

여름철 열대야 발생시 탑상형 아파트의 실내온열환경에 대한 연구

장 현 재[†], 김 형 진^{*}
홍익대학교 건축공학부, *홍익대학교 대학원

A Study on Indoor Thermal Environment in an Tower Type Apartment House at Tropical Nights

Hyun-Jae Chang[†], Hyung-Jin Kim^{*}
School of Architectural Engineering, Hongik University, Chungnam 339-701, Korea
**Graduate School, Hongik University, Chungnam 339-701, Korea*

(Received November 16, 2009; revision received November 25, 2009)

ABSTRACT: In this study, As a basic research for improving indoor thermal environment at tower type apartment houses, specifications of heat storage and heat emission in the structures of apartment houses were investigated, and the ratio of indoor and outdoor air velocity at tower type apartment house was examined, too. Indoor temperature at night time was higher than outdoor air temperature because heat emission from the structure of wall, ceiling and floor those are constructed by use of reinforced concrete which has large heat capacity. The ratio of indoor and outdoor air velocity was lower than 0.1 and this was caused by the plan of tower type apartment house. PMV was in the range of 0.3~1.9, and was about 1.0 (it means slightly warm) at 10 : 00 p.m.. To improve indoor thermal environment in summer season at tower type apartment houses, it needs more investigation on specifications of heat storage and heat emission in the structure including winter season, and on the improvement of the ratio of indoor and outdoor air velocity.

Key words: Tropical night(열대야), Ratio of indoor and outdoor air velocity(통풍률)

1. 서 론

우리나라의 여름철은 고온다습한 기후 특성을 가지고 있으며, 무더운 날이면 열대야(일최저기온이 25℃ 이상인 날) 현상이 발생하여 밤잠을 설치는 경우도 종종 발생한다. 국내의 아파트는 대부분 열용량이 큰 철근콘크리트를 주된 골조 재료로 사용하고 있기 때문에 해가 진 후에도 낮시간 동안

골조에 축적된 열이 실내로 방사되어 열대야 현상을 심화시키기 쉬운 특성을 지니고 있다. 특히 최근 들어 탑상형 아파트가 보급되기 시작하면서 건축물의 미적인 면과 시야의 확보란 면에서는 좋은 평가를 받고 있으나 통풍의 이용이라는 관점에서는 그 이용 효율이 저하될 것으로 우려되고 있다. 여름철 열대야 현상의 심화는 에어컨의 사용을 증가시켜 여름철 감기 및 냉방병을 유발할 수 있는 요인이 되며 에너지 사용면에서도 피크 전력부하를 증가시키는 요인이 되고 있다. 이에 본 연구에서는 탑상형 아파트를 대상으로 여름철의 실내온열환경과 통풍률을 분석하여 문제

[†] Corresponding author
Tel.: +82-41-860-2614; fax: +82-41-865-2796
E-mail address: changhj@hongik.ac.kr

점을 검토하고, 여름철 열대야 발생시의 실내온열 환경 개선을 위한 방안을 제안하고자 한다(Fig. 1 참조). 본 연구는 이를 위한 제 1단계의 연구로서 답상형 아파트에서의 온열환경과 구조체 각 부의 축·방열 특성 및 통풍률을 측정된 결과이다. 본 측정은 2007년 8월의 측정(참고문헌 1 참조)에 이은 추가적인 측정으로서 측정항목과 측정내용을 보완하여 실시하였다.

2. 현장측정

여름철 구조체의 열적 변화 특성 및 실내 온열 환경에 대한 기초적인 조사를 위해 충청남도 A 지역에 위치한 답상형 아파트 세대의 침실 한 곳을 선정하여 외기온도와 실내온도 및 복사온도, 벽체, 천정, 바닥, 유리창에서의 표면 온도 및 기류속도를 측정하였다. 측정 대상세대는 18층 건물의 9층에 위치하고 있다. 측정개요를 Table 1에 나타낸다. 측정기간은 2008년 8월 13~8월 17일의 5일간이다.

