

미디어파사드 상영 시 경천사지 십층석탑에 미치는 영향 조사 연구

A Study on the Impact of
Media Façade Performances on
the 10-story Gyeongcheonsa
Pagoda

이홍식¹, 유재형¹, 이권준¹, 양석진^{2*}
한국조명ICT연구원¹,
국립중앙박물관 보존과학부²

Hong Shik Lee¹, Jae Hyoung Ryu¹,
Kwon Joon Lee¹, Seok Jin Yang^{2*}
Korea Institute of Lighting & ICT¹,
Department of Conservation Science,
National Museum of Korea²

* Corresponding Author :
Seok Jin Yang

Tel : 82-2-2077-9427
E-mail : jaco4202@korea.kr

요약

본 연구는 문화재를 대상으로 관람객에게 보다 관심을 유도할 수 있는 증강현실(AR)이나 미디어파사드 공연 시 문화재에 조사되는 광학 에너지에 의해 문화재에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위한 연구를 실시하였다. 문화재는 경천사지 십층석탑을 대상으로 하였으며 평상 시 조사되는 광에너지를 기준으로 미디어파사드 공연 시 조사되는 광에너지의 값을 가지고 그 영향성을 판단하였다. 비교를 위해서 경천사지 십층석탑에 조사되는 광원 별 조도(lx)값을 측정하였고 이 값을 활용하여 적산조도값(lx·h)을 통해 그 영향성을 비교하였다. 그 결과 태양광과 인공광원이 동시에 존재하는 경우 경천사지 십층석탑이 받는 시간 당 적산조도는 786.4 lx·h이며, 1회 상영 시 미디어파사드에 의해서는 13.2 lx·h의 에너지가 입사됨을 확인하였다. 이 결과는 한 시간 기준으로 미디어파사드 공연 시(주 2회 기준) 경천사지 십층석탑이 받는 광 에너지보다 태양광과 인공광원에 의한 광에너지가 약 29.8배 높음이 확인되었고 이에 미디어파사드 공연에 의한 경천사지 십층석탑이 광 에너지에 의한 손상은 미미한 수준일 것이라는 결론을 얻었다.

주제어 : 경천사지 십층석탑, 미디어파사드, 조도, 복사선속, 적산조도

Abstract

This study aims to identify the impact of optical energy on cultural properties when the light energy irradiates cultural assets during augmented reality (AR) or media façade performances as activities designed to garner public interest. The 10-story Gyeongcheonsa Pagoda was used for this study, and the impact was evaluated by comparing the optical energy irradiated during a media façade performance with the energy irradiated under normal conditions. For comparison, this study measured the illuminance in lux for each light source that irradiated the ten-story stone pagoda and used the data to calculate illuminance in lux-hours. The results showed that the pagoda receives 786.4 lux per hour when both sunlight and artificial light are present, while 13.2 lux of energy is irradiated by the media façade for each performance. The result indicates that the pagoda receives about 29.8 times more optical energy from sunlight and artificial light sources than during media façade performances on an hourly basis, when the performance is carried out twice a week. This study therefore concludes that the optical energy of media façade performances inflicted trivial damage to the ten-story stone pagoda.

Keywords: Ten-story Gyeongcheonsa Pagoda, Media façade, Illuminance, Radiant flux, Cumulative illuminance

투고일: 2022.09.30. 심사(수정)일: 2022.10.19. 게재확정일: 2022.10.27.

1. 서론

최근 들어 관람객 대상으로 문화재 전시의 효과성 제고와 차별화된 볼거리를 제공하기 위하여 문화재를 대상으로 빛을 이용한 다양한 콘텐츠를 활용하여 전시 및 관람 효과를 극대화하는 방법을 채택해 운영하는 사례들이 증가하고 있다. 하지만 문화재의 경우 다양한 재질로 구성되어 있으며 이 중 광에너지에 취약한 재질로 구성된 문화재도 상당수 존재하고 있고, 빛이 집중 조사되는 경우 이런 취약성에 의해 문화재가 손상될 수 있는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 빛을 활용하여 문화재 전시의 효과성을 제고하기 위해 주로 사용되는 LED나 미디어파사드 공연에 필요한 프로젝터, 자연채광 같은 방법을 채택해 사용되고 있으나 빛을 받는 대상 문화재에 안전한 것인지에 대한 연구는 유물의 재질이나 단순 전시를 위해 필요한 조명에 국한되어 있다.

빛에 의한 문화재의 손상 방지를 위해 문화재에 입사되는 빛의 에너지를 측정하고 이 빛의 에너지가 문화재에 얼마나 영향을 주는지 조사할 필요가 있다.

