

碩 士 學 位 論 文

學校教室의 環境改善을 爲한
照明設計 研究



濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

左 承 澤

2000

碩 士 學 位 論 文

學校教室의 環境改善을 爲한
照明設計 研究

指導教授 吳 性 寶



濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

左 承 澤

2000

學校教室의 環境改善을 爲한
照明設計 研究

指導教授 吳 性 寶

이 論文을 工學碩士學位 論文으로 提出함.

2000年 12 月 日

濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科(電氣工學)

 제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
左 承 澤

左承澤의 工學碩士學位 論文을 認准함.

2000年 12 月 日

委員長 印

委 員 印

委 員 印

목 차

LIST OF FIGURES	ii
LIST OF TABLES	iii
SUMMARY	iv
I. 서 론	1
II. 조명 개요	3
1. 조명방식의 분류	3
2. 조명의 조건 및 기준	4
3. 학교조명의 특징	7
III. 학교조명의 실태조사	10
1. 등기구설치 현황	10
2. 조도 측정	11
IV. 학교교실의 조명시뮬레이션	16
1. 모델 시뮬레이션 제안	16
2. 모델 시뮬레이션 결과	16
V. 결과 및 검토	35
IV. 결 론	36
참 고 문 헌	37

LIST OF FIGURES

Fig. 1 Calculation method of average illumination	11
Fig. 2 Photometry by five points	13
Fig. 3 Measurement position of average illumination	13
Fig. 4 The values of photometry in classroom	14
Fig. 5 Arrangement of luminaires in classroom	18
Fig. 6 Illumination distribution of grid for four luminaires	19
Fig. 7 Iso-lux diagram for four luminaires	20
Fig. 8 Iso-lux diagram for four luminaires by colour	21
Fig. 9 Diagram of 3-D illumination distribution for four luminaires	22
Fig.10 Illumination distribution of grid for six luminaires	23
Fig.11 Iso-lux diagram for six luminaires	24
Fig.12 Iso-lux diagram for six luminaires by colour	25
Fig.13 Diagram of 3-D illumination distribution for six luminaires	26
Fig.14 Illumination distribution of grid for eight luminaires	27
Fig.15 Iso-lux diagram for eight luminaires	28
Fig.16 Iso-lux diagram for eight luminaires by colour	29
Fig.17 Diagram of 3-D illumination distribution for eight luminaires	30
Fig.18 Illumination distribution of grid for nine luminaires	31
Fig.19 Iso-lux diagram for nine luminaires	32
Fig.20 Iso-lux diagram for nine luminaires by colour	33
Fig.21 Diagram of 3-D illumination distribution for nine luminaires	34

LIST OF TABLES

Table 1	Classification of illumination and illumination values(K.S.)	6
Table 2	KS standard of illumination in classroom	7
Table 3	Conditions of luminary and illumination in classroom	10
Table 4	Installation conditions of illumination and uniformity ratio	15
Table 5	Simulation results of illumination and uniformity ratio	17



A Study of Lighting Design for Environmental Improvement in Schoolroom

Seung-Taek Jwa

DEPARTMENT OF ELECTRONIC AND ELECTRICAL
ENGINEERING GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

Supervised by professor Seong-Bo Oh



SUMMARY

School illumination with full volume of light and adequate brightness is designed to help students better focus on their education and produce an optimum atmosphere where students can apply their utmost to learning. This paper presents study on actual illumination environment of schools in order to figure out illumination problems. Furthermore, it attempts to suggest an optimum design for schoolroom illumination through computer simulation. We try to attain qualitative improvement effect in school illumination under the illumination plan which is based on illumination maintenance and uniformity ratio that K.S. illumination standard sets.

I. 서 론

학생들은 대부분의 시간을 학교 교실에서 보내며 교실내에서 많은 생활을 시작업으로 소비하고 있다. 하지만 학교 교실 조명은 열악한 실정이어서 최근 눈의 굴절이상, 약시 등으로 인하여 우리나라 아동기와 청소년기 학생의 안경 및 콘택트렌즈 사용이 계속 증가하고 있는데 그 원인 중의 하나가 교실의 조명환경이 거론되고 있다. 학교시설의 환경개선에 있어 학교 교실 조명은 교사와 학생들에게 쾌적한 명시환경을 주어 시력보호와 학습효과의 향상을 도모하는데 매우 중요한 역할을 하고 있다.

자연계의 밝기 분포는 10:1을 초과하지 않지만, 인공조명에 의한 교실은 100:1~1000:1의 밝기 차이가 있다. 그러나 100:1이하의 밝기 차이에서도 예민한 시각이 얻어지는 것을 고려해야 한다 (한국조명전기설비학회, 1999).

학교 교실에서의 밝기 분포는 물건의 보기 쉬움과 쾌적함 양쪽 모두에 영향을 준다. 즉 조도분포가 극단적으로 불균일한 장소에서는 사물을 보기 위하여 시선을 움직이면 시야내의 밝기가 변동하고 이것에 순응하기 위해 동공의 크기가 극단적으로 변동하기 때문에 피로나 불쾌감을 줄 수 있다. 이 때문에 대상물을 보기 쉽고 불필요한 피로가 생기지 않도록 하기 위하여 균일한 밝기의 분포를 주는 것이 바람직하다. 이러한 밝기의 변화를 나타내는 척도로서 균제도(uniformity ratio)를 사용한다 (안옥희·김현지, 1999).

학교 환경 개선을 위한 조명설계 연구는 관계법령이 정하는 조도기준을 유지하면서 조명의 질적 개선과 에너지 사용의 최적화를 기할 수 있는 최선의 설치 방안을 찾아내는 것이다.

조명 설계 연구는 초·중학교의 조명 사용 실태를 현장방문, 진단을 통하여 파악해 봄으로써 개선 방안의 문제점을 파악하였고, 간접조명이나 자동제어를 포함한 최상의 개선을 수립하는 것이 가장 바람직하겠지만 현재의 학교 조명 실태를 일부 반영하여 현실성 있도록 활용성 높은 설계를 제시하는 것이 타당할 것으로 판단되었고 최적의 등수와 설치 방향, 등간의 거리 등을 반영하여 설계안을 작성하였다. 기 작성된 설계안의 타당성을 검증하기 위하여 시범설치를 하여 효과를 측정하였으며 이 외에도 조도계산식에 의한 적정등수 산출과 시뮬레이션 분석을 실시하였다. 이러한 모든 작업을 기초로 설계를 작성하였다.

단계별 과정을 토대로 한 이 논문은 학교 조명 실태를 조사하여 그 문제점

을 파악하고 교실조명의 K.S. 조도기준이 정하는 조도 유지 및 균제도를 고려한 조명계획에 따른 학교 조명의 질적 개선 효과를 확보하기 위하여 조명시뮬레이션을 통하여 학교 조명 최적 설계안을 제시하고자 한다.



II. 조명 개요

인간이 상쾌하고 원활한 활동을 하려면, 쾌적한 실내공기와 적절한 조명환경이 필요하다. 알맞은 조명환경은 물체를 보기 쉬운 밝은 상태와, 시각적으로 안락한 분위기를 이루게 함으로써 얻을 수 있다. 이러한 조명환경은 주광조명이나 인공조명을 적절하게 실시함으로써 얻어질 수 있다. 인류는 오랜 세월 자연계에 적응되어 왔으므로 주광조명이 자연스럽게 건강한 조명이라 할 수 있다. 그러나 밝음이 심하게 변동하는 주광을 보완하기 위하여 인공조명이 필요하게 된다.

인공조명은 백열전구로부터 형광등으로 발전되어 높은 효율, 긴 수명의 우수한 광원을 얻고 있으며 조명방식도 다양하게 발전하였다.

1. 조명방식의 분류

1) 작업면의 직사와 확산조도에 의한 분류

작업면의 조도는 광원에서 빛을 직접 받는 직사조도와 간접으로 확산시킨 확산조도가 있다. 직사조도와 확산조도와의 비율에 따라 직접조명, 반직접조명, 전반조명, 반간접조명, 간접조명으로 분류된다.

- ① 직접조명 : 작업면의 조도 중 직사조도가 확산조도보다 높은 경우를 직접조명이라 하는데 이 경우 90~100%의 광속을 작업면으로 조사하게 된다.
- ② 간접조명 : 직사조도가 거의 없고, 등기구에서 나오는 광속의 90~100%를 천장이나 벽에 투사시켜 여기에서 반사 확산된 광속을 이용하는 조명방식을 말한다.
- ③ 반간접조명 및 직·간접 겸용 조명 : 직접조명방식과 간접조명방식의 장점만을 살리고 단점을 제거한 조명을 반간접조명 및 직·간접 겸용 조명 방식이라 한다.

2) 작업면의 조도분포에 의한 분류

- ① 전반조명 : 조명기구를 일정한 높이와 일정한 간격으로 배치하여 작업 면적 전체를 균일하게 조명하는 방식을 전반조명이라 한다.
- ② 국부조명 : 작업상 필요한 장소에만 국부적으로 조명하는 방식이다.
- ③ 전반·국부 겸용 조명 : 앞에서 설명한 두 가지의 특성을 합쳐서, 특별히 높은 조도를 요하는 장소에만 국부조명을 한 전반조명을 말한다.

2. 조명의 조건 및 기준

1) 좋은 조명의 조건

조명의 좋고 나쁨은 기술적인 면 (밝기, 눈부심, 음영, 연색성, 모델링, 열 등)과 감각적인 면 (청결, 안정감, 개방성, 인테리어와의 조화 등) 두가지 측면에 의해 판단된다. 이 둘의 중요성은 일반적으로 동등하게 보나 장소에 따라 그 중요도는 달라진다. 좋은 조명은 적어도 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

- ① 충분한 조도를 확보할 것
- ② 균일한 조도를 유지할 것
- ③ 눈부심이 없을 것
- ④ 적당한 음영이 있을 것
- ⑤ 광색이 좋을 것
- ⑥ 복사열이 적을 것
- ⑦ 조명의 효율이 좋을 것
- ⑧ 조명의 심리적 효과가 좋을 것
- ⑨ 조명기구의 배치가 효율적일 것
- ⑩ 조명기구의 디자인이 좋을 것
- ⑪ 유지관리가 용이할 것
- ⑫ 경제성이 있을 것

위와 같은 조건을 충족시키기 위한 조명시설의 실제조건으로서 조도, 휘도 분포, 눈부심, 그림자, 분광분포, 조명기구의 위치와 의장 및 경제성과 보수 등이 고려되어야 한다.

본 논문에서는 적당한 조도, 균일한 조도, 조명기구의 위치 등에 관하여 중

점적으로 연구하였다.

(1) 조 도

어떤 물체에 빛이 투사되면 그 면은 밝게 비추어진다. 그 정도를 표시하는데 조도를 사용한다. 어떤 면의 조도는 그 면에 투사되는 광속의 밀도를 말한다. 조도의 단위는 룩스(lux : lx)로 이것은 1m²에 1루멘(lm)의 광속이 투사되고 있을 때의 조도이다.

일반적으로 조도가 높을수록 좋은 조명이 된다. 그러나 조도를 높게 하면 같은 종류의 광원을 사용할 경우 설비비와 경비도 높아진다. 따라서 그 비용에 맞먹는 이익이 없으면 조도를 개선하는 의미가 없게 된다.

(2) 균제도

조명이 행해진 공간에는 공간의 넓이, 구조 및 광원의 종류, 수량, 배치, 높이 등 여러 요인들에 의해 부분적으로 조도의 차이가 발생하게 되며 이런 조도 차이의 비를 균제도라 한다. 작업의 종류, 업무의 형태에 따라 요구되는 균제도의 차이가 다를 수 있으나 공간에 있어서의 조도균제도는 주로 전반조명에 있어서 작업면 전역에 걸친 평균조도와 작업면내의 최소조도와의 비로 고찰한다. 작업면 내의 어떤 위치에 있어서도 같은 작업을 할 수 있게 한다는 점에서 일본조명학회의 교실조명기준(1983)에서는 학교 교실인 경우 균제도의 차이가 작을수록 좋으며 이에 따른 최소조도/평균조도 [균제도1]는 1/2이상으로 함이 바람직하다고 보고 있고 최소조도/최대조도 [균제도2]는 1/3이상인 것이 좋다 (안옥희·김현지, 1999). 특히 주간수업시 창측과 복도측이 주광조명에 의해 조도 차이가 심하게 발생되어 이로 인해 학습환경의 저해 및 학생들이 시력에 영향을 줄 수 있으므로 적절한 인공조명을 필요하게 된다.

