

실측을 통한 공동주택 단지 내에서의 온열환경 및 거주자 쾌적감 평가에 관한 연구

임종연*, 황효근**, 송두삼***, 김태연****

*성균관대학교 대학원 건축공학과(reonheart@skku.edu),
**성균관대학교 대학원 건축공학과(goldroot@skku.edu),
***성균관대학교 건축공학과(dssong@skku.edu)
****연세대학교 건축공학과(tkim@yonsei.ac.kr)

Assessment on Thermal Environment and Human Thermal Comfort in Residential Building Block through Field Measurement

Lim, Jong-Yeon*, Hwang, Hyo-Keun**, Song, Doo-Sam***, Kim, Tae-Yeon****

*Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Sungkyunkwan Univ.(reonheart@skku.edu),
**Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Sungkyunkwan Univ.(goldroot@skku.edu),
***Dept. of Architectural Eng., Sungkyunkwan Univ.(dssong@skku.edu),
****Dept. of Architectural Eng., Yonsei Univ.(tkim@yonsei.ac.kr).

Abstract

As outdoor environment become worse due to concentration of population in large cities, the importance of environmental control strategies such as the arrangement of green space or water space and ventilation paths, has been increasingly recognized. However, most of the studies focus on the assessment on outdoor thermal environment, few studies focus on the interrelationship between thermal environment in residential block and human thermal comfort.

The aims of this study is to develop the outdoor planning method to reduce the heating/cooling load in an apartment unit or entire block by the sustainable approaches in outdoor environmental design. In this paper, on the basis of the prior studies, the effect of the outdoor thermal environment on human thermal comfort will be analysed.

Keywords : 현장실측(Field measurement), 지표면 피복재료(Covering materials), 공동주택(Residential building block), 온열쾌적감(Thermal comfort), 신유효온도(SET*)

1. 연구의 목적

국내에서도 도시과밀화로 인해 옥외온열환경이 악화됨에 따라 도시공간 내 녹지나 수공간의 배치 및 바람 길의 확보 등 여러 가지 환경 친화적인 건축수법이 시도되고 있으며 이에 관한 연구도 활발해지고 있다. 그러나 이들 연구는 대부분 단일 수목¹⁾이나 일사차폐물에 의한 냉각효과의 분석²⁾, 토지이용상태에 따른 기온의 변화³⁾ 등 개별적인 물리적 현상의 규명에 주안을 두는 것으로 공동주택단지 내 온열환경에 영향을 미치는 각 인자별 상호관계와 거주자의 온열감에 미치는 영향 등에 대한 평가는 아직 보고되고 있지 않다. 본 연구는 공동주택 단지 내 온열환경을 개선하고 궁극적으로는 단위세대 및 단지 전체의 냉난방에너지를 저감시킬 수 있는 외부환경계획기법을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

이전 논문⁴⁾에서는 친환경성이 우수한 단지로 평가받고 있는 국내의 공동주택단지를 대상으로 현장실측을 실시하여 현재 국내 공동주택단지에서의 친환경적인 외부환경 건축기법으로 활용되고 있는 각 요소(녹지, 수목, 수(水)공간 등)의 온열환경 개선효과를 평가하였으며 본 논문에서는 이러한 실측결과를 바탕으로 이들 각 요소들이 단지 전체의 온열환경 형성에 미치는 영향을 분석하고 온열쾌적감 지표인 SET*(Standard Effective Temperature : 표준 신 유효온도)를 활용하여 단지 내 거주자의 열적 쾌적성에 대해 평가한 결과를 통해 지표면 피복 재료특성에

1) 최동호 외, 하절기 단일 수목의 열 환경 관측을 통한 서열완화 효과 해석, 한국태양에너지학회 논문집, 26권 4호, 2006

2) 최동호 외, 하절기 복사환경 관측을 통한 수목과 일사차폐 막 구조물의 자연냉각효과, 한국태양에너지학회 논문집, 27권 4호, 2007

3) 홍원화 외, 토지이용상태에 따른 도시 기온 특성과 열 환경 시뮬레이션, 대한건축학회 논문집, 23권 9호, 2007

4) 박병용 외, 하절기 아파트 단지의 공간구성에 따른 외부 열 환경 측정분석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 27권 1호, 2007

따른 거주자의 온열쾌적감변화 양상을 분석하였다.

