

碩士學位論文

제주시 도로조명 모델링 및 분석

指導教授 吳 性 寶



濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

李 相 根

2006

제주시 도로조명 모델링 및 분석

指導教授 吳 性 寶

이 論文을 工學碩士學位 論文으로 提出함.

2006年 6月 26日

濟州大學校 產業大學院

電子電氣工學科 電氣工學專攻

李 相 根

李相根의 工學 碩士學位 論文을 認准함.

2006年 6月 26日

委員長 金 世 鎬

委 員 金 一 煥

委 員 吳 性 寶



목 차

LIST OF FIGURES	ii
LIST OF TABLES	iv
SUMMARY	v
I. 서 론	1
II. 이론적 고찰	3
1. 도로조명의 기준	3
2. 광원의 선정	4
3. 조명기구의 배열 방식	7
4. 조명기구에 따른 배광특성	10
5. 평균조도 산출법	11
III. 제주도 도로조명 현장실측	13
1. 등기구 설치 현황	13
2. 도로조명 측정	15
IV. 조명 모델링	17
1. 모델선정	17
2. 조명기구의 특성	17
3. 시뮬레이션	20
V. 결과 및 고찰	34
VI. 결 론	36
참고문헌	38

LIST OF FIGURES

Fig. 1 A lighting arrangement	8
Fig. 2 Calculation of average illuminance by four point method	12
Fig. 3 Characteristics of a luminaire on 250w	18
Fig. 4 Characteristics of a luminaire on 400w	18
Fig. 5 Distribution curve of luminous intensity and renring on 250w	19
Fig. 6 Distribution curve of luminous intensity and renring on 400w	19
Fig. 7 The horizontal illuminance distribution for one side arrangement in footcandela(spacing:30m,light sources:250w)	22
Fig. 8 The horizontal illuminance distribution for one side arrangement in footcandela(spacing:30m,light sources:400w)	23
Fig. 9 The horizontal illuminance distribution for one side arrangement in footcandela(spacing:40m,light sources:250w)	24
Fig. 10 The horizontal illuminance distribution for one side arrangement in footcandela(spacing:40m,light sources:400w)	25
Fig. 11 The horizontal illuminance distribution for one staggered arrangement in footcandela(spacing:30m,light sources:250w)	26
Fig. 12 The horizontal illuminance distribution for one staggered arrangement in footcandela(spacing:30m,light sources:400w)	27

Fig. 13 The horizontal illuminance distribution for one staggered arrangement in footcandela(spacing:40m,light sources:250w)	28
Fig. 14 The horizontal illuminance distribution for one staggered arrangement in footcandela(spacing:40m,light sources:400w)	29
Fig. 15 The horizontal illuminance distribution for one opposite arrangement in footcandela(spacing:30m,light sources:250w)	30
Fig. 16 The horizontal illuminance distribution for one opposite arrangement in footcandela(spacing:30m,light sources:400w)	31
Fig. 17 The horizontal illuminance distribution for one opposite arrangement in footcandela(spacing:40m,light sources:250w)	32
Fig. 18 The horizontal illuminance distribution for one opposite arrangement in footcandela(spacing:40m,light sources:400w)	33



LIST OF TABLES

Table 1 Standard illuminance of IESNA	4
Table 2 Classification of light sources using roadway lighting	5
Table 3 Characteristics of HID lamp	6
Table 4 Classification of luminaire from spacing and height	10
Table 5 Characteristics of luminaire by luminous intensity distribution	11
Table 6 The installed status of road lighting at main street	15
Table 7 The measurement of roadway lighting	16
Table 8 Simulation results of illumination model	35



Modeling and Analysis of Roadway Lighting in Jejusi

Sang-Geun Lee

Department of Electronic and Electrical Engineering

Graduate School of Industry

Cheju National University

Supervised by professor Seong-Bo Oh

Summary

Fixed lighting of public ways for both drivers and pedestrians can create a nighttime environment in which people can see comfortably and can quickly and accurately identify objects on the roadway being travelled. Roadway lighting can improve traffic safety, achieve efficient traffic movement and promote the general use of the facility during darkness. The design of a roadway lighting system involves consideration of visibility, economics, esthetics, safety and environmental conditions. Horizontal illuminance is a function of the amount of light striking various parts of the surface and on the vertical angle at which the light travels to the pavement. Illuminance criteria can provide acceptable visual performance. Uniformity is usually expressed in one of three ways. In roadway lighting the average-to-minimum ratio is the usual criteria of interest.

The average-to-minimum point method uses the average luminance of the roadway design area between two adjacent luminaires, divided by the lowest value at any point in the area. This paper shows estimation of horizontal illuminance and uniformity ratio by actual measurement of roadway lighting at main streets in Jeju, and evaluation Jeju of roadway lighting conditions for modeling by computer simulation.



I. 서 론

야간 도로조명은 차량 운전자에게 도로의 형태, 진행방향에 따른 주위 환경을 잘 보이게 하고 장애물을 쉽게 파악할 수 있도록 해준다. 야간 조명이 있는 도로 이용시 안정감을 느끼는 것도 중요한 효과이며 이에 따른 기대 효과로는 교통안전을 도모하고 도로 이용률을 향상시키며 차량운전자와 보행자의 불안감 제거와 피로감을 완화시키는데 기여한다. 그리고 도로면과 그 부근에 존재하는 물체에 충분한 빛을 주어 보행자나 차량 운전자의 보임을 확실하게 하고, 사고와 범죄 등에 대한 위험이 없도록 하며 안전하고 쾌적하게 통행할 수 있도록 하는 것이 도로조명의 기본방침이다.

우선 도로조명의 목적으로는 야간 도로이용자 즉 차량운전자, 보행자에게 시 환경을 개선하여 안전하고 쾌적한 도로교통 환경을 조성 하는데 목적이있으며 그 효과로는 도로 이용을 향상과 차량운전자, 보행자 피로경감, 범죄예방과 감소, 교통안전의 도모 등을 들 수 있다

도로조명의 효과로 미국에서는 고속도로에 조명을 실시하여 야간사고가 40% 감소 되었다는 통계가 있으며, 교통사고 사상자에 대한 보상금, 자동차 수리비 등의 증가를 억제하여 사회비용이 감소되는 반면에 가로등 시설비용과 전력소비량이 증가로 에너지 소비증가를 들 수 있다.(지철근, 2002)

영국통계에 의하면 에너지 소비량 대비 사회비용 절감비용이 약16배에 이른다고 한다. 이러한 손해액을 낮추기 위하여 영국에서는 1975년 1월 에너지 국으로부터 안전과 방법을 위하여 설치된 도로조명의 에너지를 확보하도록 하였으며 미국에서는 1977년에 1974년의 도로조명 레벨 절감 방안을 취소하고 시설의 수는 조명등을 고압나트륨등으로 교체하는 에너지 절감 대책을 수립, 지

시하기도 하였다. (조명디자이너 자격인증교재, 1999) 이렇듯 도로조명이 필수적으로 요구되며, 효율적인 시공과 관리를 위하여 도로조명의 요건들을 갖추어야 한다. 도로조명은 노면의 평균조도가 충분히 높아 장애물을 실루엣으로 잘 보이도록 하여야하며 노면 조도의 균제도가 좋으면 시각이 좋아짐으로 기준치에 요구되는 균제도를 충족하도록 설계하여 양질의 노면 조도를 균일하게 유지하여야 한다. 또한 눈부심을 적게 하여 시각을 좋게 하고 불쾌감, 피로를 최소화해야 한다. 그리고 빛의 유도성을 높여서 도로의 진행방향, 굴곡상황, 위험개소를 예고시켜 운전자에게 심리적으로 안정감을 줘야 한다(지철근의 4, 2004).

더구나 제주시는 동북아 거점도시로써 국제 자유도시를 추진하고 있으며 평화의 섬 선포에 따른 국내·외의 관광객 내도가 해마다 증가하여 차량의 이용이 급증하고 있다. 특히 2006년도를 제주방문의 해로 지정하여, 제주홍보는 물론 관광객 유치 전략을 세워 야간관광 활성화 방안을 수립하고 있어 내방객들의 야간 통행은 더욱 활발하게 이루어질 전망이다. 그러므로 아름다운 도로를 조성함은 물론 원활한 교통소통과 안전도 확보가 중요시 되고 있다.

따라서 본 논문에서는 제주시내의 간선도로에 대한 도로의 폭과 차선, 등기구의 규격 및 종류, 등주의 길이와 간격 등에 대한 현장 실측을 통하여 파악하고 제주시내 중요 도로 4개소에 대한 수평면 조도를 측정하여 조도와 균제도에 대해 평가하고 도심지 주요 도로에 대한 조명 모델링과 컴퓨터 해석을 통하여 제주시의 최적도로 조명 안을 제시하고자 한다.

II. 이론적 고찰

본 장에서는 측정 및 해석에 관련된 북미조명학회(Illuminating Engineering Society of North America ; IESNA)의 도로조명 기준에 따른 수평조도와 균제도에 대하여 제시하였으며 광원의 선정, 사용 장소에 따른 도로의 종류에 대한 광원의 특성을 나타내었다. 또한 조명기구의 배열과 조도평균 산출법에 대하여 기술하였다.

1. 도로조명의 기준

도로조명은 대상도로의 지역구분 및 용도, 도로의 종류, 교통량, 자동차의 주행속도 및 도로주변의 다른 조명의 설치상황 등에 따라 Table 1과 같은 IESNA에 정하는 기준의 수평면조도 및 균제도에 적합한 것이 바람직하다. 중요 도심지 아스팔트 도로기준 상가인 경우 수평면 조도는 17[lux], 변화가 13[lux], 주택지 9[lux]가 기준이며 균제도는 3:1로 정하고 있으며 모델링에 이용한 도로의 구분도 중요 도심지로 분류된다(최홍규외 7, 2005).

Table 1 Standard illuminance of IESNA

Road and area classification		Horizontal illuminance (Avg)	Uniformity (Eavg:Emin)	Road surface class
Major	Commercial	17	3 : 1	R2, R3
	Intermediate	13		
	Residential	9		
Collector	Commercial	12	4 : 1	R2, R3
	Intermediate	9		
	Residential	6		
Local	Commercial	9	6 : 1	R2, R3
	Intermediate	7		
	Residential	4		

R2: Asphalt road surface with mixed an aggregate composed

R3: Asphalt road surface specular with dark aggregates

2. 광원의 선정



육외 조명에서 도로, 광장, 터널 공원등과 같은 곳에 사용하는 광원은 광원의 효율, 광속, 광색, 배광제어등과 같이 특성과 수명, 유지보수 및 관리의 용이성 등 관리적인 특성 및 사용 환경에 적합성 등을 종합적으로 검토하여 선택하여야 한다. 일반적으로 수은등, 나트륨등, 메탈 할라이드등을 주로 사용하며, 고속도로, 간선도로, 교량, 안개가 많은 지역 등에서는 유도성이 강하고 광속이 많은 나트륨등을 많이 사용한다(최경호, 2005).

Table 2 Classification of light sources using roadway lighting

Area	Light sources
Roadway lighting	High pressure sodium lamp, Metal halide lamp Low pressure sodium lamp
Tunnel lighting	Low pressure sodium lamp, High pressure sodium lamp Metal halide lamp, Fluorescence lamp
Exterior lighting	Metal halide lamp, High pressure sodium lamp, Xenon lamp , High pressure mercury Fluorescence lamp

고압나트륨등은 전광속이 50,000[lm], 효율이 139[lm/w], 정격수명이 12,000시간 등으로 효율과 수명이 좋아 도로조명에 주로 많이 사용된다.

