

제 4 장 모형 실험을 통한 컴퓨터모델의 타당성 검증

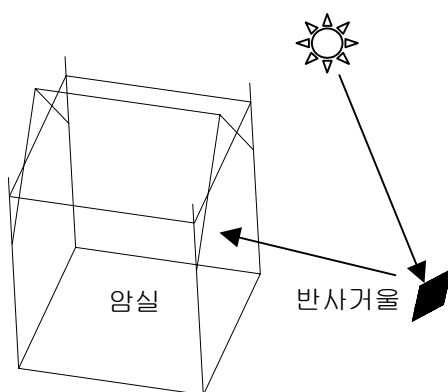
4.1 모형 실험

4.1.1 모형 실험의 개요

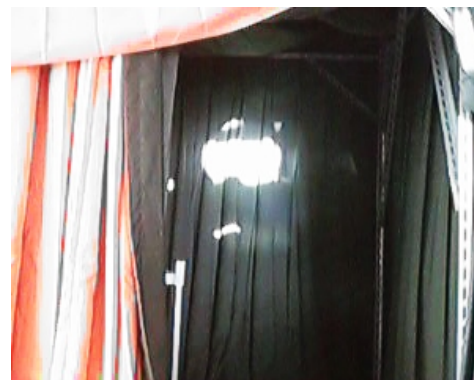
본 연구에서 개발한 태양광 전달시스템의 조도 예측 컴퓨터 모델의 정확성을 검증하기 위해서 두 가지 방식의 집광장치를 제작하여 실험을 행하였다. 실험 장소 및 기간은 다음과 같다.

- (1) 실험 장소 : 경기도 안산시 H 대학교 제2 공학관 옥상
- (2) 기 간 : 1998 년 9 월 20 일 [청천공 상태]
1998 년 9 월 23 일 [청천공 상태]

[그림 4.1.1]~[그림 4.1.2]는 빛의 집광실험을 위한 암실의 구조와 암실에 평행 광선을 유입 시키는 실험 장면을 보여주는 사진이다.



[그림 4.1.1] 암실의 구조



[그림 4.1.2] 암실에 유입되는 직사광선

4.1.2 집광장치의 집광 성능 및 효율과 관련한 변수의 설정

집광장치의 집광 성능 및 효율에 영향을 미치는 변수는 다음의 5 가지로 요약될 수 있다.

- (1) 평행한 빛을 한 초점으로 모으는 1 차 광학장치의 면적
- (2) 한 점에 모인 빛을 밀집한 평행광선으로 만드는 2 차 광학장치의 면적
- (3) 각 광학장치의 곡률 정밀도, 투과율 및 반사율
- (4) 반사횟수 및 공기의 혼탁도
- (5) 범선면 직달조도

평행한 빛을 한 초점으로 모으는 1 차 광학장치의 면적과 한 초점에 모인 빛을 밀집한 평행광선으로 만드는 2 차 광학장치의 면적의 비가 클수록 전송 효율이 뛰어나며 매우 정확한 구조로 설치되어야 먼 곳까지 빛을 전송할 수 있다.

오목거울과 반사거울의 반사율과 렌즈의 투과율은 반사 및 투과되는 빛의 양을 변화 시키는 요인이 된다. 또한 각 광학장치의 곡률 정밀도는 초점거리를 변화 시키는 주요 요인으로 태양광 전달장치의 효율에 가장 큰 요인이다.

