

D.G System의 축열재 배치에 관한 실험적 기초연구

- A Study on Arrangement of Thermal Mass in Direct Gain Systems -

송국섭*, 윤덕규**, 이연구***, 이명호****

1. 요약 (Summary)

This experimental study has been performed to suggest the optimum arrangement of thermal mass in Direct Gain Passive Solar System. The data were obtained from 2 test models. The one was designed with concentrated thermal mass and the other with dispersed mass.

The average indoor temperature of dispersed thermal storage test model was about 2 °C higher than concentrated test model. It can be suggested that the dispersed thermal mass is more effective in terms of energy performance.

2. 연구 목적과 방법

Direct Gain System에서 축열재를 바닥에 집중 배치하는 방법과, 바닥 벽체 등에 분산배치하는 방식을 상호 비교하여, 열성능이 우수한 시스템을 유추하고 축열재 배치에 관한 기초자료를 제공하기 위하여 연구하였다.

본 실험에서는 바닥을 직접 축열체로, 벽을 간접 축열체로 이용하여 실험하였으며 각 부위별로 온도 Sensor를 설치하여 실험 실측하고 열흐름에 대한 정량 분석과 정성 분석을 통하여 축열재 배치에 관한 기본 전략을 세울 수 있도록 하였다.

3. 실험 모델의 제작

표 1 실험 모델의 특성

특 성	모델 1	모델 2
축열재 배치	바닥 집중 축열	바닥과 벽체에 분산 축열
축열량	변색 벽돌 134장	변색 벽돌 134장

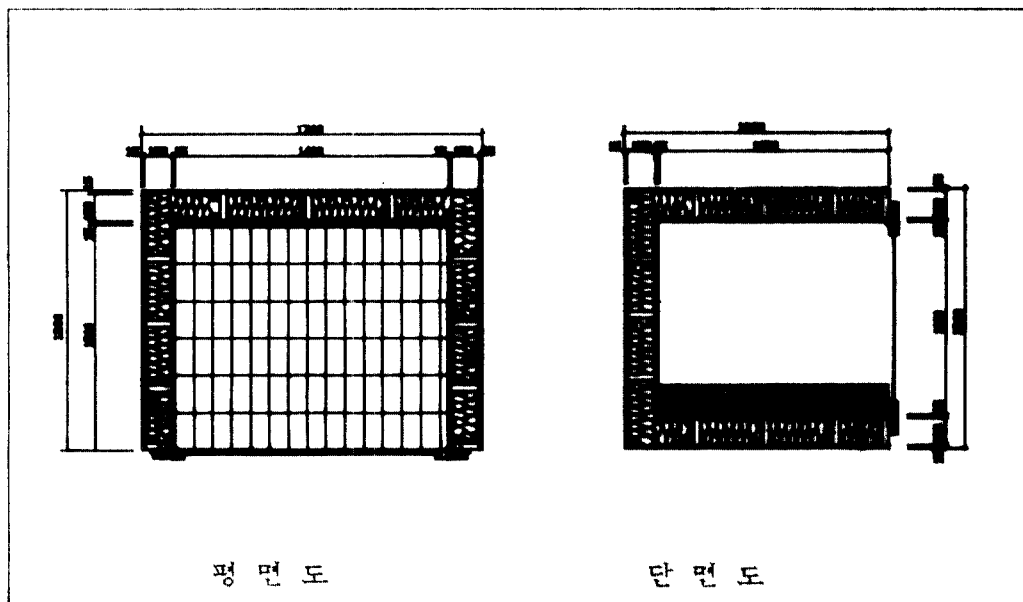
*부천공전 부교수 **중앙대 석사과정 ***중앙대 부교수 ****중앙대 교수

2개의 실험 모델을 제작하여 1개의 모델에는 바닥에 축열재를 집중 배치하였고, 또다른 하나의 모델에는 바닥과 벽에 분산 배치하였다.

축열재는 2개의 실험 모델에서 동일한 변색 벽돌을 사용하였으며 축열량을 동일하게 하기 위하여 134장씩 통일하였다.

