

공동주택 외부 표면 일사흡수율 및 장파방사율에 의한 냉난방 부하 분석

An Analysis on Heating and Cooling Load by Insolation Absorptance and Longwave Emissivity of the Exterior Surface for an Apartment House

김 현 우* 윤 성 환**
Kim, Hyun-Woo Yoon, Seong-Hwan

Abstract

In this study, dynamic heat load simulation was conducted according to apartment house's insolation absorptance and longwave emissivity of the exterior surface. This study analyzed heating and cooling load changes in relation to directions and regions. The main results are as follows.

1) In the insolation absorptance in Seoul, heating load decrease of about 9.00GJ/YR and cooling load increase of about 2.36GJ/YR was appeared and total load was decreased approximately 6.65GJ/YR on average for every increase of 10%. 2) Longwave emissivity in Seoul, heating load increase of about 0.42GJ/YR and cooling load decrease of about 0.13GJ/YR was appeared and total load was increased approximately 0.29GJ/YR on average for every increase of 10%. 3) By the direction of the building, heating load in Seoul was indicated high in the west, east and south in the order. In the insolation absorptance on average for every increase of 10%, heating load was decreased about 9.00GJ/YR per in the south, about 9.24GJ/YR per in the west and about 9.47GJ/YR per in the east. On the other hand, cooling load was indicated high in the east, west and south in the order. In the insolation absorptance on average for every increase of 10%, cooling load was increased about 2.36GJ/YR per in the south, about 2.72GJ/YR per in the east and about 2.77GJ/YR per in the west.

키워드 : 공동주택, 동적열부하 시뮬레이션, 일사흡수율, 장파방사율

Keywords : Apartment House, Dynamic Heat Load Simulation, Insolation Absorptance, Longwave Emissivity

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

20세기 들어 무분별한 개발과 에너지소비로 인해 지구 환경이 악화되었고 그 중 지구온난화 문제가 국제적으로 대두되었다. 이산화탄소 배출에 관한 규제가 강화되었고 우리나라도 교토의정서 제2차 기간에 의무대상국에 포함될 가능성이 큰 것으로 알려져 있다. 이에 따라 국가 전체 이산화탄소 배출량의 약 30%를 차지하는 건축분야에서의 에너지 절감이 요구된다. 우리나라 에너지소비 부문의 약 23%를 차지하고 있는 건축물 분야에 대한 에너지 효율을 개선하기 위해서는 설계단계에서부터 에너지절약 설계를 고려할 필요가 있다. 최근 건물 에너지효율등급 인증과 지능형건축물 인증 획득시 건축기준(용적률, 조정

면적 등)을 최대 9%까지 완화 받을 수 있는 인센티브제도가 도입되었다¹⁾. 또한 설계기준도 상향되어 오는 2025년에는 제로에너지건물을 의무화하는 방안이 추진되고 있다. 한편, 저에너지·저탄소 경제체제 전환을 목표로 단계적으로 국가 에너지 이용효율을 개선하려는 방침이 제기되고 있다²⁾. 건물에너지 분야에서는 효율 상향 방안으로 고단열 외피, 고효율 환기 및 지능형 냉난방을 결합한 하이브리드 외피시스템 개발, 창호의 최저소비효율기준 및 등급표시제도 도입이 필요하다.

국내 건설업계는 에너지 효율향상을 위해 신소재 단열재, 고성능 창호, 지열 활용방식, 열병합 발전, 고효율 보일러, 태양열 시스템 등의 도입을 실시하고 있다. 건물의 부하를 줄이는 수단으로는 외피단열 강화가 대표적인데, 해외에서는 냉방부하 절감과 함께 도시고온화 방지의 측면에서 흰색 지붕 도료를 적용하려는 동향이 있다. 흰색 지붕 및 연한색(pale color) 도로색의 채택은 해당도시의 자동차 운행을 10년이상 중지하는 정도의 온실가스 배출

* 부산대 대학원 건축학과 석사과정

** 부산대 건축학과 부교수, 공학박사

(교신저자, 이메일: yoon@pusan.ac.kr)