2. 실측 개요

2.1 실측 대상

서울특별시 구로구 신도림동에 위치한 A단지를 대상으로 실측이 진행되었다. 단지 내에는 1급수 생태연못이 조성되어 있고 전체 대지면적의 37%가 녹지로 조성되어 있는 등 타 단지에 비해 환경 친화적인 단지라고 할 수 있다. 단지 동쪽으로 도림천이 위치해 있으나 건천(乾川)으로서 단지 내 온열환경에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 그림 1은 대상지 주변의 상황을 보여주고 있다.

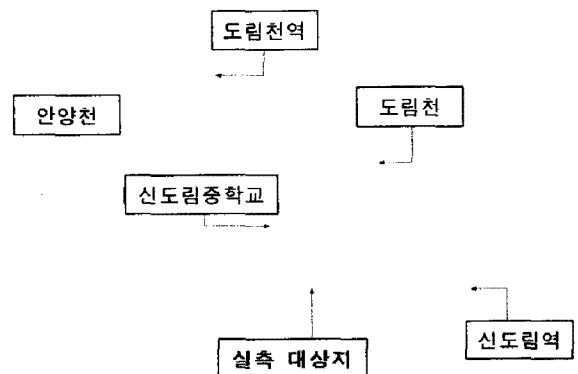


그림 1. 실측대상지 위치 및 주요지물

2.2 실측 기간 및 방법

실측은 2007년 7월26일, 7월30일~8월1일 총 2차례에 걸쳐 이루어졌다.

측정은 크게 기상스테이션에 의해 이루어지는 단지 내 기상조건 측정과 단지 온열환경에 영향을 줄 수 있는 대표적인 인자라고 생각되는 녹지공간과 수공간의 미시기후를 분석하여 대조군으로 설정된 벽돌 블록 피복공간의 온열환경과 비교하는 과정으로 나눌 수 있다. 단지 내 기상조건을 측정하기 위해 실측 대상 영역의 중앙에 위치한 아파트 옥상(27층)에 기상스테이션을 설치하였으며 각 영역별 비교분석을 위한 측정치들은 지상

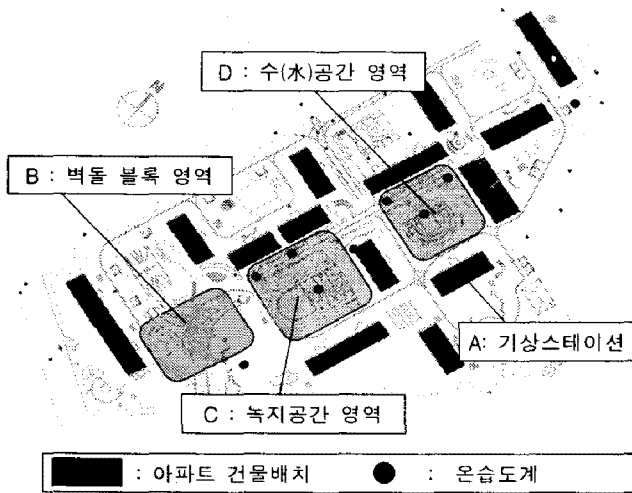


그림 2. 단지 배치 및 측정 장비 위치

표 1. 측정 항목 및 장비

| 측정 지점 | 측정 항목 | 측정 지점수 | 측정 장비 |
|-------|-------------|--------|--------|
| A | 온/습도, 풍향 풍속 | 1 | 기상스테이션 |
| B | 온도, 풍속, 습도 | 1 | 다기능측정계 |
| | 흑구온도 | 1 | 흑구온도계 |
| | 온도, 습도 | 1 | 온습도계 |
| | 표면 열화상 | 3 | 열화상카메라 |
| C | 온도, 풍속 | 1 | 열선풍속계 |
| | 흑구온도 | 1 | 흑구온도계 |
| | 온도, 습도 | 4 | 온습도계 |
| | 표면 열화상 | 3 | 열화상카메라 |
| D | 온도, 풍속 | 1 | 다기능측정계 |
| | 흑구온도 | 1 | 흑구온도계 |
| | 온도, 습도 | 4 | 온습도계 |
| | 표면 열화상 | 3 | 열화상카메라 |