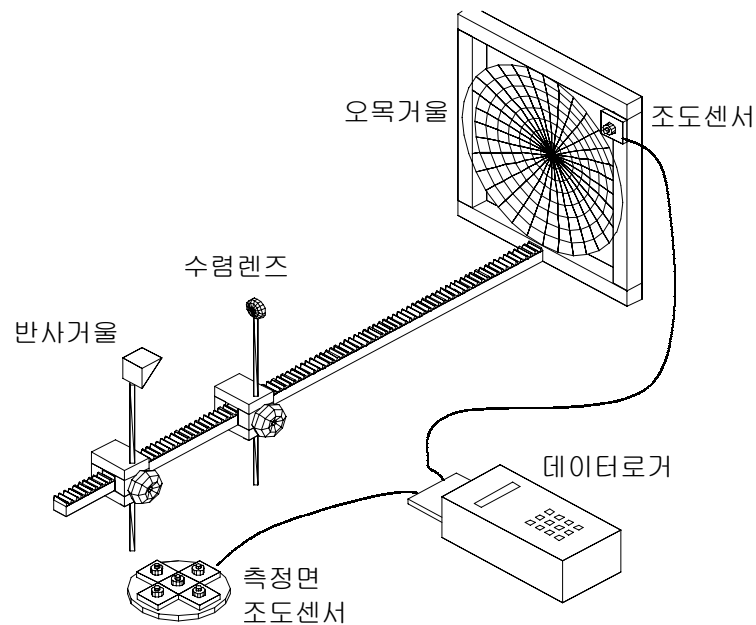
밀집된 평행광선을 원하는 조사기구까지 전송하기 위하여 사용되는 반사거울의 갯수와 공기의 혼탁도에 따라 빛의 전송량을 감소시키는 요인이 된다.

태양광 전달장치는 태양광선의 직달성분만을 사용하기 때문에 태양의 유무에 따라 큰 영향을 준다.

4.1.3 집광장치의 제작

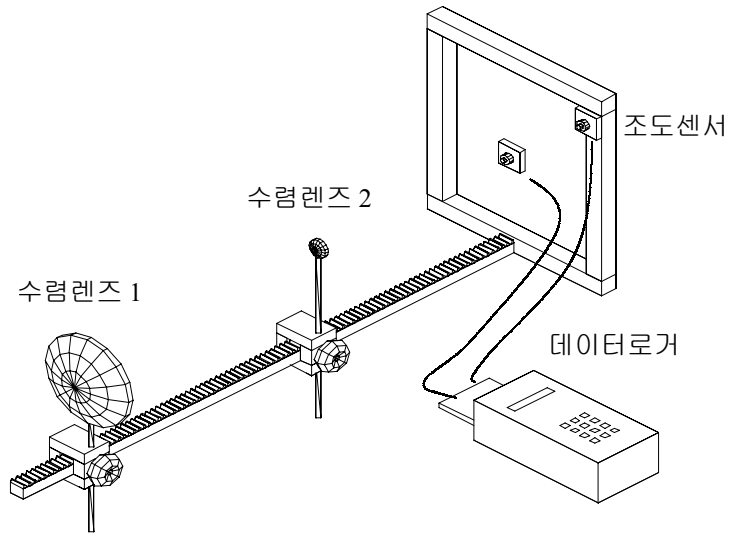
평행한 빛을 한 초점으로 모으기 위한 1차 광학장치로 직경 330mm의 오목거울과 한 초점에 모인 빛을 밀집한 평행광선으로 만들기 위한 2차 광학장치로 직경 33mm의 수렴렌즈를 사용하였으며 상호간의 정밀한 간격 및 위치를 변화시키기 위하여 정밀하게 조정되는 카메라 접사 사진대를 개조하여 사용하였다.

[그림 4.1.3]은 한 개의 오목거울과 한 개의 수렴렌즈에 의한 집광장치와 사용되는 조도 센서 위치를 나타낸 것이다.



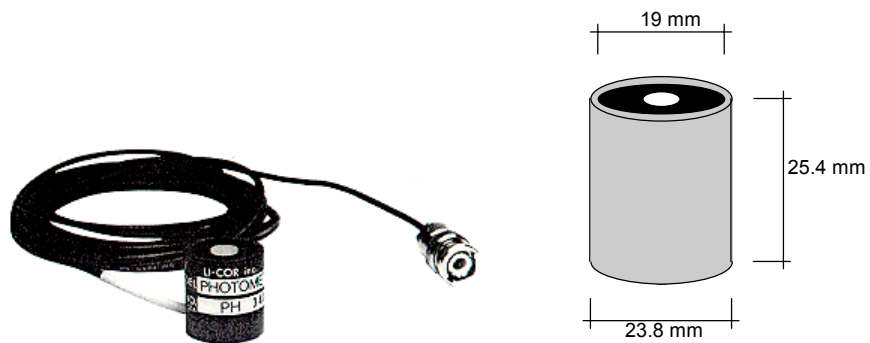
[그림 4.1.3] 한 개의 오목거울과 한 개의 수렴렌즈에 의한 집광실험에 사용되는 장치 및 조도 센서 위치