본 연구에서는 국립중앙박물관에 복원되어 전시중인 경천사지 십층석탑을 대상으로 실시하는 미디어파사드 공연에 의한 광에너지의 입사량과 평상시 입사되는 자연채광과 일반조명에 의한 광에너지 입사량을 비교하여 미디어파사드 공연에 의한 광에너지에 따른 손상의 가능성을 알아보려고 한다.

2. 연구 방법

2.1. 대상 및 측정항목

본 연구는 복원된 경천사지 십층석탑에 활용할 미디어파사드 공연으로 빛에 의한 문화재 손상의 가능성을 확인해 보고자 경천사지 십층석탑을 대상으로 선정하였다. 경천사지 십층석탑은 1384년(충목왕 4년) 경기도 개풍군(풍덕군) 광덕면 중연리 부소산 경천사에 세워진 고려시대 이형석탑이다. 국내에서는 드물게 대리석으로 제작된 석탑이며 명문을 통해 명확한 건립 시기와 발원자, 석탑이 제작되었을 시기 원(元)나라와의 밀접한 관계 등 당시의 사회상을 엿볼 수 있다. 경천사지 십층석탑의 구성형식과 화려한 부조 및 목조건축 요소의 표현 등은 미술사, 불교사, 건축사 연구에 있어서 매우 중요한 역할을 한다. 이러한 석탑은 1900년대 초 일본으로 불법 반출되었다가 다시 반환되는 과정에서 해체와 운반의 반복으로 훼손이 발생하였다. 이에 대한 보존·복원처리는 국립문화재연구소에서 진행되었으며 10여년에 걸쳐 보존처리 및 복원을 마친 경천사지 십층석탑은 2005년 새로 건립된 국립중앙박물관으로 이관, 조립되어 현재 전시장 1층 ‘역사의 길’에 전시되고 있다^(도1).

경천사지 십층석탑은 아래쪽의 기단부터 탑신 10층까지 각 면에 여러 종류의 조각이 새겨져 있다. 미디어파사드 공연은 그 조각에 담긴 이야기를 매주 수요일과 토요일 각 1회 12분씩 상영하고 있다.



도 1. 경천사지 십층석탑 평상시 이미지(좌), 미디어파사드 공연 시 이미지(우)

경천사지 십층석탑에 조사되는 다양한 광원의 광 에너지를 확인하고, 그 광 에너지별 대상 문화재에 조사되는 에너지를 기준으로 해당 광원별 조사되는 광 에너지의 양으로 경천사지 십층석탑에 주는 영향성을 비교하며, 문화재의 손상에 중요한 요소 중 하나인 온도의 변화도 발생하는지 확인하기 위하여 미디어파사드 공연 시 온도 상승 여부를 확인하였다.

먼저 경천사지 십층석탑에 조사되는 여러 광원에 의한 광 에너지의 측정을 위해 태양광과 인공광원 및 미디어파사드 광원 각각의 조도 및 분광분포, 복사조도를 멀티분광복사조도계(sim-2 Plus, Metrue社, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 이런 환경에서 광 에너지에 의한 온도 변화가 있는지의 확인을 위해 비접촉 온도측정기(Fluke 560, Fluke社, USA)를 사용하였다. 이러한 광학적 특성과 온도 특성을 확인한 측정 위치는 미디어파사드가 상영되고 있는 경천사지 십층석탑의 서측과 남측, 북측 방향에서 진행하였다.

2.2. 평가

미디어파사드 상영 위치(서측, 남측, 북측)에서 태양광과 인공광원 및 미디어파사드 조도값을 측정하여 각 광원에 의한 광량에 대해 비교하여 분석하고 적산조도를 활용하여 미디어파사드 상영 시 경천사지 십층석탑에 미치는 영향성을 분석하였다. 분광분포 측정은 상대손상계수에 의해 580 nm 이하의 가시광 및 자외선이 변색, 퇴색에 작용함을 기반으로 580 nm 이하의 에너지를 합산하여 영향성을 분석하였다.

특히 태양광에너지와 미디어파사드의 전체 광원 에너지 중 380~580 nm의 에너지 값 비교를 통해 분석하여 미디어파사드 공연에 의한 광 에너지가 어느 정도의 손상 가능성을 나타내는지 파악하였다.

온도분포 확인은 주간 및 야간으로 나누어 태양광과 인공광원 및 미디어 파사드 상영 시의 경천사지 십층석탑의 온도 분포에 대한 영향성 여부를 판단하였다.