표 2 실험 모델의 열성능

부 위	구성 재료	열전도율 Kcal/mh°C	두께 mm	열저항 mh°C/Kcal	열관류율 Kcal/m ² h°C
벽체 방 바닥	외부 공기층			0.035	0.157
	합판	0.150	15	0.100	
	폴리스틸렌	0.025	150	6.000	
	합판	0.150	15	0.100	
	내부 공기층			0.139	
유리	Pair Glass (3mm+6mm+3mm)			0.260	3.846



평면도

단면도

그림 1 바닥 집중 축열 방식의 실험 모델

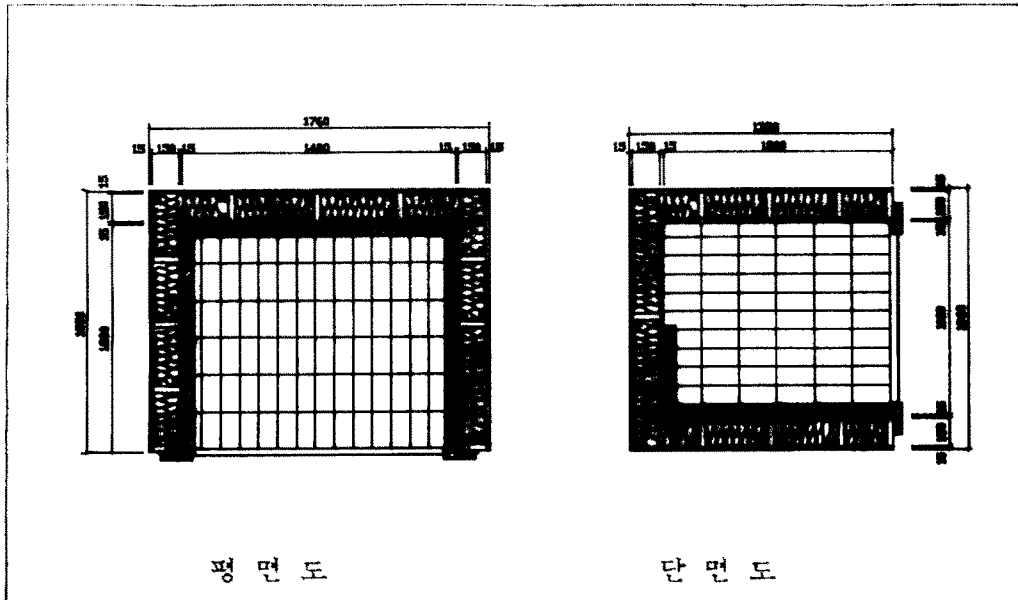


그림 2 본산 축열 방식의 실험 모델

4 - 3. 실험 실추

실험 장소 : 서울 동작구 흑석동 중앙대학교 공과 대학 옥상

실험 기간 : 1990년 2월 18일 00시 - 2월 27일 23시

실험 기기 : Sensor - CC thermocouple

Mux Scanner - ACLD 789 Card

A/D Converter - PCL 812 Card

Computer - IBM XT Compatible

일사계 - OTA 23056

