



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

공동주택단지 지하주차장의  
조명해석 및 설계

濟州大學校 産業大學院

電氣工學科

李起鵬

2011

碩士學位論文

공동주택단지 지하주차장의  
조명해석 및 설계

指導教授 吳 性 寶

濟州大學校 産業大學院

電氣工學科

李 起 鵬

2011

공동주택단지 지하주차장의  
조명해석 및 설계

指導教授 吳 性 寶

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2011 年 6 月 日

濟州大學校 産業大學院

電氣工學科

李 起 鵬

李 起 鵬의 工學 碩士學位 論文을 認准함.

2011 年 6 月 日

委員長	金 豪 贊	
委 員	金 世 鎬	
委 員	吳 性 寶	

## 목 차

LIST OF FIGURES .....	ii
LIST OF TABLES .....	iv
SUMMARY .....	v
I. 서 론 .....	1
II. 지하주차장조명의 특성 .....	3
1. CCTV 카메라 설비 .....	3
2. 광원의 특성 .....	6
3. 국내외 조도기준 .....	8
III. 조도 현황 측정 .....	9
1. 실측개요 .....	9
2. 조도측정법 .....	10
3. 조도실측 결과 .....	11
IV. Mock-up을 통한 조도분석 .....	19
1. 등기구 배열 .....	19
2. 조도측정과 CCTV화면 분석 .....	20
V. 조명 시뮬레이션 .....	27
1. 조명 모델링 .....	27
2. 조명 시뮬레이션 분석 .....	28
VI. 결과 및 고찰 .....	36
VII. 결론 .....	38
참 고 문 헌 .....	39

## LIST OF FIGURES

Fig. 1	Type of CCTV cameras .....	4
Fig. 2	Configuration of CCTV systems .....	5
Fig. 3	Calculation method of average illumination .....	10
Fig. 4	The number of grid at apartment A .....	12
Fig. 5	The measurement of horizontal illuminance value at apartment A .....	12
Fig. 6	The measurement of vertical illuminance value on 150cm at apartment A .....	13
Fig. 7	The measurement of vertical illuminance value on 85cm at apartment A .....	13
Fig. 8	The number of grid at apartment B .....	14
Fig. 9	The measurement of horizontal illuminance value at apartment B .....	15
Fig. 10	The measurement of vertical illuminance value on 150cm at apartment B .....	15
Fig. 11	The measurement of vertical illuminance value on 85cm at apartment B .....	16
Fig. 12	The photograph of CCTV monitor at apartment B .....	18
Fig. 13	The luminaire type of mock-up .....	19
Fig. 14	The installed luminaires at apartment B .....	20
Fig. 15	The installed luminaires by mock-up .....	20
Fig. 16	The horizontal illuminance values by mock-up(1) .....	21

Fig. 17 The vertical illuminance values on 150cm by mock-up(1) .....	22
Fig. 18 The vertical illuminance values on 85cm by mock-up(1) .....	22
Fig. 19 The vertical illuminance values by mock-up(2) .....	23
Fig. 20 The vertical illuminance values on 150cm by mock-up(2) .....	23
Fig. 21 The vertical illuminance values on 85cm by mock-up(2) .....	24
Fig. 22 The photograph of CCTV monitor by mock-up(1) .....	26
Fig. 23 The photograph of CCTV monitor by mock-up(2) .....	26
Fig. 24 The 3D modeling to simulation .....	28
Fig. 25 Distribution curve of luminare intensity in LED 32W .....	29
Fig. 26 The simulation results in LED 32W×2 (2 lamps) .....	30
Fig. 27 The simulation results in LED 32W×2 (3 lamps) .....	31
Fig. 28 Distribution curve of luminare intensity in LED 52 W .....	32
Fig. 29 The simulation results in LED 52W×2 (1 lamp) .....	33
Fig. 30 The simulation results in LED 52W×2 (2 lamps) .....	34

## LIST OF TABLES

Table 1 Specification of SAMSUNG camera .....	6
Table 2 The comparison of light source characteristics .....	7
Table 3 Standard illuminance of KS and IES .....	8
Table 4 The type of luminaires and specification .....	9
Table 5 The calculated data by actual measurement .....	17
Table 6 The calculated results by mock-up .....	25
Table 7 The comparison data by simulation .....	35

Lighting Analysis and Design of Apartment  
Underground Parking Lot

Ki-Boong Lee

*Department of Electrical Engineering*

*Graduate School of Industry*

*Jeju National University*

*Supervised by professor Seong-Bo Oh*

## Summary

The improvement of lighting condition on dark and limited underground space is an important factor in successful underground space development. The current trend in the underground parking lots of apartment complex requires not only quantitative energy efficient design and operation, but also qualitative improvement in the space. For this, we need to consider two factors. First, to understand the value of horizontal and vertical illuminance value. Second, to improve the uniformity ratio of illuminance. This thesis presents model design of underground parking lot at apartment complex. We show lighting actual condition evaluation of

apartment underground parking lot at two kinds of apartments in Jeju City. We try to improve lighting condition under poor illuminance and uniformity of apartment B in old Jeju City. Also we study problems about lighting environmental by mock-up at poor condition of apartment B. Therefore, a change in interval and arrangement of lighting fixtures is required by simulation. Finally, we show model design considering horizontal and vertical average illuminance value, uniformity and electric power consumability

## I. 서 론

급속한 경제적 성장에 따른 도시화 현상으로 인구의 도시 집중화 현상에 따라 토지 이용률을 높이기 위하여 도시에서는 집단주거형식인 공동주택단지가 대중화되고 도시 주거생활에 큰 비중을 차지하고 있다. 또한 생활수준의 향상과 산업의 발달로 인해 급격한 증가추세를 보이는 승용차의 주차공간 부족을 해결하기 위해 건설된 공동주택단지 내 지하주차장은 거주 용도가 아니므로 환경적인 측면에서 많은 문제점을 내재하고 있다[1]. 지하주차장은 차량과 보행자가 함께 이용하는 공간이므로 조명에 있어서 무엇보다 우선되어야 할 것은 안전이며, 따라서 조명은 무엇보다도 안전사고 예방을 위한 적절한 설치가 필요하다[2].

또한 근래에 들어 지하주차장은 공권력등의 통제가 거의 닿지 않아 범죄가 발생하기 쉬운 곳이다. 주차장법 시행규칙에 따르면 주차대수 30대를 초과하는 규모의 자주식 지하주차장에는 관리사무소에서 주차장 내부 전체를 볼 수 있는 CCTV(Closed Circuit Television) 및 녹화장치를 포함한 방범설비를 설치·관리하도록 의무화 하고 있다[3].

이러한 의무화 시행에 따라 전국에 약 300만대의 CCTV카메라가 설치되어 있으나 범죄 및 안전사고 예방에 많은 기여를 하지 못하는 실정이다. 이는 CCTV모니터 화질이 나쁘기 때문이다. 그러므로 CCTV의 정상적인 관리를 위하여 지하주차장에서의 사각지대를 최소화함은 물론 더욱 중요한 사항은 양호한 화질을 유지하기 위한 글레어의 최소화와 선명도가 매우 중요하다.

지금까지 아파트의 지하주차장은 평균조도의 부합 여부만을 고려하고 있으나 안전과 보안에는 빛의 양보다는 균질한 조도환경이 더 큰 영향을 미치기 때문에 균제도 향상과 램프의 특성을 고려한 방안을 모색할 필요가 있다.

본 논문에서는 공동주택 지하주차장의 조명실태를 현장 실측에 의해 조사

분석하여, 조명현황과 CCTV화면 선명도가 열악한 아파트를 대상으로 Mock-up을 통하여 공동주택 지하주차장의 CCTV선명도 유지를 위한 조명설비 개선방안을 도출하기 위한 기초자료를 확보하였다. 또한 이를 바탕으로 균제도와 광원을 고려한 지하주차장의 조명 모델안을 제시코자 시뮬레이션을 실시하여 적정 설계안을 확보하는데 목적을 두고 있다.

## II. 주차장 조명의 특성

지하주차장의 조명은 우선 안전사고 방지를 위한 운전자의 시각적 특성을 이해하는 것이 중요하다. 주행중 운전자의 시력을 동체시력이라고 하는데, 이는 보통 정지한 상태에서 물체를 볼 수 있는 시력에 비해 30%정도 낮고 연령이 많아 질수록 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[4]. 또한 방범을 위한 CCTV설비의 선명한 화질을 유지 할 수 있도록 선명도를 확보하기 위한 대책이 필요하며 충분한 조도와 균일한 빛이 내재해 있어야 한다.

### 1. CCTV 카메라 설비

시중에 유통되고 있는 카메라는 상당히 많은 종류의 카메라가 있다. Fig. 1과 같이 여러 종류의 카메라가 유통되고 있는 이유는 CCTV카메라의 적용범위가 그만큼 다양하다는 뜻도 된다. 그러므로 적용범위에 따라서 카메라의 특성과 외형을 고려하여 카메라를 선택을 하여야 한다. 카메라의 용도 및 기능 그리고 외형상의 특성에 따라 다음과 같이 크게 나눌 수 있다.

- 마운트형 카메라 : 가장 일반적으로 사용되며, 실외 및 실내에 어느 공간이나 적용 가능한 편이다. 렌즈 일체형 카메라와는 달리 마운트형 카메라는 현장에 맞는 렌즈를 별도 구매하여야 하며, 방수기능을 갖춘 하우징을 씌워야 한다. 렌즈는 상당히 많은 종류의 렌즈가 시중에 유

통되고 있다.

- 줌일체형 카메라 : 마운트형 카메라에 줌렌즈가 붙어나오는 형태라고 보면 된다. 마운트카메라가 가지는 기능을 모두 가지면서, zoom in, out기능을 가진 카메라이다.
- 줌&팬틸트 카메라 : 줌일체형 카메라에 팬틸트 드라이버가 부착되어 있으므로, 좌우 상하 회전이 가능하여 보다 넓은 감시범위를 가질 수 있다.



