

碩士學位論文

제주 동굴의 조명평가 및 모델설계

指導教授 吳 性 寶

濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

玄 東 珠

2008

제주 동굴의 조명평가 및 모델설계

指導教授 吳 性 寶

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2008年 12月 日

濟州大學校 產業大學院

電子電氣工學科 電氣工學專攻

玄 東 珠

玄東珠의 工學 碩士學位 論文을 認准함.

2008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	v
I. 서 론	1
II. 제주도 동굴 분포 및 특성	2
III. 동굴의 조명현황	4
1. 만장굴의 조도실측	4
2. 미천굴의 조도실측	6
3. 협재굴의 조도실측	8
4. 쌍용굴의 조도실측	10
5. 진지동굴의 조도실측	12
IV. 조도기준	14
V. 시뮬레이션	15
1. 조명기구 특성	15
2. 컴퓨터 시뮬레이션	17
VI. 결과 및 고찰	22
VII. 결 론	24
참 고 문 헌	25

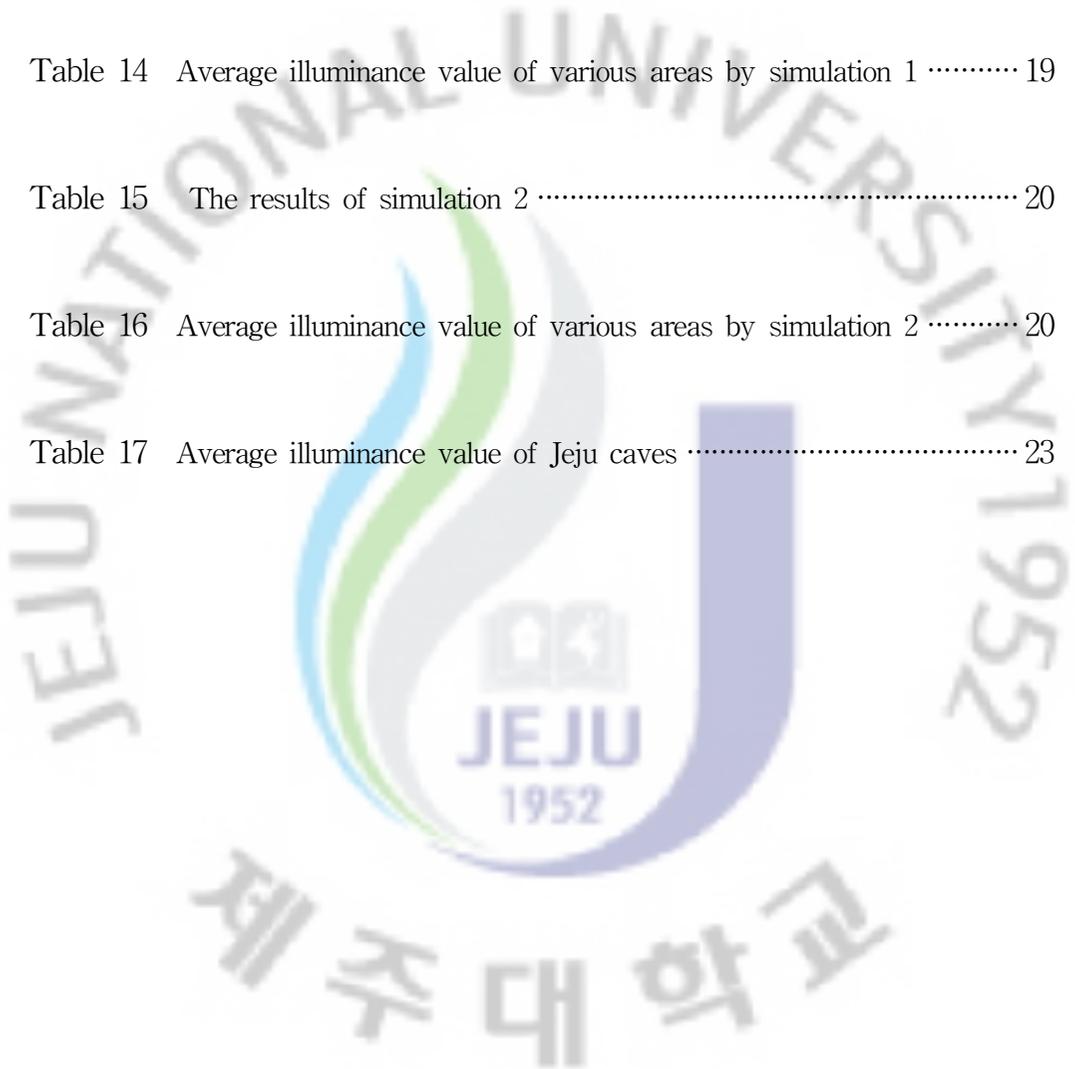
LIST OF FIGURES

Fig. 1	Distribution of representative cave in Jeju	5
Fig. 2	Luminaire arrangement of entrance at Mi-Cheon Cave	7
Fig. 3	Luminaire arrangement of entrance at Hyeop-Jae Cave	9
Fig. 4	Luminaire arrangement of entrance at Ssang-Yong Cave	11
Fig. 5	Luminaire arrangement of entrance at Jin-Ji Cave	13
Fig. 6	Distribution curve of compact fluorescent lamp 13W	15
Fig. 7	Distribution curve of high sodium lamp 50W	16
Fig. 8	The model photograph by 3ds-max	17
Fig. 9	Illuminance distribution of simulation 1	19
Fig. 10	Illuminance distribution of simulation 2	21

