

미술관에서 보울트형 모니터창의 자연채광성능 평가에 관한 연구

The Evaluation of Daylighting Performance of Vault-type Monitor Window in Art Museum.

최장원(중앙대학교 건축학과 석사과정), *나수연(중앙대학교 건축학과 박사과정),
*이언구(중앙대학교 건축학과 교수)

Abstract

This study aims to present optimal design strategies of vault-type monitor windows in art museum by evaluating its daylight performance effect through computer simulation. Field measurement and scale-model experiment were conducted to validate the applicability of the computer model. It was found that the current practice of vault-type monitor window design for daylighting in art museum was improper. The result of the computer simulation presents a number of design strategies which ensure comfortable and safe daylighting in art museum.

1. 연구의 목적

미술관에서 자연채광을 주광원으로 조명계획하는 경우 주광의 도입에 따른 전시, 관람, 보존을 문제가 고려되어야 하며, 이는 기본계획부터 검토되어야 한다. 전시실 자연채광계획상 중요한 사항은, 전시벽면의 적정조도의 확보, 전시실내 균질조도유지, 전시물의 보존을 위한 과다주광 유입방지, 인공조명과 통합시스템 구축 등에 있으며, 이를 위해서는 무엇보다도 천공상태의 변화에 따라 채광창을 통해 전시실내로 유입되는 주광을 적절히 조절하는 것이 중요하다.

최근 자연채광을 미술관의 주광원으로 도입하는 사례가 증가하고 있으나, 자연채광설계에 대한 사전 검토가 미흡하여 전시실내 과다주광유입이나 전시실 조도 분포의 불균형에서 오는 전시물의 보존 및 실내환경의 문제점이 야기되고 있다.

본 연구에서는 현재 자연채광을 도입한 미술관이나 박물관에서 적용되고 있는 채광창의 형태중 적용빈도가 높은 보울트형 모니터창을 대상으로 전시실내의

자연채광성능을 컴퓨터 모델을 통해 분석·평가하여 보울트형 모니터창의 적정 설계기법을 제시하고자 한다.

2. 연구의 방법

본 연구는 답천공과 천공상태하에서 주광성능예측이 가능한 컴퓨터모델을 이론적 고찰을 통해 수립하고, 현장실측과 모형실험을 통해 컴퓨터모델의 검증단계를 거쳐 시뮬레이션을 통해 전시실 주광성능에 영향을 미치는 각각 변인을 조절함으로써 적정설계기법을 도출하는 단계를 거치도록 하였다.

3. 분석 및 평가

3.1 컴퓨터 모델의 수립

컴퓨터 모델은 보울트형 모니터 창을 통해 실내로 유입되는 주광의 분석을 위해 이론적 고찰을 통해 아래의 단계로 세분하고, 각 단계에 적용가능한 분석방법을 정리한 후 천공상태와 실내조건에 맞게 적용하였다

- 천공성분 분석단계 : 천공조도는 천공상태에 대한 결정, 장애물에 대한 방해각 결정, 천공휘도적분법에 의해 천공상태에 따른 채광창에 도달하는 조도를 구한다.
- 채광창 분석단계 : 형태계수법에 의해 보울트형 모니터창을 창호부분(aperture)과 전이요소부분(transition element)의 두가지로 나누어 천정 개구부에 도달하는 휘도를 구한다.
- 조도계산단계 : 입체각 투사율과 실내 반사성분을 계산하여 측정점의 수직면 조도와 수평면조도를 구하도록 한다.

3.2 미술관 전시기준

① 조도기준

다음 표는 미술관 전시실의 국가별 조도 기준의 예이다.

(표 1) 광반사에 대한 국가별 조도기준

		ICOM*(프랑스)1977	IES**(영국) 1970	IES***(미국) 1987
광반사에 매우 민감한 전시작품(재료)	직물,의복,수채화,염색피혁 등	50lx (색온도:약2900K)	50lx	50lx(120000lx·h/year)
광반사에 비교적 민감한 전시작품(재료)	유화,천연피혁,상아,목제품,질그릇 등	150~180lx (색온도:약4000K)	150lx	75lx(180000lx·h/year)
광반사에 민감하지 않은 전시작품(재료)	금속,돌,도자기류,스테인레스 등	300lx이하로 조명될 때는 특별히 제한없음		200~500 lx