(a) Mounted type      (b) One body zoom lens type      (c) Zoom&pan-tilt type

Fig. 1 Type of CCTV cameras

최근의 CCTV는 DVR을 사용하여 CCTV에 입력되는 비디오의 아날로그 신호를 영상 캡처보드에서 캡처하여 컴퓨터 하드디스크에 고화질의 디지털 신호로 바꾸어 압축, 저장했다가 녹화된 디지털 영상을 사용자가 순간 검색 할 수 있는 녹화 및 검색기능과 여러대의 카메라 영상을 1대의 모니터에서 분할하여 감시할 수 있도록 한 모니터링 기능, 원격지에서 전화선이나, LAN, 인터넷상에서 녹화검색 및 실시간 화면을 감시할 수 있는 화상전송기능을 수용할 수 있도록 되어있다. Fig. 2와 같이 CCTV시스템의 기본구조는 피사체 및 이것을 촬영하여 전기적 신호로 변환하는 촬영부, 이 전기신호를 원격지에 전송하는 전송부, 전송되어 온 영상신호를 재생 표시하는 수상부로 크게 3가지로 구성되어 있음을 보여준다[5].

이러한 다양한 카메라는 광이 없으면 촬영할 수 없으며 어느정도의 광으로

촬영할 수 있는가를 숫자로 나타낸 것을 감도라 하며 수치가 적을수록 감도가 좋다. 평가 대상의 지하 주차장에는 SDC-271NA(삼성테크윈) 마운트형 카메라가 설치되어 있으며 마이크로 칩 렌즈가 내장되어 Gain 증폭회로에 의해 최저조도 1.0lux(F1.2)의 고감도 화질을 제공하고 있으며 카메라 규격은 Table 1 과 같다.

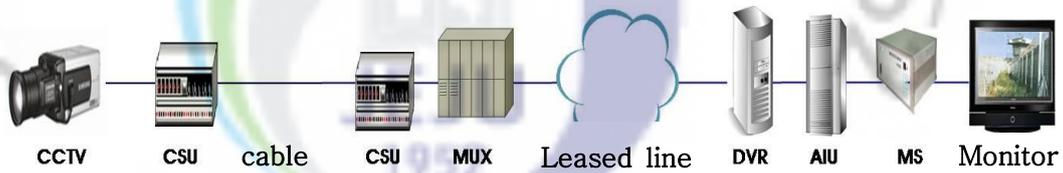


Fig. 2 Configuration of CCTV systems

Table 1 Specification of SAMSUNG camera

Items	SDC-271NA
Power	4.5W 300mA
Imaging device	510(H)×492(V) 1/3" CCD
Imaging area	4.90(H)×3.69(V) mm <sup>2</sup>
Imaging method	2:1 Interlace (NTSC Standard)
Sensitivity	1.0 lux at F1.2
Resolution	330(H) TV Lines
Video output	1.0 V <sub>p-p</sub> NTSC comp
Lens	C/CS
Operating temperature	-10℃ ~ +50℃
Dimension	55(W)×50(H)×121(L) mm

보통 흑백카메라의 경우 0.2lux 이하, 컬러카메라는 1.0lux이하의 제품을 쓰고 있다. 일반적으로 CCTV카메라는 해상도, 고감도 및 역광보정 기능 등이 영상출력에 영향을 주고 있으나 지하 주차장의 경우는 운전자, 보행자의 움직임은 물론 안전을 위한 영상을 제공할 수 있도록 적합한 조도기준을 유지하여 선명한 영상화질을 제공할 수 있어야 한다.

## 2. 광원의 특성

공동주택단지 지하주차장의 적합한 광원으로는 형광램프 메탈할라이드램프, 고압나트륨램프, 최근에는 무전극램프까지 그 선택의 폭이 넓지만, 그 중 경제적인 측면에서 우수한 형광램프의 사용이 단연 압도적이다.

초기비용이 저렴하고 비교적 수명이 길어 주차장에서 선호되어 사용되고 있

다. 대부분의 아파트 지하주차장에서 하면 개방형 2등용 형광램프를 사용하고 있으며 대상 아파트도 하면개방형 2등용 형광램프가 설치되어 있다.

그러나 형광램프는 주위 오염에 약하고 주변온도가 저하되어 0도에 근접하게 되면 광출력과 발광 효율이 급격히 감소하며 이것은 광원의 수명을 단축시키는 원인이 되기도 한다. 형광램프는 관벽온도가 20~25도 부근에서 가장 효율적으로 작동하며 램프의 시동 특성상 5~40도 범위내에서 사용되어야 한다. 따라서 오염방지와 바람의 영향을 막기 위해 커버를 장착하는 것을 권장하고 있으나 그렇지 않은 경우 비록 실내라 하더라도 겨울철 외기가 통하는 입구 주변에서는 형광램프의 조도저하가 나타나게 된다. 저온에서는 필라멘트 온도가 낮아져 전자방출의 물질의 손실이 많아지므로 램프의 수명이 짧아지고 시동이 나빠지게 된다. 따라서 밝기에 영향을 주어 어둡고 가물거리는 현상의 원인이 된다. 그러므로 시물레이션시 광원은 지하주차장에 사용되고 있는 광원의 특성 비교 Table 2에서 알 수 있듯이 여러 가지 장점을 지닌 LED 32W와 52W를 적용하였다.

Table 2 The comparison of light source characteristics

Division	LED lamp	Fluorescent lamp	Sodium lamp	Advantages of LED
Life time	50,000hr	8,000hr	12,000hr	Long life time
Power Consumption	30W	40W	250W	Energy saving, Theoretically 200lm/w
Maintenance	8-10 year cycle	1-2 year cycle	1-3 year cycle	Cost-reducing
Environmental problem	Eco-friendly products	Problem of pollution	Problem of pollution	Eco light source
Color temperatur	2,000-15,000K	2,000-3,000K	2,000-3,000K	High color purity

### 3. 국내의 조도기준

지하주차장에 적용되는 국내외의 조도기준은 Table 3과 같으며, 아파트에 적용되는 국내의 조도기준은 주차장법시행규칙으로서 85cm 높이의 수직면 평균조도만 설정하고 있다. 반면에 IES(북미조명학회)의 조도 기준은 용도별, 주야의 기준을 세분화 하여 제시하고 있다. IES의 주차장 조명에 관한 내용을 살펴 보면 자체의 밝기보다는 인식을 위한 균제도가 더 중요하게 다뤄지고 있고 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 및 배열에 대한 적절한 배치가 요구된다[2].

Table 3 Standard illuminance of Ks and IES

Unit : lux

<b>KS</b>	Recommended vertical illuminance is 70lux or more on 85cm at underground parking lot at apartment complex				
<b>IES</b>	<b>Items</b>		<b>Horizontal illuminance(min.)</b>	<b>Uniformity (max./min.)</b>	<b>Vertical illuminance(min.)</b>
	<b>Standard</b>		10	10:1	5
	<b>Entry &amp; ramp</b>	<b>Day</b>	20	10:1	10
		<b>Night</b>	10	10:1	5
	<b>Entry</b>	<b>Day</b>	500	-	250
		<b>Night</b>	10	10:1	5
<b>Emergency stair</b>		20	-	10	
Average illuminance at parking lot : 50 Vertical illuminance on 150cm					

### Ⅲ. 조도 현황 측정

#### 1. 실측개요

아파트의 지하주차장은 건축물의 특성상 넓은 면적에 일정 구간 좌우 또는 구획면적 별로 대칭인 일부분을 선택하여 동일조건으로 가정하여 4점법에 의해 실측하였다.

지하주차장의 조명 실태조사를 하기 위하여 제주시에 소재한 입주가 1년 된 곳과 5년이 경과한 아파트 2곳을 선정하여 주광의 영향을 받지 않는 저녁시간대를 택하여 주차장 바닥면에서의 수평면조도와 높이 85cm와 150cm에서의 수직면 조도를 측정하였다. 주행·주차부, 진입및 경사로에 사용한 조명기구의 외형과 사양은 Table 4와 같이 사용하고 있다[4].

Table 4 The type of luminaires and specification

Place	General space	Entry&ramp
Shape		
Spec.	32W×2,Fluorescent lamp,Ceiling-mounted luminaire 95%:Super-purity aluminium	100W,Sodium lamp Wall-mounted luminaire

## 2. 조도 측정법

다수 점의 조도 측정치에서 측정범위내의 평균조도를 산출하려면 측정범위를 적당한 등면적의 그리드로 나누고, 우선 그리드마다의 평균조도를 산출한 뒤 그들의 평균을 내며, 장소에 의한 조도변화 정도에 따라서 Fig. 3과 같은 각종 방법이 있다.

(a)의 경우는 4점법 평균조도계산법으로 조도변화가 근소할 때 사용하고, (b)의 경우는 5점법(1)로 평균조도계산법으로 약간의 변화가 있을 때 옥외 조도 측정에 주로 사용하고, (c)의 경우는 5점법(2)로 평균조도계산식으로 조도는 약간의 변화가 있을 때 옥내 조도 측정에 주로 사용되며, (d)의 경우는 9점법 평균조도계산법으로 격심한 조도변화가 있을 때 사용한다[6].

