

강제환기가 적용된 시험공간에서 냉난방부하의 시뮬레이션 및 실증실험

김 동 혁, 홍 희 기^{**}, 유 호 선^{**}, 김 옥 중^{***}

경희대학교 대학원, ^{*}경희대학교 기계산업시스템공학부, ^{**}숭실대학교 기계공학과, ^{***}한국기계연구원

Simulation and Verification Experiment of Cooling and Heating Load for a Test Space with Forced Ventilation

Dong-Hyuk Kim, Hiki Hong^{**}, Hoseon Yoo^{**}, Ook Joong Kim^{***}

Graduate School, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea

^{*}School of Mechanical and Industrial System Engineering, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea

^{**}Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

^{***}Energy Systems Research Center, Korea Institute of Machinery and Materials, Daejeon 305-343, Korea

(Received August 8, 2006; revision received October 13, 2006)

ABSTRACT: Building energy consumption according to the ventilation has been considered to be an important subject. The purpose of this study is to investigate the cooling and heating loads in a test space with a forced ventilating system. In the test space, on/off controlled air-conditioning and forced ventilating facility were operated between 8:30 to 21:00 during 4 days and some important data like temperatures and energy consumption were measured to obtain actual thermal loads. The simulation was carried out in a mode of temperature level control using a TRNSYS 15.3 with a precisely measured air change amount and performance data of air-conditioner. Heating load and cooling load including sensible and latent were compared between by experiment and by simulation. Both of thermal loads associated with ventilation show a close agreement within an engineering tolerance.

Key words: Cooling load(냉방부하), Heating load(난방부하), TRNSYS, Dynamic load calculation(동적열부하계산), Forced ventilation(강제환기), Performance data(성능데이터), Building energy simulation(건물에너지 시뮬레이션)

1. 서 론

실내에서 생활하는 시간이 길어지고 생활의 질이 향상됨에 따라 실내 쾌적성에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 환경부에서는 2003년 5월

“다중이용시설 등의 실내공기질 관리법”을 공포하였고, 2004년 4월과 2005년 5월에 각각 관련법을 개정함으로써⁽¹⁾ 제도적으로 실내공기질을 향상시키기 위해 노력하고 있다. 그러나 실내 쾌적성만을 고려하는 경우 환기량의 증가에 따른 건물에너지의 손실이라는 상충되는 결과를 가져올 수 있어, 환기와 건물에너지가 조화될 수 있는 효율적 관리가 요구된다.

건물의 종합적인 에너지관리를 위하여 건물에너

† Corresponding author

Tel.: +82-31-201-2925; fax: +82-31-202-2625

E-mail address: hhong@khu.ac.kr

지 시뮬레이션(Building Energy Simulation, BES) 소프트웨어는 편리한 도구이지만, 본격적인 사용 전 검증은 필수적이다. 이에 따라 저자들은 시험 공간을 대상으로 냉난방부하 실측치와 예측치를 비교함으로써 특정 소프트웨어를 이용한 모델링의 타당성에 대하여 고찰한 바 있다.^(2,3) 다만 이들 선행연구는 재현이 곤란하고 본질적인 불확실성을 내포하는 환기, 침입공기(침기), 재실자의 출입 등으로 인한 공기교환을 일체 배제한 제한적인 조건에 대한 것이다. 공기교환 배제는 실제와는 상이한 이상적인 조건일 뿐만 아니라 시뮬레이션 모델링에도 제약을 초래할 수 있다. 예컨대 냉방의 경우 공기교환이 배제되면 냉방기 운전에 의한 습도(잠열)의 과도변화를 시뮬레이션에 고려하기가 쉽지 않다.

본 연구에서는 실제와 보다 유사한 조건을 구현하기 위하여 강제환기 상태에서 실증실험과 시뮬레이션을 수행하고자 한다. 다만 선행연구와 같이 시험기간 중 틈새밀봉, 출입통제를 통하여 강제환기 이외의 측정 불가능한 공기교환을 최소화한다. 환기량의 정밀한 측정을 전제하여도 환기 유무에 따라, 난방의 경우 본질적 차이가 별로 없지만, 냉방의 경우 전술한 습도문제 등 상당한 차이를 가져올 수 있다. 환기량 측정과 냉방기 성능자료에 수반되는 불확실성이 실험과 예측 사이 오차의 주된 원인인 만큼 축적된 경험과 주의가 요구되는 과제이다. 본 연구는 냉난방기의 성능자료가 확보된 상태에서 강제환기를 포함한 냉난방

부하 예측모델이 실증실험을 타당하게 추종하는지를 다루고자 한다.

