

제 4 장 자연채광에 대한 검증

4.1. 축소모형실험에 의한 검증

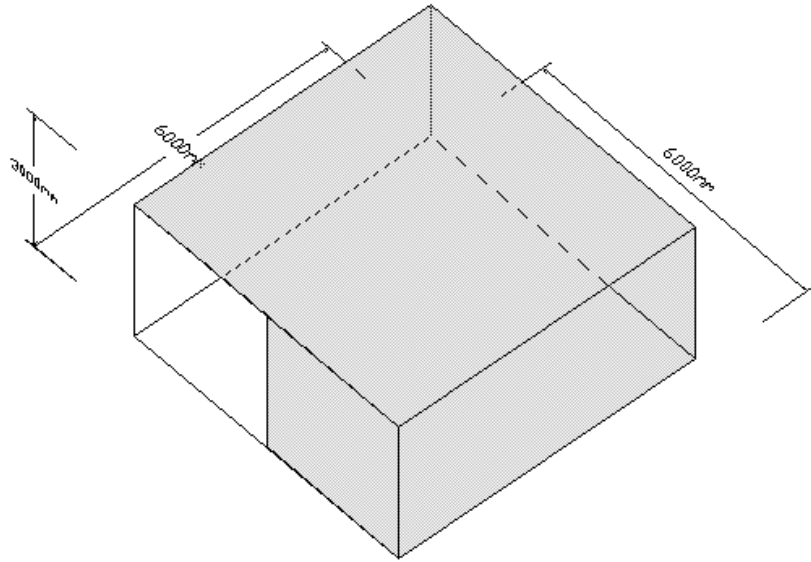
본 연구에서 RADIANCE 프로그램의 정확성을 검증하기 위하여 대상공간을 선정하고 실측에 의한 조도를 측정하였다. 먼저, 다양한 태양고도에 따른 자연채광의 영향을 검증하기 위해 축소모형실험데이터를 사용하여 춘분, 하지, 동지시의 실험에 의한 측정값과 RADIANCE 프로그램에 의한 계산값을 비교하여 검증을 행하였다.

4.1.1 대상공간의 개요

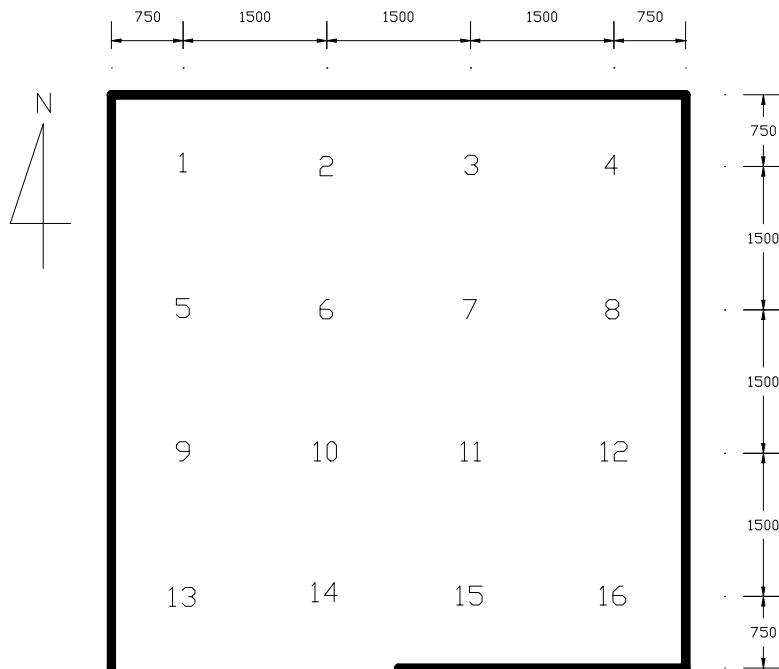
축소모형실험이 행해진 대상공간은 측창에 의한 자연채광이 유입되는 정남향이며, 실의 크기 6.0 × 6.0 × 3.0(m) 정방형의 가상공간으로 선정하였다. 창문은 정남향에 3.0 × 3.0(m)의 크기를 사용하였다. [표 4.1]은 대상공간의 개요를 나타낸 것이다. [그림 4.1]은 대상공간의 크기와 형태를 나타낸 것이고, [그림 4.2]는 본 연구에서 설정한 조도의 계산 및 측정점을 나타낸 것이다.

[표 4.1] 대상공간의 개요

실 너비(Room Width)	6.0m
실 깊이(Room Depth)	6.0m
천장 높이(Room Height)	3.0m
창의 크기(Aperture Size)	3.0m × 3.0m
작업면의 높이(Work Surface Reflection)	0.75m
천장의 반사율(Ceiling Surface Reflection)	62.29%
바닥의 반사율(Floor Surface Reflection)	25.43%
벽의 반사율(Wall Surface Reflection)	41.39%



[그림 4.1] 대상공간의 크기 및 형태



[그림 4.2] 조도 계산 및 측정점
바닥 위 75cm의 작업면

4.1.2. 실험 개요 및 조건

대상공간에서의 자연채광에 따른 조도분포를 측정하기 위해 축소모형을 제작하였다. 축소모형은 축척 1/15로 제작되었으며, 조도 측정 및 계산지점은 0.75m 높이의 작업면을 설정하여, 실내 가로 세로점 4 × 4, 즉 16개의 지점을 계산지점으로 하였다. 또한 재료는 우드락, 하드보드지와 MDF판을 사용하였고, 실험용 모형의 각 부분의 반사율은 바닥 30%, 벽 50%, 천장 70%를 기준으로 무채색에 명암만이 다른 머메이드지를 이용, 각 명암별의 반사율을 측정하여 근접한 것을 택하였다. 이 과정에서 센서 조도계와 휘도계를 통해 여러장의 머메이드지의 반사율을 측정하여 실험에 맞는 것을 찾는 과정 또한 필요하였다. 축소모형의 모든 접합부위는 빛의 투입이 없도록 은박 테이프로 밀봉하였다. 반사율 측정에는 휘도 측정시 Minolta Ls-110을 사용하였고, 표면 조도 측정시에는 HIOKI 3422 Digital LUX Hi Tester를 사용하였으며, (식 4.1)을 대입하여 구하였다.

$$\rho = \frac{L \times \pi}{E} \quad (\text{식 4.1})$$

ρ : 반사율

L : [$\text{cd}/\text{m}^2 = \text{lm}/\text{sr} \cdot \text{m}^2$]

E : [lm/m^2]

π : 3.141592[sr]

그림 4.3은 반사율 측정도구를 보인 것이다.



[그림 4.3] 반사율 측정도구 (좌-조도계, 우-휘도계)

축소모형의 조도 측정은 외부 방해물이 적은 한양대학교 공학대학 제2공학관 옥상에서 진행하였으며 3/21(춘분), 6/21(하지), 12/21(동지) 청천공의 조건에서 오전 9시부터 오후 3시 사이에 1시간 간격으로 진행하였다. [표 4.2]는 축소모형 실험에서 사용된 측정기기를 보인 것이며, [그림 4.4], [그림 4.5]는 측정용기기와 설치모습을 보인 것이다.