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(07첨단 도시A01)에 의해 수행되었음

1) 에너지경제연구원, 에너지정책, 2009

2) 에너지경제연구원, 에너지절약기본계획 용역보고서, 2010

절감 효과를 기대할 수 있다는 보고도 있다³⁾. 건물로 입사되는 태양복사에너지를 반사하여 천공으로 방출함으로써 건물의 외부표면온도를 낮추어 냉방에너지를 절약할 수 있다. 건물 외부표면에 입사되는 태양에너지에 대하여 가시영역과 적외선영역의 반사율을 선택적으로 조절함으로써, 가시적으로 어두운 계열의 색이면서 열적외선에 대한 높은 반사특성을 지니는 특수도료가 개발되어 실용화 단계에 있다. 이 도료들은 현재 지붕 부위에 한정되어 다양한 재료로 사용되고 있으며 반사율과 방사율에 의한 등급과 열적 물성으로 인해 지붕 표면을 저온화하여 냉방에너지 절약 방안으로서 연구되는 추세다.

국내에서 건물 부문의 에너지소비 중 큰 비중을 차지하고 있는 주택의 냉난방부하 절감과 관련된 기존 연구들은 단열재, 창호 등에 외피와 관련된 변수를 설정하여 상호영향을 분석한 것이 대부분이다. 그러나 실질적으로는 외피 단열사양 외에 외피마감재, 도료선택에 따른 일사흡수율, 장파방사율 등에 의한 영향도 클 것으로 예상된다. 또한, 해외에서 대두되고 있는 ‘Cool Roof’ 개념의 도입에 관한 검토가 필요하다고 생각된다.

이러한 배경을 바탕으로 본 연구에서는 표준 공동주택 모델을 대상으로 동적열부하 시뮬레이션을 실시하여, 건물 외부 표면의 일사특성(일사흡수율 및 장파방사율) 변화에 따른 냉난방부하 변화량을 정량적으로 분석하는 것을 목적으로 한다.

1.2 기존 연구 동향

실측 및 실험을 통한 기존 연구로서, 근적외선 파장대의 반사 유색도료를 적용한 지붕의 표면온도와 건물 열류의 흐름을 실측하여 냉방에너지 절감을 분석한 후 다른 에너지 자원과 비교하여 절감효과를 나타낸 연구(Ronnen Levinson 등, 2007)⁴⁾, 반사율과 방사율이 상이한 페인트가 적외선 노출 시 표면 온도의 차이를 실험으로 고찰한 연구(Kai L. Uemoto 등, 2010)⁵⁾, 외기조건하에서 태양복사 복사와 습도를 고려하여 색상별 표면온도와 반사율을 실험으로서 분석한 연구(M. Santamouris 등, 2007)⁶⁾가 진행된 바 있다. 또한, 실측을 통해서 지붕 색상 변화에 의한 반사율과 지붕 상하 공간에서의 열전달을 분석하여 건축재료별로 시간흐름에 의한 변화를 기술한 연구(Harry Suehrcke 등, 2008)⁷⁾가 있다.

시뮬레이션을 수행한 기존 연구로서, A. Synnefa⁸⁾ 등이 다양한 기후 조건하에 주거건물에서 특정 도료의 사용이 에너지 부하와 열쾌적에 미치는 영향을 예측, 평가하였다.

국내에서는 박사근⁹⁾ 등이 실험적 방법에 의해서 건축물의 표면온도를 측정하여 건축 외장재별 색채와 광택이 일사표면온도에 미치는 영향을 검토하였다. 김옥¹⁰⁾ 등이 Cool Roof를 대상으로 에너지 성능 실험을 실시하여 실내온도 변화와 냉방부하량의 상관성에 대해 고찰하였다. 이종석¹¹⁾ 등이 건물 옥상의 색상 변화로 인한 건물 실내온도의 변화를 여름철 건물의 냉방부하 감소를 위한 방안으로서 분석하였다.