2. 실험

2.1 시험공간

실증실험을 수행하기 위한 시험공간은 예측과의 비교를 위해 벽체의 재료, 물성치 등이 명확히 정의되어 있어야 하고, 열원이나 측정기기 등 실험을 위한 제 조건을 구비하여야 한다. 본 연구에서는 이미 유사한 목적으로 사용된 바 있는 시험공간을 선택하였으며, 여기서는 중요한 점만 요약하고 구체적인 사항은 문헌^(2,3)을 참조하기 바란다.

시험공간과 영향을 미치는 인접공간을 Fig. 1에 도시하였다. 시험공간(5,540×3,385×3,500 mm)의 천장과 유리창(1,485×1,820 mm의 복층유리, 단일창)을 포함한 남쪽벽은 외기에 노출되어 있으며, 나머지 벽은 복도와 창고 등 인접공간과 접한다. 각 벽체의 구성과 재료의 물성치⁽⁴⁾는 각각 Fig. 2와 Table 1에 정리하였다.

시험공간과 접한 복도, 창고 및 ㉠부분(Fig. 1 참조, 바닥면적의 40%)의 아래층은 비공조공간이나, ㉡부분(바닥면적의 60%) 아래층은 공조공간

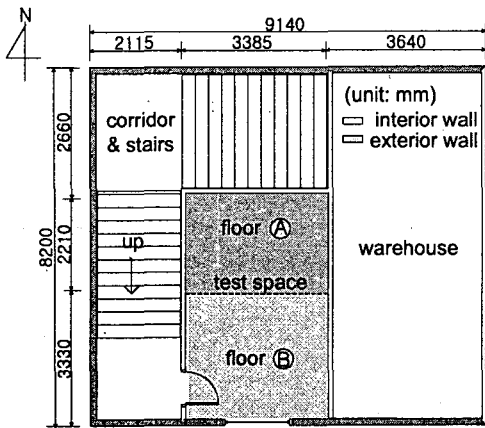
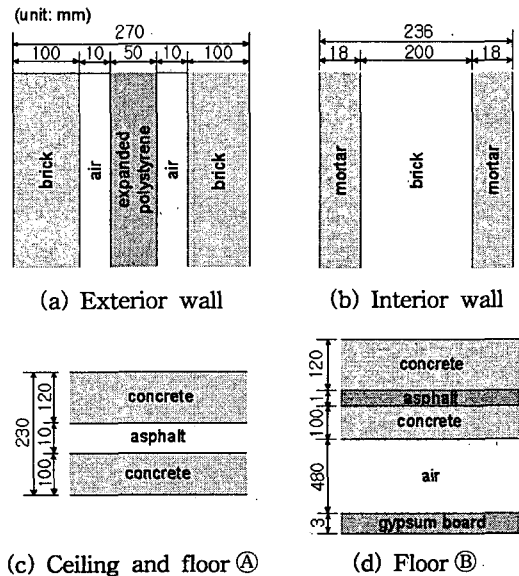


Fig. 1 The plan of the present test space and its vicinity.



(c) Ceiling and floor ㉠ (d) Floor ㉡

Fig. 2 The wall composition.

Table 1 The properties of wall materials

Material	Thermal conductivity [W/mK (kcal/mh°C)]	Specific heat [kJ/kgK (kcal/kg°C)]	Density [kg/m ³]
Brick	0.64 (0.55)	0.84 (0.20)	1,660
Expanded polystyrene	0.034 (0.03)	1.25 (0.30)	28
Mortar	1.51 (1.30)	0.79 (0.19)	2,000
Asphalt	0.11 (0.10)	0.92 (0.22)	1,000
Concrete	1.39 (1.20)	0.88 (0.21)	2,200
Gypsum board	0.17 (0.15)	0.31 (0.27)	910
Air space	Thermal resistance		
	Horizontal (10~500 mm)		0.17 m ² K/W
	Perpendicular (10~20 mm)		0.13 m ² K/W
Pair glass window	Overall heat transfer coefficient: 2.8 W/m ² K		

이므로 시험공간과의 상호작용이 고려되어야 한다. 이에 따라 보다 정확한 모델링을 위해 아래층의 실내온도 및 천장 표면온도를 실측하여 이를 시뮬레이션에 적용하였다.