[표 4.2] 축소모형실험에 사용된 측정기기

-
- 모형 측정용 조도계 LI-210SA 18개
 - 데이터로거 DATASCAN 1대
 - 디지털 조도계(Hioki 3422) 1대
 - 디지털 휘도계(Minolta Ls110 1/3 °) 1대
 - 측정 데이터 저장 및 처리용 컴퓨터 486DX2 50 1대
-



[그림 4.4] 측정용 기기



[그림 4.5] 축소모형실험의 설치모습

측정값과 계산값의 비교 검증을 위하여 상대오차를 사용하였는데, 상대오차는 (식 4.2)에 의해 계산되었다.

$$\text{상대오차} = \frac{|\text{측정치}의\text{평균} - \text{계산치}의\text{평균}|}{\text{측정치}의\text{평균}} \times 100 [\%] \quad (\text{식 } 4.2)$$

4.1.3. RADIANCE 프로그램 시뮬레이션

RADIANCE 프로그램의 정확성을 검증하기 위해 축소모형실험과 동일한 환경을 설정하여 아래와 같은 과정을 거쳐 시뮬레이션하였다.

RADIANCE 프로그램에서의 시뮬레이션을 위한 입력은 축소모형의 3차원 기하학 요소, 대상공간에 사용된 재료특성, 외부천공 - 청천공등을 모델링하기 위한 파일이 사용되었다. 축소모형실험과 동일한 3차원 기하학 요소를 만들기 위해 ACAD2000을 사용하여 CAD 파일로 작성하였으며, RADIANCE 프로그램과 같은 언어로의 변환을 위해 ACAD2RAD 명령을 사용하여 RAD 파일로 변환하였다. 대상공간에 사용된 재료특성은 MAT 파일로 코딩하였으며, 외부천공을 모델링하기 위해 GENSKY 명령을 사용하여 실험이 행해진 3/21, 6/21, 12/21 각각의 시각과 실험이 행해진 지역의 위도, 경도, 고도등을 입력하여 얻어진 RAD 파일에 주위 대지에 대한 코딩을 추가하였다. 이상의 내용은 부록: RADIANCE 프로그램의 입력 데이터 부분에 수록하였다.

다음은 위의 설명한 파일들을 RADIANCE 프로그램의 명령을 통하여 통합하고, 이미지 파일을 만들고 변환하는 과정을 나타낸 것이다. 각 파일의 이름은 임의로 정한 것이다. - 3/21 12:00pm의 일례

- **Box.rad, box.mat, sky0312.rad coding**
입력파일 코딩과정
- **Oconv box.mat sky0312.rad box.rad > 312.oct**
입력파일들을 Octree파일로 통합하는 과정
- **Rview -vp 3 3 7 -vd 0 0 -1 -ab 10000 312.oct**
생성된 Octree 파일을 RVIEW 명령을 사용하여 관측점 관측방향등을 지정, 확인하는 과정
- **Rpict -vp 3 3 7 -vd 0 0 -1 -ab 10000 -x 1024 -y 1024 312.oct | pfilt -e 2 > 312.pic**
결정한 관측점, 방향과 이미지의 크기 및 밝기등을 지정하여 원하는 이미지 파일을 출력하는 과정
- **Ra_gif 312.pic 312.gif**
Unix 상태의 PIC 파일을 Window 상태의 GIF 파일로 변환하는 과정

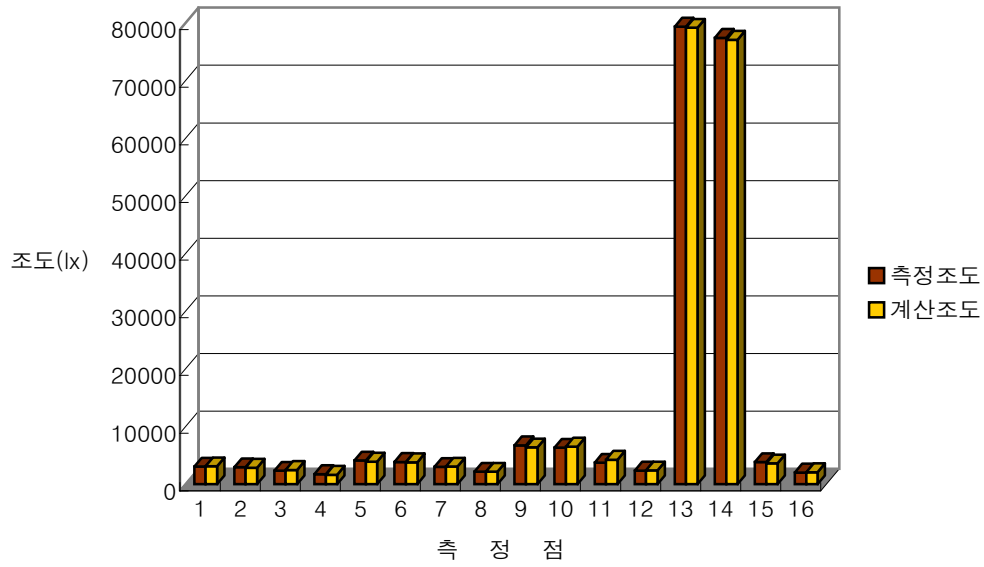
4.1.4. 청천공 상태에서의 검증

(1) 3/21(춘분) 12:00

[표 4.3]은 춘분시 측정조도와 계산조도의 비교값과 상대오차를 나타낸 것이다. 북측면의 측정점 1, 2, 3, 4에서의 측정치의 평균조도는 2523.54lx이고, 계산치의 평균은 2517.40lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 0.24%이다. 또한 창측에 가까운 측정점 13, 14, 15, 16에서의 측정치의 평균조도는 40656.86lx이고, 계산치의 평균조도는 40484.19lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 0.42%이다. 전체 평균상대오차는 3.44%였다. [그림 4.6]는 각 측정점의 조도와 RADIANCE에 의해 계산된 조도를 비교하여 보인 것이다. 오차는 창측부분의 직사일광이 직접 유입되는 부분에서 높게 발생되었으며, 전체적으로는 구름의 양에 따라 영향을 받았다. [그림 4.7]은 3/21 12:00pm의 조도분포를 RADIANCE 프로그램에 의한 가시화 이미지로 나타낸 것이다.