1.5m 높이에서 측정하였다. 피복 재료에 따른 온열환경 차이에 대한 비교분석을 위해 일사량의 영향이 적도록 건물에 의한 음영이 유사한 조건을 갖는 구획별 측정위치를 선정하였으며 각 지점의 온도, 습도, 풍속 등을 동시에 측정하였다. 대기온도 측정 시 알루미늄으로 테이핑한 종이관 안에 열전대를 위치시킴으로써 복사에 의한 영향을 최소화하고자 하였으며 매 3시간마다 열화상카메라를

이용하여 각 구획의 표면온도를 측정하였다. 모든 측정치는 1분 간격으로 측정하였으며 매 5분간의 데이터를 평균화하여 정리, 분석하였다.

단지 배치와 측정 항목, 측정 장비 및 위치는 그림 2, 표 1에 나타내었다.

3. 단지 내 온열환경에 대한 측정

그림 3은 벽돌 블록 포장 영역, 녹지 영역, 수공간 영역의 각 구획에서의 온열환경을 좌우하는 요소인 기류속도, 기온, 상대습도에 대한 측정치를 보여주고 있다.

최대 기류속도를 각 구획 별로 살펴보면 비교적 차폐물이 없는 벽돌 블록 포장 공간은 $2.5m/s$ (평균 $0.83m/s$)이었으며, 수목에 의한 풍속 저감이 발생하는 녹지 공간은 $1.5m/s$ (평균 $0.32m/s$), 단지 중심부에 위치한 수공간은 $1.2m/s$ (평균 $0.3m/s$)로 나타났다.

기온의 경우 벽돌 블록 포장 영역에서 지표면 피복 재료가 가지는 열적특성과 직접 일사를 받게 되는 위치적 특성 때문에 급격한 온도변화를 보였으며(최대 $32.6^{\circ}C$ (오후 2시경), 최소 $21.9^{\circ}C$ (오전 6시경)) 녹지 및 수공간 영역의 경우 각각 최대 $29.8^{\circ}C$, $30.3^{\circ}C$, 최소 $22^{\circ}C$, $21.8^{\circ}C$ 의 온도분포를 보였다. 이는 수목 및 초지에 의한 증산 작용 및 수분의 증발잠열효과가 온도 변화에 영향을 끼친 것으로 판단된다.

동시간대 구획별 온도차를 살펴보면 벽돌 블록 포장 영역이 다른 영역에 비해 낮 시간에 최대 $6.7^{\circ}C$ 높은 것에 비해 새벽시간에는 오히려 최대 $1.4^{\circ}C$ 정도 낮게 나타나고 있으며 이 또한 각 구획의 피복 재료가 가지는 열적특성의 차이에 따라 생기는 결과로 볼 수 있다. 이러한 지표면 피복 재료에 따른 각 구획별 온도 차는 적외선 열화상(그림 4)을 통해 표면온도분포를 분석함으로써 더욱 확실하게 알 수 있다.