시험공간 우측의 창고 동쪽은 또 다른 비공조 공간이나, 두 공간의 온도차가 거의 없어 이들 사이 열교환은 없는 것으로 간주할 수 있다. 즉, 시뮬레이션에서 창고 동쪽 벽에는 단열 경계조건을 부여한다.

2.2 실험방법

실험조건은 일반사무실을 모델로 하여 08:30부터 21:00까지 냉방기가 작동되도록 부여하였다. 실내온도는 예비실험, 외기온도와 냉방기의 성능자료를 고려하여 27±1°C로 설정하였다. 냉방열원

으로는 선행연구에서 사용되었고 성능자료가 확보된 호칭용량 2,000 W의 on/off 제어 창문형 냉방기를 사용하였다. Table 2는 그 성능자료이다.

냉방부하는 냉방기에서 제거한 총 에너지를 측정함으로써 구한다. 이를 위해 냉방기의 공기 입구와 출구에서 건구온도와 상대습도를 측정하였고, 증발기 통과 공기유량(5.2 m³/min)을 적용하여 현열 및 잠열부하를 산출하였다. 이렇게 구해진 부하를 실내의 온습도 조건에 대응하는 Table 2의 냉각능력(보간이 필요)과 비교하여 검증하였다. 냉방기 성능자료 및 측정에 따른 오차요인에도 불구하고 양자는 5% 이내의 범위에서 양호하게 일치한다.

시험공간은 층고가 높아(3,500 mm) 온도의 수직편차가 발생할 수 있으므로 선풍기를 이용하여 실내공기를 강제로 순환시켰다. 이러한 실내온도

Table 2 Measured performance data of the present air-conditioner

Outdoor temperature	24°C			28°C			32°C			
	Indoor conditions									
Indoor conditions	Temperature									
	24°C	26°C	28°C	24°C	26°C	28°C	24°C	26°C	28°C	
Relative humidity	Total cooling capacity [W]									
	40%	2018	2108	2281	1886	2037	2119	1843	1865	2094
	55%	2227	2311	2486	2093	2193	2336	1909	2099	2218
	70%	2367	2462	2614	2317	2492	2533	2085	2303	2371
	COP/SHR									
	40%	3.61/0.81	3.73/0.80	4.01/0.77	3.16/0.83	3.38/0.80	3.49/0.79	2.93/0.87	2.90/0.83	3.23/0.80
	55%	3.93/0.63	4.05/0.60	4.35/0.60	3.45/0.65	3.86/0.61	3.86/0.61	3.28/0.66	3.24/0.63	3.47/0.61
	70%	4.17/0.50	4.30/0.49	4.56/0.48	3.81/0.51	4.07/0.49	4.15/0.48	3.56/0.51	3.63/0.50	3.73/0.49

Table 3 Numerical data used in simulation

Item	Value	
Indoor temperatures	Cooling	27±1℃
	Heating	20±1℃
Gains	Lighting	160 W
	Machinery	270 W
Heat transfer coefficient	Interior surface	8.3 W/m ² K
	Exterior surface in summer	22.7 W/m ² K
	Exterior surface in winter	34.0 W/m ² K

의 수직뿐만 아니라 수평 균일성을 확인하기 위하여 시험공간을 84등분하여 각각의 온도를 측정하였다. 편차는 1℃ 이내로서 균일한 분포를 보임을 확인하였다. 특히 평균 온도를 보인 위치에 열전대를 설치하여 실내온도의 대표성을 확보하고자 하였다.

열부하는 일사량, 외기온도 등 기상조건뿐만 아니라 인접공간과의 열교환과 관련되므로 시뮬레이션과의 합리적인 비교를 위해 각 공간 및 벽체의 온도변화를 함께 측정하였다.

열부하는 일사량, 외기온도 등 기상조건뿐만 아니라 인접공간과의 열교환과 관련되므로 시뮬레이션과의 합리적인 비교를 위해 각 공간 및 벽체의 온도변화를 함께 측정하였다.

