

## 주거단지 지하주차장의 조명계획 및 운용방법

(A Lighting Plan and Operation Strategy for Underground Parking Garages in Residential Areas)

장수정\* · 최안섭\*\*

(Soo-Jung Chang · An-Seop Choi)

### 요 약

어둡고 한정된 지하공간의 이미지의 개선은 지하개발 성공여부에 중요한 결정요소가 되고 있다. 주거단지 지하주차장의 조명환경은 지금까지 양적 위주의 설계와 운영이 이루어졌으나 이제는 지하주차장 공간의 질적 향상이 필요한 때이다.

이를 위해서 우선 고려해야 할 두 가지는, 첫째로 주차장에서 주로 사용되는 광원에 대한 이해이며, 둘째는 균제도의 향상이다. 특히 겨울철 외기의 영향에 의한 주차장 실내의 심각한 조도저하와 균제도의 유지를 위한 방안이 마련되어야 한다. 따라서 조명기구의 간격, 배열에 대한 변화가 필요하며, 운용에 있어서는 시간에 따른 일률적인 기존의 제어방법에서 벗어나 이용패턴을 고려한 방식으로의 전환이 요구된다.

### Abstract

The improvement of perspectives on dark and limited underground space could be an important factor in successful underground space development. The Current trend in the apartment underground parking garages 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 lamps; Secondly, to improve the uniformity ratio of illuminance. In a winter season, a way to keep the uniformity and a method not to lower the indoor illuminance level by cold ambient air should be established. Therefore, a change in interval and arrangement of the lighting fixtures is required. Also, in their operations, the current time-fixed control method needs to be changed into the control which method considers the use pattern.

Key Words : Underground, Parking garage, Qualitative improvement, Residential area

\* 주저자 : 세종대학교 건축공학과 석사과정  
\*\* 교신저자 : 세종대학교 건축공학과 교수  
Tel : 02-3408-3761, Fax : 02-3408-3331  
E-mail : aschoi@sejong.ac.kr  
접수일자 : 2005년 3월 2일  
1차심사 : 2005년 3월 3일  
심사완료 : 2005년 4월 1일

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 목적

주차장은 차량과 보행자가 함께 이용하는 공간이

## 주거단지 지하주차장의 조명계획 및 운용방법

기 때문에 주차장에 있어서 무엇보다 우선할 것은 안전이다. 따라서 운전자의 충분한 시야 확보를 위한 적절한 조명환경은 필수적이며 비교적 채광이 열악한 지하주차장의 경우 인공조명의 역할은 무엇보다 중요하다.

지하주차장의 인공광원은 오랫동안 켜진 상태로 있어야 하므로 수명이 긴 것이 좋으며 이용자의 물리적·심리적 안전을 위해 연색성이 우수하고 일정 조도 수준을 유지할 수 있어야 한다. 적합한 광원으로는 형광램프, 메탈할라이드램프, 고압나트륨램프, 최근에는 무전극램프까지 그 선택의 폭이 넓지만, 그 중 에너지 효율과 경제적인 측면에서 월등한 형광램프의 사용이 단연 압도적이다. 그러나 형광램프는 집광이 곤란하여 여러 개의 램프를 함께 사용해야 하고 사용 램프의 전력을 변경할 수 없기 때문에 조명에너지 절약과 실내 레이아웃의 융통성을 구현하기 위하여 조명제어시스템을 병행 사용하는 것이 일반적이다[1].

대부분의 주거단지 지하주차장은 주차장법의 설치기준인 평균조도 위주로 설계 및 운영된다. 그러나 초기에 설정한 평균조도는 최적의 상태에서 이루어진 성능평가로 환경의 변화에도 일정한 수준을 유지할 수 있는가는 의문이다. 실제로 실내라 하더라도 형광램프의 특성상 출입구 주변이나 직하층의 경우 겨울철 외기의 영향에 램프가 노출되면 이로 인해 광속의 50% 이상이 저하될 수 있기 때문이다. 또한 안전과 보안에는 빛의 절대 양보다는 균질한 빛환경이 보다 중요하게 작용하는 것을 생각해볼 때, 현재의 평균조도 자체만을 기준으로 삼는 것에 무리가 있다. 뿐만 아니라 평균조도에 의존한 점소등의 운영은 오히려 균제도를 저하시켜 공간의 질을 악화시킬 우려가 있다.

