

RADIANCE 프로그램을 이용한 미술관 전시공간의 주광 환경 디자인 평가

The Evaluation of Daylighting Performances in Museum Exhibition Spaces Using Computer Program RADIANCE

Author 김창성 Kim, Chang-Sung / 정회원, 협성대학교 건축공학과 전임강사, 건축사, 공학박사
정승진 Chung, Seung-Jin / 정회원, 협성대학교 건축공학과 부교수, 건축학박사

Abstract Daylighting is one of the major elements in architectural design. It also plays an important role in the museums focused on displaying artistic works. Many architects have tried to predict daylighting performances in exhibition spaces during the design process of museums. The aims of this study are to present the design methods using the computer program RADIANCE that is available for the evaluations of daylighting performances in indoor space and to help architects design daylighting systems for better exhibition spaces of museums. For this study, Seoul Museum of Art was chosen and it was evaluated the recommended illuminance and the impacts of direct sunlight under the conditions of overcast sky and clear sky with sun. According to simulation results, they indicated that the alternative toplight system(sawtooth shape) was more effective for daylighting of exhibition spaces than the existing toplight system(pyramid shape) and this study showed a method to evaluate daylighting effects in exhibition spaces with various shapes of toplight systems.

Keywords 미술관, 전시공간, 주광, 래디언스
Museum, Exhibition Spaces, Daylighting, Radiance

1. 연구의 목적 및 배경

미술관 건축¹⁾은 시대의 변화와 함께 관람자의 다양해지는 지적욕구의 충족과 사회적 역할의 변화에 따라 그 기능을 달리 하면서 발전하여 왔다. 오늘날의 미술관은 단순히 작품의 전시, 보존 이외에 연구 및 대중 교육을 포함하고 있는 다 기능적 건축의 양상을 띠고로서 전시 방법도 일 방향 전시에서 점차 관람자가 같이 할 수 있고 흥미를 느낄 수 있는 양 방향 전시로 변해가고 있다고 할 수 있다.²⁾

역사적으로 건축가들은 인간 환경에서 빛의 역할을 체득하고 건축 설계 시 빛의 효과적인 이용 방법을 찾기 위해 많은 노력을 기울여 왔다. 건축물에서 올바른 빛의

이용은 설계 초기 단계 에서부터 건축물의 기능을 충족시킬 수 있도록 고려되어야 하며, 이를 위해 관련된 조건을 수집, 분석, 검토하여 건축물의 목적에 맞는 디자인을 하여야 한다.

따라서 본 논문에서는 주광해석 프로그램인 Radiance 프로그램을 이용하여 미술관 전시공간의 주요 디자인 요소로서 주광 이용이 적극적으로 적용되었으나 이를 효율적으로 이용하지 못하고 전시공간의 시시각 작용에 장애가 되고 있는 실제 미술관 건물을 선정하여 주광 이용 실태를 평가하고 디자인 대안을 제시함으로써 초기 건축 설계 단계에서 이용할 수 있는 주광 환경 디자인 방법을 제시함을 목적으로 한다.

본 연구에 이용된 Radiance 프로그램을 이용한 주광 성능 예측 및 활용에 대한 선행 연구는 양적 평가 지표인 실내 조도에 대한 평가(C. F. Reinhart³⁾, 2000,

1) 본 부문에 사용된 미술관이라는 용어는 미술관, 박물관, 전시관을 포함하는 포괄적 의미로 사용되었다.

2) 김창성 외, 자연광을 이용한 미술관 전시공간의 공간적 특성에 관한 연구, 한국문화공간건축학회논문집, 2009. 09

3) Christoph F. Reinhart 외, The simulation of annual daylight illuminance distributions - a state of the art comparison of six

Edward Yan-Yung Ng⁴⁾, 2000, F. Maamari⁵⁾, 2006)와 질적 평가 지표인 현휘의 평가(김강수⁶⁾, 2005, 송규동⁷⁾, 2004) 및 주광 이용에 따른 에너지 절약 평가(Danny H. W. Li⁸⁾, 2005, 김한성⁹⁾, 2004) 등이 있으나 이는 주광의 양적 질적 속성에 대한 물리적 평가에 대한 연구로서 건축 설계 단계에서의 적용 가능성에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 Radiance 프로그램을 이용하여 건축설계 단계에서 활용할 수 있는 주광 환경 디자인 방법을 제시하고자 한다.

2. 미술관 전시공간의 조명계획

2.1. 전시공간의 조명계획 원칙

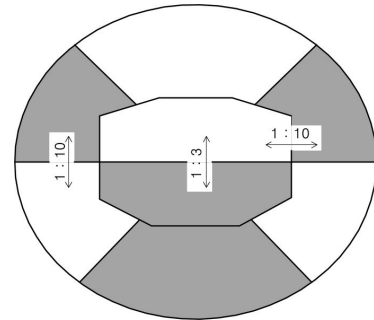
전시공간에서 조명의 역할은 전시물의 고유한 아름다움을 시각적으로 충분히 전달할 수 있어야 한다. 단순한 형상 파악이나 색상의 구별이 아닌 전시물 상세에 대한 구체적인 이해가 가능해야 한다.

지각의 심리학적 관점에서 보면 피사체와 관찰자 사이에 가장 단순한 상태를 이루는 체계일 때 피사체가 확연히 두드러져 보이며 저절로 인식이 가능하다고 한다. 더욱이 사람은 자신이 움직이는 공간의 모든 것을 한눈에 알아볼 수 있어야 그 다음에 이어질 행동을 예측할 수 있다. 이러한 계획은 건축적으로나 전시설계에서 선결되어야 할 문제이다.