Table 2 는 도로조명에 사용되는 광원에 대하여 나타내었다.(최경호외 2, 2005)

고압 나트륨등은 광원 효율이 높고 수명은 12,000시간정도, 공장, 체육관등의 조명에 사용하며 메탈 할라이드 램프는 일반용, 광화학용, 식물 육성용, 어업용 등으로 사용 저압 나트륨 등은 램프효율이 높고, 수명은 9,000시간 정도이며 도로나 터널조명등에 한정 사용되며 형광등은 점등장치를 필요로 하지만 광이 질이 높고, 취급이 용이하며 고효율로 경제적인 광원이다.

효율은 광원과 안정기의 전력손실이 포함된 종합 효율이고, 주위온도의 영향을 받으며 형광수은램프, 고압나트륨 램프, 저압나트륨 등 2중관은 대부분 주위온도의 영향을 받지 않지만 형광램프는 주위온도에 따라 효율에 영향을 받는다. 또한 광색과 연색성이 좋은 것은 운전자에게 쾌적한 운전을 할 수 있는 조건이지만 안개에 대한 광원이 보임은 백색광원보다 등황색이 우수하다.

도로조명에 주로 쓰이는 고압방전등(high pressure discharge lamp)은 고압 가스나 증기중의 방전에 의한 발광을 이용한 방전등으로 대표적인 것은 고압 수은램프, 형광수은램프, 메탈 할라이드 램프, 고압나트륨램프, 크세논 램프등이다.

방전등은 고휘도 광원이므로 특히 고압수은등, 메탈 할라이드등 및 고압나트륨 등을 고휘도 방전등(high intensity discharge lamp : HID)이라 부른다(오성보,2005).

Table 3 은 HID램프 메탈할라이드 램프, 형광수은램프, 고압나트륨램프 특성을 비교한것이며 이중 도로조명에는 전광속 50,000[lm], 정격수명 12,000[h], 램프효율 139[lm/w]등으로 양호하여 모델링에서는 고압나트륨등을 선정하여 사용하였다

Table 3 Characteristics of HID lamp

Characteristics Lamp type	Watts [W]	Total luminous flux[lm]	Efficiency [lm/w]	Roted average life[h]	Color temperature [k]	General color remdering index [Ra]	Ballast
Metal halide lamp (M400-L-J/Bu)	400	40,000	100	9,000	4,000	65	Mercury lamp ballast
Metal halide lamp (MLBOC400C-u)	400	32,000	80	6,000	6,000	90	Private ballast
High pressure mercury Flourescen lamp(HF400-W)	400	22,000	55	12,000	4,200	50	Mercury lamp ballast
High pressure sodium lamp(NH360-L)	360	50,000	139	12,000	2,050	25	
High pressure sodium lamp(NH360기)	360	38,000	106	12,000	2,150	60	

3. 조명기구의 배열 방식

조명기구의 배열방식에는 Fig. 1과 같이 4가지 방식이 있으며, 이는 도로의 제반여건과 조명효과를 설계에 반영하여 선택하게 된다.

한쪽배열은 차도 폭이 가로등 등주의 높이와 같거나 좁을 때 사용하는 배열로써 한쪽에 나란히 시설하는 배열이고, 지그재그 배열은 차도 폭이 가로등 등주의 높이에 비하여 1배와 1.5배 사이인 경우에 도로 한쪽에 번갈아서 시설하는 배열이며 마주보기배열은 차도 폭이 가로등 등주의 높이에 비하여 1.5배 이상인 경우 도로의 양측에 설치하여 마주보게 하는 배열방식이다.

또한 중앙배열은 중앙분리대가 넓거나 도로의 폭이 넓어 중앙에 2등을 설치하는 경우로써 한쪽배열을 한 것으로 본다.

도로구조의 특성상 중앙분리대를 중심으로 양쪽 중앙에 분리 화단을 설치한 중앙 이중 배열도 있지만 이는 중앙배열로 간주된다.(최홍규외 7, 2005)



One side arrangement	
Staggered arrangement	
Opposite arrangement	
Span wire arrangement	
Twin-central and opposite arrangement	

Fig. 1 A lighting arrangement

배열방식에 따른 등기구의 설치높이, 오버행 및 경사각도, 기구의 설치높이는 원칙적으로 10[m] 이상으로 하며 일정하게 한다. 등기구의 오버행은 가능한 짧게하는 것이 바람직하다. 등기구의 경사각도는 0° 이상 5° 이하로 한다

1) 도로형태에 따른 등기구 배열방식

(1) 도로직선부 등기구 배열

한쪽배열, 마주보기배열, 지그재그배열 3종류가 있으며 차도폭, 등기구 설치높이에따라 선정한다.

(2) 곡선부 배열

곡률반경 반지름이 1,000[m] 이하인 곡선부에서 등기구 배열은 유도성을 위해 한쪽배열이나 마주보기 배열로하고 한쪽배열인 경우 곡선 바깥쪽에 등기구를 설치하고 중앙분리대가 있는 경우에는 중앙배열로 한쪽배열 2배로본다

(3) 특수한곳

일반 직선부에 따르며 교차점, 합류점, 분류점 부근에서는 접근하고 있는 자동차의 운전자가 쉽게 알 수 있도록 하고 횡단보도 부근에서는 보행자 상황을 쉽게 판단할 수 있도록 하여야 하며 다리 조명은 연속될 도로에 설치하여야 할 조명을 준용 철도 건널목 횡단보도 기준을 적용하고 철도차량 승무원이 눈부심을 줄일 수 있어야한다

기타 입체교차부, 도로 폭이 급변하는 곳, 선모양이 급변하는 곳, 버스정거장, 주차장 및 휴게시설 등은 운전자가 급변하는 장소의 상황을 멀리서도 잘 파악할 수 있도록 국부 조명을 하여야 한다(최홍규외 7인, 2005).

2) 조명기구의 높이 및 간격

조명기구의 배열은 차도의 폭[W]에 대한 부착높이(H)와 등간격(S)의 관계는 조명기구의 배광에 의하여 결정되며 Table 4 는 배열방식에 따라 컷오프, 세미 컷오프, 넌 컷오프의 배광방식에 따른 조명기구의 높이와 간격을 나타내고 있다.

우리가 시뮬레이션에 적용한 곳은 세미 컷오프형으로 한쪽배열, 지그재그배열, 마주보기 및 중앙배열로 시설 되어있는 지역을 선정하여 실시하였다

Table 4 Classification of luminaire from spacing and height

Classification of luminaire	Cut-off		Semi-cut-off		Non-cut-off	
	H	S	H	S	H	S
One side Arrangement	1.0W or more	3H or less	1.2W or more	3.5H or less	1.4W or more	4H or less
Staggered Arrangement	0.7W or more	3H or less	0.8W or more	3.5H or less	0.9W or more	4H or less
Opposite and Span Wire Arrangement	0.5W or more	3H or less	0.6W or more	3.5H or less	0.7W or more	4H or less




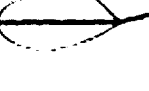
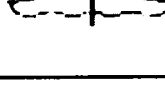

4. 조명기구에 따른 배광특성

조명방식 및 기구 도로조명에 사용하는 배광은 사용 장소의 명암 노면휘도의 균제도, 눈부심을 고려하여 결정하여야 한다.

도로조명 방식으로는 폴(pole) 조명방식, 하이마스트(high-mast) 조명방식 구조물설치 조명방식 및 커티너리 조명방식 등이 있고 사용되는 등기구로는 배광형식에 따라 컷오프형, 세미 컷오프형 및 넌 컷오프형으로 기구의 모형에 따라 하이웨이(highway)형, 현수(bracket)형 및 주두(pole head)형으로 구분한다.

사용되는 등기구의 배광방식에 따라 Table 5 에 나타냈으며 도로조명 모델링에 적용한 배광방식은 일반적으로 눈부심을 어느 정도 제한하는 등기구로 주위가 밝은 세미 컷오프형 방식을 적용하였다(최홍규외 7, 2005).

Table 5 Characteristics of luminaire by luminous intensity distribution

Method of luminous intensity distribution	Distribution curve of luminous intensity	Model of luminaires	Characteristics
Cut-off			·Precise limitation of glare ·Application of mainstreet
Semi-cut-off			·Limitation of glare ·Application of general street
Non-cut-off			·Do, not limit glare ·Use of specific place

5. 평균조도 산출법

조명의 계산에는 광속법, 구역공간법, 영국 구대법(BZM), 국제 조명위원회 CIE법이 있으며 CIE법 중 4점법, 5점법, 9점법이 있고, 도로조명에는 4점법을 적용하며 그 외는 옥내조명에 사용되는 계산법이다. 그 중 도로조명의 조도측정은 4점법을 이용하며, 평균조도는 단위 구역마다 평균조도를 구하고 그 지역 평균치를 전 측정범위의 평균조도로 한다.

다만 내점의 조도, 모퉁이 점과 변점의 조도비가 4이하로, 조도분포가 거의 한결같은 경우는 Fig. 2와 같이 모퉁이 점, 내점과 변 점을 고려한 단위구역을 구분하여 실측하며 이때의 평균조도계산식은 각 점을 고려한 식(1)을 이용하여 구할 수 있다.

$$E = \frac{1}{4MN} \sum E_i \dots\dots\dots(1)$$

$$E_i = \sum E_{\square} + 2\sum E_{\Delta} + 4\sum E_{\circ} \dots\dots\dots(2)$$

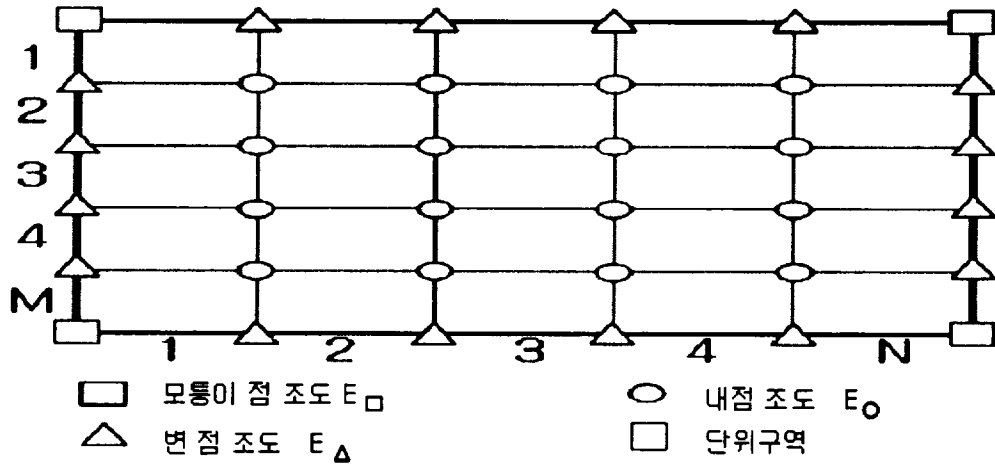


Fig. 2 Calculation of average illuminance by four point method



균제도는 어떤 면 위에 존재하는 조도값 중 한정된 범위에서 평균 조도치에 대한 최소 조도치를 말하는 것이 일반적이다. 즉 균제도는 최소조도/평균조도, 최소조도에 대한 최대조도의 비, 최대조도에 대한 평균조도의 비를 이용하는 경우도 있다.