3. 연구 결과

3.1. 조도 측정

태양광과 인공광원, 미디어파사드에 의한 조도 측정결과는 표1과 같다. 태양광의 경우는 13시경에 측정한 값으로 각 방향에 따라 값의 차이가 존재하며 추후 적산조도의 평가를 위해 각 방향의 측정값을 평균하여 사용하며, 인공광원이 사용되는 18시경에 태양광과 인공광원이 합산된 조도값도 평균하여 사용하였고, 태양광이 사라진 20시경에는 인공광원만 존재하는 상태로 이때의 조도값의 평균값을 사용하였으며, 미디어파사드 상영 시에는 상영되는 영상이 다양한 색상을 포함하고 있으므로 적색, 녹색, 청색, 백색을 기준으로 측정하여 평균값을 사용한다.

태양광만 존재하고 있는 경우의 평균 조도값은 1,517.4 lx, 태양광 및 인공광원 하에서 평균 조도의 값은 약 786.4 lx, 인공광원만 존재하고 있는 경우의 평균 조도값은 87.6 lx, 미디어파사드 광원에 의한 평균 조도값은 적색 8.4 lx, 녹색 48.4 lx, 청색 4.1 lx, 백색 88.8 lx로 측정되었다.

조도 기준으로는 경천사지 십층석탑에 가장 많은 광 에너지를 입사시키는 광원은 태양광이며 광 에너지에 의해 문화재의 손상이 있다면 태양광에 의한 문화재의 손상이 가장 큰 기여를 하고 있음을 알 수 있다.

또한 인공광원의 조도 및 미디어파사드 백색 광원에 대비하여 태양광에 의한 조도가 약 17배 이상 높음을 확인하였고, 이는 미디어파사드 공연 시 발생하는 광 에너지에 의한 문화재 손상의 기여도는 태양광 대비 약 5.8% 수준으로 판단할 수 있다.

표 1. 조도 측정결과

광원	항목 방향	조도(lx)				평균
		동(E)	서(W)	남(S)	북(N)	
태양광(13시경)		751.9	2,487.1	1,860.5	969.9	1,517.4
태양광+인공광원(18시경)		668.7	883.4	1,043.1	550.2	786.4
인공광원(20시경 : 야간)		100.6	104.0	88.8	56.8	87.6
미 디 어 파 사 드	적 색	-	15.9	2.6	6.6	8.4
	녹 색	-	88.0	18.7	39.6	48.8
	청 색	-	7.3	1.7	3.2	4.1
	백 색	-	161.3	33.6	71.4	88.8

3.2. 적산조도

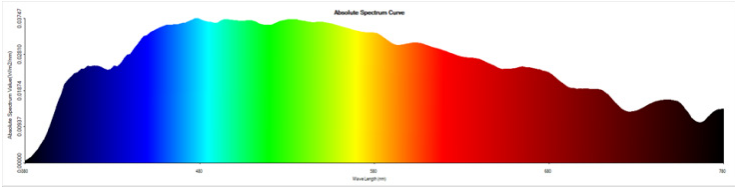
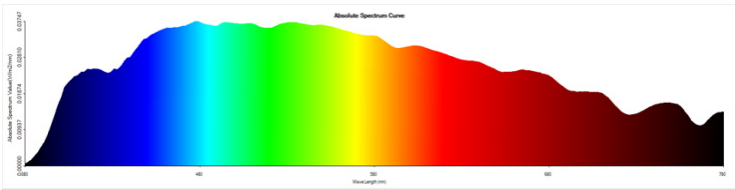
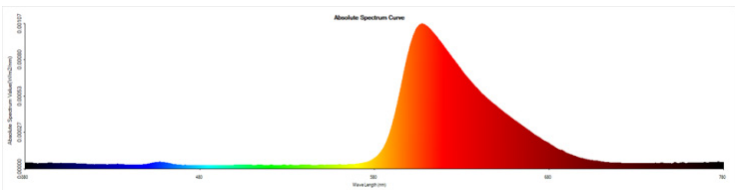
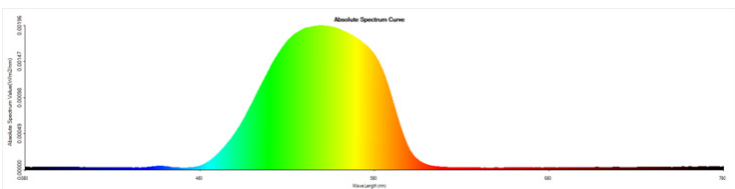
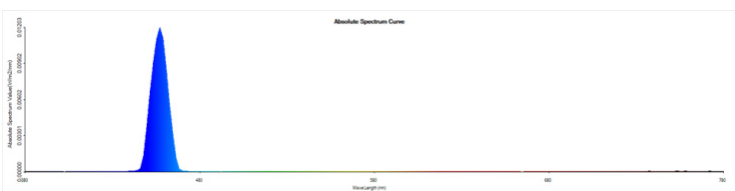
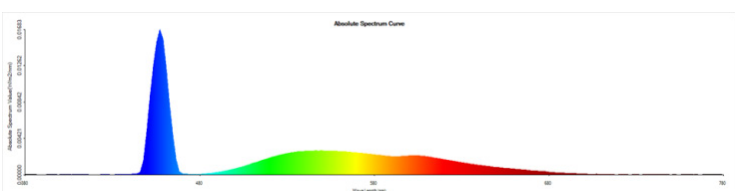
미디어파사드 상영 시 입사되는 에너지를 다양한 광원에 의한 조도값과의 정량 비교를 위하여 광원별 측정된 평균 조도값을 이용해 적산조도로 계산하였다. 적산조도의 경우 한 시간을 기준으로 계산하였으며 그 결과 태양광의 경우 13시 기준으로는 1,517.4 lx·h, 태양광과 인공광원이 존재하는 경우 18시 기준으로 786.4 lx·h, 인공광원만이 있는 경우는 20시 기준으로 87.6 lx·h, 미디어파사드 공연 시 가장 높은 조도값인 백색 기준과 공연시간이 12분으로 1회 당 13.2 lx·h 임을 확인하였다. 다만 미디어 파사드의 상영은 1주일에 2회 이루어지므로 이를 계산하면 약 26.4 lx·h의 적산조도가 계산된다.