따라서 본 연구는 현재 주거단지 지하주차장의 조명환경이 갖고 있는 모순을 해결하기 위해 형광램프의 특성의 반영과 균제도 향상을 위한 보다 실제적인 운용방안을 모색하고 제안하는데 목적이 있다.

### 1.2 연구의 방법

본 연구는 먼저 지하주차장에서의 조명특성과 보

강해야할 운용 기준을 검토하였다. 그리고 지하주차장 조명환경을 평가하기 위해 조도측정법을 고찰한 후, 사례 대상지의 조도를 측정하였다. 마지막으로 시뮬레이션을 통해 조명기구의 간격과 배열에 따른 운영방안을 도출하였다.

## 2. 주차장 조명의 특성

지하주차장의 조명은 우선 안전사고 방지를 위한 운전자의 시각적 특성을 이해하는 것이 중요하다. 주행 중 운전자의 시력을 동체시력이라고 하는데, 이는 보통 정지한 상태에서 물체를 볼 수 있는 시력에 비해 30[%]정도 낮고 연령이 많아질수록 저하율이 크다.

실내 주차장의 경우 주행의 변화가 크기 때문에 교통상황의 파악이 어려워 도로에서의 운전보다 불리하다. 또한 운전자는 주차장소를 찾거나 확인하는 상황임으로 확보할 수 있는 시야가 충분하지 않다. 때문에 충분한 조도와 균질한 빛, 그리고 높은 연색성, 눈부심의 방지가 요구된다. 국제기준에서도 주행공간과 주차공간 모두 균제도와 연색성의 중요성을 강조하고 있다.

### 2.1 형광램프의 특성

형광램프는 성능과 경제면에서 매우 탁월한 광원이다. 연색성과 효율이 우수할 뿐만 아니라 초기비용이 저렴하고 비교적 수명이 길어 주차장에서 선호되어 사용되고 있다. 대부분의 아파트 지하주차장에서 하면 개방형 2등용 형광램프를 사용하고 있다.

그러나 형광램프는 주위 오염에 약하고 주변온도가 저하되어 0[°C]에 근접하게 되면 광출력과 발광효율이 급격히 감소하며 이것은 광원의 수명을 단축시키는 원인이 되기도 한다. 형광램프는 관벽온도가 주위온도보다 높도록 설계되어 있으므로 주위온도가 20~25[°C] 부근에서 가장 효율적으로 작동하며 램프의 시동 특성상 5~40[°C] 범위 내에서 사용되어야 한다[2].

따라서 오염방지와 바람의 영향을 막기 위해 커버를 장착하는 것을 권장하고 있으나 그렇지 않은 경

우 비록 실내라 하더라도 겨울철 외기가 통하는 입구 주변에서는 형광램프의 조도저하가 나타나게 된다. 저온에서는 필라멘트 온도가 낮아져 전자방출 물질의 손실이 많아지므로 램프의 수명이 짧아지고 시동이 나빠지게 된다. 따라서 밝기에 영향을 주어 어둡고 가물거리는 현상의 원인이 된다.

## 2.2 균제도의 중요성

실내 주차장의 국내의 조도기준은 다음 표 1과 같다. 주거단지에 적용되는 국내의 조도기준은 주차장법 시행규칙으로 주차장 전반의 평균조도만을 규정하고 있다. 반면에 IES(Illuminating Engineering Society, 북미조명학회)의 조도기준은 용도별, 주야의 기준을 세분화하여 제시하고 있다.

IES의 주차장 조명에 관한 내용을 살펴보면, 자체의 밝기보다는 인식을 위한 균제도가 더 중요하게 다뤄지고 있다. 1998년 이전에는 균제도를 평균조도 대비 최소조도의 비가 4:1을 초과하지 않도록 했으나 이후에는 최대조도 대비 최소조도의 비가 10:1 이내가 되도록 권장하고 있다.