Ⅲ. 제주시 도로조명 현장실측

정확한 현장 측정 데이터의 신뢰도를 확보하기 위하여 제주시 중요 간선도로인 연북로, 연삼로, 신대로, 용문로, 탑동로, 중앙로, 서사로 및 제주도의 첫 관문인 공항로를 대상으로 차도의 폭, 폴간격, 폴 높이 및 등기구 배열등을 측정을 통하여 조사하였으며 이를 근거로 중요 도로의 조명 실측을 실시하였다.

1. 등기구 설치 현황

제주시 중요 간선 도로인 연북로, 연삼로, 신대로, 용문로, 탑동로, 중앙로, 서사로 및 제주도의 첫 관문인 공항로를 대상으로, 현장을 조사하여 그중 주요 도로로 인식되는 지점의 도로조도 측정을 위하여 도로 및 가로등 설치현황을 조사하였다. 제주시내 도로 중 중앙로, 탑동로, 서사로, 연삼로, 연북로, 신대로, 공항로, 용문로 8개 도로조명 설치 현황을 조사하였으며 제주시 간선 도로의 가로등 설치현황은 Table 6 과 같다.

중앙로의 경우 차도 폭 6.5[m], 폴 간격 45~48[m], 폴 높이 10[m], 인도 2.7[m]로 실측되었고, 마주보기 배열되어 있었다.

탑동로는 차도폭 7.5[m], 폴 간격 38~40[m], 폴 높이 10[m], 인도 2.5[m], 화단 2.3[m] 한쪽배열,

연북로는 차도폭 11[m], 폴 간격 34~36[m], 폴 높이 10[m], 인도 2.2[m], 화단 2.0[m], 중앙분리대 2.8[m], 마주보기 또는 중앙배열로 시설되었으며

연삼로는 차도폭 11.2[m], 폴 간격 35~37[m], 폴 높이 7.5[m], 인도 2.2[m],

화단 1.4[m], 마주보기,

신대로는 차도폭 10.2[m], 폴 간격 33~35[m], 폴 높이 8.2[m], 인도 3.2[m], 화단 3.2[m], 중앙분리대 2.0[m], 마주보기 및 중앙배열혼합,

용문로 차도폭 7.4[m], 폴 간격 38~40[m], 폴 높이 6.5[m], 인도 2.3[m], 화단(1)1.9[m], 화단(2) 1.7[m],

공항로 차도 폭(1) 6.9[m], 차도 폭(2) 5.0[m], 폴 간격 35~38[m], 폴 높이 13[m], 인도 2.3[m], 화단 1.7[m], 중앙이중배열,

서광로 차도폭 12.2[m], 폴 간격 35~37[m], 폴 높이 10[m], 인도 2.5[m], 화단 1.8[m], 마주보기배열로 시설 되었다.

대부분의 도로는 편도 2차선 이었으며 중앙 분리대는 반 이상이 미설치 되어 있었다.

폴 간격은 33[m]에서 40[m]이내의 거리를 두고 설치되었음이 확인 되었고, 폴 높이는 대부분이 10[m]이하로 측정 되었다.



Table 6 The installed status of road lighting at main street unit : [m]

Road class	Side walk	Garden	Moter way	Tree lawn	Spacing	Mounting height	Lighting arrangements		
Yeon bukno	2.2	2.0	11	2.8	34~36	10	Span Wire and Opposite arrangement		
Yeon samno	2	1.4	11.2	-	35~37	7.5	Opposite arrangement		
Sin daero	3.2	3.2	10.2	2.0	33~35	8.2	Span Wire and opposite arrangement		
Yong munno	2.3	1.9	7.4	-	38~40	6.5	Opposite arrangement		
Tap dongno	2.5	2.3	7.5	-	38~40	10	One side arrangement		
Jung angno	2.7		6.5	-	45~48	10	Opposite arrangement		
Seo saro	2.5	1.8	12.2	-	35~37	10	Opposite arrangement		
Road class	Side walk	Garden	Moter way	Garden	Moter way	Tree lawn	Spacing	Mounting height	Lighting arrangements
Gong hangno	2.3	1.7	5.0	1.9	6.9	1.8	35~38	13	Twin-central and opposit arrangemente

2. 도로조명 측정

제주시 주요 간선도로인 중앙로, 탐동로, 연복로 및 공항로를 대상으로 2005년 8월 22일 부터 27일 까지 7일간에 걸쳐 심야시간대 24:00~02:00까지 야간 달빛이 없을 때 간접조명을 피하고 안전을 위하여 차량이 통행이 적은 시간대 수평면 조도를 현장 실측하였다. 중앙로인 경우 수평면조도 17.8 균제도 3.6:1,

탑동로인 수평면조도 15.0 균제도 4.5:1, 연북로 수평면조도 16.9 균제도 3.4:1 공향로 수평면조도 10.8 균제도 4.7:1로 나타났으며 이를 Table 7 과 같이 수평면평균조도와 균제도를 작성하였다.

Table 7 The measurement of roadway lighting

Road class	Horizontal illuminance	Uniformity (Eavg:Emin)	Lighting arrangements
Jung angno	17.8	3.6 : 1	Opposite arrangement
Tap dongno	15.0	4.5 : 1	One side arrangement
Yeon bukno	16.9	3.4 : 1	Span wire and opposite arrangement
Gong hangno	10.8	4.7 : 1	Span wire and
Avg.	15.13	4.0 : 1	-

조명 실측을 통하여 볼때 중앙로와 연북로는 기준조도 17[lux], 균제도가 3:1 인데 각각 실측치 수평면 평균조도 17.8[lux] 및 16.9[lux]이었고 균제도는 각각 3.6:1 및 3.4:1로 양호하였으며, 탑동로 및 공향로는 기준조도 17[lux] 및 13[lux] 이고 균제도가 3:1인데 비해 각각의 실측치 수평면 조도는 15[lux] 및 10[lux] 이었고 균제도는 각각 4.5:1 및 4.7:1로 기준에 미달하여 도로조명 실태가 열악함을 알 수 있었다.

연북로는 신설 지구로써 제반상태가 양호함과 동시에 조도치도 최적임을 보여 주었다. 또한 균제도도 양호함을 실측을 통해 알 수 있었으나, 최대조도와 최소조도의 격심한 차이를 보인 측정점에서는 설계시 고려됨이 바람직하다.

IV. 조명 모델링

1. 모델링 선정 이유 및 방법

제주의 관문인 공항로와 관광명소로 다수인의 통행이 많은 제주시내 탐동로와 중심 간선도로인 중앙로, 외각간선 도로인 연복로 도로조명을 실측을 통하여 분석한 결과 공항로인 경우 수평면 조도 기준 13[lux] 균제도 3:1에 비하여 실측치는 수평면 조도는 10[lux], 균제도 4.7:1로, 탐동로는 수평면 조도기준 17[lux] 균제도 3:1에 비하여 수평면 조도는 15[lux] 균제도 4.5:1로 기준치에 미달하여 열악함을 알 수 있었다. 따라서 이들 수평면 조도 및 균제도가 열악한 도로 중 시내 중심이며 관광명소로 다수인의 통행이 많은 탐동로를 모델로 선정하여 Light Technologies Inc의 Lumen Designer를 이용하여 시뮬레이션을 실시하게 되었다.



2. 조명기구의 특성

시뮬레이션에 사용한 등기구의 특성은 Fig. 3과 Fig. 4와 같으며 이때 사용한 250[W]의 고압 나트륨 등기구의 배광곡선 및 랜더링은 Fig. 5와 같고 400[W] 고압나트륨 등기구의 배광곡선 및 랜더링은 Fig. 6과 같다.

250[W] 고압나트륨등의 최대광속은 12,903(cd), 반사판은 알루미늄 반사판이며 플라스틱 재질의 렌즈 사용하였고, 400[W] 고압나트륨등의 최대광속은 18,250(cd), 반사판은 알루미늄 반사판이며 유리재질의 렌즈 사용하였다.

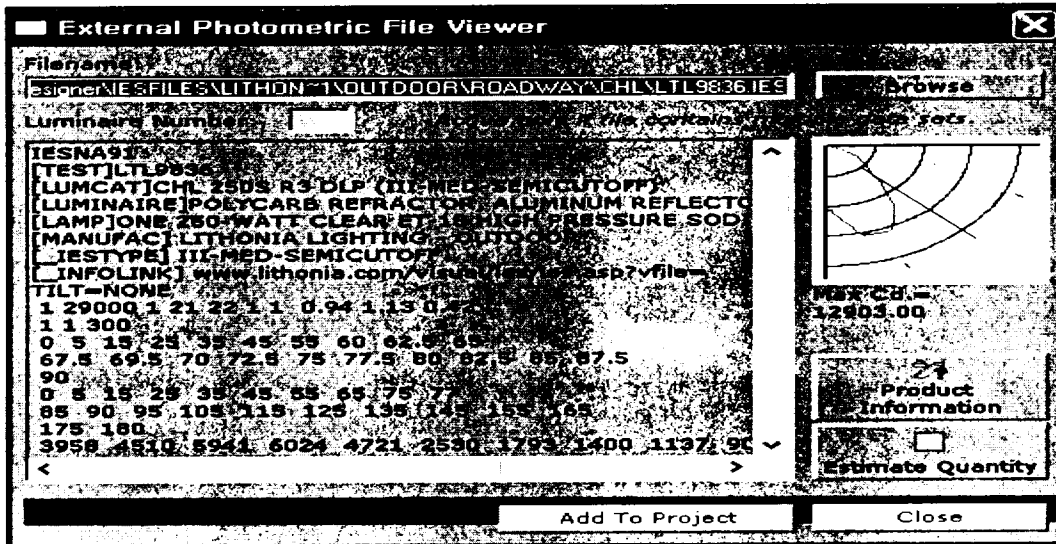


Fig. 3 Characteristics of a luminaire on 250[W]

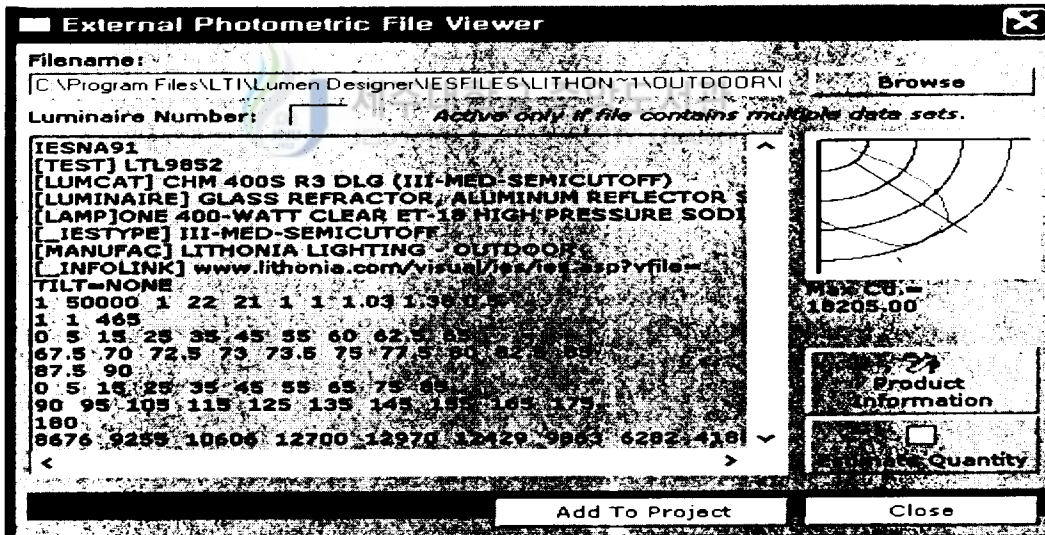


Fig. 4 Characteristics of a luminaire on 400[W]