강제환기는 최대풍량 2.7 m³/min인 송풍기에 의존하였다. 강제급기-자연배기인 제2종 환기방식으로서, 공급된 외기가 가급적 쉽게 확산될 수 있도록 굴절덕트를 통해 시험공간의 중앙부에서 분사되도록 하였다. 송풍기는 실험(공조)시간인 08:30부터 21:00까지 연속적으로 작동한다. 환기량은 0.5, 0.95 및 1.8 ACH 3개로 변화시키며 실험을 수행하였다. 다만 시뮬레이션과의 비교는 0.95 ACH에 국한하였다. 비공조시간 동안의 침기를 측정할 수는 없지만, 공조시간 동안의 자연배기를 감안할 때 무시할 수는 없으므로 시뮬레이션에서는 0.1 ACH로 입력하였다. 급기량은 굴절덕트 중간에 직관을 삽입하고 터빈식 속도프로브를 설치하여 측정하였다. 연속적으로 측정한 결과 시간에 따른 풍량의 변화는 거의 없었다.

조명(형광등)과 기기(PC와 선풍기)는 실험기간 동안 계속 작동하였기 때문에 시뮬레이션에는 실내 획득열량으로 포함시켰다. 이를 포함하여 시뮬레이션에 사용된 수치자료는 Table 3에 정리되어 있다.

온도, 습도, 냉방기의 소비전력과 on/off 상태는 36초 간격으로 측정하여 자료획득장치에 기록하였다. 냉방기 소비전력의 신뢰성 확보를 위하여 36초 간격의 순시전력의 합과 하루 단위 적산전

력을 함께 측정하여 비교한 결과 양자는 양호하게 일치한다.

난방실험은 기본적으로 냉방실험과 동일하므로 중복을 피하고 차이만을 기술한다. 난방열원은 4대의 대류식 전기가열기이다. 그 중 1.8kW 및 1.25kW의 가열기는 공조시간(냉방시와 동일) 동안 연속적으로 작동시키고, 2대의 on/off 제어 1.8kW 가열기로 실내설정온도 20±1℃를 유지하였다. 난방에 사용된 에너지는 전기가열기의 전력사용량을 36초 간격으로 측정하였으며, 적산전력 제에 의한 값과 1% 이내에서 일치하는 것을 확인하였다. 환기조건은 0.95 ACH로 하였으며, 냉방실험과 같이 시험공간 내 온도분포가 균일하도록 가열기 앞에 선풍기를 설치하여 실내공기를 강제로 순환시켰다.

3. 시뮬레이션

시뮬레이션은 미국 Wisconsin 대학에서 개발된 동적열부하 해석 프로그램인 TRNSYS를 사용하여 수행하였다. 잘 알려진 바와 같이 TRNSYS는 ASHRAE의 전달함수법⁽⁵⁻⁷⁾에 기초하고 있으며, 현재는 건물에너지의 종합적인 해석이 가능한 수준으로 발전하여 왔다.

TRNSYS의 부하산정방식은 설비 및 제어 계통의 포함 여부에 따라 에너지유체제어와 온도수준 제어로 구분된다. 이에 관한 구체적인 내용은 문헌⁽⁸⁾을 참조하기 바란다. 냉방기의 구체적 성능자료와 제어방법(on/off)이 알려진 본 연구의 경우 온도수준제어를 적용할 수 있다.

건물의 열부하에 영향을 미치는 기상인자는 기온, 습도, 일사량, 풍속, 풍향 등인데, Fig. 3에 표시한 바와 같이 TYPE 4를 통해 입력된다. 실험기간 동안 기온과 습도를 측정하여 해당지역인 수