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

구분	IES기준조도[4] [lx]		
	최소 수평조도*	균제도 (최대/최소)	최소 수직조도*
기분	10	10:1	5
진입 경사로	주간	20	10:1
	야간	10	10:1
입구	주간	500	-
	야간	10	10:1
비상계단	20	-	10

주차장 전반 평균조도: 50[lx]  
\* 수평조도 : 바닥면 조도  
\*\* 수직조도 : 바닥 위 1.5[m]지점

지금까지 주거단지 지하주차장의 조명은 기준조도에 부합하기위한 양적인 측면에 치우쳐 설계되었

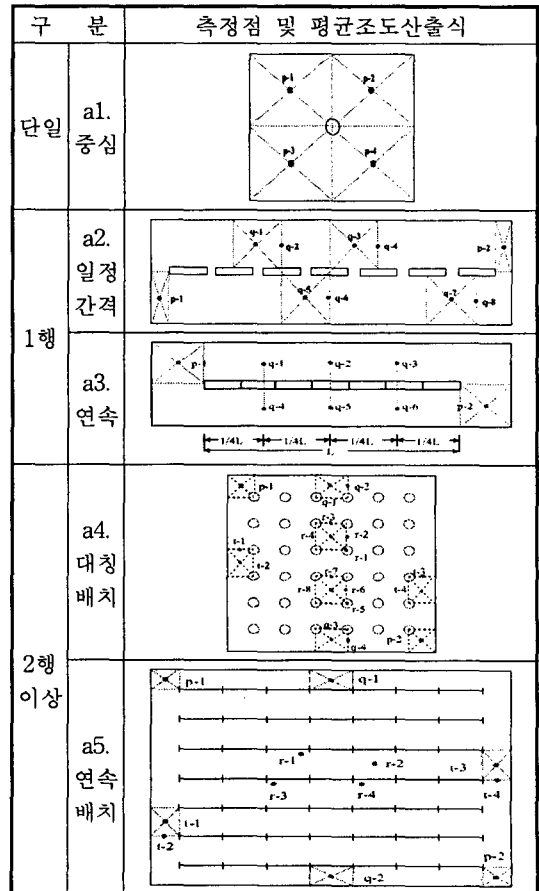
고, 운용 역시 에너지 절약이 강조되어 실시되었다. 그러나 균제도의 유지를 위해서는 조명의 질적 측면도 함께 고려해야 한다. 평균조도만을 고려한 점소등의 운영은 오히려 균제도를 저하시키는 원인이 되고 있기 때문에 조명기구의 간격, 배열에 대한 변화가 필요하며, 동시에 시간에 따른 일률적 제어에서 계절과 이용패턴을 고려한 제어방식으로 전환되어야 한다.

## 3. 조도측정

### 3.1 평균조도 산출

평균조도를 산출하기 위해서 공간에 따라 조도를

그림 1. 실내 조도측정법  
Fig. 1. Illuminance measurements general lighting



주거단지 지하주차장의 조명계획 및 운용방법

측정하는 방법에는 다소 차이가 있다. 지하주차장의 조도측정방법으로 IES에서 제안하고 있는 실내 조도 측정법과 주차장 조도측정법(RP-20-98)이 있다[4]. 후자가 주차장 환경을 고려한 측정법이나 사용목적에 따라 적합한 것으로 선택하여 측정할 수 있다.

(1) 실내 조도측정법

실내 조도측정법은 자연광이 없는 상태에서 인공 조명에 의한 실내의 평균조도를 구할 수 있는 방법이다. 수평조도는 국내의 주차장법 시행규칙에 의거하여 조도계를 바닥에서 0.85[m] 높이에 수평으로 설치하고 조명기구 배열에 따라 측정 포인트를 다르게 하여 평균조도를 산출한다[그림 1].