자기록 온습도계 - Tomei Keiki 174

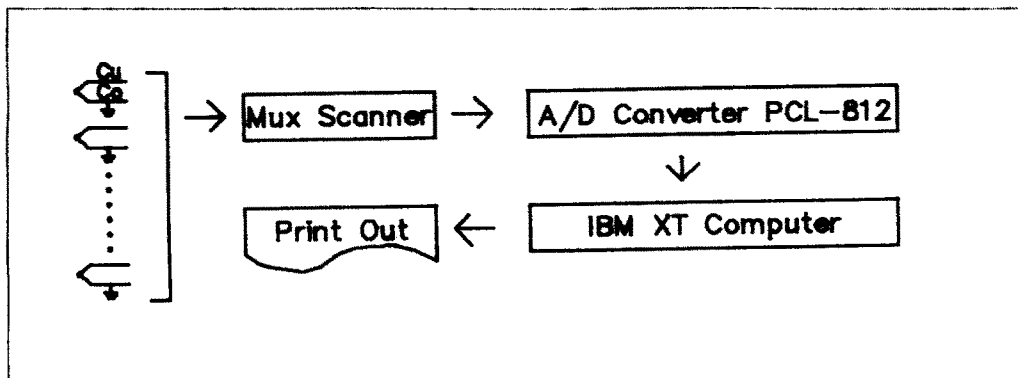


그림 3 실험 기기 구성도

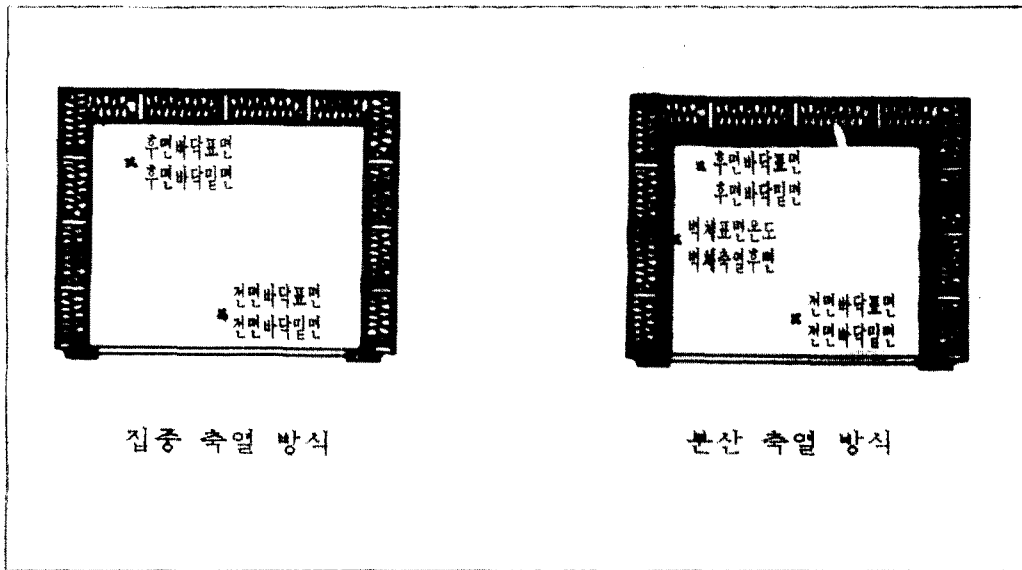


그림 4 Sensor 배치 평면도

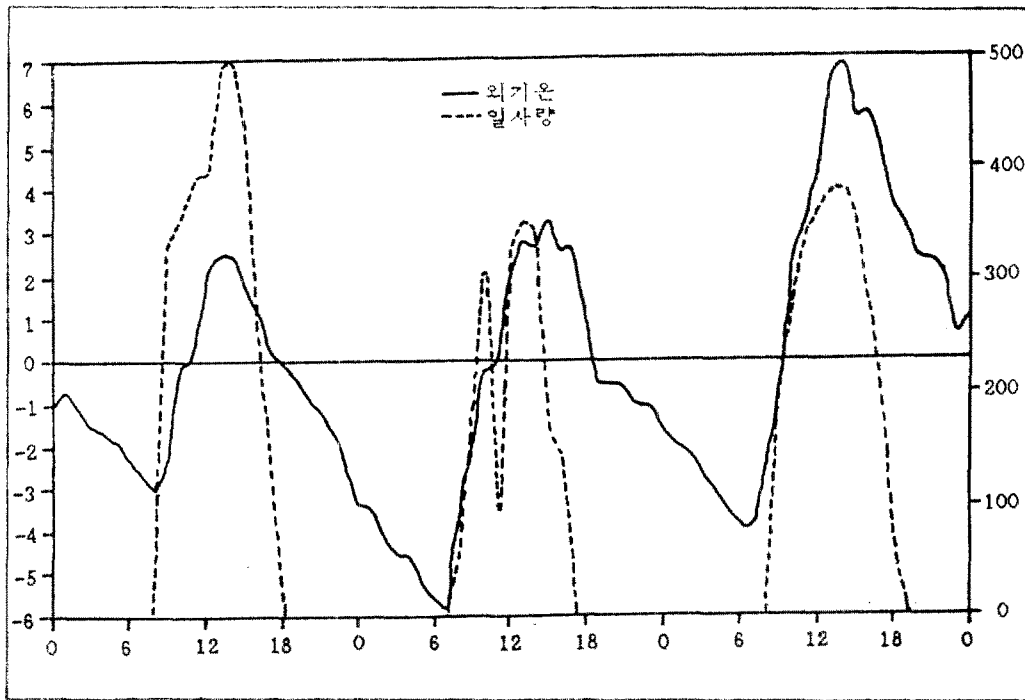


그림 5 측정 기간 동안의 기상

5. 실험 결과

1) 실내 기온의 변화

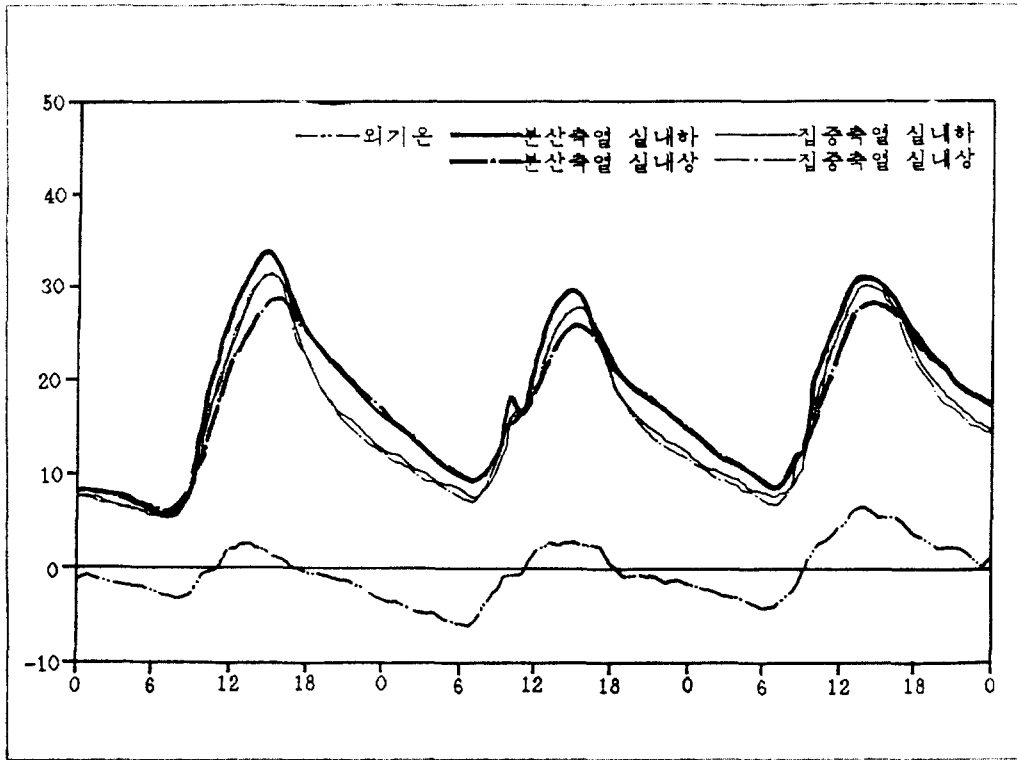


그림 6 실내 온도 변화

표 3 실내의 최저 최고 평균 온도

기 호	기호 설명	25 일			26 일			27 일		
		최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
----	외 기 온	2.5	-3.1	-0.6	3.3	-5.9	-1.3	6.8	-4.0	1.2
————	본산축열 실내하	33.6	5.5	17.6	30.0	9.2	17.9	31.4	8.8	19.4
- · - · -	본산축열 실내상	28.8	6.1	16.3	26.4	9.1	17.2	28.7	9.3	18.6
