

아파트의 지하주차장의 조명 운영개선

(Improvement of Underground Parking Garages Lighting in Residential Areas)

장수정* · 최안섭** · 최성열***

(Soo-Jung Chang · An-Seop Choi · Sung-Youl Choi)

*세종대학교 건축공학과 석사과정 · **세종대학교 건축공학과 교수 · ***삼성건설

Abstract

The improvement of perspectives on dark and limited underground space could be an important factor in successful underground space development. Current trend in the apartment underground parking lot requires not only quantitatively energy efficient design and operation, but also qualitative improvement of the space.

For this, we need to consider two factors: Firstly, to understand the characteristics of the fluorescent lamp. Secondly, to improve the uniformity ratio of illuminance. In winter season, a way to keep the uniformity and a method not to lower the indoor illuminance level by cold ambient air. Therefore, a change in interval and arrangement of the lighting fixtures is required. Also, in their operation, current time-fixed control method needs to be changed into the control that method considers the use pattern.

1. 서론

1.1 연구의 목적

지하주차장은 차량과 보행자가 함께 이용하는 공간이다. 조명에 있어서 무엇보다 우선 되어야 할 것은 안전이며, 따라서 조명은 무엇보다도 안전사고 예방을 위한 적절한 설치가 필요하다. 지하 주차장의 인공광원은 오랫동안 켜진 상태로 있어야 하므로 수명이 긴 것이 좋으며 이용자의 물리적·심리적 안전을 위해 일정 수준의 조도를 확보하고 색 재현력이 좋아야 한다. 이러한 광원들로는 형광램프, 메탈헬라이드 램프, 고압나트륨 램프, 최근에는 무전극 램프 등 선택의 폭은 넓지만 그 중 형광램프의 사용이 압도적으로 많다. 형광램프는 에너지 효율 측면에서, 또 경제적인 측면에서 월등하기 때문이다. 그러나 형광램프는 집광이 곤란하여 여러 개의 램프를 함께 사용해야 하고 사용램프의 와트 수를 변경할 수 없기 때문에 적절한 수준의 조명 제어 시스템이 유용하게 사용된다. 이를 통해 조명 에너지 절약과 시각적 흥미 및 실내 레이아웃의 융통성을 용이하게 제어할 수 있다.[1]

지금까지 아파트의 지하주차장은 평균조도에 부합하도록 진행 되어왔고 운용 역시 평균조도에 준해서 에너지 절약을 위한 관점에서 실시되었다. 그러나 이는 최적의 환경에서 이루어진 성능평가로 일반적인 경우 그대로 적용하기에는 무리가 따를 수 있다. 실제로 실내라 하더라도 출입구 주변이나 적하층의 경우 겨울철 외

기의 영향에 형광램프가 노출되면 이로 인해 광속의 50%이상이 저하될 수 있기 때문이다. 또 안전과 보안에는 빛의 양보다는 균질한 환경이 더 큰 영향을 미치기 때문에 근본적으로 평균조도 자체를 기준으로 하는 것은 무리가 있다. 따라서 평균조도만을 고려한 점소등의 운영은 오히려 균제도를 저하시켜 조명의 질에 대한 요구사항을 간과하는 것이다. 고에너지 비용시대에 있어 운용비의 절감은 필요하지만 운용의 기준을 보장하여 합리적인 운영이 이루어지는 것이 더 중요하다.

따라서 본 연구는 균제도 향상과 형광램프의 특성을 고려한 보다 실제적인 운용 방안을 모색하고 제안하는데 목적이 있다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 먼저 지하주차장에서 운용 기준에 보장하여야 할 사항들을 검토해 보았다. 그리고 실제 지하주차장이 겨울철 외기의 영향을 어느 정도 받는지 대상지의 조도를 측정하였다. 이 측정값은 단위 모델 시물레이션 결과 값과 비교하여 그 정도를 분석하였다. 이후 조명기구의 간격과 배열을 재구성한 시물레이션을 통해 균제도 향상과 동절기를 고려한 운영방안을 도출하였다.