LIST OF TABLES

Table 1	Distribution of representative cave in Jeju	3
Table 2	Illuminance measurement of Man-jang Cave	4
Table 3	Average illuminance values at entrance stair at Man-Jang Cave	5
Table 4	Illumination measurement of Mi-Cheon Cave	6
Table 5	Average illuminance value at entrance stair at Mi-Cheon Cave	6
Table 6	Illumination measurement of Hyeop-Jae Cave	8
Table 7	Average illuminance value at entrance stair at Hyeop-Jae Cave	8
Table 8	Illumination measurement of Ssang-Yong Cave	10
Table 9	Average illuminance value at entrance stair at Ssang-Yong Cave ..	10
Table 10	Illumination measurement of Jin-Ji Cave	12
Table 11	Average illuminance value at entrance stair at Jin-Ji Cave	12

Table 12	Illumination standard of IESNA	14
Table 13	The results of simulation 1	18
Table 14	Average illuminance value of various areas by simulation 1	19
Table 15	The results of simulation 2	20
Table 16	Average illuminance value of various areas by simulation 2	20
Table 17	Average illuminance value of Jeju caves	23



Model Design and Illumination Effect Assessment in Jeju Cave

Dong-Ju Hyun

Department of Electronic and Electrical Engineering

Graduate School of Industry

Cheju National University

Supervised by Professor Seong-Bo Oh

SUMMARY

This paper presents illumination effect assessment through actual investigation of Jeju cave and model simulation about Mi-Cheon Cave. Jeju volcanic island and lava tubes have been emerging as a new mecca of Jeju tourism as they were enlisted on the list of World Natural Heritage.

Lava tubes received much recognition for their beauty and geological values, so they should be reinvestigated and prevented from damages in their stability and ecosystem caused by unlimited openings. The design of a cave lighting system involves consideration of visibility, safety and environmental conditions. We try to evaluate measuring lighting fixtures in Jeju Caves and suggest proper model designs to preserve environment and ecology through model simulations.

I. 서론

제주 화산섬과 용암동굴이 세계자연유산으로 2007년 6월 27일 등재되면서 천연동굴에 대한 관심이 고조되어 동굴 체험등 탐방객이 늘어나고 있다. 지금과 같은 무제한적인 개방은 동굴의 안전성과 생태계 오염을 유발하고 있어, 공개된 천연 동굴을 점검 하여 용암동굴 보존 및 안전성 확보에 노력하여야 한다. 또한 동굴의 환경은 적절한 조명에 의한 안정적인 설치 및 관리가 요구되어 조명의 중요성이 요구되고 있다.

제주도의 용암동굴은 값진 자연유산임에도 불구하고 그 진면목이 잘 알려져 있지 않다. 그리하여 용암동굴이 지닌 가치뿐만 아니라 이들의 보존에 대한 인식도 매우 빈약한 실정이라 할 수 있다.

일반적으로 자연동굴은 오랜 기간 외부와 단절된 상태로 고유의 생물이 서식하는 안정적인 생태계를 구성하고 있는 것으로 알려져 있다. 이렇게 동굴은 연중 일정한 온도 및 습도의 공급이 외부로부터 유기물 유입에 의해 유지되는 특수한 생태계이기도 하다. 이러한 동굴이 단기간 인간에 의해 관광개발 됨으로써 여러 가지 문제점이 발생 되고 있다. 그 중 특히 조명의 설치는 빛이 없는 환경인 동굴의 일부 구간에 빛이 제공되면서 조명 아래에서 광합성을 하는 녹색생물이 동굴표면에 번식하게 되어 이른바 동굴내의 녹색오염이라는 새로운 문제가 발생하기 시작하였다. 이러한 녹색오염은 동굴내의 경관을 해칠 뿐만 아니라 천연 동굴의 고유한 생태계에도 많은 영향을 주게 되었다[1].

이 논문에서는 제주 동굴의 조명평가를 위한 실태를 조사하고 문제점을 평가하여, 동굴조명 모델 해석을 위한 안정적인 설계 안을 제시하고자 한다.

II. 제주도 동굴 분포 및 특성

제주도의 많은 동굴 가운데 거문오름 용암동굴계는 기생화산인 거문오름에서 분출된 용암류가 지표의 경사면에 따라 해안선까지 도달하면서 형성된 동굴계로서, 뱅뒤굴, 만장굴, 김녕굴, 당처물동굴 그리고 용천동굴이 여기에 속한다. 이 동굴들은 용암동굴이지만 당처물동굴과 용천동굴은 석회동굴의 특징을 담고 있어 그 지질학적인 가치가 뛰어나며 용암동굴 생성물들과 함께 수많은 석회 동굴 생성물들이 어울려 그 경관이 매우 뛰어나다.

동굴은 만들어지는 특성에 따라 용암동굴과 석회동굴로 나눌 수 있다. 석회동굴은 석회암지대에서 빗물이나 지하수에 쉽게 녹는 탄산칼슘을 주성분으로 하여 만들어지며 한편 용암동굴은 화산이 폭발하여 현무암질 용암이 흘러내리면서 만들어진다. 제주도의 용암동굴은 화산활동으로 이루어진 용암동굴 내부에 석회동굴의 특성을 지니고 있어서 더욱 독특하다. 이렇게 용암동굴 내에 석회동굴의 특징이 나타나게 된 것은 용암동굴 지대 위에 발달한 사구층 때문이다. 흰모래는 조개껍데기의 주성분이 석회암과 같은 탄산칼슘이며 이성분의 모래가 빗물에 녹아 용암동굴 안으로 침전하여 쌓이게 되면 석회장식 용암동굴이 형성된다. 석회장식 용암동굴로는 당처물동굴, 용천동굴이 대표적이며, 학술적인 가치는 물론 미적 가치도 높아 세계적으로도 매우 드문 자연 유산이다[2].