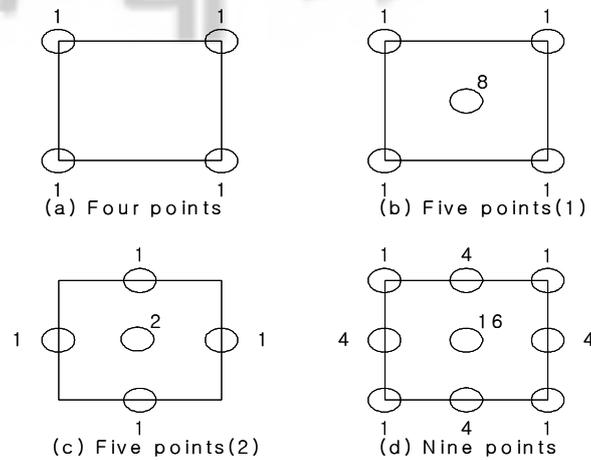


Fig. 3 Calculation method of average illumination

지하주차장 조도실측에서는 약간의 조도변화와 실내에서 주로 사용하는 4점

법을 사용하여 측정하였으며 각 그리드 내에서의 평균조도계산식은 식 (1)과 같다.

$$E_0 = \frac{1}{4} \sum E_i \quad (1)$$

$E_0$  : 평균조도

$E_i$  : 네모서리의 조도 값

### 3. 조도실측 결과

제주시내의 신시가지에 소재한 입주하여 1년 된 곳(A아파트)과 구시가지의 5년이 경과한 곳(B아파트) 들을 선정하여 국내외 조도기준에 적정한지를 비교하기 위하여 수평면 조도와 수직면 조도를 측정하여 각각의 균제도를 구하였다. 각 아파트의 지하주차장은 건축물의 특성상 넓은 면적에 일정 구간 좌우 또는 구획면적 별로 대칭인 일부분을 선택하여 동일조건으로 가정하여 4점법에 의해 실측하였다.

#### 3.1 A아파트의 조도측정

신시가지에 위치한 A아파트인 경우 대칭구역을 확인하여 Fig. 4와 같이 가로 7.6m, 세로 8.4m의 면적에 대하여 정확한 측정을 위하여 정방형에 가깝도록 1.08m×1.2m 크기의 그리드 49개로 분할하여 측정하였다. Fig. 5는 바닥에서의 수평면조도 측정값과 이를 이용하여 계산된 그리드별 조도값을 나타내고 있다. 수평면 평균조도값은 108lux로 기준보다 상회한 값으로 매우 밝게 측정되어 조명상태가 양호함을 보여주고 있다.

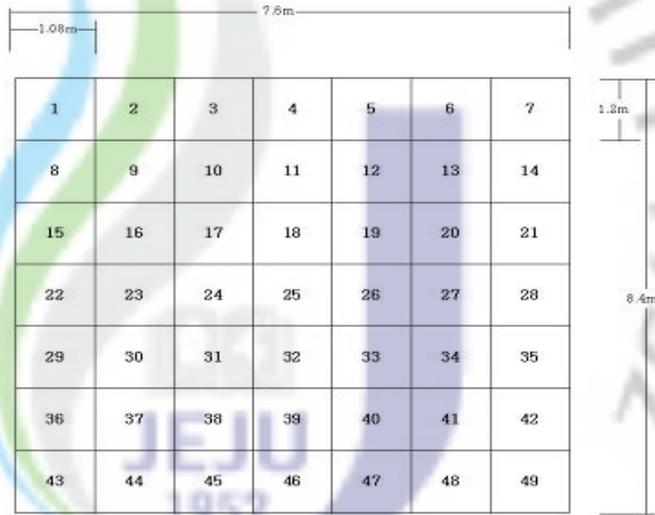


Fig. 4 The number of grid at apartment A

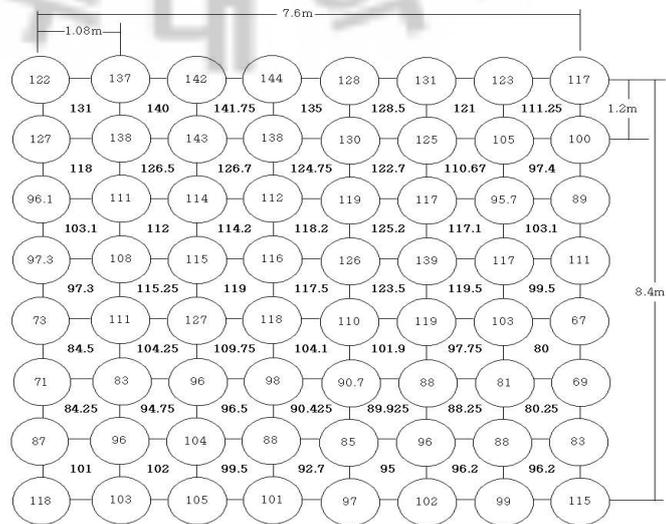


Fig. 5 The measurement of horizontal illuminance value at apartment A

Fig. 6은 150cm높이에서의 수직면조도 측정값과 이를 이용하여 계산된 그리드 별 조도값을 나타내고 있으며 수직면 평균조도값은 133.3lux로 계산되었다.

Fig. 7은 85cm높이에서의 수직면조도 측정값을 보여주고 있고, 계산된 평균 조도는 121lux로 기준값 70lux 보다 높은 조도값을 보이고 있어 조명상태가 양호함을 알 수 있다.

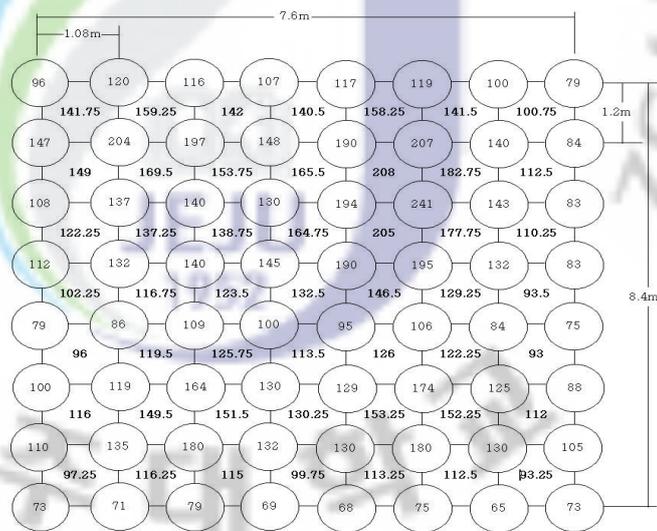


Fig. 6 The measurement of vertical illuminance value on 150cm at apartment A

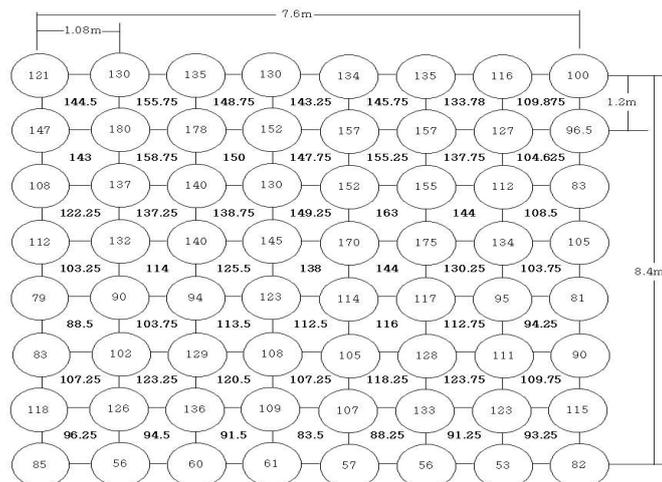


Fig. 7 The measurement of vertical illuminance value on 85cm at apartment A

### 3.2 B아파트의 조도측정

구시가지에 위치한 B아파트인 경우 대칭구역을 확인하여 Fig. 8과 같이 가로 7m, 세로 7.5m에 대하여 1.16m×1.07m 크기의 그리드 42개에 대하여 측정하였다.

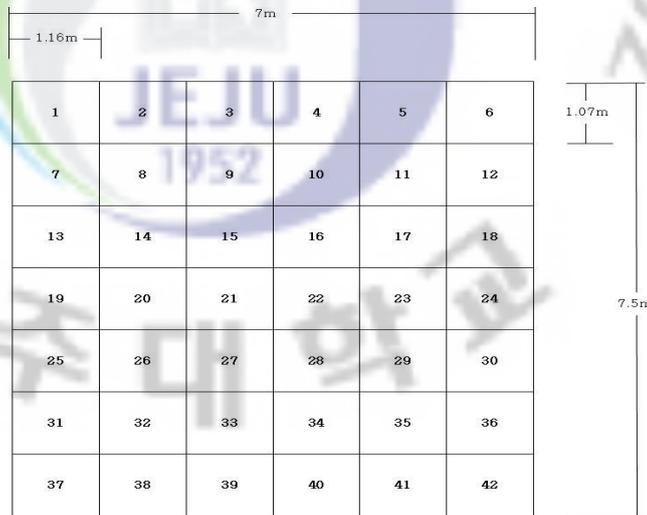


Fig. 8 The number of grid at apartment B

Fig. 9는 수평면조도 측정값과 계산된 그리드별 조도값을 나타내고 있다. 수평면 평균조도값은 46lux로 기준과 비교해 저조한 값을 보여주었다.

Fig. 10 은 150cm높이에서의 수직면조도 측정값과 계산된 그리드 별 조도값을 나타내고 있으며 수직면 평균조도값은 57 lux로 계산되었다.

Fig. 11은 85cm높이에서의 수직면조도 측정값을 보여주고 있고, 계산된 수직면 평균조도는 49.1lux이고 기준값에 크게 미달됨을 알 수 있었다[7].



