

평지붕의 방위별 열성능에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Thermal Performance of the Flat Roof in Proportion to Directional Changes

박 병 규* · 황 하 진** · 이 경 희***
Park, Byung-Gyu Hwang, Ha-Jin Lee, Kyung-Hee

Abstract

The aim of this research was to examine the thermal performance of the flat roof in proportion to various directional changes, the results of which were drawn from the miniature model experiment. In this process, various thermal environmental factors were measured and compared with one another to research their aspects of changes.

The brief results of this research are as follows:

- 1) The indoor temperature and load per hour in proportion to directional changes shows the same degree of changes. As for the results of the clear-sky and cloudy-sky experiments, both of them generally appear advantageous in the order of S, S-30°-E, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E, despite slight differences in the indoor temperature and load per hour in proportion to directional changes.
- 2) As for the total load of degree day per direction of the clear-sky and cloudy-sky experiments, both of them shows their advantageous results in the order of S, S-30°-E, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E, despite minor differences in their loads.
- 3) As for the peak load of degree hour, while the clear-sky experiment shows its advantage in the order of S-30°-E, S, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E, the cloudy-sky experiment does so in the order of S, S-30°-E, S-30°-W, E, S-60°-W, S-60°-E.

I. 서론

국제 원유가가 상승할 때마다 에너지 절약에 대한 관심은 점차 높아지고 있다.

우리나라의 에너지 수입은 1997년도에 총수입 비중의 18%를 차지했으며 특히, 건물 부문이 전체 에너지 소비량에서 차지하는 비중은 30% 정도로 건물의 대형화·고층화에 따라 증가추세를 보이고 있다.¹⁾

이와 더불어 소득증대에 따른 편이성과 쾌적

성 추구로 인해 하계 에너지 사용이 급증하여 여름철 전체 전력량의 20% 정도가 냉방부하용으로 사용된 것으로 나타났다.

그러므로, 대부분의 에너지를 해외에 의존하는 우리의 실정에서는 건축물에서 에너지를 절약할 수 있는 방안을 모색하는 것은 필수적인 일일 것이다.

건축물에서 여름철 열환경 조절은 크게 두가지 측면에서 생각해 볼 수 있다.

첫째는 건축계획적 측면에서 부적절한 자연환경요소의 실내유입을 차단하는 방법이고, 둘째는 건축설비시스템을 이용하여 실내 열환경을 쾌적하게 유지하는 것이다.

* 정회원, 밀양대 대학원 석사과정

** 정회원, 밀양대 건축공학과 강사, 공학박사

*** 정회원, 밀양대 건축공학과 교수, 공학박사

건축계획적 측면 중에서도 건물의 방위계획과 외피계획을 통한 열환경 조절은 에너지 절약적 건축계획 및 합리적 에너지 이용에 많은 도움이 될 것이다. 특히, 건물 외피 중 지붕은 다른 어떤 곳보다도 외부환경과 직접 접하는 부위가 넓기 때문에 단열성과 그 형상 및 방위에 따라 건물 전체 에너지 소비량에 적지 않은 변수로 작용한다.

기존의 연구에서는 하절기 천장복사를 이용하여 PMV지표를 통한 쾌적한 하절기 실내열환경의 조성에 관한 연구²⁾와 건물 외벽과 옥상 구조체의 전열 특성에 관한 연구³⁾는 있었으나 방위별 실내기온 분석과 부하량에 관한 연구는 미흡한 편이다.

따라서 본 연구에서는 여러 가지 지붕형상 중 우리나라에서 가장 널리 사용되고 있는 평지붕의 방위별 열성능을 평가하기 위해 실제로 축소모형을 제작하여 6가지 방위(S, E, S-30°E, S-60°E, S-30°W, S-60°W)를 대상으로 실험을 행하였다.

지붕의 열환경을 평가하기 위해 축소모형을 제작하여 실측한 실내기온을 방위별, 시간대별로 비교 분석한 다음 부하량을 검토하여 건축설계시 계획단계에서 미리 실내환경을 예측할 수 있는 방법을 마련할 수 있도록 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 시험체 선정

본 실험의 목적은 평지붕의 방위별 에너지 성능을 평가하는 것이다.

그러므로, 시험체는 실제 건물을 축소하여 실내체적(3.6m×1.2m×1.2m)이 동일한 유형으로 총 6개를 제작하였다.