실내 조도측정법 각각의 평균조도 산출식은 다음과 같다.

a1.  $Avg = \frac{P}{N}$   
 a2.  $Avg = \frac{Q(N-1) + P}{N}$   
 a3.  $Avg = \frac{QN + P}{N+1}$

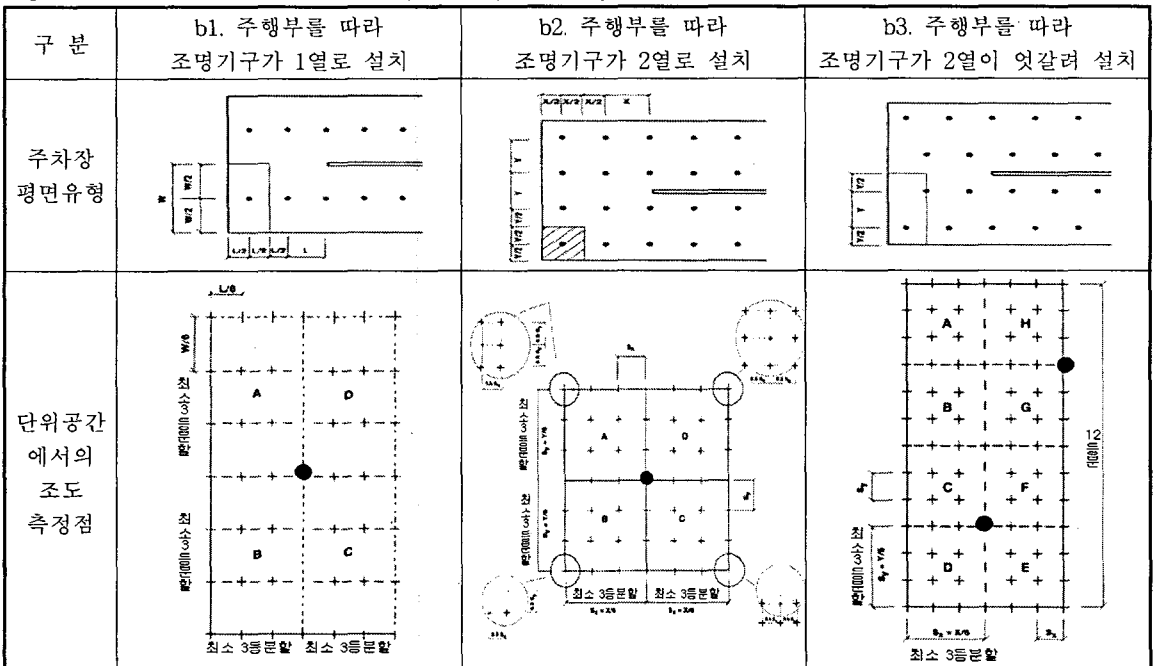
a4.  $Avg = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM}$   
 a5.  $Avg = \frac{RM(M-1) + QN + T(M-1) + P}{M(N+1)}$

P : p-1, p-2, p-3, ..., p-n의 평균  
 Q : q-1, q-2, q-3, ..., q-n의 평균  
 R : r-1, r-2, r-3, ..., r-n의 평균  
 T : t-1, t-2, t-3, ..., t-n의 평균  
 M : 행의 수  
 N : 한 행당 기구의 수

(2) IES 주차장 조도측정법

주차장 조도측정법에서 수평조도는 바닥면에서, 수직조도는 1.5[m]에서 측정한다. 공간 전체의 조명 기구의 배치유형에 따라 구분되는 실내 조도측정법은 달리 위의 그림 2와 같이 주행부의 조명기구 배열에 따라 단위공간에서의 평균조도를 구하는데 그 의미가 있다.

그림 2. 주차장 조도측정  
 Fig. 2. Illuminance measurements of parking garages lighting(RP-20-98)

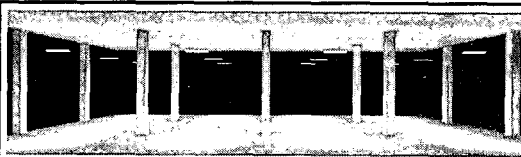


(3) 평균조도 산출법에 따른 오차 정도

평균조도 산출법은 해당 공간의 특성과 사용목적에 따라 적합한 것을 융통성 있게 선택할 수 있다. 그러나 조명성능의 평가를 위해 평균조도를 산출하는 경우 혹시 발생할 수 있는 실측의 오류를 검증하고 판정하기 위해서 평균조도 산출방법의 오차를 알아두는 것은 유용하리라 본다.