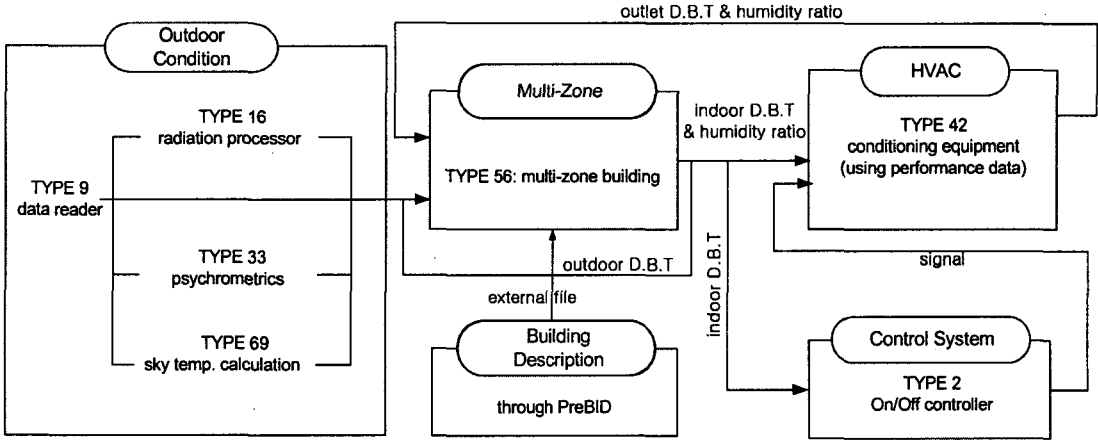


Fig. 3 Flow diagram in the present calculation.

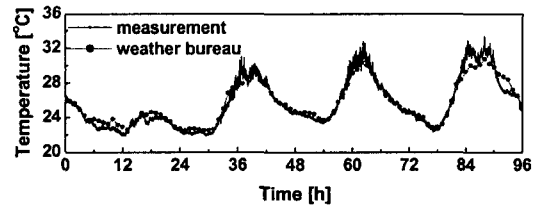
원의 기상청자료와 함께 Fig. 4에 도시하였다(일사량은 기상청자료뿐임). 기온과 습도의 비교에서 알 수 있듯이 양자의 차이가 크지 않기 때문에 시뮬레이션에는 신뢰성을 고려하여 기상청자료를 사용하였다. 기상청자료는 기온과 습도의 경우 1시간 간격으로 제공되고 있으며, 일사량의 경우 1시간 동안의 적산값이다. 기온, 습도 등의 자료는 적절한 보간이 필요하며, 일사량은 TRNSYS에서 내부적인 직산분리(직달일사와 산란일사의 분리) 후 해석에 사용된다.

시뮬레이션에서는 실험과 근접한 상태를 구현하기 위하여 각 구역 사이 상호작용을 고려할 수 있는 다중구역건물(multi-zone building) 모듈인 TYPE 56을 이용하여 시험공간 및 인접공간을 모두 해석대상에 포함하였다. 해석대상 공간에 대한 정보는 그래픽 사용자접속 소프트웨어인 PreBID를 통하여 입력하였다. 그밖의 구체적인 시뮬레이션 계통은 Fig. 3에 정리하였다. 전술한 바와 같이 창고의 동쪽 벽을 통한 열전달은 무시하였고, 아래층의 공조공간에 대해서는 측정된 천장 표면온도를 경계조건으로 부여하였다.

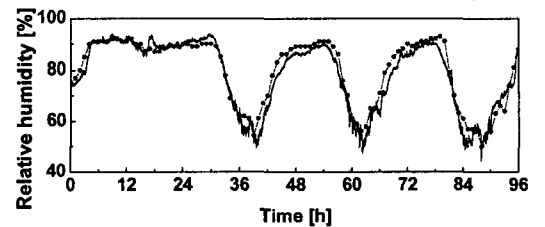
냉방기 성능자료는 선행연구⁽³⁾에서와 같이 TYPE 42(conditioning equipment)를 통해 해석에 반영된다. Fig. 3에 도시되었듯이, TYPE 42의 출력은 TYPE 56으로 입력되어 실내상태를 결정하는 데 사용된다. 보다 구체적으로, TYPE 42는 Table 2의 성능자료로부터 실내에서 제거하는 현열, 잠열 등을 계산하여 TYPE 56으로 보내고, TYPE 56은 현재시간에서의 실내온도와 습도를 구한다.

비교의 편의상 시뮬레이션의 시간간격은 실험의 측정간격과 같은 36초(0.01시간)로 취하였다.