시험체의 접합부위는 열교현상을 방지하기 위해 실리콘과 우레탄 폼으로 처리를 하였으며, 외표면은 복사와 일사 흡수율을 고려하여 흰색 페인트로 마감하였다.

시험체 유형은 그림 1과 같다.

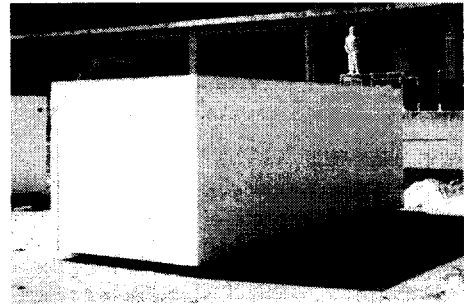
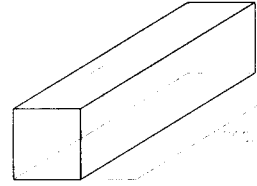


그림 1. 시험체 모습

우리나라 남부지역의 단열기준⁴⁾은 열관류율(kcal/m²h°C)을 기준하여 외벽과 바닥인 경우 0.65 이하, 최상층 지붕의 경우 0.45 이하로 되어있으며, 기존에 건립된 가장 보편적인 집합주택의 경우 외벽 및 바닥은 0.57~0.61 정도, 지붕은 0.4 정도의 열관류율 값을 가진다.

그러므로, 시험체는 위의 값을 충족하는 범위에서 제작하였다.

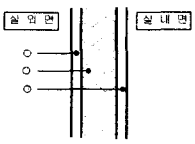
구조체의 상세와 재료의 열특성은 표 1, 표 2와 같다.

표 1. 지붕구조체의 상세와 재료의 열특성

구조 및 상세	재료	두께 (m)	λ	r
	실외면			0.05
	① 합판	0.012	0.14	0.0857
	② 스티로폼	0.07	0.032	2.1875
	③ 합판	0.012	0.14	0.0857
	실내면			0.105

R = 2.5139
K = 0.3978

표 2. 벽, 바닥 구조체의 상세와 재료의 열특성

구조 및 상세	재 료	두께 (m)	λ	r
	실 외 면			0.05
	① 합 판	0.012	0.14	0.0857
	② 스티로폼	0.05	0.032	1.5625
	③ 합 판	0.012	0.14	0.0857
	실 내 면			0.125
R = 1.9089				
K = 0.5239				

III. 실험 방법 및 조건

2000년 6월 중순경 스티로폼으로 시험체를 제작하여 예비실험을 행하였고, 예비실험을 통해 얻은 결과를 토대로 2000년 8월 15일 ~ 2000년 8월 18일 까지 매일 24시간에 걸쳐 20분 간격으로 측정하고 1시간 단위로 평균하여 각 시간대별 온도를 구하였다.

1. 열환경 측정요소

시험체의 열환경 실태를 파악하기 위해 지붕·벽체 내외부 표면온도 및 실내기온과 시험체 주위의 외기온, 습도, 기류를 측정하였다.

측정기기는 Data acquisition system를 사용하였다.

데이터 분석 프로그램인 AMR Data-Control 4.1을 이용하여 측정자료를 기기로부터 다운받고 Microsoft Excel 프로그램으로 자료를 정리하고 비교·검토하였다.

2. 실험조건 및 방법

실험장소는 주위 지형이나 건물의 영향을 받지 않아 일중 음영이 생기지 않는 경남 지역(측정장소 : 북위 35° 29', 동경 128° 45')에 소재하고 있는 초등학교 운동장에서 실험을 행하였다.

시험체는 총 6개로 그림 2와 같이 서로 그림자의 영향이 미치지 않도록 3m씩 떨어져 배치

하고 S 방위 시험체내에 실험 장비를 넣어 실측하였다.

시험체 방위는 현재 많이 이용되고 있는 남향을 기준으로하여 S, E, S-30°-E, S-60°-E, S-30°-W, S-60°-W의 여섯 방위로 설정하였다.

시험체의 배치 위치는 그림 2와 같다.



그림 2. 시험체 배치

IV. 실험 결과 및 검토

외부 기후조건에 의한 건물내의 열환경은 건물의 방위, 벽체의 두께, 일사의 영향 등으로 인해 변화하기 때문에 측정기간 동안 24시간 실험을 하였으나, 일중 분석시간은 일사의 영향이 많이 미치는 오전 7시부터 오후 7시까지 하고, 측정기간 중 우천시는 제외하였다.