-----	집중축열 실내하	31.3	5.6	15.7	27.7	7.3	15.7	30.3	7.6	17.5
.....	집중축열 실내상	31.7	5.4	15.5	27.9	6.9	15.4	30.8	7.0	17.1

바닥에 집중 축열한 모델에서 실내 상하의 온도 차이는 낮과 밤을 통하여 거의 없는것으로 나타났다. 반면에 바닥과 벽에 축열체를 본산 배치한 모델

에서는 실내 상하의 온도차가 일사의 영향이 미치기 시작하는 오전에 약 4 - 5 °C 나타났으며 오후에는 거의 없는것으로 나타났다. 이와같은 현상은 바닥 집중축열 방식에서 실내온도 결정은 바닥 표면으로 부터의 대류 작용에 의존하기 때문이며, 분산 축열의 경우 오전에 실내 상하의 온도차가 발생하는 것은 하부온도는 바닥 표면의 영향을 받지만 상부는 벽체의 영향을 받기 때문으로 생각된다. 즉 오전의 일사는 바닥의 직접 축열체 온도를 높이고 바닥 축열체는 대류 현상으로 실내 하부 기온을 높이며, 복사작용으로 벽체로 열이 이동하고, 벽체에서 대류현상이 일어나 상부 실온을 결정하는 것으로 생각된다. 오후에 실내 상하의 온도차가 크지않은 것은 벽체의 온도와 바닥의 온도차가 적기때문으로 보인다.