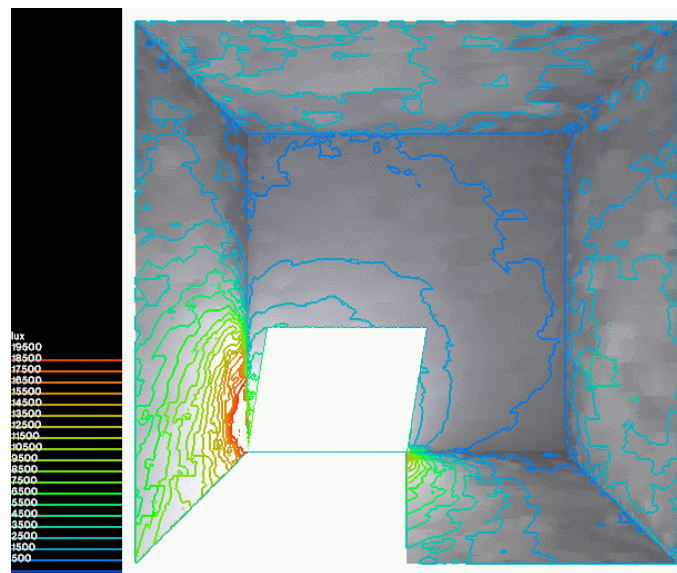
[표 4.3] 측정조도와 계산조도의 비교표

지 점	측정조도(lx)	계산조도(lx)	상대오차(%)
1	3072.37	3103.21	1.00
2	2938.99	2849.88	3.03
3	2338.72	2469.90	5.61
4	1744.07	1646.60	5.59
5	4113.23	3926.51	4.54
6	3851.90	3799.85	1.35
7	3003.15	3039.88	1.22
8	2155.82	2153.25	0.12
9	6740.19	6396.41	5.10
10	6339.95	6523.07	2.89
11	3729.85	4243.16	13.76
12	2366.59	2406.57	1.69
13	79363.77	79163.46	0.25
14	77421.04	77073.54	0.45
15	3814.71	3609.85	5.37
16	2027.94	2089.92	3.06
상 대 오 차(%)			3.44



[그림 4.6] 축소모형실험에 의한 조도 비교 그래프

3/21 12:00



[그림 4.7] RADIANCE 프로그램에 의한 조도분포

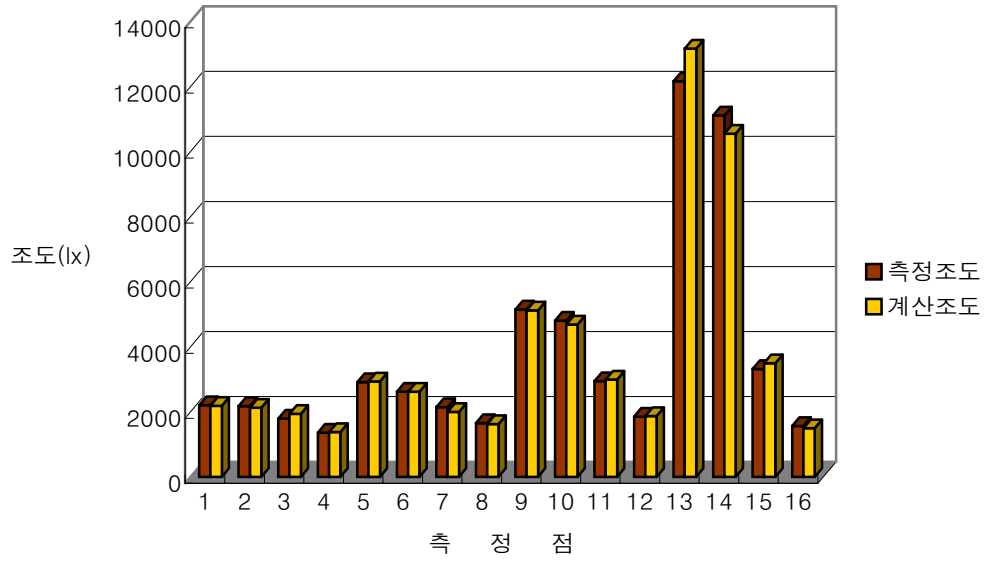
3/21 12:00

(2) 6/21(하지) 12:00

[표 4.4]는 하지의 측정조도와 계산조도의 비교와 상대오차를 보인 것이다. 북측면의 측정점 1, 2, 3, 4에서의 측정치의 평균조도는 1879.68lx이고, 계산치의 평균은 1903.11lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 1.25%이다. 또한 창측에 가까운 측정점 13, 14, 15, 16에서의 측정치의 평균조도는 7036.40lx이고, 계산치의 평균조도는 7175.65lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 1.98%이다. 전체 평균상대오차는 3.20%였다. [그림 4.8]는 각 측정점의 조도와 RADIANCE에 의해 계산된 조도를 비교하여 보인 것이다. 하지의 경우에는, 태양의 고도가 높아서 창측부분의 직사일광이 짧게 유입되어 그렇지 않은 부분과 비교하여 오차가 높게 발생되었다. [그림 4.9]는 RADIANCE 프로그램에 의한 조도분포를 나타낸 것이다.

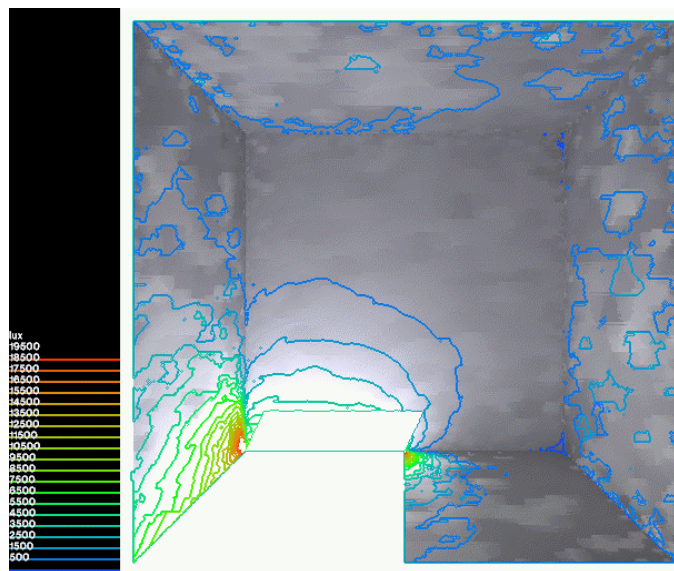
[표 4.4] 측정조도와 계산조도의 비교표

지 점	측정조도(lx)	계산조도(lx)	상대오차(%)
1	2206.96	2183.89	1.05
2	2169.76	2121.49	2.22
3	1786.38	1934.31	8.28
4	1355.60	1372.73	1.26
5	2913.54	2932.66	0.66
6	2620.99	2620.67	0.01
7	2147.18	1996.70	7.01
8	1649.99	1622.32	1.68
9	5147.95	5116.55	0.61
10	4801.29	4679.77	2.53
11	2944.37	2995.05	1.72
12	1847.95	1871.91	1.30
13	12163.01	13165.76	8.24
14	11110.39	10545.08	5.09
15	3311.77	3494.23	5.51
16	1560.44	1497.53	4.03
상 대 오 차(%)			3.20



