

# 장경각의 일조환경 평가에 관한 연구

A Study on the Daylighting Control Method in a Storage Room

이 수 민 ■ Lee, Soo-min

정회원, 경민대학교 건축인테리어과 교수

---

## Abstracts

To see sunlight condition around in storage room, this study analyzes the scope both of sunlight and of the shade of sun into upper and lower window according to seasons. For this, this study investigates sun's seasonal changes, its effect of sunlight and notes antinomic conditions for ventilation and draft performance. In this, Architects of Jangkyunggak tride to block discoloration and fading due to ultraviolet rays and visible rays and block deterioration drying of the surface of Kyung-Pan due to infrared rays by oppressing sunlight flowing by means of narrowing the area of the upper window at front face that has a direct influence of Pan-Ga to avoid the exposure to direct sunlight.

---

## Keywords

Jangkyunggak, Kyung-Pan, Daylighting Control

## 키워드

장경각, 경판, 일조환경

---

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근의 박물관·미술관 등의 수장고는 문화재나 유물의 보존상태를 좋게 유지하고자 기계·전기적인 첨단설비를 동원하는 등 다양한 방법으로 실내의 물리·화학적 환경을 조성하고 있지만, 대상 물품의 보존조건에 대한 충분한 검토 없는 환경조건설정은 무의미한 결과로 나타나기도 한다. 즉, 보존대상 수장품에 따라 다르기는 하지만 일반적으로 온도·습도·열·태양광선·대기중의 유해 가스 등으로 인한 화학반응에 의한 피해와 보존장소 주변의 습도 조건에 따라 수분함량의 변화로 인한 물리적 변화에 의한 피해, 그리고 곰·개미 등 곤충류의 충해 및 곰팡이·세균 등의 미생물에 의한 균해 등 생물에 의한 피해<sup>1)</sup>에 대한 정확한 환경조건설정이 필요한 것이다.

이러한 환경조건은 사람이 대상이 아니라 수장품의 장기 안정에 관계하므로 법적기준 제정까지는 시기상조라 하더라도 인공조명 및 공조설비 등의 운용으로 실내환경을 설정해야 하는 최근의 박물관이나 수장고의 입장을 감안한다면, 특히 보존대상 물품의 가치가 높으면 높을수록 이에 대한 연구가 시급하다 할 수 있다.

이 연구에서는 600여 년이 지난 지금도 수장품의 보존 상태가 좋은 해인사 장경각의 경우를 대상으로 실내 일조환경조절에 대한 환경친화적인 디자인 원리를 검증하여 수장고 환경기준설정의 기초자료 제시를 목적으로 하였다.

### 1.2 연구의 내용 및 방법

일반적인 건물의 일조<sup>2)</sup>계획은 겨울철 일조는 깊이 많이 확보하고 여름철 일조는 차폐하는 것이 바람직하지만 태양의 자외선·가시광선은 변색·퇴색의 원인이 되고, 적외선은 온도상승에 따르는 상대습도의 부분적 저하를 초래하여 경판 표면의 지나친 건조현상 발생으로 직접적인 손상원인이 되기 때문에 장경각의 경우는 경판의 건조열화 방지를 위해 일년 내내 판가쪽으로는 일조유입을 최대한 억제하는 것이 건물의 坐向이나 처마 처리, 그리고 입면 개구부 설계의 중요한 요소가 되었을 것으로 보여진다. 그러나 한편으로는 일조유입에 따른 열효과와 바닥면 온도상승

에서 생기는 공기의 밀도변화로 자연대류의 유도효과가 기대되므로 경판에 미치지 않는 일부 바닥면에는 어느 정도의 일조량이 허용되어지는 즉, 이율배반적인 조건을 조성해야 하는 어려움이 있었을 것으로 추측할 수 있다.