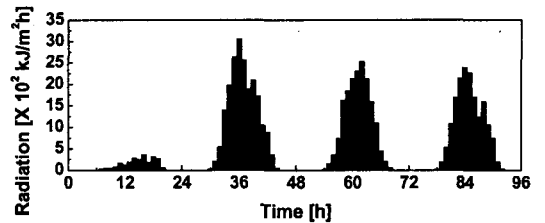
앞서 언급한 바 있듯이 시뮬레이션에 사용된 중



(a) Temperature



(b) Relative humidity



(c) Solar irradiation onto horizontal surface

Fig. 4 Weather data during the experiment.

요한 수치자료는 Table 3에 수록되어 있다. 특히 열전달계수는 내벽의 경우 계절과 무관하게 8.3 W/m²K로, 외벽의 경우 동계에는 평균 풍속 6.7 m/s에 대응하는 34.0 W/m²K로, 하계에는 3.4 m/s에 대응하는 22.7 W/m²K로 상이하게 부여하였다.⁽⁹⁾ 이외에도 벽 표면의 방사율은 일반적으로 사용되는 0.6, 형상계수는 수직벽 0.5 및 수평벽 1.0을 적용하였다.

4. 결과 및 고찰

2005년 7월 28일 0시부터 31일 24시까지 수행한 냉방실험과 시뮬레이션 결과를 Fig.5 및 Table 4에 정리하였다. Fig.4에 보인 바와 같이 제1일은 일사가 거의 없고 습도가 높은 흐린 날이며, 나머지 사흘간은 일사상태도 좋은 전형적인 여름 날씨를 보인다. 다만 제2일은 외기온도가 다소 낮고, 실험에 사용된 창문형 냉방기의 특성상 실내 온도에 의해서만 제어되기 때문에 작동되는 시간이 상대적으로 짧고 on/off가 빈번한 편이어서 실측과 시뮬레이션의 현열부하가 상당히 차이가 난다. 그러나 제1,3,4일의 경우에는 정량적, 정성적으로 대단히 좋은 일치를 보인다. 현열부하와 달리 잠열부하는 전반적으로 대단히 좋은 예측을 보이며, 이 둘의 합산치인 전열부하는 현열부하의 차이가 반영되어 시뮬레이션이 1.8% 정도 작게 예측하고 있으나, 공학적인 관점에서 대단히 좋은 일치라고 할 수 있다.

냉방기의 on·off가 빈번한 경우에는 일반적으로 설비의 특성을 정확히 반영하기 어려워 시뮬레이션이 실제상황을 추종하기 곤란하다. 즉, Fig.5의 (g)에서 36 sec 간격으로 계산을 수행한 시뮬레이션에서는 실제보다도 매우 빈번하게 on·off 상태가 반복된다. 이는 건물 벽과 가구 등의 축

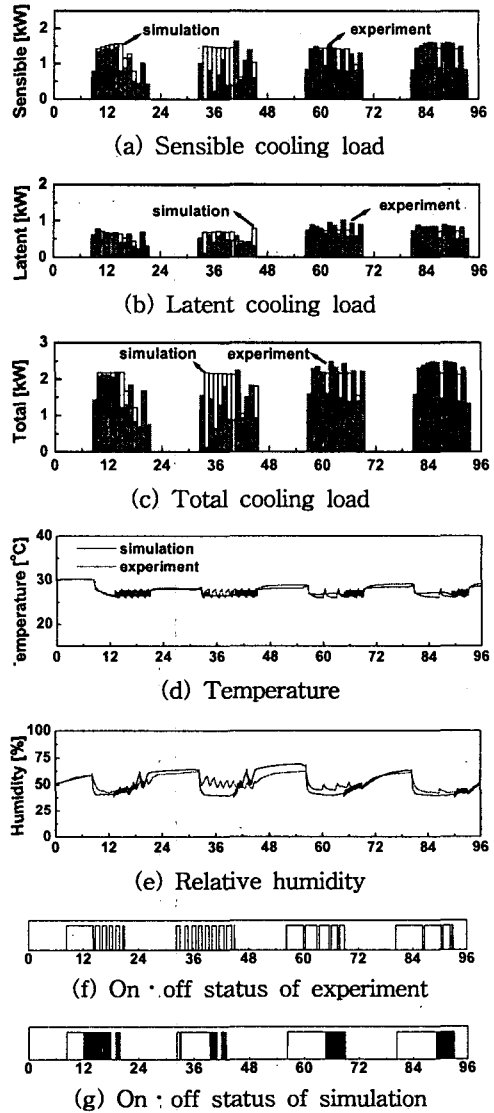


Fig. 5 Comparison of results between the experiment and simulation for cooling.