야간에는 분산 축열 방식이 집중 축열 방식보다 평균 실내온도가 약 3 - 4 °C 높게 나타났다. 이는 집중 축열 방식의 경우 열원을 바닥에만 의존하는 반면, 분산 축열의 경우는 바닥과 벽체가 모두 실내온도를 결정하는 열원으로 작용하기 때문으로 생각된다.

2) 표면 온도 변화 비교

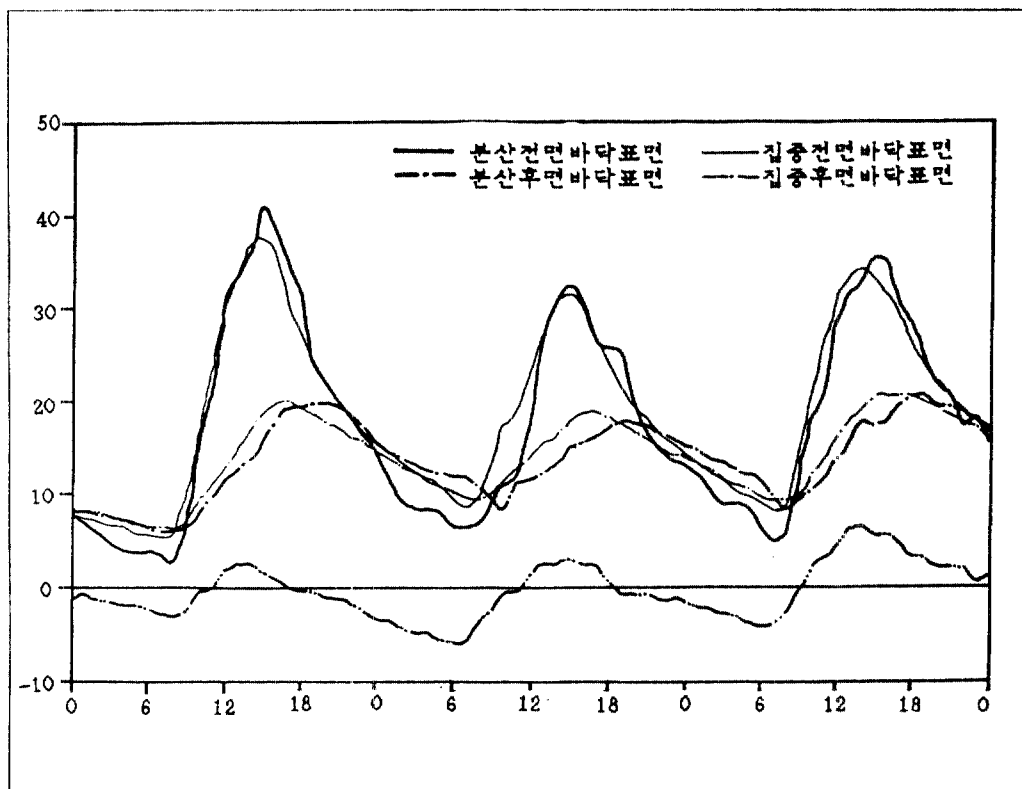


그림 7 표면 온도 변화

표 4 표면 온도의 최저 최고 평균 온도

기 호	기호 설명	25 일			26 일			27 일		
		최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
—	본산전면바닥표면	41.3	2.6	18.3	32.8	6.8	16.6	35.8	5.4	19.0
---	본산후면바닥표면	20.1	6.2	12.5	18.5	10.3	14.9	21.1	9.5	15.6
—	집중전면바닥표면	37.7	5.4	18.5	31.7	8.4	18.3	34.4	8.3	20.0
---	집중후면바닥표면	20.1	6.5	12.7	18.9	9.7	14.2	20.8	9.2	15.2

본산 축열의 전면 바닥온도가 가장 온도변화폭 큰것으로 나타났는데, 이는 축열체의 두께가 얇아서 일사가 미치는 오전에 빠른 속도로 온도가 상승하며 밤에는 상대적으로 빠르게 방사하기 때문으로 생각된다. 본산 축열의 후면 바닥온도는 Time Lag이 가장 길게 나타났으며 온도 진폭에서는 집중 축열의 후면 바닥온도와 비슷하게 나타났다. 바닥 후면의 온도 진폭이 적으며 Time Lag이 긴 이유는 직접 축열체인 바닥에서 방사된 열이 전도 및 대류 작용을 통하여 이동된 간접축열체이기 때문으로 생각된다.