이점에 유의하면서 구면 3각방정식에 의한 수리적 계산과 태양행로도에 의한 도식적 작도 분석을 통해 먼저, 태양의 계절별 변화에 의한 상·하 개구부의 일영범위와 일조노출범위를 알아보았다. 그리고 일조노출범위를 세분하여 저마다의 시각과 고도, 방위각, 건물배치 평면 축과의 각을 알아보고 실내로의 일조사입도를 작성하여 판가의 경판과 실내 바닥면에 미치는 빛 환경 조절에 대한 디자인 원리를 알아보고자 하였다.

## 2. 태양의 계절별 변화와 빛 환경에 미치는 영향요소

태양의 하루 중 행로는 남북직선 축을 중심으로 동서가 대칭으로 나타나는데, 장경각(북위 35°47')에서의 경우 겨울 해는 정남으로부터 동남방으로 약 60°에서 떠서 남쪽하늘 낮게 올라 왔다가 서남방으로 약 60°로 지고, 봄·가을에는 동쪽에서 떠서 남쪽하늘을 거쳐 서쪽으로 지며, 여름에는 정남으로부터 동북방 120°에서 떠서 남쪽하늘 높이 돌아올라 왔다가 서북방 120°로 진다. 또한 겨울에는 낮 길이가 짧아지고(9시간 42분), 태양의 하루 중 가장 높은 남중고도도 낮아지며(31.03°), 봄·가을에는 밤낮의 길이가 비슷하고(12시간 08분), 태양의 남중고도도 겨울·여름의 중간고도(54.53°)가 되며, 여름에는 낮이 가장 길어지고(14시간 37분), 태양 남중고도(78.03°)도 가장 높다<sup>3)</sup>.

한편, 정확한 태양위치(방위각 및 고도)는 위도·계절·시간별로 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t \dots(1)^4$$

$$\therefore h = \sin^{-1}(\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t)$$

$$\sin a = \frac{\cos \delta \sin t}{\cos h}$$

$$\therefore a = \sin^{-1} \left( \frac{\cos \delta \sin t}{\cos h} \right)$$

1) 최광남 편저, 문화재의 과학적 보존(유물보존과 박물관 환경관리), 대원사, 1994.

2) 본 논문에서는 자외선과 적외선의 효과를 포괄 의미하여 일조라 하였다.

3) 이민섭, 주거환경계획에 관한 연구, 대한건축학회논문집 2권2호 통권4호, 1986.(pp.97~100 내용에서 장경각의 위도에 맞게 재구성)

단,  $h$ : 고도,  $\phi$ : 위도,  $\delta$ : 태양적위,  $t$ : 시각(정남기준)  
 $\alpha$ : 방위각

여기서 장경각에서의 태양의 남중고도가 계절별로 어떻게 변화하는지 살펴보면, [그림 1]에서처럼 계절 변화를 각도변화로 표시하고 남중고도의 변화를 동지와 하지로 잇는 수직 축에 평행시켜 고도의 수치범위를 원의 지름에 일치시키면 각 계절별 남중고도 변화가 원주상의 수직 수치에 맞아떨어지며, 결국 원적인 순환변화를 하고 있음을 알 수 있다.

또한 같은 방법으로 계절별 낮 길이의 변화도 역시 원적인 순환변화를 함을 알 수 있다.

환원하면 태양남중고도나 낮 길이의 계절별 변화는 동지 및 하지 가까이 에서는 서서히 조금씩 변하고 춘·추분 가까이 에서는 급히 변하고 있다.

이들 현상은 태양-지구의 특별한 운동관계에 의하여 태양적위가 역시 원적인 변화(펼치면 정현곡선)를 하기 때문인 것이다.

[그림 1]에서 1절기는 지구의 공전에 있어서 춘분점을 기준으로 15°씩 이동한 결과에 따르며, 이 그림에서도 15°간격이다. 절기사이의 시간차이는 타원궤도상에서의 공전속도 때문에 일정치는 않고 소한 무렵이 최소로 14일 17시간 18분, 소서 무렵이 최대로 15일 17시간 31분으로서 서서히 변하고 있는 것이다<sup>5)</sup>.