평균조도 산출법에 따른 오차의 정도를 파악하기 위해 Lumen Micro 7.0 프로그램으로 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션의 변수 설정은 선행연구[5]를 바탕으로 표 2와 같이 구성하였다. 일반적인 주거단지 지하주차장 환경에서, 대칭되는 부분들을 제외한 주행부 1행과 주차부 2행을 단위평면으로 하였다. 주위 벽체는 가상으로 전제하여 벽면반사는 배계[1]하였다. 비교대상은 일반적인 지하주차장에 적용하기 적합한 실내 조도측정법의 a2와 주차장 조도측정법의 b1로 하였다.

표 2. 시뮬레이션의 변수설정  
Table 2. Parameters of simulation

		
고정변수		설정치
모델	단위규모	29.1×16×3[m]
	반사율	천장 : 0.8, 바닥 : 0.2
광원	조명기구간격	7.4×5.5[m]
	조명기구높이	천장으로부터 0.7[m]
	광속 저하율	0.8

주차장 조도측정법의 경우 수평조도의 측정 높이를 바닥에서 0.85[m]로 재조정하여 적용하였다. 해당 프로그램의 Calculation grid를 비교대상 조건에 맞게 측정점의 위치와 개수를 지정한 후, 프로그램 계산에 의한 평균조도( $E_t$ )와 해당 산출법으로 얻은 평균조도( $E_m$ )를 비교하였다[표 3]. 실내 조도측정법이 약 +23.7%의 오차를 보인 반면, 측정 간격이 조밀한 주차장 조도측정법은 시뮬레이션의 평균조도와 약 -4.8%의 차이를 보였다.

표 3. 평균조도 결과의 비교  
Table 3. Relative comparisons of Average illuminance


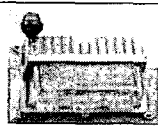
평균조도 산출법( $E_m$ )	실내 조도측정법	주차장 조도측정법
$\frac{E_m - E_t}{E_t} \times 100$	약 (+)23.7%	약 (-)4.8%

3.2 조사 개요

지하주차장의 조명환경 실태를 조사하기 위하여 서울특별시 소재의 입주가 1년 이상 경과된 아파트 두 곳을 사례 대상으로 정하여 인공조명에 의한 조도측정을 실시하였다. 측정은 저녁 8시 이후 바닥으로부터 0.85[m]지점에서 측정하였다. 주행부와 주차부(주행부 2행, 주차부 3행)를 분리하여 측정하기 위해 실내 조도측정법의 a2로 하였다.

대상지 두 곳 모두 대부분의 아파트 지하주차장에서 사용하고 있는 조명기구를 사용하였다. 주행·주차부의 전반공간에는 32[W] 하면 개방형 2등용 형광램프가, 진입 및 경사로는 100[W] 벽부 노출형 나트륨램프가 설치되어 있었다[표 4].

표 4. 사용된 조명기구  
Table 4. The luminaires for Parking Garages

위치	전반공간	진입 및 경사로
외형		
사양	32[W] 형광램프 (2등용) 파이프팬던트	100[W] 나트륨램프 벽부 노출형

3.3 조도측정 결과

아래의 표 5은 조도측정 결과이다. 첫 번째 대상지인 K아파트 지하주차장은 격등을 하여 점등률이 50[%] 상태였고 J아파트는 모두 점등되어 있었다. 두 곳 모두 기준 평균조도인 70[lx]를 미달하고 있었으며 이는 설치된 조명의 양에 비해 현저히 낮은 조

## 주거단지 지하주차장의 조명계획 및 운용방법

도 수준이었다. 또한 격등을 한 K아파트의 경우는 불량한 균제도를 나타내고 있었다.