시각생리상 중심시야(Peripheral Vision)를 포함한 시야의 중심부 밝기와 함께 주변시야(Peripheral Vision)의 밝기 역시 중요하다. 이 각각의 조명이 균형을 이룰 때 시각생리를 충족시키는 것은 물론이고, 감각의 결과를 해석하는 지각 측면에서의 가장 단순한 체계를 구할 수 있는 방안이다.¹⁰⁾

사람의 시각계통은 대단히 넓은 범위에 이르는 휘도를 구별해서 물체를 인식할 수 있는 능력이 있다. 직사일광 아래 놓인 물체는 야간의 달빛 아래 놓인 물체 보다 100

만 배의 밝기 차이가 있음에도 불구하고 양쪽 모두 인식이 가능하다고 한다. 그러나 물체의 급격한 휘도 변화가 있을 경우, 물체에 대한 상세한 인식에 어려움을 갖게 되는데, 이는 사람이 동시에 지각할 수 있는 휘도의 범위가 대단히 작기 때문이다. 이러한 현상을 방지하기 위해서 시야내의 밝기는 가급적 균일해야 한다. 따라서 <그림 1>에서 보여주고 있는 것처럼 시야의 중심부는 휘도대비가 1:3을 초과하지 않도록 해야 하며, 시야의 중심부와 주변부, 또는 주변의 서로 다른 부분 사이에는 휘도대비가 1:10을 초과하지 않도록 해야 한다.¹¹⁾



<그림 1> 허용 휘도대비

그러나 강한 휘도대비와 색상대비는 극적 긴장감을 주고, 부드러운 조명과 파스텔 색조는 이완된 분위기를 연출한다. 조각과 같이 빛에 대해 안정된 전시품은 주광이나 전반조명으로도 충분한 가시성을 확보할 수 있는데, 이러한 경우의 전시공간에서도 보통 휘도대비는 1:10을 넘어서는 안 된다.¹²⁾ 또한, 휘도대비는 시야의 상부보다 측면과 하부에 있는 경우 더 불편하게 느낀다. 그러므로 전시실의 바닥이나 벽체는 관람객의 시선이 집중되지 않아야 한다.¹³⁾

2.2. 전시공간의 조도 계획

미술관 전시공간에는 관람에 필요한 적정조도를 제공함과 동시에 전시물과 전시물 사이, 전시물과 배경, 전시실 전반, 전시실과 복도사이에 적절한 조도 분포를 유지해야 한다. 전반조명의 경우 실내 전반에 걸쳐 동등한 작업 공간을 갖기 위해서는 기준면에서 평균조도에 대한 최저조도비가 0.8보다 낮아서는 안 되며, 동일 공간에서는 전반영역의 평균조도가 작업영역 평균조도의 1/3보다 작아서는 안 된다. 또한 인접 실내 공간 사이의 평균조도는 1:5를 넘어서는 안 된다고 알려져 있다.¹⁴⁾ 다음 <표 1>에 북미조명학회(IESNA)의 작업의 내용과 작업 공간에 따른 권장 조도 값을 나타내었다.¹⁵⁾

11) 김홍범, 박물관 미술관의 건축계획과 조명, 조명전기설비학회, 1996
 12) John E Kaufman, IES Lighting Handbook(1987 Application Volum), pp.7-34
 13) 여인선, 미술관 박물관의 조명환경, 조명전기설비학회지, 1996
 14) 여인선, 미술관 박물관의 조명환경, 조명전기설비학회지, 1996

RADIANCE - based methods, Energy and Buildings, 2000

4) Edward Yan-Yung Ng, Advanced lighting simulation in architectural design in the tropics, Automation in Construction 10, 2001
 5) Fawaz Maamari 외, Experimental validation of simulation methods for bi-directional transmission properties at the daylighting performance level, Energy and Buildings 2006
 6) 김강수 외, 레디언스 프로그램을 이용한 창면 불쾌글레어 평가에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2005. 09
 7) 송규동 외, 레디언스 프로그램에 의한 다용도 멀티미디어실의 조명 설계 및 평가, 대한건축학회 논문집, 2004. 10
 8) Danny H. W. Li 외, An analysis of measured and simulated daylight illuminance and lighting savings in a daylighted corridor, Building and Environment, 2005
 9) 김한성, 디밍제어시스템을 적용한 사무공간에서 조명에너지 절감율 예측기법에 관한 연구, 고려대학교 박사논문, 2004. 2
 10) 김홍범, 박물관 미술관의 건축계획과 조명, 조명전기설비학회, 1996

또한, 전시환경요소 중 가장 중요한 항목이라 할 수 있는 조명은 관람객이 전시물을 인지하는데 알맞은 빛 환경과 빛에 의한 전시 작품의 손상이 없어야 한다. 빛에는 가시광선과 자외선, 적외선이 포함된다. 가시광선보다 파장대가 짧은 자외선은 전시물에 대하여 변색과 퇴색 등의 구조적인 손상을 일으키며, 파장대가 긴 적외선은 열화작용에 의한 작품의 건조로 인한 물리적인 손상을 일으킨다. 따라서 세계 선진 각국에서는 자외선에 의한 광화학적 손상을 기초로 하여 전시물을 빛에 매우 민감한 것, 비교적 민감한 것, 민감하지 않은 것의 세 종류로 구분하고 이들에 대한 조도 값을 규제하고 있다. 이와 같이 전시물의 손상을 고려한 세계 각국의 미술관 권장조도를 <표 2>에 나타내었다.