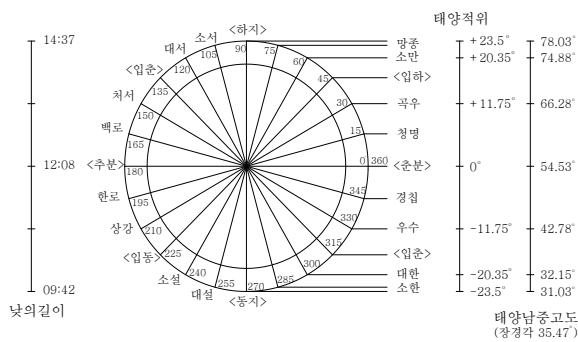


그림 1. 태양의 계절별 변화(장경각 북위 35.47°)

따라서 건물의 위치(북위 35°47')와 좌향(서남서향)을 알면 구면 삼각함수 방정식을 이용한 수리적 해법과, 태양행로도(Sun Pass Diagram), 그리고 일영곡선도(Gnomonic sun-pass diagram)를 이용하여 위에

4) 박윤성, 건축계획원론, 문운당, 1982, p.139.  
 5) 이민섭, 주거환경계획에 관한 연구, 대한건축학회논문집 2권2호 통권4호, 1986, (p.100 내용에서 장경각의 위도에 맞게 재구성).

서 살펴본 태양의 계절별 변화를 알 수 있어 일출·일몰시각, 또 시각별 태양의 방위각과 고도를 구할 수 있고, 이것으로 태양의 위치와 건물과의 관계를 알 수 있다<sup>6)</sup>.

즉, 장경각 실내로의 일조유입 정도를 알아보고자 하면, 태양의 방위각에 대해서는 건물의 좌향과 개구부 형태, 그리고 살창의 폭과 깊이가 밀접한 관계에 있고, 태양의 고도에 대해서는 주변의 지형·지세와 지붕 처마의 깊이, 그리고 개구부의 위치와 형태 등이 밀접한 관계에 있기 때문에 이에 대한 이해가 필요하다.

결국 개구부 살창의 구조와 지붕 처마의 구조, 그리고 주변지형에 따라 일조환경이 달라지는 것이다.

### 3. 수장고 주변의 일조환경

#### 3.1 개구부 창살에 의한 일조영향

개구부 세로창살은 상부 압축력에 대한 구조적 해결과 날짐승 등의 외부 침입 방지뿐만 아니라 태양의 위치에 따른 수평음영각(43°)을 만들어 태양광선을 차단하고 있음을 알 수 있다[그림 2].

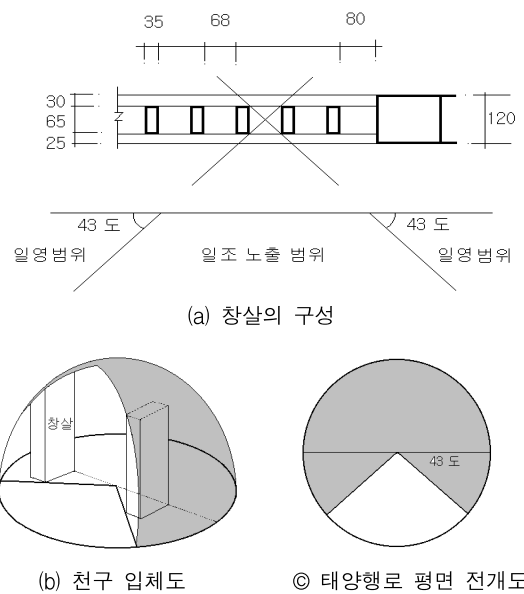


그림 2. 창살의 구조와 방위각에 의한 부채꼴 해 그림자(일영) 개념도

이러한 개념으로 태양행로 평면도에 장경각의 배치에 맞게 축 선을 나타내면 실내에서의 연간 방위각

6) 이민섭, 건축 및 디자인의 기초 『도학연구』, 기문당, 1999, pp.38~39.