Fig. 9 The measurement of horizontal illuminance value at apartment B

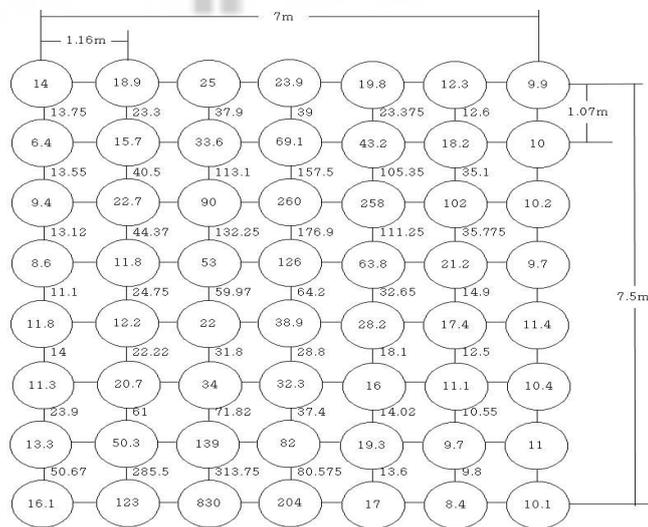


Fig. 10 The measurement of vertical illuminance value on 150cm at apartment B

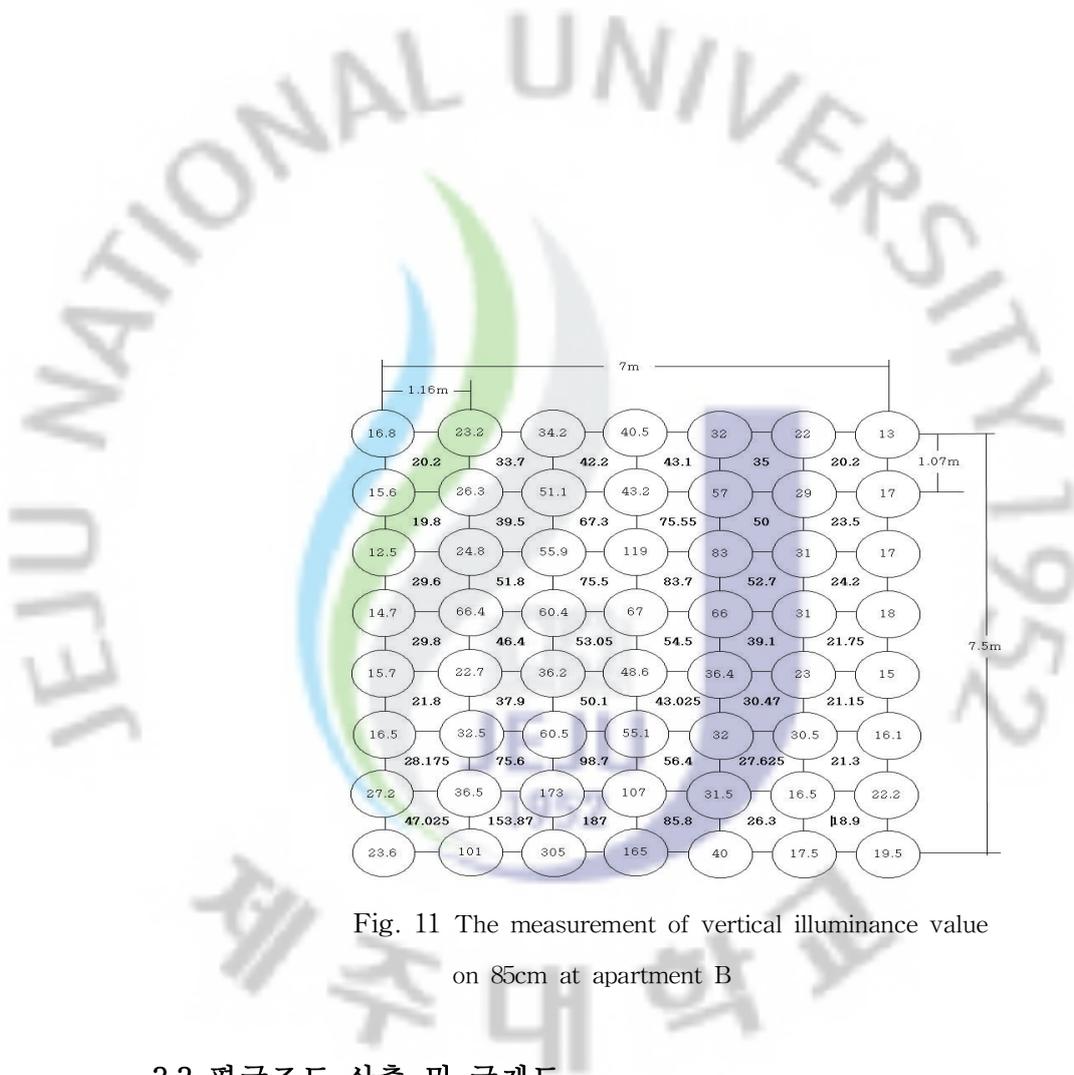


Fig. 11 The measurement of vertical illuminance value on 85cm at apartment B

### 3.3 평균조도 산출 및 균제도

IES 기준값에 따르면 균제도는 최대조도값과 최소조도값의 대비가 10:1을 초과하지 않아야된다. Table 5는 아파트 A와 B의 주차장에서 평균수평면조도값, 평균수직면조도값(85cm)와 수직면조도값(150cm)을 실측에 의해 계산된 값을 보여주고있다.

Table 5 The calculated data by actual measurement

Unit : lux

Place \ Illuminance	Horizotal illuminance	Vertical illuminance (85cm)	Vertical illuminance (150cm)	Uniformity (I)	Uniformity (II)	Uniformity (III)
A Apt.	108	121	133	1.8:1	2.3:1	2:1
B Apt.	46	49	57	4.7:1	10:1	31:1
Uniformity(I) : Uniformity of $E_h$ ( $E_{max}$ : $E_{min}$ ) Uniformity(II) : Uniformity of $E_v$ on 85cm ( $E_{max}$ : $E_{min}$ ) Uniformity(III) : Uniformity of $E_v$ on 150cm ( $E_{max}$ : $E_{min}$ )						

A아파트의 경우 평균수평면조도값이 108lux, 평균수직면조도값(85cm)이 121lux이고 평균 수직면조도값(150cm)이 133lux로 국내의 기준값보다 상회하여 조명의 밝기가 충분한 반면에 균제도(I),(II),(III)에서도 10:1을 초과하지 않아 양호한 상태임을 보여주었다.

B아파트의 경우 평균수평면조도값이 46lux, 평균수직면조도값(85cm)이 49lux이고 평균 수직면조도값(150cm)이 57lux로 국내의 기준값과 비교하면 IES의 주차장 전반 평균조도 50lux보다 낮은 조도값으로 계산되었으며 수직면조도(85cm) 밝기가 규정된 주차장 시행규칙의 70lux보다 아주 미치지 못하는 49lux로 열악한 조명상태를 보여주고 있다.

균제도에서도 10:1, 31:1등으로 균일한 밝기를 제공해주지 못함을 보여주

었다.

이때 B아파트의 CCTV화면상의 화질 상태는 Fig. 12 와 같으며 바닥면 다수 지역에 광원에 따른 바닥 반사광이 나타나 글레어가 있음을 알 수 있었다.



Fig. 12 The photograph of CCTV monitor at apartment B

#### IV. Mock-up을 통한 조도분석

조도실측에 따라 B아파트의 경우 국내외 조도기준과 CCTV화면의 선명도 확인에 따라 기존에 설치되어 있는 32W×2 형광등기구와 동일한 등기구를 가설하여 Mock-up을 실시하였다.

Fig. 13은 Mock-up을 실시한 등기구 외형을 보여주고 있으며 Mock-up을 통하여 B아파트의 조명현황을 분석하였다[8].



Fig.13 The luminaire type of mock-up

##### 1. 등기구 배열

지하주차장의 대칭성을 고려하여 선정된 실측 장소의 등기구 설치 현황은 Fig. 14와 같고 실측장소를 기준으로 하여 좌,우 공간에 32W×2의 등기구 Mock-up을 설치하여 동일한 장소에 대한 등기구 배치 현황은 Fig. 15와 같다. Mock-up(1)인 경우는 기존 등기구를 중심으로 하여 오른쪽에 등기구를 추가로 가설한 경우이며 Mock-up(2)의 경우는 좌·우 양쪽에 등기구를 설치하였으며, 이에따라 조도를 실측하였다.

Luminaire	32W×2, Fluorescent lamp
Existing arrangement	

Fig. 14 The installed luminaires at apartment B

Luminaire	32W×2, Fluorescent lamp
Mock-up (1,2)	

Fig. 15 The installed luminaires by Mock-up

Mock-up(1)인 경우는 기존 등기구를 중심으로 하여 오른쪽에 등기구를 추가로 가설한 경우이며 Mock-up(2)는 양쪽에 등기구를 설치하여 조도를 실측하였다.

## 2. 조도측정과 CCTV화면 분석

Mock-up(1)에 의한 수평면조도 실측값은 Fig. 16과 같고 수평면평균조도값

은 76.3Lux이고 균제도는 4:1을 보여주었고 150cm에서의 수직면조도 실측값은 Fig. 17과 같으며 수직면평균조도값은 78.2lux이고 균제도는 24:1을 보여주었다. 그리고 85cm에서의 수직면 조도 실측값은 Fig. 18과 같으며 수직면평균조도값은 81.7lux이고 균제도는 8.4:1을 보여주었다.

Mock-up(2)에 의한 수평면조도 실측값은 Fig. 19와 같고 수평면평균조도값은 66.5lux이고 균제도는 4.4:1을 보여주었고 150cm에서의 수직면조도 실측값은 Fig. 20과 같으며 수직면평균조도값은 89.6lux이고 균제도는 13.6:1을 보여주었다. 그리고 85cm에서의 수직면 조도 실측값은 Fig. 21과 같으며 수직면평균조도값은 88.1lux이고 균제도는 7.6:1을 보여주었다.