<표 1> 장소 및 작업의 종류에 따른 권장 조도

권장조도(Lux)	적용 장소 및 작업의 종류
20 -30 -50	주변이 어두운 공적 공간
50 -75 -100	잠시 머무는 순회공간
100 -150 -200	작업 목적으로는 연속 사용되지 않는 방
200 -300 -500	간단한 시각적 요건이 필요한 작업
500 -750 -1,000	중간의 시각적 요건이 필요한 작업
1,000 -1,500 -2,000	상당한 시각적 요건이 필요한 작업
2,000 -3,000 -5,000	힘든 시각적 요건이 필요한 작업

<표 2> 각국의 미술관 권장조도(단위: Lux 또는 Luxh)

구분	ICOM 1977	IESNA 미국 1993	CIBSE 영국	JIS 일본 1979	MMFA 캐나다 1991	KS 한국 1993
빛에 민감	50	54 또는 50년 간 적산 조도 54,000	50 또는 50년 간 적산 조도 150,000	75 ~ 300	75 또는 75년 간 적산 조도 12,000	150 ~ 300
비교적 민감	150 ~ 180	220 또는 200년 간 적산 조도 500,000	200 또는 200년 간 적산 조도 600,000	300 ~ 750	100 또는 100년 간 적산 조도 42,000	300 ~ 600
민감하지 않은 것	제한 없음	전시조건에 따름	순응과 온도 상승 고려 결정	750 ~ 1500	100 또는 100년 간 적산 조도 84,000	600 ~ 1500

3. 평가대상 전시공간의 주광 환경 디자인

3.1. 평가대상 공간의 특성 및 평가 프로세스

(1) 평가대상 공간의 특성

본 논문에서는 미술관 전시공간의 주요 디자인 요소로서 주광 이용이 적극적으로 적용된 서울시립미술관<그림 2>을 선정하여 전시공간의 주광환경을 평가하고 대안을 제시하였다.

서울시립미술관은 설계 작품 공모를 거쳐 2002년 5월 옛 대법원 건물의 파사드만 남기고 13,433㎡의 규모로 지하2층, 지상3층으로 신축하여 서울 도심 정동지역의 새로운 문화시설로서 중심 역할을 담당하게 되었다.¹⁵⁾



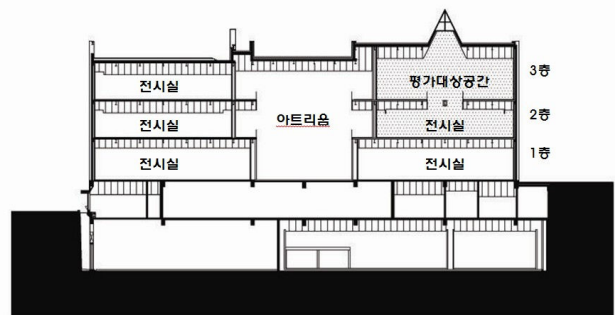
<그림 2> 서울시립미술관 전경

평가대상 전시공간은 서울시립미술관의 주요 전시실로서 회화 및 미술작품이 주로 전시되고 있다.

<그림 3>, <그림 4>에 나타난 것처럼 평가 공간은 지상 3층에 위치하며, 상부에 피라미드 형태의 천창이 설치되어 있고, 천창 하부의 전시공간이 2개 층 오픈되도록 설계되었다.



<그림 3> 평가 대상공간 평면도



<그림 4> 평가 대상공간 단면도

그러나 평가 대상공간은 내부 전시공간에 지나친 직사 일광의 유입으로 전시작품에 손상을 일으키고, 관람객의 시지각 작용에 장애를 일으키는 등 여러 문제점을 야기

15) John E. Kaufman, IES Lighting Handbook, Application Volumn, IESNA, 1987

16) <http://seoulmoa.seoul.go.kr/>

하여, 천창에 검정색 필름을 부착하여 직사광의 사입을 차단하려 하였으나 오히려 심하게 훼손되어 실내 미관을 해치고 있으며, 3층에서 2층으로 오픈된 공간도 폐쇄됨으로서 건축가의 의도된 디자인이 올바르게 기능하고 있지 못함을 알 수 있다. <그림 5>



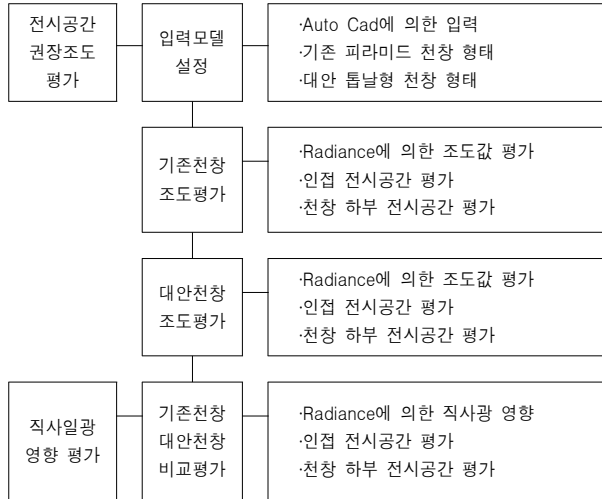
a. 천창 사진 b. 천창 하부 사진

<그림 5> 서울시립미술관 천창 현황

(2) 대상 공간의 평가 프로세스

앞 절에서 기술한 것처럼 주광 이용에 많은 문제점을 야기하고 있는 대상 전시공간의 평가 프로세스를 <그림 6>에 나타내었다.