2. 주차장 조명의 특성

지하주차장의 조명은 안전사고 방지를 위해 운전자의 시각적 특성을 이해하는 것이 중요하다. 주행 중에 운전자의 시력을 동체시력이라고 하는데, 이는 보통 정지

한 상태에서 물체를 볼 수 있는 시력에 비해 30%정도 낮고 연령이 많아질수록 저하율이 크다. 또 주차장의 주행공간은 변화가 커 교통상황의 파악이 어려워 주차장 내의 주행은 도로에서의 운전보다 불리한 상황이며 주차장 내에서 운전자는 주차 장소를 찾거나 확인하는 상황임으로 확보할 수 있는 시야가 충분하지 않다. 때문에 충분한 조도와 균질한 빛, 그리고 높은 연색성, 눈부심의 방지가 요구된다. 국제기준을 보면 주행공간과 주차공간 모두 균제도와 연색성의 중요성을 강조하고 있다.

2.1 형광램프의 특성(2)

형광등은 성능면과 경제면에서 매우 탁월한 광원이 다. 연색성과 효율이 우수할 뿐만 아니라 초기비용이 저렴하고 수명이 비교적 길기 때문에 주차장에서 선호되어 사용되고 있다. 대부분의 아파트 지하주차장에서 하면 개방형 2등용 형광등을 사용하고 있다.

그러나 형광램프는 주위 오염에 약하고 주변온도가 저하되어 0℃에 근접하게 되면 광출력과 발광효율은 급격히 감소하고, 광원의 수명을 단축시키는 원인이 되기도 한다. 형광램프는 관벽온도가 주위온도보다 높도록 설계되어 있으므로 주위온도 20~33℃일 때 가장 효율적으로 동작하며 램프의 시동 특성상 5~40℃ 범위 내에서 사용되어야 한다.

오염방지와 바람의 영향을 막기 위해 커버를 장착하여 사용하는 것이 권장되고 있으나 그렇지 않은 경우 비록 실내라 하더라도 겨울철 외기가 통하는 입구 주변에서는 형광램프의 조도저하 현상이 나타나게 된다. 저온에서는 필라멘트 온도가 낮아져 전자방출 물질의 손실이 많아지므로 수명이 짧아지고 시동성이 나빠지게 된다. 따라서 밝기에 영향을 주어 어둡고 가물거리리는 현상이 나타나기도 한다.

2.2 균제도의 중요성

실내 주차장의 국내의 조도기준은 다음 표 1과 같다. 아파트에 적용되는 국내의 조도 기준은 주차장법 시행규칙으로서 주차장 전반의 평균조도만을 설정하고 있다. 반면에 북미조명학회의 IES의 조도 기준은 용도별, 주야의 기준을 세분화하여 제시하고 있다.

IES의 주차장 조명에 관한 내용을 살펴보면, 자체의 밝기보다는 인식을 위한 균제도가 더 중요하게 다뤄지고 있다. 98년 이전에는 균제도를 평균조도 대비 최소조도의 비가 4:1을 초과하지 않도록 했으나 이후에는 최대조도 대비 최소조도의 비가 10:1을 초과하지 않도록 강화하였다.

지금까지 아파트의 지하주차장은 평균조도에 부합하도록 양적 조명설계 위주로 진행되었고, 운용 역시 에너지 절약의 관점에서 실시되는 측면이 강했다. 그러나 균제도의 유지를 위해서는 질적 측면도 함께 고려하는 것이 필요하다. 평균조도만을 고려한 점소등의 운영은 오히려 균제도를 저하시키는 원인이 되었기 때문에 설계에서는 조명기구의 간격, 배열에 대한 변화가 요구되고, 운용에서는 시간에 따른 일률적 제어에서 이용 패턴을 고려한 제어방식으로의 전환이 동시에 이루어지는 것이 필요하다.

표 1. 국내의 조도기준
Table 1. Standard illuminance of KS and IES

국 내	[주차장법 시행규칙 11조][3] 지하식 또는 건축물식에 의한 자주식 지하주차장에 의한 자주식주차장에는 바닥으로부터 85cm의 높이에 있는 지점이 평균 70룩스 이상의 조도를 유지할 수 있는 조명장치를 설치하여야 한다.				
	IES기준조도[4] (기본 평균조도 : 50룩스)				
해 외		최소 수평조도	균제도 (최대/최소)	최소 수직조도	
	기 본	10	10:1	5	
	진 입	주간	20	10:1	10
		야간	10	10:1	5
	경 사 로	주간	500	-	250
		야간	10	10:1	5
	입구부분				
비상계단	20	-	10		