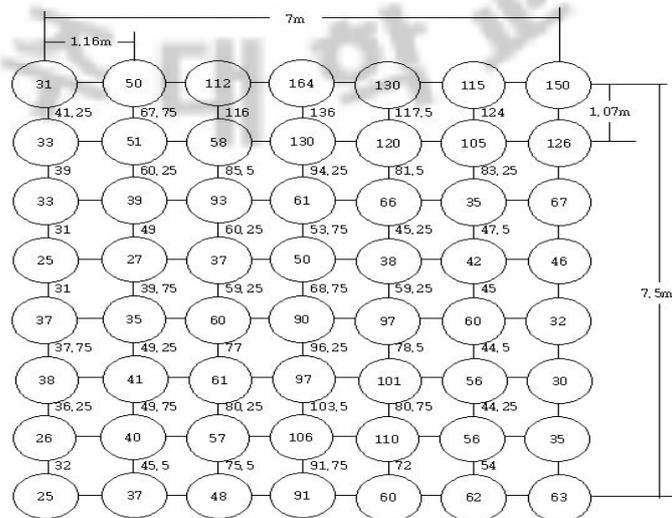


Fig. 16 The horizontal illuminance values by mock-up(1)

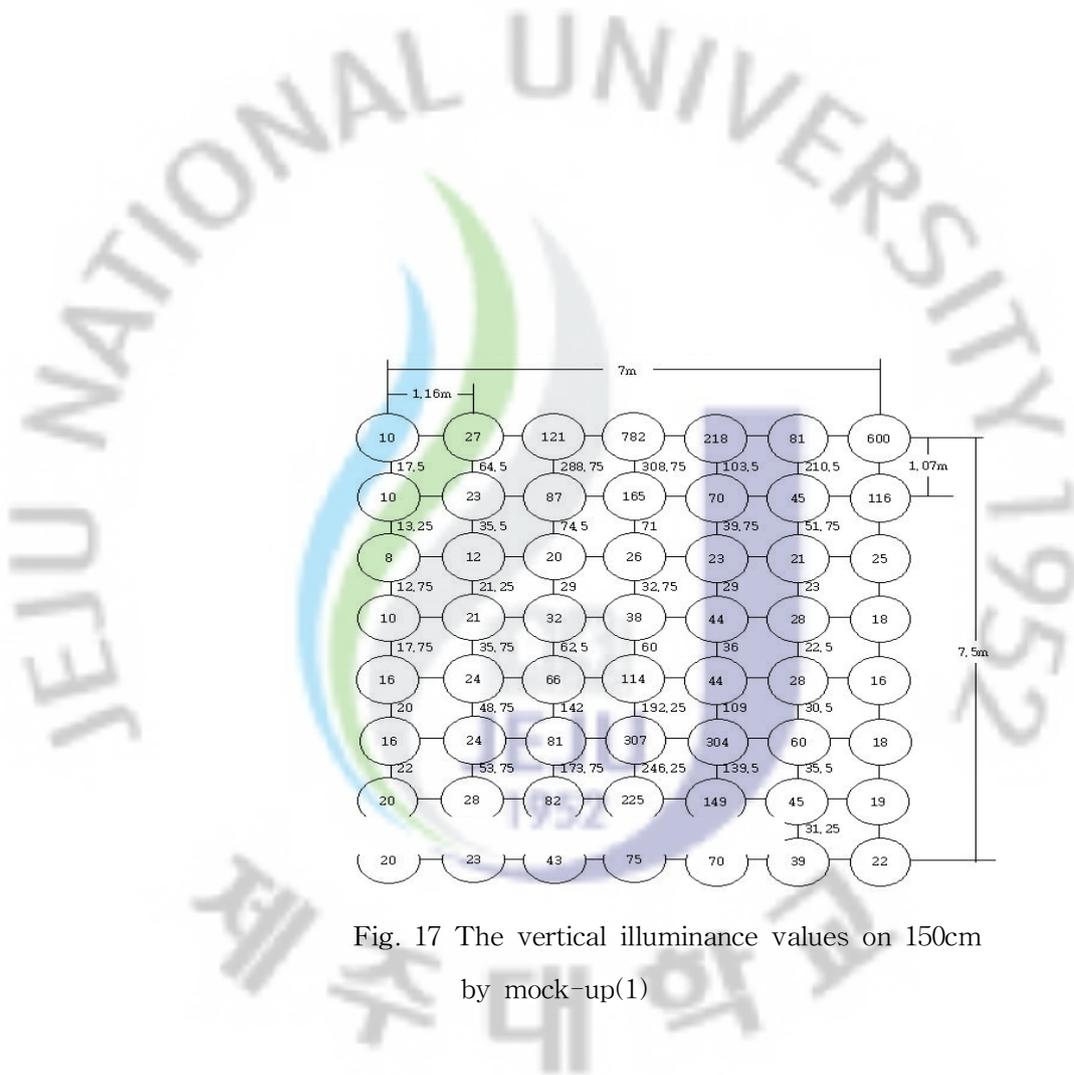


Fig. 17 The vertical illuminance values on 150cm by mock-up(1)

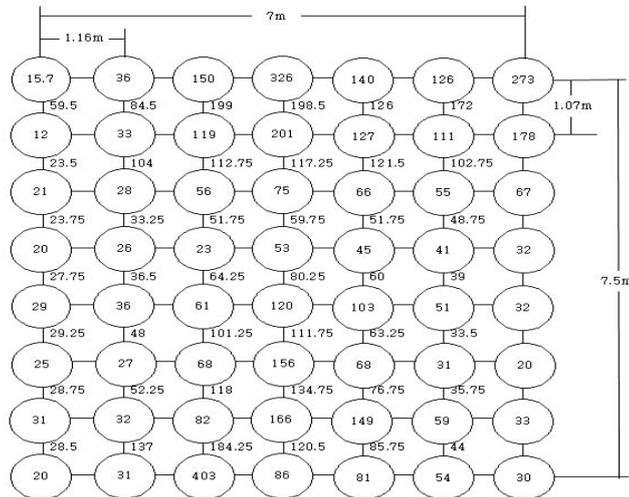


Fig. 18 The vertical illuminance values on 85cm by mock-up(1)

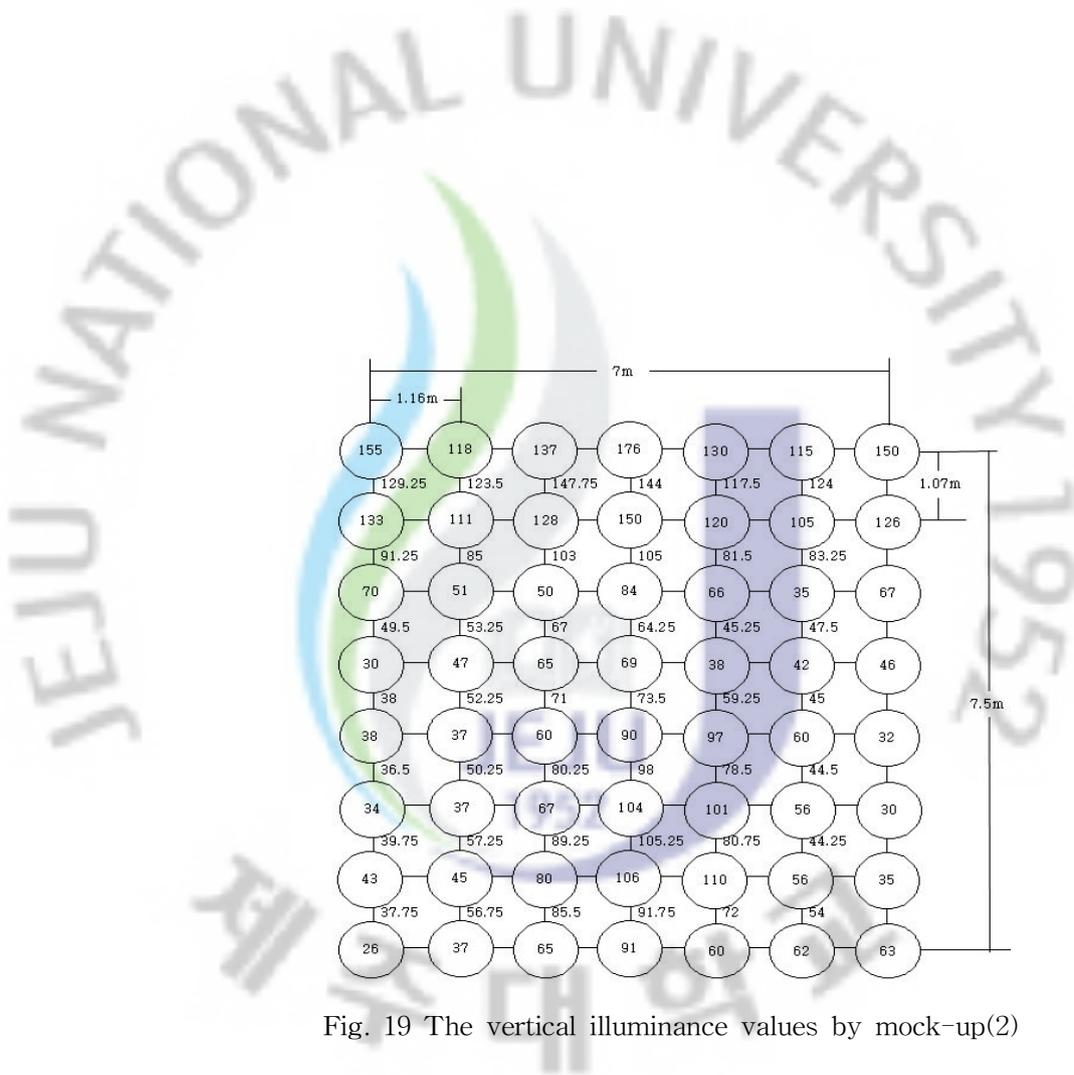


Fig. 19 The vertical illuminance values by mock-up(2)

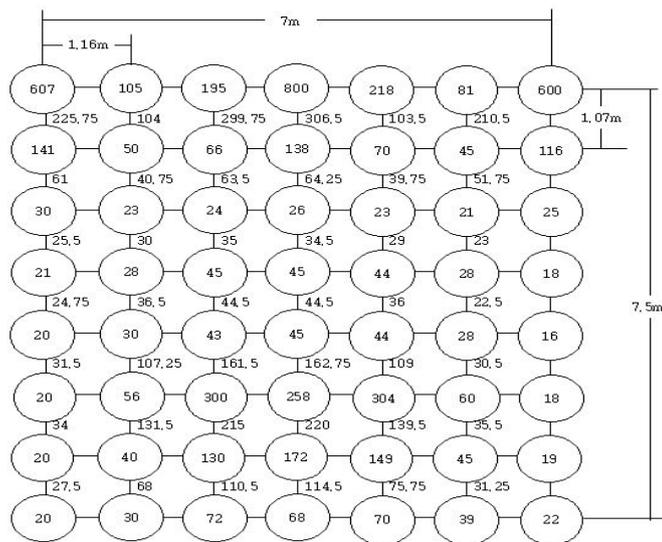


Fig. 20 The vertical illuminance values on 150cm by mock-up(2)



Fig. 21 The vertical illuminance values on 85cm by mock-up(2)

Mock-up을 시행한 후의 조도 실측 결과는 Table 6과 같고 국내외 조도기준과 비교하여 보면 주차장 전반 평균조도 50lux를 상회하고 있으며 85cm의 수직면 조도값 70lux 보다 높은 81.7lux와 88.1lux로 양호한 실측값을 보여주고 있다.