평가항목으로는 천창을 통해 실내로 유입되는 주광에 의한 전시공간 권장 조도값과 직사광 제어 방법을 평가하였으며, 대상 전시공간에 적합한 천창의 디자인 대안을 제시 하였다.



<그림 6> 대상 전시공간의 주광환경 평가 프로세스

3.2. Radiance 프로그램의 평가모델 설정

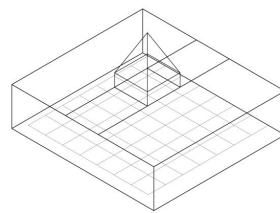
(1) 평가모델 입력

대상 전시공간의 실내 전시환경을 평가하기 위하여, 기존의 피라미드형 천창과 대안으로 제안한 톱날형 천창에 의한 주광 성능을 평가하였다.

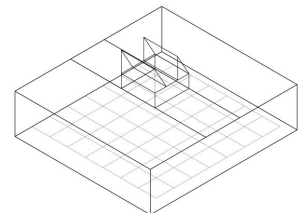
김창성(2006)의 연구(17)에 의하면 피라미드 천창과 같

은 수평형 천창은 천창 형태의 변화에 따라 직사광 투과성은 4% 이내의 투과 성능의 차이를 보여 형태에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 북향을 향하고 있는 톱날형 천창의 직사광 투과성은 수평형 천창에 비해 약 40배 정도 적게 직사광을 투과시키는 것으로 나타나 직사광 제어 효과가 매우 뛰어난 것으로 나타났다.

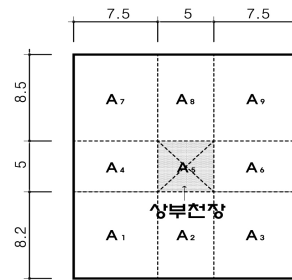
따라서 직사광 제어 성능이 뛰어난 톱날형 천창을 대안으로 설정하여 대상공간을 평가하였으며, 평가모델은 Auto Cad를 이용하여 실제 건물과 동일하게 입력되었다. <그림 7>, <그림 8> 또한, 입력된 대상 전시공간의 평면도는 <그림 9>에 나타내었고, <그림 10>에 Radiance 프로그램에 의한 시뮬레이션 측정점을 표시하였다.



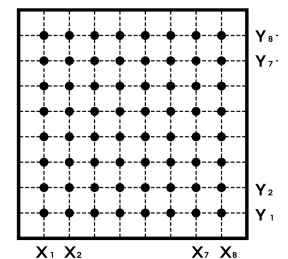
<그림 7> 기존 피라미드 천창 Radiance 입력모델



<그림 8> 대안 톱날형 천창 Radiance 입력모델



<그림 9> 평가대상 평면도: 단위 m



<그림 10> 평가대상 측정점

(2) 시뮬레이션을 위한 평가모델의 물리적 조건

건축물의 주광환경 평가를 위해 외부 천공 조건은 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 천공조건은 건물 내부에 빛을 사입하는 근원으로서 천공조건 정의는 필수적인 요인이다. 본 논문에 적용된 천공조건은 담천공(Overcast Sky) 조건과 직사광이 포함된 청천공 조건(Clear Sky with Sun)으로 정의하였다. 담천공 조건은 실내에 유입되는 주광의 최소 허용 조도 범위를 설정하기 위해 이용되며, 직사광 조건은 실제로 이용 가능한 주광 조도의 허용범위를 정의하고, 전시작품의 훼손 방지를 위해 필요하다. Radiance 시뮬레이션을 위하여 본

에서는 수직형 모니터 천창을 톱날형 천창으로 명기하였다. 또한, 수평형 천창은 대체적으로 하지 시에 약 70%의 직사광을 실내로 유입한 반면, 톱날형 천창은 1.8%의 직사광을 유입하였다. (김창성, 직사광을 고려한 천공 조건에서 상부채광 형태에 따른 박물관 전시공간의 자연채광 성능 평가, 대한건축학회 논문집 계획계, 2006. 4)

17) 상기 연구에 의하면, 유리면의 각도에 따라 톱날형 천창을 경사형 천창과 수직형 모니터 천창으로 분리하여 평가 하였으나, 본 논문

논문에서 적용된 외부 수평면 조도를 서울시 기상자료를¹⁸⁾ 이용하여 <표 3>에 나타내었다.

본 논문에서 적용된 외부 수평면 조도는 확산광 상태(Diffuse Sky)와 직사일광(Sunlight only)의 경우를 분리하여 산출하였으며, 태양고도에 따른 직사일광의 영향을 고려하여 하지(6월 21일), 추분(9월 21일), 동지(12월 21일)시의 정오를 기준으로 하였다.

<표 3> 외부 수평면 조도 (단위 : Lux)

		태양고도	확산광	직사일광	합계
담천공		-	14,648	-	14,648
직사일광 청천공	하지 정오	76.1	50,021	20,866	70,887
	추분 정오	53.8	24,937	19,587	44,524
	동지 정오	30.5	13,598	16,577	30,175

시뮬레이션을 위한 평가 대상공간의 물리적 특성은 실내 마감 재료에 의한 반사율과 광정 내부의 반사율 및 개구부의 유리 투과율로 분류할 수 있다. 대상공간의 평가를 위해 설정된 입력모델의 물리적 조건을 <표 4>에 나타내었다.