Table 4 Comparison of the daily accumulated sensible, latent and total cooling load between experiment and simulation (Unit: MJ)

Period (h)	Sensible cooling load		Latent cooling load		Total cooling load	
	Experiment	Simulation	Experiment	Simulation	Experiment	Simulation
0~24	47.5	48.2	25.2	26.6	72.7	74.9
25~48	36.0	49.0	22.0	28.1	58.0	77.0
49~72	55.8	54.4	37.8	32.0	93.6	86.4
73~96	63.0	58.7	36.0	32.4	99.4	91.1
Total	202.7 (-3.6%)	210.2	121.0 (+1.5%)	119.2	323.6 (-1.8%)	329.4

열효과 등이 시간지연의 형태로 나타나며, 냉난방기기 역시 설정치에 민감하게 작동하지 않게 설계·제작되기 때문일 것으로 판단된다.

침기의 양을 추정하는 것은 쉬운 일이 아니다. 공조시간대에 강제환기를 수행하는 동안은 그다지 문제가 되지 않으나, 자연환기 혹은 비공조시간대에 침투하는 공기의 양을 별도의 방법으로 정확히 계측하지 않는 한 시뮬레이션을 불확실하게 하는 큰 요인이 될 수 있다. 본 연구에서는 비공조시간대의 실내온도 및 습도 변화의 추이를 분석하여 0.1 ACH 정도의 침기가 발생한 것으로 추정된 것이다. 이로써 실측 및 계산된 실내온도와 습도(Fig.5의 (d), (e))는 비교적 좋은 일치를 보이며, 적절한 추정치이었음을 확인할 수 있다. 비공조시간대의 침기는 공조부하에 직접적인 영향을 미치는 요소는 아니나, 다음날 공조가 시간될 때 초기조건이 달라질 수 있어 다소의 영향을 미치게 되므로 정확한 계측이 수반되는 경우 시뮬레이션의 불확실성은 다소나마 줄일 수 있다.

난방에 대한 실험은 2005년 12월 9일부터 4일간 실시하였으며, 온도변화를 Fig.6의 (a)에, 난방부하를 Fig.6의 (b)와 Table 5에 정리하였다. 냉방부하와 달리 불확실성의 요인이 적기 때문에 시뮬레이션을 통해 훨씬 정확한 결과의 예측이 가능함을 알 수 있다. 다만 가스보일러 등을 사용하는 경우에는 이를 정확히 표현할 수 있는 성능데이터 및 제어방식 등이 사전에 확보되어야만 한다. 반면에 온도에 의한 난방의 경우에는 온돌 자체의 축열효과와 온돌 표면에서의 복사열전달로 인해 실내공기의 직접적인 가열보다 다른 벽체 및 실내가구의 가열 후 대류열전달에 의한 실내공기의 이차적인 가열로 인한 시간지연 등 정확한 시뮬레이션을 어렵게 할 수 있는 다수의 인자가 포함된다. 따라서 이를 정확히 해석하기 위

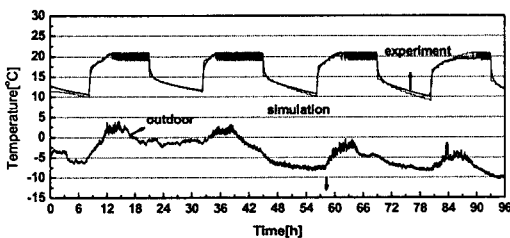
Table 5 Comparison of heating loads between by experiment and by simulation (Unit: MJ)

Period	Experiment	Simulation
0~24	195.5	182.9
25~48	175.4	166.8
49~72	195.5	194.9
73~96	218.7	209.1
Total	785.0	753.7