그 결과 태양광과 인공광원이 존재하는 18시 기준은 태양광의 적산조도의 51.8% 수준이며 인공광원만 있는 20시 기준은 5.8%, 미디어파사드 공연 시는 0.9% 정도의 광 에너지가 경천사지 십층석탑으로 조사됨을 확인하였다.

3.3. 분광분포

경천사지 십층석탑의 서측을 기준으로 하는 각 광원조건별 분광분포를 표2에 나타내었다. 분광분포는 본 연구에서 측정된 광원의 발광 방식이 다르기 때문에 가시광 영역에서 각 광원별 파장의 분포형태를 확인하였다. 그 결과 태양광의 경우 전가시광 영역에서 평균적으로 고르게 분포되어 있었으며, 태양광과 인공광원의 경우도 태양광의 에너지가 높아 인공광원에 의한 분광분포는 태양광에 포함되어 태양광과 유사한 분광분포가 나타났고, 미디어파사드의 경우는 가장 높은 조도를 나타내는 백색의 경우 상대적으로 파란색 영역이 높게 나타남을 확인하였다.

표2. 광원조건별 광분포도

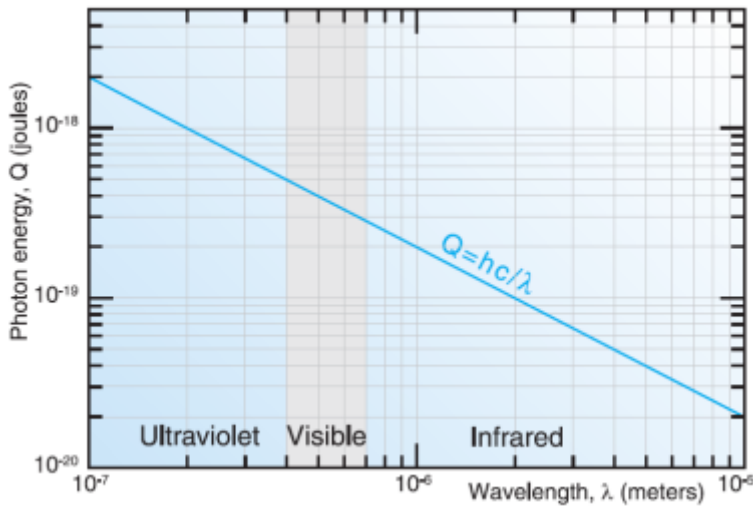
광원	광분포도	
태양광	 <p>Absolute Spectrum Curve showing a broad distribution of light intensity across the visible spectrum (400-700 nm).</p>	
태양광 + 인공광원	 <p>Absolute Spectrum Curve showing a broad distribution of light intensity across the visible spectrum (400-700 nm).</p>	
미디어파사드	적 색	 <p>Absolute Spectrum Curve showing a narrow peak of light intensity in the red region (600-700 nm).</p>
	녹 색	 <p>Absolute Spectrum Curve showing a narrow peak of light intensity in the green region (500-600 nm).</p>
	청 색	 <p>Absolute Spectrum Curve showing a narrow peak of light intensity in the blue region (400-500 nm).</p>
	백 색	 <p>Absolute Spectrum Curve showing a narrow peak of light intensity in the blue region (400-500 nm) and a broad distribution in the green to red regions (500-700 nm).</p>