(3) 분위기

일반적으로 밝게 보이는 조명이 분위기가 좋은 것이지만 그렇지 않은 경우도 간혹 있다. 이 분위기는 광원만의 문제가 아니고 실내 마감도 포함하여 생각하여야 한다. 실내의 천장, 벽, 설비, 바닥 등의 각 부위 색과 그 밝음에 대하여 광원의 종류와 그 채광방법에 따라 실내로부터 받는 분위기가 달라진다. 보통, 작업에 대한 조명의 경우는 천장, 벽 위쪽이 밝고 벽 아래, 바닥의 순서로 어둡게 보이는 것이 밝은 날의 옥외환경에 근사하므로 좋다고 할 수 있다.

2) 조도 관련기준

우리나라의 기준조도에 관한 규정은 국가규격과 각 행정부서의 필요에 따라 아래와 같은 여러 가지 규정이 제정되어 있다.

- 건축법 제18조 동 시행령 규칙 제15조 (건설부)
- 도시계획 시설기준에 관한 규칙 제14조 (건설부)
- 한국공업표준화법 KS A 3011 (공진청)
- 고등학교 이하 각급 학교 설립·운영규정 (대통령령 제15,483호)

Table 1 Classification of illumination and illumination values(K.S.)

활 동 유 형	조도 분류	조도범위[Lux]	참고 작업면 조명방법
<ul style="list-style-type: none"> · 어두운 분위기 중의 시식별작업 · 어두운 분위기 중의 간헐적인 시작업 · 어두운 분위기 중의 단순 시작업 · 잠시동안의 단순 시작업 · 빈번하지 않은 시작업 	A	3- <u>4</u> -6	공간의 전반조명
	B	6- <u>20</u> -15	
	C	15- <u>20</u> -30	
	D	30- <u>40</u> -60	
	E	60- <u>100</u> -150	
<ul style="list-style-type: none"> · 고휘도대비 혹은 큰 물체대상의 시작업 · 일반휘도대비 혹은 작은 물체 대상의 시작업 · 저휘도대비 혹은 매우 작은 물체 대상의 시작업 	F	150- <u>200</u> -300	작업면 조명
	G	300- <u>400</u> -600	
	H	600- <u>1000</u> -1500	
<ul style="list-style-type: none"> · 비교적 장시간동안 저휘도대비 혹은 매우 작은 물체 대상의 시작업 수행 · 장시간동안 힘든 시작업 수행 · 휘도대비가 거의 안되며 작은 물체의 매우 특별한 시작업 수행 	I	1500- <u>2000</u> -3000	전반조명과 국부조명을 병행한 작업면 조명
	J	3000- <u>4000</u> -6000	
	K	6000- <u>10000</u> -15000	

주) 조도범위에서 좌측은 최저, 밑줄 친 중간은 표준, 우측은 최고 조도이다

Table 2 KS standard of illumination in classroom

장소/활동 조도분류	전반 …………… F	일반 …………… G	컴퓨터실	
실내	두건물을잇는복도 E	재봉, 정밀 …… H	일반작업 …… G	
	강당, 집회실 …… F	방송실, 전화교환실 F	판독작업 …… H	
	공임실 …………… G	보건실 …………… F	탈의실 …… E	
	교실(칠판) …… G	비상계단 …… D	휴게실 …… F	
	교직원실, 사무실,	서고 …………… F	서비스 공간	
	수위실, 회의실 …… F	숙직실 …………… E		계단, 엘리베이터 E
	급식실, 식당, 주방… F	승강구 …………… F		세면장, 화장실 E
	도서열람실	실내체육관 ………	제도실	
	도서열람 …… H	실험실습실	일반제도 …… G	
		정밀제도 …… H		
		차고, 창고……… D		

1993년에 개정된 한국공업규격 기준조도(KS A 3011-1993)는 일본의 국가규격 JISZ9100을 그대로 옮겨 놓았던 한국공업규격 조도기준(KS 3011-1991)을 개정한 것으로, 기준조도 단계는 서울대학교 생산기술연구원에서 수행한 “조도기준설치에 관한 연구” 결과에 근거하여 단계 E~H를 설정하였으며, 단계 A~D, I~K는 앞의 결과를 Weber-Fechner의 법칙에 준용하여 유추한 것이다.

활동유형에 따른 조도분류와 조도값(KS)인 Table 1과 교사내 장소별 조도기준인 Table 2에서 보는 바와 같이 교실의 조도는 최소 300[Lux] 표준 400[Lux], 최고조도는 600[Lux]로 최소 300[Lux]이상이 되어야 하는 것을 알 수 있다.

개정된 한국공업규격(KS) 조도기준에서는 대분류로는 작업장소에 따른 분류를 따고 소분류에서 작업 종류에 따른 분류를 적용하여 이용의 편리함과 내용의 간결화를 도모하였다. 또한 새로 출현되고, 수요가 급증하고 있는 사무자동화기기 작업에 대한 기준조도도 추가되어 있다.

3. 학교조명의 특징

학교조명은 학생과 교사가 능률적으로 즐겁게 바라볼 수 있고 학습의 효과를 조장하는 환경을 만드는데 있다. 미국에서의 조사에 의하면 학생은 교실내

생활의 62%를 시작업 시간으로 소비하고 있다는데(조명학회, 1997), 발육도상에 학생의 강건한 심신형성을 위해 학교조명의 의의는 자못 크다.

좋은 학교조명은 광속 발산도와 그 분포가 좋아야 되고, 광원이나 창에서의 직사 또는 반사에 의해서 생기는 글레어를 막아 명시조건을 만족시키고 미적 요인을 포함하여 달성되는 것이다.

학교에서는 교육에 충분한 밝음과 질적인 조명으로 학급에 충실 할 수 있는 명시조명을 해야 한다. 교실에서 가정의 공부방 조명까지 학습을 위한 조명기구가 필요하며, 각 학교의 야간수업 등에 대한 조명에 충분히 검토하여 각각의 학교에 맞는 설계를 하지 않으면 안된다.

1) 일반교실의 조명

장시간 수업을 하는 교실은 주간수업에 대해서는 채광을 충분히 고려하는 것은 물론, 야간수업을 위한 조명시설에 충분한 검토가 있어야 한다 (지철근, 2000). 조명방법으로는 효율이 좋은 형광램프에 의해 반직접 및 전반 확산조명을 하는 것이 좋다. 교실 내의 환경을 만드는 천장, 벽, 바닥 등의 실내 상호 간 반사에 의한 빛을 유효하게 이용할 수 있어야 한다. 가장 이상적인 마무리로서 Fig. 1은 교실 내 각 면의 반사율을 나타낸다. 일반교실은 다음의 Fig. 2와 같이 반직접조명의 형광등기구를 이용하고, 램프는 따뜻한 백색을 사용하고 책상면 조도는 300[Lux]이상이어야 한다. 교실조명에 대해서는 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

- 학생들의 수업에 필요한 책상면의 적정조도를 유지하여야 한다.
- 교실 전체면적의 균제도를 고려하여 광원의 종류와 수량을 산출하여야 한다.
- 책상의 위치와 방향, 천장의 높이와 형태, 조명기구의 광도특성, 교실내의 반사율, 학생수 등 조명의 영향을 받을 수 있는 가능한 모든 조건을 고려한 효율적인 배치가 되어야 한다

2) 칠판의 조명

각 교실의 조명으로 가장 검토를 요하는 곳은 칠판의 조명이다. 특히 일반교실 칠판의 이용도는 높고, 특별교실 칠판은 상하, 좌우로 이동하는 등 칠판면의 연직선 조도와 반사하지 않도록 설계하는 것이 중요하다. 칠판면은 교실

의 전반조명에 의한 밝기만으로는 조도기준에서 규정하는 조도를 얻기 어렵기 때문에, 국부조명에 의한 밝기를 보충할 필요가 있다. 칠판의 조명은 다음 사항들을 만족시켜야 한다. 학생측의 조건으로는 칠판면으로부터 받는 반사에 의한 눈부심을 적게 할 것과 칠판조명의 램프가 직접 눈에 들어오지 않도록 하는 것이며, 교사측의 조건은 강의 중에 칠판조명의 램프가 양각(仰角, 수평면에서 위로 낸 각도) 45° 이상이어야 하고 칠판에 쓸때에 램프가 눈부시지 않아야 한다 (지철근, 2000). 이러한 조건들을 만족하는 조명기구의 위치와 높이로 설계하면 된다.

3) 도서관의 조명

학교도서관 및 일반도서관의 조명에 대해서는 도서 관람실과 서고실의 조명으로 나누어 생각해야만 한다. 열람실은 책상면에서의 독서, 공부가 주체이고, 서고실은 선반의 연직선 조도가 문제가 된다. 도서열람실은 장시간 독서해도 피로하지 않고 학습이 지속되도록 충분한 조도와 질 높은 빛이 요구되어 개인 열람실은 탁상스탠드 등에 의한 국부조명, 대중적인 열람실은 실내 전반조명에 의해서 조도를 확보하는 것이 좋고 조명기구는 질적으로 부드러운 빛이 피로를 적게 하므로 플라스틱 커버가 붙은 기구가 추천되고 있다. 평균조도 300~700[Lux]가 요구된다.

4) 복도 및 계단의 조명

다른 장소에 비해 특별한 조명을 요구하지 않는 구역이기는 하지만 학생들의 통행에 지장을 주지 않으며 안전을 위해 적절한 조도를 제공하여야 한다.

5) 컴퓨터실의 조명

일반교실과는 달리 흑판에 의한 교육과 VDT(visual display terminal)에 의한 교육이 병행되는 교육공간으로 VDT에 의한 조명반사로 학습환경에 영향을 받게 되며 이로 인한 학습능률 저하와 학생들의 시력 저하가 우려된다. 따라서 이에 대한 보완이 필요하며 등기구의 선택시 파라보릭 또는 루버가 있는 조명기구를 사용하여 반간접조명을 채택하는 것이 있다.

Ⅲ. 학교조명의 실태조사

학교 조명의 목적은 교육에 충분한 밝음과 질적인 조명으로 학습에 충실할 수 있는 조명을 해야 하며 학생들의 심리를 움직이게 하는 기분이나 분위기를 그때의 생활행동에 알맞도록 최적의 학교조명 환경을 하는 것이다.

학교조명의 문제점을 파악하기 위하여 복제주군의 초, 중학교 46개교를 중심으로 하여 등기구 설치 현황, 교실 조도 및 균제도 등 학교 조명 실태조사를 하였다.

1. 등기구 설치 현황

조사대상 학교의 주 광원으로는 직관형 형광등을 사용하고 있으며 교실별 등기구 수량은 40[W] double등을 기준으로 하였고, 학교의 조명설비 현황을 파악하기 위하여 46개 학교를 대상으로 실시한 실태조사 및 조도 측정 결과를 분석한 결과는 Table 3에서 보는 바 같이 평균조도가 226[Lux]인 교실당 6등 배열이 42[%]이며, 조도가 160 [Lux] 수준인 4등 설치 비율은 28[%]이며 조도가 305[Lux]인 8등 배열은 30[%]로 나타나 현 기준조도인 300[Lux] 이하의 교실이 전체의 70[%]를 차지하므로 교실의 조도환경은 대부분 매우 열악한 것으로 나타나 앞으로 조도개선을 위한 적정 등기구의 설치 및 배치에 대한 검토가 매우 필요한 것으로 판단되었다.