측정대상 세대의 주동 평면과 측정점의 위치를 Fig. 2에 나타낸다. 측정세대는 33평형의 발코니를 확장한 아파트로서 거실과 부엌 및 3개의 침실로

Table 1 Measurement site and term

Categories	Contents
Site of apartment	Chungnam district A,
Floor	9th floor of 18 stories apartment building
Measurement term	2009. 8.13. 12 : 00~8.17. 10 : 00

Table 2 Specs.s of measurement instruments

Measuring items	Specs. of instruments
Temperature	<ul style="list-style-type: none"> Model : 40 Squirrel Maker : Grant Sensor : thermo couple (C-C)
Humidity	<ul style="list-style-type: none"> Model : TR-72U Maker : T and D Co. Jp
Air velocity	<ul style="list-style-type: none"> Model : Four channels anemomaster Maker : Kanomax

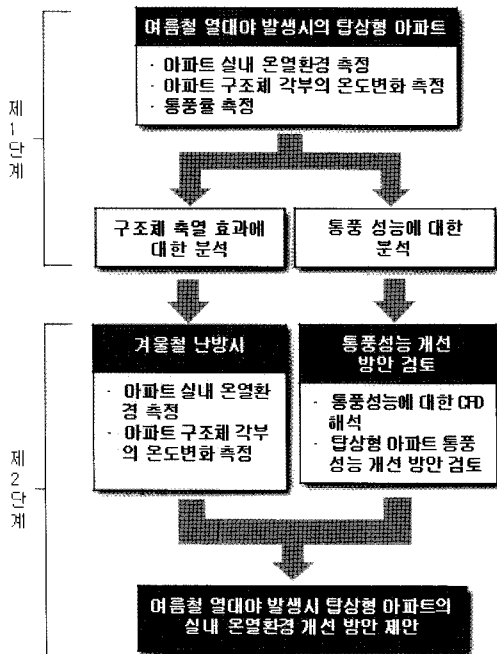


Fig. 1 Flow chart of the study.

구성된 철근콘크리트구조의 아파트이며, 측정 대상실은 거실 옆에 위치한 침실로서 남서향이다.

본 측정의 측정 항목과 측정기기의 사양을 Table 2에 나타낸다. 천장, 바닥, 벽체, 외기 온도 및 실내공기온도는 C-C열전대를 이용하여 측정하였으며, 기류속도는 무지향성 다점풍속계를 이용하여 측정실 중앙과 좌우의 각각 1개소에서 평균 기류속도를 1분 간격으로 측정하였다. 측정사진을 Fig. 3에 나타낸다.

측정실의 바닥은 온돌마루판으로 시공되었으며, 천장은 윗층 슬랩 아랫면으로부터 280 mm 이격된 위치에 석고보드 설치 후 벽지로 마감되었다. 벽은 콘크리트 벽체 위에 벽지로 마감되었으며, 유리창은 22 mm Pair Glass가 사용되었다.

여름철에는 일반적으로 재실자가 하루 종일 창문과 방의 출입문을 열어 놓고 생활한다는 전제하에 현관문을 제외한 세대 전체의 외부 창호와 각 방의 출입문을 열어 통풍을 최대한 이용하는 상황에서 측정하였다.