1.3 연구의 방법 및 과정

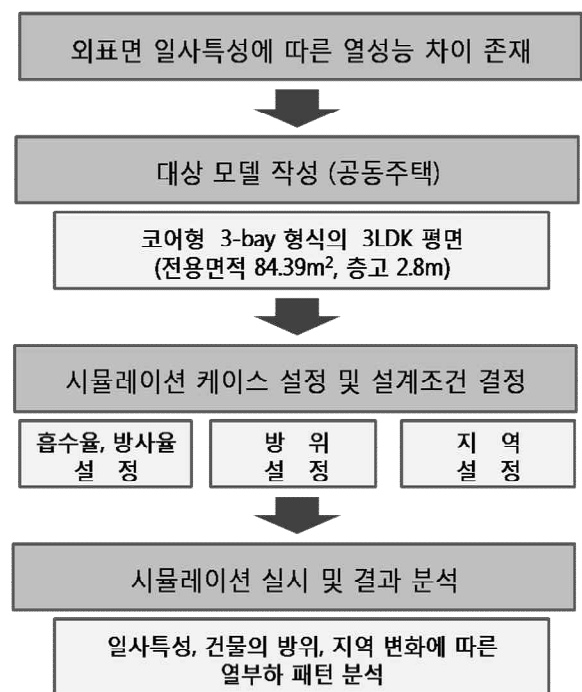


그림 1. 연구 흐름도

그림 1은 연구의 진행과정을 도식화 한 것이다. 본 연구에서는 공동주택의 외부표면의 일사특성 중 일사흡수율과 장파방사율에 의한 건물 열성능 변화 분석을 위해 공동주택의 표준주택모델을 설정하고, 지역별 범규기준의 외피단열사양을 충족시켜 모델링하여 동적열부하 시뮬레이션을 실시한다. 외피마감재의 일사특성 변화가 냉난방

3) 로렌스버클리연구소, 열섬효과 연구, 2009

4) Ronnen Levinson, Hashem Akbari, Joseph C. Reilly, Cooler tile roofed buildings with near infrared reflective non white coatings, Building and Environment, 42, pp.2591-2605, 2007

5) Kai L. Uemoto, Neide M.N. Sato, Vanderley M. John, Estimating thermal performance of cool colored paints, Energy and Buildings, 42, pp.17-22, 2010

6) A. Synnefa, M. Santamouris, K. Apostolakis, On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment, Solar Energy, 81, pp.488-497, 2007

7) Harry Suehrcke, Eric L. Peterson, Neville Selby, Effect of roof solar reflectance on the building heat gain in a hot climate, Energy and Buildings, 40, pp.2224-2235, 2008

8) A. Synnefa, M. Santamouris, H. Akbari, Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions, Energy and Buildings, 39, pp.1167-1174, 2007

9) 박사근, 장길수, 송민정, 신훈, 건축외장재의 일사표면온도와 흡수율에 관한 실험적 연구, 한국생태환경학회 논문집, 6권 2호, pp.81-86, 2006

10) 김옥, 이연구, Cool Roof 시스템의 에너지 저감 성능에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 29권 1호, pp.765-768, 2009

11) 이종석, 건물의 냉방부하 감소 방안에 대한 실험적 연구, 대한설비공학회 논문집, pp.1323-1328, 1998

부하에 미치는 영향을 건물의 방위별, 지역별로 분석, 검토한다.

2. 시뮬레이션 개요

2.1 시뮬레이션 모델 설정

본 연구에서는 동적열부하 시뮬레이션을 위한 주택모델로 그림 2와 같이 코어형 3-Bay 형식의 3-LDK평면으로 구성된 국민주택규모의 전용면적 84.39㎡, 층고 2.8m인 표준모델을 설정하였다.

본 모델은 발코니 비확장형으로 건물의 남·북측에 창을 두어 차양을 설치하였다. 4세대 판상형 평면의 25층형 주동을 대상으로 모델링하여, 세대별로 구획한 후 시뮬레이션을 실시하였다. 층별, 위치에 의한 세대별 계산치를 합산한 하나의 단위주동을 케이스 기준으로 설정하였다.

