

# 겨울철 난방시 아파트 구조체의 축방열 특성에 대한 연구

조근제\*, 장현재\*\*

\*홍익대학교 대학원 건축공학과(vora2020@hanmail.net), \*\*홍익대학교 건축공학부(changhj@hongik.ac.kr)

## A Study on Characteristics of Heat Storage and Emission of Apartment Structures in Winter Season

Cho, Keun-Je\*, Chang, Hyun-Jae\*\*

\*School of Architectural Engineering, Graduate School, Hongik University(vora2020@hanmail.net)

\*\*School of Architectural Engineering, Hongik University(changhj@hongik.ac.kr),

### Abstract

In the former study, it is obtained that thermal storage effect of the apartment structure is the disadvantage to maintain comfort indoor thermal environment. However, because the thermal storage effect can be changed of its aspect in heating season, field measurement at the same apartment with the measurement in summer season was conducted in winter season. As results, thermal storage effect of apartment structure was the disadvantage in winter season, too.

Keywords : 열대야(Tropical night), 축열(Thermal storage), 실내온열환경(Indoor thermal environment)

### 1. 서 론

여름철 열대야 발생시의 아파트 실내 온열환경 개선을 위해 저자 등은 탑상형 아파트에서의 여름철 실내 온열환경에 대한 현장 측정을 수행하였으며, 주간시간대에 아파트 구조체에 축열된 열이 야간시간대에 실내로 방열되면서 실내 온열환경을 악화시키는 주요한 요인이 됨을 확인하였다(참고 문헌 1 참조). 그러나 이러한 축열효과가 겨

울철에는 다른 양상으로 나타날 수도 있으므로 이에 대한 확인을 위해 겨울철에 여름철과 동일한 현장 측정을 수행하였다. 본 논문은 이에 대한 보고이다.

측정개요와 측정기기의 사양 및 측정점의 위치는 참고문헌 1의 내용과 동일하며, 측정기간은 2010. 12.15 ~ 12.22 이다. 측정기간중에는 겨울철의 통상적인 난방패턴을 저녁시간부터 기상시까지 난방하는 것으로 가정하여 18:00시부터 다음날 09:00까지 실내온도를 2

2℃로 설정 하여 난방을 가동하고, 나머지 시간은 난방을 켜지 않은 상태로 유지하였다.

## 2. 측정결과

### 2.1 온도변화

측정기간 중의 외기온도 및 실내 각 부위에서의 온도변화를 종합하여 그림 1에 나타낸다. 측정기간 동안의 외기온은 최저 -3.7℃, 최고 11.7℃를 나타내었다. 18:00시부터는 실내공기온도를 22℃로 설정하여 온수 온돌 난방을 가동한 상태에서 측정하였으며, 실내 공기온도는 평균 22.5℃로 난방가동이 정상적으로 유지됨을 보인다. 그림 2 ~ 그림 4는 그림 3의 상세한 분석을 위하여 각 부위별 온도변화를 구분하여 나타낸 것이다.

#### (1) 바닥면의 온도변화

그림 2는 바닥표면의 온도변화를 나타낸다. 아파트의 온돌난방 가동은 난방 보일러의 설정온도 22℃을 중심으로 약 ±2℃의 범위 내에서 난방이 가동 및 중지된다. 바닥표면온도는 평균 26.7℃이며, 24.9℃~30.0℃의 범위에서 반복적인 상승 및 하강의

온도변화패턴을 나타낸다. 실내공기온도는 바닥면의 온도변화에 따라 변화하며, 바닥면에서 방열되는 열에 의한 복사의 영향으로 사료된다.

#### (2) 벽면의 온도변화

그림 3은 각 벽체표면의 온도변화를 나타낸다. 천정과 바닥면을 제외한 각 벽체는 실내 온도 변화보다 완만한 온도 변화를 나타내며, 각 벽면은콘크리트 구조인 아파트 구조체의 열용량특성에 따른 전형적인 온도 변화 패턴을 나타낸다.

