열거한 오차 가능 요소들을 미리 고려하고 조절하여 실험 결과의 정확성을 피하여야만 한다.

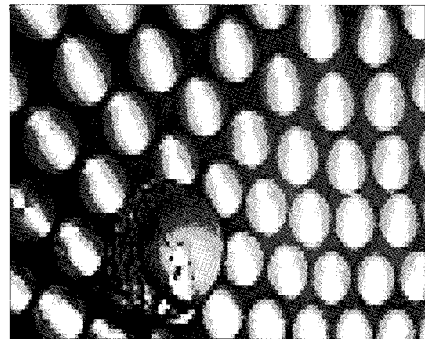


그림 1. 인공하늘과 실험 모형 사진

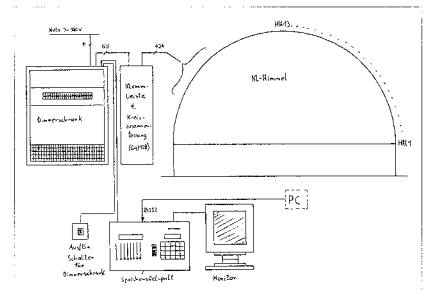


그림 2. 인공하늘의 스케치 도식

한편 외부의 자연채광은 지속적으로 변화함으로써 실내 채광 조도의 상호 비교를 위한 주광률의 측정을 어렵게 한다. 따라서 이 연구는 이를 가능하게 하는 기상 상태인 '완전히 구름 낄 날씨'를 실험 조건으로 설정하였다. 이는 이 날씨가 외부의 원형 대칭적인 균일한 채광분포를 실내에서

도 재구성 할 수 있게 하기 때문이다. 한편 인공 하늘에 설치된 컴퓨터에는 여러 가지 기상상태가 미리 설정 되어 있는데 그 중 프로그램 1번이 이 기상상태에 해당한다. 따라서 본 연구의 실험을 위하여 이 1번 프로그램으로 완전히 산란된 외부 채광 분포를 조성하였다.

3.3 실험 모형

실험 모형 공간은 넓이 7m, 깊이 8m의 직사각형으로 바닥에서 천장까지의 높이는 3.5m, 공간의 총 높이는 4.5m이다.(그림 3, 4, 5) 이 모형은 채광측정의 목적에 충분히 부응할 수 있는 1:10의 축척으로 제작하였다. 또한 여러 가지 공간 구성 요소 및 채광 기법 등을 간편하고도 신속하게 변화시킬 수 있는 구조를 갖추고 있다. 즉, 양쪽 측벽에 레일을 달고 뒤쪽 벽에는 작은 틈새를 두어 벽체 교환을 용이하게 하였다. 또한 천장의 채광 시스템은 양쪽 벽의 레일 위 또는 지붕 위에 쉽게 얹도록 설계하였다. 앞쪽의 벽은 채광 측정과 관찰을 위해 개폐가 쉬운 천으로 구성하였다. 이 천이 미칠 수 있는 실험 측정 오차를 줄이는 한편 공간 전체를 관찰할 수 있는 시각의 확보를 위해 공간 깊이를 그 폭보다 1m 더 깊게 설계하였다.

한편 이 공간의 좌측 벽에는 두 점, 우측 벽에는 석 점, 뒤쪽 벽면에도 석 점의 그림을 사람의 눈높이인 약 170 cm의 높이에 전시하였다.

3.4 변화하는 실험 요소

3.4.1 채광 기법

본 실험에서는 제2장에서 설명한 상부 띠형 천장의 현황현상 방지를 위한 세 가지 채광 기법에 따른 미술관 공간 내의 채광 분포를 비교 및 분석하였다. 제1안은 미술관의 가장 전형적인 채광 기법으로 두 개의 유리 층으로 구성되어있다.(그림 3) 그 중 하나의 유리 층은 태양을 향해 지붕에

설치된 약 90%의 광선 투과율을 가지는 투명 유리로 되어 있다. 이 유리 천장 개구부는 3x4m 크기의 직사각형이다. 이 시스템의 또 하나의 유리 층은 먼지방지천장으로 천장 바로 밑에 설치되는데 빛을 약 50%정도 투과 및 산란시키는 반투명 유리이다.

