

제 4 장 축소모형 실험을 통한 컴퓨터 프로그램의 정확성 검증

4.1 축소모형 실험

4.1.1 축소모형 실험의 개요

본 연구에서 개발한 아트리움 내부 공간 조도의 예측 컴퓨터 프로그램의 정확성을 검증하기 위해서 아트리움의 축소모형을 이용한 실험을 다음과 같이 실시하였다. 실험 장소 및 기간은 다음과 같다.

- 1) 실험 장소 : 경기도 안산시 H 대학교 제 2 공학관 옥상 및 교내 잔디밭
- 2) 예비 실험 일자 : 1998 년 4 월 4 일
- 3) 본 실험 일자 : 1998 년 8 월 21 일~22 일

[그림 4.1.1]은 축소모형 실험 장면을 보인 것이다.

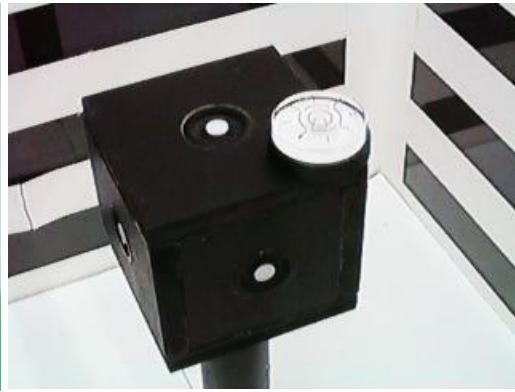


[그림 4.1.1] 축소모형 실험 장면

본 실험에서는 [그림 4.1.2]와 같이 나침반을 이용하여 유리벽을 갖는 3면형 아트리움의 창측면이 특정 방향(정남, 정북)으로 향하도록 하고, [그림 4.1.3]과 같이 수준계를 이용하여 측정면과 모형이 수평을 유지하도록 하였다. 그리고 Perez 모델의 천공 휘도 분포계산에 필요한 입력자료로서 이용하기 위해서 실험당시의 노점 온도와 일사량도 함께 측정하였다.



[그림 4.1.2] 축소모형의 방위 결정



[그림 4.1.3] 3차원 공간조도계의 수평유지

지

4.1.2 아트리움내 공간조도와 관련한 주요 변수의 설정

아트리움의 공간조도에 영향을 미치는 변수는 다음의 4가지로 요약할 수 있다.

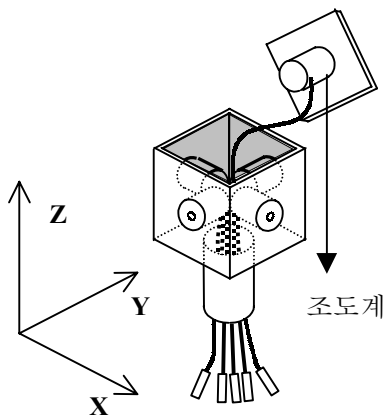
- 1) 아트리움의 광정지수
- 2) 아트리움 천정의 투과율 및 투과 특성
- 3) 태양의 위치(고도 및 방위각)
- 4) 아트리움의 방위

아트리움 광정지수의 경우 아트리움 바닥면에 대한 높이가 변화함에 따라 실내로 유입되는 빛의 방향을 변화시키는 요인이 된다. 3면형 아트리움 천정의 경우 일반적으로 중저층 건물의 한쪽 면에 위치하거나 높은 고층건물의 하부층에 위치하기 때문에 투과특성을 크게 투명과 불투명으로 나눌 수 있다. 이러한 차이는 실내조도분포에도 변화를 주지만, 공간 벡터조도에 더 큰 영향을 주는 요인이 된다. 태양의 위치와 아트리움의 방위는 직사일광이 유입되는 방향에 큰 영향을 준다.