그리고, 측정기간동안 실내기온의 변화는 외기온과 일사에 의해 가장 큰 영향을 받기 때문에 일사가 극대인 경우인 靑天(맑은날, Clear sky)과 일사가 극소인 경우인 曇天(흐린날,

Cloudy sky), 이 두가지 조건에 대해 실내 열환경 변화를 검토하였다.

측정기간 중 환경변수인 운량*, 일사량*, 습도, 풍속의 평균은 청천공의 경우 운량 3.0(1/10), 일사량 20.81(MJ/m²), 습도 60(%), 풍속 1.58(m/s), 담천공의 경우 운량 9.0(1/10), 일사량 9.12(MJ/m²), 습도 73(%), 풍속 0.98(m/s)로 나타났으며, 측정기간 중 태양고도와 방위각은 다음과 같다.

표 3. 측정기간의 태양고도와 방위각

시간	8월 15일(청천공)		8월 17일(담천공)	
	고도	방위각	고도	방위각
7	14°	N-82°-E	13°	N-83°-E
8	26°	E-1°-S	26°	E-1°-S
9	38°	E-10°-S	38°	E-11°-S
10	50°	E-22°-S	50°	E-23°-S
11	60°	E-40°-S	60°	E-41°-S
12	67°	E-70°-S	67°	E-71°-S
13	67°	S-19°-W	67°	S-19°-W
14	60°	S-49°-W	60°	S-48°-W
15	50°	S-67°-W	49°	S-66°-W
16	38°	S-79°-W	38°	S-78°-W
17	26°	S-89°-W	26°	S-88°-W
18	14°	W-7°-N	13°	W-6°-N
19	2°	W-15°-N	1°	W-15°-N

1. 시각별 실내외 표면온도 변화

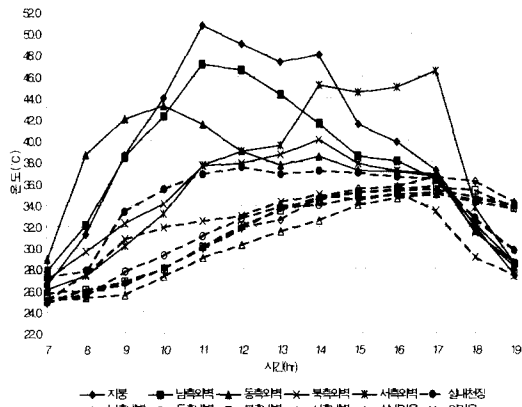


그림 3. S 방위의 실내외부 표면온도(청천공)

* 운량과 일사량은 측정지역의 기상관측소 Data임

그림 3을 살펴보면 청천공의 경우 최대 외표면온도에 도달하는 시간을 비교하여 보면 지붕면과 남측벽면은 11시에, 동측벽면은 10시에, 그리고 북측벽면은 14시, 서측벽면은 17시에 가장 높게 나타났으며, 내표면 온도의 경우 외표면온도의 영향으로 실내 천장면의 온도가 가장 높게 나타나고, 내벽면의 경우 서측내벽면이 다른 내벽면온도보다 높으나 대체적으로 거의 유사한 분포를 보이고 있다.

태양방위각에 의한 일사의 영향으로 외표면온도의 변화가 큰 것을 알 수 있다.

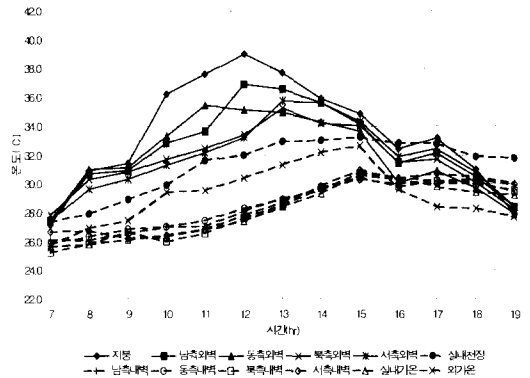


그림 4. S 방위의 실내외부 표면온도(담천공)

그림 4에서 담천공의 경우 최대 외표면온도에 도달하는 시간을 비교하여 보면 지붕면과 남측벽면은 12시에, 동측벽면은 11시에, 그리고 북측벽면과 서측벽면은 13시에 가장 높게 나타났으며, 내표면 온도의 경우 외표면온도의 영향으로 실내 천장면의 온도가 가장 높게 나타나고, 내벽면의 경우 시각별 차이는 있으나 대체적으로 거의 유사한 분포를 보인다.