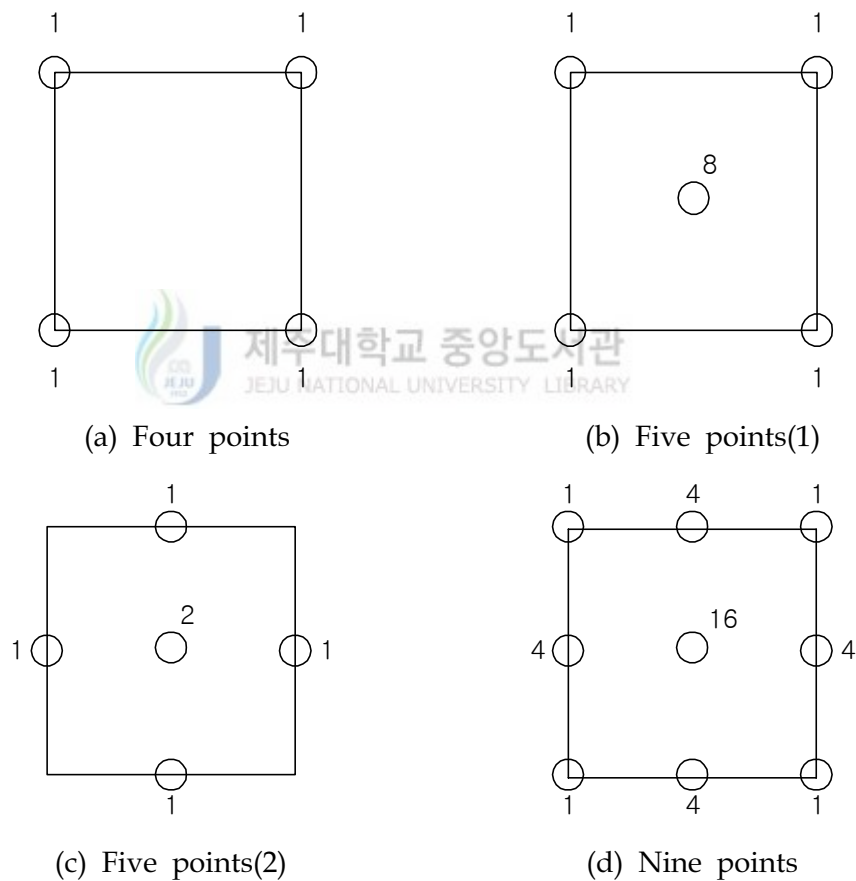
Table 3 Conditions of luminary and illumination in classroom

division	four luminaires	six luminaires	eight luminaires	sum
school number	12	20	14	46
percent [%]	28	42	30	100
average photometry illumination [Lux]	160	226	305	

2. 조도 측정

1) 평균조도산출법

조명 실태 조사를 위한 측정에서는 책상면의 높이를 50[cm]로 하여 책상면 위의 조도를 측정하였다. 다수의 점의 조도 측정치에서 측정범위내의 평균조도를 산출하려면 측정범위를 적당한 등면적의 평균조도를 산출한 뒤 그들의 평균을 낸다. 단위구역의 평균조도를 구하려면 장소에 의한 조도변화 정도에 따라서 Fig. 1과 같은 각종 방법이 있다.



E_i, E_g, E_m : 각각 우점, 중심점, 변중점의 조도

Fig. 1 Calculation method of average illumination

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

이 논문에서는 약간의 조도변화와 실내에서 주로 사용하는 5점법 평균조도계산식인 Fig. 1의 (c)를 사용하여 측정하였으며 그 평균조도계산식은 식 (1)과 같다.

$$E_0 = \frac{1}{6} (\sum E_m + 2 E_g) \quad (1)$$

Fig. 2와 같이 분할하는 단위구역의 수는 행렬의 등수를 M, N으로 했을 때 M×N이고, 단위구역의 평균조도계산법으로 약간의 조도변화와 실내에서 주로 사용하는 5점법 평균조도계산식인 Fig. 1의 (c)를 사용한다. 이때, 단위구역의 조도의 평균을 내지 말고, 직접 평균조도 E를 계산하는데는 식 (2)를 사용한다 (조명학회, 1997).



$$E = \frac{1}{6mn} \{ \sum E_{\Delta} + 2 \sum E_x + 2 \sum E_{\square} \} \quad (2)$$

식(2)에서 m과 n은 행렬의 분할수이며 E_{Δ} 은 변중점의 조도이고, E_x 은 우점의 조도이며, E_{\square} 은 중심점의 조도이다.

이 논문에서는 Fig. 3와 같이 교실전체를 가로 7.5[m], 세로 9[m]로 하고 조도측정은 63그리드로 구분하여 5점법 평균조도계산식에 의해 단위구역의 평균조도를 산출한후 평균조도를 산출하였다.

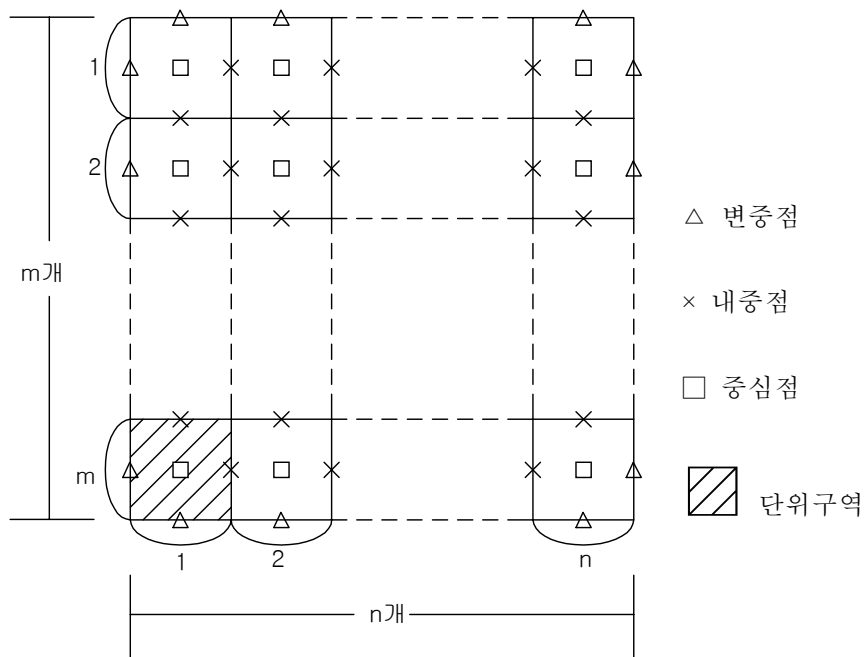


Fig. 2 Photometry by five points

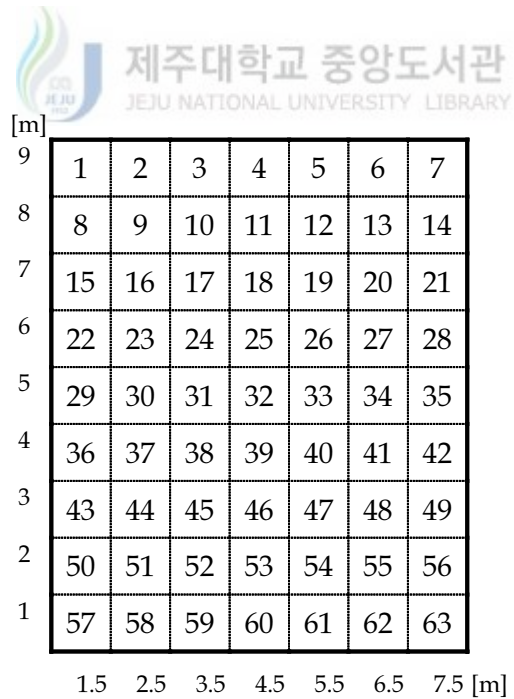


Fig. 3 Measurement position of average illumination

2) 조도 측정 결과

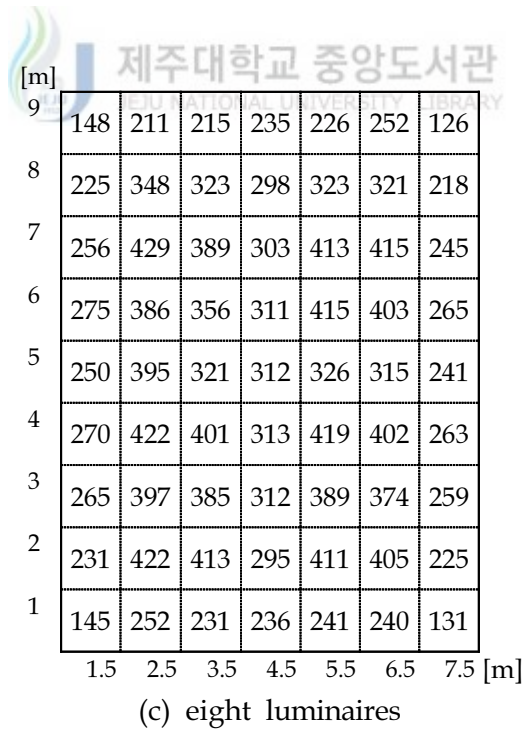
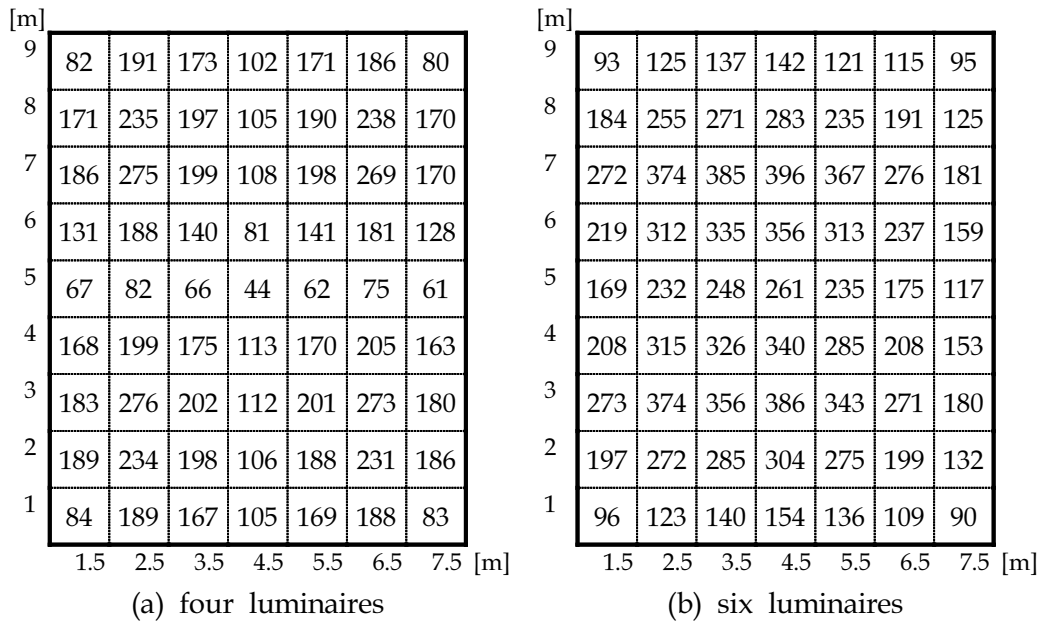


Fig. 4 The values of photometry in classroom

학교 교실의 조도분포 현황을 파악하기 위해 교실에 설치된 40[W] double 4등, 6등, 8등의 조도를 실측하여 5점법 평균조도계산식에 의해 단위구역의 평균조도를 산출 한 결과는 Fig. 4와 같다.

4등의 평균조도, 균제도1 및 균제도2는 각각 160[Lux], 0.275, 0.159이고 6등일때는 각각 226[Lux], 0.389, 0.228이며 8등일때는 각각 305[Lux], 0.412, 0.293으로 측정되었고 측정 분석치는 Table 4에서 비교 분석하였다.

Table 4 Installation conditions of illumination and uniformity ratio

luminaire number item	four luminaires	six luminaires	eight luminaires
average photometry illumination [Lux]	160	226	305
uniformity ratio 1	0.275	0.389	0.412
uniformity ratio 2	0.159	0.228	0.293

평균조도가 300[Lux]만을 만족하는 경우는 40[W] double 8등을 설치해도 되지만 균제도1은 0.412 균제도2는 0.293으로 기준치인 0.5 및 0.3에 미치지 못하고 있어 기준조도, 균제도1 및 균제도2 모두를 만족하는 설계안을 제시키 위하여 조명 모델 시뮬레이션을 하였다.