[그림 4.8] 축소모형실험에 의한 조도 비교 그래프

6/21 12:00



[그림 4.9] RADIANCE 프로그램에 의한 조도분포

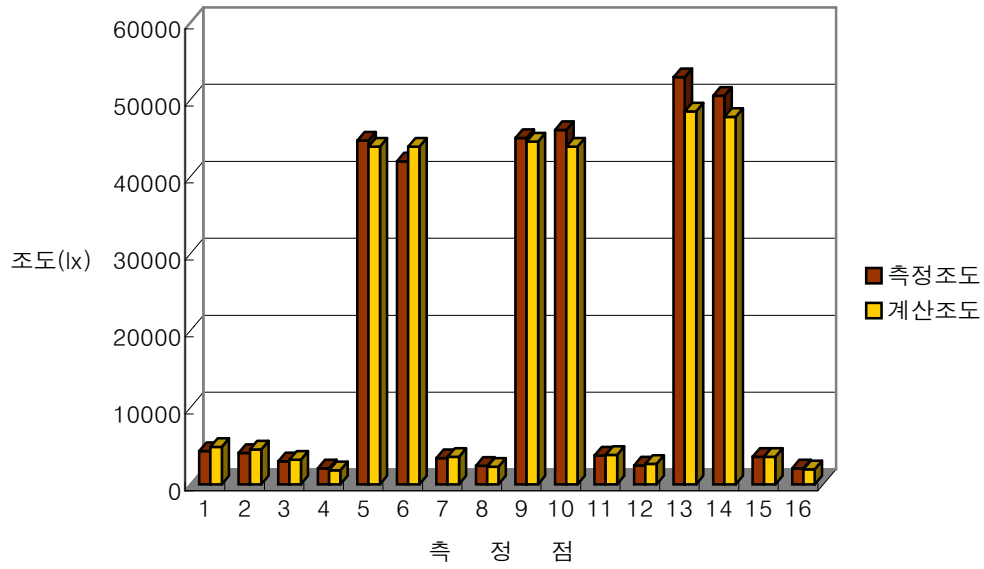
6/21 12:00

(3) 12/21(동지) 12:00

[표 4.5]는 동지의 측정조도와 계산조도의 비교와 상대오차를 나타낸 것이다. 북측면의 측정점 1, 2, 3, 4에서의 측정치의 평균조도는 3361.56lx이고, 계산치의 평균은 3608.79lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 7.35%이다. 또한 창측에 가까운 측정점 13, 14, 15, 16에서의 측정치의 평균조도는 27252.94lx이고, 계산치의 평균조도는 25430.48lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 6.69%이다. 전체 평균상대오차는 5.84%였다. [그림 4.10]은 각 측정점의 조도와 RADIANCE에 의해 계산된 조도를 비교하여 보인 것이다. 동지의 경우, 태양의 고도가 낮아서 직사일광이 북측면 부분까지 길게 유입되어 오차발생율이 높았다. [그림 4.11]은 RADIANCE 프로그램에 의한 조도분포를 나타낸 것이다.

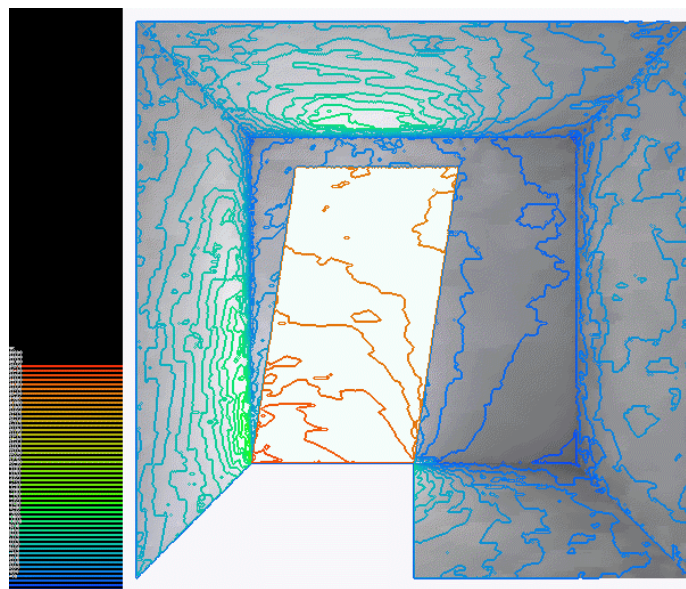
[표 4.5] 측정조도와 계산조도의 비교표

지 점	측정조도(lx)	계산조도(lx)	상대오차(%)
1	4330.35	4852.68	12.06
2	4049.53	4545.55	12.25
3	3005.69	3194.17	6.27
4	2060.68	1842.79	10.57
5	44673.54	43858.37	1.82
6	41942.73	43858.37	4.57
7	3399.45	3562.72	4.80
8	2401.73	2272.77	5.37
9	44991.12	44534.06	1.02
10	46037.00	43858.37	4.73
11	3730.42	3808.43	2.09
12	2444.41	2641.33	8.06
13	52886.96	48465.34	8.36
14	50487.52	47728.22	5.47
15	3552.40	3562.72	0.29
16	2084.86	1965.64	5.72
상 대 오 차(%)			5.84



[그림 4.10] 축소모형실험에 의한 조도 비교 그래프

12/21 12:00



[그림 4.11] RADIANCE 프로그램에 의한 조도분포

12/21 12:00

4.2. 실제공간에서의 측정에 의한 검증

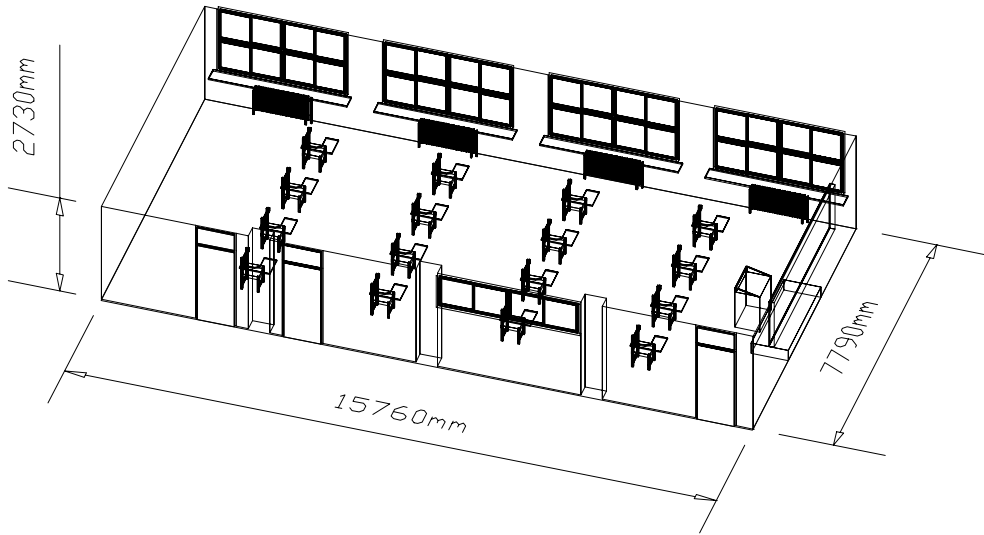
축소모형실험에 의한 검증 결과를 토대로 실제 공간에서의 자연채광의 영향을 검증하기 위해, 실제 재실자들이 사용하는 공간을 선정하고, 조도 및 휘도를 측정하였다. 실험은 담천공과 청천공에서 각각 행하였으며, RADIANCE 프로그램에 의한 계산값과 비교하여 검증을 행하였으며, 실제 공간에서 촬영한 사진과 RADIANCE에 의한 이미지 파일과 비교하여 가시화도 검증하였다.