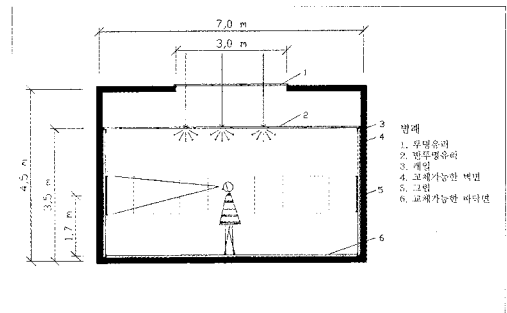


그림 3. 자연채광 설계 제1안(‘먼지방지층’ 기법)의 종 단면도, 축척 없음

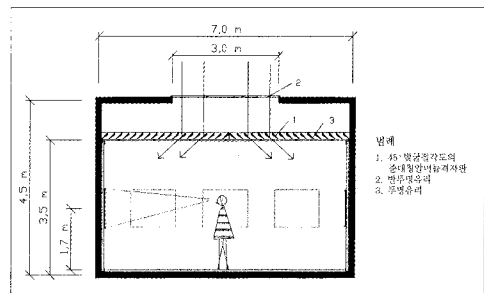


그림 4. 자연채광 설계 제2안(‘반사 격자판’ 기법)의 종 단면도, 축척 없음

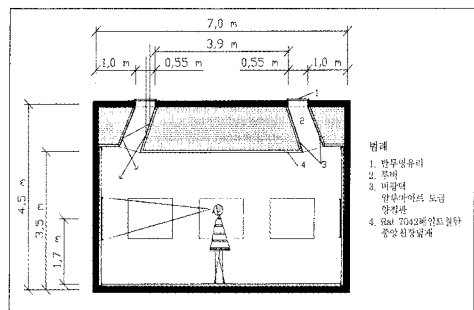


그림 5. 자연채광 설계 제3안(‘가장자리 띠형’)의 종 단면도, 축척 없음

두 번째 실험 시스템의 특별한 점은 준 대칭 알루미늄 격자판에 있다.(그림 4) 이 격자판은 투명 유리 천장 위에 설치되어 있어 수직방향으로 떨어지는 햇빛을 약 45° 각도로 굴절시켜 벽 및 실 가장자리 방향으로 유도시킨다. 천창 개구부의 크기와 위치는 제1안과 동일하며 제2안에서는 단지 두 유리 층의 위치를 서로 교환하였다.

제3안은 천창 중앙부 대부분을 불투명한 재료로 막고 천장 가장자리에는 약 1m폭으로 사방을 둘러 돌아가는 띠 형태의 천창을 설치하였다. 이 개구부의 내면에는 비 광택 알루미늄 도금 양철판 리플렉터가 부착되어 있어 햇빛을 약 75°의 각도로 전시벽 영역에다 유도한다.(그림 5) 이 긴 띠형 천창을 통해 유입되는 직사광의 직접 현휘 현상을 방지하기 위해 동일한 양철판으로 된 수직방향 루버를 2m 간격으로 설치하였다. 용이한 비교를 위해 제3안의 채광 개구부의 전체 면적도 역시 제1, 2안과 동일하게 설계하였다.

3.4.2 벽체와 바닥

실험한 모든 벽체 및 바닥 재료의 종류와 그 표면의 성격은 표 2와 같다.

표 2. 실험된 벽체와 바닥 재료의 성격

재료 번호	재 료	재료표면	반사율(%)
1	콘크리트 뿔칠	비 광택	88
2	콘크리트 뿔칠	비 광택	74
3	콘크리트 뿔칠	비 광택	55
4	콘크리트 뿔칠	비 광택	38
5	콘크리트 뿔칠	비 광택	15
6	목재	광택, 무늬목	53
7	목재	광택, 무늬목	38
8	목재	광택, 무늬목	30
9	목재판넬	무광택	45
10	카펫트	파랑색	10
11	카펫트	회색	23