집중축열의 전면 바닥온도는 본산 축열의 전면 바닥온도보다 낮은 진폭을 나타냈다. 특히 하루중 최저온도가 되는 오전 7 - 8시 경은 본산 축열의 전면 바닥 보다 2 - 3 °C 높게 나타났다. 이는 축열체가 두꺼워 아침까지 방사할 축열량이 많기 때문이다.

후면 바닥 온도는 낮동안 전면바닥보다 낮으며 밤에는 높게 나타났는데, 이는 전면바닥에서는 야간에 유리창을 통한 열손실이 크기 때문이다.

3) 집중 축열의 부위별 온도 변화

바닥 집중 축열 방식의 열흐름을 이해하기 위하여 Sensor를 바닥표면, 바닥 축열체 하부, 실내 상하에 설치하여 온도를 측정하였다. 측정 결과 실내 상하의 온도차는 거의 없었으며 바닥 표면의 온도는 일사에 민감하게 반응하여 낮동안 가장 높게 나타났으며 실내 기온을 결정하는 열원으로 작용함을 알 수 있었다. 바닥축열체 하부의 온도는 진폭이 가장 적었으며 Time Lag은 약 4 - 5 시간으로 나타났다.

이 방식은 주간에 과열이 심하게 나타나며 보조난방을 할 경우에는 더욱 심할 것으로 생각된다. 따라서 바닥에만 축열체를 집중적으로 배치하고 벽체는 경량화하여 단열벽으로 처리하는 간막이 벽은 주간 동안의 일사를 효

울적으로 저장하지 못하고 과열방지를 위하여 필요 이상의 환기가 요구되기 때문에 태양에너지를 효율적으로 이용하지 못할 것으로 판단된다.

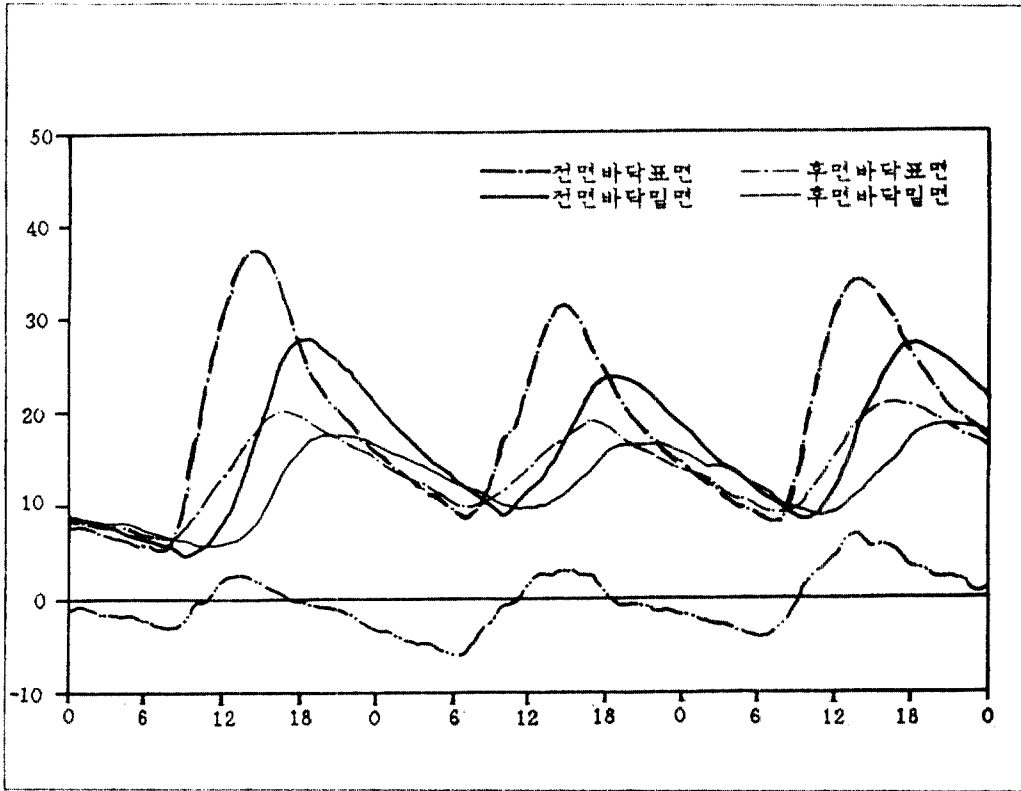


그림 8 집중 축열의 부위별 온도 변화

표 5 집중 축열의 부위별 최저 최고 평균 온도

기 호	기호 설명	25 일			26 일			27 일		
		최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
---	전면 바닥 표면	37.7	5.4	18.5	31.7	8.4	18.3	34.4	8.3	20.0
—	전면 바닥 밀면	28.0	4.7	14.2	23.9	8.9	16.8	27.4	8.3	17.6
---	후면 바닥 표면	20.1	6.5	12.7	18.9	9.7	14.2	20.8	9.2	15.2
—	후면 바닥 밀면	17.6	6.0	10.5	16.4	9.3	13.3	18.7	8.9	13.7