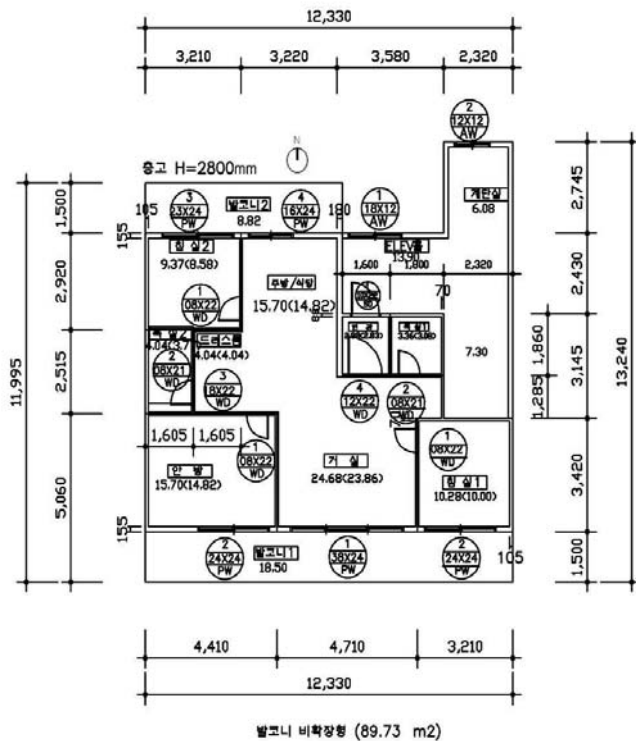


그림 2. 대상 모델 평면도

2.2 지역설정 및 냉난방기간 설정

시뮬레이션 대상지역은 우리나라 건축물 에너지절약설계기준의 지역별 건축물부위 열관류율표에 의해 서울, 부산, 제주도로 설정하였다. 해석모델의 지역별 냉난방기간 설정은 각 지역의 표준기상데이터의 일평균 외기온을 푸리에 변환(Fourier Transform)하여 일평균 외기온 15℃ 이하를 난방기간으로 설정하고, 일최고 기온이 23℃ 이상인 기간을 냉방기간으로 설정하였다(표 1)¹²⁾.

12) 김영탁, 공동주택의 에너지 소비량을 예측하기 위한 대표일난방부하모델 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 21권 11호, 2005

표 1. 해석모델의 지역별 냉난방기간 설정

대상지역	냉방기간	난방기간
중부지역 (서울: E127.00°, N37.30°)	06월30일 ~08월31일	09월30일 ~05월18일
남부지역 (부산: E129.03°, N35.06°)	07월10일 ~08월31일	10월21일 ~05월07일
제주도 (제주: E126.32°, N33.31°)	07월10일 ~08월31일	11월02일 ~04월29일

2.3 대상 모델의 부하계산 조건 설정

동적열부하 시뮬레이션을 실행하기 위한 설정조건은 표 2와 같다. 냉·난방온습도 설정은 건물에너지효율등급 인증제도운영규정¹³⁾에 의거하여 선정하였으며, 냉난방스케줄은 한국기준이 없는 관계로 일본기준을 참고로 하여 설정하였다. 단, 한국 공동주택의 냉방은 판상형이고, 외기온이 실온보다 낮을 경우, 에어컨을 이용한 냉방보다는 창문을 개방하여 외기를 적극적으로 도입하여 실온을 낮추는 방법을 주로 취하므로, 본 논문에서는 배열환기¹⁴⁾를 설정하여 냉방부하를 산출하였다.

건물 부위의 단열조건은 2010년도 건축물의 에너지절약 설계기준에서 정한 지역별 건축물부위의 열관류율(W/m²K) 규정을 적용하였다. 이때 창호의 차폐계수(SC)는 0.6으로 일정치를 채택하였다.