청천공시보다 상대적으로 태양방위각에 의한 일사의 영향이 적어 시각별 양상이 뚜렷하지 않음을 알 수 있다.

청천공과 담천공시 모두 실내기온은 각 내표면온도보다 1~2°C 정도 낮게 나타나고 있으며 외기온이 떨어진 후에는 내표면 온도가 외표면 온도보다 높은 것을 알 수 있다.

다른 다섯가지 방위의 경우도 실내외부 표면 온도가 방위에 따른 영향을 고려해 볼 때 위의 S 방위와 대체적으로 유사한 분포를 보이고 있다.

2. 방위에 따른 시각별 실내기온

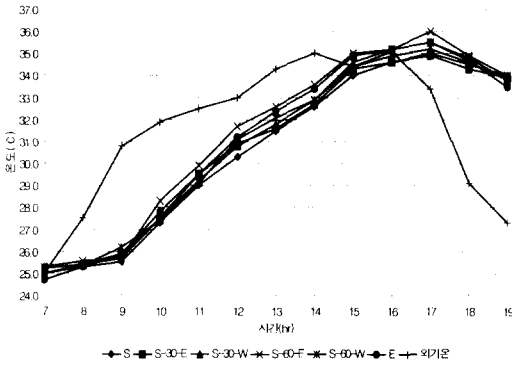


그림 5. 방위에 따른 시각별 실내기온(청천공)

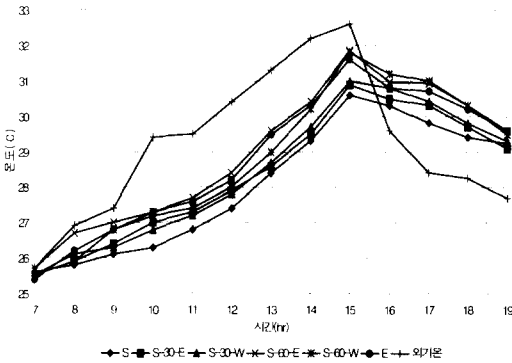


그림 6. 방위에 따른 시각별 실내기온(담천공)

그림 5에서 청천공일 때 실내기온이 오전 10 시경에는 S(27.3°C), S-60°-W(27.4°C), S-30°-W(27.5°C), S-30°-E(27.5°C), E(27.8°C), S-60°-E(28.3°C) 순으로, 오후 3시에는 S(34°C), S-30°-E(34.3°C), S-30°-W(34.4°C), S-60°-W(34.6°C), E(34.9°C), S-60°-E(35°C)의 순으로 일 중 최고온도가 발생한 오후 5시에는 S-30°-E(34.9°C), S(35°C), S-30°-W(35.2°C), S-60°-W(35.5°C), S-60°-E(35.5°C), E(36°C) 순으로 나타났다.

오전(7~9시)에는 실내기온이 거의 동일하거나 방위에 따른 변화양상이 뚜렷하지 않으나 오

전 10시 이후부터 방위별 온도변화폭이 커지면서 그 변화양상이 뚜렷하게 나타나 실내기온이 약 1°C 이상의 차이를 보이며, 시각별 실내기온의 차이도 커짐을 알 수 있다.

그림 6에서 담천공일 때 실내기온이 오전 10 시경에는 S(26.3°C), S-30°-W(26.8°C), S-30°-E(27°C), S-60°-W(27.2°C), S-60°-E(27.3°C), E(27.3°C) 순으로, 일 중 최고온도가 발생한 오후 3시경에는 S(30.6°C), S-30°-E(30.9°C), S-30°-W(31°C), E(31.6°C), S-60°-W(31.8°C), S-60°-E(31.9°C) 순으로 나타났다.

청천공시 보다 상대적으로 일사가 적은 담천공시이므로 방위에 따라 실내기온의 변동폭이 크지 않으나 시각에 따른 방위별 실내기온의 차는 다소 있음을 알 수 있다.