변화에 대한 창살의 일영범위와 일조노출범위를 알 수 있는데, 건물의 좌향이 서남서향이어서 정오에도 일영범위에 해당하였고, 특히 태양고도가 낮아 지붕 처마에 의한 일조차폐가 이루어지지 않는 겨울철에는 주도적인 효과를 발휘하는 것으로 나타났다. 즉, 하지 때의 일영률(일영길이/낮길이 × 100%)은 21.6%, 춘·추분 때는 38.5%, 동지 때는 59.3%에 달하는 일종의 훌륭한 수직 루버의 역할을 하는 것을 알 수 있다[그림 3].

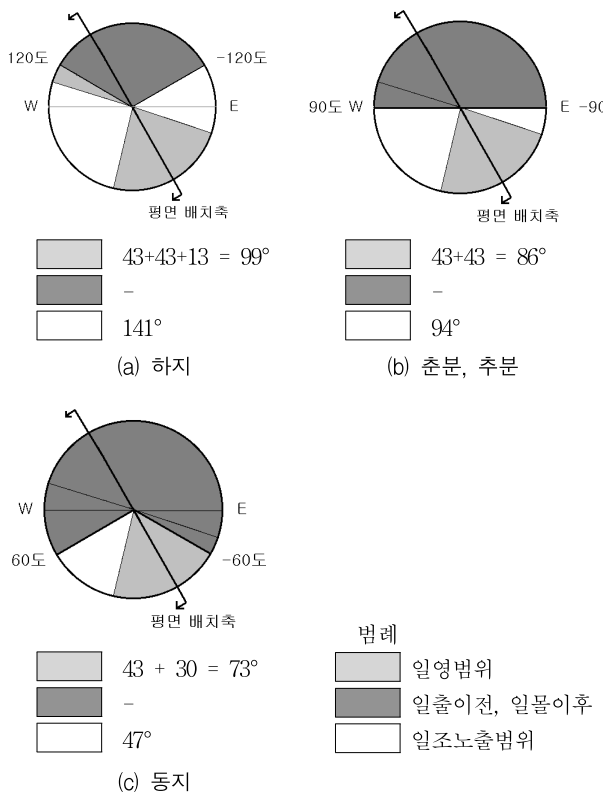


그림 3. 창살의 수평음영각에 따른 부채꼴 일영범위와 일조 노출범위

### 3.2 지붕 처마에 의한 일조영향

장경각은 건물의 추녀마루가 지붕 용마루에 모이게 한 우진각 지붕(모임지붕)의 형태인데, 이 지붕은 외관상 부드러운 감각을 주며 건물의 벽면처리에 알맞게 되는 것이 특색이라 한다<sup>7)</sup>. 환기와 일조 조절을 위해 처리된 일련의 벽체 구조와 잘 조화되어 있어 기능을 우선한 소박한 건물이란 느낌이 어울린다.

단면도상에 처마 끝과 태양을 위치가 다른 상·하

7) 이민섭, 한국고건축 지붕 형태에 관한 연구, 고려대학교 박사학위논문, 1980, p.17.

개구부까지 직선으로 연장하여 일조차폐와 노출의 고도범위를 알아보았다[그림 4]. 이것을 태양행로평면 전개도상에 동심원으로 표시된 고도에 맞추어 상·하창에 해당하는 활 모양의 일영범위를 표시하였다[그림 5]. 여기서 지붕 처마에 의한 일조차단은 태양고도에 따라 아래·위 창의 일영률이 다를 수 있는데, 고도가 낮은 동지 때는 일조차단 효과가 없지만 춘·추분 때는 위 창에 대해서만 48.2%이고 특히 일사량과 가조시수가 많은 하지 때는 위 창의 일영률은 57.1%, 아래 창은 27.4%의 일영률을 보이고 있다.