그러나 균제도 (III)에서 24:1과 13:1을 보여주고 있어 조도분포는 균일하지 않음을 알 수 있다. Mock-up을 통한 현장 실측에서 알 수 있듯이 국내외 조도 기준값에 근사한 밝기의 조도를 유지하고 균제도를 안정되게 함이 요구되어지고 있음을 알 수 있다.

Table 6 The calculated results by mock-up

Place Illuminance	Horizontal illuminance	Vertical illuminance (85cm)	Vertical illuminance (150cm)	Uniformity (I)	Uniformity (II)	Uniformity (III)
Existing arrangement (32w×2, 1 lamp)	46	49	57	4.7:1	10:1	31:1
Mock-up(1) (32w×2, 2 lamps)	66.3	81.7	78.2	4.4:1	8.4:1	24:1
Mock-up(2) (32w×2, 3 lamps)	76.3	88.1	89.6	4:1	7.6:1	13:1
Uniformity(I) : Uniformity of $E_h$ ( $E_{max}$ : $E_{min}$ ) Uniformity(II) : Uniformity of $E_v$ on 85cm ( $E_{max}$ : $E_{min}$ ) Uniformity(III) : Uniformity of $E_v$ on 150cm ( $E_{max}$ : $E_{min}$ )						

Fig. 22는 Mock-up(1)의 CCTV화면을 보여주고 있으며 주차장 내부 바닥 반사광에 의한 글레어가 발생하여 눈부심에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

Fig. 23은 Mock-up(2)의 CCTV화면을 나타내고 있고 주차장 내부가 Mock-up(1)보다 선명하고, 글레어도 다소 줄어들었음을 알 수 있다.

그러나 주차장 조명 현황과 CCTV화면의 선명도의 질은 미흡함을 보여주고 있어 안정된 CCTV동작과 선명도를 유지하기 위한 주차장 조명 설계의 적정화 방안이 요구되어지고 있다[8].



Fig. 22 The photograph of CCTV monitor by mock-up(1)



Fig. 23 The photograph of CCTV monitor by mock-up(2)

## V. 조명 시뮬레이션

Mock-up에 대한 조도실측과 CCTV화면 분석 결과를 활용하여 적정한 모델 설계를 위한 시뮬레이션을 실시하고자 한다. 조도실측을 통하여 조명환경이 열악한 B아파트에 대하여 적정한 조명설계를 구현하기 위하여 Autodesk Inc.의 Lightscape를 이용하였다. 시뮬레이션에 적용한 광원은 LED 32W×2와 52W×2를 이용하였고, 등기구의 적절한 배열에 따른 조도분포를 모델링 하였다.

### 1. 조명 모델링

조명 시뮬레이션을 위하여 구시가지에 위치한 B아파트를 대상으로 Fig. 24와 같이 3D Max 툴을 이용하여 3차원 모델링을 실시하였다. 시뮬레이션을 위한 구역은 가로 7m 세로 8m의 바닥면과 주차장 층고는 3m이며 등기구와 바닥면과의 거리는 2.5m이다. 그리고 등기구 간 간격은 3.5m로 설정하여 모델링 하였다.

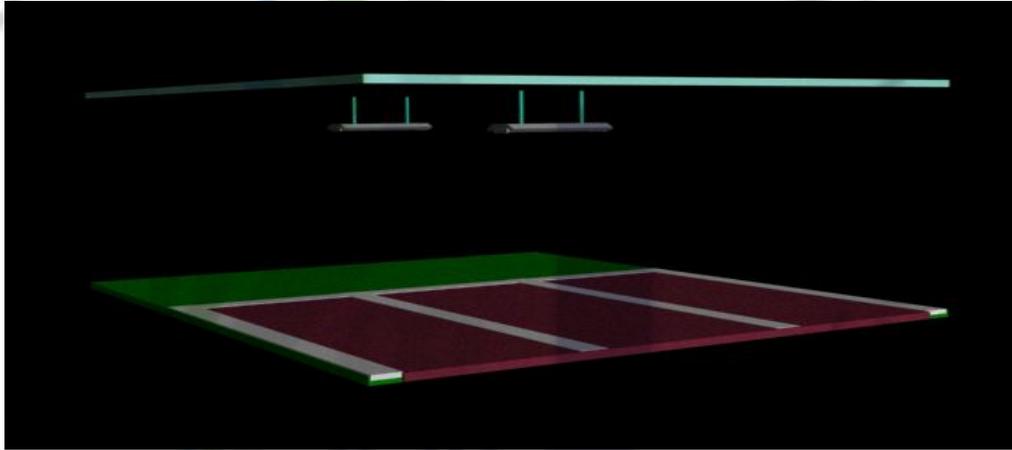


Fig. 24 The 3D modeling for simulation

## 2. 조명 시뮬레이션 분석

기존의 공동주택 단지 주차장에는 주행·주차부에는 대부분 형광등 32W×2의 등기구를 사용하고 있으며 차량이 진입 및 경사로에서는 100W 나트륨 램프 벽부 노출형을 사용하고 있는 실정이다.

모델 설계를 위해 본 논문에서는 LED광원을 이용한 32W×2 등기구 및 52×2 등기구를 적정 배치하여 시뮬레이션을 실시하였다. IES조도기준에 따라 바닥면조도를 기준으로 하여 수평면 전반평균조도 50lux를 고려하고 여러 가지 배열에 따른 배치로 적절한 모델을 제시코자 한다.

32W 등기구의 배광곡선은 Fig. 25와 같고 이를 이용한 32W×2 두 등을 Mock-up(2)와 동일하게 배치하여 시뮬레이션을 실시한 결과 평균조도 78lux, 균제도 4:1을 보여주고 있으며 조도분포도는 Fig. 26과 같다.

32W×2 세 등을 Mock-up(2)와 동일하게 Fig. 27과 같이 배치하여 시뮬레이션을 실시한 결과 평균조도는 87lux이고 이때의 균제도는 5:1을 보여주고 있다.

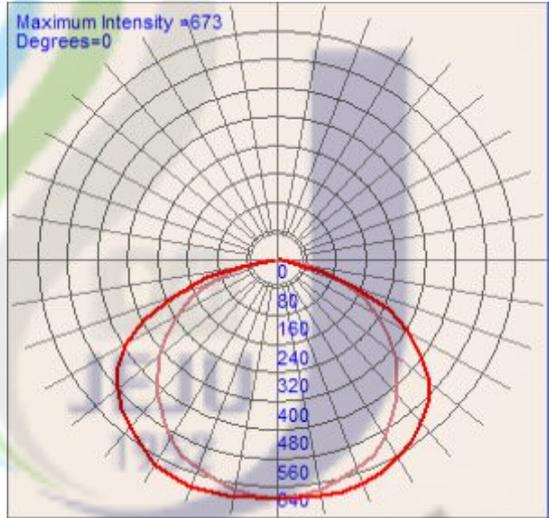


Fig. 25 Distribution curve of luminare intensity in LED 32W×2

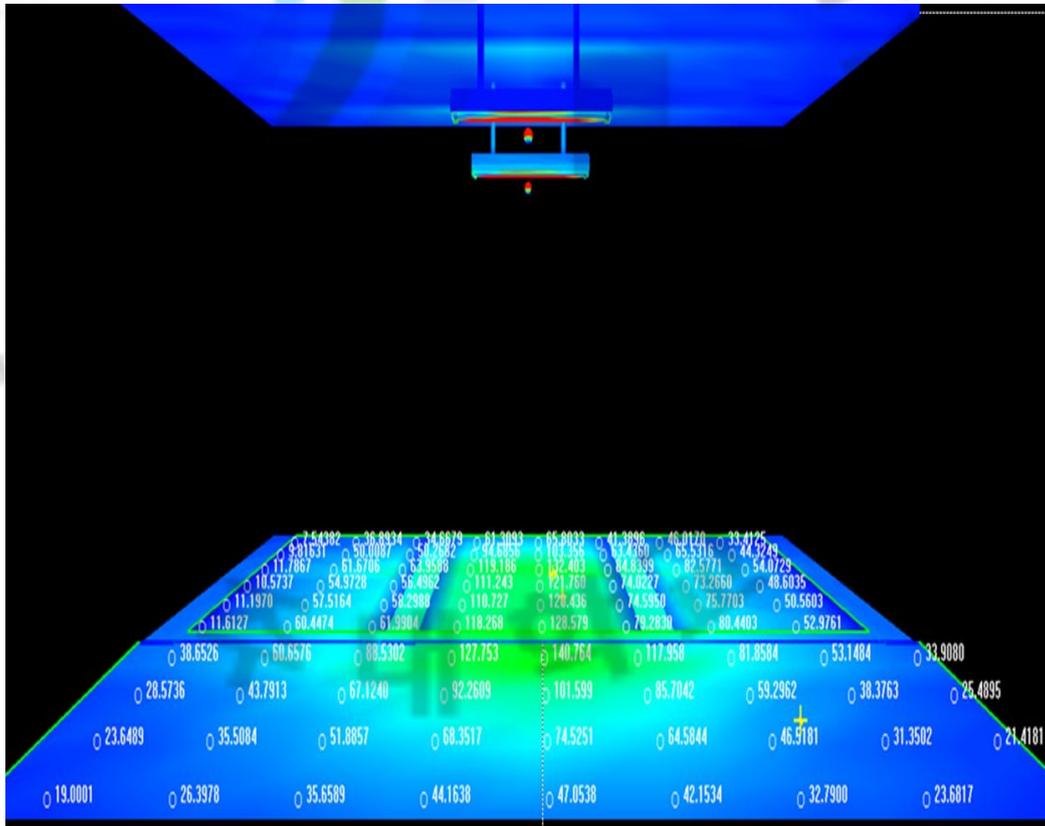


Fig. 26 The simulation results in LED 32W×2 (2 lamps)