4) 분산 축열의 부위별 온도 변화

바닥과 벽에 축열재를 분산 배치한 실험 모델에서는 집중 축열 방식보다 복잡한 열류현상을 보여주고 있다. 가장 진폭이 크게 나타난 부분은 전면 바닥온도로, 일사가 직접 미치는 축열체(Target thermal mass) 이기 때문이

며, 다음으로 진폭이 큰 부위는 실내 하부온도로 전면 바닥의 영향을 1차적으로 받기 때문으로 생각된다. 오전중 실내 상부의 온도가 하부의 온도와 약 3 - 4 °C 차이를 나타낸 것은 벽체의 영향을 받기 때문이며, 벽체는 오전과 오후에 약간의 일사를 받지만 일사의 세기가 매우 약하기 때문에 일사의 영향보다는 직접 축열체인 전면바닥 부위로 부터 방사되는 복사열과 공기의 대류 현상으로 열이 이동되기 때문으로 풀이된다. 오후가 되면 벽체의 온도가 충분히 상승되고 축열되었던 열이 방사 되어 실내 상부의 온도와 하부의 온도가 거의 같아지게 된다.

바닥 후면부의 표면온도는 낮동안 가장 낮은 온도를 나타내고 있는데, 이는 일사의 영향권에서 벗어난 구석이기 때문으로 생각되며, 밤부터 일출전까지 전면 바닥보다 높은 온도를 나타낸것은 전면부는 유리창을 통한 열손실이 크기 때문으로 생각된다. 이 방식은 집중 축열 방식보다 실내 공기온도의 평균치는 높았으나, 각 구조체별 온도차가 시간에 따라 최대 약 20°C로 심하게 발생하였다. 전면 바닥부위는 일사가 좋은 낮동안 심한 과열 현상을 보였으며 밤에는 가장 낮은 온도를 나타내었다. 따라서 전면 바닥부위의 축열체를 상변화 물질(PCM)을 이용하면 과열 현상도 예방되며 축열체별