* 수평조도 : 바닥면 조도
수직조도 : 바닥 위 1.5m지점
** 단위 : 룩스

3. 조도측정

3.1 조사개요

지하주차장의 조명환경 실태를 조사하기 위하여 서울특별시 소재한 입주가 1년 이상 경과된 아파트 2곳을 선정하여 인공조명에 의한 조도의 측정을 실시하였다. 측정은 저녁 8시 이후 바닥면으로부터 85cm지점의 위치에서 측정하였다. 두 곳 모두 표 2와 같이 주행·주차부, 진입 및 경사로에 사용된 조명기구들은 거의 같은 사양의 제품들을 사용하고 있었다.

표 2. 조명기구의 사양
Table 2. The luminaires for Underground Parking Garages

위치	전반공간	진입 및 경사로	기타
외형			
사양	32W 형광램프 (2등용) 파이프팬던트형	100W나트륨램프 벽부 노출형	백열등 60W 벽부 노출형 및 천정직부형

3.2 조도측정법

공간에 따라 조도를 측정하는 방법과 평균조도를 산출하는 것이 다르다. 지하주차장의 조도를 측정 방법으로는 IES에서 제안하고 있는 실내조도 측정법과 역시 IES의 주차장 조도 측정법(RP-20-96)이 있다. 후자가 주차장 환경을 고려한 측정법이나 사용목적에 따라 적합한 것으로 선택하여 측정할 수 있다.

(1) 실내조도측정법

1963년 IESNA에서 제안한 방법으로 자연광이 없는 상태에서 인공조명에 의한 실내의 평균조도를 구할 수 있는 방법이다. 조도계를 바닥에서 85cm 높이에 수평으로 설치하고 측정한다[표 3].

표 3. 실내조도측정 위치
Table 3. Location of illuminance measurement stations

구분	측정 포인트	
단일 1행	(a) 중심	
	(b) 일정 간격	
	(c) 간격 없이	
2행 이상	(d) 대칭 배치	
	(e) 연속 배치	

(2) 주차장 조도 측정법

그림 1과 2, 그리고 3과 같이 주행부와 조명기구의 배열에 따라 3가지 측정방법을 달리 제시하였다. 수평 조도는 바닥면에서, 수직조도는 1m50cm에서 측정한다.

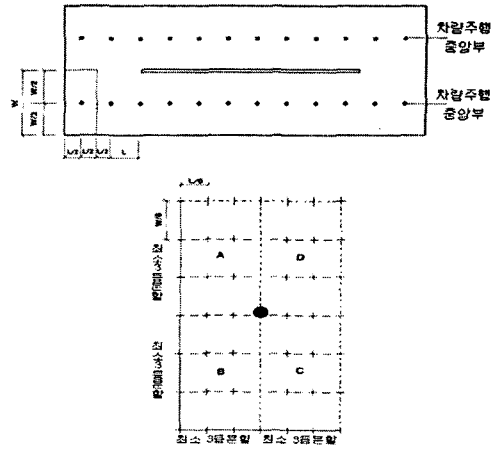


그림 1. 주행부를 따라 조명기구가 1열로 설치
Fig. 1. A single row of luminaires along the drive aisle centerline

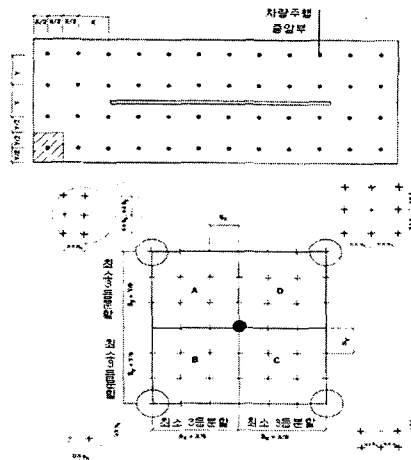


그림 2. 주행부를 따라 조명기구가 2열로 설치
Fig. 2. A double row of luminaires along the sides of drive aisle