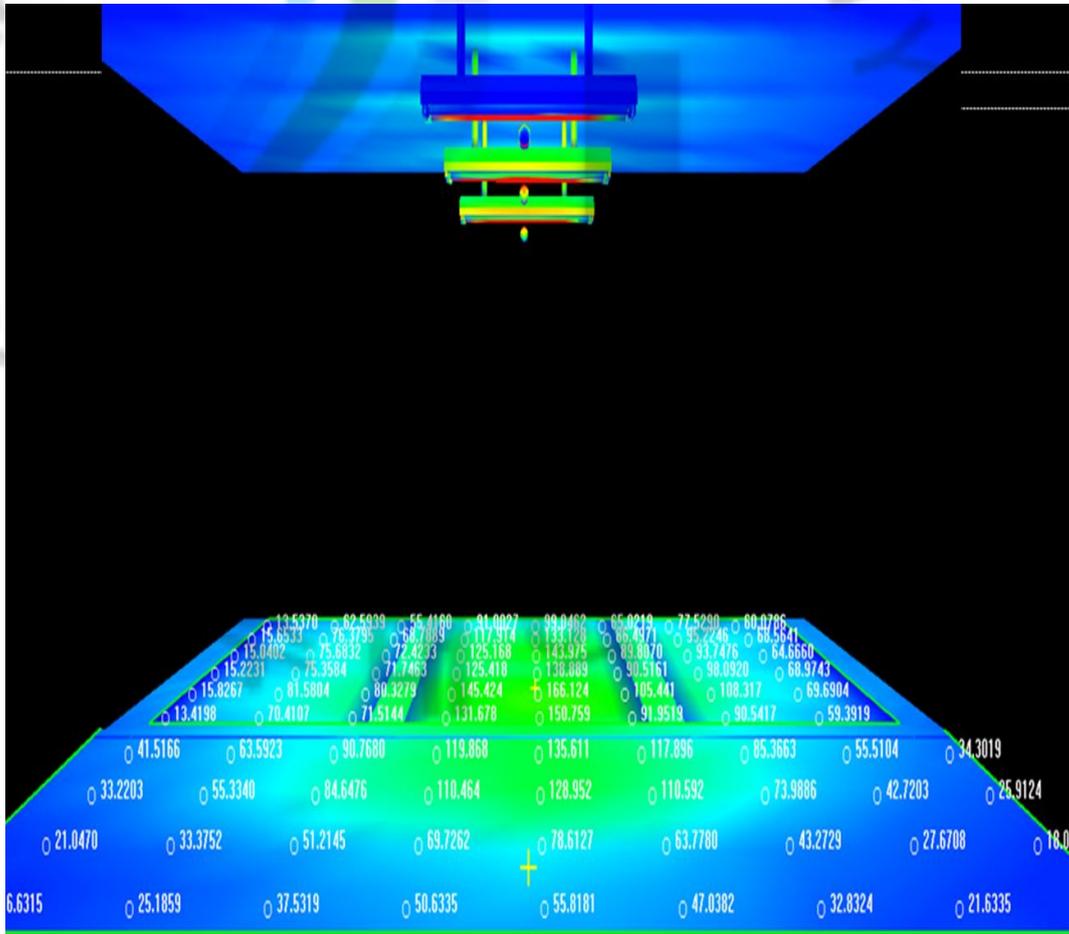


Fig. 27 The simulation results in LED 32w×2 (3 lamps)

52W×2 등기구의 배광곡선은 Fig. 28과 같고 이를 이용한 52W×2 한등을 Fig. 29 와 같이 배치하여 시뮬레이션을 실시한 결과 평균조도 58lux, 균제도가 6.7:1 임을 보였다. 그리고 52W×2 두등을 Fig. 30과 같이 배치하였을 때 시뮬레이션을 실시한 결과 평균조도는 101lux이고 균제도는 6:1 이었다.

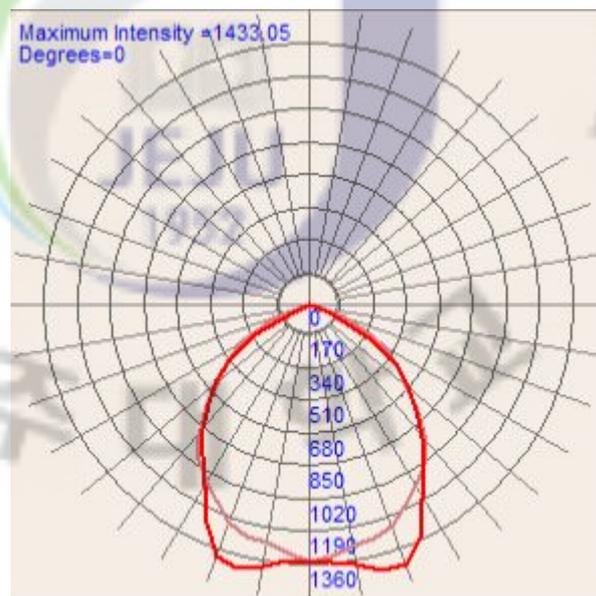


Fig. 28 Distribution curve of luminare intensity  
in LED 52W×2

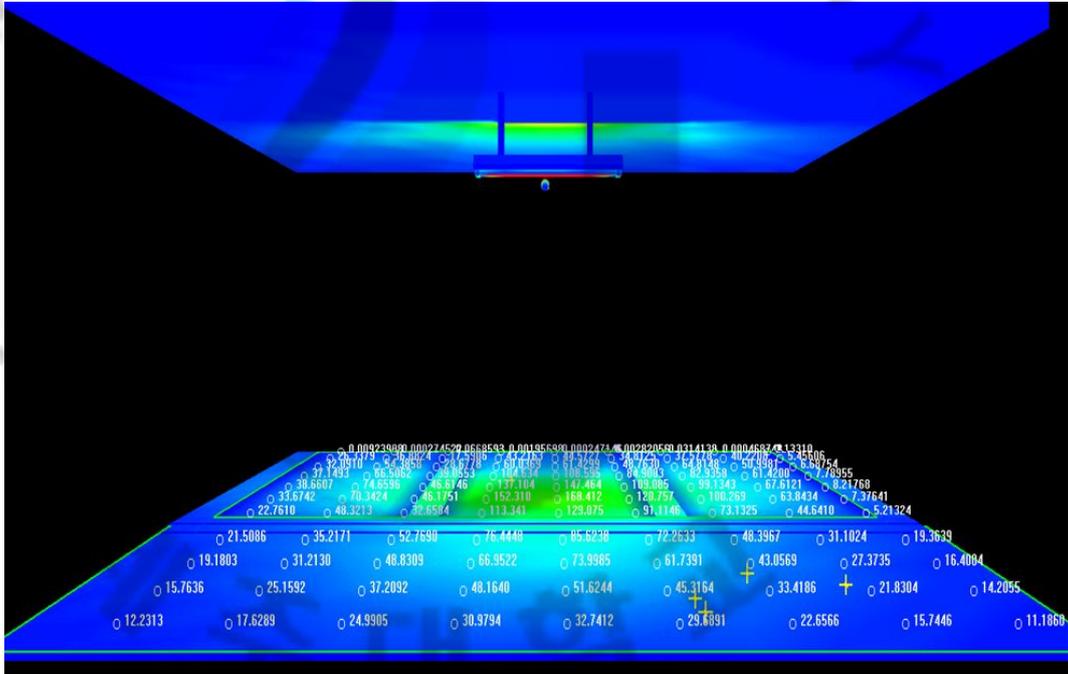


Fig. 29 The simulation results in LED 52W×2 (1 lamp)

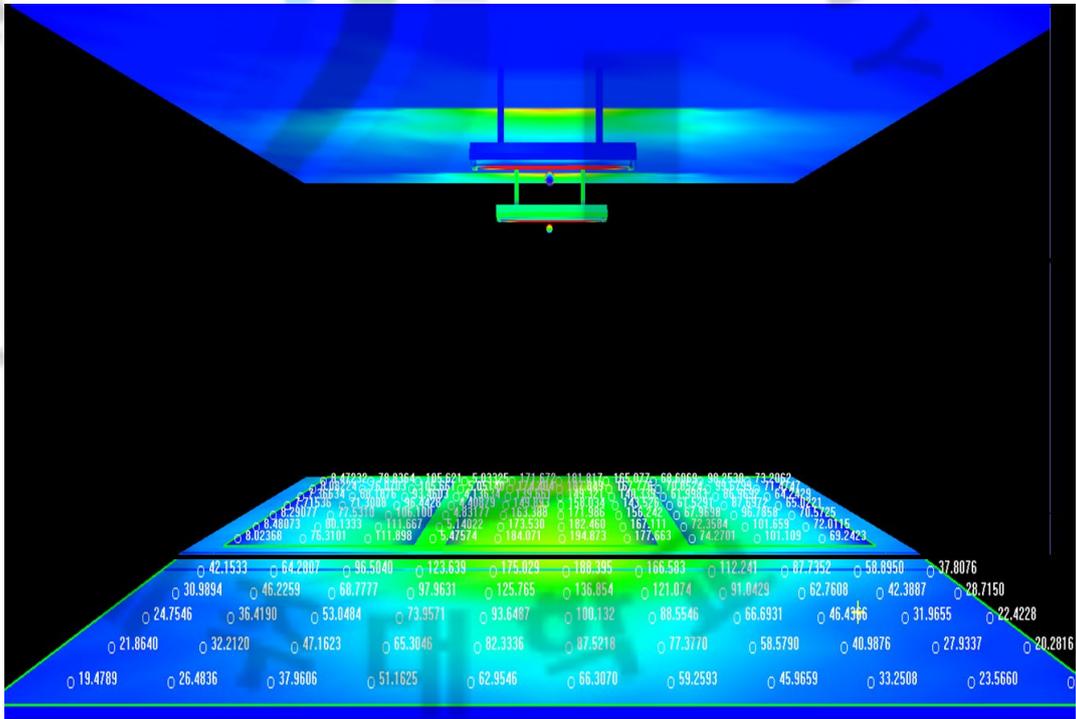


Fig. 30 The simulation results in LED 52W×2 (2 lamps)

시뮬레이션 결과의 데이터를 비교해 보면 Table 7과 같다. 32W×2의 두등을 배치한 경우는 기준값인 평균조도 50lux보다 상회하며 소비전력은 크나 균제도는 양호함을 알 수 있다. 다음의 32W×2의 세등인 때에도 수평면 전반 평균조도가 과다함을 물론 소비전력이 큼을 알 수 있다. 그리고 52W×2의 두등인 경우는 평균조도가 지나치게 과다하여 101lux와 소비전력이 208W로 제일 크다. 52W×2의 한등인 경우는 평균조도 58lux, 균제도 6.7:1 그리고 소비전력도 제일 적은 104W로 양호한 결과를 보여주고 있어 모델설계에 적정한 배치로 분석되었다.