Table 1에 제주지역의 대표적인 동굴분포를 나타내었으며, 7곳의 용암동굴 중 4곳이 조명 설비가 되어있고 공개되어 관람객이 방문하고 있다

Table 1 Distribution of representative cave in Jeju

Name	The site	Illumination equipment	Open whether or not
Man-jang Cave	Jeju-si Gujwa-eup Gimnyeong-ri	being	being
Mi-Cheon Cave	Seogwipo-si Seongsan-eup Sandal-ri	being	being
Hyeop-Jae Cave	Jeju-si Hallim-eup Hyeopjae-ri	being	being
Ssang-Yong Cave	Jeju-si Hallim-eup Hyeopjae-ri	being	being
Dang-Chumul Cave	Jeju-si Gujwa-eup Woljeong-ri	no	no
Yong-Chun Cave	Jeju-si Gujwa-eup Woljeong-ri	no	no

Ⅲ. 동굴의 조명 현황

조명 설비가 되어있는 만장굴, 미천굴, 협재굴, 쌍용굴과 함께 일제시대 때 군사기지로 사용하였던 진지동굴의 내부 조도를 측정하였다.

동굴의 조도 측정은 YOKOGAWA-1 조도계를 사용하여 폭의 1/2을 기준으로 전진하면서 세구역을 측정하는 것을 원칙으로 하였다.

1. 만장굴의 조도실측

만장굴의 조도실측 데이터는 Table 2와 같고, 만장굴의 입구 제1계단은 좌측 지역의 평균 수평면 조도 118.73 lx, 평균 수직면 조도 139.9 lx, 중앙 지역의 평균 수평면 조도 98.6 lx, 평균 수직면 조도 100.5 lx를 나타내며, 우측 지역의 평균 수평면 조도는 73.2 lx, 평균 수직면 조도 70.9 lx를 나타내고 있다.

Table 2 Illuminance measurement of Man-jang Cave unit:[lx]

Position	Width	Left part		Center part		Right part	
		hori.	verti.	hori.	verti.	hori.	verti.
First stair	1.6	118.7	139.9	98.6	100.5	73.2	70.9
Second stair	2.8	4.1	0.7	9.3	0.6	26.8	0.2
Position of 150m	4.2	4.5	0.1	3.1	0.1	5.9	0.4
Infront of stones	6	5.8	0.2	0.2	2.2	6.4	0.2

만장굴의 입구 제1계단의 경우 Table 3과 같이 조도의 변화가 완만하여 암순응에 대한 빠른 적응력을 보일 수 있게 설치되어 있었다.

그리고 조명기구 설치 현황사진은 Fig. 1과 같다.

Table 3 Average illuminance values at entrance stair at Man-Jang Cave unit:[lx]

Position	Horizontal illuminance	Vertical illuminance
1	377	415.3
2	257.3	304.6
3	138.6	174.6
4	76.6	85.6
5	53.6	56.3
6	51.3	39.3
7	33	23.8
8	37.6	15.9
9	7.7	11.7
10	21.7	7.8
11	11.1	6.3



Fig. 1 Luminaire arrangement of entrance at Man-Jang Cave

2. 미천굴의 조도실측

미천굴의 조도 실측 데이터는 Table 4와 같고 입구계단의 경우 좌측 지역의 평균 수평면 조도는 37.6 lx, 평균 수직면 조도는 33.1 lx, 중앙 지역의 평균 수평면 조도는 59.3 lx, 평균 수직면 조도는 57.3 lx이고, 우측 지역의 평균 수평면 조도는 18 lx, 평균 수직면 조도는 9.8 lx 으로 측정 되었다.

Table 5는 입구계단 위치별 수평면조도 와 수직면조도 평균 변화치를 나타내고 있다.

Table 4 Illumination measurement of Mi-Cheon Cave unit:[lx]

Position	Width	Left part		Center part		Right part	
		hori.	verti.	hori.	verti.	hori.	verti.
Entrance	6	23.9	33.1	59.3	57.3	18	9.8
Samshinhalmeani	6.4	18.8	1.7	3.3	0.5	5.3	0.3
Foundation	5	0.6	0.3	0.8	0.3	6.2	0.3

Table 5 Average illuminance values at entrance stair at Mi-Cheon Cave unit:[lx]

Position	Horizontal illuminance	Vertical illuminance
1	45	26.2
2	21.1	33.9
3	35.2	40.1

Fig. 2는 미천굴 입구조명 현황사진 이다. 미천굴의 입구계단의 경우 외부의 주광이 있는 지역과 동굴 입구계단의 조도 차이가 현격히 발생하여 암순응에 대한 대책이 필요하다



Fig. 2 Luminaire arrangement of entrance at Mi-Cheon Cave

3. 협재굴의 조도실측

협재굴의 조도실측 데이터는 Table 6과 같고 입구의 경우 좌측 지역의 평균 수평면 조도는 83.6 lx, 평균 수직면 조도는 49.1 lx, 중앙 지역의 평균 수평면 조도는 91 lx, 평균 수직면 조도는 62.3 lx 이다.