<표 4> 대상공간의 물리적 특성

실내 반사율	바닥	30%
	벽	50%
광정 반사율	천정	70%
	벽	70%
유리 투과율	천정	70%
	60%	

미술관 전시공간에서는 전시물의 훼손을 최소화하기 위해 자외선과 가시광선(370nm~700nm)의 푸른색 파장대인 400nm 이하의 파장대가 효과적으로 제어되어야 한다.¹⁹⁾ 일반적으로 사용되는 투명복층유리의 가시광선 투과율은 78%, 착색 복층유리는 블루색 51%, 그린색이 66%의 투과성을 갖으며, 자외선 투과율은 투명의 경우 36%, 블루 18%, 그린 20%의 자외선 투과율을 갖는다.²⁰⁾ 따라서 논문에서는 먼지 등에 의한 광 손실율(0.8로 설정)을 고려하여 유리투과율을 60%로 설정하였다.

3.3. 기존 피라미드 천창에 의해 사입되는 주광 조도 평가

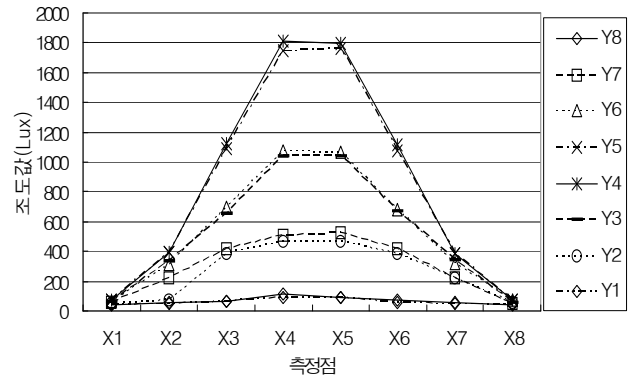
기존의 피라미드형 천창이 설치된 평가 대상 전시공간의 주광 성능을 평가하기 위하여 주광 환경 성능의 정량

18) 공기조화 냉동공학회, 건물의 공조부하 계산용 표준 전산프로그램 개발 및 기상자료 표준화 연구에 관한 최종 보고서, 통상산업부, 1999. 9, pp.167~169
 19) M. Navvab, Daylighting System Design and Evaluation of the Museum of Contemporary Art in Chicago, JOURNAL of Illuminating Engineering Society, Summer 1998
 20) 한국유리 기술 자료집, www.hanglas.co.kr

적 척도인 조도 값을 Radiance 프로그램을 이용하여 평가하였다.

(1) 담천공 조건에서의 조도 값 평가

담천공 조건에서 기존 피라미드 천창에 의해 사입되는 조도 값을 시뮬레이션 하여 <그림 11>에 나타내었다. 결과에 의하면, 담천공 조건에서는 X3~X6과 Y3~Y6의 측정점에 최대 1,800 Lux 정도의 과도한 주광이 사입되고 있음을 알 수 있다.

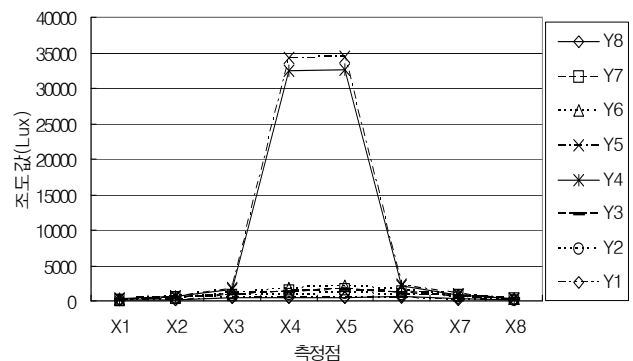


<그림 11> 담천공시 피라미드 천창에 의한 전시공간 조도

(2) 직사일광 조건에서의 조도 값 평가

기존 피라미드 천창을 통하여 사입되는 직사일광 영향을 평가하기 위해서, 일 년 사계절 중 직사일광의 영향이 가장 강할 것으로 예상되는 하지 시 정오의 시뮬레이션 조도 값을 <그림 12>에 나타내었다.

결과에 의하면 직사일광이 포함된 청천공 조건에서는 측정점 X4~X5, Y4~Y5의 천창 하부 측정점에서 최대 35,000 Lux 정도의 과도한 직사일광이 사입되어 미술관 전시공간에 적합하지 않은 조도 분포를 이루고 있음을 보여준다.



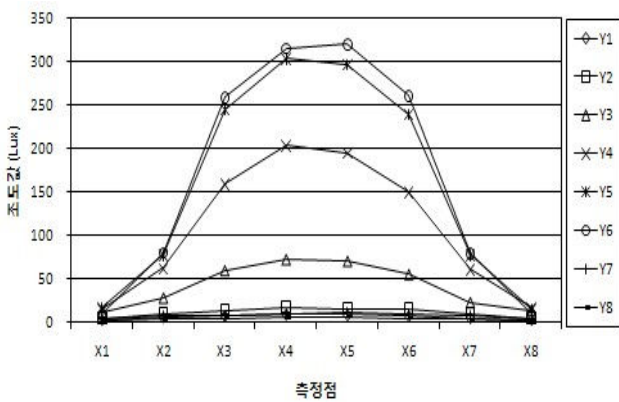
<그림 12> 직사일광 조건 시 피라미드 천창에 의한 전시공간 조도(하지 정오)

3.4. 대안 톱날형 천창에 의해 사입되는 주광조도 평가

일반적으로 톱날형 천창은 설치된 개구부의 향에 따라 실내로 유입되는 주광 성능이 크게 달라지며, 사입된 주광은 강한 방향성을 갖게 된다. 따라서 평가 대상공간에 유입되는 직사일광 영향을 최소화하기 위하여 개구부의 향은 북향으로 설정하여 대안 톱날형 천창을 평가하였다.