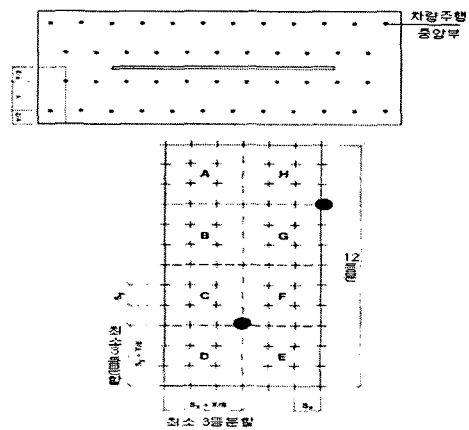


그림 3. 주행부를 따라 조명기구가 2열이 엇갈려 설치
Fig. 3. A staggered, double row of luminaires along the sides of a drive aisle

(3) 적용 조도 측정방법

위의 내용을 모두 검토한 결과 대상 아파트 지하주차장 환경을 고려하여 두 곳 모두 실내조도측정법의 (1-b)를 이용하여 주행부와 주차부의 조도를 분리(주행부 2행, 주차부 3행)하여 측정하였다. 이들의 평균값을 평균조도로 하였다.

3.3 조도측정 결과

조도측정 K아파트의 지하주차장은 격등을 하여 점등률이 50% 상태였다. J아파트가 100%의 점등률일 때 조도가 설치된 조명기구에 비해 현저히 저하된 조도값을 보였다[표 4]. K아파트의 경우 점등률이 J 아파트의 1/2이었으나 균제도는 4배가 넘는 차이를 보여주고 있다.

표 4. 조도측정 결과
Table 4. The result of measured illuminance

구분	평균 조도(lx)	균제도 (최대:최소)
K아파트 (50% 점등률)	21.72 lx	25 : 1
J아파트 (100% 점등률)	40.30 lx	6 : 1

4. 시뮬레이션

4.1 측정값 검증

측정값에 대한 오류를 확인하기 위해 Lumen Micro 7.0을 사용하였다. 일반적인 아파트 지하주차장 환경을 모델링 하였다. 대칭되는 부분들을 제외한 주행부 1행과 주차부 2행을 선택하였다[그림 4].

주행·주차부의 조명배열은 주행·차부는 약 7m 간격의 1열로 하였다. 시뮬레이션을 위한 광학 변수의 설정은 다음과 같이 하였다. 천장의 반사율은 80%, 바닥은 20%로, 층고는 3m, 조명을 매단 길이는 0.7m, 광원 광속 저하율은 80%로 설정되었다. 공간 모델은 주차장의 일부 공간이므로 벽체의 반사는 배제되었다.

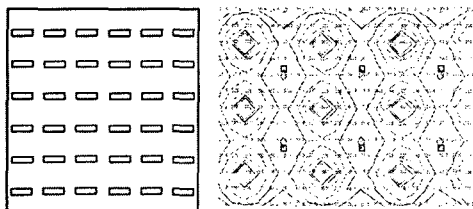


그림 4. 단위평면과 시뮬레이션 결과
Fig. 4. Unit plan and simulation result

시뮬레이션 결과 100% 점등률일 경우 평균조도의 값이 121.1 lx로 측정 조도와 그 차이가 지나치게 큰 것으로 나타났다. 측정 조도 값이 시뮬레이션의 1/3 수준에 머무르고 있는데 그 변인을 형광램프의 광속저하 때문으로 추정해 볼 수 있다.

형광램프는 주위온도가 0℃이하가 될 때 광출력 비율이 40%이하로 떨어지는데 측정 시점은 2004년 3월 6일과 7일로 예년에 비해 기온이 상당히 낮아 외부 온도는 최저 -5℃에서 최고 0℃였다. 대상 주차장의 측정 위치가 차량출입구에서 상당히 떨어진 지점이었음에도 불구하고 외기의 영향은 예상외로 상당히 나타났습니다.

4.2 시뮬레이션-재구성(동절기, 균제도)

다시 Lumen Micro 7.0을 이용하여 현재의 주차평면에 평균조도를 높이기 위한 방법으로 조명기구의 배열에 변형을 주어 효과의 정도를 알 수 있도록 시뮬레이션을 실행하였다.

주차장의 유지비용은 입주민들의 경제적 부담으로 돌아오기 때문에 관리자들은 전력 소모가 적은 형광등을 선호한다. 대부분의 주차장에서 표 5의 일반형과 같이 7.4m×5.5m의 간격으로 2등용 형광등을 설치하고 있다.