*ICOM : International Council of Museum **IES(영국) : Illuminating Engineering Society, London ***IES(미국) : Illuminating Engineering Society, New York

3.2 현장 실측 및 모형실험

현장실측 대상건물은 실제 보울트형 모니터창을 적용하여 현재 건립중에 있는 서울시립박물관의 2층전시실을 실측하였으며, 실측대상 전시실의 개요는 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 실측대상 전시실의 개요

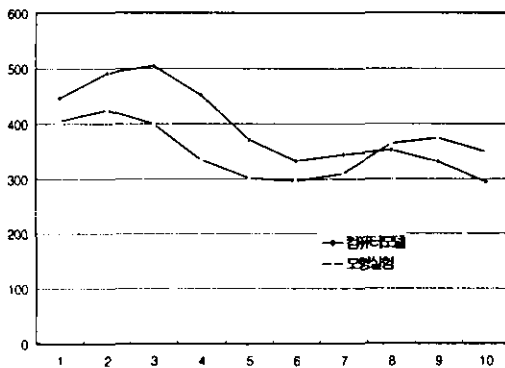
대상 전시실	서울 시립 박물관 2층 전시실
전시실 크기	21.6m×12m
채광창 크기 및 갯수	19.4m×2.4m의 채광창 2개
채광창의 향 및 배치	정남북향, 양끝에 분산배치
반사율	천정0.8, 채광창 내부 반사벽 0.8 전시벽면 0.75 바닥 0.1

실측과정에서는 전시벽면에서의 적정 조도 확보상태와 전시실 조도분포상태를 측정하고 컴퓨터 모델의 계산치와 비교토록 하였다.

모형실험은 실측대상전시실을 1/20로 축소제작하여 조도분포와 채광창을 통한 주광성능을 검토하였다. 또한, 각 측정치는 컴퓨터모델의 계산치와의 비교를 통해 컴퓨터모델의 타당성도 함께 검토하였다.

전시벽면의 수직면조도를 살펴보면 담천공하에서 실측치 평균 308 lux, 컴퓨터모델 평균 304 lux로 거의 차이가 없으며 전시물에 손상을 주지않는 적정조도치로 나타났다(그림 1).

그러나 청천공상태에서 채광창면의 조도 32000 lux에서의 실측결과는 평균 607 lux, 컴퓨터모델 평균치 585 lux로 평균치에서는 22 lux의 차이를 보이지만

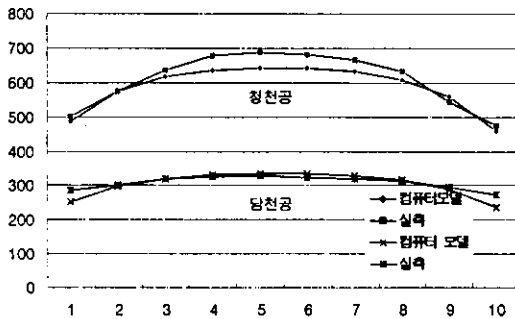


(그림 1 전시실 수직면조도분포 비교)

남측벽면 중앙부분에서의 조도 차이는 45 lux정도로 나타났다(그림 1). 남향의 북측채광창인 경우에는 직사광이 유입될 때 앞의 비교치보다 더 큰 편차를 보일 것으로 예측되며 직사광의 차단을 위한 대안과 과도한 조도를 제어하기 위한 채광창의 설계변경이 필요하다.

모형실험의 전시실내 조도분포 측정결과를 컴퓨터 모델과 비교해 보면 모형실험의 경우

최대치가 채광창에서 전시벽면쪽의 2열에서 나타나는 반면 컴퓨터 모델의 경우 채광창의 하부에서 최대치가 나타나고 있다(그림 2). 각 조도치상에 차이가 나타나는 이유는 컴퓨터 모델에서는 채광창의 실내 개구부를 완전 확산면인 가상평면으로 보고 계산했기 때문에 보울트의 창유리를 통한 직접성분과 반사면에 의한 반사성분의 차이에서 오는 방향성을 고려하지 못한 결과라고 해석된다. 그러나 전체적인 조도분포로 볼 때 보울트형 모니터창의 자연채광성능예측에는 유용한 모델이라고 판단된다.