오전 7~8시까지 온도가 거의 동일하거나 방위별 양상이 뚜렷하지 않으나 오전 9시 이후부터 온도변화폭이 커지면서 약 1°C 이상의 차이를 보이나 시각별 기온의 차이는 그리 크지 않음을 알 수 있다.

청천공과 담천공시 모두 대체적으로 방위에 따른 실내기온의 차는 있으나 시각별 변화는 거의 유사하며, S 방위의 온도가 다른 방위에 비해 적게 나타나고 S-60°-E 방위가 가장 높게 나타나고 있다.

한편, 외기온이 떨어지기 시작한 16~17시 이후에도 실내기온이 외기온 보다 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

청천공이 담천공보다 실내기온이 전체적으로 3~4°C 정도 높게 나타나 일사가 실내기온에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

방위에 따른 시각별 실내기온은 대체적으로 S, S-30°-E, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E의 순으로 유리하다.

3. 방위에 따른 시각별 부하량

방위별, 시간대별로 실측된 실온을 중심으로 하게 실내 쾌적범위인 26°C로 낮추는데 필요한 부하량을 산정하였다.

방위에 따라 산정한 부하량을 살펴보면 다음과 같다.

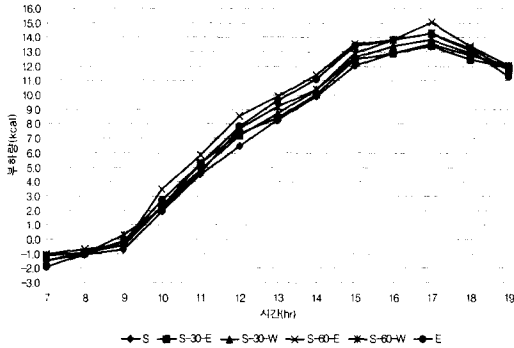


그림 7. 방위에 따른 시각별 부하량(청천공)

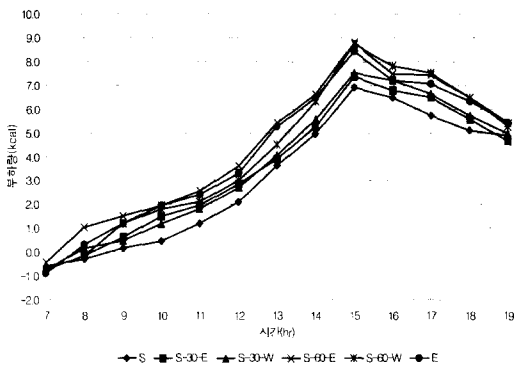


그림 8. 방위에 따른 시각별 부하량(담천공)

그림 7에서 청천공일 때 시각별 부하량을 살펴보면 태양방위각에 의한 일사의 영향으로 방위별 부하량의 변동이 크음을 알 수 있다.

오전(7~9시)에는 방위별 부하량의 양상이 뚜렷하지 않으나 오전 10시 이후부터 부하량의 차가 커지면서 그 양상이 뚜렷하게 나타나 많은 경우 약 1.5 kcal/h 이상의 차이를 보이며, 시각별 부하량의 차이도 커짐을 알 수 있다.

그림 8에서 담천공일 때 시각별 부하량을 살펴보면 청천공시 보다 상대적으로 일사가 적은 때이므로 방위별 부하량의 변동이 크지 않고 대체적으로 일정함을 알 수 있다.

오전 7~8시까지 부하량이 거의 동일하거나 방위별 양상이 뚜렷하지 않으나 오전 9시부터 부하량의 차가 커지면서 약 1.5 kcal/h 정

도의 차이도 보이거나 시각별 부하량의 차이는 그리 크지 않음을 알 수 있다.

청천공과 담천공시 모두 대체적으로 시각별 변화는 거의 유사하나 방위별 부하량의 차는 다소 있음을 알 수 있다.

오전시간(7~8시)의 냉방부하는 축열부하가 적어 하계 실내 쾌적범위인 26℃ 보다 낮게 나왔으며, 6개 방위 모두 일사와 외기온의 영향으로 오전 7시부터 부하가 증가하기 시작하여 9시 경부터 급격히 상승하고 축열부하의 영향으로 외기온이 떨어진 후인 15~17시경에 Peak load를 보였다.