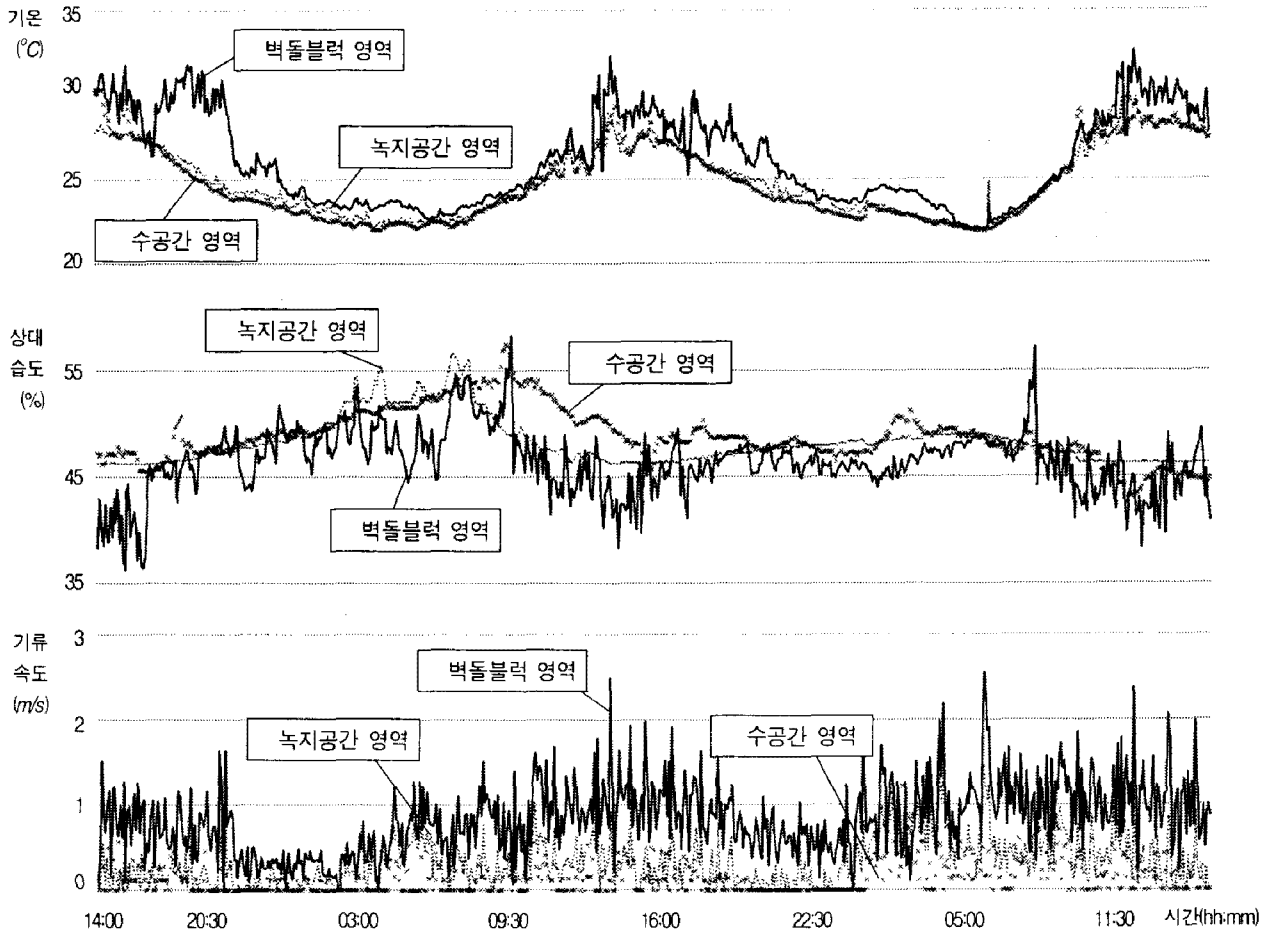


그림 3. 각 구획별 온/습도 및 기류속도 분포

4. 단지 내 구획과 온열쾌적감의 관계

3.1 MRT(Mean Radiant Temperature)

지표면으로부터 1.5m 높이에서의 MRT(평균복사온도)의 구획별 시간변화를 그림 5에 나타낸다.

$$MRT = T_g + \frac{\alpha_c}{\alpha_r} (T_g - T_a) \quad (1)$$

$$\alpha_c = 0.1722 + 0.3(10000v)^{0.566} \quad (2)$$

T_g : 흑구온도(°C)

T_a : 기온(°C)

α_c : 대류열전달율(W/m^2K)

α_r : 복사열전달율(W/m^2K)

v : 기류속도(m/s)

MRT는 각 구획 내 측정치를 기초로 계산되었으며 α_r 의 값은 $5.12W/m^2K$, α_c 의 값은 (2)의 식에 의하여 산출하여 (1)의 식을 이용하여 계산하였다.

벽돌 블록 포장 영역(그림 2의 B)의 경우 주변에 일사가림을 위한 차폐물이 없는 위치적 특성과 열용량이 크다는 피복 재료의 물리적 특성에 따라 다른 구획에 비해 급격한 MRT 변화를 보이고 있는 반면 수공간 영역과 녹지공간 영역은 비슷한 분포를 나타내고 있다.