(그림 2) 전시벽면 수직면조도분포 비교

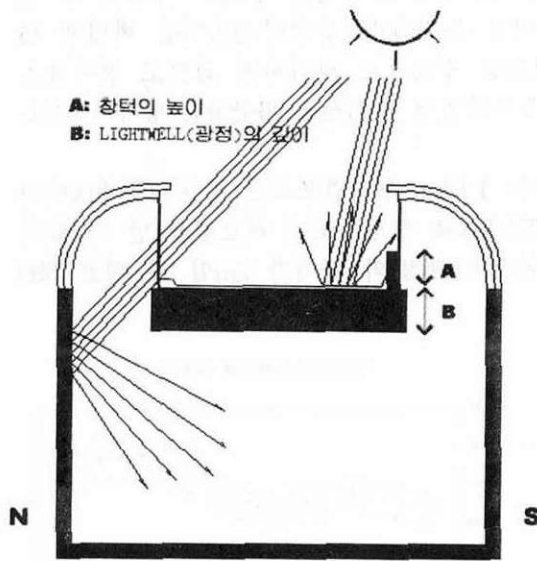
3.3 실측과 모형실험을 통해 나타난 문제점

- 청천공과 부분청천공이 연중 70%이상의 천공상태를 보이는 우리나라의 조건하에서 청천공이나 부분청천공일 때 전시공간을 조명을 위한 주광원으로서의 보울트형 모니터창의 적용은 일차적으로 채광창의 방향에 따라 전시실내에 유입되는 빛의 양이 좌우됨을 알 수 있다.

- 남향의 보울트형 모니터창은 담천공시에는 북향의 채광창과 같은 확산광을 실내에 유입시키고 있지만 채광창이 직사일광에 노출되는 경우 직사광이 함께 실내에 유입되어 전시실내에 적정조도 이상의 주광이 유입되는 요인이 되고 있다. 미술관에서의 전시공간은 열적인 측면보다는 전시실 전체의 균질한 조도유지가 중요하기 때문에 자연채광을 통해 전시실을 조명하기위해서 실내로 유입되는 주광은 우선적으로 채광창을 통해 그 양과 방향성에 대한 제어가 필요하다.

- 남향의 채광창을 통해 유입되는 빛은 부분청천공일 때 천공변화에 따라 전시실내의 즉각적인 조도변화를 초래하고 있으며 이는 전시실에서의 관람환경에 주요 저해요인이 되고 있다. 이는 벽면의 반사율과 함께 고려되어야 될 사항이다.

- 청천공상태에서는 전시물 전시에 적합한 조도이상의 빛이 전시벽면에 유입되고 있음을 (그림 1)을 통해 알 수 있다. 전시물의 전시와 보존에 필요한 적정조도는 100~300 lux이며 과다주광의 유입은 전시물의 손상을 야기할 수 있다. 따라서, 전시실내의 과다조도를 제어하기 위하여는 채광면적의 조절과 전시실의 높이, 채광창의 위치, 가동 차양장치 설치 등의 사항이 검토되어야 한다.



(그림 3) 보울트형 모니터창의 주광유입

창면적비 15%일 때 수직면조도는 평균 242 lux에 46 lux의 표준편차를 갖는 균질한 조도분포를 보여준다.(그림 4) 이 때 수평면조도는 평균 820 lux로 나타나며 남향 채광창 하부에서의 조도분포가 크게 낮아진다(그림 5).

3.4.2 대안 분석

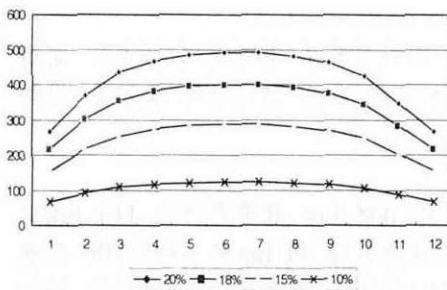
실측과 모형실험의 결과분석에 따라 채광창의 채광성능에 영향을 미치는 변인을 컴퓨터모형을 통해 아래와 같이 실시하였다.