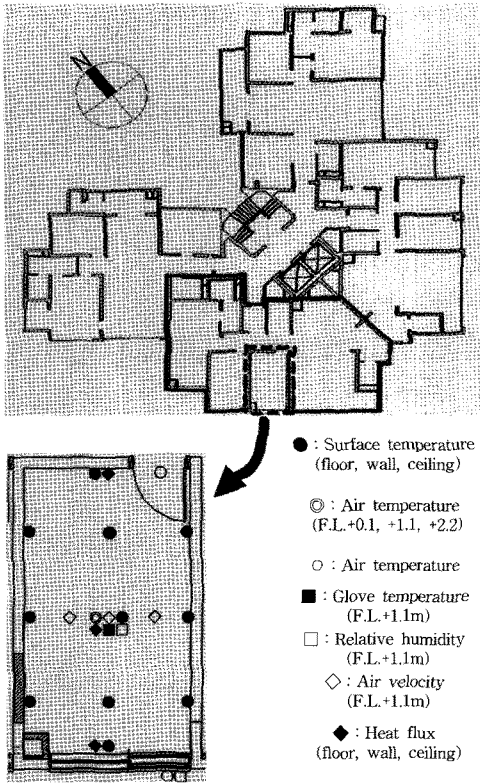
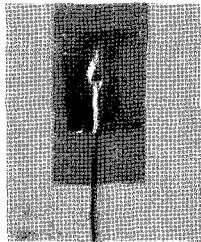
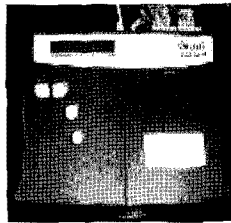


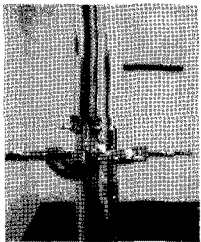
Fig. 2 Floor plan of apartment house.



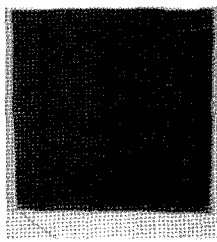
(a) Thermo couple



(b) Data logger



(c) Air velocity



(d) Heat flux

Fig. 3 Picture of Measurement.

3. 측정 결과

3.1 온도 변화

측정기간중의 외기온도 및 실내 각 부위에서의 온도변화를 Fig. 4에 나타낸다. 측정기간동안 외기온은 최저 20.5℃, 최고 35.2℃를 나타내었으며, 열대야의 정의에 의한 일중 최저 기온이 25℃ 이상인 날은 없었으나 8월 17일이 24.7℃로서 열대야에 근접한 온도를 나타내었다. 그러나 하루 중 외기온도가 상승 또는 하강하는 기울기가 일정하지 않기 때문에 일중 최저 기온만으로 열대야를 판정하는 것은 적절한 방법이 아닐 수 있으며, 야간 시간대의 실내 온열환경 지표로 평가하는 것이 보다 합리적일 수 있을 것으로 사료된다. 유리의 표면온도는 일중 최고온도에서 일사의 영향으로 외기온도보다 약간 높은 값을 나타낸다.

Fig. 5~Fig. 8은 Fig. 4의 상세한 분석을 위하여 각 측정점에서의 온도변화 특성이 비교적 잘 나타난 8월 14일 07:03~8월 15일 10:03까지의 측정값을 구간별로 확대하여 나타낸 것이다.

Fig. 5는 야간에 실내온도보다 낮았던 외기온이 오전에 실내온도보다 높아지고 있는 과정에서의 실내 각 부의 온도변화를 나타낸다. 외기온도는 10:23을 기점으로 실내 공기온도보다 높아지고 있으며, 바닥 표면온도는 같은 시간을 기점으로 하여 실내온도보다 낮아지고 있다. 또한 벽체 표면온도는 이보다 30분 늦은 10:53부터 실내 공기온도보다 낮아지기 시작하며, 천장 표면온도는 11:53부터 실내 공기온도보다 낮아지기 시작한다. 이와 같이 구조체의 표면온도가 실내 공기온도 보

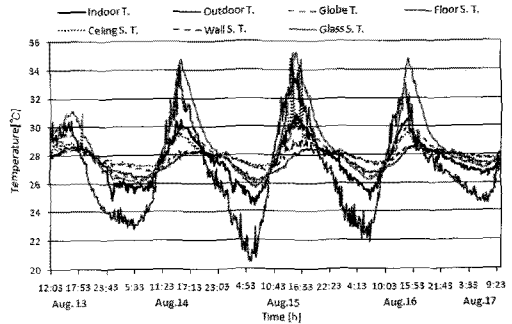


Fig. 4 Change of temperature through measurement term.