Table 6 Illumination measurement of Hyeop-Jae Cave unit:[lx]

Position	Width	Left part		Center part		Right part	
		hori.	verti.	hori.	verti.	hori.	verti.
Entrance	1.8	83.6	49.1	91	62.3	82	56.6
Position of 20m	3	3.4	0.9	1.6	1.2	1.7	1.2
Stone pole	3	2.3	2.6	2.2	2.6	2.0	2.6
Exit	3	40.8	18.7	12.6	21.8	95.4	23.3

그리고 우측 지역의 평균 수평면 조도는 82 lx , 평균 수직면 조도는 56.6 lx 으로 측정 되었다.

Table 7는 입구계단 위치별 수평면조도 와 수직면조도 평균 변화치를 보여주고 있다

Table 7 Average illuminance value at entrance stair at Hyeop-Jae Cave unit:[lx]

Position	Horizontal illuminance	Vertical illuminance
1	122.3	93.6
2	76.3	43.2
3	58	31.2

협재굴 입구조명 현황 사진은 Fig. 3과 같고 좁은 진입계단으로 인해 동굴진입시 암순응 대책이 필요하다고 사료된다.



Fig. 3 Luminaire arrangement of entrance at Hyeop-Jae Cave

4. 쌍용굴의 조도실측

쌍용굴의 조도실측 데이터는 Table 8과 같고 입구의 경우 좌측 지역의 평균 수평면 조도는 14.4 lx, 평균 수직면 조도는 19.4 lx, 중앙 지역의 평균 수평면 조도는 37.9 lx, 평균 수직면 조도는 32.2 lx 이고, 우측 지역의 평균 수평면 조도는 16.4 lx, 평균 수직면 조도는 16.6 lx으로 측정되었다.

Table 8 Illumination measurement of Ssang-Yong Cave unit:[lx]

Position	Width	Left part		Center part		Right part	
		hori.	verti.	hori.	verti.	hori.	verti.
Entrance	1.8	14.4	19.7	37.9	32.2	16.4	16.6
Dragon tail	3	3	0.9	1.7	0.7	1.7	0.7
Exit	3	257.5	56.9	280	308.2	22.9	17.3
Last exit	3	11.3	7.3	67	22.1	11.5	5.7

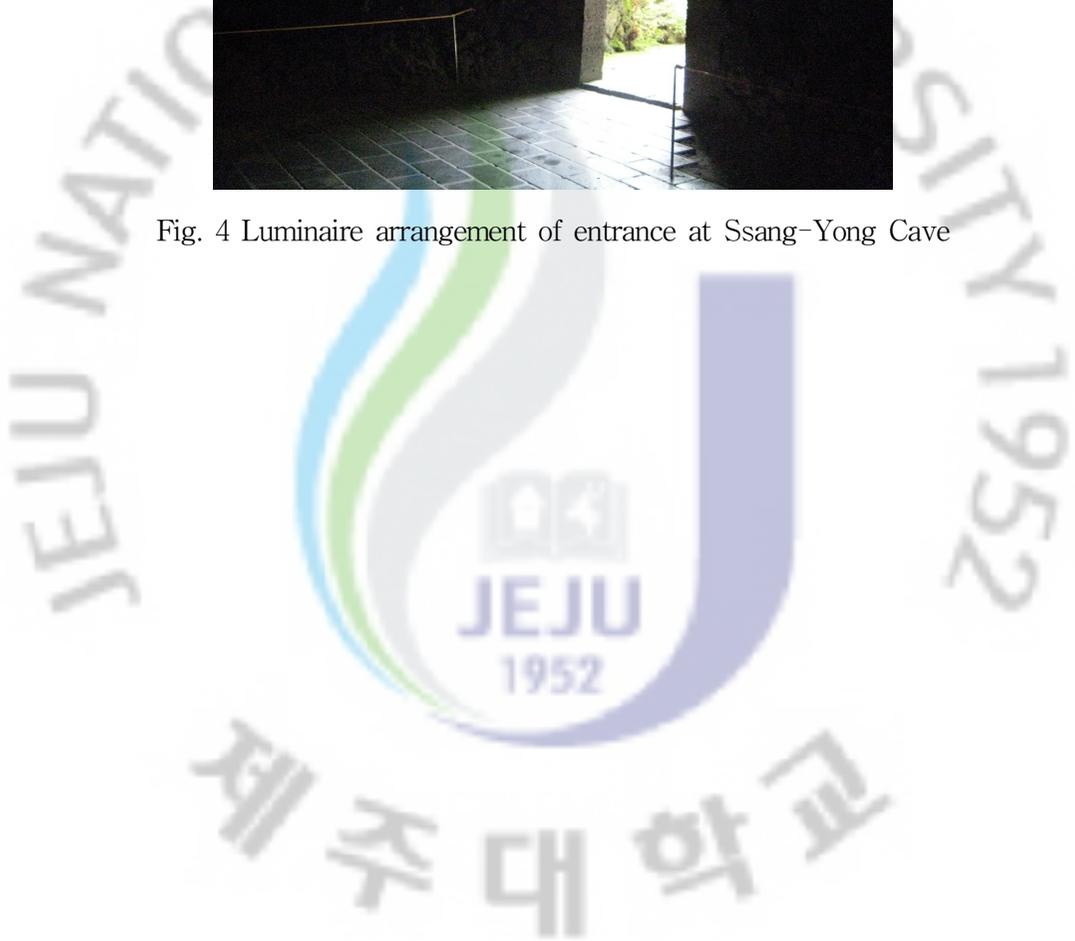
Table 9는 입구계단 위치별 평균조도 변화치를 측정하였고 쌍용굴 입구조명 현황사진은 Fig. 4와 같으며 짧은 계단 진입으로 인한 암순응 대책이 필요하다고 사료된다.