각 벽면은 열용량에 의한 온도변화 뿐만 아니라 실내공기의 온도차에 의한 대류의 영향으로 각 벽면의 온도변화에 차이를 보인다. 천정면을 제외한 각 벽체온도는 평균적으로 실내공기온도보다 약 1℃ 낮은 온도를 나타내며 난방이 가동되지 않는 낮 시간에는 15:00이후 문쪽 벽체에서, 그리고 17:00이후 나머지 벽체에서 실내공기온도보다 높은 온도값이 나타났다. 난방이 가동되는 18:00부터 벽체온도가 실내공기온도보다 높은 값이 나타나지만, 매우 짧은 시간동안 초과됨을 보이며, 이를 통해 난방가동으로 발생한 열이

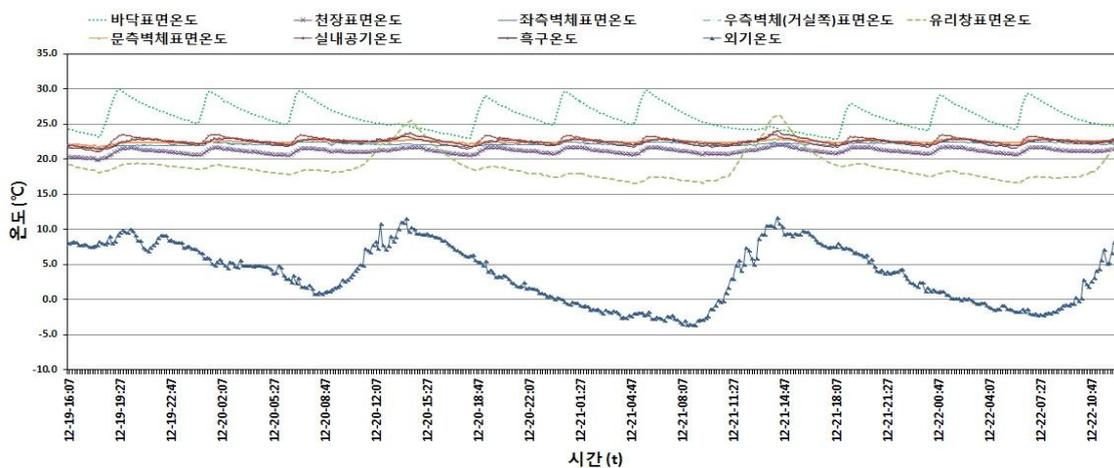


그림 1. 온도변화

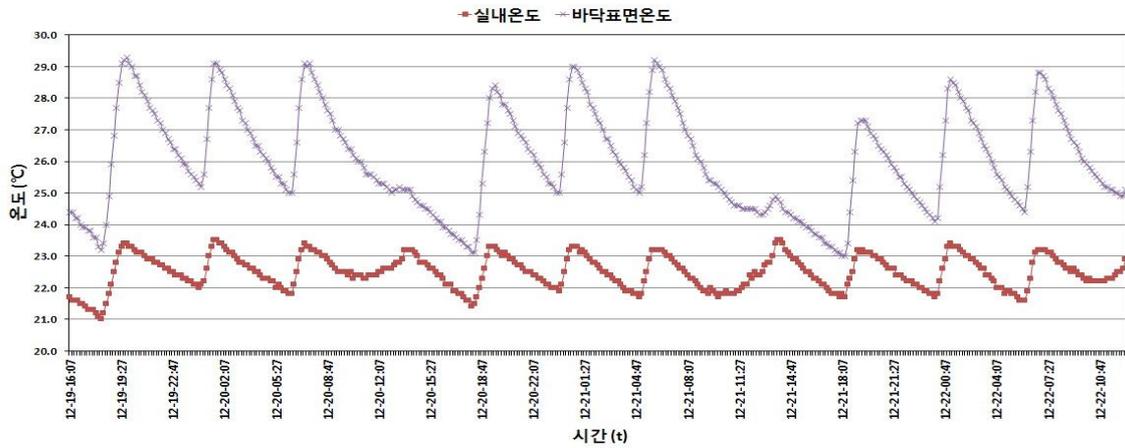


그림 2. 바닥면에서의 온도변화

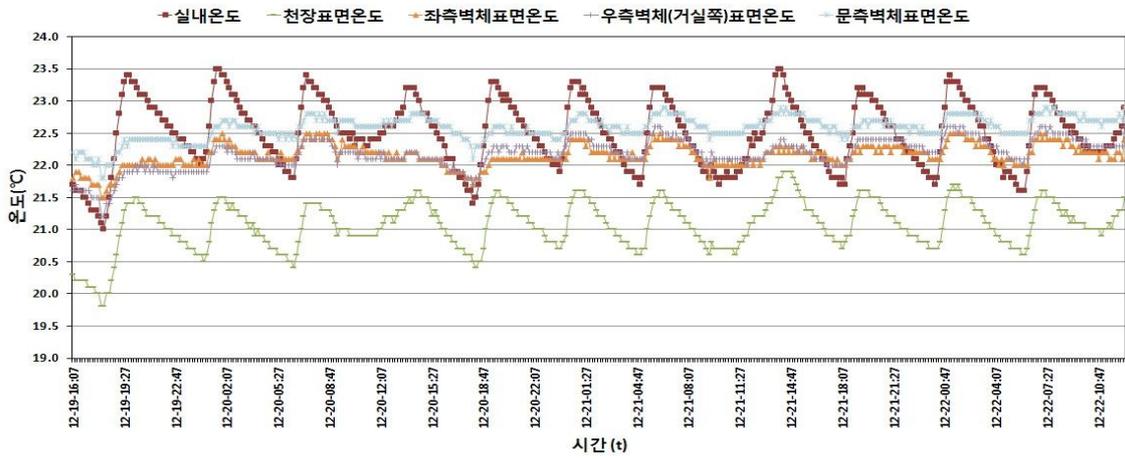


그림 3. 각 표면에서의 온도변화

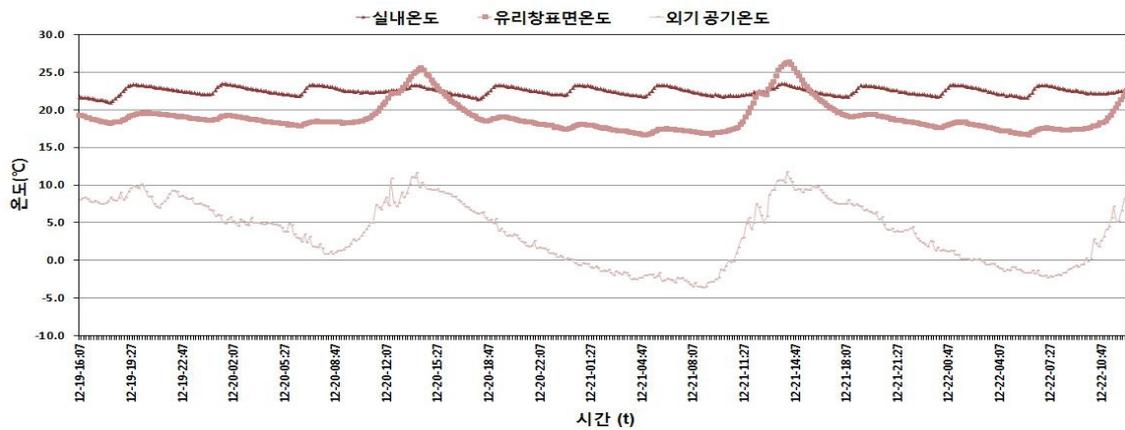


그림 4. 유리창에서의 온도변화

구조체에 축열된 후 실내측으로의 방열이 거의 이뤄지지 않는 것으로 사료된다.