(1) 담천공 조건에서의 조도 값 평가

담천공 조건에서 대안 톱날형 천창에 의해 대상 전시공간에 사입되는 주광 조도 값을 <그림 13>에 나타내었다. 시뮬레이션 결과에 의하면 X3~X6과 Y3~Y6의 측정점에서 최대 250~320 Lux 정도의 주광이 사입되어 안정된 주광분포를 이루고 있음을 알 수 있다.



<그림 13> 담천공 조건시 톱날 천창에 의한 전시공간 조도

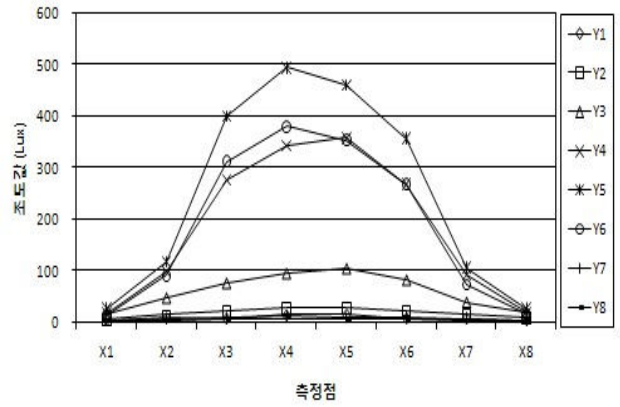
(2) 직사일광 조건에서의 조도 값 평가

대안 톱날형 천창을 통하여 사입되는 직사일광 영향을 평가하기 위해서 하지, 추분, 동지 시의 정오를 기준으로 하여 직사일광에 의한 조도 값을 시뮬레이션 하였다. 일반적으로 담천공 조건과는 달리 직사일광에 의해 유입되는 주광 조도는 태양고도에 의해 많은 영향을 받는다. 따라서 대안 설정을 위한 결과 값을 얻기 위해 일반적으로 하지, 추분, 동지 시의 조도 값이 필요하다.

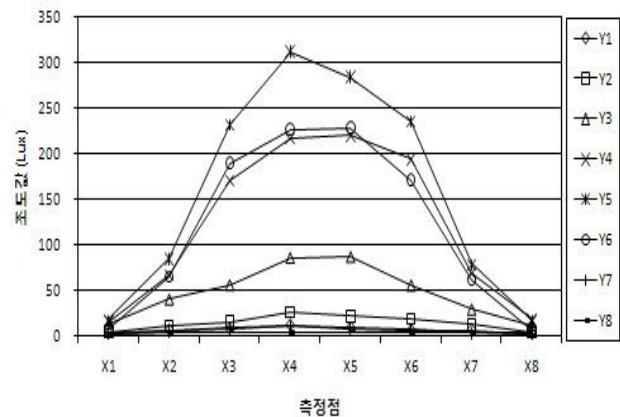
하지 시 톱날형 천창을 통하여 사입되는 조도 값을 <그림 14>에 나타내었다. 시뮬레이션 결과에 의하면 측정점 X3~X6, Y4~Y6의 측정점에서 최대 280~500 Lux 정도의 안정된 조도분포를 보여주고 있음을 알 수 있다.

추분 시 톱날형 천창을 통하여 사입되는 조도 값을 <그림 15>에 나타내었다. 시뮬레이션 결과에 의하면 측정점 X3~X6, Y4~Y6의 측정점에서 최대 170~310 Lux 정도의 조도가 유입되고 있음을 알 수 있다.

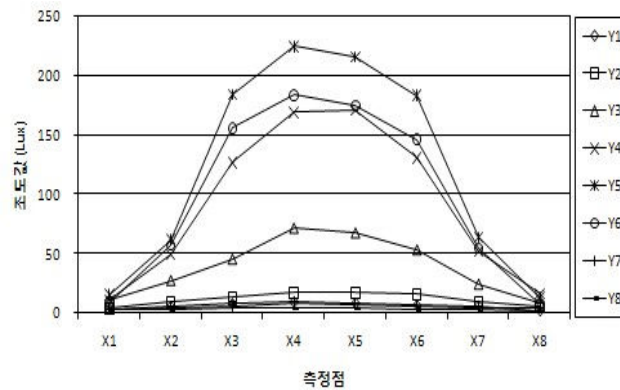
동지 시 톱날형 천창을 통하여 사입되는 조도 값을 <그림 16>에 나타내었다. 시뮬레이션 결과에 의하면 측정점 X3~X6, Y4~Y6의 측정점에서 최대 130~230 Lux 정도의 조도가 유입되고 있음을 알 수 있다.



<그림 14> 하지 시 직사일광에 의한 전시공간 조도(정오)



<그림 15> 추분 시 직사일광에 의한 전시공간 조도(정오)



<그림 16> 동지 시 직사일광에 의한 전시공간 조도(정오)

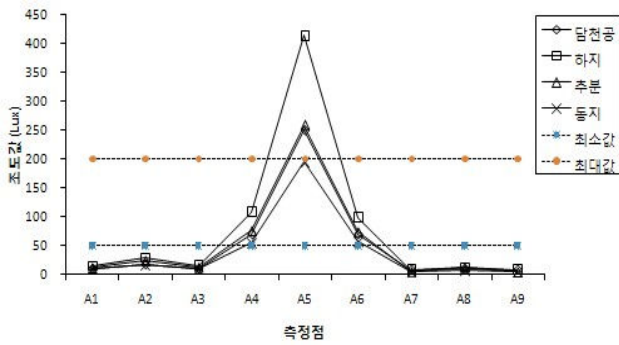
3.5. 평가 종합

(1) 전시공간의 권장조도 평가

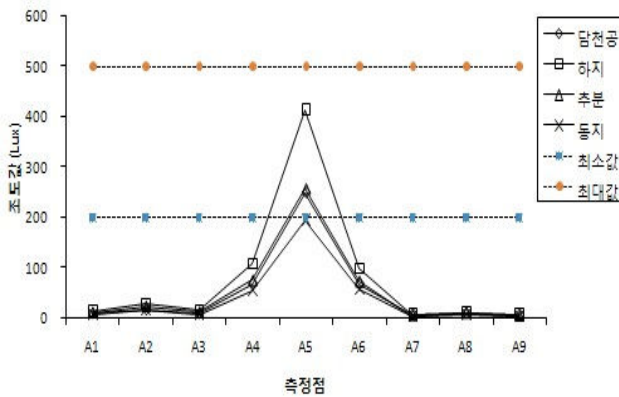
평가 대상 전시공간에 유입되는 주광의 영향을 올바르게 평가하기 위해서는 <그림 9>에 나타난 것처럼 천창 하부 전시공간(A5)과 천창 인접 전시공간(A1~A9)을 분리하여 평가하는 것이 바람직하다.

따라서 앞 장에서 설명한 <표 1>, <표 2>의 권장조도를 참조하여 천창 인접 전시공간에는 50~200 Lux, 천

창 하부 전시공간에는 200-500 Lux를 권장조도로 설정하여 각 전시공간의 주광환경 성능을 평가하여 <그림 17>, <그림 18>에 나타내었다.



<그림 17> 천창 인접 전시공간 권장조도 평가



<그림 18> 천창 하부 전시공간 권장조도 평가

<그림 17>에 의하면, 천창 인접 전시공간에 유입되는 주광 조도는 최소 권장기준에 약 20~40 Lux 정도 부족할 수 있다. 이같이 최소 권장기준에 부족한 조도량은 전시작품의 종류에 따라 작품의 훼손에 영향을 주지 않는 인공조명을 병행 이용함으로써 필요조도를 확보할 수 있다.

또한, <그림 18>에 의하면, 천창 하부 전시공간에 유입되는 주광 조도는 최대 권장조도 기준 범위인 500 Lux 안에 들어오게 되어 안정된 전시환경 조건을 확보하고 있음을 알 수 있다.

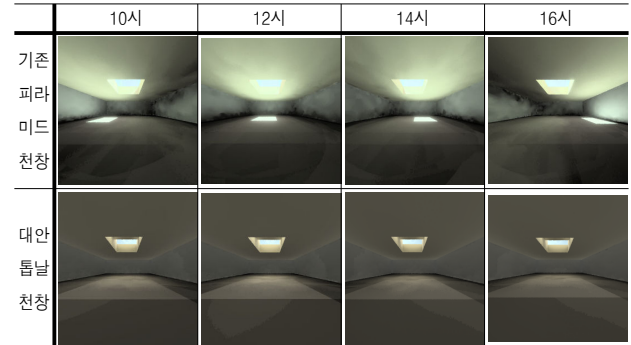
(2) 전시공간의 직사일광 영향 평가

전시공간에 유입되는 직사일광의 영향을 평가하기 위하여 직사일광의 영향이 가장 큰 하지 시의 10시, 12시, 14시, 16시 경우의 시각별 직사일광 유입 정도를 시물레이션하여 <표 5>에 그림으로 나타내었다.

시물레이션 결과에 의하면, 기존 피라미드 천창은 하지 시의 전 시각에 걸쳐 직사일광이 과도하게 유입되어 전시 작품을 훼손할 수 있으며, 관람자에게 심한 현휘를 야기하여 전시 목적에 맞는 시 환경을 유지하기 어려움을 알 수 있다. 그러나, 안 톱날형 천창은 전시공간

에 유입되는 직사일광을 효율적으로 차단하여 균일한 주광조도를 제공하고 쾌적한 시환경을 제공할 수 있음을 보여준다.

<표 5> 기존 천창과 대안 천창의 시각별 직사일광 영향(하지)



4. 결론

본 논문에서는 자연광을 사입하는 일차적인 경로인 천창의 디자인에 따라 미술관 전시공간에 유입되는 주광의 영향을 평가함으로써 쾌적한 시환경을 제공할 수 있는 주광환경 디자인 방법을 제시하고자 하였다. 이를 위해서 실제 미술관 전시공간을 선정하여 주광의 영향을 평가하고 디자인 대안을 제시하였다. 본 논문의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 건축물의 주광환경 평가를 위해 외부 천공 조건은 가장 중요한 고려 요소 중 하나이다. 답천공 조건에서는 실내에 유입되는 주광의 최소 허용 조도 범위를 설정하기 위해 평가되고, 직사일광 조건에서는 실제로 이용가능한 주광의 허용범위를 정의하고 전시물의 훼손을 방지하기 위하여 평가가 이루어진다.