[그림 4.1.4]는 두 개의 수렴렌즈에 의한 집광장치와 사용되는 조도 센서 위치를 나타낸 것이다. 평행한 빛을 한 초점으로 모으기 위한 1차 광학장치로 직경 126mm의 수렴렌즈와 한 초점에 모인 빛을 밀집한 평행광선으로 만들기 위한 2차 광학장치로 직경 33mm의 수렴렌즈를 사용하였다.



[그림 4.1.4] 두 개의 수렴렌즈에 의한 집광실험에 사용되는 장치 및 조도 센서 위치

본 모형실험에서 사용한 조도계의 형태와 크기는 [그림 4.1.5]와 같다.

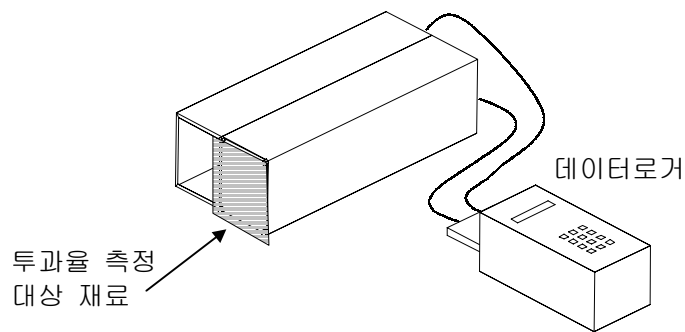


(a) 조도계의 실물 사진

(b) 조도계의 제원

[그림 4.1.5] 모형 실험에 사용된 조도 센서

각 광학장치의 투과율은 [그림 4.1.6]과 같이 두개의 상자 중 한쪽 상자 상부에 측정할 물건을 설치하고 각 상자 하부에 설치된 두개의 조도계를 사용하여 측정된 값의 차로 투과율을 구하였다.



[그림 4.1.6] 두개의 조도계를 사용한 투과율을 측정장치의 구성

또한 반사거울의 반사율은 [그림 4.1.7]과 같이 조도계와 휘도계를 사용하여 여러 번 측정된 값을 (식 4.1.1)에 대입하여 반사율을 구하였다.



[그림 4.1.7] 조도계와 휘도계를 사용하여 반사율을 측정하는 장면

$$\rho = \frac{L \times \pi}{E} \quad (\text{식 4.1.1})$$

단, ρ : 반사율

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

E: 조도 [$\text{lx} = \text{lm}/\text{m}^2$]

π : 3.14159 [sr]

4.1.4 측정기기

본 측정에서 사용된 측정기기는 [표 4.1.1]과 같다.

[표 4.1.1] 실험에 사용된 측정기기

-
- 모형 측정용 조도계 LI-210SA 6 개
 - 모형 측정용 일사계 LI-200SA 1 개
 - 포터블 데이터로거 LI-1000 1 대
 - 휘도계 LS110 1 대
 - 디지털 조도계 1 대
-

4.2 컴퓨터 모델의 계산치와 모형 실험치의 비교

컴퓨터 모델의 계산치와 실험치를 비교하기 위해서 본 연구에서는 오차율 개념을 도입하였다. 따라서, 오차율이 5% 이하이면 컴퓨터 모델의 계산치가 95% 이상 정확하다고 말할 수 있다. 오차율은 (식 4.2.1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{오차율} = \frac{\text{실측치의평균} - \text{계산치의평균}}{\text{계산치의평균}} \times 100 [\%] \quad (\text{식 4.2.1})$$