천장의 표면온도는 나머지 벽체표면온도보다 약 1.5℃ 낮은 값을 나타낸다. 천장면은 벽체 아래 소방설비 및 환기설비를 위한 천장 공간이 확보되어 있으며, 콘크리트면이 아닌 석고보드를 설치하고 벽지로 마감된 벽체에 영향을 받기 때문에 상대적으로 표면온도 값이 낮은 것으로 사료된다.

### (3) 유리창면의 온도변화

그림 4은 유리창표면의 온도변화를 나타낸다. 유리창 표면온도는 실내 난방열에 의한 영향 뿐만 아니라 일사에 의한 영향도 고려해야 될 것으로 사료된다.

유리창의 온도변화는 열용량이 큰 외벽면보다 외기온도변화에 쉽게 변화하는 특성을 보인다. 일중 최고온도에서는 26.3℃을 나타내었으며 일중 최저온도에서는 실내온도보다 약 12℃~17℃ 낮은 온도를 나타낸다. 낮 시간대에는 일사열에 의한 영향으로 13:30분부터 실내공기온도보다 높은 온도값을 나타내기 시작하였으며, 14:30분부터 유리창 표면온도가 떨어짐과 동시에 실내공기온도도 같이 떨어짐을 볼 수 있다. 일중 최저온도에서 외기온도보다 높은 온도를 나타내는 것은 유리창이 저온복사를 잘 반사하는 온실효과에 의한 것으로 사료된다.