컴퓨터 모델에 입력된 전천공조도는 15000 lux이며 이 값은 10월달 전천공조도의 누적표현을 50%이상에 해당되는 값이다

· 창면적비에 따른 비교

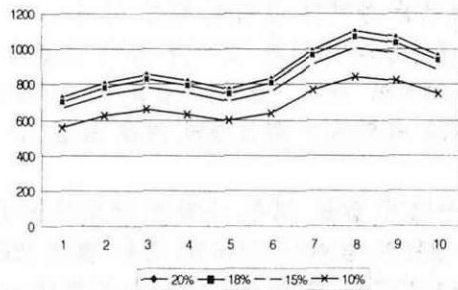
실측과 모형실험을 실시한 대상 전시실은 바닥면적에 대한 채광창면적의 비율이 18%이며 컴퓨터모델 계산결과 전시실내의 조도에 영향을 미치는 가장 큰 변인은 채광창의 면적임을 알 수 있다.

바닥면적에 대한 창면적비에 따른 수직면 조도



(그림 5) 창면적비에 따른 수직면조도 분포

바닥면적에 대한 창면적비의 변화에 따른 수평면조도



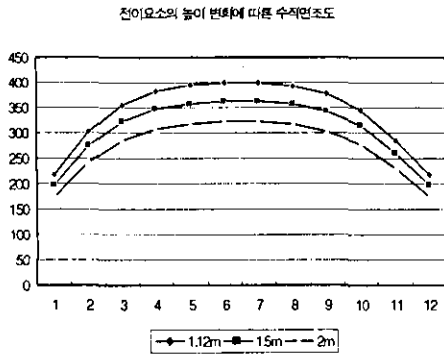
(그림 4) 창면적비에 따른 수평면조도 분포

· 전이요소(광정)의 깊이 변화에 따른 비교

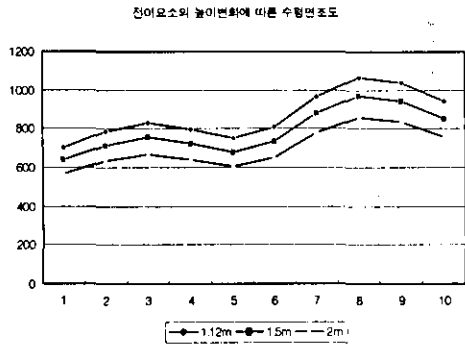
전이요소의 깊이를 크게 함으로써 직사광의 유입을 차단하고 반사면의 길이

가 늘어남으로 인해 조도분포가 균일해지고 확산된 주광을 실내에 유입할 수 있다. 이 대안은 전시품 보존의 측면에서도 유리하다. 주광이 2회이상 벽면에 반사하게 되면 유입 자외선의 비율이 백열등 수준으로 낮아지게 되므로 전이요소의 높이를 깊게하는 것은 적정조도를 유지하면서 자외선을 차단하는 방법이 된다.

실측에서의 전시실 전이요소의 깊이는 1.12m, 수직면조도는 평균 338 lux이며 2m의 높이에서는 수직면조도가 평균 272 lux로 적정조도가 확보됨을 알 수 있다(그림 6). 수평면조도분포의 경우 전이요소(광정)의 깊이가 2m일 때 평균 699 lux로 낮아졌다(그림 7).



(그림 6) 전이요소(광정)의 깊이에 따른 수직면조도 분포

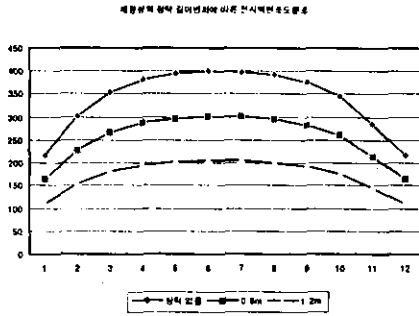


(그림 7) 전이요소(광정)의 깊이에 따른 수평면조도 분포

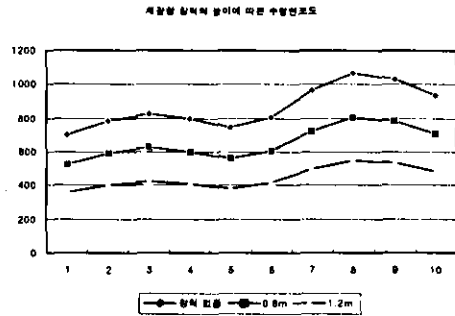
· 채광창 창턱의 깊이에 따른 비교

채광창의 창턱의 설치와 높이 조절을 통해 일차적으로 창면적의 축소로 인한 조도제어와 과다주광의 유입을 막고, 창턱의 높이에 따른 반사면의 증가로 인한 실내로 유입되는 확산광의 양을 높일 수 있다.