IV. 학교 교실의 조명시뮬레이션

교실내 조도에 영향을 주는 조도 조건으로 작업면의 높이는 50[cm], 피조면에서의 조명기구까지의 높이는 2[m], 교실의 가로 길이 7.5[m], 교실의 세로 길이 9[m]로 하였고 조명률표상 중간값인 적용반사율은 천장 70[%], 벽면 50 [%], 바닥 30[%]의 값을 적용하였고 보수율은 70[%]를 적용하였으며, 사용한 시뮬레이션의 package는 Philips Lighting B.V.의 CalcuLux 2.0을 이용하였다.

1. 모델 시뮬레이션 제안

Fig. 5는 모델 시뮬레이션시 교실에서 등기구 배치상태를 나타낸 것으로 (a)는 4등을 설치하였을 때를 나타내며 측벽으로 1.9[m], 정면으로는 2.25[m] 간격을 두고 등간의 거리는 측면으로 3.7[m], 정면으로 4.5[m] 간격을 두고 배치한 것이고, (b)는 6등을 설치하였을 때이며 측벽으로 1.9[m], 정면으로는 1.5[m] 간격을 두고 등간의 거리는 측면으로 3.7[m], 정면으로 3.0[m] 간격을 두고 배치한 것이고, (c)는 8등을 설치하였을 때이며 측벽으로 1.9[m], 정면으로는 1.2[m] 간격을 두고 등간의 거리는 측면으로 3.7[m], 정면으로 2.2[m] 간격을 두고 배치한 것이며, (d)는 9등을 설치하였을 때를 나타낸 것으로 측벽으로 1.25[m], 정면으로는 1.5[m] 간격을 두고 등간의 거리는 측면으로 2.5[m], 정면으로 3.0[m] 간격을 두고 배치하여 조명 모델 시뮬레이션을 하였다.

2. 모델 시뮬레이션 결과

Fig. 6은 교실전체는 가로 7.5[m], 세로 9[m]이고 63그리드로 구분하여 40[W] double 4등을 설치하였을때 책상면에서의 조도분포를 나타낸 것이고, Fig. 7, 8은 책상면을 기준으로 한 교실 전체의 등가 조도 분포 곡선이며, Fig. 9는 3차원 공간 조도 분포 곡선을 나타낸 것으로 평균조도는 159[Lux], 균제도1과 균제도2는 각각 0.28, 0.11으로 평균조도, 균제도1, 균제도2 모두 기준치에 미달한 결과를 보였다.

Fig. 10은 40[W] double 6등을 설치하였을때 책상면에서의 조도분포, Fig. 11, 12는 등가 조도 분포 곡선, Fig. 13은 3차원 공간 조도 분포 곡선을 나타낸 것이므로 평균조도는 237[Lux], 균제도1과 균제도2는 각각 0.43, 0.23으로

평균조도, 균제도1, 균제도2 모두 기준치에 미달한 결과를 보였다.

Fig. 14는 40[W] double 8등을 설치하였을때 책상면에서의 조도분포, Fig. 15, 16은 등가 조도 분포 곡선, Fig. 17은 3차원 공간 조도 분포 곡선을 나타낸 것으로, 평균조도는 314[Lux], 균제도1과 균제도2는 각각 0.44, 0.28로 평균조도는 기준치인 300[Lux]이상으로 양호하였지만 균제도1과 균제도2는 기준치인 0.5, 0.333에 미달한 결과하였다.

Fig. 18은 40[W] double 9등을 설치하였을때 책상면에서의 조도분포, Fig. 19, 20은 등가 조도 분포곡선, Fig. 21은 3차원 공간 조도 분포 곡선을 나타낸 것으로 평균조도는 350[Lux], 균제도1과 균제도2는 각각 0.56, 0.34로 평균조도, 균제도1, 균제도2 모두 양호한 결과를 보였다.

Table 5 Simulation results of illumination and uniformity ratio

item \ luminaire number	four luminaires	six luminaires	eight luminaires	nine luminaires
average photometry illumination [Lux]	159	237	314	350
uniformity ratio 1	0.28	0.43	0.44	0.56
uniformity ratio 2	0.11	0.23	0.28	0.34

Fig. 5와 같이 조명 모델 시뮬레이션을 하였을 때 40[W] double 4등, 6등, 8등, 9등 배열의 평균조도, 균제도1, 균제도2의 결과는 Table 5에 제시하였으며 실측값인 Table 4와 비교해보면 40[W] double 4등, 6등, 8등 배열의 평균조도, 균제도1, 균제도2는 조명 모델 시뮬레이션을 했을 때 값과 거의 일치하는 것으로 분석되었다.

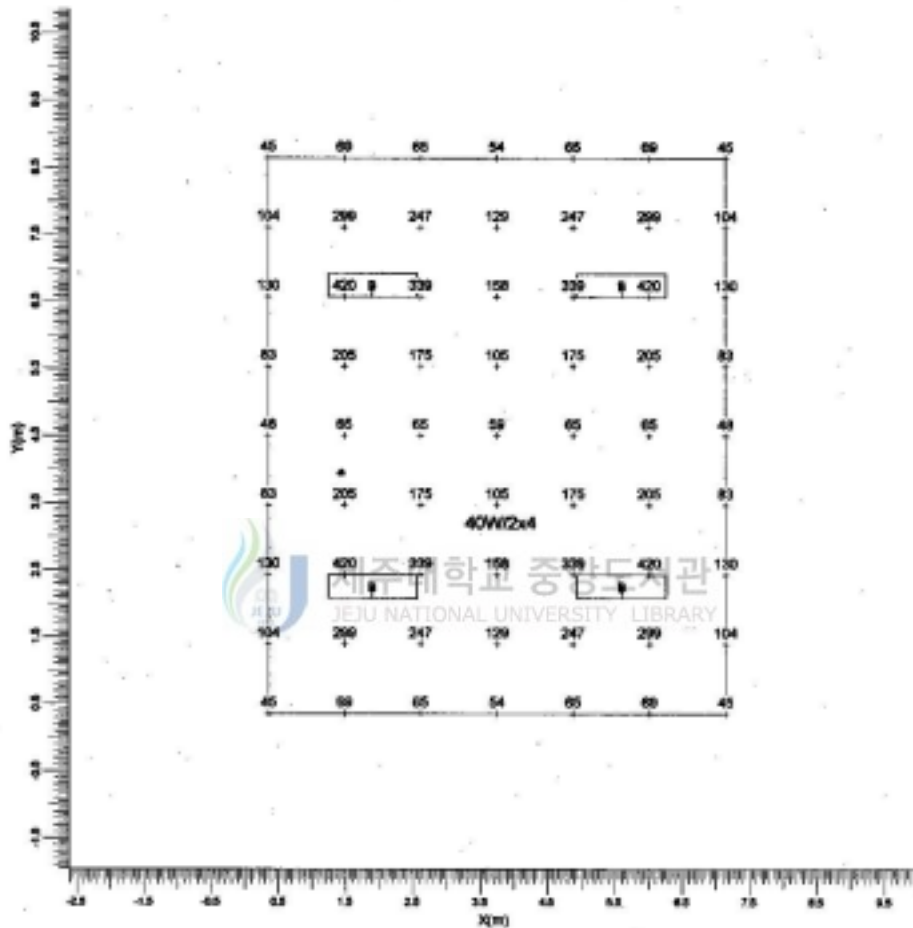


Fig. 5 Arrangement of luminaires in classroom

1. Calculation Results

1.1 Grid: Graphical Table

Grid : Grid at Z = 0.50 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



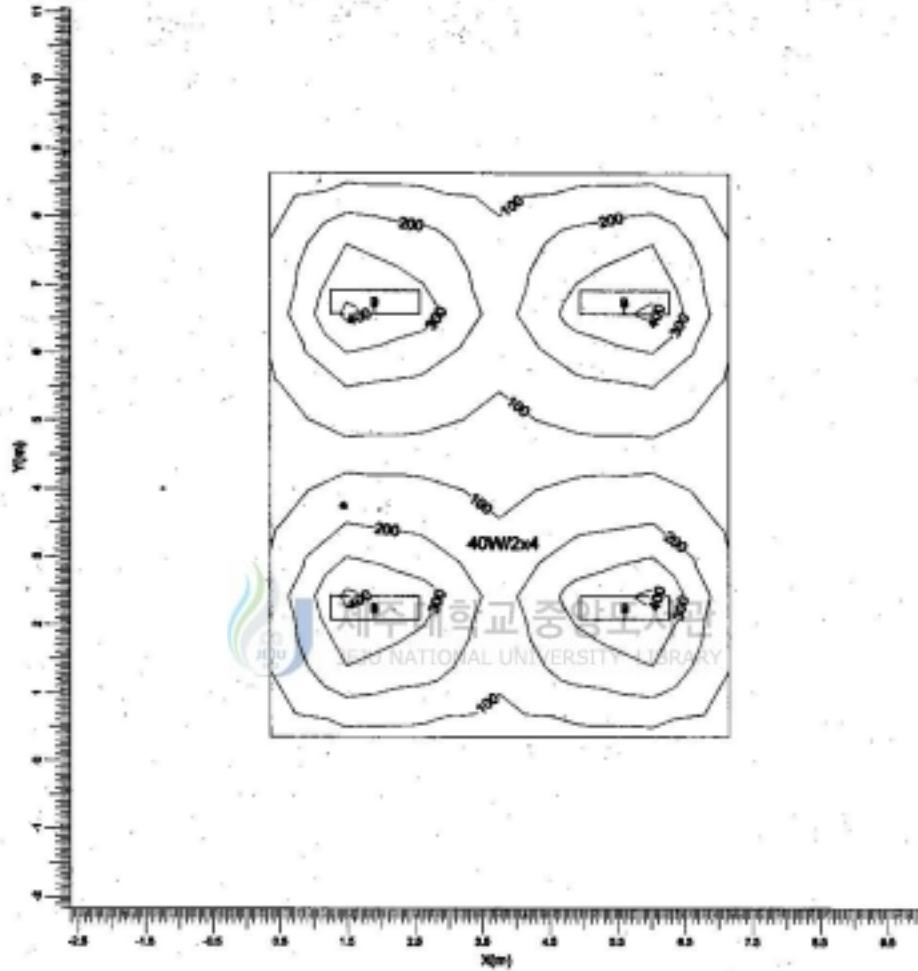
B → TPH 750235

Average	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
159	0.28	0.11	0.70	1:75

Fig. 6 Illumination distribution of grid for four luminaires

1.2 Grid: Iso Contour

Grid : Grid at Z = 0.50 m
Calculation : Surface illuminance (lux)
Result Type : Total



B → TPH 760236

Average	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
159	0.28	0.11	0.70	1.75