Table 9 Average illuminance value at entrance stair at Ssang-Yong Cave unit:[lx]

Position	Horizontal illuminance	Vertical illuminance
1	45.3	51.9
2	15.7	8
3	7.6	8.6



Fig. 4 Luminaire arrangement of entrance at Ssang-Yong Cave



5. 진지동굴의 조도실측

진지동굴의 조도 실측 데이터는 Table 10과 같고 입구 계단의 경우 좌측 지역의 평균 수평면 조도는 47.3 lx, 평균 수직면 조도는 55.3 lx, 중앙 지역의 평균 수평면 조도는 65.7 lx, 평균 수직면 조도는 60.2 lx이고, 우측 지역의 평균 수평면 조도는 65.3 lx, 평균 수직면 조도는 72.9 lx 로 측정 되었다.

Table 10 Illumination measurement of Jin-Ji Cave unit:[lx]

Position	Width	Left part		Center part		Right part	
		hori.	verti.	hori.	verti.	hori.	verti.
Entrance	1	47.3	55.3	65.7	60	65.3	72.9
Position of 20m	1	17.6	8	13.3	4.5	6.1	1.1
Position of 50m	1	3.2	3.5	2.21	3.5	3	3.4

Table 11는 입구계단 위치별 평균조도 변화치를 나타내고 있고 수평면조도 최고치 121 lx이고, 최저치 21.4 lx로 현저한 조도차를 보여주고 있다.

Table 11 Average illuminance value at entrance stair at Jin-Ji Cave unit:[lx]

Position	Horizontal illuminance	Vertical illuminance
1	121.6	51.9
2	35.3	42.8
3	21.4	18.7

진지동굴 조명 설비 현황 사진은 Fig. 5와 같고, 동굴진입시 내리막 계단으로 암순
응 적응에 따른 대책이 필요하다.

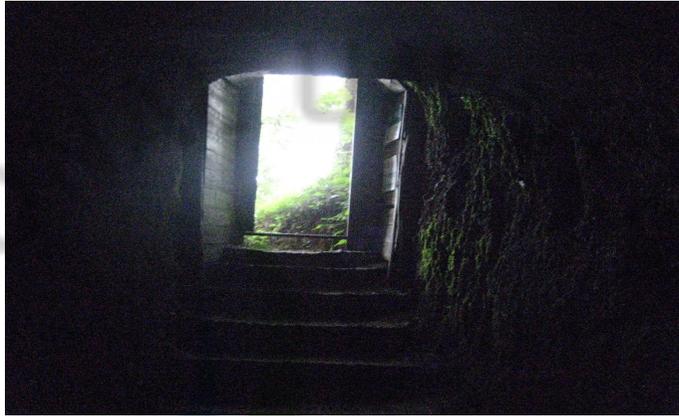


Fig. 5 Luminaire arrangement of entrance at Jin-Ji Cave

IV. 조도기준

동굴조명에 대한 기준치는 정하여져 있지 않으므로, 동굴의 제반 사항들을 고려하여 안정성 확보를 고려한 최소값으로 유지함이 바람직하여 도로조명의 조도기준을 적용하였다.

도로조명은 대상 도로의 지역구분 및 용도, 도로의 종류 등에 따라 Table 12과 같이 북미조명학회 조도기준에 정하는 기준의 수평면 조도에 적합한 것이 요구되어진다 [4].

주요 대도시 변화가인 경우 수평면 조도의 경우 17 lx, 중심가 13 lx, 주택가 9 lx가 기준이며 도시 변화가인 경우 수평면 조도의 경우 12 lx, 중심가 9 lx, 주택가 6 lx가 기준이며 지방의 중심가는 조도기준이 7 lx이다. 본 논문에서는 동굴의 환경을 고려하여 7 lx인 조도치를 기준으로 적용하고자 한다.

Table 12 Illumination standard of IESNA

unit:[lx]

Road and area classification		Average horizontal illuminance
Major	Commercial	17
	Intermediate	13
	Residential	9
Collector	Commercial	12
	Intermediate	9
	Residential	6
Local	Commercial	9
	Intermediate	7
	Residential	4

V. 시뮬레이션

1. 조명기구 특성

시뮬레이션에 사용한 조명기구는 운용상태의 조건을 만족 시키기 위하여 콤팩트 형광등 13W 중각형과 고압나트륨등 50W 광각형을 모델로 하여 시뮬레이션을 실시 하였다. 순차적인 조도 분포를 위하여 조명기구에 에이밍을 적용하였다. Fig. 6은 콤팩트 형광등 13W의 배광곡선을 나타내고 있고, Fig. 7은 고압나트륨 50W의 배광곡선을 나타내고 있다[6].