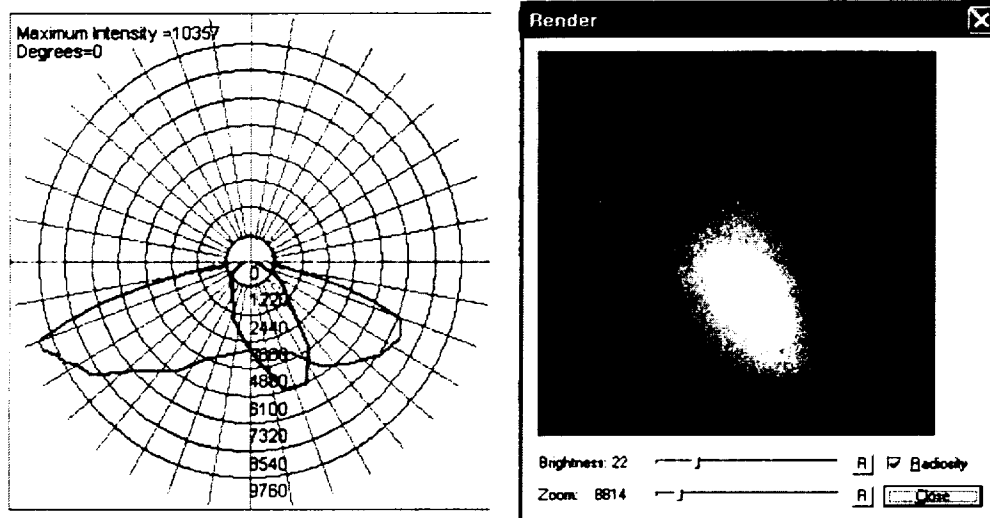


Fig. 5 Distribution curve of luminous intensity and renring on 250[W]

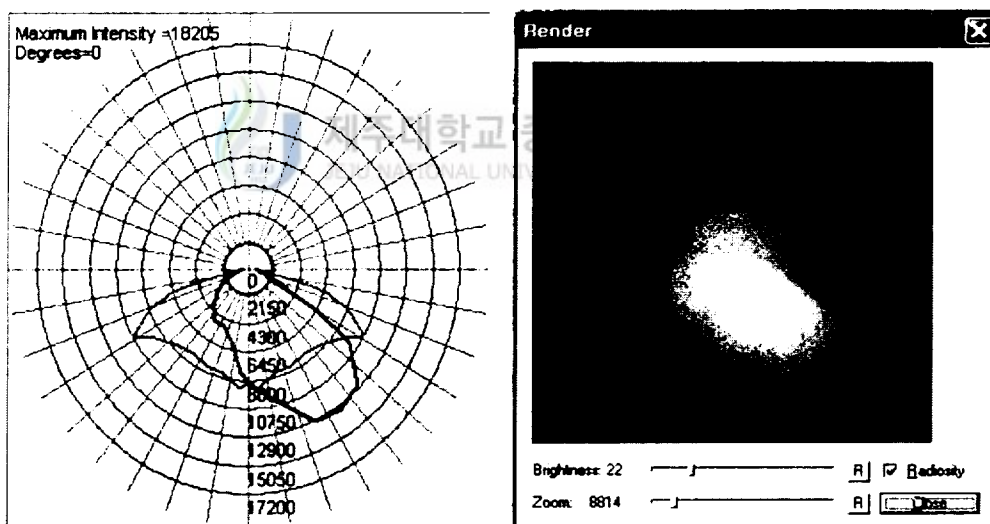


Fig. 6 Distribution curve of luminous intensity and renring on 400[W]

3. 시뮬레이션

시뮬레이션은 Lighting Technologies Inc.의 Lumen Designer를 이용하였으며 시뮬레이션 결과 한쪽배열 등간격 30[m], 광원 250[W]인 경우 Fig. 7과 같고 수평면 조도는 20[lux], 균제도는 2.9:1, 광원 400[W]인 경우 Fig. 8과 같으며 수평면 조도는 32[lux] 균제도는 2.1:1, 등간격 40[m], 광원 250[W]인 경우 Fig. 9와 같으며 수평면 조도는 15[lux], 균제도는 4.7:1, 광원 400[W]인 경우 Fig. 10과 같으며 수평면 조도는 22[lux] 균제도는 3.1:1로 나타났다.

또한 지그재그 배열에서 Fig. 11은 등간격 30[m] 광원 250[W]인 경우 수평면 조도 19[lux] 균제도 4.8:1, Fig. 12는 등간격 30[m] 광원 400[W]인 경우 수평면 조도 30[lux] 균제도 2:1, Fig. 13은 등간격 40[m] 광원 250[W]인 경우 수평면 조도 15[lux] 균제도 5:1, Fig. 14는 광원 400[W]인 경우 수평면 조도 23[lux] 균제도 2.6:1, 마주보기 배열에서 Fig. 15는 등간격 30[m] 광원 250[W]인 경우 수평면 조도는 38[lux] 균제도는 2.2:1, Fig. 16은 등간격 30[m] 광원 400[W]인 경우 수평면 조도는 67[lux] 균제도는 1.9:1, Fig. 17은 등간격 40[m] 광원 250[W]인 경우 수평면 조도는 29[lux] 균제도는 2.9:1, Fig. 18은 등간격 40[m] 광원 400[W]인 경우 수평면 조도는 46[lux] 균제도는 2.1:1로 나타났다.

이 시뮬레이션 결과를 분석하여 IESNA 기준에 적합한 Fig. 7의 한쪽배열 등간격 30[m] 광원 250[W] 사용시, Fig. 17의 마주보기 배열 등간격 40[m] 광원 250[W] 사용시, Fig. 14 지그재그 배열 등간격 40[m] 광원 400[W] 사용시가 기준에 가장 근접하여 종합적인 절전효과와 경제적 측면에서 이설공사 시공으로 인한 혼잡성과 경제적인 측면, 기존 설비 활용 등을 비교 검토 하여 보았다.

그리고 마주보기 배열 250[W]와 지그재그배열 400[W]에서 똑같은 등기구 간격 40[m]인 경우의 수평면 조도와 균제도는 각각 29[lux], 23[lux]와 2.9:1,

2.6:1를 마주보기 배열이 더 양호한 결과를 보여 주었다. 또한 지그재그 배열도 균제도에서 다소 못 미친 2.6:1을 보였지만 수평면 조도는 기준치 17[lux]에 상회한 23[lux]의 결과를 보여 적합하다고 사료되나 균제도의 측면에서 보면 한쪽배열과 마주보기 배열이 안정적임을 알 수 있다. 마주보기 배열의 조도분포도는 Fig. 17에, 지그재그배열의 조도 분포도는 Fig. 14에 나타내었다.

모델로 선정된 고압나트륨등 한쪽배열 250[W] 광원을 사용하여 등기구 간격 30[m]로 한 경우 조도 분포도는 Fig. 7과 같으며 수평면 조도 20[lux], 균제도 2.9:1로 적합한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 분석을 통하여 모델 시뮬레이션을 가장 양호한 것으로 사료되는 도로조명 설계안은 Fig. 17의 마주보기 배열 등간격 40[m] 광원 250[W]인 경우이다.



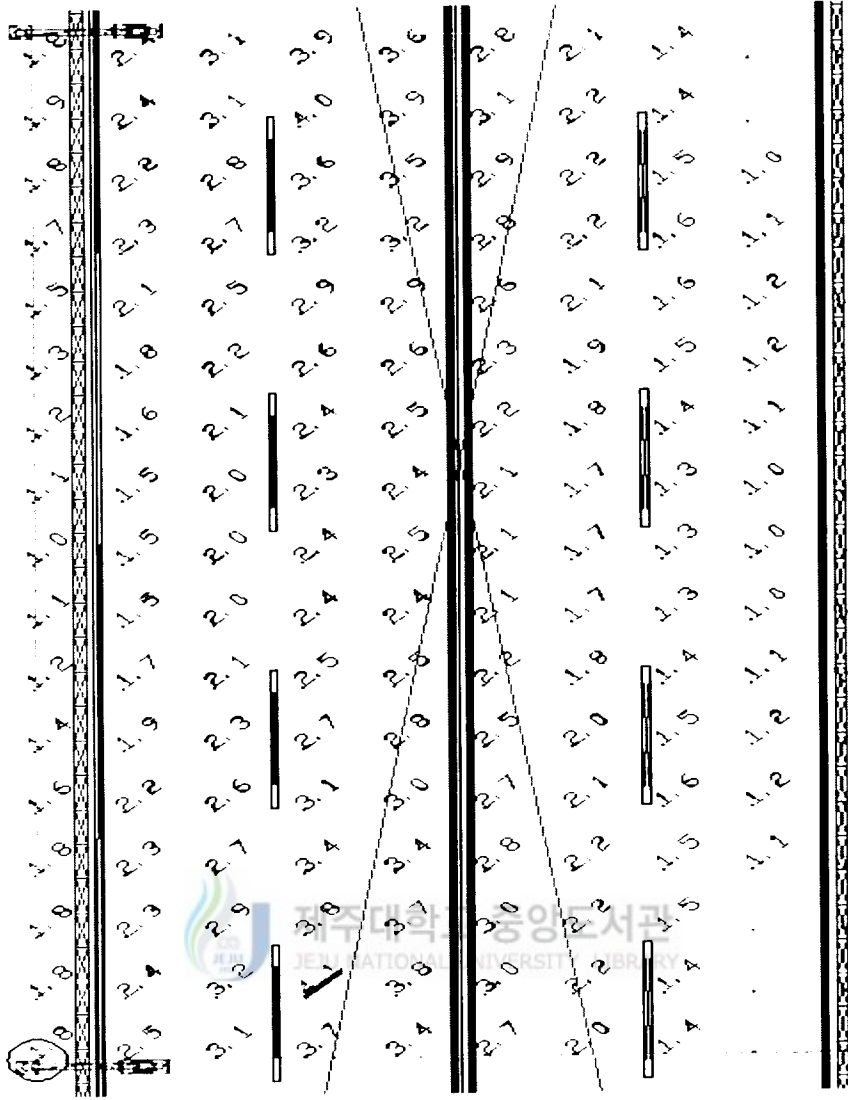


Fig. 7 The horizontal illuminance distribution for one side arrangement in footcandela(spacing:30m.light sources:250w)