4.2.3 차원 공간조도계 및 아트리움 축소모형

4.2.1 3 차원 공간 조도계

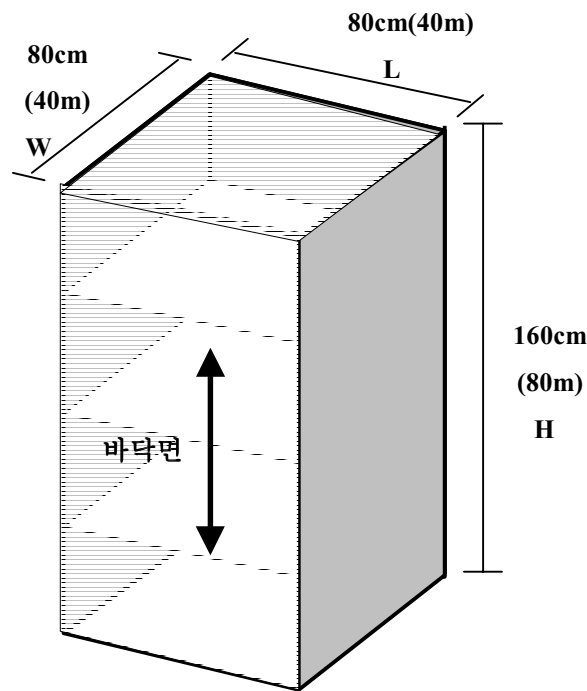
일반적으로 공간에서의 사방으로 유입되는 빛의 양을 측정하기 위해서는 [그림 2.3.1]과 같이 여섯 방향으로의 조도를 측정해야 하지만, 측정도구를 원하는 공간상의 정확한 지점에 고정하기 위해서는 한 방향에서의 유입을 제한할 수 밖에 없었다. 따라서 본 연구에서는 [그림 4.2.1]과 같이 전·후·좌·우·상의 다섯 방향의 조도를 측정할 수 있는 3 차원 공간 조도계를 제작하였다. 이 측정장치는 5 개의 Li-Cor 조도 센서를 목재 상자에 고정시킨 것이다. [그림 4.2.2]는 축소모형에 설치된 3 차원 공간조도 측정장치의 실제 모습을 나타낸 것이다.



[그림 4.2.1] 3 차원 공간조도계 개념도 [그림 4.2.2] 3 차원 공간조도계의 실제 모습

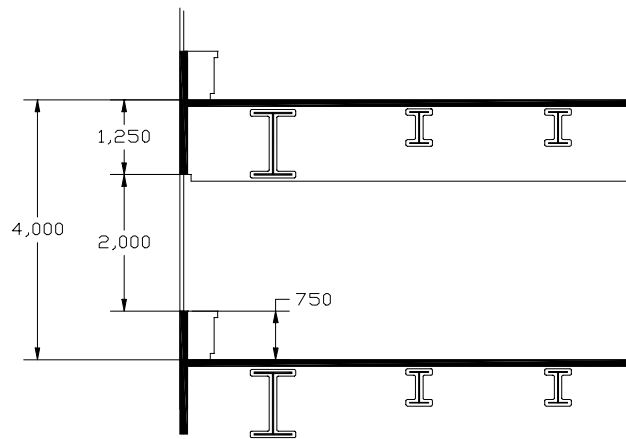
4.2.2 atrium 축소모형

본 연구에서는 3 차원 공간 조도를 예측할 수 있는 컴퓨터 프로그램의 정확성을 검증할 목적으로 축척 1/50 의 3 면형 atrium의 축소모형을 제작하였다. 축소모형은 변형을 방지하고 벽체를 통해 빛이 투과하지 않도록 하기 위해서 알루미늄을 이용한 골조와 골판지를 이용하여 제작하였다. 특히 atrium은 바닥면적에 따른 높이의 비율인 광정지수(Well Index)에 의해 atrium 내부의 공간조도에 큰 영향을 받기 때문에 [그림 4.2.3]과 같이 atrium 바닥을 상하로 움직일 수 있게 하여 다양한 광정지수 값을 갖도록 하였다. 그리고 지붕은 투명과 불투명 판재를 교체할 수 있도록 하였다.