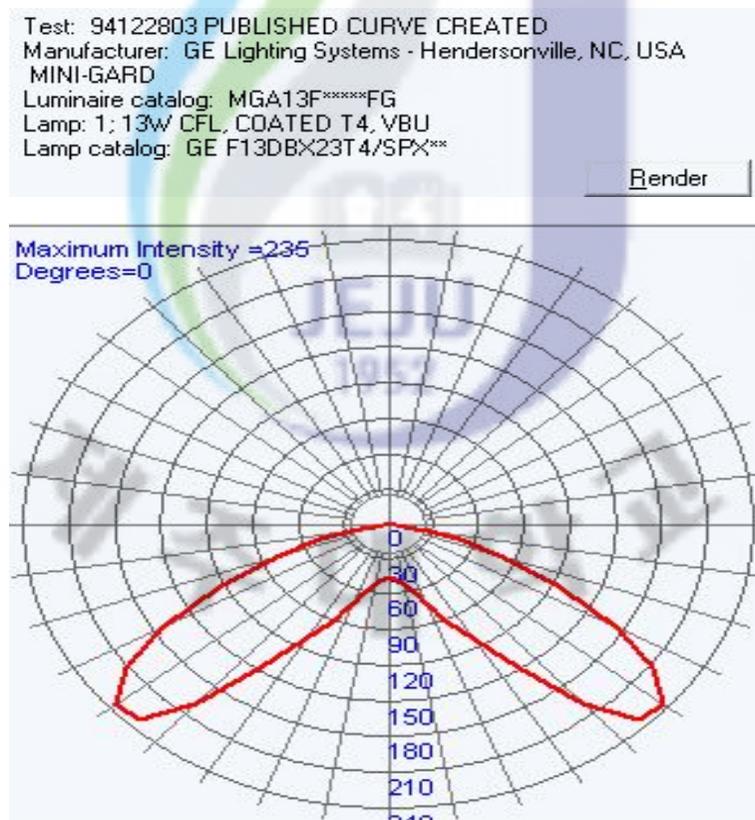


Fig. 6 Distribution curve of compact fluorescent lamp

Test: 01050301 PUBLISHED CURVE CREATED
Manufacturer: GE Lighting Systems - Hendersonville, NC, USA
LEGACY
Luminaire catalog: LGC*05S****1AB5****
Lamp: 1; 50W HPS, CLEAR ED23.5, VBD
Lamp catalog: GE LU50

Render

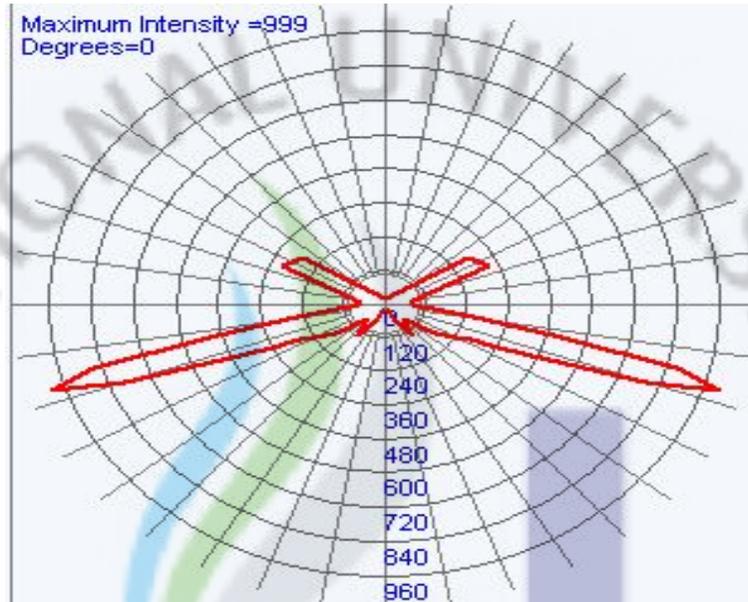


Fig. 7 Distribution curve of high sodium lamp

2. 컴퓨터 시뮬레이션

시뮬레이션 구역은 미천굴 입구 계단으로 주광이 거의 영향을 미치지 않는 계단점을 시작하여 계단이 끝나는 지점을 대상으로 하였다, 시뮬레이션은 좌측면으로부터 50cm인 지점, 양쪽면의 중앙점, 우측면으로부터 50cm인 지점을 기점으로 하여 총 세 구역 53지점을 대상으로 하여 계산하였고, Fig. 8은 3ds max를 이용하여 모델링한 모양을 나타내고 있다.



Fig. 8 The model photograph by 3ds-max

시뮬레이션은 Autodesk Inc. 의 Lightscape를 이용하였고, 13W 컴팩트 형광등 중각형을 사용한 시뮬레이션1에서 등기구와 높이에 따라 계산할 결과는 Table 13과 같이 18개 구역에 대한 평균조도치를 나타내고 있다.

그리고 에이밍을 고려하기 위하여 계단 진입부의 좌측등은 x축 120도 y축 20도, 기둥면에 부착된 중앙등 x축 110도 y축 0도, 벽면의 우측등 x축 115도 y축 350도로 에이밍을 주었고, 높이는 2.5m로 적용하였다. 또한 6개씩 3구역으로 구분하였을 경우 Table 14와 같고 각각 97.6 lx, 60.1 lx 그리고 6.7 lx로 계산 되었다. Fig. 9는 시뮬레이션1을 통한 컬러조도분포를 보여주고 있다.

Table 13 The results of simulation 1

unit:[lx]

Position	Lefr part	Center part	Right part
1	7.6	16	32.7
2	16.9	the pillar surface	145.1
3	40.7		322
4	74		209
5	28		124
6	58.7	182	90.2
7	82.3	122	84.9
8	91	69.6	105
9	72	43.5	99
10	53	29	71
11	34.2	18	42.9
12	21.2	11.8	32.6
13	12.2	11.2	19.6
14	7.6	8.7	10.1
15	5.6	4.7	8.6
16	4.6	4.4	4.3
17	3.5	3.5	4.0
18	3.4	3.2	3.6

Table 14 Average illuminance value of various areas by simulation 1

unit:[lx]

Position	Left part	Center part	Right part	Average
1-6	37.6	107.3	147.6	97.5
7-12	58.9	48.9	72.5	60.1
13-18	6.1	5.9	8.3	6.7