4. 측 정

자연채광의 실내 조도는 외부의 주광조도에 따라 지속적으로 변화한다. 이 때문에 자연 채광 조도의 측정 시 서로 비교를 가능하게 하는 주광률(D)을 사용하고 있다.

$$D = \frac{E}{E_s} \times 100 (\%)$$

E ; 실내의 어느 한 점에서의 조도

E_s ; 천공광조도¹⁾

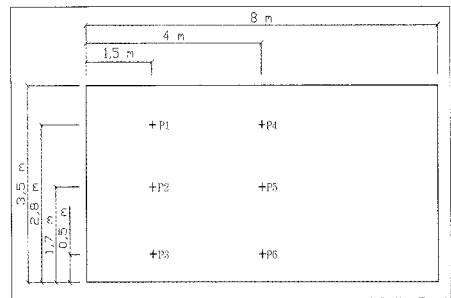


그림 6. 측벽에서의 조도 측정 점, 축척 없음

주광률 측정을 위해 106e형 조도계를 사용하였다. E값의 측정점으로는 측벽에 6군데, 공간의 중앙 170cm 높이(측정 7)에 한 군데, E_s 값을 얻기 위해서는 모형의 지붕위에 한 군데를 조도 측정점으로 선정하였다.(그림 6)

5. 실험 결과

측정되어진 주광률 분포는 다양한 벽과 바닥 재료의 교환에도 불구하고 전혀 변화가 없이 평행하게 나타났고 단지 세 가지 채광 시스템의 변화에 따라서만 그 변동이 있었다. 따라서 지면을 할

1) 천공광조도는 방해되는 물체가 없는 외부에서의 반천구 시의 수평조도를 말한다.

에하기 위하여 모든 측정 결과를 적지 않고 다만 아래의 대표적인 채광 분포에 대해서 토론하기로 한다.

5.1 수평 주광률 D_h 의 채광 분포

그림 7은 실험공간에서의 바닥 및 벽체 3번의 경우 채광 기법 제1, 2, 3안에 대한 수평 주광률 D_h 의 채광 분포를 나타내고 있다.

제1안에서는 수평 주광률 D_h 에 있어서 공간의 중심부(측정점 7)가 전시 벽 부분(측정점 4, 5, 6)보다 최소한 두 배 이상이 높게 측정되었다. 이 불균형한 채광분포는 천장 중앙의 채광구를 통해 햇빛이 실 중심부로 바로 유입되는 것에 기인한다.(그림 7) 한편 제1안의 전시벽 내에서만은 매우 균일한 채광분포가 관찰된다. 이는 벽체 영역의 채광이 직접적이 아닌 산란 및 반사를 통해 간접적으로 이루어지기 때문이다.

제2안은 실험전시공간 안에서 매우 균일한 수평 채광 분포를 가지며(그림 7) 세 가지 안 중에서 실내 수평 주광률 D_h 의 편차가 가장 적은 것으로 기록되었다. 이 균일한 채광 분포는 천장에 설치한 알루미늄 빛 굴절 격자판에 기인한다. 이 격자판은 공간의 중심부로 유입되는 빛의 일부분을 차단함으로써 햇빛이 실 바닥에 직접 떨어지는 것을 막음과 동시에 천중각도에서 오는 햇빛을 전시벽 쪽으로 유도한다. 이 때문에 천장과 바닥 부분의 휘도는 감소하고 전시벽 영역의 휘도는 이에 상응하게 증가하게 된 것이다.

제3안에서는 제1안과는 정 반대 되는 채광 분포를 관찰할 수 있었다. 즉, 수평 주광률 D_h 는 띠형 천장의 바로 밑에 위치한 측정점 4에서 가장 높고 벽체 아래로 가면서 급격하게 감소했다. 이 채광량의 감소는 공간 중앙부의 측정점 7까지 지속된다. 이 실내 채광 환경은 제3안의 띠형 개구부가 벽체의 바로 위에 있고 또한 75°의 각도로 가파르게 빛을 실내로 유입하기 때문 생긴 것이

다. 한편 측정점 7에서 나타나는 최저 채광량은 실 중앙을 덮고 있는 천장 중앙 덮개에 기인한다.