4.2.1 대상실의 개요

측정 및 사진 촬영이 행해진 대상실은 측창에 의한 자연채광과 형광등에 의한 인공조명이 이루어지는 일반적인 실내 강의실로 한양대학교 2공학관에 위치하였다. 측창은 북동향에 면해 있으며 실의 크기 15.76 × 7.79(m)의 한 변이 긴 장방형 공간이다. [표 4.6]는 대상실 내부에 사용된 재료 및 광학적 특성을 나타낸 것이다. [그림 4.12]은 대상실의 크기와 형태를 나타낸 것이고, [그림 4.13]는 청천공시의 대상실이 촬영사진이다. [그림 4.14]는 본 연구에서 설정한 조도와 휘도의 계산 및 측정점을 보인 것이다.

[표 4.6] 대상실의 광학적 특성

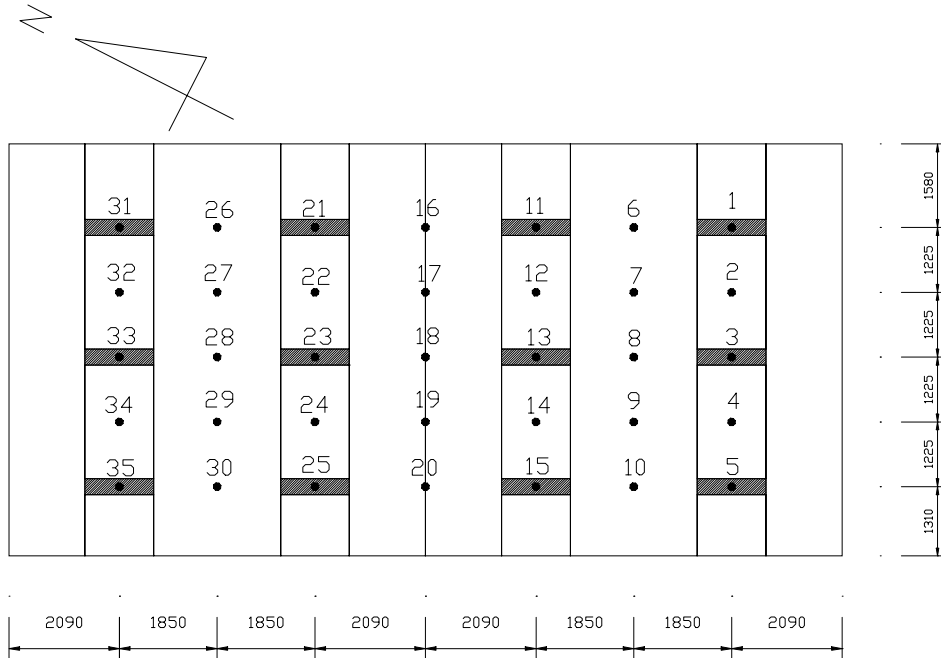
항목	재료	반사율 또는 투과율(%)
벽	몰탈+미색 수성페인트	84.57
바닥	종석 물갈기	26.37
천장	흰색흡음보드	96.8
철판	녹색분필용	16.1
책상	밤색 목재	10.24
유리창(북동향)	투명 유리	96(투과율)



[그림 4.12] 대상실의 크기 및 형태



[그림 4.13] 대상실의 촬영 사진



[그림 4.14] 조도 및 휘도 측정점 (바닥 위 75cm의 작업면)

▨ 형광등의 위치

4.2.2. 실험 개요 및 조건

대상실에서의 자연채광에 따른 조도 및 휘도분포를 측정하기 위해 담천공과 청천공 각각의 상태에서 실측을 행하였다. 담천공은 외부 수평면 조도 2988lx, 외부 수직면 조도 2894lx에서 행하였으며, 청천공의 경우는 4월 14일 오후 1시에 행하였다. 이 때의 외부 수평면 조도는 15670lx이며, 외부 수직면 조도는 15179lx이다. 측정은 각각의 측정점에서 조도 및 휘도를 측정하였고, 대상실 내부에 사용된 재료들의 반사율을 측정하였다. 모형실험과 마찬가지로 반사율 측정에는 휘도 측정시 Minolta Ls-110을 사용하였고, 표면 조도 측정시에는 HIOKI 3422 Digital LUX Hi Tester를 사용하였다. [표 4.7]는 실제공간 실험에서 사용된 측정기기를 나타낸 것이며, [그림 4.15]는 데이터로거 LI-1000을 보인 것이다.

[표 4.7] 실제 공간에서의 측정에 사용된 측정기기

- 모형 측정용 조도계 LI-210SA 1개
- LI-COR 데이터로거 LI-1000 1대
- 디지털 조도계 (Hioki 3422) 1대
- 디지털 휘도계 (Minolta LS 110 1/3°) 1대



[그림 4.15] LI-COR Datalogger LI-1000

4.2.3. RADIANCE 프로그램 시뮬레이션

RADIANCE 프로그램의 정확성을 검증하기 위해 실제 공간에서의 실험과 동일한 환경을 설정하여 아래와 같은 과정을 거쳐 시뮬레이션하였다.

RADIANCE 프로그램에서의 시뮬레이션을 위한 입력은 실제 공간의 3차원 기하학 요소, 대상실에 사용된 재료특성, 외부천공 - 담천공, 청천공등을 모델링하기 위한 파일이 사용되었다.

실제의 공간과 동일한 3차원 기하학 요소를 만들기 위해 ACAD2000을 사용하여 CAD 파일로 작성하였으며, RADIANCE 프로그램과 같은 언어로의 변환을 위해

ACAD2RAD 명령을 사용하여 RAD 파일로 변환하였고, 대상실에 사용된 재료특성은 MAT 파일로 코딩하였다. 담천공을 모델링하기 위해서는 수평면 확산일사량 (W/m^2)을 필요로 하기 때문에 실험시 측정한 외부 수평면 조도값을 RADIANCE 프로그램에서 채택하고 있는 담천공의 발광효율값인 179lm/W로 나눈 값을 GENSKY 명령의 매개변수로 입력하여 얻어진 RAD 파일에 주위 대지에 대한 코딩을 추가하였다. 청천공의 경우에는 축소모형실험에서와 마찬가지로 실험이 행해진 시각과 지형적 특성을 입력하여 RAD 파일을 작성하였다. 이상의 내용은 부록: RADIANCE 프로그램의 입력 데이터 부분에 수록하였다.