Fig. 7 Iso-lux diagram for four luminaires

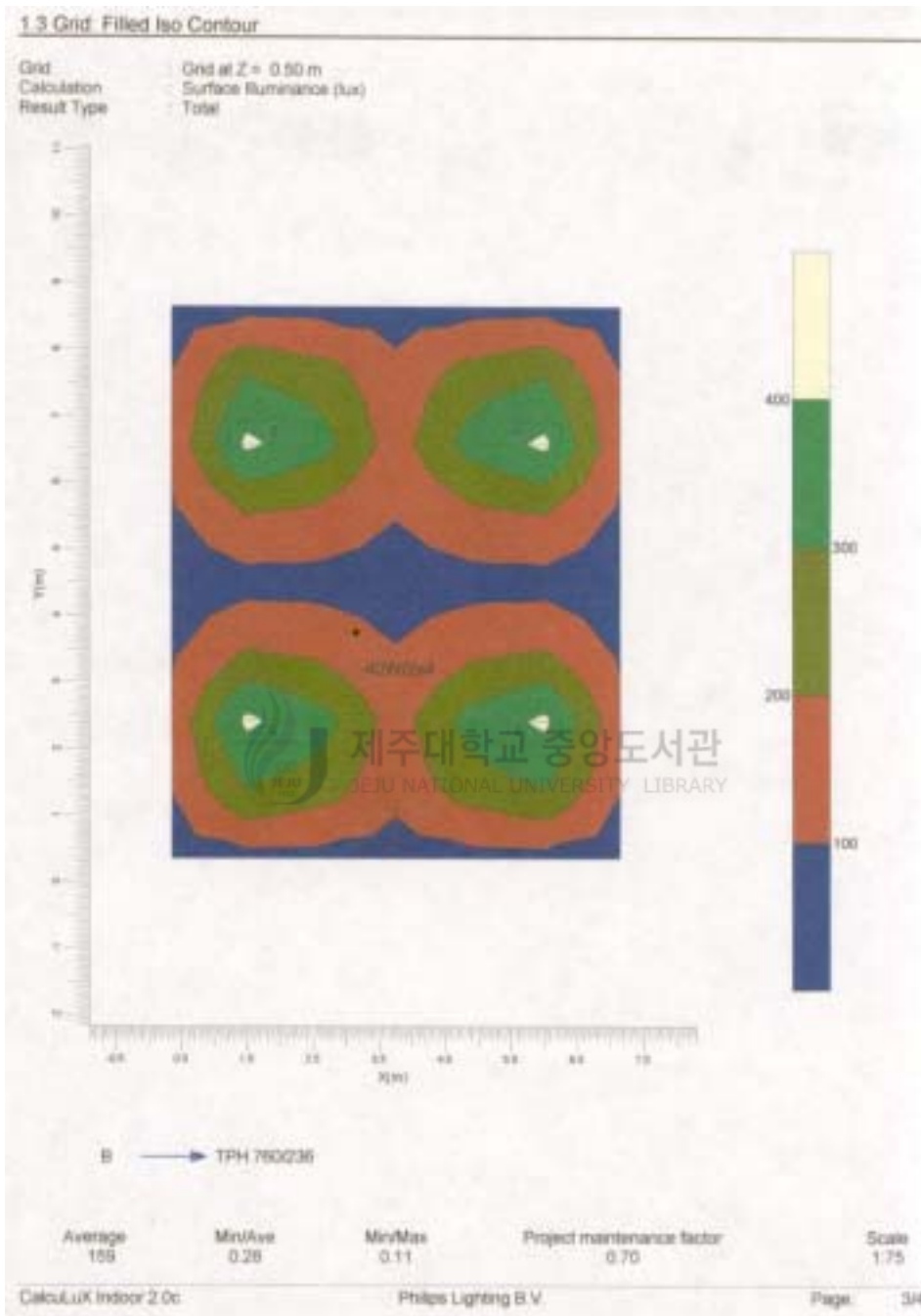
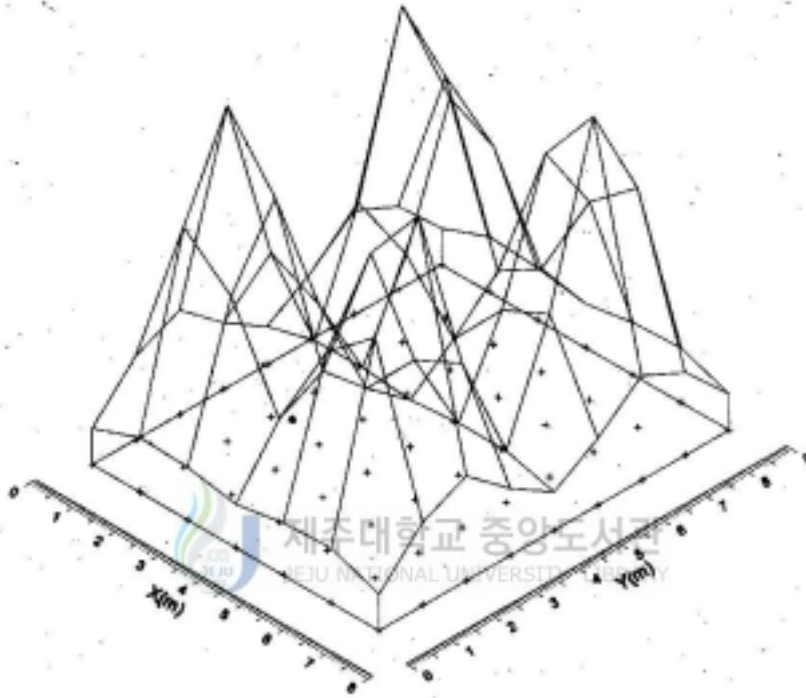


Fig. 8 Iso-lux diagram for four luminaires by colour

1.4 Grid: Mountain Plot

Grid : Grid at Z = 0.50 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)
Result Type : Total



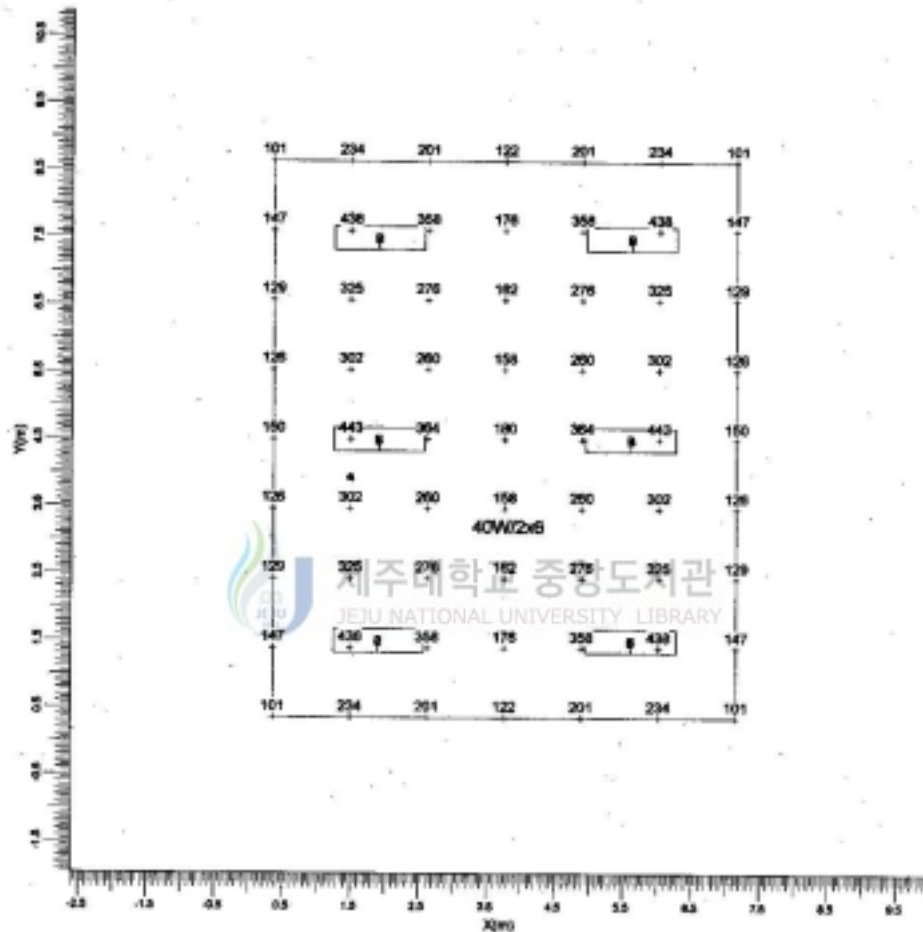
Average	Mini/Ave	Mini/Max	Project maintenance factor
159	0.28	0.11	0.70

Fig. 9 Diagram of 3-D illumination distribution for four luminaires

1. Calculation Results

1.1 Grid: Graphical Table

Grid : Grid at Z = 0.50 m
 Calculation : Surface illuminance (lux)
 Result Type : Total



B → TPH 790/236

Average
237

Min/Ave
0.43

Min/Max
0.23

Project maintenance factor
0.70

Scale
1:75

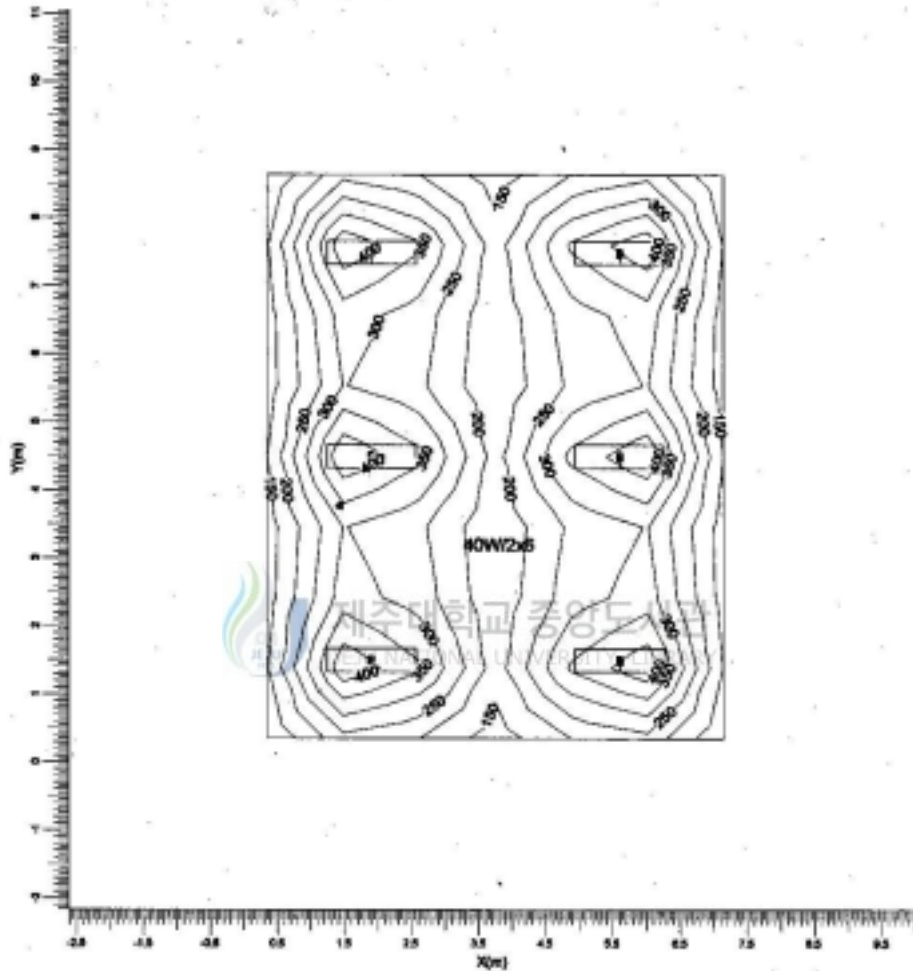
CalcuLuX Indoor 2.0c

Philips Lighting B.V.

Fig. 10 Illumination distribution of grid for six luminaires

1.2 Grid: Iso Contour

Grid : Grid at Z = 0.50 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)
Result Type : Total



B ———> TPH 790/236

Average	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
237	0.43	0.23	0.70	1:75

CalcLuX Indoor 2.0c

Philips Lighting B.V.