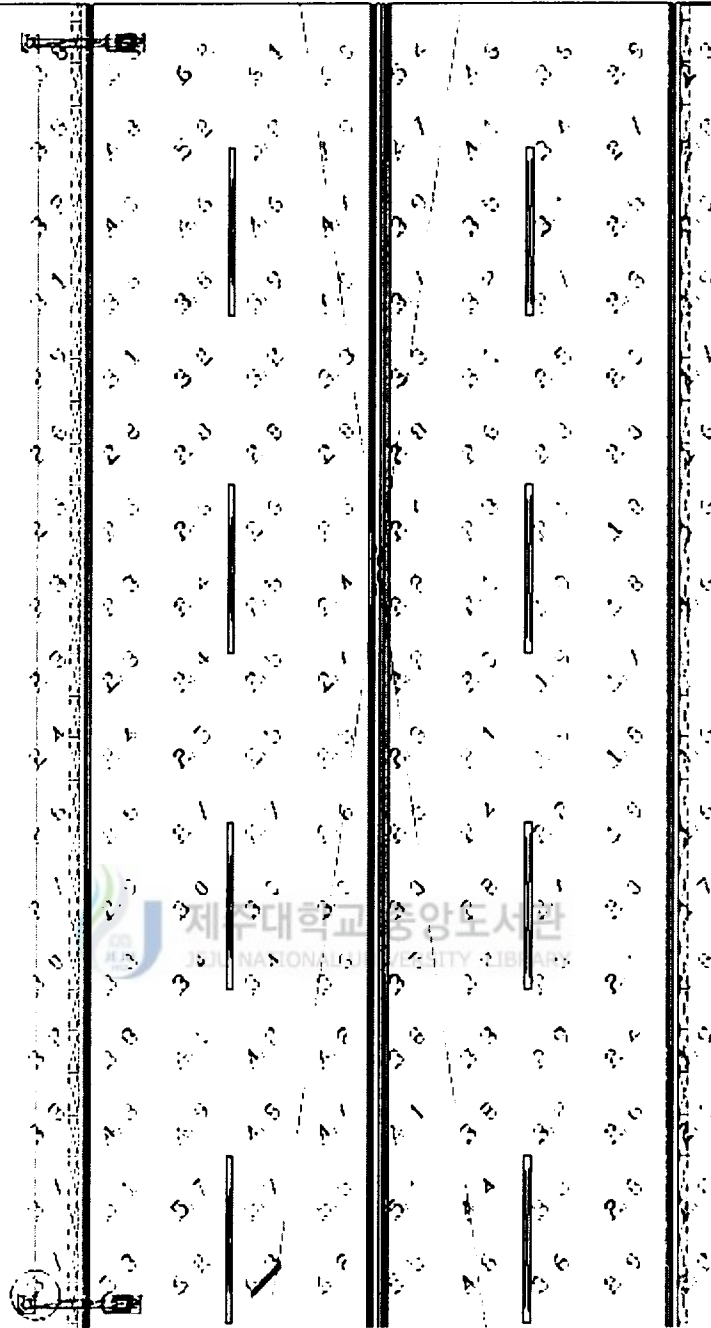


Fig. 8 The horizontal illuminance distribution for one side arrangement in footcandela(spacing:30m, light sources:400w)

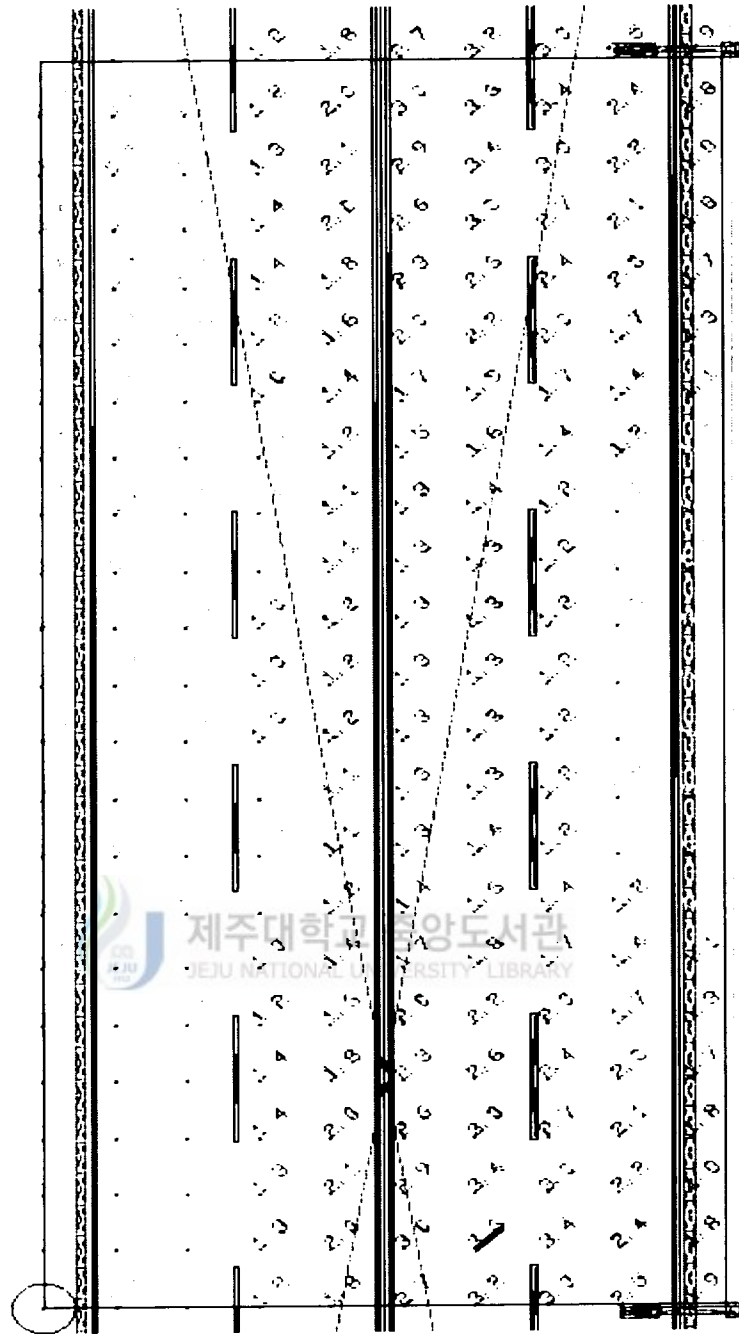


Fig. 9 The horizontal illuminance distribution for one side arrangement in footcandela(spacing:40m, light sources:250w)

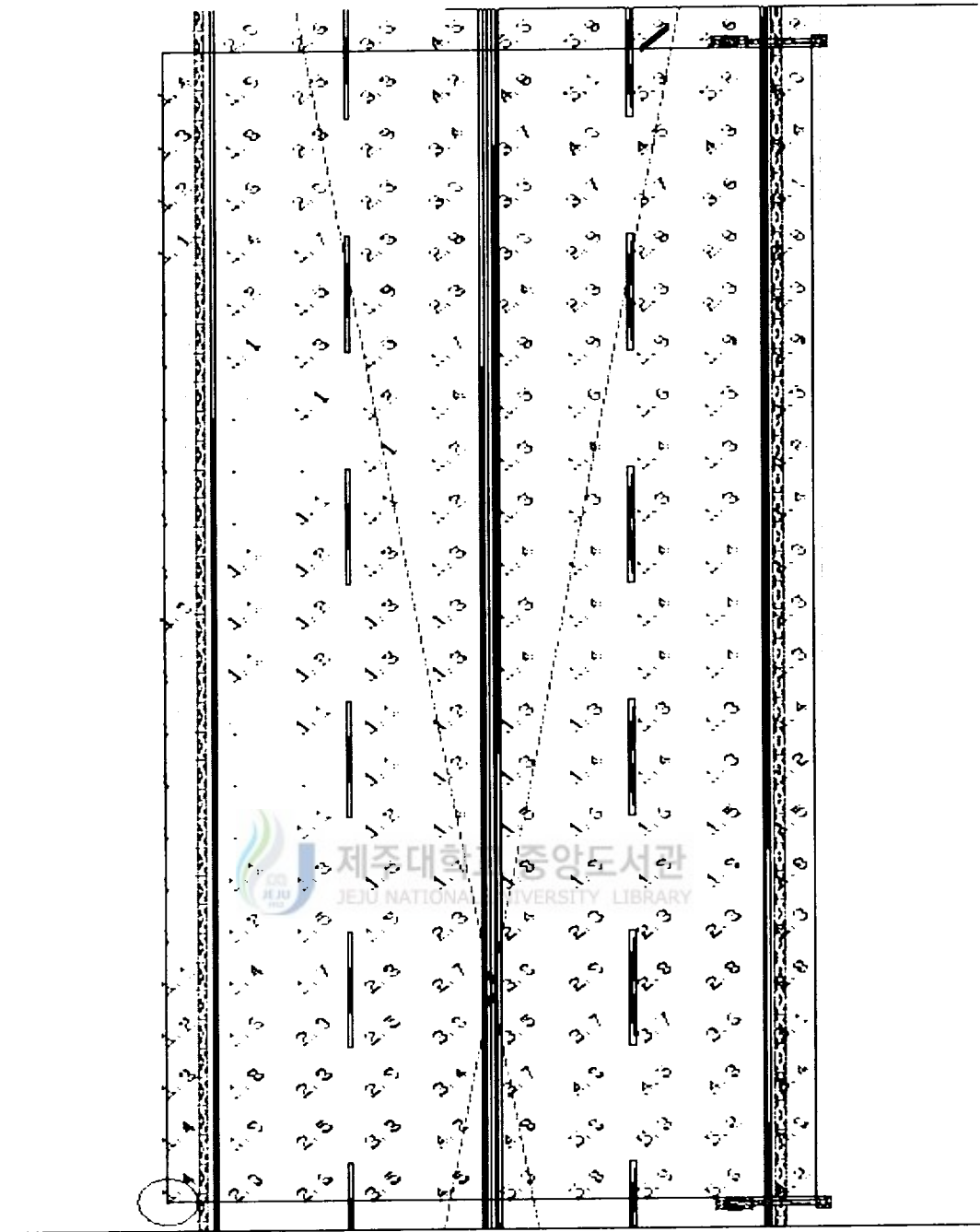


Fig. 10 The horizontal illuminance distribution for one side arrangement in footcandela(spacing:40m, light sources:400w)