다음은 위의 설명한 파일들을 RADIANCE 프로그램의 명령을 통하여 통합하고, 이미지 파일을 만들고 변환하는 과정을 나타낸 것이다. - 담천공상태에서의 일례

- **204.rad, 204.mat, skyo3000.rad lighting_d.rad coding**
입력파일 코딩과정
- **Oconv 204.mat skyo3000.rad 204.rad lighting_d.rad > o3000.oct**
입력파일들을 Octree파일로 통합하는 과정
- **Rview -vp 7.0301 -5.2619 5 -vd 0 0 -1 -ab 10000 o3000.oct**
생성된 Octree 파일을 RVIEW 명령을 사용하여 관측점 관측방향등을 지정, 확인하는 과정
- **Rpict -vp 7.0301 -5.2619 5 -vd 0 0 -1 -ab 10000 -x 1024 -y 1024 o3000.oct / | pfilt -e 2 > o3000.pic**
결정한 관측점, 방향과 이미지의 크기 및 밝기등을 지정하여 원하는 이미지 파일을 출력하는 과정
- **Ra_gif o3000.pic o3000.gif**
Unix 상태의 PIC 파일을 Window 상태의 GIF 파일로 변환하는 과정

4.2.4. 담천공 상태에서의 검증

(1) 조도의 비교

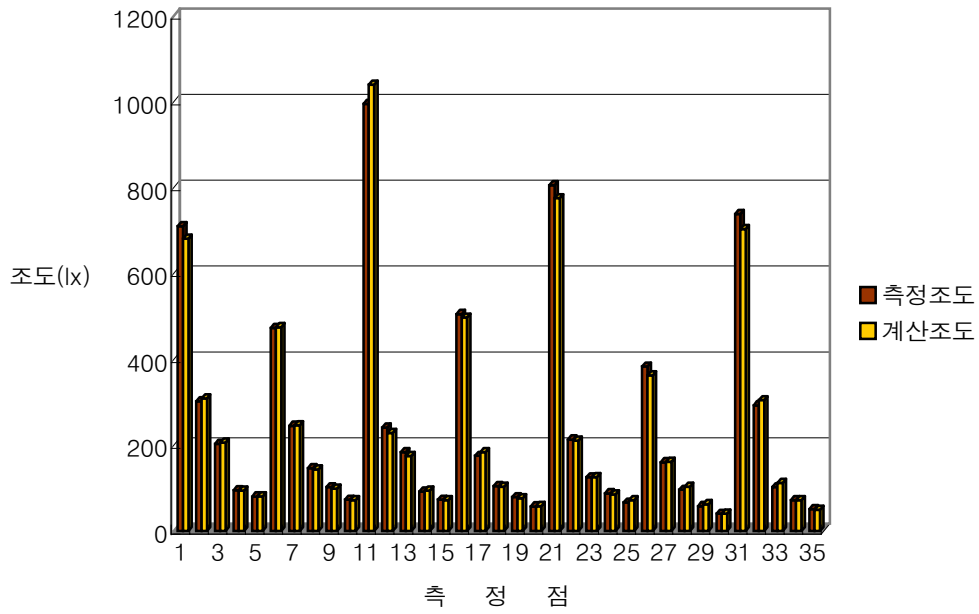
[표 4.8]은 담천공시 측정조도와 계산조도의 비교값과 상대오차를 나타낸 것이다. 창측에 가까운 측정점 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31에서의 측정치의 평균조도는 658.43lx이고, 계산치의 평균은 647.53lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 1.66%이다. 또한 복도측에 가까운 측정점 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35에서의 측정치의 평균조도는 62.86lx이고, 계산치의 평균조도는 63.35lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 0.78%이다. 전체 평균상대오차는 3.09%였다. [그림 4.16]는 각 측정점의 조도와 RADIANCE에 의해 계산된 조도를 비교하여 보인 것이다. 복도측부분에 비하여 상대적으로 창측부분의 일광이 직접 유입되는 부분에서 오차가 높게 발생되었다. [그림 4.17]은 RADIANCE 프로그램의 FALSECOLOR 명령을 이용하여 조도분포를 등고선 형태의 가시화 이미지로 나타낸 것이다.

(2) 휘도의 비교

[표 4.9]는 담천공시 측정휘도와 계산휘도의 비교값과 상대오차를 나타낸 것이다. 창측에 가까운 측정점 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31에서의 측정치의 평균휘도는 24.91cd/m²이고, 계산치의 평균은 24.33cd/m²의 결과를 얻었으며, 상대오차는 2.36%이다. 또한 복도측에 가까운 측정점 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35에서의 측정치의 평균휘도는 1.56cd/m²이고, 계산치의 평균휘도는 1.55cd/m²의 결과를 얻었으며, 상대오차는 0.56%이다. 전체 평균상대오차는 5.29%였다. [그림 4.18]는 각 측정점의 휘도와 RADIANCE에 의해 계산된 휘도를 비교하여 보인 것이다. 휘도의 경우에 측정각도에 따른 값의 변화에 따라 오차가 크게 발생되었다고 생각되어진다. [그림 4.19]는 RADIANCE 프로그램의 FALSECOLOR 명령을 이용하여 휘도분포를 등고선 형태의 가시화 이미지로 나타낸 것이다.

[표 4.8] 측정조도와 계산조도의 비교표

지 점	측정조도(lx)	계산조도(lx)	상대오차(%)
1	710.00	680.80	4.11
2	302.00	309.05	2.33
3	203.00	206.03	1.49
4	95.00	94.058	0.99
5	80.00	80.62	0.77
6	473.00	474.77	0.37
7	245.00	246.34	0.54
8	146.00	143.33	1.83
9	102.00	98.54	3.39
10	73.00	71.66	1.83
11	995.00	1039.12	4.43
12	241.00	228.43	5.22
13	184.00	174.68	5.07
14	92.00	94.06	2.24
15	73.00	71.66	1.83
16	505.00	497.16	1.55
17	175.00	183.64	4.94
18	105.00	103.02	1.89
19	79.00	76.14	3.62
20	57.00	58.23	2.15
21	805.00	774.86	3.74
22	213.00	210.51	1.17
23	125.00	125.41	0.33
24	88.00	85.10	3.30
25	66.00	71.66	8.58
26	383.00	362.80	5.28
27	160.00	161.24	0.78
28	96.00	103.02	7.31
29	58.00	62.71	8.11
30	40.00	40.31	0.78
31	738.00	703.20	4.72
32	293.00	304.57	3.95
33	102.00	111.97	9.78
34	72.00	71.663	0.47
35	51.00	49.27	3.39
상 대 오 차(%)			3.09