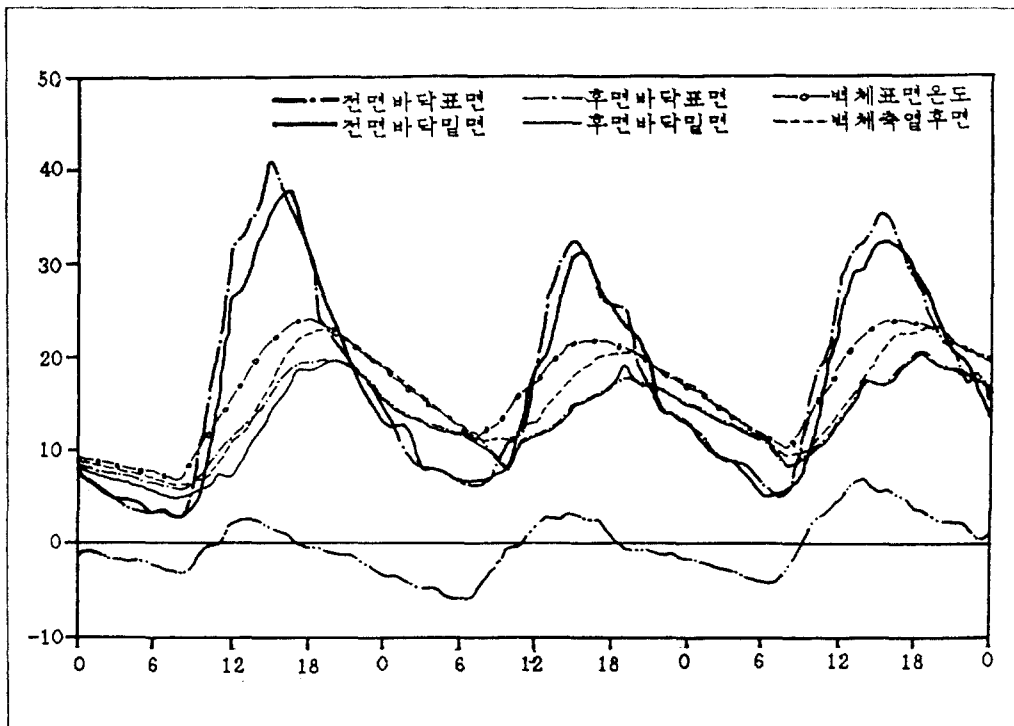


그림 9 분산 축열의 부위별 온도 변화

표 6 본산 축열의 부위별 최저 최고 평균 온도

기 호	기호 설명	25 일			26 일			27 일		
		최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
---	전면 바닥 표면	41.3	2.6	18.3	32.8	6.8	16.6	35.8	5.4	19.0
---	전면 바닥 밑면	38.2	2.7	16.9	31.3	6.6	16.0	32.6	4.6	17.7
---	후면 바닥 표면	20.1	6.2	12.5	18.5	10.3	14.9	21.1	8.6	15.6
---	후면 바닥 밑면	20.1	4.7	11.3	18.0	8.2	14.0	20.9	8.6	15.3
—○—	벽체 표면 온도	25.0	7.0	15.3	22.5	11.2	17.6	24.9	10.8	18.3
-----	벽체 축열 후면	23.5	6.6	13.7	21.1	11.3	16.6	23.9	9.8	17.1

온도차도 줄어 실내 환경의 쾌적감을 높일 수 있을 것으로 보인다.

6. 결 론

축열체를 바닥에 집중 배치하는 방법과 바닥과 벽체등에 본산 배치하는 방법에관하여 실험 연구를 하였던 바 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 축열체를 본산 배치하는 방법이 집중 배치 방법에 비하여 실온의 평균 이 약 2 °C 더 높게 나타나 열성능이 우수한 것으로 평가되었다. 따라서 D .G System에서 칸막이 벽등은 축열성능이 있는 중량 구조물로 만드는 것이 유리하다.

2) 바닥에 축열체를 집중 배치한 방법은 실내 상하의 온도차가 거의 일정하였으나, 본산 축열의 경우는 일사가 미치는 오전중 약 3 - 4 °C의 온도차를 나타내었으며 바닥 하부의 온도가 높았고 오후에는 실내 상하의 온도차가 거의 없었다.

3) 온도 진폭이 가장 큰 부위는 일사의 영향을 직접 받는 전면 바닥부위로 일사가 좋은날 집중 축열의 경우 약 38°C정도 있고 본산 축열의 경우 40°C 이상 상승하였다. 과열을 방지하기 위하여 직접 축열체(Target thermal mass)를 상변화 물질 (PCM ; Phase Change Material)로 사용하는 대안도 생각 할 수 있다.

4) 본산 축열의 경우 직접 축열체에서 간접 축열체(Secondary thermal mass)로 열류가 이동하는 현상을 알 수 있었다. 직접 축열체인 바닥에서 대

류현상으로 하부 공기 온도를 높이고 복사 현상으로 벽체의 온도를 높이며 실내 상부의 공기 온도는 벽체의 영향을 더 받는 것으로 평가 되었다. 따라서 오전중 부위별로 온도차가 심하게 나타났으며 오후에는 온도 평형이 이루어 진것으로 풀이된다.

참고 문헌

1. 이 명호, 태양열 시스템 설계, 중앙대학교 건설대학원, 1984.
2. 이 연구, 김 광우역, 건축환경 과학, 태림문화사, 1987.
3. 안 태경, 자연형 태양열 직접획득 방식에서의 야간 단열구조의 개발및 열성능에 대한 연구, 중앙대학교 석사학위 논문, 1988.
4. RALPH M LEBENS, Passive Solar Heating Design, Applied Science Publishers LTD, 1980.
5. MARIAN.JACOBS FISK, Introduction to Solar Technology, Addison-Wesley Publishing Company, 1982.
6. R.W.R MUNCEK, Heat Transfer Calculations for Buildings, Applied Science Publishers LTD, 1979
7. 대한건축학회, 잠열 저장재 적용처 조사 연구, 1988
8. 학술진흥재단, 건축물에 있어서 자연형 태양열 시스템의 열성능 향상을 위한 실험적 기초연구, 제1차년도 중간보고서, 1989.