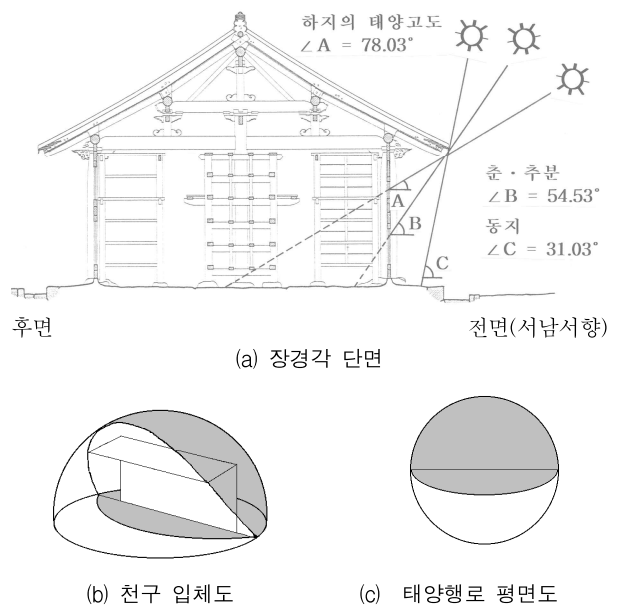
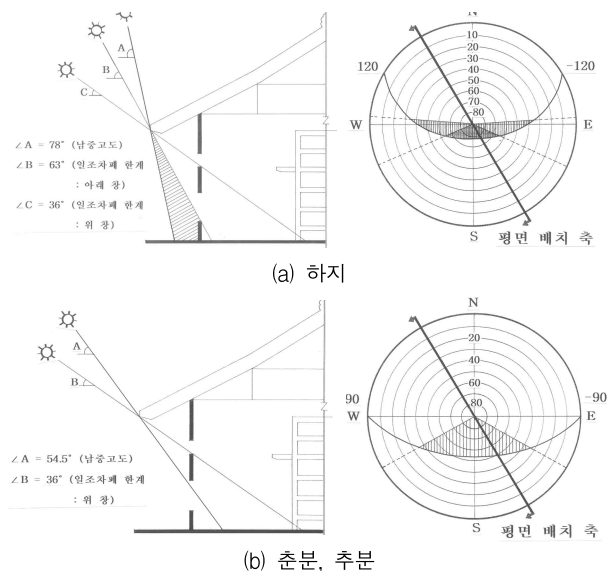


그림 4. 처마 구조와 태양고도에 의한 활 모양 해 그림자(日影)개념도



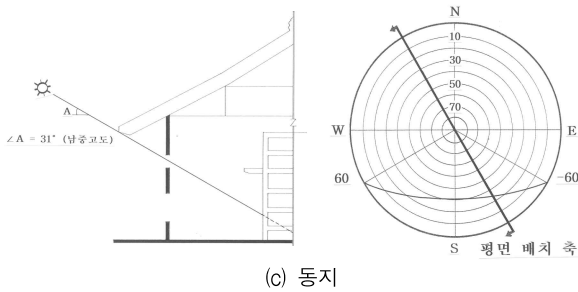
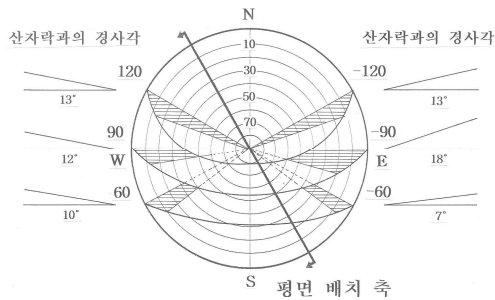