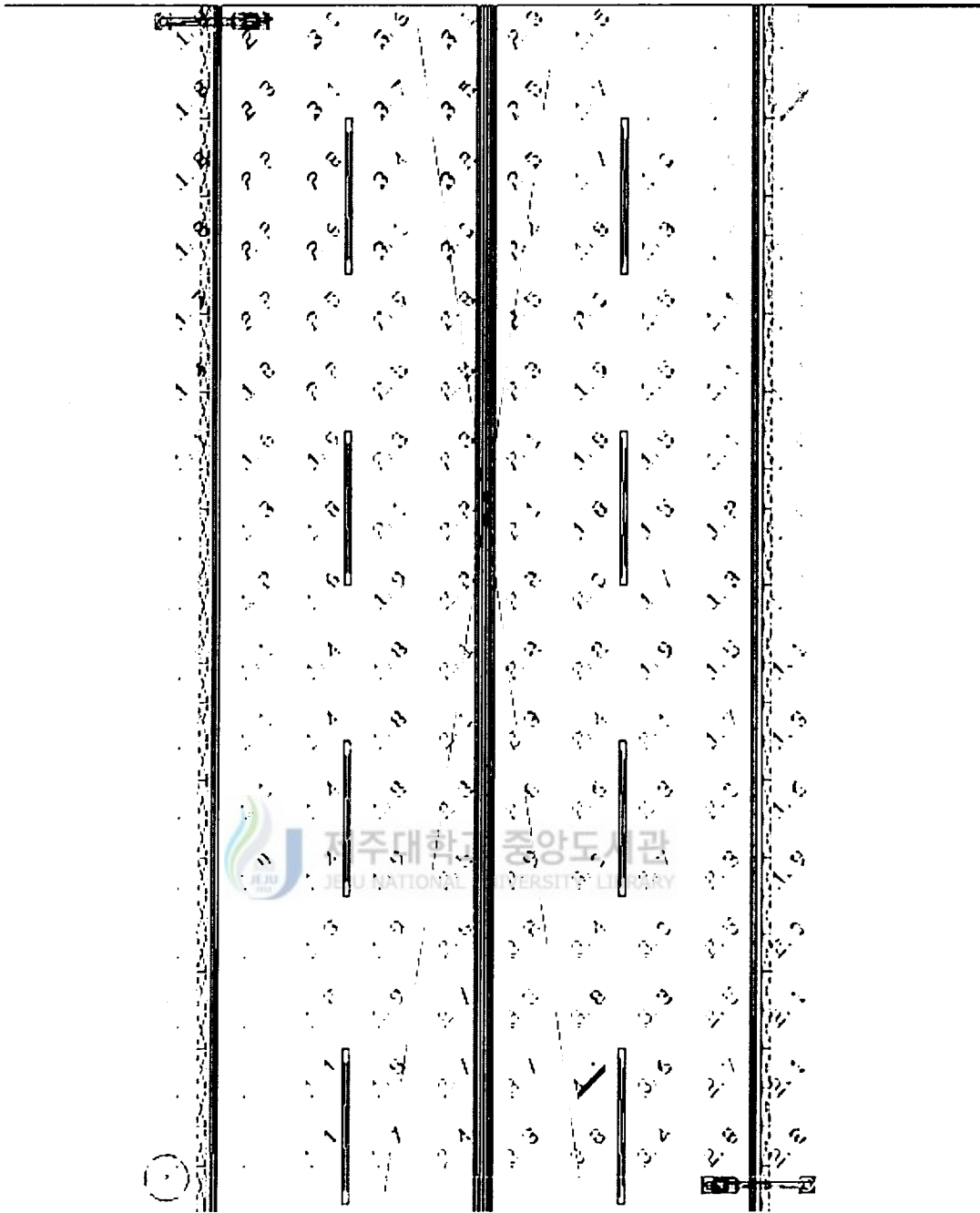


Fig. 11 The horizontal illuminance distribution for one staggered arrangement in footcandela(spacing:30m, light sources:250w)

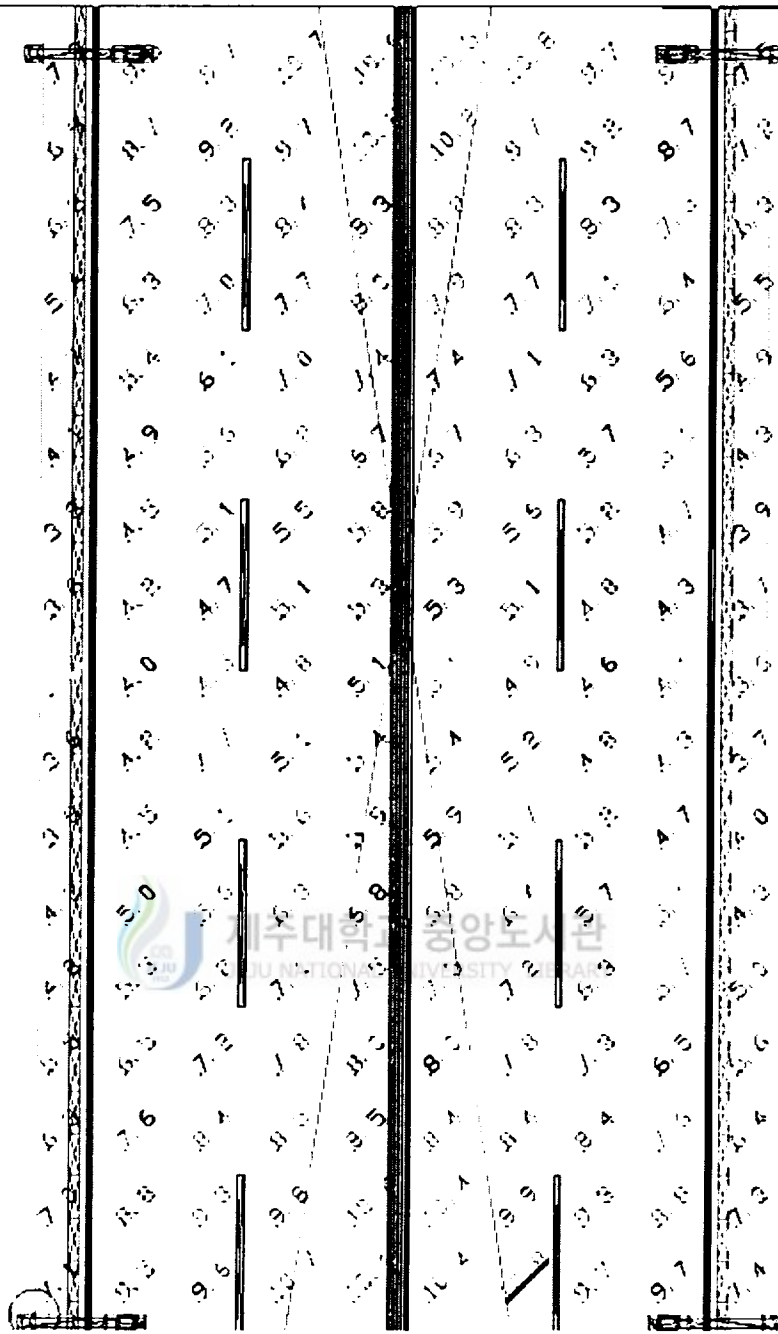


Fig. 12 The horizontal illuminance distribution for one staggered arrangement in footcandela(spacing:30m, light sources:400w)

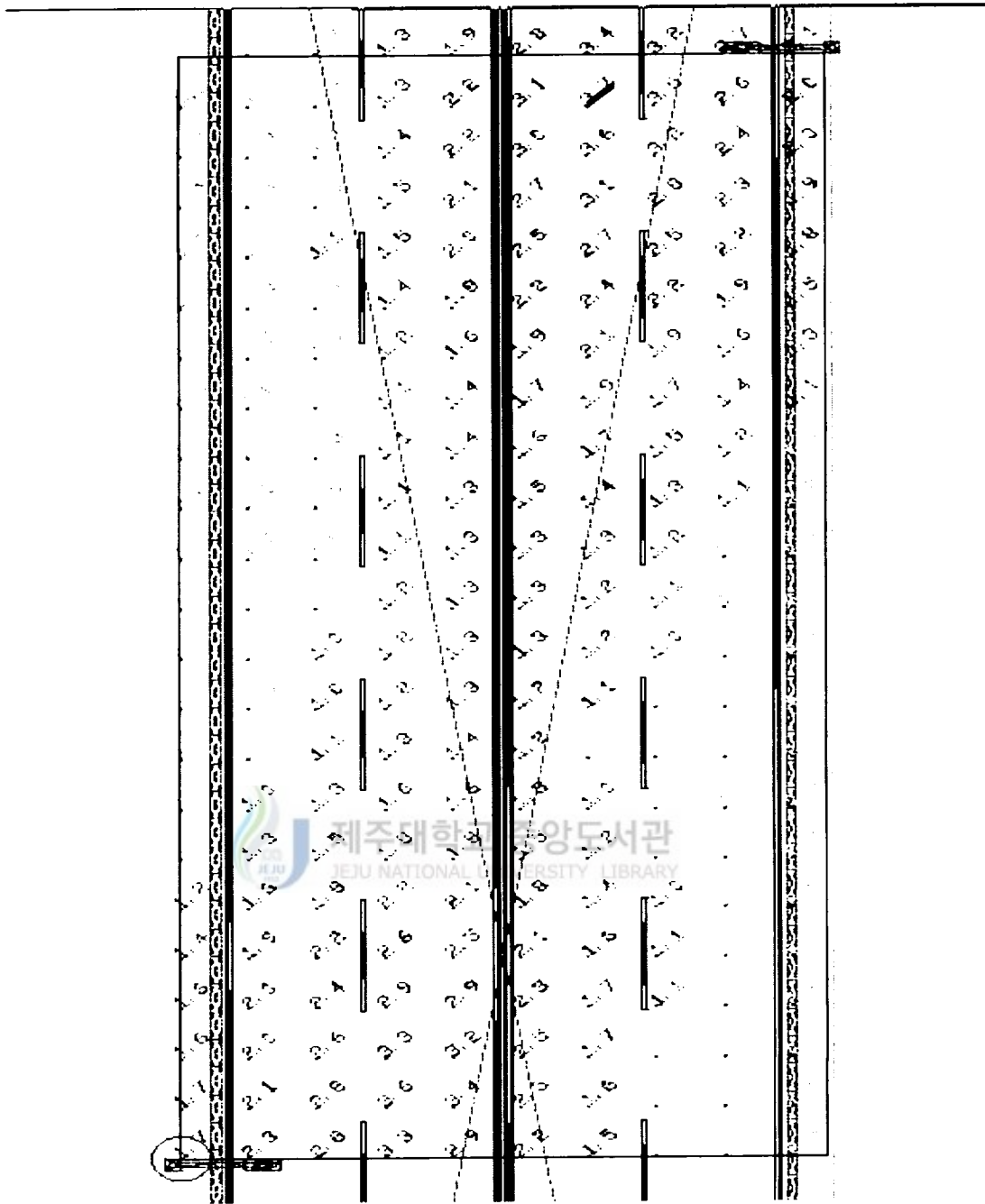


Fig. 13 The horizontal illuminance distribution for one staggered arrangement in footcandela(spacing:40m, light sources:250w)