표 5. 조도측정 결과

Table 5. The result of measured illuminance

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

사례 대상지와 같은 환경인 표 2에서의 시뮬레이션 결과, 100[%] 점등일 경우에 평균조도는 121.1[lx]이었다. 측정조도와 비교하면 시뮬레이션 평균조도에 1/3정도에 불과한 것인데 이는 표 3에서의 평균조도 산출 방법상의 오차 정도를 감안하여도 상당한 것임을 알 수 있다.

여러 가지 그 원인을 추정해 볼 수 있겠으나, 오차의 정도로 미루어 보아 그 변인을 형광램프의 광속 저하로 추정해 볼 수 있다. 기상청 발표에 따르면 사례 대상지에 측정을 실시한 2004년 3월 6일과 7일 양일은 예년에 비해 상당히 낮은 기온으로 최저 -5[°C]에서 최고 0[°C]를 기록했다. 실내이고 지하임에도 불구하고 측정대상 주차장의 위치가 직하층이라는 점과 차량출입구로부터의 외기 영향을 전혀 배제할 수 없는 점을 감안한다면 형광램프의 특성상 이와 같은 조도저하가 나타날 수 있다. 형광램프는 주위

온도가 0[°C] 이하가 될 때 광출력 비율이 40[%]이하로 떨어지는 특성을 갖기 때문이다.

## 4. 조명개선 방안

현재 주거단지 지하주차장의 조명환경 개선을 위해서는 균제도 향상과 동절기의 조도저하를 감안한 설계 및 운용에 대한 대안이 필요하다. 시뮬레이션을 통하여 단위평면 모델 상에서 조명기구 형태와 배열을 달리하여 그 성능을 비교·평가하였다.

그림 3의 일반형은 대부분의 아파트 지하주차장 상황으로 7.4×5.5[m]의 간격의 2등용 형광램프를 설치한 조명평면이다. 실내 조도측정법(a2)으로 실제 측정된 표 5와 비교하면 균제도가 상당히 낮은 것을 알 수 있다. 뿐만 아니라 날개의 램프들의 점소등을 제어할 수 없는 2등용 안정기의 사용은 운용의 효율성을 크게 저하시킨다. 주차장의 에너지 비용은 입주주민들의 부담으로 이어지기 때문에 일부에서는 에너지 절감을 위해 한 개의 램프를 떼어 걸쳐놓는 경우가 발생하는데 이로 인해 안전상의 문제도 야기될 수 있다.

변형 1은 앞에서 문제로 지적된 균제도와 운용효율을 개선하기 위해 일반형의 2등용 조명기구를 1등용으로 바꾸어 간격을 1/2로 좁힌 3.7[m]로 설치한 경우이다. 평균조도는 다소 떨어졌지만, 균제도는 확연히 향상되었다. 그러나 겨울철 형광램프의 광속 저하시 현재의 조도 값으로는 기준 평균조도를 만족할 수 없다. 따라서 이와 같은 수준의 균제도를 유지

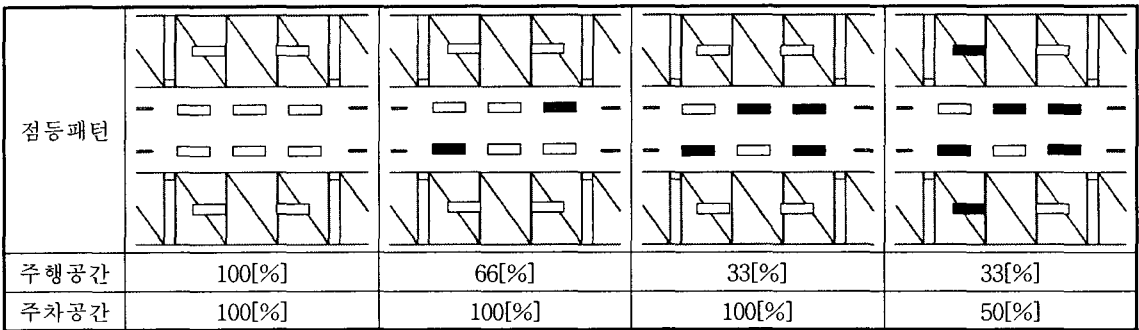
그림 3. 균제도를 고려한 조명기구 레이아웃과 성능(점등률 100[%])