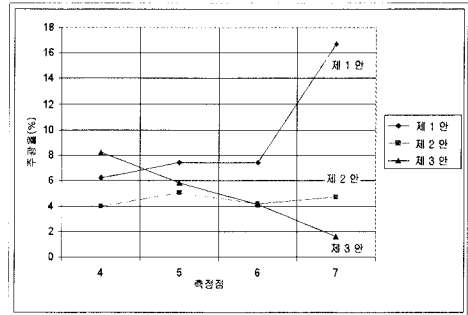


그림 7. 세 가지 실험 안의 수평 주광률 D_h

5.2 수직 주광률 D_v 의 채광분포

수직 주광률 D_v 의 측정에서도 수평 주광률 D_h 의 경우처럼 제1안에서 최대의 광량이 실내로 유입되었다.(그림 8) 이 뿐 아니라 벽면 영역 채광 환경에서도 제1안이 수평 주광률에서처럼 가장 균일한 채광분포를 보여주었다. 한편 제1안의 실 중앙 영역의 수직 주광률은, 수평 주광률에서와는 달리, 벽의 중간 및 그 아래 부분보다 약간 더 높은 것으로 나타났다.(그림 8)

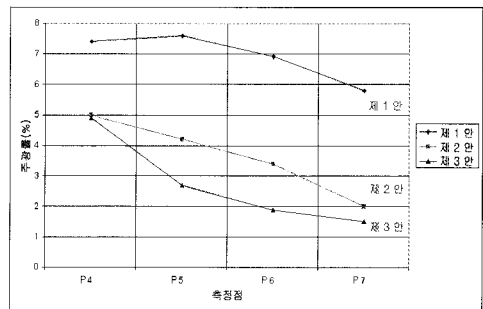


그림 8. 세 가지 실험 안의 수직 주광률 D_v

제2, 3안은 제1안에 비해 훨씬 적은 수직 채광량을 실내로 유입하였다.(그림 8) 또한 제2와 3안에 있어서 수직 주광률 D_v 는 특히 벽의 중간

및 아래 부분에서 아주 낮게 측정되었다. 이에 반해 측정점 4와 7에 있어서의 휘도는 제2와 3안에서 거의 동일한 값을 보였다. 이 외에도 공간 전체에서 뿐만 아니라 벽체부분에서도 수직 주광률 D_v 의 분포가 제1안 보다는 제2와 3안에서 훨씬 더 불균형한 것을 관찰 할 수가 있었다. 한편 제3안에서는 벽체 부분의 측정점 4에서 5까지 수직 주광률 D_v 의 값이 매우 급격하게 감소하였다.

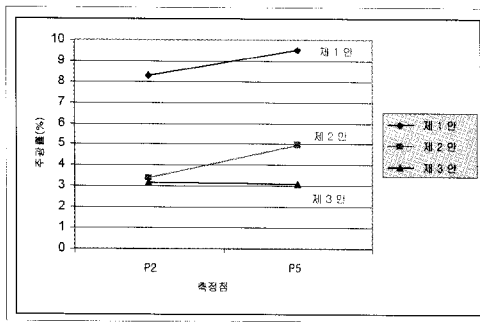


그림 9. 세 가지 실험 안의 수직 주광률 D_v

측정점 2와 5는 그림 감상 시에 방문자의 시선이 주로 머무는 전시벽 높이인 170cm로 설정되어 있다. 그림 9는 이 두 점 사이의 수직 주광률 D_v 의 차이를 설명하고 있다. 이 부분에 있어서 제3안은 가장 균일하게 햇빛을 유입시키는 것을 볼 수 있었다. 이에 반하여 제1, 2안에서는 벽의 가장자리 부분(측정점 2)과 중앙부(측정점 5) 사이에는 큰 차이의 수직 주광률이 관찰되었다.