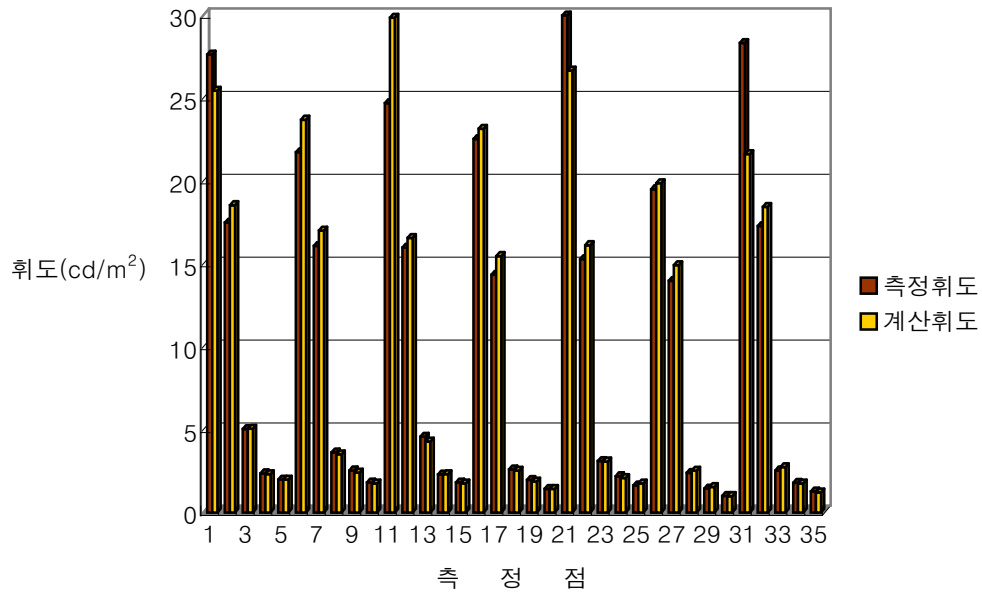
[그림 4.16] 답천공 상태에서의 조도 비교 그래프



[그림 4.17] RADIANCE에 의한 답천공 상태에서의 조도분포

[표 4.9] 측정휘도와 계산휘도의 비교표

지 정	측정휘도(cd/m ²)	계산휘도(cd/m ²)	상대오차(%)
1	27.63	25.46	7.85
2	17.50	18.55	5.98
3	5.04	5.05	0.15
4	2.36	2.30	2.30
5	1.99	1.98	0.56
6	21.74	23.70	9.01
7	16.08	17.01	5.76
8	3.62	3.51	3.13
9	2.53	2.41	4.67
10	1.81	1.76	3.13
11	24.70	29.85	20.82
12	15.98	16.57	3.67
13	4.57	4.28	6.32
14	2.28	2.30	0.89
15	1.81	1.76	3.13
16	22.53	23.15	2.73
17	14.34	15.47	7.86
18	2.61	2.52	3.19
19	1.96	1.87	4.89
20	1.42	1.43	0.80
21	29.99	26.67	11.08
22	15.29	16.13	5.51
23	3.10	3.07	0.99
24	2.18	2.08	4.57
25	1.64	1.76	7.15
26	19.51	19.86	1.81
27	13.97	14.92	6.81
28	2.38	2.52	5.89
29	1.44	1.54	6.68
30	0.99	0.99	0.56
31	28.32	21.62	23.67
32	17.27	18.44	6.72
33	2.53	2.74	8.33
34	1.79	1.76	1.78
35	1.27	1.21	4.67
상 대 오 차(%)			5.29



[그림 4.18] 답천공 상태에서의 휘도 비교 그래프



[그림 4.19] RADIANCE에 의한 답천공 상태에서의 휘도분포

(3) 가시화된 이미지의 비교

[그림 4.20]과 [그림 4.21]은 각각 담천공 상태에서 사진촬영된 이미지와 RADIANCE의 RPICT 명령에 의해 가시화된 이미지를 보인 것이다. 두 이미지에서 볼 수 있듯이 RADIANCE 프로그램은 사진과 거의 같은 결과를 보임으로써 설계단계의 공간에 대한 정성적 평가도구로서도 매우 효과적으로 사용될 수 있음을 알 수 있다.



[그림 4.20] 담천공 상태에서의 촬영사진 이미지



[그림 4.21] 담천공 상태에서의 RADIANCE 이미지

4.2.5. 청천공 상태에서의 검증

(1) 조도의 비교

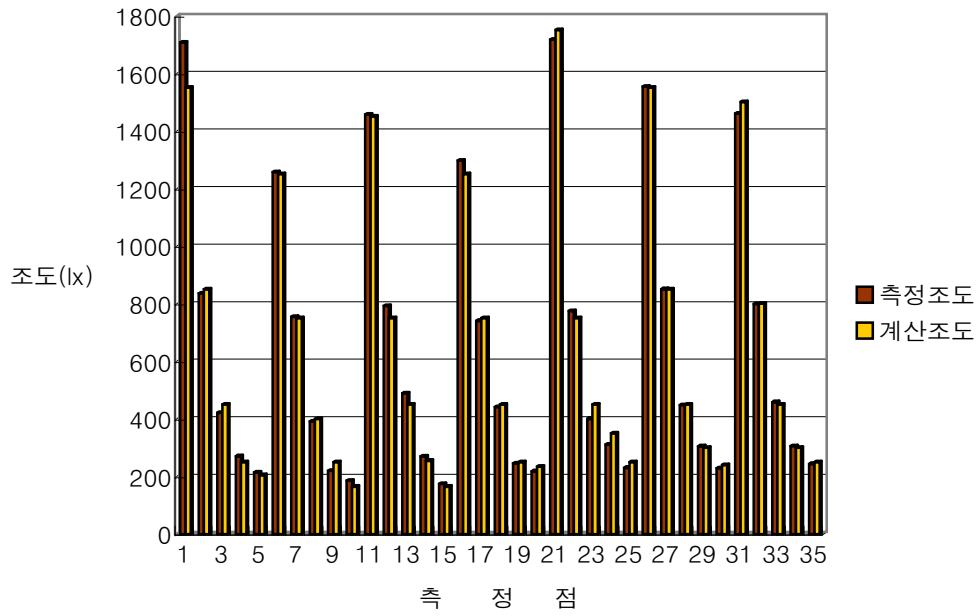
[표 4.10]은 청천공시 측정조도와 계산조도의 비교값과 상대오차를 나타낸 것이다. 창측에 가까운 측정점 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31에서의 측정치의 평균조도는 1494.14lx이고, 계산치의 평균은 1473.09lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 1.41%이다. 또한 복도측에 가까운 측정점 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35에서의 측정치의 평균조도는 214.14lx이고, 계산치의 평균조도는 215.28lx의 결과를 얻었으며, 상대오차는 0.85%이다. 전체 평균상대오차는 4.13%였다. [그림 4.22]는 각 측정점의 조도와 RADIANCE에 의해 계산된 조도를 비교하여 보인 것이다. 담천공에 비하여 청천공의 경우가 창측부분의 직사일광이 직접 유입되어 오차가 높게 발생되었다. [그림 4.23]은 RADIANCE 프로그램의 FALSECOLOR 명령을 이용하여 조도분포를 등고선 형태의 가시화 이미지로 나타낸 것이다.