방위에 따른 시각별 부하량은 청천공과 담천공 모두 대체적으로 S, S-30°-E, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E의 순으로 유리한 것으로 나타났다으며, 방위별로 볼 때 가장 유리한 S 방위와 가장 불리한 S-60°-E 방위의 부하량의 차이는 약 1~2 kcal/h 정도 S-60°-E 방위가 높은 것을 알 수 있다.

4. 방위에 따른 일(日) 총부하량 비교

방위에 따른 일(日) 총부하량을 비교해 보면 아래 그림과 같다.

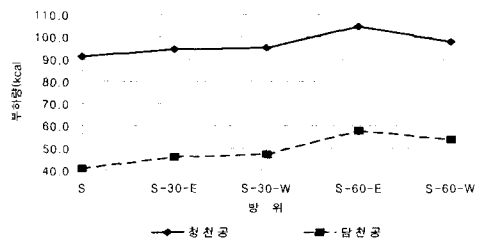


그림 9. 방위에 따른 일(日) 총부하량

표 5. 방위에 따른 일(日) 총부하량(kcal)

방위	일(日) 총부하량(청천공)					
	S	S-30°-E	S-30°-W	S-60°-E	S-60°-W	E
부하량	91.1	94.3	95	104.9	97.8	99.2
%	100	103.5	104.3	115.1	107.4	108.9

방위	일(日) 총부하량(담천공)					
	S	S-30°-E	S-30°-W	S-60°-E	S-60°-W	E
부하량	40.6	46	47.2	57.8	53.8	54.4
%	100	113.3	116.3	142.4	132.5	134

청천공시 일(日) 총부하량을 방위별로 비교해 보면 S 방위(91.1kcal)가 가장 적게 나타났고, 다음이 S-30°-E, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E의 순으로 유리하게 나타났으며, S 방위와 가장 불리한 S-60°-E 방위의 부하량의 차는 13.8kcal로 S-60°-E 방위가 높게 나타났다.

담천공시 일(日) 총부하량을 방위별로 비교해 보면 S 방위(40.6kcal)가 가장 적게 나타났고, 다음이 S-30°-E, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E의 순으로 유리하게 나타났으며, S 방위와 가장 불리한 S-60°-E 방위의 부하량의 차는 17.2kcal로 S-60°-E 방위가 높게 나타났다.

일(日) 총부하량을 살펴보면 청천공과 담천공 모두 일사의 영향으로 부하량의 차이는 있으나 방위에 따른 부하량의 변동은 거의 유사함을 알 수 있다.

기존의 연구⁵⁾에서 동적열부하 Program을 이용한 집합주택의 방위별 일(日) 총부하량이 S, S-30°-E, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E의 순으로 유리하게 나타난 결과와 본 연구에서의 결과가 같음을 알 수 있다.

5. 방위에 따른 시간최대부하량 비교

방위에 따른 시간최대부하량은 앞에서 본 일(日) 총부하량과는 다소 상이한 부분이 있음을 알 수 있다.

방위별 시간최대부하를 비교해 보면 아래 그림과 같다.

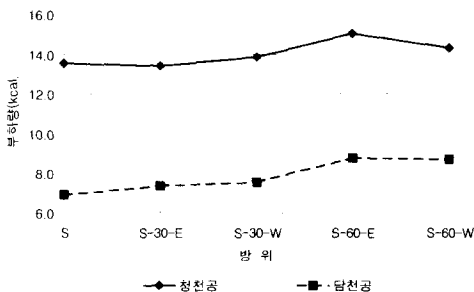


그림 10. 방위에 따른 시간최대부하

표 5. 방위에 따른 시간최대부하(kcal/h)

방위	시간최대부하량					
	S	S-30°-E	S-30°-W	S-60°-E	S-60°-W	E
부하량	13.5	13.4	13.8	15	14.3	14.3
%	100	99.3	102.2	111.1	105.9	105.9

방위	시간최대부하량					
	S	S-30°-E	S-30°-W	S-60°-E	S-60°-W	E
부하량	6.9	7.4	7.5	8.8	8.7	8.4
%	100	107.2	108.7	127.5	126.1	121.7

청천공시 S-30°-E 방위가 가장 유리하고 다음이 S, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E 방위의 순서로 나타났고, 가장 유리한 S-30°-E 방위와 비교하여 가장 불리한 S-60°-E 방위의 시간최대 부하량은 12% 정도 S-60°-E 방위가 높게 나타났다.