Fig. 11 Iso-lux diagram for six luminaires

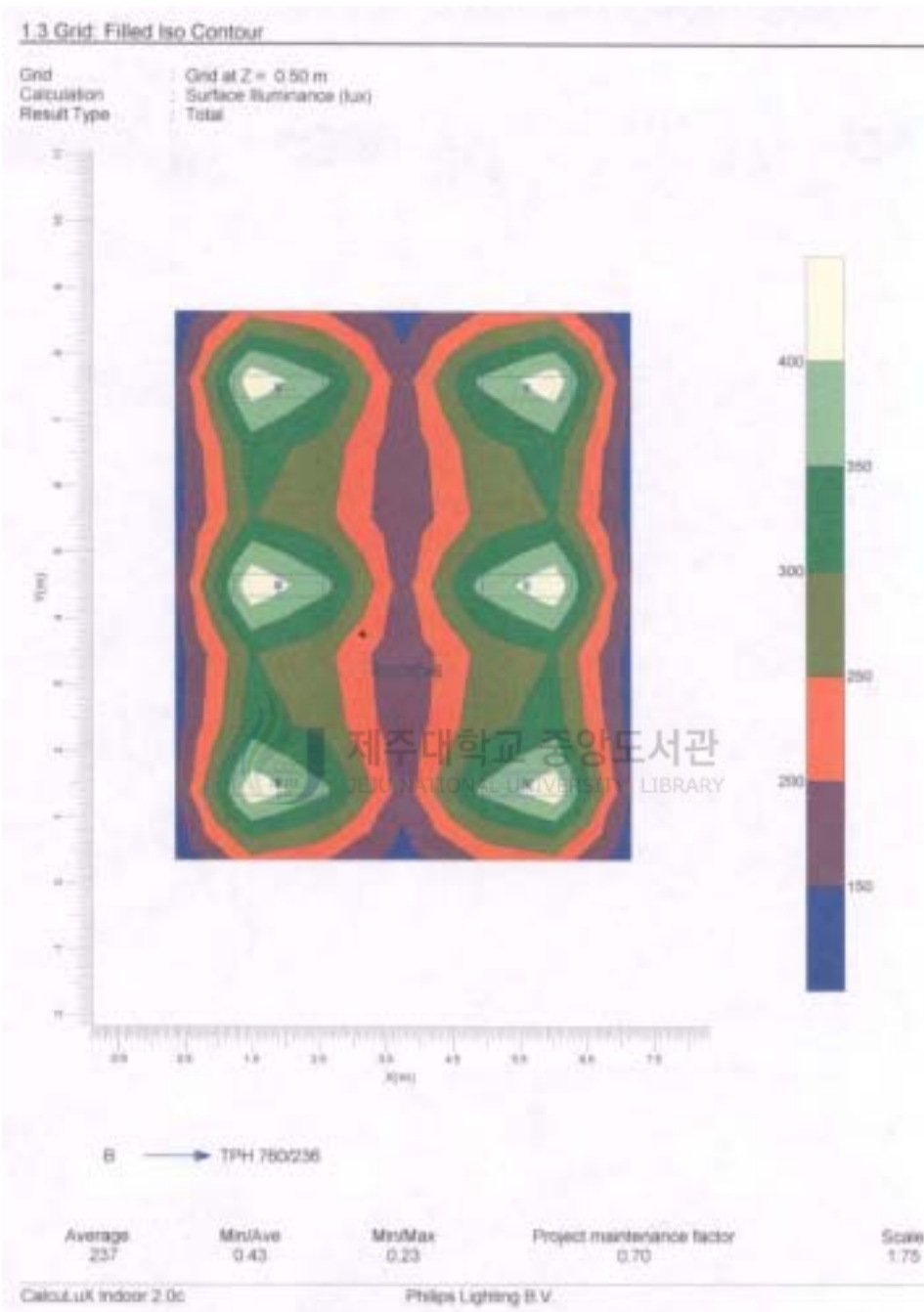
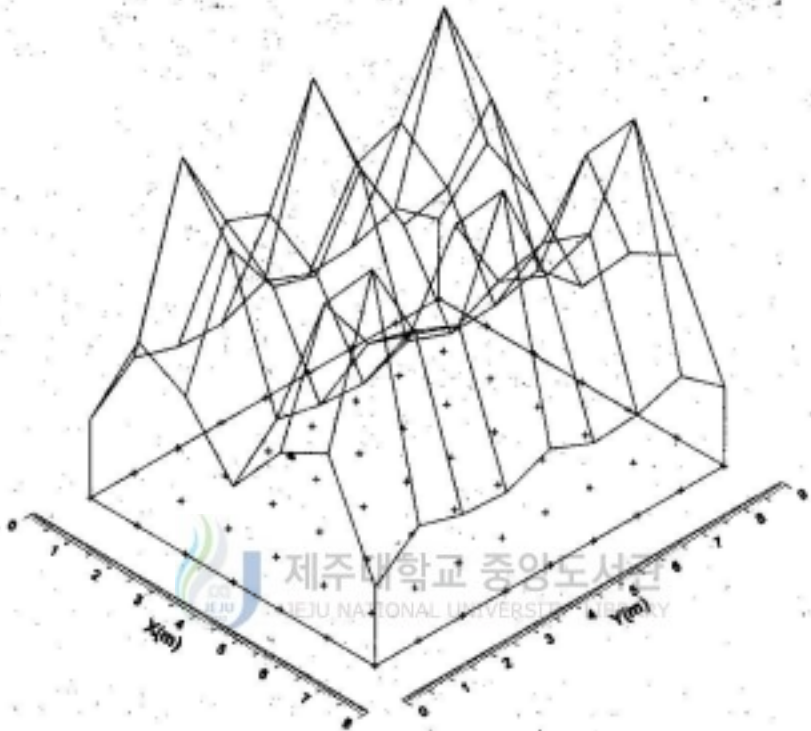


Fig. 12 Iso-lux diagram for six luminaires by colour

1.4 Grid: Mountain Plot

Grid : Grid at Z = 0.50 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)
Result Type : Total



Average	MiniAve	Min/Max	Project maintenance factor
237	0.43	0.28	0.70

CalcLuX Indoor 2.0c

Philips Lighting B.V.

Fig. 13 Diagram of 3-D illumination distribution for six luminaires

1. Calculation Results

1.1 Grid: Graphical Table

Grid : Grid at Z = 0.50 m
 Calculation : Surface illuminance (lux)
 Result Type : Total

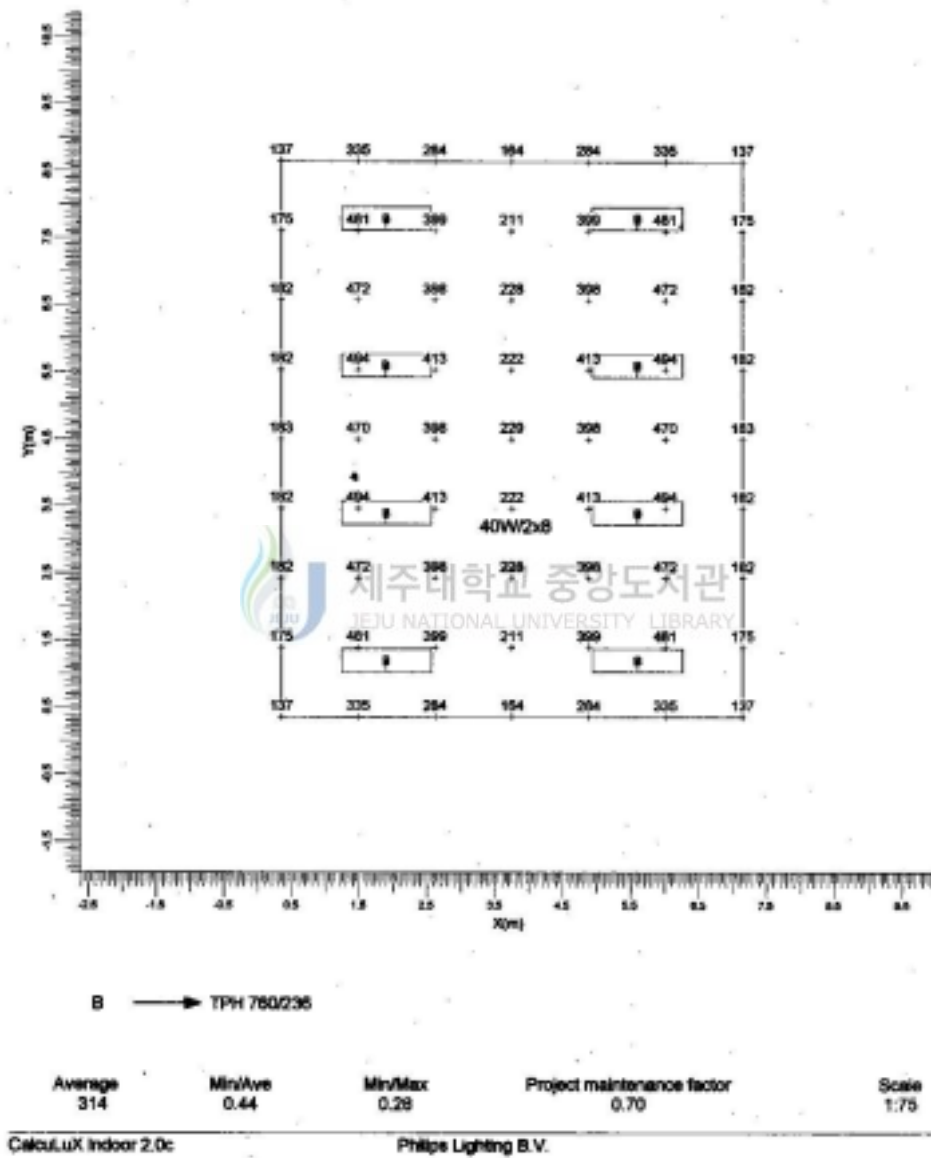
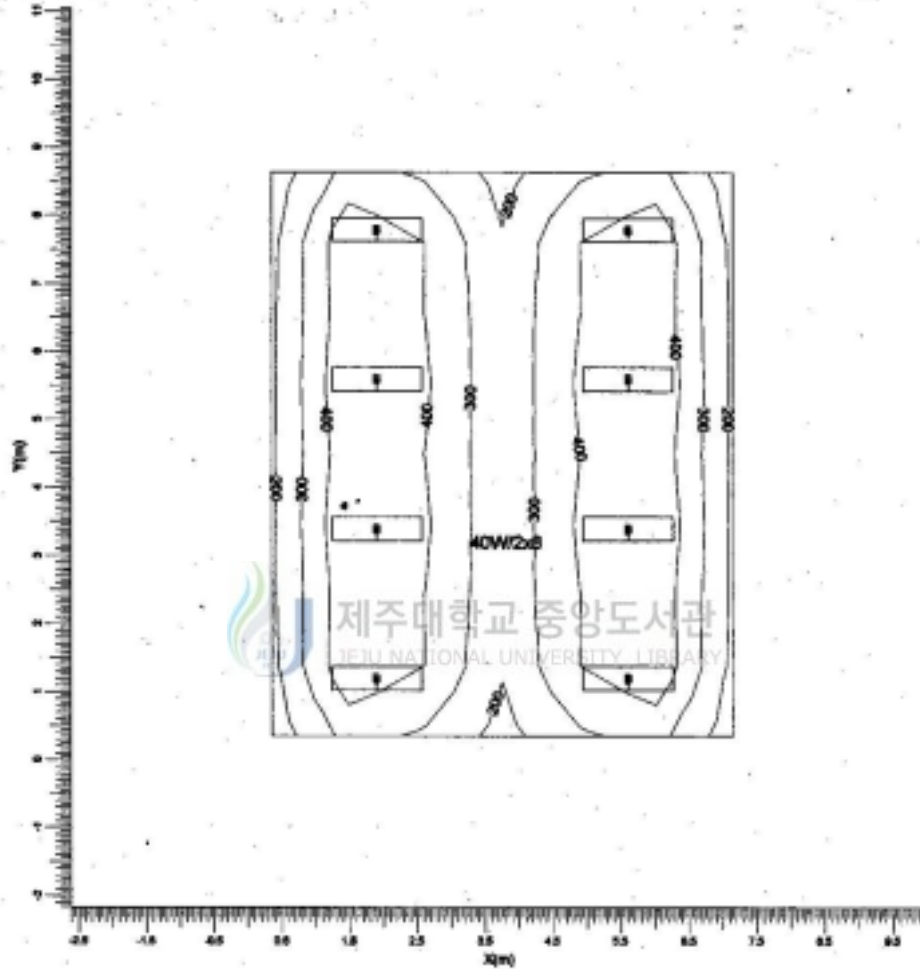


Fig. 14 Illumination distribution of grid for eight luminaires

1.2 Grid: Iso Contour

Grid : Grid at Z = 0.50 m
 Calculation : Surface Illuminance (Lux)
 Result Type : Total



B → TPH 760236

Average 314	Min/Ave 0.44	Min/Max 0.28	Project maintenance factor 0.70	Scale 1:75
----------------	-----------------	-----------------	------------------------------------	---------------

CalcLuX Indoor 2.0c

Philips Lighting B.V.