5) 吉田伸治, 連成數値解析による屋外溫熱環境の評價と, 東京大學大学院博士論文, 2000.12

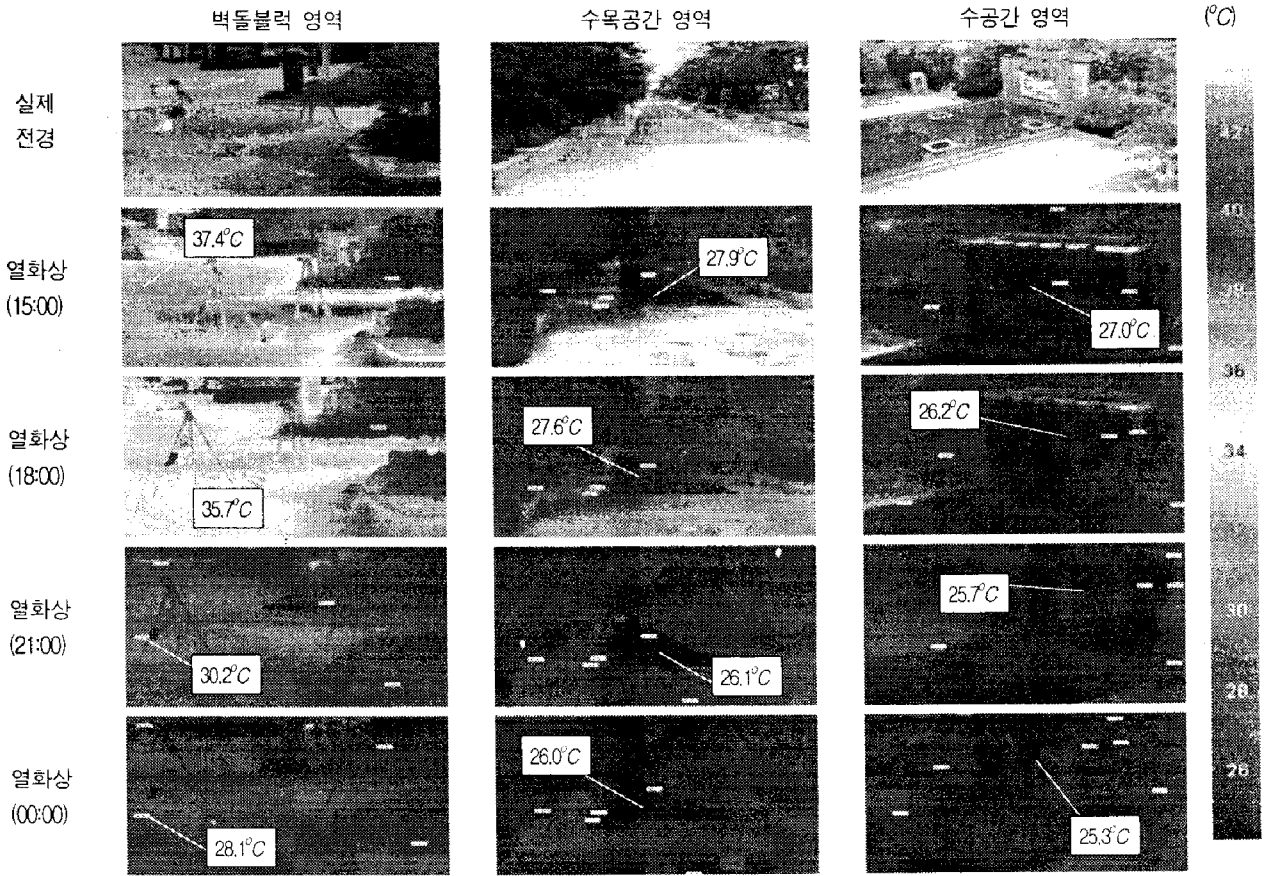


그림 4. 열화상 촬영에 의한 각 구획의 표면온도 분포

3.2 SET*(Standard Effective Temperature)

그림 5에 SET*(신 표준 유효온도)의 시간 변화를 나타내었다. 실측단지의 옥외공간에 앉아서 휴식을 취하고 있는 상황을 가정하여 성인남자(175cm, 65kg)가 느끼는 온열쾌적감을 계산하였으며 계산에 필요한 인체표면적⁶⁾, 착의량과 대사량⁷⁾은 각각 1.78m², 0.57clo(Trousers, short-sleeved shirt), 1.0met(Seated, quiet)로 산정하였으며 인체의 평균 대류 열전달율(h_c)의 경우 공기유동이 존재하는 조건에서 휴식을 취하고 있는 상태(Reclining with moving air)로 가정하여 (3)의 식⁷⁾을 이용하여 계산하였다.