그림 5. 지붕 처마에 의한 활 모양 일영과 일조노출범위

### 3.3 주변 지형에 의한 일조영향

북반구 중위도 지역에 사는 우리처지에서 볼 때, 해가 주로 남쪽에 있으므로 남쪽 경사지는 햇볕을 많이 받고, 북쪽 경사지는 햇볕을 덜 받는다. 해가 높ی 뜨는 여름철에는 경사에 의한 일조량의 차이가 적어 그 영향이 덜하지만 해가 낮게 뜨는 겨울철에는 영향이 커서 특히 심각하다. 건물이 위치한 대지 자체의 경사에도 관계가 있어, 같은 면적의 지면(땅의 면적은 경사에 관계없이 그 수평투영면적으로 따진다)에서 그 지면의 경사방향이 남쪽이나 북쪽이나에 따라 햇볕을 받는데 큰 차이가 난다<sup>8)</sup>. 그러나 장경각의 대지 경사는 왼편이 4%에 가깝고 오른편이 0.67% 정도로 완만하게 조성되어 있어 이러한 영향은 없으나 해인사를 둘러싸고 있는 주변 산자락과의 경사각은 하지 때의 일출위치에서 13°, 일몰위치에서 13°, 춘·추분 때는 18°, 12°, 동지 때는 7°, 10°의 경사각을 이루고 있다.



하지 : 5시 08분~6시 15분 경, 18시 38분~19시 45분 경  
 춘·추분 : 6시 15분~7시 45분 경, 17시 20분~18시 23분 경  
 동지 : 7시 30분~8시 20분 경, 16시~17시 12분 경

그림 6. 주변 지형에 의한 일조영향

계절별 태양의 방위각에 따라 어느 정도 차이는 있겠지만 하지, 춘·추분, 동지 때의 고도에 의한 일조차폐범위를 나타내면 [그림 6]과 같다(하지 때 일영률

8) 이민섭, 도학연구(건축 및 디자인의 기초), 기문당, 1999, p.39.

은 16.8%, 춘·추분 때 21.1%, 동지 때 20.9%).

즉, 하지 때에는 오전·오후 합해서 2시간 14분 정도, 춘·추분 때에는 2시간 33분, 동지 때에는 2시간 2분 정도의 일영이 이루어짐을 알 수 있는데, 세로창살과 처마의 일조차단 효과와 비교한다면 그 정도는 떨어지지만 년 중 큰 변화 없이 항상 일정한 일조차폐효과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

### 3.4 일조환경 평가

앞에서 살펴본 개구부 세로창살과 지붕 처마, 그리고 주변 지형에 의한 일영범위와 일조노출범위 표 1을 한 눈에 알아볼 수 있게 태양행로 평면 전개도상에 나타내면 [그림 7]과 같다. (여기서 : 아래창 일영범위, : 위 창 일영범위)

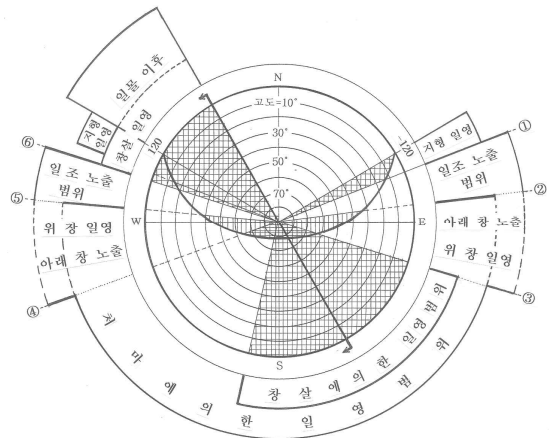


그림 7. 일영범위와 일조노출범위(하지의 예)