창턱이 없을 경우 수직면 조도분포의 평균은 338 lux 표준편차는 119 lux이 나, 창턱의 높이가 0.6m일 경우 평균 255 lux 표준편차 49 lux로 나타나며 수평면조도분포의 경우 654 lux 표준편차 89 lux로 나타나, 실측대상 채광창의 창높이가 2.4m일 때 창턱의 높이는 0.6m정도가 적당함을 알 수 있다(그림 8)(그림9).



(그림 8) 창턱의 높이에 따른 수직면조도 분포



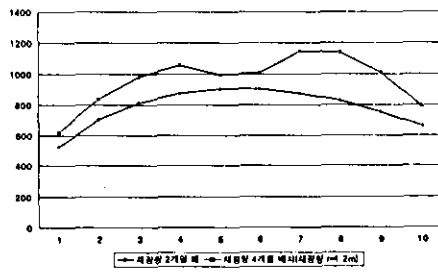
(그림 9) 창턱의 높이에 따른 수평면조도 분포

· 창 의 위치

동일한 창면적이라도 개구부의 위치에 따라 실내 조도분포는 크게 달라진다. 2개의 채광창을 북향으로 배치했을 때와 전시실 양끝에 배치했을 때를 보면 실 중앙에 북향의 채광창을 배치했을 때는 중앙부(6열)에서 수평면조도가 1008 lux로 중앙부의 조도가 높아지고 양끝에 배치하면 끝부분(10열)에서 939 lux로 양단부의 조도가 높아지게 된다(그림 10). 전시실은 중앙부보다 벽면이 주 전시면이 되므로 벽면 쪽의 조도가 높은 것이 바람직하다.



(그림 10) 창 의 위치에 따른 수평면조도 분포



(그림 11) 창 의 개수에 따른 수평면조도 분포

· 창 의 개수

채광창의 전체면적이 일정할 때 창 의 개수가 많아지면 그만큼 2차광원의 개수도 많아지는 결과가 된다. 시뮬레이션 결과는 채광창 4개를 배치했을 때 2개를 배치하는 것보다 수평면조도 평균 958 lux의 균질한 조도분포를 얻을 수 있는 것으로 나타났다(그림 11). 다만, 관람자의 시야속에 광원이 위치하게 되는

가능성이 높아지므로 천정고에 따라 적용가능성이 검토되어야 한다.

4. 결론

본 연구는 미술관에서 자연채광을 위해 적용되고 있는 채광창의 형태중 보울트형 모니터창을 대상으로 전시실내의 자연채광성능을 컴퓨터 모델을 통해 분석·평가하여 보울트형 모니터창의 적정설계기법을 제시하고자 하였다.

현장실측과 모형실험을 실시하여 컴퓨터모델의 타당성을 검증하고, 시뮬레이션을 통해 적정설계기법을 도출하였다. 현장실측과 모형실험의 결과, 청천공에서 남향북측채광창에 직사일광이 유입될 때 전시실내의 과도한 조도와 조도분포의 불균형해지는 것으로 나타났다.

시뮬레이션 결과 보울트형 모니터창을 설치한 전시실에서 전시벽면의 적정조도를 확보하기 위한 설계기법으로는, 바닥면적에 대한 채광창면적비를 15%로 하고, 실의 양끝에 분산배치하고, 전이요소(광정)의 깊이를 크게하며, 채광창 창턱 높이를 창높이의 1/3로 조절하고, 적은 수의 큰 창을 설치하는 것보다 많은 수의 작은 창을 설치하는 것이 효과적으로 나타났다.

참고문헌

1. 이경희, 1990, 건축환경계획, 문운당, 서울
2. 건축자료연구회 역, 1989, 박물관 자료관, 보원, 서울
3. William Lam, 1986, Sunlighting as Formgiver for Architecture, V-N-R, New York
4. IESNA, Lighting Handbook, 8th ed., IESNA
5. 주수길, 1992, 정광창채광을 이용한 박물관 전시실 조명계획에 관한 연구, 서울대
6. 이상우 외, 1994, 건축환경계획론, 태림문화사, 서울
7. Michel Modest, 1982, A General Model for the Calculation of Daylighting in Interior Spaces, Energy and Buildings
8. Jong-Jin Kim, 1991, A PC Based Computer Program for Daylighting and Electric Lighting System Analysis, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley