

# 재실밀도의 변화에 따른 건물에너지 사용량 분석을 위한 예비조사

최종대\*, 윤근영\*\*

\*경희대학교 대학원 건축공학과(rkaeld1@khu.ac.kr),  
\*\*경희대학교 건축공학과(gyyun@khu.ac.kr)

## A Preliminary Study the Effect of Occupancy Densities on Building Energy Consumption

Choi, Jong Dae\*, Yun, Geun Young\*\*

\*Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Kyung Hee University(rkaeld1@khu.ac.kr),  
\*\*Dept. of Architectural Engineering, Kyung Hee University(gyyun@khu.ac.kr)

### Abstract

This paper reports the Survey results from a field monitoring study of office occupancy densities. The field measurement of a office in Yongin was carried out from 19 September to 30 September 2011. The survey has an aim to reveal the building energy consumption relationship between occupancy densities of a realistic office and the previous studies. The results showed that hourly occupied density of the previous studies is more higher than a field survey. we investigated the effects of difference occupancy densities on annual heating and cooling energy consumption using EnergyPlus. Heating and cooling consumption was raised because of the increased occupancy density. therefore, accurately measure the occupnacy schedule is important in order to reduce excessive building energy consumption, and is an significant element to be considered in the energy simulation.

Keywords : 재실밀도(Occupancy density), 현장실측(Field survey), 건물에너지사용량(Building energy consumption)

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라의 에너지사용량 중 건물부문이 전체 에너지 소비량의 약 19.8%를 차지하고 있으며, 매년 그 값이 크게 증가하고 있다.<sup>1)</sup>

따라서 최근 대두되고 있는 지구온난화 및 기상이변 등의 문제를 해결하기 위해 건물의 에너지 사용량을 줄이는 것이 매우 중요하다.

기존 연구에서는 유사한 물리적 특성을 지닌 비주거용 건물에서 재실자의 행동은 2배

1) 에너지 경제 연구원 통계정보 시스템, <http://www.keei.re.kr>

의 에너지 사용 편차에 기여하고 있음을 밝혀낸 바 있다.<sup>2)</sup> 또한 현장 실측조사에서 동일한 건물에서의 거주자 사용행태(재실밀도, 건축환경 시스템)의 차이는 건물 에너지 사용 변화에 주된 이유이다.<sup>3)</sup> 이처럼 재실자의 실제 행동패턴은 건물에너지 사용량에 영향을 미치는 결정적인 요소이다. 따라서 먼저 건물 재실자의 재실밀도를 정확하게 측정하는 것이 필수적이다.

본 연구는 재실자의 실제 재실밀도가 건물 에너지 사용량에 미치는 영향에 대해 분석하고자 한다.

본 연구에서는 사무실 공간의 실제 재실자의 일일 평균 재실시간을 현장실측을 통해 파악하였다. 그리고 선행연구에서 제시하는 사무실 공간의 재실밀도와 현장실측을 통해 파악한 재실밀도를 비교하였다. 이를 바탕으로 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 재실밀도에 따른 에너지 사용량 변화에 대해 분석하였다.

## 1.2 기존 연구의 동향

건물의 에너지사용량이 증가하고 많은 문제들이 발생되면서 건물 재실자의 사용행태와 건물에너지 사용량에 대한 연구들이 진행되어 왔다. 그러나 선행연구(Bourgeois 2006, ASHRAE Standard 1254-RP)에서 제시된 대부분의 재실밀도는 이상적인 가정을 하는 경향이 있다. 예를 들면 평일 업무시간인 9시부터 17시까지의 재실 밀도는 90%이상, 주말이나 공휴일의 재실밀도는 0%인 경우이다. 이러한 부정확한 재실밀도의 정보는 정확한 건물 에너지사용량을 예측할 수 없게 만들 것이다. 그림 1은 선행연구의 업무시간대 재실밀도를 나타낸 것이다.

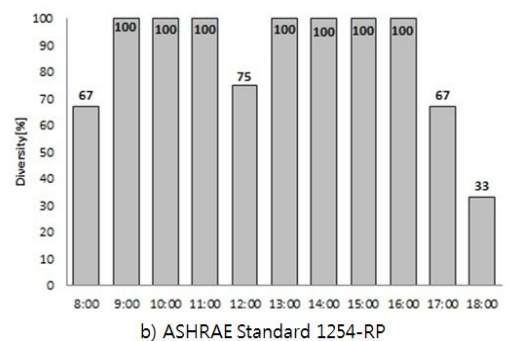
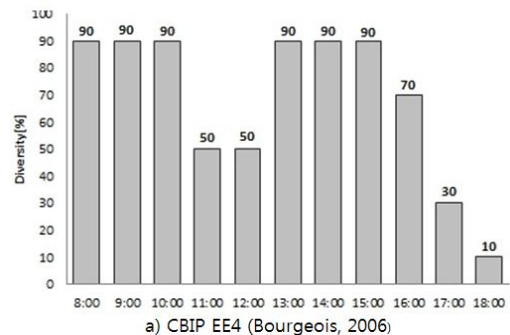


그림 1. 선행연구의 업무시간대 재실밀도<sup>4)5)</sup>

## 2. 현장실측

### 2.1 대상 사무실 개요

측정 대상은 경기도 용인시에 소재하고 있는 K대학교 공과대학 건물의 일반사무실이다. 표 1은 실A의 면적과 창면의 방위, 재실 인원 및 재실자의 유형을 나타낸 것이다.