## 2.2 열류량 변화

측정기간 중의 실내 각 부위에서의 단위면적 당 열류량 변화를 그림 5에 나타낸다. 바닥면은 바닥난방에 의해 열이 지속적으로 방열됨을 보이며, 최고 48.4W/m<sup>2</sup>의 단위면적당 방열량을 나타내었다. 바닥면은 난방이 가동되지 않은 낮 시간 동안에도 열이 방열됨을 보인다. 이는 야간시간대에 난방이 가동되면서 콘크리트에 축열된 열이 약

8시간동안 서서히 방열되고 있음을 나타낸다. 14:00에는 일사열에 의한 영향으로 바닥면의 방열량이 소폭 상승한 것으로 보이며, 실험 둘째날에는 14:00이후 약 한 시간 동안 축열이 진행되었음을 보인다. 유리창면의 경우 +값은 실내에서 외부로의 열발산을, -값은 외부에서 실내로의 열침입을 나타낸다. 유리창면은 야간시간에 난방열로 인해 실내열이 외부로 방열되었으며, 평균 21.3W/m<sup>2</sup>의 열류량이 외부로 방열하고 있음을 보인다. 낮 시간동안에는 일사열로 인해 07:00부터 점차적으로 외부로 방열되는 열류량이 감소하며 11:00부터 실내로 열이 최고 56.6W/m<sup>2</sup>의 열류량이 침입함을 보인다.

실내벽 구조체의 열류흐름은 전반적으로 축열의 진행을 나타낸다. 천장면을 제외한 좌·우측 벽체와 문측벽체는 비교적 동일한 열류 변화량을 나타내며 평균 3.4W/m<sup>2</sup>, 2.3W/m<sup>2</sup>, 2.0W/m<sup>2</sup>의 축열량을 보인다. 천장은 다른 벽체에 비해 비교적 축열량이 높은 값을 나타내며 평균 5.8W/m<sup>2</sup>을 보인다. 이는 다른 벽체의 표면온도보다 천장면의 표면온도가 실내공기온도와 온도 구배차가 크기 때문에 대류열전달에 의한 열의 이동이 증가하는 것으로 사료된다.

벽면의 경우 난방이 가동되는 18:00 ~ 익일 09:00사이에도 열이 지속적으로 축열됨을 보이며, 대체적으로 구조체로부터 열의 방열이 발생되지 않음을 보인다. 이는 겨울철시 아파트 구조체에 실질적으로 방열이 발생되지 않는 것으로 판단된다.

## 2.3 PMV

겨울철 실내 난방이용시의 실내온열감을 평가하기 위한 지표로서 본 연구에서는 PMV를 사용하여 실내 온열환경을 평가하였다.

PMV는 기온, 복사, 수증기압, 기류, 호흡발열량, 작업량, 착의량을 변수로써 열평형

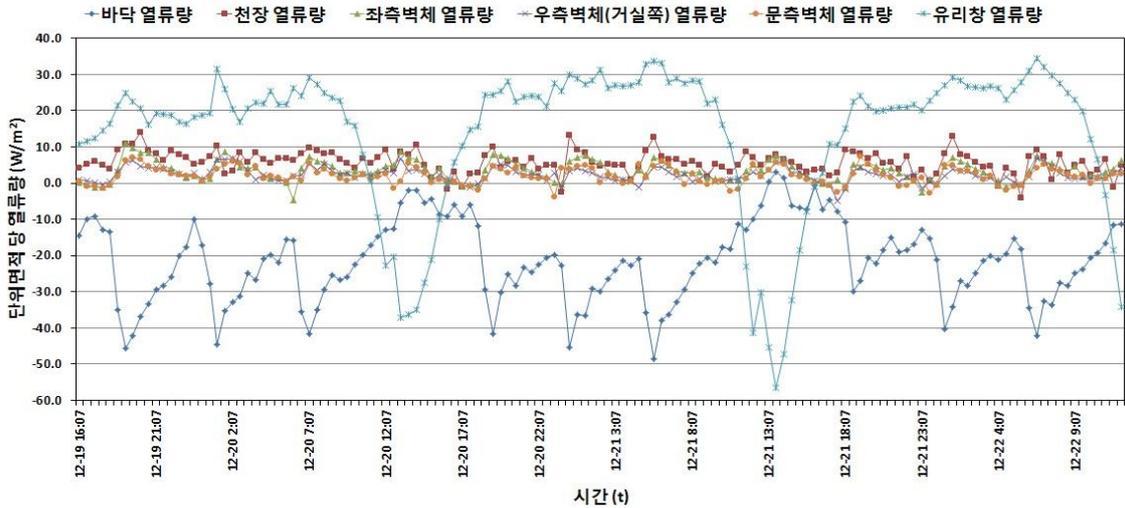


그림 5. 각 부위에서의 단위 면적당 열류량

을 가져오는 환경인자를 토대로 쾌적요소의 조합을 도출한 것이다. PMV=0을 중심으로 한 중립치에 약간 따뜻하다(+1), 따뜻하다(+2), 덥다(+3)와, 약간 시원하다(-1), 시원하다(-2), 춥다(-3)의 더위와 추위를 총 7단계로 평가하고 있다.