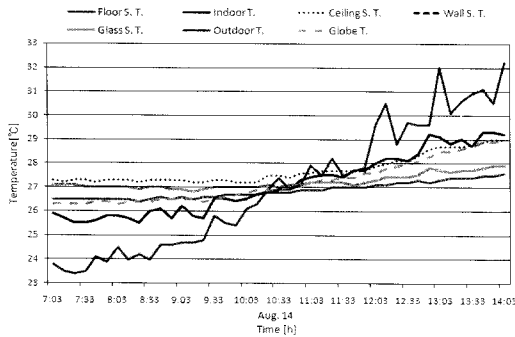


Fig. 5 Change of temperature for the increasing term.

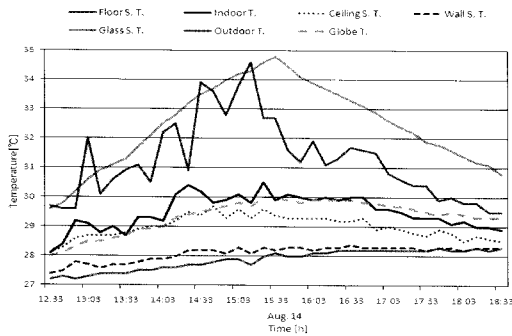


Fig. 6 Change of temperature for the maximum term.

다 낮아지는 것은 각 구조체의 열용량이 실내 공기보다 크기 때문으로, 상대적으로 온도가 높은 실내공기로부터 야간에 냉각된 각 구조체로 축열되고 있기 때문이다. 유리창의 표면온도는 일사의 영향으로 외기온보다 약간 높은 온도를 보인다.

Fig. 6은 외기온이 최고점에 달한 8월 14일 15:13 전후의 온도변화를 나타낸다. 외기온도는 최고 34.6 °C를 기록하였으며, 실내 공기온도는 이 보다 10분 늦은 15:23에 30.5 °C로서 최고온도를 나타내었다. 천장 표면온도는 실내온도와 같은 시간인 15:23에 최고온도 29.6 °C를 기록하였고, 벽체 표면온도는 16:33에 최고온도 28.4 °C를 나타내었다. 바닥 표면온도는 17:43에 최고온도 28.3 °C를 나타내었다. Time lag이 구조체 별로 다르게 나타난 것은 각 구조체의 재료 구성이 다르다는 점과 측정 대상실의 통풍률(3.2 통풍률 참조)이 낮아 공기부력에 의한 실내 상하온도차가 발생한 때문으로 사료된다. 유리창의 표면온도는 15:33에 34.8 °C로서 다른 구조체에 비해 가장 높은 표면

온도를 나타내었다. 이는 태양으로부터의 일사열 흡수에 기인한 것으로 사료된다.

Fig. 7은 외기온이 실내 공기온도보다 낮아지는 과정을 나타낸다. 외기온은 19:43부터 실내 공기온도보다 낮아지기 시작하며, 천정 표면, 벽체 표면 및 바닥 표면온도는 같은 시간에 실내 공기온도보다 높아지기 시작한다. 각 구조체 표면의 온도가 실내 공기온도보다 높아지는 것은 주간 시간대에 각 구조체에 축열되었던 열이 실내로 방열되기 때문으로 사료된다.

Fig. 8은 외기온이 최저점에 달한 8월 15일 05:53 전후의 온도변화를 나타낸다. 외기온도는 최저 20.5 °C를 기록하였으며, 실내 공기온도는 이 보다 50분 늦은 06:43에 최저온도 24.4 °C를 나타내었다. 바닥 표면온도는 07:03에 최저온도인 26.2 °C를 나타내었고, 벽면은 08:53에 최저온도 27.0 °C를 나타내었다. 천장 표면온도는 07:43에 최저온도 27.1 °C를 나타내었다. 천장 표면온도가 구조체의 표면 온도 중 가장 높게 나타나고 최고온도