$$h_c = 2.7 + 8.7V^{0.67} \quad (0.15 < V < 1.5) \quad (3)$$

$$h_c = 5.1 \quad (0 < V < 0.15)$$

V: 기류속도(m/s)

SET*에서의 쾌적역은 23°C ~ 27°C의 범위에 위치하며⁸⁾ 본 실측에서의 각 측정점 모두 대략 정오부터 18시까지의 영역에서 SET*가 30°C 이상 나타나는 분포를 보이고 있으며 이를 통해 친환경성이 뛰어나다는 평가를 받고 있는 실측대상 단지의 경우 하절기 옥외온열환경이 열악하다는 것을 확인할 수 있다.

MRT와 표면온도(그림 4)의 경우 벽돌 블록 영역에서의 분포가 높은 반면에 SET*의

⁶⁾ Halls S, The Mosteller formula for calculating body surface area, Clin Cancer Res, Vol. 2005, 2003.11

⁷⁾ ASHRAE, 2005 ASHRAE Handbook Fundamentals, ASHRAE, 2005.

⁸⁾ 石井 仁, 高等専門學校における温熱環境に関する實測調査(その2), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 2001

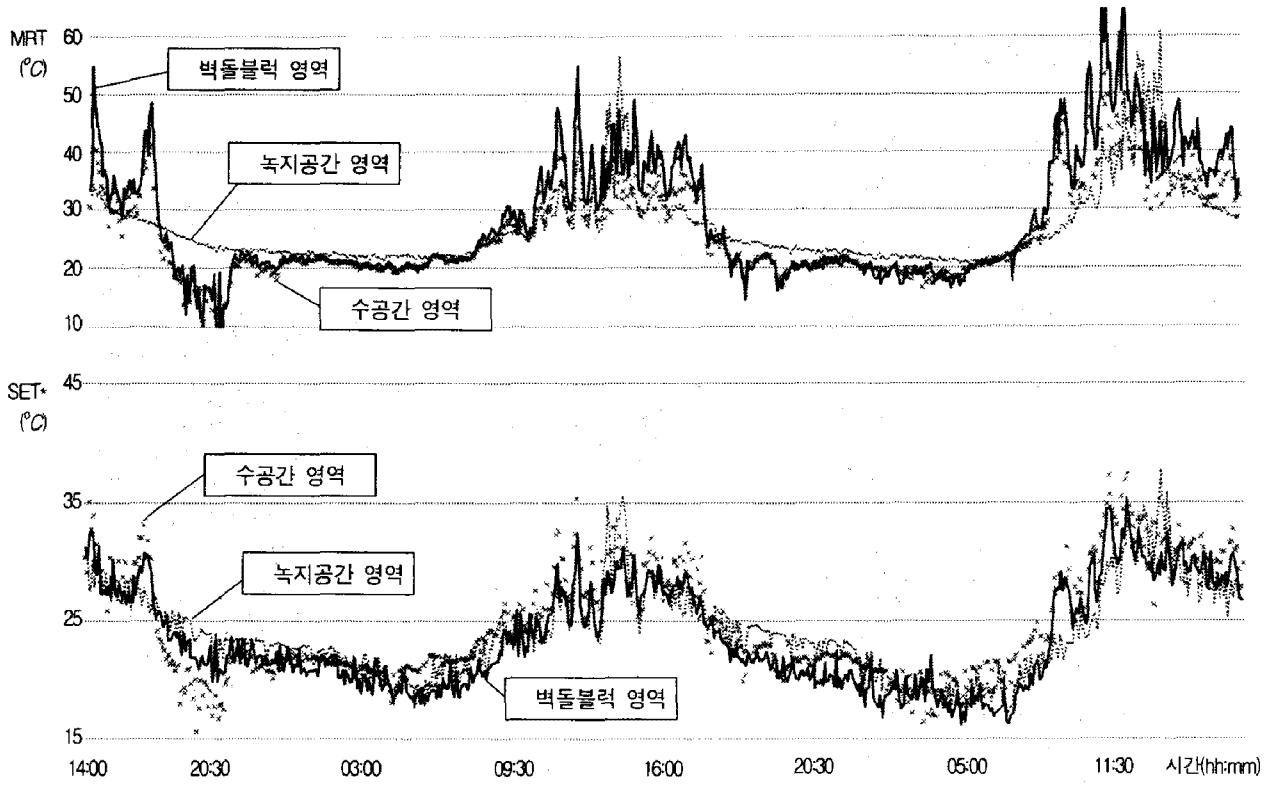


그림 5. 각 구획별 MRT 및 SET* 분포

계산결과는 당초예상과 달리 낮시간에 벽돌블록 포장 영역에서 녹지나 수공간 영역보다 낮은 결과를 보였다. 이것은 실측 대상 단지의 구획 특성상 개방되어있는 벽돌블록 포장 영역에서 상대적으로 기류속도가 높고 녹지와 수공간 영역에서의 습도가 벽돌블록 영역에 비하여 높기 때문임을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서 진행한 하절기 공동주택단지의 온열환경 및 거주자 쾌적감에 대한 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1) 기온과 표면온도 분포를 통해 지표면 피복재료에 의한 공간 구획 별 온도 차를 분석하였으며 동 시간대에 지표면 피복 재료에 따라 최대 6.7°C의 차이(벽돌블록 포장 영역

과 수공간 영역 간 차이)를 보임을 알 수 있었다. 이를 통해 지표면의 피복 재료 특성에 따라 공동주택 단지 내에서의 온도분포양상이 달라질 수 있음을 확인했다.