표 1. 대상 사무실의 개요

구분	면적 (m <sup>2</sup> )	재실 인원 (명)	창면의 방위	재실자 유형
실A	114.75	16	동향	정식직원/ 계약직직원/ 근로조교

실A의 면적은 114.75m<sup>2</sup>이고, 동쪽에 9m<sup>2</sup>

2) Banker, N., and Steemers, K., Energy and Environment in Architecture, Taylor & Francis, 2005

3) Yun, G. Y., Kong, H. J., and Kim, J. T., A field survey of Occupancy and air-conditioner use patterns in open plan offices, Indoor and Built environment, 2010

4) EE4 CBIP user's guide, v.1.30, Natural resources canada, ottawa, 2000

5) ASHRAE 1254-RP evaluating the ability of unitary equipment to maintain adequate space humidity levels, phase II, 2006

면적의 창이 있는 사무실이다. 재실자 유형은 정식직원, 계약직직원 및 근로조교이고, 재실인원은 16명으로 구성되어 있다.

### 2.2 측정방법

측정은 2011년 9월 19일부터 2011년 9월 30일까지 2주간 진행되었으며, 공휴일 및 주말은 측정 대상에서 제외시켰다. 일일 측정기간은 실제 재실자의 일일 평균 주간 업무시간인 09:00분부터 18:00분까지 측정하였다. 측정간격은 매 30분 간격으로 측정자가 재실인원을 파악하여 일일 총 17회 측정을 하였다. 그러나 점심시간인 12:00분부터 13:00까지는 한 시간 간격으로 측정을 하였다. 실의 도면과 재실자의 위치는 그림 1과 같다.

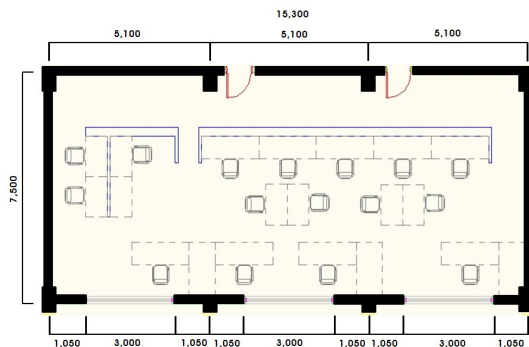


그림 2. 실의 도면 및 재실자의 위치

## 3. 측정결과

### 3.1 재실밀도

실A의 재실밀도 분포를 알아보기 위하여 30분 간격으로 재실인원을 측정하였다. 그림 2는 실A의 재실밀도를 나타낸 것이다. 측정값이 의미하는 것은 각 시간대 별 재실밀도를 백분율로 나타낸 것이다. 실A의 업무시간대 별 재실밀도 분포는 68%~80%로 전체적으로 유사하게 나타났다. 그러나 출근시간인 9시, 퇴근시간인 18시에 재실밀도는 업무시간과 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 실A의 재실자인 정식직원의 출·퇴근 시간이 계약직직원과 차이가 있기 때문이라고 판단된다.

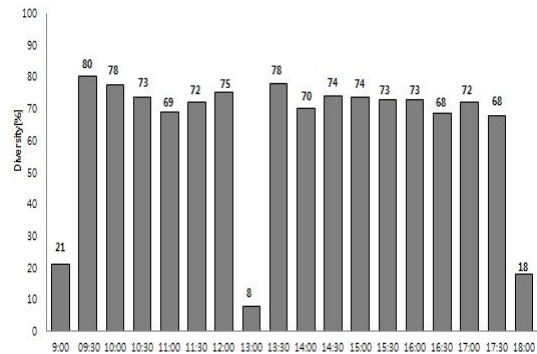


그림 3. 실A의 재실스케줄

## 4. 재실밀도와 건물 에너지사용량

### 3.1 시뮬레이션 모델

시뮬레이션 대상 사무실의 개요는 표 2와 같다. 실의 크기는 15.3m(W)×7.5m(D)×3.5m(H)이다. 창의 면은 동향이며, 창의 면적은 9m<sup>2</sup>이다. 건물 에너지사용량 분석을 위하여 사용된 시뮬레이션 프로그램은 미국 DOE(Department Of Energy)에서 배포한 EnergyPlusV6-0-0이다.<sup>6)</sup>

### 3.2 시뮬레이션 변수

앞서 살펴본 분석 결과, 기존 문헌이 제시하는 재실스케줄과 현장실측을 통해 파악한 재실밀도는 차이가 나타났다.