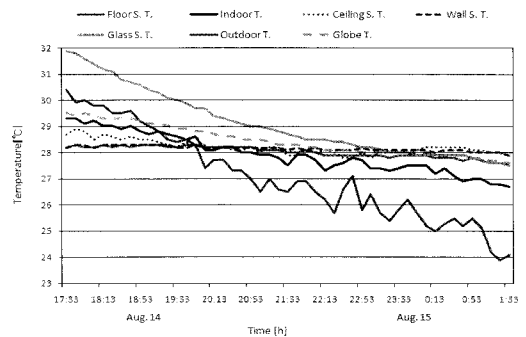


Fig. 7 Change of temperature for the decreasing term.

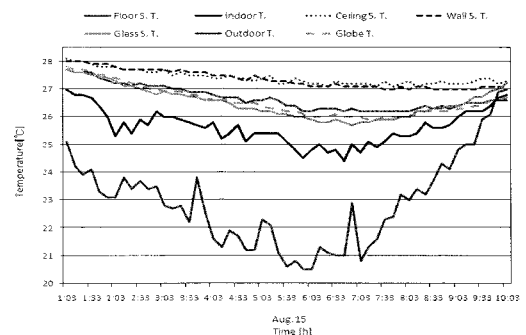


Fig. 8 Change of temperature for the minimum term.

에 달한 시간도 가장 늦은 것은 측정 대상실의 통풍률이 낮아 실내공기의 부력에 의한 상하온도가 발생한 때문으로 추정된다.

3.2 통풍률

무더운 여름 날에는 방의 창문과 출입문 등을 열어 외부의 바람이 실내를 통과하도록 하는 통풍이 효과적인 실내 냉방의 한 수단으로서 예전부터 이용되어 왔다. 기존의 판상형 아파트의 경우, 거실 창문과 이의 맞은 편(일반적으로 주방 및 식당)에 설치된 창문과 문을 개방하여 통풍을 이용하는 것은 매우 흔한 일이라 할 수 있다. 통풍에 의한 외부 바람의 이용 효율은 통풍률⁽²⁾로 나타낼 수 있으며, 통풍률은 “식(1)”과 같이 외부의 기준 풍속에 대한 실내평균풍속의 비로써 나타낸다.

$$R_v = \frac{v}{V_0} \quad (1)$$

여기서, R_v : 통풍률

v : 실내평균풍속 [m/s]

V_0 : 외부기준풍속 [m/s]

본 연구에서는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 3곳의 측정점에서 실내 풍속을 측정하였다. 실내 평균풍속과 통풍률을 Fig. 9에 나타낸다. 실내평균풍속은 대체로 0.1[m/s] 이하의 매우 느린 풍속을 나타내었으며, 이에 따라 통풍률도 대부분 0.1 이하의 매우 낮은 값을 나타내었다. 통풍률의 산정을 위한 외부기준풍속은 측정지점과 가까운 청주지방 기상청의 외부풍속 측정값을 측정대상 건물

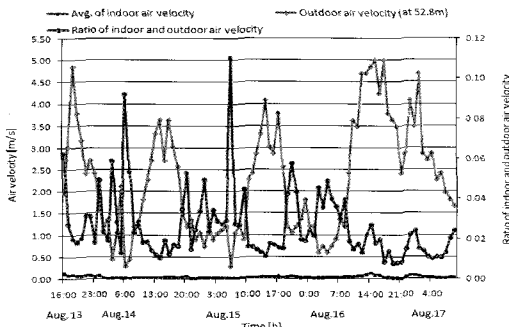


Fig. 9 Average of indoor air velocity, and ratio of indoor and outdoor air velocity.

의 높이(52.8 m)에서의 풍속으로 환산한 값을 사용하였다. 외부기준풍속이 측정 현장에서 직접적으로 측정된 값이 아니므로 정확한 통풍률의 산정치는 아니나, 측정된 실내 평균풍속이 매우 느리다는 점을 고려하면 통풍률이 낮게 나오는 것은 충분히 가능할 것으로 사료된다.