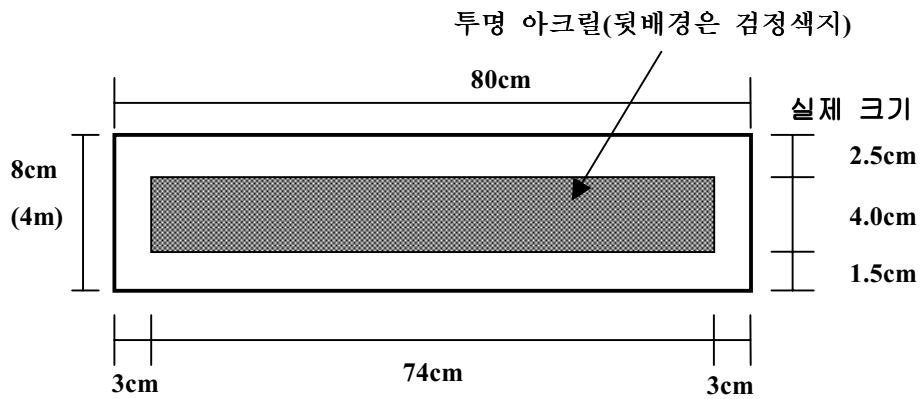


[그림 4.2.3] 3 면형 atrium의 축소모형

아트리움의 기준층은 [그림 4.2.4]와 같이 일반적인 사무소 건물의 기준층 높이를 참고하여 제작하였다. [그림 4.2.5]는 기준층 입면도를 나타낸 것으로서 유리부분은 투명 아크릴에 뒷배경을 검은 색지로 처리하여 아트리움 벽의 유리창을 묘사하였다. [그림 4.2.6] ~ [그림 4.2.9]는 축소모형을 제작하는 과정을 보인 것이다.



[그림 4.2.4] 기준층 단면도



[그림 4.2.5] 기준층 입면도



[그림 4.2.6] 축소모형 골조제작장면



[그림 4.2.7] 벽체 제작장면

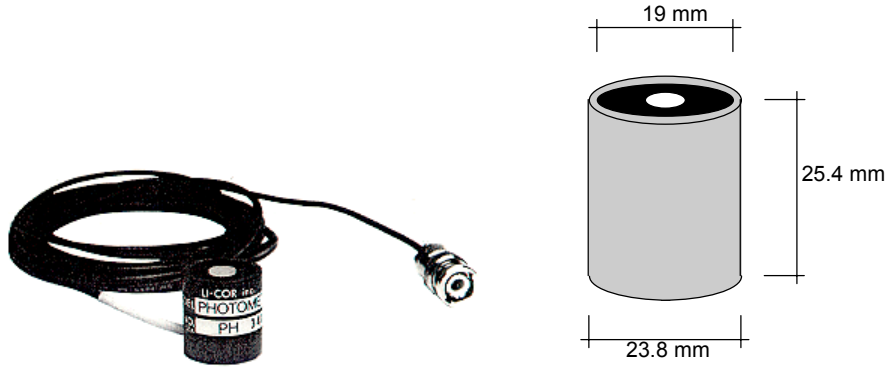


[그림 4.2.8] 벽체 외부 조립장면
습



[그림 4.2.9] 완성된 아트리움 실내모

본 축소 모형 실험에서 사용한 조도계의 형태와 크기는 [그림 4.2.10]과 같다.



(a) 조도계의 실물 사진

(b) 조도계의 제원

[그림 4.2.10] 축소모형 실험에 사용된 조도계

제작한 모형의 반사율은 [그림 4.2.11]과 같이 조도계와 휘도계를 사용하여 측정한 값을 (식 4.2.1)에 대입하여 반사율을 구하였다.