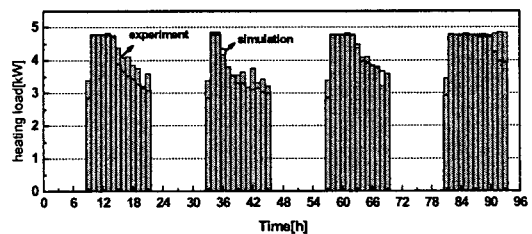
해서는 별도의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결론적으로 정확한 시뮬레이션을 위해서는 환기횟수의 정확한 계측과 냉난방기기의 신뢰성 있는 성능데이터가 전제되어야 함을 강조하고자 한다. 즉, 건물에너지 시뮬레이션에 가장 중요한 부분이 건물 자체의 정보와 더불어 바로 냉난방기기의 성능데이터의 확보라고 해도 과언이 아니다. Table 2와 같은 상세한 성능데이터를 제조업체로부터 입수하는 것이 어렵고, 또한 현열과 잠열로 분리된 형태를 제공받는 것이 사실상 불가능하기 때문에 이를 분리하기 위한 적절한 모델링 혹은 다양한 조건 하에서 현장설치실험을 통해 냉방기 입출구의 공기에 대한 건구온도와 습도를 측정하여 현열비를 구할 수밖에 없다. 이와 같은 신뢰성 있는 성능데이터의 확보가 전제되지 않는 한 불확실성이 다수 포함된 실험성 없는 시뮬레이션 결과에 불과할 수도 있다.

본 연구를 통해 팬히터 및 냉방기의 정확한 성능데이터가 제공된 상태에서 시뮬레이션을 통해 상당히 정확한 성능예측이 가능함을 확인할 수 있었다. 특히 환기에 의한 실내환경개선과 에너지 절약의 문제가 상충되고 있는 현실에서, 환기와 냉방기기의 성능을 고려한 정밀 시뮬레이션은 최



(a) Temperature



(b) Heating load

Fig. 6 Comparison of results between the experiment and simulation for heating.

적의 운전조건 설정 및 에너지소비량 예측을 위해 대단히 중요하다고 할 수 있으며, 이를 위해 향후 보다 다양하고 복잡한 시스템을 대상으로 BES에 대한 지속적인 연구가 요구된다.

5. 결 론

냉난방부하 실증실험 및 시뮬레이션과 관련되는 일련의 연구로서 실제 상황과 같도록 환기를 고려한 동일 시험공간을 대상으로 냉난방부하 실증실험을 각각 4일 동안 실시하고 TRNSYS 15.3을 이용한 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

비교적 정확한 환기량의 제측과 침기횟수의 추정 및 공인기관에서 제공된 창문형 냉방기의 성능데이터를 이용한 시뮬레이션은 실험결과와 정성적·정량적으로 대단히 좋은 일치를 보였다. 그러나 외기온도가 낮아 에어컨의 작동이 빈번한 경우에는 현열부하에서 다소 차이를 보이며 이에 대한 모델링의 개선 및 보완은 향후 해결해야 할 과제이다.

난방부하 실험의 경우에는 대류식 팬히터를 사용함으로써 기기에 대한 불확실성의 여지가 거의 없어 시뮬레이션에 의한 결과는 실험값을 매우 정확히 추중함을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 에너지관리공단 R&D 본부의 지원으로 이루어진 것으로 관계자들에게 감사를 표하는 바입니다.

참고문헌

1. <http://me.go.kr/>
2. Hyun, S.K., Hong, H. and Yoo, H., 2002, Verification experiment and calculation of heating load for a test space, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 14, No. 2, pp. 153-160.
3. Yoo, H., Hyun, S.K., Kim, Y.-S. and Hong, H., 2003, Verification experiment and calculation of cooling load for a test space, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No. 8, pp. 641-651.
4. Kim, Y.H. and Park, J.W., 1999, The newest air conditioning equipment, Bomundang, pp. 462-463.
5. McQuiston, F.C. and Spitler, J.D., 1992, Cooling and heating load calculation manual, 2nd ed., ASHRAE.
6. McQuiston, F.C. and Parker, J.D., 1994, Heating, ventilating and air conditioning, 5th ed., Wiley.
7. Yoon, J.H., 1999, The state of the art in the field of dynamic building energy simulation, Society of Air-Conditioning and Refrigeration Engineers of Korea, pp. 39-50.
8. Solar Energy Lab., 1994, TRNSYS reference manual, University of Wisconsin-Madison.
9. ASHRAE, 1993, Fundamentals of ASHRAE Handbook, p. 22.1.