Table 7 The comparison data by simulation

Classification	Average illuminance	Uniformity	Power[W]	Characteristics
32W×2, 2 lamps	78	4:1	128	High power consumption
32W×2, 3 lamps	87	5:1	192	High power consumption and High average illumination
52W×2, 1 lamp	58	6.7:1	104	Low power consumption Good average illumination Good uniformity
52W×2, 2 lamps	101	6:1	208	Extremely high power consumption and average illumination

## VI. 결과 및 고찰

본 논문에서는 지하주차장의 조명모델설계안을 제시하기 위하여 제주시내의 두 아파트에 대한 지하주차장 조명실태를 현장 실측에 의해 조사 분석하였다.

실측 분석에 따라 조명 현황과 CCTV화면 선명도가 열악한 지하주차장을 대상으로 기존의 등기구를 고려한 적절한 배치를 고려한 가설에 의한 Mock-up을 통하여 국내외 조도기준에 부합되도록 조도값을 개선할 수 있었으나 조명의 질적향상을 위한 균제도가 미흡하여 이를 개선함이 요구되어졌다.

그리고 CCTV 카메라 영상이 안정적인 선명도를 유지할 수 있는 조도기준값과 균제도를 고려한 시뮬레이션 분석을 통하여 LED 광원을 도입한 적절한 조명 설계를 제시하였다.

지하주차장의 조명실태를 조사하기 위하여 제주시에 소재한 입주가 1년된 A아파트와 5년이 경과한 B아파트를 대상으로 실측을 하였다. 조명현황평가에서는 A아파트 경우 균제도는 2:1로 양호하나 실측조도치는 국내외 기준을 고려해 보면 수평면 전반평균조도값 50lux에 비해 108lux로 과다하고, 그리고 85cm에서의 수직면 조도값도 기준값 70lux에 비해 121lux로 과다함을 보여줌으로써 조명의 밝기만을 고려한 양적설비에 치중함을 보여주었다.

B아파트의 경우에도 균제도(Ⅲ)에서 31:1로 열악하며 조도값도 기준값에 미달하여 조명상태가 불량함을 알 수 있어 이에따른 개선이 요구 되었다.

B아파트의 열악한 조명상태를 해결하기 위하여 기존에 설치되어 있는 등기구 양쪽 공간에 가설을 통한 Mock-up을 실시하여 조도 실측 후 해석하였다. Mock-up(2)에서 기준조도값에 다소 상회한 조도값과 균제도(Ⅰ), 균제도(Ⅱ)는 양호함을 보여주었고 균제도(Ⅲ)에서 다소 균질한 조도분포에 미달됨을 알 수 있었으나 CCTV 화면의 질은 다소 향상됨을 알 수 있었다.

현장 실측 분석과 Mock-up에 따른 제반사항을 고려한 모델설계가 요구됨에 따라 수평면 전반 평균조도, 균제도 그리고 소비전력등을 고려한 시뮬레이션을 실시하여 등기구배열에 따른 각각의 특성에 대하여 분석하였다.

시뮬레이션 결과로부터 알 수 있듯이 LED 32w×2와 52w×2 를 사용한 모델 설계에서 기준조도값 50lux에 잘 부합되고 균일한 조도분포에 영향을 주는 균제도도 6.7:1로 양호함을 보여주었다. 소비전력도 제일 적은 104W로 52W×2 를 한등 배열한 조명설계가 적절한 설계모델 안임을 보여주었다.

## Ⅶ. 결 론

공동주택단지 내 지하주차장은 거주 용도가 아니므로 환경적인 측면에서 많은 문제점을 내재하고 있으며, 차량과 보행자가 함께 이용하는 공간이므로 우선되어야 할 것은 안전과 보안이다. 이를 위하여 CCTV 카메라가 설치되어 있으나 CCTV 모니터 화질이 나빠 범죄 및 안전사고 예방에 많은 기여를 못하는 실정이다.

안전과 보안에는 빛의 양보다 균일한 조도환경이 요구되어져 균제도 향상과 램프의 특성을 고려한 모델설계 안 제시가 요망된다.

조명설계 안 제시를 위하여 제주시내 2곳의 지하주차장의 조도실측을 통하여 조명실태를 분석하였고 이를 통해 조명 상태가 열악한 B아파트를 대상으로 Mock-up을 실시하여 조도기준에 부합되도록 조도값을 개선할 수 있었다. 그러나, 조명의 질적 향상을 위한 균제도에 있어서는 개선이 미흡하여, CCTV 카메라 영상이 안정적인 선명도 유지가 어려움을 알 수 있었다.

이러한 제반 사항들을 개선하기 위하여 LED광원을 적용한 적절한 배열 및 배치로 지하주차장의 조도기준값에 잘 부합되고, 균질한 조도분포를 유지하기 위한 양호한 균제도 그리고 소비전력 등을 감안하여 적절한 조명설계 모델안을 제시하였다.

이를 토대로 지하주차장 조명설계시 양적 설계를 지양하고, 조명환경의 질적 향상을 통한 안정적 지하주차장의 조명설계 안을 제공할 수 있다고 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김근, 천창 및 인공조명을 이용한 지하공간의 조명계획, 안동대 건축산업기술 연구소 논문지, 7권, pp. 63~64, 2000.
- [2] 장수정, 최안섭, 최성일, 아파트 지하주차장의 조명 운영개선, 한국조명·전기설비 학회학술대회 논문집, pp. 163~164, 2004.
- [3] 지하주차장설치 관계법규, 주차장법 제6조1항, 주차장법 시행규칙 6조 10항.
- [4] 장수정, 최안섭, 주거단지 지하주차장의 조명계획 및 운용방법, 한국조명·전기설비학회논문지, 제19권, 제4호, p. 48, 2005.
- [5] 고영일, 공항 외곽 보안시스템의 적정운영을 위한 조명설계, 제주대학산업대학원 석사학위논문, pp. 3~5, 2010.
- [6] 양완국, 대학 강의실의 최적 조명설계에 따른 경제성 분석, 제주대학 산업대학원 석사학위논문, pp. 12~13, 2003.
- [7] 이기봉, 오성보, 지하주차장의 조명실태조사, 전기·전자·전자파·통신학회 제주지부 합동 학술대회, pp. 50~52, 2010.
- [8] 이기봉, 오성보, 김일환, Mock-up에 의한 아파트 지하주차장의 조명실태 평가, 한국조명·전기설비학회 추계학술대회논문집, pp.132~134, 2010.

## 감사의 글

대학원 생활을 마감하면서 지나온 날들을 뒤돌아보면, 저에게는 너무나 소중한 값진 시간이 아니었나하고 생각해 봅니다.

이 자리를 빌어 모든 분들에게 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

또한 본 논문이 결실을 맺기까지 여러 가지로 부족한 저를 위하여 세심한 지도와 자상한 가르침을 주신 오정보 지도교수님께 머리 숙여 존경과 깊은 감사를 드립니다.

학사일정 및 연구에 바쁘신 일정이신데도 논문심사에 열과 성의로 지도와 조언을 아끼지 않으신 김호찬 교수님, 김세호 교수님 감사드립니다.

그리고 아낌없는 용기와 격려를 해주신 좌종근 교수님, 이개명 교수님, 김일환 교수님께도 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

학회 논문발표에 많은 도움과 조언을 해주신 산업정보대 고봉운 교수님과 장영후기술사님께도 이 자리를 빌어 감사의 말씀을 드립니다.

그리고 조명연구실 조영돈, 김중우, 좌승현 대학원생, 학업에 바쁜 시간을 쪼개며 논문 완성에 도움을 준 김영찬, 송기석, 이재봉, 송상규, 강동협 학부생에게도 감사의 뜻을 전하며 함께한 시간을 마음 속 깊이 간직하겠습니다.

대학원 생활을 잘 할 수 있도록 적극적으로 후원해준 사랑하는 내 인생의 반려자 방인화에게도 미안함과 고마움을 전하며, 이 작은 기쁨을 함께 하고 싶습니다.

사랑하는 내 두 아들 승훈, 승현, “학교 잘 다녀오세요”라고 인사하며 힘이 되어준 내 딸 유정이, 내며느리 강민 엄마, 그리고 많은 도움을 준 양동관군 에게도 고마움을 전합니다.

이외에도 언급하지 못한 분들이 너무나도 많습니다, 그분들의 이름 하나하나를 다 되새기지 못하여 죄송스럽게 생각하고, 앞으로 저를 지켜봐 주시는 모든 분들에게 기대에 어긋나지 않도록 최선을 다해 노력하겠습니다.

감사합니다.