[그림 4.2.11] 조도계와 휘도계를 사용하여 반사율을 측정하는 장면

$$\rho = \frac{L \times \pi}{E} \quad (\text{식 4.2.1})$$

단, ρ : 반사율
 L: 휘도 [$\text{cd}/\text{m}^2 = \text{lm}/\text{sr} \cdot \text{m}^2$]
 E: 조도 [lm/m^2]
 π : 3.14159 [sr]

4.2.3 측정기기 및 측정 방법

1) 측정기기

본 측정에서 사용된 측정기기는 [표 4.2.1]과 같다.

[표 4.2.1] 실험에 사용된 측정기기

-
- 조도계(LI-210SA) 16 개
 - 일사계(LI-200SA) 1 개
 - 데이터로거(DATASCAN) 1 대
 - 휘도계(Minolta LS110) 1 대
 - 디지털 조도계 1 대
 - 측정 데이터 저장 및 처리용 노트북 컴퓨터 1 대
 - 아스만 온습도계 1 개
 - 나침반 1 개
-

본 실험에서 사용한 LI-210SA 조도계는 광센서에서 감지한 빛의 강도에 따라서 전류(μA)를 출력하는데 저항(ohm)을 추가로 설치하여 전압(μV)으로 변환한다.

[표 4.2.2]는 조도계 제작사에서 제공한 각 조도계별 캘리브레이션 값을 고려한 전압당 조도변환상수를 계산한 결과를 보인것이다.

[표 4.2.2] 축소 모형 실험에 사용된 조도계 상수의 계산

번호	계산 상수 [$\mu A/100lx$]	계산	조도변환 상수 [$lx/\mu V$]
1	35.12	$35.12 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.2121248 [\mu V/lx]$	4.7142
2	32.68	$32.68 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.1973872 [\mu V/lx]$	5.0662
3	34.57	$34.57 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.2088028 [\mu V/lx]$	4.7892
4	32.70	$32.70 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.1975080 [\mu V/lx]$	5.0631
5	34.11	$34.11 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.2060244 [\mu V/lx]$	4.8538
6	29.54	$29.54 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.1784216 [\mu V/lx]$	5.6047
7	31.68	$31.68 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.1913472 [\mu V/lx]$	5.2261
8	34.11	$34.11 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.2060244 [\mu V/lx]$	4.8538
9	33.10	$33.10 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.1999240 [\mu V/lx]$	5.0019
10	33.41	$33.41 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.2017964 [\mu V/lx]$	4.9555
11	33.48	$33.48 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.2022192 [\mu V/lx]$	4.9451
12	35.59	$35.59 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.2149636 [\mu V/lx]$	4.6520
13	31.58	$31.58 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.1907432 [\mu V/lx]$	5.2427
14	31.96	$31.96 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.1930384 [\mu V/lx]$	5.1803
15	32.64	$32.64 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.1971456 [\mu V/lx]$	5.0724
16	35.59	$35.59 \mu A/100000lx \times 604 \text{ Ohm} = 0.2149636 [\mu V/lx]$	4.6520

4.3 컴퓨터 프로그램의 계산치와 축소모형 실험치의 비교

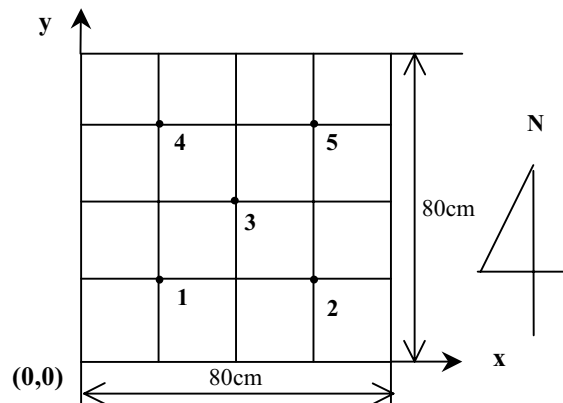
컴퓨터 프로그램의 계산치와 축소모형 실험치를 비교하기 위해서 본 연구에서는 (식 4.3.2)와 같이 오차율 개념을 도입하였다. 오차율이 5% 이하이면 컴퓨터 프로그램의 정확성이 95%이상 확보되므로 공학적인 관점에서 매우 정확하다 할 수 있다.