PMV의 계산을 위한 조건과 PMV 계산 결과를 각각 표 1과 그림 6에 나타낸다. PMV는 측정기간 동안 -0.9 ~ -0.2의 값을 나타내며, 평균적으로 -0.53의 값으로 -1.0(약간 시원하다)이상의 결과치를 보였다. 이를 통해 실내가 전반적으로 쾌적한 상태를 유지하고 있다고 볼 수 있으며, 낮 시간에도 비교적 열적 쾌적이 잘 유지됨을 보였다. 이는 야간에 가동된 난방열이 낮에도 큰 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

표 1. PMV 계산조건

분류	내용
작업량	1 [met]
착의량	0.92 [clo]

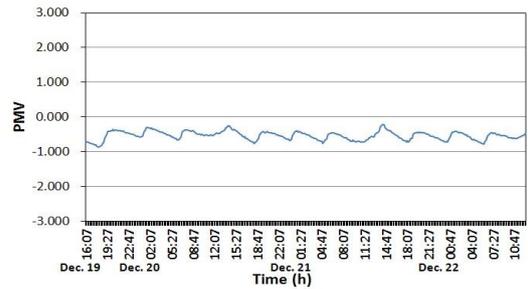


그림 6. PMV

### 3. 결 론

담상형 아파트를 대상으로 겨울철 실내온열환경에 대한 현장측정을 통해 아파트 구조체의 축·방열 특성과 실내온열환경과의 관계에 대해 검토하였다.

- (1) 구조체의 재료가 다른 천정면을 제외한 각 벽체 표면온도는 실내 공기온도의 변화 폭에 비해 비교적 완만한 변화 폭을 나타내어 열용량이 큰 구조체의 전형적인 온도변화 패턴을 나타냈다.
- (2) 겨울철 난방이용시의 실내온열감은 PMV 값이 -1이상의 수치를 나타내며, 겨울철 난방이 실내 쾌적유지에 큰 영향을 미

- 치고 있음을 보인다.
- (3) 바닥을 제외한 벽체의 열류량은 천정면을 포함하여 야간의 난방시와 주간을 비난방시 모두 구조체로의 축열만 이루어지고, 실내로의 방열은 나타나지 않았다.

- offset cooling loads, ASHRAE Transactions', v.96 n.2 pp.820-829, 1990.
10. 임만택, '건축환경학', 보문당.

### 참 고 문 헌

1. 장현재, 김형진., '여름철 열대야 발생시 탑상형 아파트의 실내온열환경에 대한 연구'. 대한설비공학회 논문집 v.22 n.1 pp.20-25, 2010.
2. 임지훈 외 4., '구조체 축열 공조시스템의 온열환경 특성에 관한 실험적 연구', 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집 2003.
3. 정낙규, 정수일., '겨울철 주택난방의 온열환경지표에 관한 연구', 대한건축학회 논문집 v.12 n.10 pp.215-225, 1996.
4. 윤정숙, 민경애, 최윤정., '지역난방 아파트의 겨울철 온열환경실태와 쾌적범위에 관한 연구', 대한건축학회 논문집 v.9 n.6 pp.97-105, 1993.
5. 안병천, 송재엽., '바닥복사 난방시스템의 열유동 특성 해석에 관한 연구', 대한건축학회 논문집 v.24 n.8 pp.293-300, 2008.
6. 이승복, 김가현, 이명규., '구조체의 축열특성을 이용한 공동주택의 냉방에너지저감방안에 관한 연구', 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집 2001.
7. 정재훈, 신영기., '슬래브축열 공조시스템의 축열성능에 관한 실험적 연구', 대한설비공학회 논문집 v.17 n.5 pp.427-435, 2005.
8. 김세환, 이성, 김동규., '겨울철 온도 및 습도변화에 따른 온열쾌적감에 관한 연구', 대한설비공학회 논문집 v.19 n.11 pp.803-809, 2007.
9. Rund, M.D., Mitchell, J.W. and Klein, S.A., 'Use of building thermal mass to