Fig. 3. The luminaires layout which considers uniformity ratio and performance

사용기구	일반형(2등용 32[W])	변형 1(1등용 32[W])	변형 2(1등용 32[W])
기구배열			
평균조도	121.1[lx]	93.76[lx]	166.4[lx]
균제도 (Max:Min)	42.05 : 1	9.79 : 1	8.53 : 1

그림 4. 변형 2의 운용패턴

Fig. 4. Operating patterns of Variation 2



한 채 조도를 높일 수 있는 방안이 필요하다.

변형 2는 변형 1의 조명기구 물량을 약 1.6배 증가하여 평균조도를 향상시켰다. 다소 과다한 설비일 수 있으나 형광램프를 사용하는 경우 어떠한 방법으로든지 동절기 조도저하에 대한 대안들이 마련되어야 조명환경의 질이 유지될 수 있다. 그림 4는 그림 3의 변형 2로 운용 가능한 패턴을 구성한 것이다. 주차공간은 2회로로 묶고, 주행공간은 3회로로 묶어 전등제어가 용이하도록 하였다. 기존의 단조로운 패턴에서 변화에 따른 급격한 조도 차이를 완화시켰으며 스위치만으로 보다 효과적인 운용이 가능하다. 이와 같은 다양한 점소등 패턴은 주차장의 특성에

따라 안전하게 에너지 절약을 실현할 수 있다.

그림 5는 그림 4의 운용 패턴을 동절기와 하절기로 나누어 이용시간별로 재구성한 것이다. 계절에 따른 구분은 형광램프의 조도 저하를 감안하여 반영하였다. 주거단지의 주차장 이용은 시간에 따라 비교적 명확하게 구분되므로 이를 기준으로 주차장 밖의 밝기 상황과 시각 순응을 고려하여 패턴을 구성하였다.

### 5. 결 론

최근 무전극 램프가 일부 지하주차장에 적용되고

그림 5. 시간별 · 계절별 운용 방안

Fig. 5. Operating plan by the season and time



## 주거단지 지하주차장의 조명계획 및 운용방법

있지만 당분간 주거단지 지하주차장은 형광램프의 경제적 이점을 포기하기 어려울 것이다. 앞으로도 한동안 지하주차장의 주광원으로의 사용이 예상됨에 따라 형광램프의 특성을 반영한 설계와 그 운용방안의 개선은 필요하다.

본 연구에서는 현재 주거단지 지하주차장의 낮은 균제도와 겨울철 조도 저하에 대한 문제를 제기하고 이를 해결하기 위한 방안을 검토해 보았다. 조명기구를 2등용에서 1등용으로 바꾸고 주행부의 충분한 조도확보를 위해 물량을 1.6배 증가시켰다. 주행공간은 3회로, 주차공간은 2회로 묶어 다양한 운용을 가능케 했다

아직까지 에너지 소비적 측면에서 무리한 소등이 이루어지는 것이 사실이나 사고로 인한 손실과 비교할 때 지속적인 조명환경의 개선 방안이 절대적으로 필요하다. 추후에는 대형화하는 지하주차장 추세에 맞춰 정량적인 측면뿐만 아니라 지하공간이 주는 심리적 부담감을 완화시킬 수 있는 정성적인 측면에 대한 연구가 함께 이루어져야 할 것이다.

## References

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

## ◇ 저자소개 ◇

### 장수정 (張秀貞)

1976년 7월 15일생. 2002년 명지대 건축공학과 졸업. 현재 세종대 건축공학과 석사과정.

### 최안섭 (崔安燮)

1967년 10월 4일생. 1991년 한양대 건축공학과 졸업. 1993년 The Pennsylvania State University 건축공학과 건축조명시스템 전공 졸업(석사). 1997 The Pennsylvania State University 건축공학과 건축조명시스템 전공 졸업(박사). 현재 세종대 건축공학과 교수.