6. 결 론

자연채광 미술관이나 전시관에 있어서 채광 분포에 대한 정확한 지식은 효과적 전시를 위한 건축 설계와 디자인에 있어서 필수적으로 선행되어야 하는 것이다. 따라서 본 논문은 미술관에서 현휘 현상의 방지를 위해 전형적으로 사용되는 세

가지 띠형 천장의 채광 설계기법에 따른 채광 분포 및 주광률을 측정하고 분석하였다. 이에 따라 다음의 연구 결과가 도출되었다. 이 경우 다양한 반사율이나 재질을 가진 여러 가지 건축 재료를 교환하였음에도 불구하고 채광 시스템 교환의 경우를 제외하고는 일정한 채광 분포 양태를 보여주었다.

- (1) 본 실험은 띠형 상부 천장의 세 가지 유형이 본래 현휘현상의 방지를 위해 발달된 것이나 실내 채광분포나 주광률의 크기 등에 있어서 큰 차이를 가짐을 보여주고 있다. 따라서 이 천장 채광법의 선택 시 단지 현휘 현상의 방지효과 뿐만이 아니라 의도하는 전시 목적에 부합하도록 아래의 채광 분포 상의 특징도 세심하게 고려하여야 할 것을 알게 해준다.
- (2) '먼지 방지층' 기법은 실험한 세 가지 유형 중 가장 많은 수직 및 수평 방향의 광양을 실내로 유입하였다. 한편 일반적으로 알려진 이 유형의 균일한 채광 분포는 단지 벽체 영역에 국한됨을 관찰할 수 있었다. 즉 실 전체의, 특히 수평방향의, 주광률 분포는 세 가지 채광법 중 가장 불규칙하게 나타났다.
- (3) '반사 격자판'의 경우에는 주광률이 실 중앙부에서는 저하되고 벽체 영역에서는 상승하여 기대했던 대로 전 공간에서 균일한 채광 분포를 보여주었다.
- (4) '먼지 방지층' 기법에서와는 반대로 '가장자리 띠형'의 경우에는 천장의 위치와 기하학적 구조로 인해 벽체 부분의 주광률이 실 중앙부보다 더 강하게 측정되었다. 이 경우 주광률이 벽면 위에서부터 중간과 아래 부분을 거쳐 실 중앙부에 이르기까지 점진적인 감소추세를 보여 주었다.
- (5) 이에 따라 전시학적으로 볼 때 '먼지방지층' 유형에는 균일 채광의 벽체에는 그림을, 더 강하게 채광되는 실 중앙부에는 입체 전시물을 전시하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 이에 비

해 '반사 격자판' 천창은 채광분포를 균등하게 하여 실 어디에나 각종 전시물을 설치할 수 있게 해준다. 한편 '가장자리 띠형' 천창은 어두운 실 중앙부에서 밝게 채광된 벽체방향으로 전시물을 생생하고 집중력 있게 감상하게 하는 장점을 가진다.

- (6) 본 자료는 국내 자연 채광 미술관 및 박물관의 건축 및 채광 설계 그리고 학부 및 대학원 강의를 위한 보조 자료로 활용되리라 기대된다.

참 고 문 헌

1. 김유숙 외, 알기쉬운 건축환경, 기문당, 2005
2. Bartenbach, C.: Neue Tageslichtkonzepte, SLG-Tagungsband, Bern, 1989
3. Bartenbach, C.: Neue Tageslicht Jahrbuch fuer Licht und Architektur 1995, Ernst & Sohn, Berlin, 1996
4. Becker Epsten, Dagmar: Tageslicht & Architektur, Nueller, 1986
5. Fischer, U.: Tageslichttechnik, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln-Braufeld, 1982
6. Flagge, I.: Architektur-Licht-Architektur, Karl Kraemer Verlag, Stuttgart/Zuerich, 1991
7. Freymuth, H.: Tageslichttechnik im Museumsbau, J. Eberspaecher Firmendruck-sache, 1982
8. Gfeller Corthesy, Roland: Bartenbach L'chtlabor Bauen mit Tageslicht, Vieweg, 1998
9. Hentschel, H.-J.: Licht und Beleuchtung / Theorie und Praxis der Lichttechnik, Huethig, 1982
10. Schrickler, R., Licht-Raum Raum-Licht, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1994
11. Schubert, H., Moderne Museumsbau, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1986