3.4. 복사조도

빛의 경우 단위 면적당 입사되는 에너지 양으로 볼 때 조도(룩스(lx))와 복사조도(W/m^2)를 사용하며 문화재의 경우 빛을 에너지로 받아들이기 때문에 조도 외에도 복사조도를 측정하였다. 이때 광에너지의 단위인 W는 초당 1줄(joule)의 에너지 비율로 정의되며 광자의 수와 파장의 함수이다.

$$Q = hc/\lambda$$

위의 식으로 파장 당 광에너지를 기술할 수 있으며 Q는 광자에너지(joule)이고 h는 플랑크 상수($6.623 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)이며 c는 빛의 속도($2.998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)이고 λ 는 파장이다. 본 식을 활용하여 파장 당 광자에너지를 도식화 하면 아래의 그래프와 같이 나타 낼 수 있으며, 일반적으로 자외선(UV)은 파장이 짧아질수록 광자 당 훨씬 더 많은 에너지를 가지고 있다는 것을 확인할 수 있다^(도2).



도2. 파장 당 광자에너지

경천사지 십층석탑의 각 측정위치에서 측정된 가시광선 영역인 380~780 nm에 대한 복사조도 값을 측정 하였다. 특히 580 nm 이하의 단파장영역의 상기 식에 의하여 장파장 영역보다 대상물을 변형시킬 수 있는 높은 에너지를 갖고 있으므로, 380~580 nm의 파장영역을 구분하여 광원별, 광원색별 특성분석을 진행하였으며 결과는 다음의 표3에 나타내었다.

광원별로 볼 때 태양광의 복사조도값이 가장 높으며 두 번째로 태양광과 인공광원이 있는 경우이었고, 제일 낮은 복사조도를 갖는 경우는 미디어파사드에서 방출

되는 경우임을 알 수 있다. 특히 미디어파사드 광원의 경우는 파란색 영역의 복사조도값이 높게 나타나긴 하나 태양광이나 태양광과 인공광원이 존재는 경우보다는 낮음을 확인하였다.

표3. 380~780 nm 구간의 복사조도 측정결과

방향	분광 분포 @ 380~780 nm	분광 분포 @ 380~580 nm
서측		
남측		
북측		

표4와 표5에서는 표3의 측정결과를 통해 전체 측정데이터인 380~780 nm 영역의 총 에너지 값과 단파장 영역의 에너지에 의한 380~580 nm 영역의 총 에너지 값

을 산출하였다. 전체 영역의 에너지값은 태양광과 인공조명의 경우 2.941 W/m^2 이고, 미디어파사드 광원 중 가장 높은 백색의 경우 0.298 W/m^2 로 확인되었다. 세부적으로 에너지가 높다고 판단되는 380~580 nm에서는 태양광과 인공조명의 경우 1.718 W/m^2 이고, 미디어파사드 광원 중 가장 높은 백색의 경우 0.216 W/m^2 로 확인되었다.

측정된 전체 파장에서의 미디어파사드의 백색이 방출하는 광 에너지는 태양광과 인공조명에서 발생하는 에너지의 약 10.1%이며 380~580 nm의 영역에서는 약 12.6%이며 이는 미디어파사드의 광원에서 에너지가 상대적으로 높은 청색의 존재로 그 비중이 2.5% 상승함을 확인하였다.

이는 태양광과 인공광원의 복사조도 값이 미디어파사드 상영 시의 백색 복사조도 값 보다 약 9.9배 높은 에너지를 나타내는 것을 확인하였고, 380~580 nm 구간에서도 약 8배 높은 에너지를 나타냄을 확인하였다. 특히 미디어파사드의 경우 한 시간을 기준으로 하면 12분간 상영한다면 태양광 및 인공광원의 복사조도가 5배 (60분/12분) 더 높아지므로 적산조도의 측정 결과값과 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다.

표4. 복사조도 : $\text{W/m}^2 @ 380\sim780\text{nm}$

항목 광원		위치	복사조도(W/m^2) @ 380~780nm			
			서쪽	남쪽	북쪽	평균
태양광 및 인공광원			3.718	2.786	2.319	2.941
미디어파사드	적 색		0.070	0.015	0.032	0.039
	녹 색		0.163	0.040	0.076	0.093
	청 색		0.153	0.025	0.055	0.078
	백 색		0.535	0.118	0.241	0.298

표5. 복사조도 : $\text{W/m}^2 @ 380\sim580 \text{ nm}$ 합산 값

항목 광원		위치	복사조도(W/m^2) @ 380~580 nm			
			서쪽	남쪽	북쪽	평균
태양광 및 인공광원			2.184	1.624	1.346	1.718
미디어파사드	적 색		0.007	0.004	0.006	0.006
	녹 색		0.136	0.031	0.062	0.076
	청 색		0.146	0.021	0.049	0.072
	백 색		0.387	0.087	0.175	0.216

3.5. 적외선 열화상

경천사지 십층석탑의 각 측정위치에서 각 광원이 조사되는 시점에 광원에 의해 온도의 상승이 있는지 확인하기 위하여 주변 온도를 측정하였고 측정된 온도의 결과들은 다음의 표6에 나타내었다. 측정 결과 각 광원에 의해 온도의 범위를 보면 태양광의 경우 23.7 ℃~25.1 ℃의 분포로 측정되었고, 태양광 및 인공광원의 경우 23.1 ℃~24.9 ℃, 미디어파사드 광원의 경우 23.3 ℃~26.1 ℃로 광원에 의해 경천사지 십층석탑 주변의 온도가 최대 1 ℃로 차이가 있긴 하나 손상에는 영향을 줄 수 있는 수준이 아닌 것으로 판단된다. 전시되어 있는 박물관 내부의 관리 온도 범위 (20 ℃ ± 4 ℃)에 각 광원별 구동 시 광원의 광에 의한 복사열로 인한 표면의 온도 상승은 영향이 없을 것으로 측정 결과를 통해 확인할 수 있다.

표6. 적외선 열화상 측정 데이터 (측정일자 : 2021년 9월 27일)

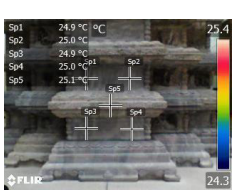
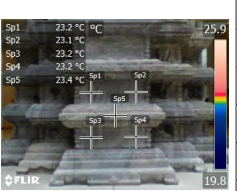
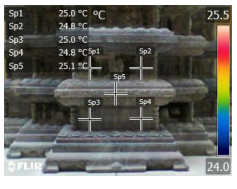
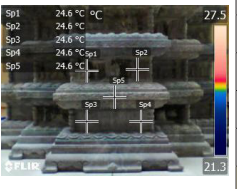

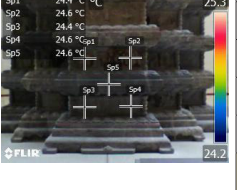
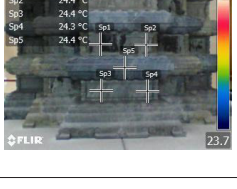
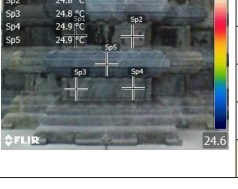
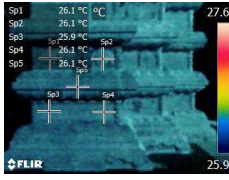
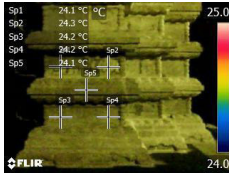
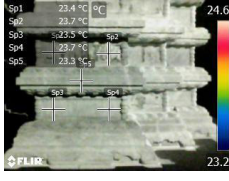
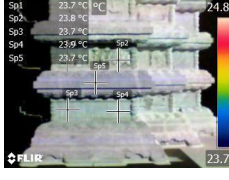
측정 위치	태양광(주간)	포인트별 표면온도 측정값	결과	태양광 + 상부 인공광원(주간)	포인트별 표면온도 측정값	결과	
서측		Sp1	24.9℃	특이 변화 없음		Sp1	23.2℃
		Sp2	25.0℃			Sp2	23.1℃
		Sp3	24.9℃			Sp3	23.2℃
		Sp4	25.0℃			Sp4	23.2℃
		Sp5	25.1℃			Sp5	23.4℃
		평균	24.98℃			평균	23.22℃
남측		Sp1	25.0℃	특이 변화 없음		Sp1	24.6℃
		Sp2	24.8℃			Sp2	24.6℃
		Sp3	25.0℃			Sp3	24.6℃
		Sp4	24.8℃			Sp4	24.6℃
		Sp5	25.1℃			Sp5	24.6℃
		평균	24.94℃			평균	24.60℃
북측		Sp1	23.9℃	특이 변화 없음		Sp1	24.4℃
		Sp2	24.1℃			Sp2	24.6℃
		Sp3	23.7℃			Sp3	24.4℃
		Sp4	23.9℃			Sp4	24.6℃
		Sp5	24.0℃			Sp5	24.6℃
		평균	23.92℃			평균	24.52℃
동측		Sp1	24.4℃	특이 변화 없음		Sp1	24.7℃
		Sp2	24.4℃			Sp2	24.8℃
		Sp3	24.4℃			Sp3	24.8℃
		Sp4	24.3℃			Sp4	24.9℃
		Sp5	24.4℃			Sp5	24.9℃
		평균	24.38℃			평균	24.82℃

표 7. 적외선 열화상 측정 데이터 (측정일자 : 2021년 9월 27일)

항목	미디어 파사드 상영 시 서측(야간)	포인트별 표면온도 측정값	결과	미디어 파사드 상영 시 남측(야간)	포인트별 표면온도 측정값	결과
Blue		Sp1	25.2°C		Sp1	25.1°C
		Sp2	25.3°C		Sp2	24.9°C
		Sp3	25.1°C		Sp3	25.1°C
		Sp4	25.2°C		Sp4	25.0°C
		Sp5	25.2°C		Sp5	25.0°C
		평균	25.20°C		평균	25.02°C
Red		Sp1	25.8°C		Sp1	24.5°C
		Sp2	25.6°C		Sp2	24.4°C
		Sp3	25.8°C		Sp3	24.4°C
		Sp4	25.7°C		Sp4	24.4°C
		Sp5	25.8°C		Sp5	24.3°C
		평균	25.74°C		평균	24.40°C
Green		Sp1	25.1°C		Sp1	24.2°C
		Sp2	25.2°C		Sp2	24.0°C
		Sp3	25.1°C		Sp3	24.2°C
		Sp4	25.2°C		Sp4	24.0°C
		Sp5	25.1°C		Sp5	24.2°C
		평균	25.14°C		평균	24.12°C
White		Sp1	24.6°C		Sp1	24.5°C
		Sp2	24.8°C		Sp2	24.2°C
		Sp3	24.7°C		Sp3	24.5°C
		Sp4	24.7°C		Sp4	24.2°C
		Sp5	24.7°C		Sp5	24.1°C
		평균	24.70°C		평균	24.30°C

표8. 적외선 열화상 측정 데이터 (측정일자 : 2021년 9월 27일)

항목	미디어 파사드 상영 시 복측(야간)	포인트별 표면온도 측정값	결과	
Blue		Sp1	26.1℃	특이 변화 없음
		Sp2	26.1℃	
		Sp3	25.9℃	
		Sp4	26.1℃	
		Sp5	26.1℃	
		평균	26.06℃	
Red		Sp1	24.1℃	특이 변화 없음
		Sp2	24.3℃	
		Sp3	24.2℃	
		Sp4	24.2℃	
		Sp5	24.1℃	
		평균	24.18℃	
Green		Sp1	23.4℃	특이 변화 없음
		Sp2	23.7℃	
		Sp3	23.5℃	
		Sp4	23.7℃	
		Sp5	23.3℃	
		평균	23.52℃	
White		Sp1	23.7℃	특이 변화 없음
		Sp2	23.8℃	
		Sp3	23.7℃	
		Sp4	23.9℃	
		Sp5	23.7℃	
		평균	23.76℃	

4. 고찰

다음은 본 연구의 결과를 통한 결론이며 향후 본 연구를 토대로 경천사지 십층석탑의 복원에 사용되는 재질의 영향성을 추가 연구할 자료로 활용할 예정이다.

첫 번째로 조도 측정의 결과에서 태양광의 경우 1,517.4 lx이며 태양광과 인공광원이 존재하는 경우에는 786.4 lx이고, 미디어파사드 광원의 경우는 가장 높은 경우가 88.8 lx로 측정되었다. 이는 경천사지 십층석탑이 상설 전시되고 있는 환경에서 미디어파사드 광원에 의한 광 에너지는 다른 광원에 비해 5.8~11.6% 수준으로 문화재 손상의 기여도가 다른 광원과 유사해지려면 8.9배~17배 수준의 조도를 조사해야 함을 알 수 있었다.