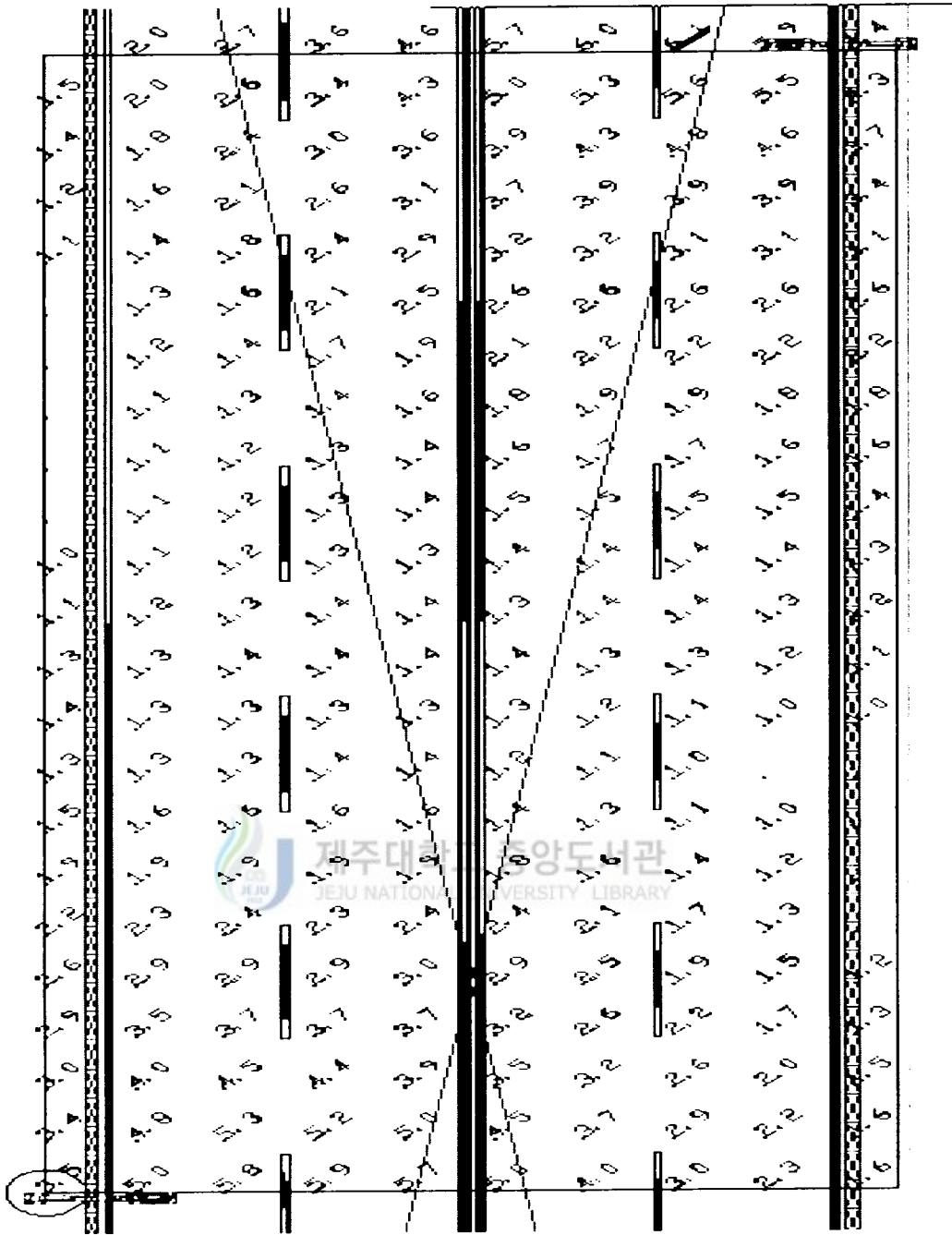


Fig. 14 The horizontal illuminance distribution for one staggered arrangement in footcandela(spacing:40m, light sources:400w)

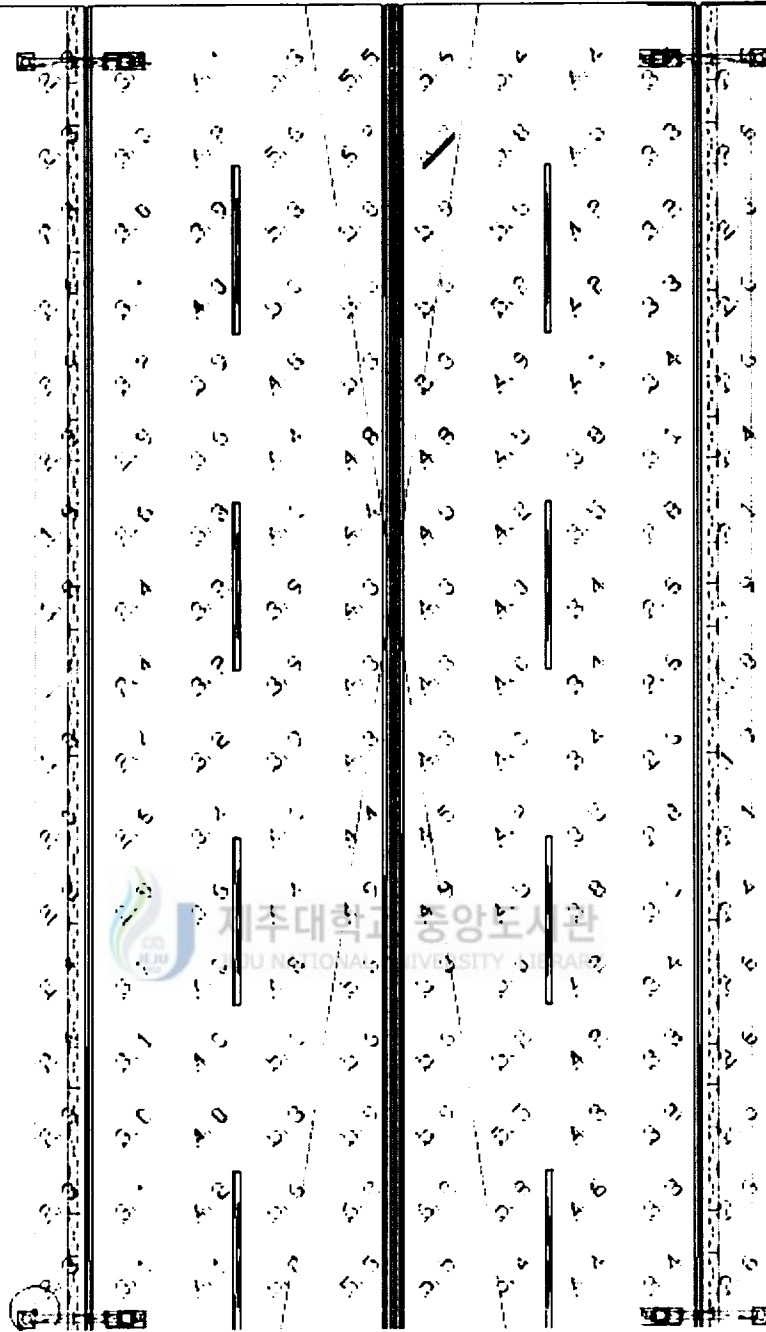


Fig. 15 The horizontal illuminance distribution for one opposite arrangement in footcandela(spacing:30m, light sources:250w)



Fig. 16 The horizontal illuminance distribution for one opposite arrangement in footcandela(spacing:30m, light sources:400w)

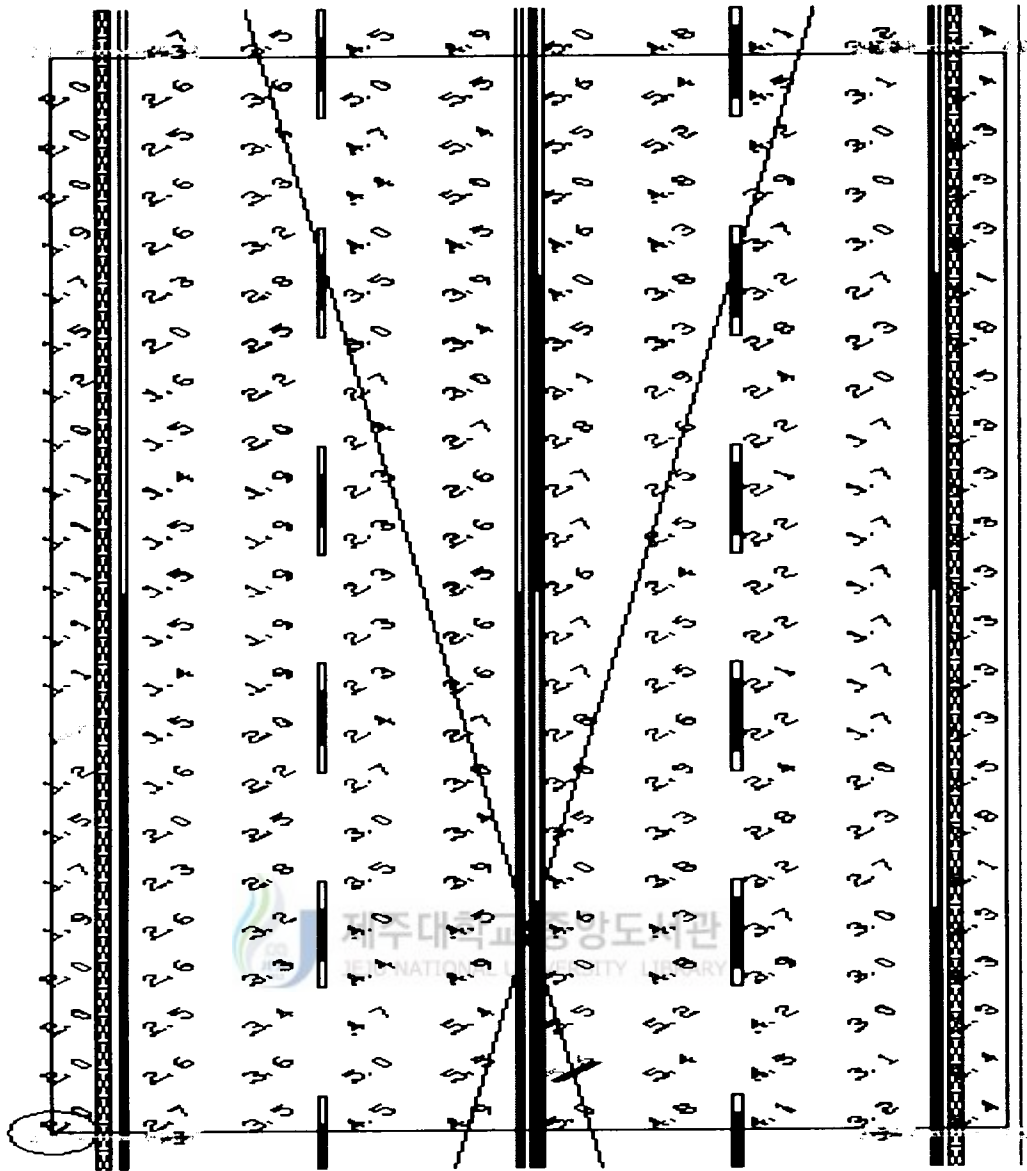


Fig. 17 The horizontal illuminance distribution for one opposite arrangement in footcandela(spacing:40m, light sources:250w)