4.2.1 한 개의 오목거울과 한 개의 수렴렌즈를 이용한 집광

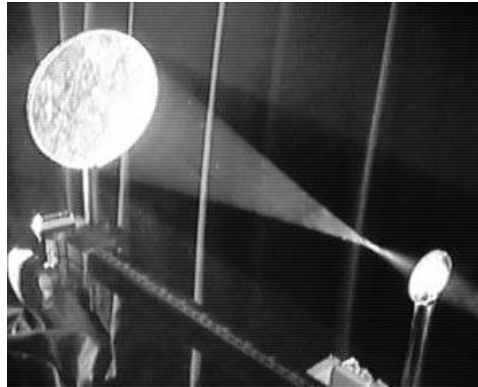
[그림 4.2.1]은 한 개의 오목거울과 한 개의 수렴렌즈를 이용한 집광 실험 장면이다. 암실에 모기향으로 연기를 만들어 빛의 진행방향을 가시화 하였다. 측정치의 광속은 2588.32lm 이다. 계산화면에 1차 오목거울의 끝쪽 부분에서 반사되는 빛은 2차 수렴렌즈의 범위를 벗어나고 있음을 보여준다. 이 집광장치는 최적의 구성을 이루었다고 할 수 없다.



[그림 4.2.1] 한 개의 오목거울과 한 개의 수렴렌즈를 이용한 집광 실험

4.2.2 두개의 수렴렌즈에 의한 집광

[그림 4.2.2]는 두개의 수렴렌즈를 이용한 집광 실험 장면이다. 측정치의 광속은 493.84lm 이다. 1차 수렴렌즈에 의해 집광된 빛은 2차 수렴렌즈의 범위 안쪽에 있음을 보여준다. 따라서 본 집광장치는 적당한 구성을 이루었다고 할 수 있다.



[그림 4.2.2] 두개의 수렴렌즈를 이용한 집광실험

4.3 컴퓨터 모델의 정확성

모형실험을 통한 측정값과 컴퓨터 모델을 이용한 계산값을 비교한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

[표4.3.1]은 청천공 상태에서 두 가지 집광방식에 의한 결과와 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 결과값을 비교한 것이다. [표4.3.1]에서 평균 오차율은 (식4.3.1)에 의해 계산된 것이다.

[표4.3.1] 측정치와 계산치의 비교

집광방식	모델	태양광 유입광속	작업면으로의 유입광속	오차율
오목+렌즈	측정모델	4157.16lm	2588.32lm	9.51%
	컴퓨터모델	4157.16lm	2834.47lm	
렌즈+렌즈	측정모델	623.44lm	493.84lm	2.51%
	컴퓨터모델	623.44lm	506.23lm	

(단, 거울반사율 :0.97 Rivero공식 T₀값 :0.9 47)

$$\varepsilon(\text{오차율}) = \frac{|\text{측정값} - \text{계산값}|}{\text{측정값}} \times 100(\%) \quad (\text{식4.3.1})$$

한 개의 오목거울과 한 개의 렌즈에 의한 집광방식은 작업면으로 유입되는 광속에 대한 측정치와 계산치 사이에 약 9.5%의 오차가 발생하였는데 이는 실험에 이용된 광학장치 중에서 오목거울의 제작상의 오차에 기인하는 것으로 이상적인 곡률을 가지고 있지 않기 때문인 것으로 사료되었다. 즉, 컴퓨터 프로그램에 의해 모델링한 오목거울은 완전구면이지만 본 실험을 위해 사용된 오목거울은 [그림 4.2.1]에서 보이는 바와 같이 초점이 정확히 한 점에 모이지 않는 문제를 갖고 있었다. 따라서 컴퓨터 프로그램에 의해 계산된 값이 실측에 의한 값보다 큰 것으로 나타났다. 하지만 두 개 렌즈를 이용한 집광방법은 2.5%의 정확성을 가지고 있기 때문에 본 연구에서 개발한 컴퓨터 프로그램이 설계단계에서 시스템의 다양한 방안들에 대한 비교평가는 물론 공학적인 설계도구로서도 가치가 있을 것으로 사료된다.