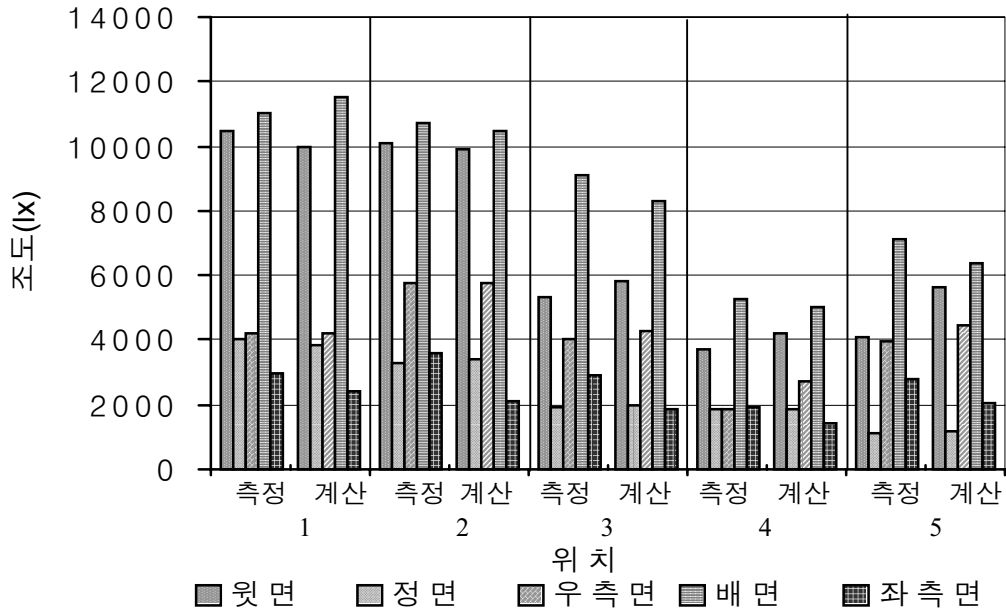
[그림 4.3.2]와 [표 4.3.1]은 축소모형 조도측정값과 수치모델에 의한 조도계산값을 비교한 것이다. 비교한 시점에서의 주요 변수와 변수값들은 아래와 같다.

- 천공상태 : 부분 담천공
- 광정지수 : 1
- 측정높이 : 16cm(실제높이 8m)
- 방 위 : 정남

두 값사이의 오차율은 4.08%정도로서 수치모델이 95%이상의 정확성을 갖는 것으로 검증되었다. [그림 4.3.1]은 축소모형의 측정 바닥면 위치를 나타낸 것이다.

$$\text{오차율} = \frac{|\text{측정값의평균} - \text{계산값의평균}|}{\text{측정값의평균}} \times 100 [\%] \quad (\text{식 4.3.1})$$





[그림 4.3.1] 바닥면 측정 위치

[그림 4.3.2] 측정값과 계산값의 비교

[표 4.3.1] 측정조도와 계산조도의 비교(단위:lx)

위치		1	2	3	4	5
X		20cm	60cm	40cm	20cm	60cm
Y		20cm	20cm	40cm	60cm	60cm
Z		8cm	8cm	8cm	8cm	8cm
상부면	측정	10500	10110	5310	3720	4110
	계산	9960	9900	5820	4200	5610
우측면	측정	4020	3300	1890	1830	1110
	계산	3870	3420	2010	1830	1170
좌측면	측정	4200	5790	4020	1830	3990
	계산	4200	5790	4260	2700	4440
정면	측정	11040	10740	9120	5250	7110
	계산	11550	10440	8280	5010	6360
배면	측정	3000	3600	2940	1920	2760
	계산	2430	2100	1830	1410	2070