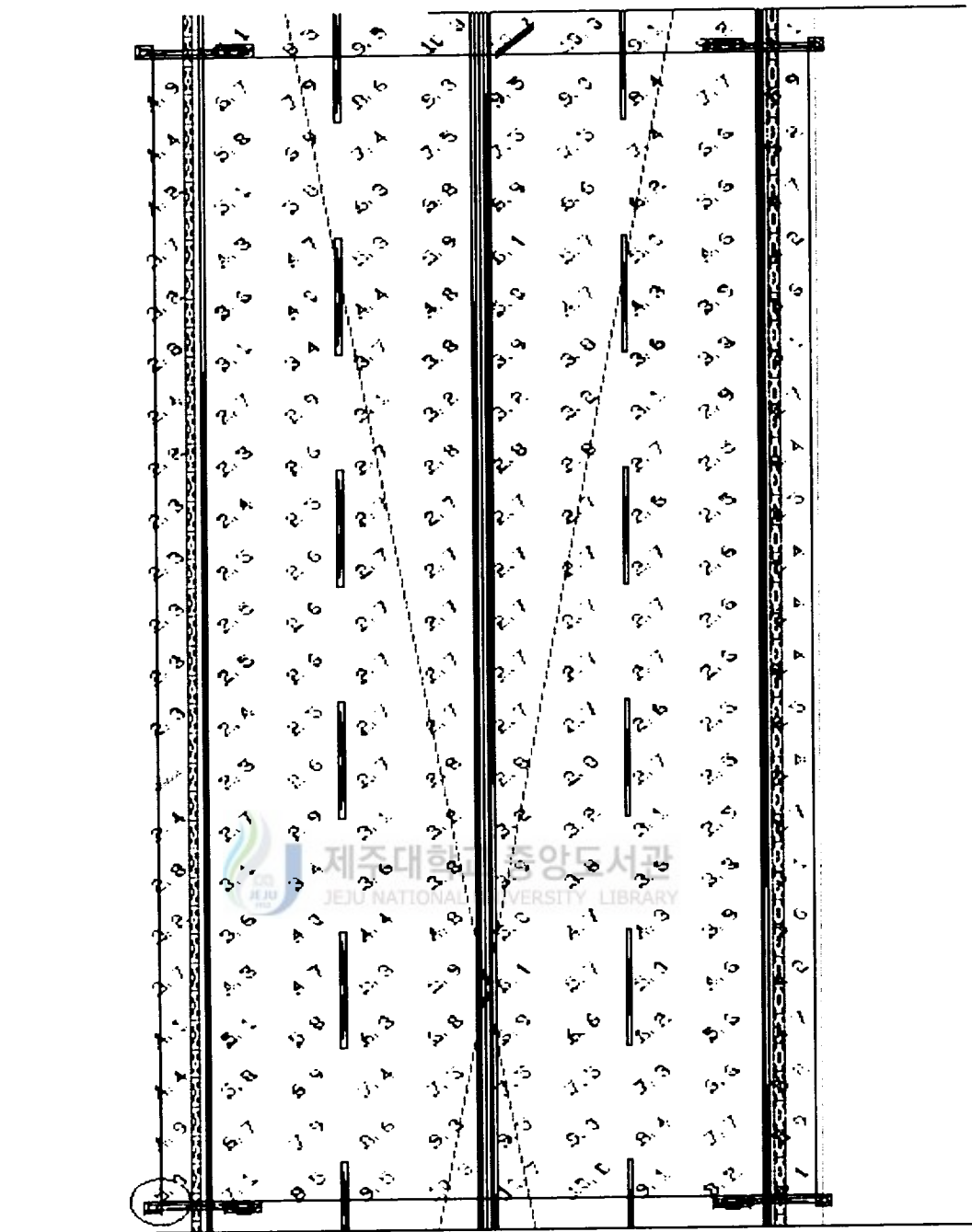


Fig. 18 The horizontal illuminance distribution for one opposite arrangement in footcandela(spacing:40m, light sources:400w)

V. 결과 및 고찰

제주시 중요 간선 도로인 연복로, 연삼로, 신대로, 용문로, 탑동로, 중앙로, 서사로 및 공항로를 대상으로, 현장을 조사하여 그중 주요 도로로 인식되는 지점의 도로조도 측정을 위하여 도로 및 가로등 설치현황 현장 실측 결과 Table 6 과 같고 탑동로는 차도 폭 7.5[m], 폴 간격 38~40[m], 폴높이 10[m], 인도 2.5[m], 화단2.3[m] 한쪽배열로 되어있고, 조도 측정치는 탑동로 한쪽배열인 경우 수평면조도는 15[lux] 균제도 4.5:1로 나타났고, 공항로 양측 마주보기배열 수평면조도는 10.8[lux], 균제도는 4.7:1로 나타났다.

시뮬레이션 결과 Table 6 탑동로 한쪽배열 등간격 30[m] 광원 250[W] 수평면 조도 20[lux] 균제도 2.9:1로 나타났고, 등간격40[m] 광원 400[W] 지그재그 배열인 경우 수평면 조도 23[lux] 균제도 2.6:1 그리고 등간격 40[m] 광원 250[W], 마주보기 배열인 경우 수평면조도 29[lux] 균제도 2.9:1로 해석 되었다.

한쪽배열과 마주보기 배열 중 한쪽 배열 30[m]인 경우 250[W]로 절전 효과를 거둘 수 있다고 생각 되었다. 그러나 기존의 등기구 간격 40[m]를 고려한다면 새로운 등주의 이설공사로 인한 혼잡성과 경제적 측면이 고려되어야 한다. 그리고 마주보기 40[m]인 경우 절전 효과를 거둘 수 없지만 기존의 40[m] 등기구 간격을 그대로 활용한, 한쪽의 추가 건설 경비 부담을 갖고 있더라도 수평면 평균조도 29[lux]와 균제도 2.9:1 인 점을 감안한다면 제주시 중심가의 변화가 도로조명 모델 설계의 양호한 안으로 사료된다.

Table 8. Simulation results of illumination modeling

Lighting arrangements	Spacing[m]	Horizontal Illuminance[lux]	Uniformity (Eavg:Emin)	Remarks
One side arrangement	30	20	2.9:1	250[W]
Opposite arrangement	40	29	2.9:1	250[W]
Staggered arrangement	40	23	2.6:1	400[W]

VI. 결 론

제주시중심도로 야간 이용자 인 차량운전자, 보행자에게 시환경을 개선하여 안전하고 쾌적한 도로교통 환경을 조성하고 그에 따른 효과로 도로 이용을 향상과 차량운전자 및 보행자의 불안감 경감 또는 제거, 차량운전자, 보행자 피로경감, 범죄예방과 감소, 교통안전의 도모등을 위하여 중심도로의 조명을 개선하고자 간선도로 4개소에 대한 수평면 조도의 현장실측을 토대로 조명 모델링을 실시하였다.

중앙로의 경우 폴간격 45~48[m], 폴높이 10[m], 마주보기 배열 시설이 되었고, 탑동로는 폴간격 38~40[m], 폴높이 10[m], 한쪽배열시설이며 연북로는 폴간격 34~36[m], 폴높이 10[m], 마주보기 및 중앙배열 혼합 시설이며, 공항로의 경우 폴 간격 35~38[m], 폴높이 13[m], 중앙 이중배열로 시설 되어 있으며 간선 도로의 실측조도 평균값이 15.1[lux], 균제도가 4:1로 주요 도심지 수평면 평균 조도 및 균제도가 기준치에 미달되어 개선이 요구됨을 알 수 있었다.

제일 도심에 위치한 탑동로에 대한 시뮬레이션 결과 등기구 간격을 30[m]로 조정하여 한쪽배열에 대한 수평면 조도는 20[lux], 균제도 2.9:1로 적합하다고 사료되었으나 폴 간격을 고려한 신규 시설 공사가 요구되어 경제적인면이 고려되어야 한다. 지그재그배열에서 등기구 광원 400[W]를 사용하여 시뮬레이션 한 경우 수평면 조도 23[lux], 균제도 2.6:1로 균제도가 기준치에 다소 미치지 못함을 알 수 있었으나 기존의 40[m] 등기구 간격을 그대로 활용한 마주보기 배열 방법이 한쪽의 추가 결설 경비 부담이 있으나 수평면 평균조도 29[lux]와 균제도가 2.9:1로 제일 적합한 모델링으로 시뮬레이션을 통하여 입증 되었다.

국제자유도시 제주의 아름다운 도로를 조성함은 물론 원활한 교통소통과 안전도 확보가 중요시 되어야 함으로 제안된 모델안을 고려하여 양호한 도로조

명의 시설에 반영 되어야 한다고 사료되며, 이 모델링을 토대로 탐동로의 조명 및 주거환경을 고려한 세부적인 해석이 요구된다. 또한 제주시 그 외 주요 도로에 대한 해석을 통하여 제주시 도로조명의 최적화를 제시하는데 기여할 것이라 사료 된다.

참 고 문 헌

- [1] 지철근, 조명공학, 문운당, pp.184-187, 1994.
- [2] 최경호 외 2인, 조명의 이해와 설계, 태영문화사, pp.216-218, 2005.
- [3] 문광명 외 1인, 조명디자이너, 태영문화사, pp.287-288, 2004.
- [4] Philips Lighting, LIGHTING MANUAL, Philips Lighting B.V, pp.289-290, 1993.
- [5] MARK. S. REA, Lighting Handbook, IESNA, PP.753-759, 1993.
- [6] 산업표준 심의회, KS조도측정방법, 한국표준협회, PP.2-3, 1987.
- [7] 이상근·오성보, 한국통신학회·대한전기학회·대한전자공학회 제주지부 2005년 합동학술대회, PP.102-106, 2005
- [8] 최홍규외 7인, 조명 설비 및 설계, 성안당, PP.57-74, 2005
- [9] 지철근외 4인, 조명환경원론, 문운당, pp.146-156, pp.246-289, 2004
- [10] 한국조명 전기 설비학회 조명 디자이너 자격인증교재, PP.10.1-10.23, 1999
- [11] 오성보 리조트 조명 계획과 설계, 첨단 관광정보 시스템 인력 양성사업단, PP.37, 2005

감사의 글

본 논문의 완성되기까지 여러 가지로 부족한 저를 위하여 처음부터 아낌없는 격려와 세심한 지도로 가르침을 주신 오성보 지도교수님께 진심으로 존경과 감사를 드립니다.

입학에서 졸업까지 많은 격려와 용기를 주신 좌종근 교수님, 김호찬 교수님, 연구와 강의등으로 바쁘신 가운데도 논문심사를 흔쾌히 맡아주시고 많은 조언을 주신 김세호 교수님, 김일환교수님, 연구차 미국에 가계신 이개명 교수님께도 감사드립니다.

또한 대학원 과정을 같이한 김영환 고성필 고영진 동기와 김정혁 김홍찬 선배님 권순구 부윤섭 후배님과 본 논문의 처음 현장조사에서 부터 완성되기 까지 관련자료 수집 및 현장실측과 원고정리에 많은 도움을 주신 조명연구실 좌승현, 김대현, 강일영 학생에게도 고마운 마음을 전하며 지난시간은 그 무엇과도 바꿀 수 없는 소중한 경험과 추억으로 영원히 마음속에 머무를 것입니다.

아울러 늦게 시작한 저의 대학원 생활에 세심한 배려와 격려로 용기를 분돋와 주신 허두집 지사장님과 김종호 부지사장님, 허엽 서귀포지점장님과 바쁘신 가운데도 수강 할수 있도록 배려하여 주신 윤정중 부장님, 송정언, 김민범 부장님 김문찬 과장님 김용진, 김기형과장님의 김강말, 강찬호, 좌병규, 고동현, 강종관, 문미숙이와 전창호, 오철섭 운영실장님, 양인헌 강택수 선배님 그 외한전 가족 여러분과 주변 지인들에게도 감사의 마음을 전합니다.

그리고 여러 가지 어려운 여건 속에서 대학원 생활을 도와준 아버님과 어머니님, 장모님께 감사드리며 동생들과 에게도 고마움을 전하고 마지막으로 항상곁에서 묵묵히 사랑으로 내조해준 아내 양정심에게 고맙다는 말을 전하고 싶고 사랑하는 아들 우진이와 딸 은주에게도 아빠의 이 작은 선물이 큰힘이 되었으면 합니다.

감사합니다.

2006년 6월 일
이상근 드림