두 번째로 적산 조도는 미디어파사드 공연이 시간단위로 이루어지지 않기 때문에 다른 광원과의 누적 광량을 확인하고자 했으며 하루의 평균적 광 에너지라 볼 수 있는 태양광과 인공광원을 기준으로 한 시간 동안의 적산조도인 786.4 lx·h와 미디어파사드의 1주일 2회 공연의 적산조도인 26.4 lx·h를 보면 약 3.4%의 수준임을 알 수 있었고 이 또한 문화재 손상의 기여도는 태양광 및 인공광원이 주는 광 에너지보다 현저히 낮은 수준임을 알 수 있었다.

세 번째로 광원의 분광분포가 다양하기 때문에 파장을 중심으로 그 영향성의 차이가 적산조도와 분광조도와 얼마나 차이가 나는지 확인을 하였으며 적산조도의 비교인 태양광과 인공광원의 경우와 미디어파사드의 분광조도는 태양광과 인공광원의 약 10.1% 수준이었고, 380~580 nm의 구간에서는 12.6%의 수준으로 확인되어 이를 적산분광조도로 환산하면 적산조도와 큰 차이를 나타내지 않음을 알 수 있었다.

마지막으로 비접촉식 온도 측정에 있어서는 이런 광원들에 의해 국립중앙박물관에서 관리하고 있는 실내 온도 범위를 벗어나는 지 확인하기 위함이며, 관리 온도 범위를 벗어나지 않는다면 광원에 의한 복사열로 경천사지 십층석탑의 온도가 상승하지 않을 것으로 판단하였으며 측정결과 광원에 의한 복사열이 경천사지 십층석탑까지 영향을 주지 않음을 알 수 있었다.

5. 결론

국립중앙박물관에서 복원된 경천사지 십층석탑의 전시 효과를 제고하기 위해 공연하고 있는 미디어파사드가 경천사지 십층석탑에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구를 위해 필요한 광학적 특성 데이터와 온도의 변화를 확인하기 위한 온도 측정 및 누적되는 광 에너지의 양을 확인하기 위한 적산조도 방법을 통하여 비

교 및 분석을 실시하였고 이번 연구를 통해 미디어파사드 공연에 의한 광 에너지가 경천사지 십층석탑에 주는 영향이 작다는 것을 알 수 있었다. 또한 전시 효과의 제고를 위해 활용할 수 있는 미디어파사드 공연은 주위 환경에 따라 분석의 결과가 다를 수 있지만 현재 전시되고 있는 위치의 경천사지 십층석탑에는 태양광과 인공광원에 의한 광 에너지 영향성보다 작기에 그 활용 가치가 문화재 보존의 측면보다 높다는 것을 알 수 있었다.

이를 통해 미디어파사드 상영 시 광학적 특성에 의한 경천사지 십층석탑의 손상은 미미할 것임을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 국립문화재연구소, *경천사십층석탑*, p31, (2005).
2. 이가윤, 경천사지 십층석탑(敬天寺址 十層石塔)의 조성 배경과 건축 양식 재검토, *불교미술사학* **32**, p143-155, (2021).
3. 김홍범, 國立中央博物館 建立事務局, *An Approach to the Design of Museum Luminous Environment*, p139-154, (1995).
4. 이승은, 제이슨 길, 박물관 전시 조명 조사 연구, *박물관 보존과학* **19**, p83-98, (2018).
5. Ishii, Mie Moriyama, Takayoshi Toda, Masahiro Kohmoto, Kohtaro Saito, Masako, Color Degradation of Textiles with Natural Dyes and Blue Scale Standard Exposed to White LED Lamps, *Journal of the Illuminating Engineering Institute* **91(2)**, p78-86, (2007).
6. 이승은, 노현숙, 박물관 전시 공간 조명 환경 기준 연구(Ⅰ) - 색온도를 중심으로, *박물관 보존과학* **18**, p65-76, (2017).
7. 김홍범, 권세혁, 광학적 에너지에 의한 손상을 고려한 박물관 전시조명 설계기준 설정에 관한 연구, *조명전기설비학회지* **8(1)**, p29-36, (1994).
8. 김지원, 이유헌, 김규린, 이화수, 강대일, LED광원에 의한 회화 전색제의 변색 영향 연구, *Journal of Conservation Science* **34(2)**, p77-85, (2018).
9. Ishii, Mie Moriyama, Takayoshi Toda, Masahiro Kohmoto, Kohtaro Saito, Masako, Color degradation of textiles with natural dyes and blue scale standard exposed to white LED lamps, *Journal of the Illuminating Engineering Institute* **91(2)**, p78-86, (2007).