Fig. 15 Iso-lux diagram for eight luminaires

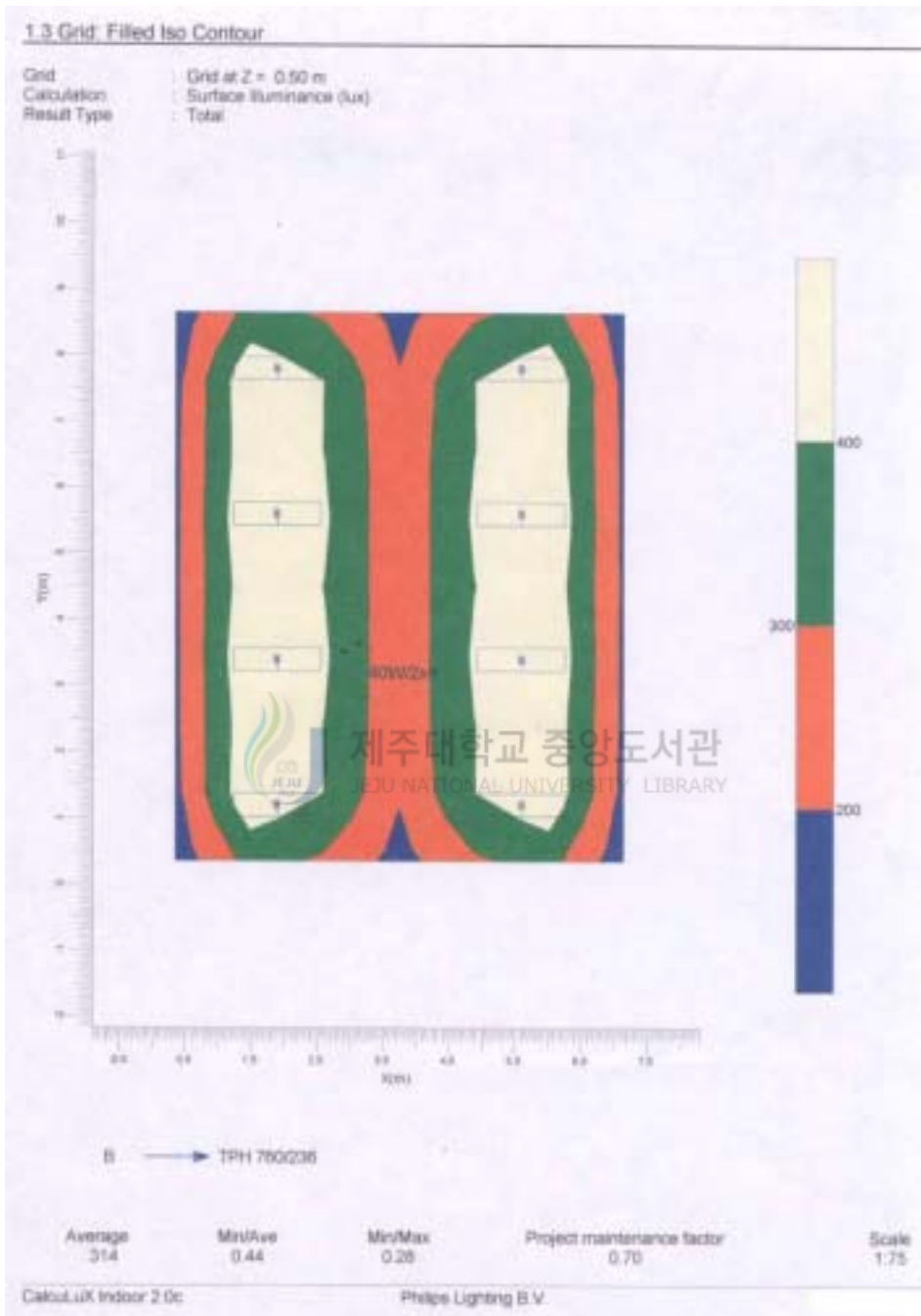
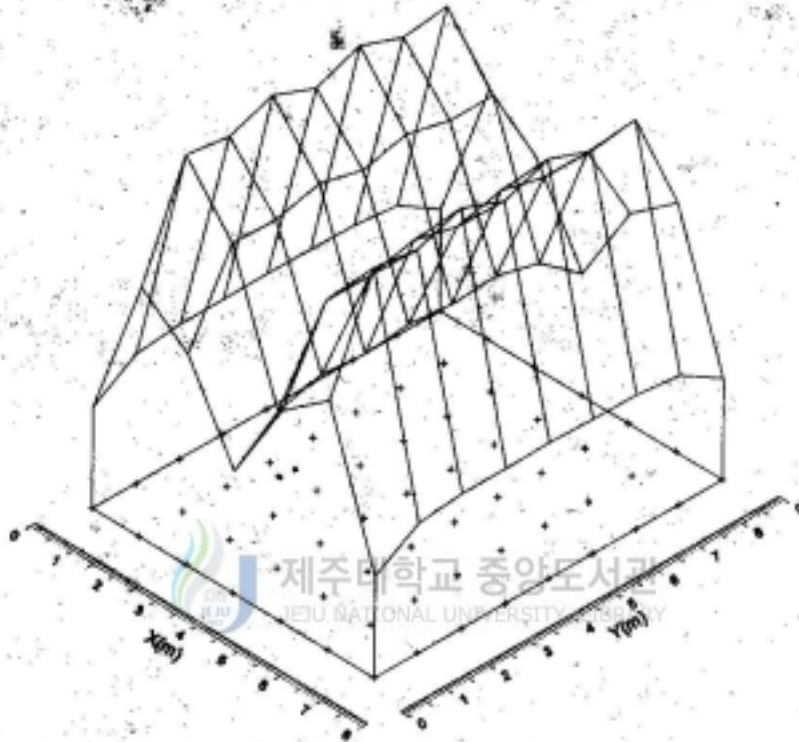


Fig. 16 Iso-lux diagram for eight luminaire by colour

1.4 Grid: Mountain Plot

Grid : Grid at Z = 0.50 m
Calculation : Surface Illuminance (Lux)
Result Type : Total



Average	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor
314	0.44	0.28	0.70

CelcalLux Indoor 2.0c

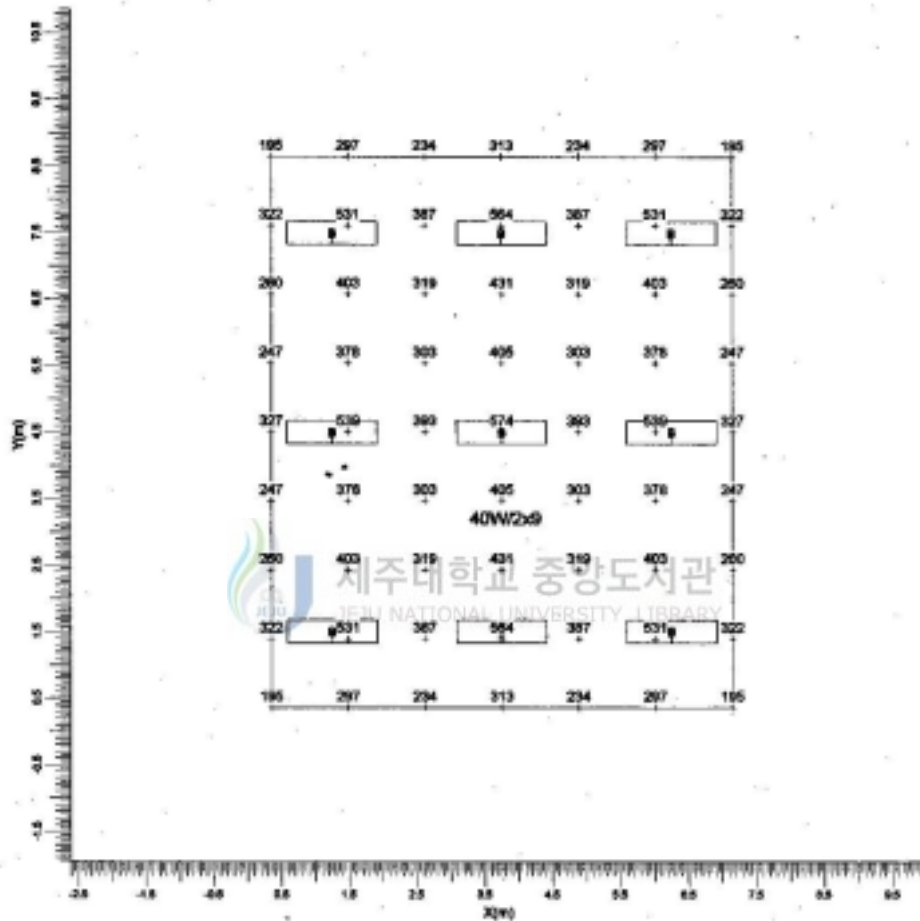
Philips Lighting B.V.

Fig. 17 Diagram of 3-D illumination distribution for eight luminaires

1. Calculation Results

1.1 Grid: Graphical Table

Grid : Grid at Z = 0.50 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



B → TPH 780236

Average 350	Min/Ave 0.56	Min/Max 0.34	Project maintenance factor 0.70	Scale 1.75
----------------	-----------------	-----------------	------------------------------------	---------------

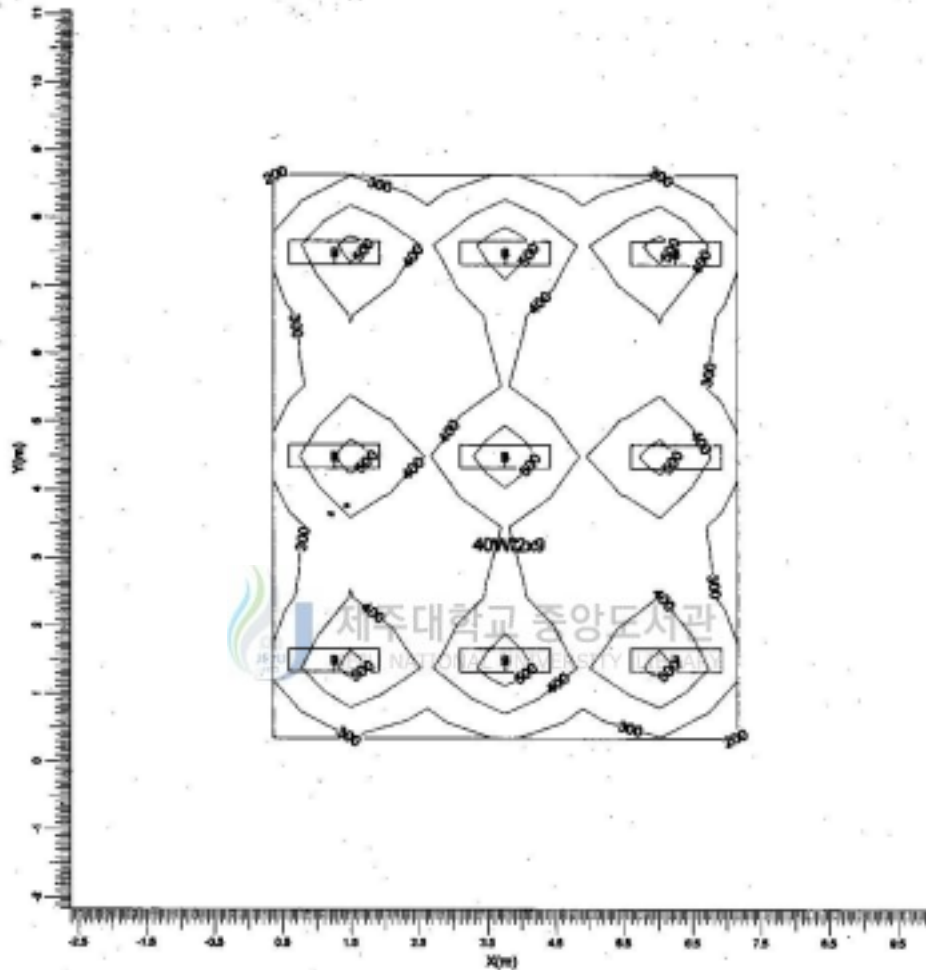
CalculiX Indoor 2.0c

Philips Lighting B.V.