표 1. 일영범위와 일조노출범위의 시각·방위각·고도

		일영범위				
구분		시간(시:분)	방위각(도)	고도(도)	일영률(%)	
춘·추분	부채꼴 일영범위 (방위각에 의한 창살 영향)	8:10~12:50	-73~13	23~54	38.5%	
	활모양 일영범위 (고도에 의한 영향)	아래창	-	-	-	
		위 창	9:30~15:20	-67~67	34~54.5	48.2%
	주변지형 영향	주변지형	6:15~7:45 17:20~18:23	-90~-77 82~90	0~18 0~12	21.1%
합계					59.6%	
동지			7시간13분		80.3%	
			9시간43분			
	구분		시간(시:분)	방위각(도)	고도(도)	
	아래창		7:45~8:10, 12:50~17:20	-77~-73, 13~82	12~54.5	
위 창			7:45~8:10, 15:20~17:20	-77~-73, 67~82	12~36	
			2시간 25분			

일 영 범 위						
구 분		시간 (시:분)	방위각 (도)	고도 (도)	일영률 (%)	
동 지	부채꼴 일영범위 (방위각에 의한 창살 영향)		7:30~13:15	-60~13	0~31	59.3%
	활모양 일영범위 (고도에 의한 처마, 지형 영향)	처마 아래창	-	-	-	-
		위 창	-	-	-	-
	주변지형	7:30~8:20	-60~-5	0~7	20.9%	
		16:00~17:12	4	0~10		
합계		위 창	6시간 57분		71.6%	
		위 창	6시간 57분		71.6%	
일 조 노 출 범 위						
구 분	시간(시:분)		방위각(도)		고도(도)	
아래창	13:15~16:00		50~60		10~29	
	2시간 45분					
위 창	13:15~16:00		50~60		10~29	
	2시간 45분					
일 영 범 위						
구 분		시간 (시:분)	방위각 (도)	고도 (도)	일영률 (%)	
하 지	부채꼴 일영범위 (방위각에 의한 창살 영향)		10:30~12:40 18:30~19:45	-73~13 110~12 0	63~7 8 0~13	21.6%
	활모양 일영범위 (고도에 의한 처마, 지형 영향)	처마 아래창	10:30~14:30	-73~73	63~7 8	27.4%
		위 창	8:20~16:40	-96~96	36~7 8	57.1%
	주변지형	5:08~6:15	-120~-	112	0~13	16.8%
		18:38~19:45	112~12	0	0~13	
합계		아래창	6시간 22분		44.2%	
		위 창	10시간 42분		73.8%	
일 조 노 출 범 위						
구 분	시간(시:분)		방위각(도)		고도(도)	
아래창	6:15~10:30, 14:30~18:30		-112~-73, 73~110		13~63,	
	8시간 15분					
위 창	6:15~8:20, 16:40~18:30		-112~-96, 96~110		13~36	
	3시간 55분					

일조노출범위를 ①~⑥으로 구분하고, 그 때의 방위각에 의해 생기는 평면 배치 축과의 각도와 태양고도를 알아보면 표 2와 같다.

표 2. 일조노출범위내의 위치별 태양고도와 평면배치 축과의 각(하지의 예)

구분	위치	건물 후면			건물 전면		
		①	②	③	④	⑤	⑥
평면 배치 축과의 각(도)		-82	-66	-42	103	126	140
태양고도(도)		13°	36°	63°	63°	36°	13°

이중 전면에 해당되는 ④, ⑤, ⑥ 위치에서의 수다라장의 평면도와 단면도상에 나타난 일조 사입은 [그

림 8]과 같다.