(2) 휘도의 비교

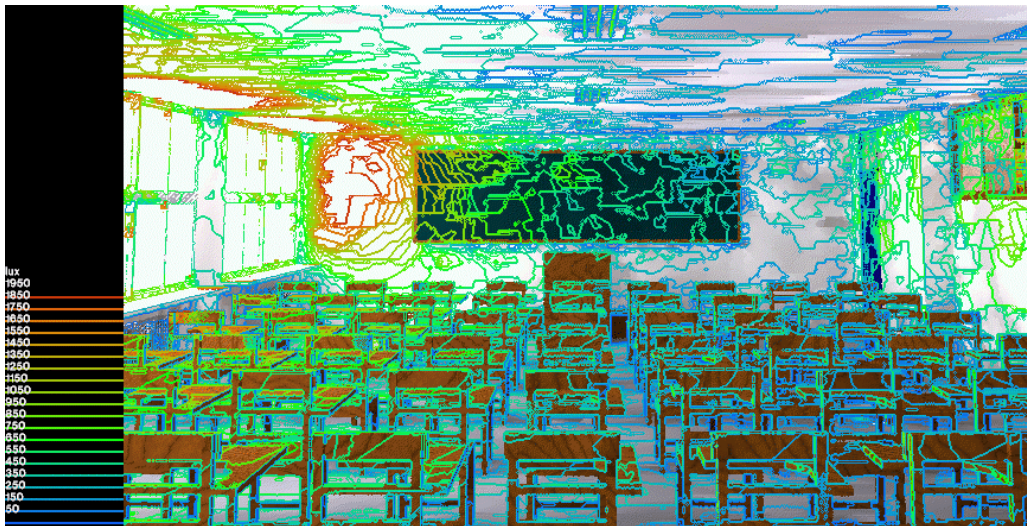
[표 4.11]는 청천공시 측정휘도와 계산휘도의 비교값과 상대오차를 나타낸 것이다. 창측에 가까운 측정점 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31에서의 측정치의 평균휘도는 75.62cd/m²이고, 계산치의 평균은 56.43cd/m²의 결과를 얻었으며, 상대오차는 25.38%이다. 또한 복도측에 가까운 측정점 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35에서의 측정치의 평균휘도는 9.75cd/m²이고, 계산치의 평균휘도는 9.67cd/m²의 결과를 얻었으며, 상대오차는 0.76%이다. 전체 평균상대오차는 8.03%였다. [그림 4.24]는 각 측정점의 휘도와 RADIANCE에 의해 계산된 휘도를 비교하여 보인 것이다. 휘도의 경우에 측정각도에 따른 값의 변화에 따라 오차가 발생되었으며, 창측의 직사일광의 반사도에 따라서 또한 큰 오차가 발생되었다. [그림 4.25]는 RADIANCE 프로그램의 FALSECOLOR 명령을 이용하여 휘도분포를 등고선 형태의 가시화 이미지로 나타낸 것이다.

[표 4.10] 측정조도와 계산조도의 비교표

지 정	측정조도(lx)	계산조도(lx)	상대오차(%)
1	1709.00	1551.75	9.20
2	836.90	850.96	1.68
3	421.50	450.51	6.88
4	270.90	250.28	7.61
5	214.50	205.23	4.32
6	1258.00	1251.4	0.52
7	755.60	750.85	0.63
8	391.40	400.45	2.31
9	220.40	250.28	13.56
10	186.30	165.19	11.33
11	1458.00	1451.64	0.44
12	793.10	750.85	5.33
13	489.80	450.51	8.02
14	270.30	255.29	5.55
15	175.10	165.19	5.66
16	1298.00	1251.4	3.59
17	741.40	750.85	1.27
18	441.60	450.51	2.02
19	245.70	250.28	1.87
20	218.60	235.27	7.62
21	1719.00	1751.98	1.92
22	775.40	750.85	3.17
23	401.10	450.51	12.32
24	311.70	350.40	12.41
25	231.10	250.28	8.30
26	1555.00	1551.75	0.21
27	851.50	850.96	0.06
28	448.50	450.51	0.45
29	305.40	300.34	1.66
30	229.20	240.27	4.83
31	1462.00	1501.70	2.72
32	799.90	800.90	0.13
33	459.00	450.51	1.85
34	306.10	300.34	1.88
35	244.20	250.28	2.49
상 대 오 차(%)			4.13



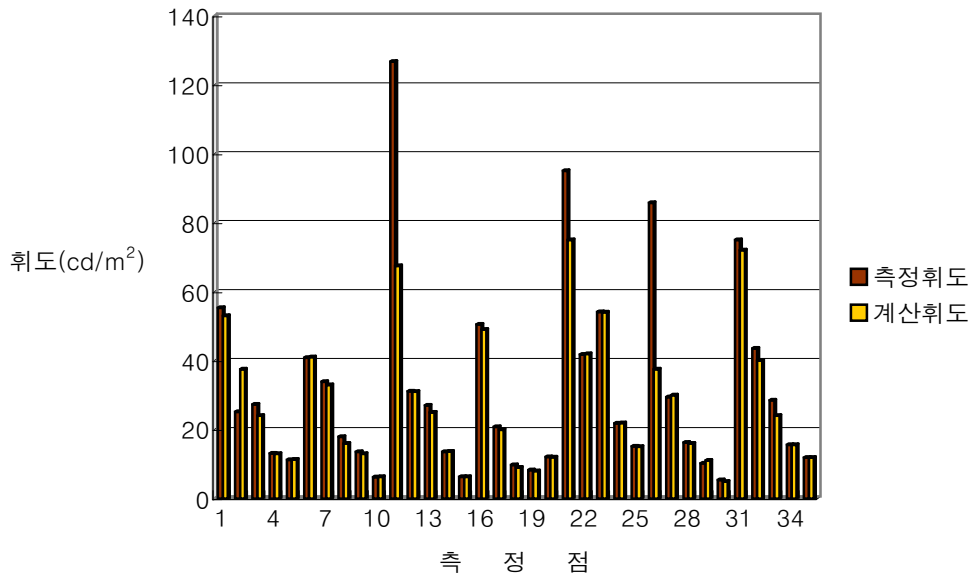
[그림 4.22] 청천공 상태에서의 조도 비교 그래프



[그림 4.23] RADIANCE에 의한 청천공 상태에서의 조도분포

[표 4.11] 측정휘도와 계산휘도의 비교표

지 정	측정휘도(cd/m ²)	계산휘도(cd/m ²)	상대오차(%)
1	55.32	53.00	4.19
2	25.16	37.50	49.05
3	27.32	24.00	12.15
4	13.06	13.00	0.46
5	11.26	11.30	0.36
6	40.86	41.00	0.34
7	33.91	33.00	2.68
8	17.89	16.00	10.56
9	13.53	13.00	3.92
10	6.25	6.30	0.80
11	126.70	67.50	46.72
12	31.09	31.00	0.29
13	26.99	25.00	7.37
14	13.53	13.60	0.52
15	6.32	6.30	0.32
16	50.52	49.00	3.01
17	20.81	20.00	3.89
18	9.71	9.00	7.31
19	8.26	8.00	3.15
20	12.05	12.00	0.41
21	95.10	75.00	21.14
22	41.79	42.00	0.50
23	54.11	54.00	0.20
24	21.80	21.90	0.46
25	15.10	15.00	0.66
26	85.83	37.50	56.31
27	29.47	30.00	1.80
28	16.24	16.00	1.48
29	10.21	11.00	7.74
30	5.38	4.90	8.92
31	74.99	72.00	3.99
32	43.57	40.00	8.19
33	28.54	24.00	15.91
34	15.63	15.60	0.19
35	11.86	11.90	0.34
상 대 오 차(%)			8.03



[그림 4.24] 청천공 상태에서의 휘도 비교 그래프



[그림 4.25] RADIANCE에 의한 청천공 상태에서의 휘도분포

(3) 가시화된 이미지의 비교

[그림 4.26]과 [그림 4.27]은 각각 청천공 상태에서 직접 사진 촬영된 이미지와 RADIANCE의 RPICT 명령에 의해 가시화된 이미지를 보인 것이다. 이미지에서 볼 수 있듯이 창측 가까운 벽부분과 천장부분에 반사되는 직사일광이 잘 표현되고 있다.



[그림 4.26] 청천공 상태에서의 촬영사진 이미지



[그림 4.27] 청천공 상태에서의 RADIANCE 이미지