Fig. 18 Illumination distribution of grid for nine luminaires

1.2 Grid: Iso Contour

Grid : Grid at Z = 0.50 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



B → TPH 780/236

Average	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
350	0.56	0.34	0.70	1:75

CalcLuX Indoor 2.0c

Philips Lighting B.V.

Fig. 19 Iso-lux diagram for nine luminaires

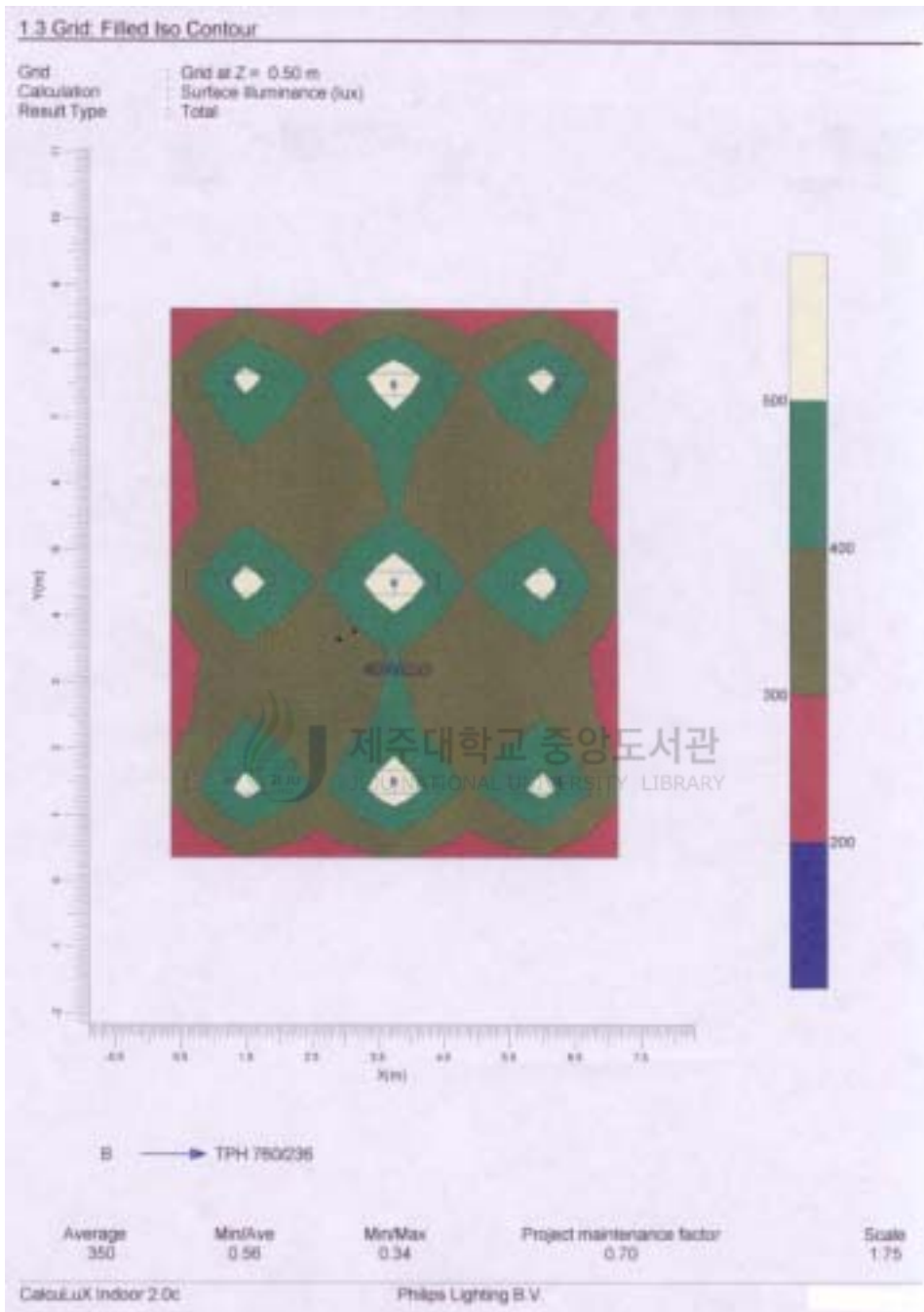
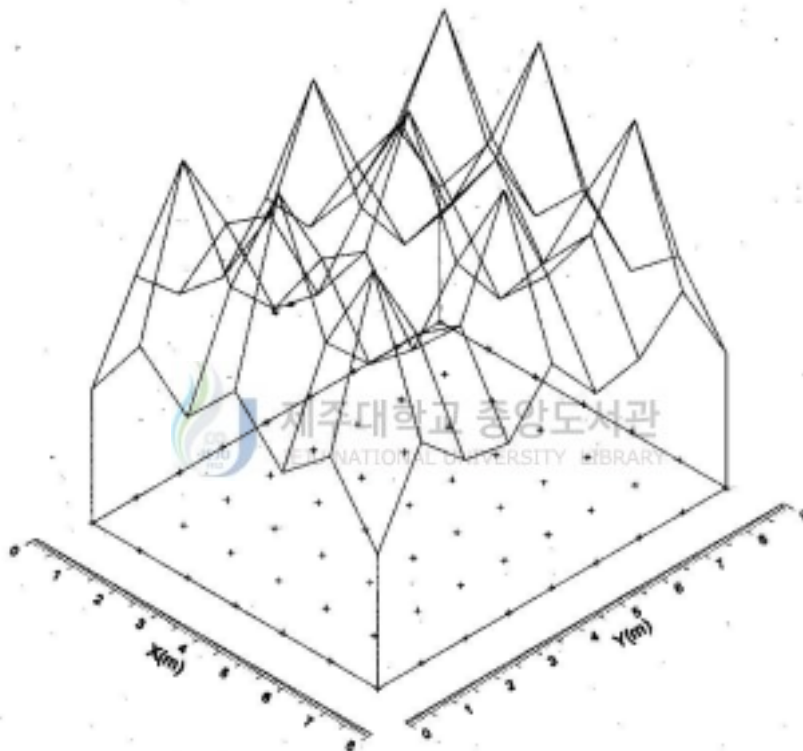


Fig. 20 Iso-lux diagram for nine luminaire by colour

1.4 Grid: Mountain Plot

Grid : Grid at Z = 0.50 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)
Result Type : Total



Average	Min/Max	Min/Max	Project maintenance factor
350	0.58	0.34	0.70

CalcLuX Indoor 2.0c

Philips Lighting B.V.

Fig. 21 Diagram of 3-D illumination distribution for nine luminaires

V. 결과 및 검토

학교조명의 실태조사를 통해 교실별 등기구 설치현황에서 보여준 바 같이 기준조도인 300[Lux] 이하의 교실이 전체의 70[%]를 차지하고 있었다. 그리고, 28[%]를 차지하고 있는 40[W] double 4등 설치시 평균조도는 160[Lux], 균제도1은 0.275, 균제도2는 0.159로서 기준치 평균조도인 300[Lux], 균제도1의 기준치 0.5, 균제도2의 기준치 0.333에 모두 미달한 결과를 보였고, 42[%]를 차지하고 있는 40[W] double 6등 설치시 평균조도는 226[Lux], 균제도1은 0.389, 균제도2는 0.228로서 역시 모두 기준치에 미달한 결과를 보였다. 그리고, 30[%]를 차지하고 있는 40[W] double 8등 설치시 평균조도는 305[Lux]로서 기준치인 300[Lux]에 만족하고 있지만 균제도1은 0.412로서 기준치인 0.5, 균제도2는 0.293로서 기준치인 0.333에 미달하고 있다.

조명 모델 시뮬레이션을 한 결과 40[W] double 4등을 설치하였을 때 평균조도는 159[Lux], 균제도1은 0.28, 균제도2는 0.11로서 모두 기준치에 미달된 결과를 보였고, 40[W] double 6등을 설치하였을 때 평균조도는 237[Lux], 균제도1은 0.43, 균제도2는 0.23로서 역시 기준치에 모두 미달된 결과를 보였고, 40[W] double 8등을 설치하였을 때 평균조도는 314[Lux]로서 기준치인 300[Lux]이상을 만족하지만 균제도1은 0.44로서 기준치인 0.5에, 균제도2는 0.28로서 기준치인 0.333에 미달하고 있는 것으로 해석되었다.

40[W] double 4등 배열일때의 평균조도, 균제도1, 균제도2의 실측정값은 160[Lux], 0.275, 0.159로 조명 모델 시뮬레이션을 했을 때의 159[Lux], 0.28, 0.11과 거의 일치한 값이 나왔고, 40[W] double 6등 배열일 때 226[Lux], 0.389, 0.228과 237[Lux], 0.43, 0.23이며, 40[W] double 8등 배열일 때 역시 305[Lux], 0.412, 0.293과 314[Lux], 0.44, 0.28로써 거의 일치한 값이 보였다.

학교조명의 실태조사를 통해 학교 조명환경이 매우 열악한 것으로 나타났으며 이에 대한 개선이 시급한 것으로 분석되었다. 이에 따라 학습 환경 개선을 위한 적정 등기구의 수량 및 배치에 대한 시뮬레이션을 한 결과 40W Double 9등을 설치하였을 때 평균조도는 350[Lux], 균제도1은 0.56, 균제도2는 0.34로서 기준 평균조도 300[Lux], 기준 균제도1은 0.5, 기준 균제도2는 0.333이상을 만족하고 있어 학교 표준 설계안은 40W Double 9등 이상을 설치하여야 하는 것으로 해석되었다.

VI. 결 론

학교 조명은 교육에 충분한 밝음과 질적인 조명으로 학습에 충실할 수 있는 조명을 주어 교사와 학생들에게 시력보호와 학습효과의 향상에 도모하는데 매우 중요한 역할을 한다.

학교 조명 개선을 통한 학습 환경의 질을 높이기 위해 복제주군 관내 초, 중학교 46개교를 조사한 결과 70[%]는 평균조도, 균제도1, 균제도2 모두 미달이 되는 40W double 4등, 6등으로 배열된 학교이고, 교실 평균조도 기준치 300[Lux]이상인 40W double 8등으로 배열된 학교가 전체의 30[%]로 나타났으나 균제도1과 균제도2의 값이 기준치에 미치지 못하고 있는 실정이어서 학습 환경의 저해 및 학생들의 시력에 영향을 주므로 학교조명의 최적 설계에 의한 적절한 조명 등기구의 배치가 요구되어 진다.

본 연구는 기존의 교실 환경을 감안하여 최적의 조명환경을 구현하기 위하여 실제 교실 환경에서의 측정을 통해 평균조도, 균제도 외에 등기구 배치방법 등을 연구하였으며, 교실조명의 KS 조도기준이 정하는 조도 유지, 균제도, 등기구 적정수량 및 배치를 얻기 위해 조명 시뮬레이션을 한 결과 40[W] double 9등을 배열하는 경우가 최적의 상태로 분석되었다. 얻어진 결과를 항목별로 기준화하여 학교교실 조명설계시 활용안으로 제시한 본 연구 결과가 각급 학교의 적정 조명 표준 설계안으로 설치에 적용되리라 사료된다.

참 고 문 헌

한국조명전기설비학회, 1999, 조명디자이너 자격인증 교재, 1장 pp. 1-10, 7장 pp. 1-18.

안옥희 · 김현지, 1999, 실내공간에서의 인공조명 균제도 산출방법에 대한 일고찰, 조명 · 전기설비학회논문지, 제13권 제2호, PP. 7-8.

조명학회, 1992, 조명데이타북, 세진사, PP. 69-70, P. 329.

지철근, 2000, 최신조명공학, 문운당, P. 211.

지철근, 2000, 조명원론, 문운당, P. 183.