2) 현재 공동주택 단지에서 친환경성을 확보하기위해 많이 사용되고 있는 수법인 녹지나 수공간은 온도저감면에서는 효과가 있는 것으로 나타났지만 그에 따른 기류속도의 저감과 습도의 증가를 이유로 거주자의 온열쾌적감은 떨어지는 결과를 초래하였다. 이 결과를 통해 공동주택 단지를 설계함에 있어 단순한 녹지와 수공간의 확보 등 복사열을 저감시키기 위한 방안 뿐 아니라 통풍효율을 향상시키기 위한 계획이 필요하다고 판단된다.

본 연구에서는 공동주택 단지 내 온열환경을 형성하는 물리적 인자들에 대한 측정치를

이용하여 지표면 피복재료에 따른 구획 별 온열쾌적감 지표 SET*를 산출하여 비교 분석하였으나 차후에는 실측대상 단지 내에서 피험자 실험을 통해 인체온열쾌적감에 영향을 주는 각 인자들과 쾌적감과 상관관계에 대한 분석을 진행할 예정이다.

후 기

본 연구는 건설교통부 건설핵심기술연구 개발사업의 연구비지원(06건설핵심B02)에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 최동호 외, 하절기 단일 수목의 열 환경 관측을 통한 서열완화 효과 해석, 한국태양에너지학회 논문집, 26권 4호, 2006
2. 최동호 외, 하절기 복사환경 관측을 통한 수목과 일사차폐 막 구조물의 자연냉각효과, 한국태양에너지학회 논문집, 27권 4호, 2007
3. 홍원화 외, 토지이용상태에 따른 도시 기온 특성과 열 환경 시뮬레이션, 대한건축학회 논문집, 23권 9호, 2007
4. 박병용 외, 하절기 아파트 단지의 공간구성에 따른 외부 열 환경 측정분석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 27권 1호, 2007
5. 吉田伸治, 連成數値解析による屋外溫熱環境の評價と, 東京大學大學院博士論文, 2000.12
6. Halls S, The Mosteller formula for calculating body surface area, Clin Cancer Res, Vol. 2005, 2003.11
7. ASHRAE, 2005 ASHRAE Handbook Fundamentals, ASHRAE, 2005.
8. 石井 仁, 高等專門學校における溫熱環境に関する實測調査(その2), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 2001