통풍률은 낮은 것은 주변의 지형 및 건물 배치에도 큰 영향을 받으며, 이와 함께 탑상형 아파트의 평면이 통풍을 이용하기 어려운 구조로 되어있다는 점도 크게 작용하였을 것으로 사료된다. 따라서 탑상형 아파트에서의 여름철 열대야 현상 완화를 위해서는 통풍률을 개선하기 위한 평면의 개선 및 창호시스템의 개발에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3.3 PMV(Predicted mean vote)

여름철 통풍 이용시 실내온열감을 평가하기 위한 지표로서 본 연구에서는 PMV⁽³⁾를 사용하여 실내 온열환경을 평가하였다. PMV의 계산을 위한 조건과 PMV 계산 결과를 각각 Table 3과 Fig. 9에 나타낸다.

PMV는 측정기간 동안 0.3~1.9의 값을 나타내었다. 밤 10시를 기준으로한 PMV를 Table 4에 나타낸다. PMV는 밤 10시 기준으로 1.0(slightly warm) 전후의 값을 나타내었다. PMV가 이와 같

Table 3 Conditions for PMV calculation

Categories	Contents
Activity	Dwelling : 1.2 [met]
Clothing ensemble	Light summer clothing : 0.5 [clo]

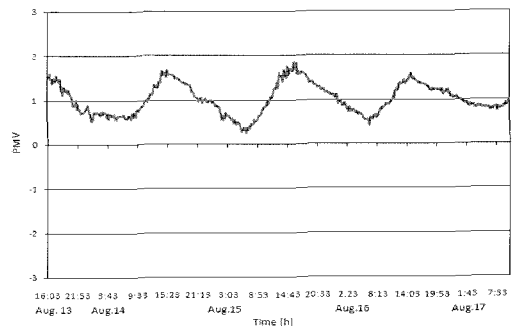


Fig. 10 PMV.

Table 4 PMV at 22 : 03

Date and time	PMV
8/13 22 : 03	0.9
8/14 22 : 03	1.1
8/15 22 : 03	1.2
8/16 22 : 03	1.2

이 높은 값을 나타내게 된 원인으로는, 여름철의 높은 외기온도와 함께 구조체의 축열에 의한 효과 및 탑상형 아파트의 평면 구조에 의한 통풍률의 저하가 큰 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

4. 결 론

탑상형 아파트를 대상으로 하여 여름철 실내온열환경에 대한 현장측정을 통해 그 문제점과 개선방향에 대해 검토하였다. 검토결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 철근콘크리트가 주류를 이루는 아파트 구조체의 축열과 방열에 의해 야간의 실내 공기온도는 외기온도보다 최고 3.9℃ 높게 형성되었다.

(2) 측정대상인 탑상형 아파트에서의 통풍률은 대부분 0.1이하로서 통풍의 이용 효율이 매우 낮게 나타났다.

(3) 측정기간 동안 측정 대상세대에서의 PMV는 0.3~1.9의 값을 나타내었으며, 밤 10시를 기준으로 하면 1.0 전후의 값을 나타내어 약간 더운 (slightly warm) 환경이 형성되는 것으로 평가되

었다.

(4) 탑상형 아파트의 여름철 실내온열환경 개선을 위해서는 겨울철 난방시를 포함한 구조체의 축·방열 특성에 대한 보다 상세한 고찰과 함께, 탑상형 아파트에서의 통풍률 향상을 위한 평면 및 창호 개발에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : 2009-0075794).

참고문헌

1. Chang, H. J., 2008, Fundamental studies on indoor thermal environment in an apartment house utilizing wind driven ventilation in summer, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 2, No. 1, pp. 22-27.
2. Tanaka, J, 2008, Architectural Environmental Engineering, Inoueshoin, Tokyo, pp. 172-173.
3. ISO 7730, 1984, Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort, ISO.