담천공시 S 방위가 가장 유리하고 다음이 S-30°-E, S-30°-W, E, S-60°-W, S-60°-E 방위의 순서로 나타났고, 가장 유리한 S 방위와 비교하여 가장 불리한 S-60°-E 방위의 시간최대 부하량은 27% 정도 S-60°-E 방위가 높게 나타났다.

이와 같은 방위별 부하량의 차이는 축열부와 태양의 방위에 따른 일사의 영향 때문일 것이다.

기존의 연구⁵⁾에서 동적열부하 Program을 이용한 집합주택의 방위별 시간최대부하량과는 달리 본 연구에서는 S-60°-E, E 방위가 높게 나타나 그 결과가 다소 상이함을 알 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 평지붕의 방위별 열성능을 알아보기 위해 축소모형 실험에 의한 방법을 통해 열환경요소들을 측정, 비교하여 그 변화양상을 알아보았다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 방위에 따른 시각별 실내기온과 부하량은 같은 변화 양상을 보이고 있으며, 청천공과 담천공 모두 방위별 시각에 따른 실내기온과 부하량의 차이는 있으나 대체적으로 S, S-30°-E,

S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E의 순으로 유리하게 나타났다.

2) 방위에 따른 일(日) 총부하량을 살펴보면 청천공과 담천공시 모두 부하량의 차이는 있으나 S, S-30°-E, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E의 순으로 유리하게 나타났다.

3) 방위에 따른 시간최대부하를 살펴보면 청천공시에는 S-30°-E 방위가 가장 유리하고 다음이 S, S-30°-W, S-60°-W, E, S-60°-E 방위의 순서로 나타났고, 담천공시에는 S 방위가 가장 유리하고 다음이 S-30°-E, S-30°-W, E, S-60°-W, S-60°-E 방위의 순서로 나타났다.

본 연구에서는 축소모형 실험에 의한 결과이므로 정확한 부하량 산정에는 다소 무리가 있지만 시간별 실내기온의 변화양상, 그리고 각 방위별 부하량 비에 대한 데이터를 제시하여 실제 건물에 있어서도 시각·방위별 실내기온 변화 및 부하량에 대한 예측의 근거를 마련하고자 하였다.

그러나 보다 정확한 데이터를 얻기 위해서는 좀더 다양한 모델을 대상으로 한 실험과 측정기간에 있어서도 연중 변화양상의 측정이 필요하다고 생각된다.

그리고 이와 병행하여 인체의 쾌적범위를 찾는 PMV, ET 등을 산정하여 보다 쾌적한 실내 환경조건을 제시하는 부분에 관한 연구도 앞으로 계속 이루어져야 할 것으로 사료된다.

주

1) 에너지 관리공단, 월간 에너지 소비통계, 에너지관리공단, 1997. 6

2) 안지웅, '하절기 천장복사가 실내 열환경에 미치는 영향에 관한 연구', 영남대 석사논문, 1992.

3) 손장열, '건물 옥상구조체의 표면 열전달 특성 평가에 관한 연구', 대한건축학회 논문집, 1989. 6.

손장열, '건물 외벽의 전열 특성에 관한 실측연구(Ⅱ)', 대한건축학회 논문집, 1990. 4.

4) 건설교통부령, 건축법, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 제21조 건축물의 열손실방지, 1996. 2 개정

5) 박근우·이경희, '집합주택의 향별 냉방부하에 관한 연구', 대한건축학회 논문집, 2001. 1.

참 고 문 헌

1. 김홍수·손장열, 사무소 건축의 냉방부하에 관한 실측연구, 대한건축학회 학술발표 논문집, 1983. 4.

2. 신차웅, 공기조화 설비, 기문당, 1994.

3. 안지웅, 하절기 천장복사가 실내 열환경에 미치는 영향에 관한 연구, 영남대학교 대학원 석사논문, 1992. 12.

4. 윤동원·손장열, 집합 주택의 냉난방 부하 및 외피구조의 열적 특성에 관한 실측연구, 대한건축학회 학술발표 논문집, 1984. 10.

5. 일본건축설비사협회, 공조설비의 동적열부하계산입문, 1991.

6. 한국동력자원연구소, 에너지절약을 위한 건물의 부위별 성능 및 설비기준, 1992.