(2) 전시환경요소 중 가장 중요한 항목이라 할 수 있는 조명은 관람객이 전시물을 인지하는데 가장 알맞은 빛 환경과 빛에 의한 전시 작품의 손상이 없어야 한다.

빛에는 가시광선과 자외선, 적외선이 포함된다. 파장대가 짧은 자외선은 전시물에 대하여 변색과 퇴색 등의 구조적인 손상을 일으키며, 파장대가 긴 적외선은 열화작용에 의한 작품의 건조로 인한 물리적인 손상을 일으킨다. 따라서 이와 같이 전시물의 손상을 방지하고 관람자에 쾌적한 시환경의 제공이 필요하다.

(3) 평가 대상공간의 주광환경 평가에 의하면, 기존 피라미드 천창에 의해 사입되는 주광 조도는 답천공 조건에서 최대 1,800 Lux, 직사일광 조건에서는 최대 35,000 Lux 정도의 과도한 주광 조도가 사입되어 전시 작품을 훼손할 수 있으며, 관람자에게 심한 현휘를 야기하여 미술관 전시공간에 적합한 시환경을 유지하기 어려움을 알 수 있다.

(4) 대안 톱날형 천창에 의해 사입되는 주광 조도는 담천공 조건시 최대 250~320 Lux 정도의 주광이 사입되고 있으며, 직사일광 조건에서는 하지 시 최대 280~500 Lux, 추분 시 170~310 Lux, 동지 시 130~230 Lux 정도의 조도가 유입되어 안정된 전시환경을 제공하고 있으며 실내로 유입된 직사일광을 효율적으로 제어하고 있음을 보여주었다.

(5) 천창을 통해 전시공간에 유입되는 주광의 영향을 평가하기 위해서는 천창에 의해 직접적으로 영향을 받는 천창 하부 전시공간과 천창 인접 전시공간의 영역을 분리하여 평가하는 것이 바람직하다. 따라서 전시공간 권장조도를 50-200-500 Lux로 설정하여 각각의 전시공간에 대하여 평가하였다.

(6) 주광에 의한 전시공간 권장조도 평가 결과에 의하면, 천창 인접 전시공간에 유입되는 주광 조도량은 최소 권장기준 50 Lux에 약 20~40 Lux 정도 부족함을 알 수 있었으며, 천창 하부 전시공간에 유입되는 주광 조도량은 최대 권장기준 500 Lux를 만족시키고 있었다.

따라서 인접 전시공간에 부족한 조도량은 전시작품의 종류에 따라 작품의 훼손에 영향을 미치지 않는 국부 인공조명을 병행 이용함으로써 권장조도를 확보하고 쾌적한 전시환경을 제공할 수 있다고 판단된다.

(7) 이상에서와 같이 기존 미술관 전시공간의 주광 이용성을 평가하고 디자인 대안을 제시함으로써 건축 초기 설계 단계에서 이용할 수 있는 주광환경 디자인 방법을 제시하고자 하였다.

13. Edward Yan-Yung Ng, Advanced lighting simulation in architectural design in the tropics, Automation in Construction 10, 2001
14. Fawaz Maamari 외, Experimental validation of simulation methods for bi-directional transmission properties at the daylighting performance level, Energy and Buildings 2006
15. M. Navvab, Daylighting System Design and Evaluation of the Museum of Contemporary Art in Chicago, JOURNAL of Illuminating Engineering Society, Summer 1998
16. John E Kaufman, IES Lighting Handbook(1987 Application Volumn)
17. John E. Kaufman, IES Lighting Handbook, Application Volumn, IESNA, 1987

[논문접수 : 2009. 10. 26]

[1차 심사 : 2009. 11. 20]

[게재확정 : 2009. 12. 10]

참고문헌

1. 김창성 외, 자연광을 이용한 미술관 전시공간의 공간적 특성에 관한 연구, 한국문화공간건축학회논문집, 2009. 09
2. 김창성 외, 직사일광을 고려한 전천공 조건에서 상부채광 형태에 따른 박물관 전시공간의 자연채광 성능 평가, 대한건축학회 논문집 계획계, 2006. 4
3. 김강수 외, 레디언스 프로그램을 이용한 창면 불쾌글레어 평가에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2005. 09
4. 김한성, 디밍제어시스템을 적용한 사무공간에서 조명에너지 절감율 예측기법에 관한 연구, 고려대학교 박사논문, 2004. 2
5. 김홍범, 박물관 미술관의 건축계획과 조명, 조명전기설비학회, 1996
6. 송규동 외, 레디언스 프로그램에 의한 다용도 멀티미디어실의 조명설계 및 평가, 대한건축학회 논문집, 2004. 10
7. 여인선, 미술관 박물관의 조명환경, 조명전기설비학회지, 1996
8. 공기조화 냉동공학회, 건물의 공조부하 계산용 표준 전산프로그램 개발 및 기상자료 표준화 연구에 관한 최종 보고서, 통상산업부, 1999. 9
9. 한국유리 기술 자료집, www.hanglas.co.kr
10. http://seoulmoa.seoul.go.kr/
11. Christoph F. Reinhart 외, The simulation of annual daylight illuminance distributions - a state of the art comparison of six RADIANCE - based methods, Energy and Buildings, 2000
12. Danny H. W. Li 외, An analysis of measured and simulated daylight illuminance and lighting savings in a daylight corridor, Building and Environment, 2005