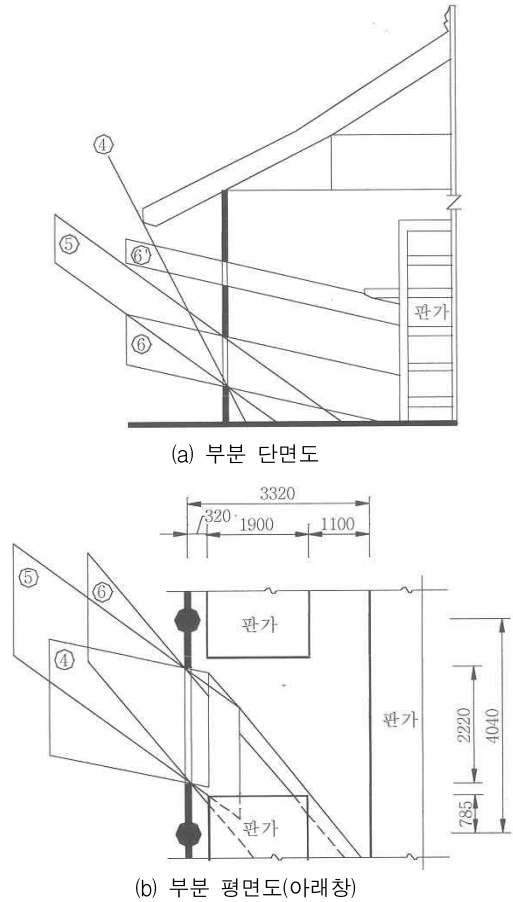


그림 8. 일조 사입도(하지 때 아래 창 의 예)

즉, 계절별 아래·위 창의 전 일영율은 하지 때가 아래 창 44.2%, 위 창 73.8%, 춘·추분 때가 아래 창 59.6%, 위 창 80.3%, 동지 때 아래·위 창 모두 71.6%의 일조차단효과를 나타내고 있다. 위 창은 평균 75%의 일영범위에 있어 아래 창(58.5%)보다 약 1.3배 일조차단효과가 많은 것을 알 수 있다.

전면 개구 창에 의한 판가 주변의 일조노출은 하지 때 아래 창으로 4시간, 위 창으로 1시간 50분, 춘·추분 때는 아래 창으로 4시간 30분, 위 창으로 2시간, 동지 때는 아래 위 창 모두 2시간 45분 가량의 일조유입이 있는데, 아래 창으로는 대부분이 중앙 판가의 1단에 못 미치는 바닥 면에 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 위 창으로의 일조유입은 하지 때에는 전혀 없고, 춘·추분과 동지 때에는 창 측과 중앙 판가 일부에 직접 영향을 미치고 있지만, 위 창은 아래 창 면적의 1/4이고, 이 중 1/3이 창살로 구성되어 있는 것을 감안하면 직사일광에 노출되는 시간과 면적은 미미한 정도이다.

#### 4. 결 론

위에서의 결과들로 정리해 볼 때, 지면에서 가까운 전면 아래 창은 그 면적을 크게 하여 경관에 미치지 않는 바닥 면 일조량을 많이 확보하여 일조유입에 따른 열균효과와 바닥 면 온도 상승에서 생기는 공기의 밀도변화로 자연대류의 유동효과를 의도 할 수 있고, 위 창의 면적은 가급적 작게 하여 판가 쪽으로의 일조유입을 최대한 억제함으로써 자외선·가시광선으로 인한 변색과 퇴색, 그리고 적외선으로 인한 경판 표면의 건조 열화에 대비한 것으로 본다.

반면에, 연중 일조유입이 작은 후면 창은 일조에 대해서는 보다 자유롭기 때문에 오히려 위 창을 크게 하여 전면 아래 창으로부터의 실내환기 효율에 대응한 것으로 보인다.

#### 참고문헌

1. 최광남 편저, 문화재의 과학적 보존(유물보존과 박물관 환경관리), 대원사, 1994.
2. 박윤성, 건축계획원론, 문운당, 1982.
3. 이민섭, 건축 및 디자인의 기초 『도학연구』, 기문당, 1999.
4. 이민섭, 주거환경계획에 관한 연구, 대한건축학회논문집 제2권2호 통권4호, 1986.
5. 이민섭, 한국고건축 지붕 형태에 대한 연구, 고려대학교 박사학위논문, 1980.
6. B. Givoni, Climate and Architecture, Applied Science Publisher. LTD, 1970.

논문접수일 (2012. 1. 26)

심사완료일 (1차 : 2012. 2. 10, 2차 : 2012. 2. 21)

게재확정일 (2012. 2. 24)