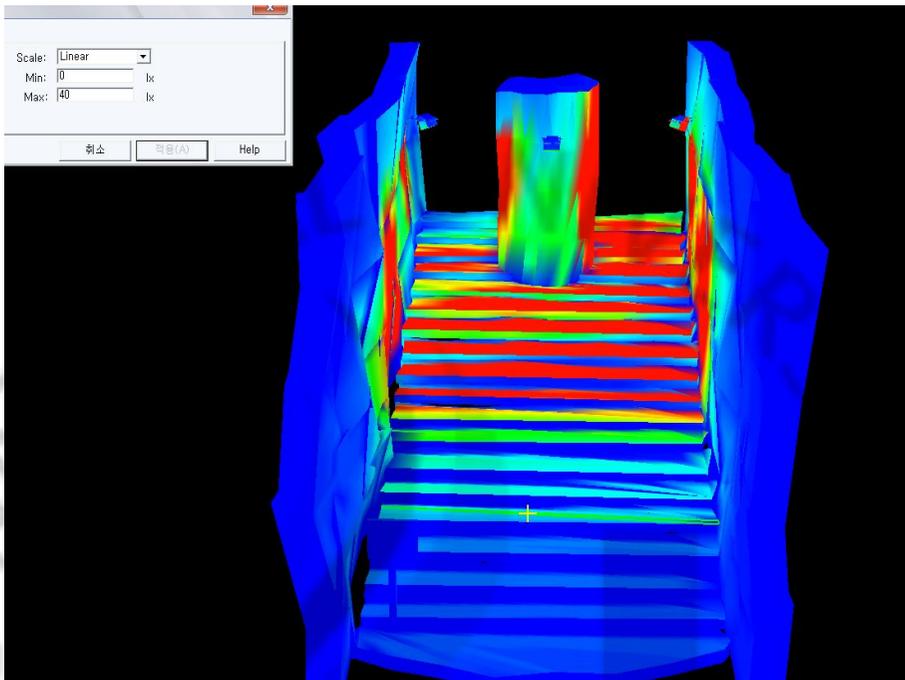


Fig. 9 Illuminance distribution of simulation 1

시뮬레이션2는 동일한 조건하에 고압나트륨등 50W 광각형을 대상으로 계산 하였으며 등기구의 에이밍과 높이를 고려한 결과는 Table 15과 같으며, 또한 3구역으로 구분한 결과는 Table 16와 같고 평균조도는 각각 323.9 lx, 54.5 lx 그리고 6 lx로 계산 되었다. Fig. 10은 시뮬레이션2의 컬러조도분포를 보여주고 있다.

Table 15 The results of simulation 2 unit:[lx]

Position	Left part	Center part	Right part
1	58.2	132.1	317
2	222.3	the pillar surface	1042
3	101.5		192.3
4	58.8		271.3
5	48.2		576.6
6	652	246.1	214.3
7	173.2	79.8	85.9
8	90.7	77.1	72.1
9	50.7	53.7	44.6
10	47.4	38.7	38.7
11	37.7	18.2	25.4
12	25.2	10.4	12.1
13	12.7	10	10.7
14	12.4	7.3	5.5
15	8.8	3.8	4.0
16	5.1	3.7	3.4
17	5.3	3.7	3.6
18	4.1	2.7	2.7

Table 16 Average illuminance value of various areas by simulation 2 unit:[lx]

Position	Left part	Center part	Right part	Average
1-6	190.1	318.2	463.5	323.9
7-12	70.8	46.3	46.4	54.5
13-18	8.0	5.2	4.9	6

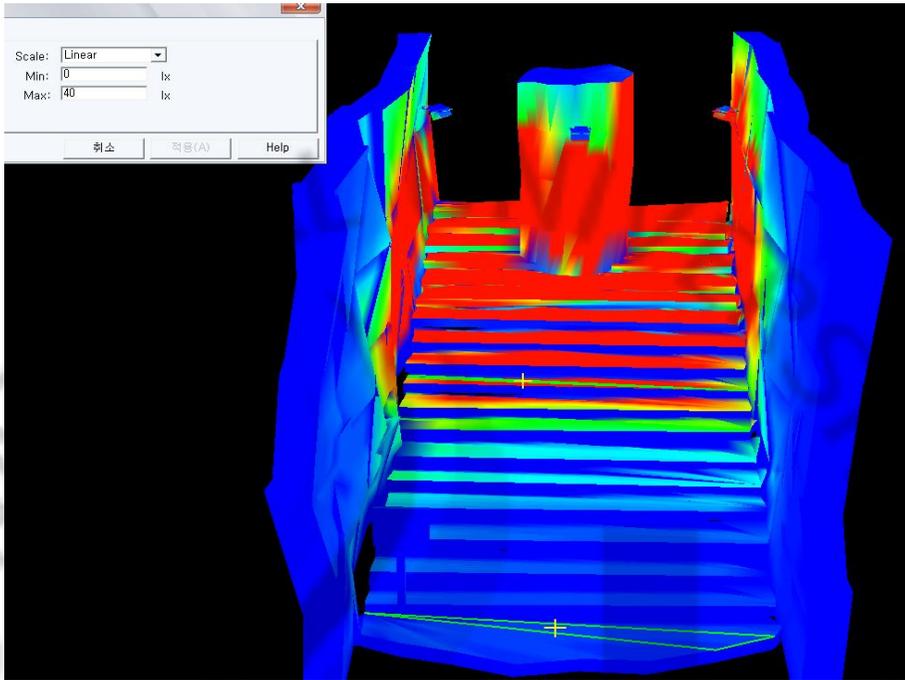


Fig. 10 Illuminance distribution of simulation 2

그러므로 시뮬레이션1의 결과가 주광이 주는 높은조도의 밝기에 순응상태를 적용하기 위하여 순차적으로 밝기를 줄여 나가 최종 지점인 진입계단 종단부에서는 북미조명학회 조도기준인 7 lx를 고려한 설계치에 적절함을 보였다.