2등용 안정기를 사용하기 때문에 날개의 램프들까지 제어할 수 없어서 아예 램프를 살짝 떼어 걸쳐놓기만 하는 경우가 발생한다. 이런 경우, 제어의 효율성이 떨어질뿐더러 위험하다. 또 하나의 문제는 균제도가 상당히 낮아 얼룩짐이 나타날 수 있다. 표 5에서 균제도를 보면 빛의 강약으로 균질한 빛을 제공하는데 무리가 따르는 것을 알 수 있다. 변형 1은, 일반형의 2등용 형광등을 1등용으로 바꾸어 7.4m의 간격 사이에 설치했을 때의 경우이다. 평균조도는 다소 떨어졌지만, 균제도는 확연히 좋아진 것을 알 수 있다. 그러나 겨울철 형광등의 광속 저하시에 현재의 조도 값은 기준 조도 값을 만족시킬 수 없다. 따라서 이와 같은 균제도를 유지한 채 조도를 높일 수 있는 배치가 필요하다. 변형 2는 변형 1의 조명기구의 물량을 약 1.6배 늘렸을 경우이다. 다소 과다한 설비계획이 될 측면도 있지만, 다른 램프를 사용하지 않는 경우, 어떠한 방법으로도든지 동절기에 대한 대응들이 필요하다.

표 6는 표 5의 변형 2에서 가능한 운용 패턴을 나타낸 것이다. 주차공간은 2회로로 묶고, 주행공간은 3회로로 묶어 전등제어가 용이하도록 반영하였다. 시뮬레이션을 통해 조도와 균제도가 안정되게 나타난 패턴들이다. 표 7은 표 6의 변형 2에서 가능한 운용 패턴을 근거로 동절기와 하절기를 구분하여 운용패턴을 재구성한 것이다.

표 5. 균제도를 고려한 조명기구 레이아웃과 성능(점등률 100%)

Table 5. The luminaires layout which considers uniformity ratio and performance

사용기구	일반형(2등용 32W)	변형1(1등용 32W)	변형2(1등용 32W)
기구배열			
평균조도	103.61 lx	93.76 lx	166.4lx
균제도 (Max:Min)	23.52 : 1	9.79 : 1	8.53 : 1

표 6. 변형 2의 운용패턴

Table 6. Operating patterns of Variation 2

				□ 점등 ■ 소등
점등패턴				
주행공간	100%	66%	33%	33%
주차공간	100%	100%	100%	50%

표 7. 시간별·계절별 운용 방안

Table 7. Operating plan by the season and time

	운영레벨(시간)	하절기 점등패턴	동절기 점등패턴
Step 1 빈번한 이용	출고 및 입고 (7~10시) (18~21시)		
Step 2 간헐적 이용	(5~7시) (21~24시)		
Step 3 저조한 이용	(10~18시) (0~ 5시)		

5. 결 론

무전극 램프의 신평원들이 지하주차장에 적용되고 있지만 아직까지 형광램프의 경제적인 이점을 포기하기는 어려울 것이다. 따라서 형광램프는 한동안 지하주차장의 주된 광원으로 사용될 것이므로 외기 영향에 의한 형광등의 특성을 조명의 운용에 반영하여 운용 방안을 세우는 것은 필요하다. 방풍형광기구도 판매되고 있으나 역시 가격과 유지 문제로 저조하게 이용되는 바 본 연구에서는 균제도 문제와 병행하여 물량이 늘어나는 방안을 검토해 보았다.

주민들의 요구로 인해 무리한 점소등이 이루어지는 것이 사실이나 가능한 지하주차장의 조명환경의 질을 유지하는 운용기법의 개발이 요구된다.

감사의 글

본 논문은 2004년도 삼성건설 연구비에 의해 지원되었음.

참 고 문 헌

- [1] 김곤 외 1, 공동주택 지하주차장의 조명설계 및 운용실태에 따른 성능평가에 관한 연구, 대한건축학회, 2000.
- [2] 사단법인 고효율 조명기기 제조협회, 형광램프의 특성, <<http://www.hibama.com>>, 2004. 3
- [3] 주차장법시행규칙, 2004
- [4] Lighting for Parking Facilities(RP-20-98), Illuminating Engineering Society of North America, 1998