표 2. 시뮬레이션 모델 개요

구분	내용
기상데이터	서울 (위도 : 37.57, 경도 126.97)
실의 크기	15.3m(W)×7.5m(D)×3.5m(H)
창	동향 창 (9m <sup>2</sup> )
구조체의 열관류율	외벽 : 0.35 W/m <sup>2</sup> ·K 바닥 : 0.25 W/m <sup>2</sup> ·K 유리창 : 1.978 W/m <sup>2</sup> ·K
HVAC	Fan-coil unit
냉난방 설정온도	난방 : 22°C, 냉방 : 26°C

차이가 발생하는 재실밀도에 따른 에너지 사용량의 변화를 분석하기 위하여 표 3을 바

6) EnergyPlus Documentation, EnergyPlus Manual, US Department of Energy, 2010

탕으로 재실밀도에 대한 3가지 변수를 선정하였다.

표 3. 각 변수의 재실밀도

Hour (until)	재실밀도(%)		
	실A	CBIP EE4	ASHRAE Standard
08:00	0	90	67
09:00	21	90	100
10:00	79	90	100
11:00	71	50	100
12:00	72.5	50	75
13:00	8	90	100
14:00	74	90	100
15:00	74	90	100
16:00	73	70	100
17:00	70	30	67
18:00	43	10	33

3.3 재실밀도에 따른 에너지사용량 변화  
재실밀도의 변화가 건물의 에너지사용량에 미치는 영향을 알아보기 위해서 3가지 변수의 재실밀도를 변화시키면서 시뮬레이션을 실시하였다. 그림 4는 재실밀도에 따른 건물의 연간 냉난방에너지 사용량을 나타낸 것이다. 실A의 경우, 연간 건물의 에너지 사용량이 90.7 kWh/m<sup>2</sup>로 나타났다. 반면, 선행연구인 CBIP EE4, ASHRAE Standard의 재실밀도를 적용한 연간 건물의 에너지 사용량은 각각 101.33 kWh/m<sup>2</sup>, 99.14 kWh/m<sup>2</sup>로 실A에 비해 약 10% 증가한 것을 알 수 있다. 이는 재실밀도가 건물 에너지사용량에 중요한 영향을 미치는 요소라 판단된다.

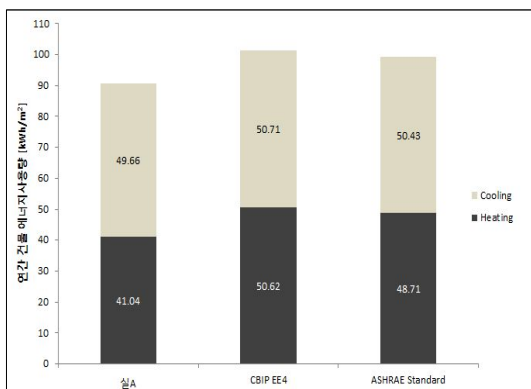


그림 4. 재실스케줄에 따른 에너지 사용량

## 5. 결 론

본 연구에서는 현장 실측을 통한 실제 재실 밀도와 선행연구에서 제시한 재실밀도를 바탕으로 건물에너지 사용량의 변화를 분석하였다. 건물에너지 분석결과, 전체적인 재실밀도가 높은 선행연구를 적용한 경우 건물에너지 소비량이 크게 나타났다. 이는 건축물의 에너지 성능 분석에 있어서, 재실밀도가 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서 재실밀도는 에너지 분석 시 정확하게 고려되어야 할 요소라 판단된다.

추후 연구에서는 보다 많은 사무실을 대상으로 재실밀도를 실측하여, 연구결과의 신뢰성을 확보 할 예정이다.

## 후 기

이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011-0004642, / No.2011-0027231)

## 참 고 문 헌

1. 에너지 경제 연구원 통계정보 시스템, <http://www.keei.re.kr>
2. Banker, N., and Steemers, K., Energy and Environment in Architecture, Taylor & Francis, 2005
3. Yun, G. Y., Kong, H. J., and Kim, J. T., A field survey of Occupancy and air-conditioner use patterns in open plan offices, Indoor and Built environment, 2010
4. EE4 CBIP user's guide, v.1.30, Natural resources canada, ottawa, 2000
5. ASHRAE 1254-RP evaluating the ability of unitary equipment to maintain adequate space humidity levels, phase II, 2006
6. EnergyPlus Documentation, EnergyPlus Manual, US Department of Energy, 2010