VI. 결과 및 고찰

제주도내의 5개의 동굴의 조도를 실측한 결과는 Table 17과 같으므로 만장굴인 경우 동굴내부의 조도가 용암선반 150m 지점이 4.5 lx 으로 측정되어 기준치보다 낮은 기준치를 보였지만 통행에는 지장이 없을 정도였다. 미천굴의 평균 수평면 조도가 9.1 lx을 보이며 기준치보다 약간 높고, 일부지역에서 무게획적인 투광기 사용으로 불쾌글레이어를 형성하여 통행에 불편함을 초래하여 안전사고 예방에 조금 미흡하였다. 협재굴의 경우 자연광에 비슷한 삼파장 황색광원 및 주광색을 사용하였고, 평균 수평면 조도가 9.4 lx으로 기준치보다 약간 높게 측정이 되었다. 쌍용굴의 경우 평균 수평면 조도가 2.1 lx 으로 기준치보다 낮은 조도치를 나타내고 있었다. 인공적으로 만들어진 진지 동굴의 경우 평균 수평면 조도는 5.3 lx을 보이고 있지만 밝음과 어두움의 차이가 심해 순응에 지장을 초래하였다.

미천굴 진입계단의 조명설계를 모델로하여 외부와 내부간의 조도차로 인하여 발생하는 순응조건을 충족시키기 위하여 순차적인 조도분포에 대한 조명설계를 실시하였다. 13W 컴팩트 형광등을 이용한 시뮬레이션1에서는 구역 1-6에서는 최소 37.6 lx, 최대 147.6 lx, 구역7-12에서는 최소 48.9 lx, 최대 72.5 lx 그리고 구역12-18구역에서는 최소 5.9 lx, 최대 8.3 lx을 보였다. 시뮬레이션2에서는 구역 1-6에서는 최소 190.1 lx, 최대 463.5 lx, 구역7-12에서는 최소 46.3 lx, 최대 70.8 lx 그리고 구역12-18구역에서는 최소 4.9 lx, 최대 8 lx을 보였다.

이중 양호한 설계는 시뮬레이션1로써, 순응상태를 고려함으로써 진입부 근처는 97.5 lx, 중간지점에서는 60.1 lx 그리고 진입계단 중단부에서는 6.7 lx로 설계되었다.

Table 17 Average illuminance values of Jeju caves

unit:[lx]

Name	Average illumination of inside
Man-jang Cave	4.5
Mi-chun Cave	9.1
Hyup-jae Cave	9.4
Ssang-young Cave	2.1
Jin-ji Cave	5.5



VII. 결론

제주도의 자연동굴이 관광지로서의 개발이 이루어짐에 따라 관광 이용자로 하여금 안전성 및 자연 그대로의 모습을 보여줌으로써 만족감을 제공하여야 한다. 그에 따른 자연동굴의 생태계를 보존, 관리 등을 위하여 자연동굴의 현장 실측을 토대로 조명현황에 대하여 아래와 같이 평가하였다.

- 일부 과도한 용량의 투광기의 사용으로 눈부심이 현저하게 발생하여 안전사고 유발
- 부적절한 용량과 등기구 사용으로 동굴내벽에 녹화현상 발생
- 관람시간의 장시간 개방에 따른 빛 공해로 인한 동·식물 생식 저해
- 출입구 계단 부분에 대한 암순응 적응대책이 미흡

이에 따라 본 논문은 제주도내 대표적인 동굴 5개의 내부 조도 현장 실측을 토대로 조명현황에 대하여 평가 하였고, 이를 토대로 미천굴을 모델로 한 진입 부 계단 조명시뮬레이션을 통해서 광원과 에이밍 조정 등으로 동굴내부 진입에 따른 순응상태를 고려한 적합한 설계안을 제시 하였다.

그러나 자연 생태계 보존 및 관광 방문자 안전을 도모하기 위한 체계적이고, 실질적인 조명설계를 통한 모델을 제시함은 물론 관람개시를 시간대별로, 방문객을 그룹화 하여 일정시간 점등 및 소등을 유지 하였으면 한다. 또한 이 해석을 통하여 제주 자연동굴에 대한 생태학적인 해석이 새로이 이루어질 수 있다고 사료된다.

금번 조명 설계를 통하여 보다 체계적이고 현실적인 영향들을 고려하여 동굴 전체에 대한 조명 설계가 제시되어야 하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 만장굴 실태(학술)조사 및 안전진단 보고서, 제주시, pp.83-86, 2003.
- [2] 제주 화산섬과 용암 동굴, 문화재청, pp.3-10, 2006.
- [3] 박기화 외 4인 공저, 제주도지질여행, 제주 발전 연구원, p.16, 2003.
- [4] 이상근, 제주시 도로조명 모델링 및 분석, 제주대학교산업대학원 석사학위논문, p.3, 2006.
- [5] 현동주, 오성보, “제주도 동굴 조명설비의 실측 및 평가”, 대한전기 학회 제주지부 학술발표회 논문집, pp.57~61, 2008.
- [6] 현동주, 오성보, “동굴 조명설비의 평가 및 설계”, 08추계학술논문집, 한국 조명 전기 설비학회, pp.177~180, 2008.