표 2. 동적열부하 시뮬레이션 설정조건

항목	내용	비고
난방온습도	20℃ (잠열무시)	[1]
냉방온습도	27℃ 60%	[1]
냉난방스케줄	24시간 냉난방	[2]
실내발열량(전기+인체)	463 [W]	[1]
환기량(난방공간)	0.7 [ACH]	[1]
환기량(비난방공간)	2.0 [ACH]	[1]
여름철배열환기	실온27℃ 이상, 외기25℃ 이하일 경우, 10.0 [ACH]	[3]

[1] 건물에너지효율등급인증제도운영규정, 2007

[2] 宇田川、標準問題の提案 住宅用標準問題、日本建築學會環境工學委員會 熱分科會 第15回熱シンポジウム

[3] 주택용열부하계산프로그램(住宅用熱負荷計算プログラム) SMASH, IBEC

2.4 시뮬레이션 케이스 설정

본 연구에서는 공동주택 외부표면의 일사특성에 의한 냉난방부하 특성을 분석하기 위해 일사반사율, 일사흡수율, 장파방사율 및 건물의 방위와 지역을 변수로 설정하였다.

그림 3은 본 연구에 사용된 동적열부하 시뮬레이션 케이스 설정을 나타낸다. 총 81 가지 케이스를 설정하여 일사흡수율과 장파방사율, 그리고 건물의 방위별, 지역별 변화에 관한 분석을 실시하였다.

13) 지식경제부 고시, 건물에너지효율등급인증제도운영규정, 2007

14) 배열환기란 실온 T_i 가 일정온도 이상이고, 외기온 T_o 가 일정온도 이하일 때, 지정환기량만큼 외기를 도입하여 실온을 낮추는 것을 의미한다.

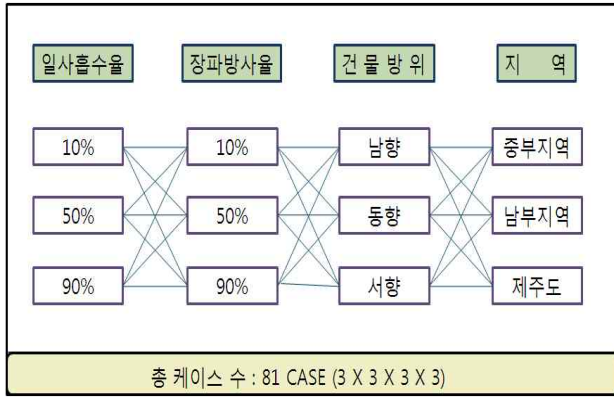


그림3. 시뮬레이션 케이스 설정

2.5 열부하 시뮬레이션 과정

본 연구에서는 수치 해석을 위한 범용 프로그램 툴인 AE-CAD(CAD System for Architectural Environment)와 열·환기 계산 프로그램인 Sim-Heat(Simulation Program for Heat Load)를 이용해서 공동주택 외부 표면의 일사특성(일사흡수율, 장파방사율)에 의한 열부하 특성을 분석하였다.

시뮬레이션 과정은 그림 4와 같다. 우선 AE-CAD상에 건물의 형상, 개구부, 기기, 차양 유무 등의 모델을 구축한 후, 컨버터 과정을 통해 수치해석 프로그램에 필요한 입력조건을 추출하여 입력 데이터를 완성한다. 그리고 이 입력 데이터를 열·환기 계산 프로그램인 Sim-Heat를 통해 수치해석이 행해진다.

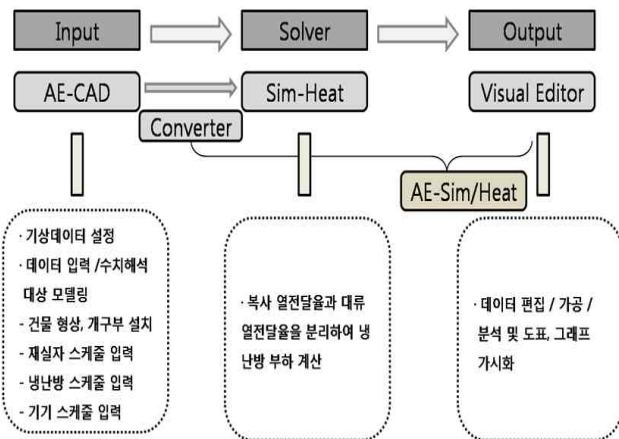


그림4. 시뮬레이션 과정

SimHeat는 AE-CAD입력을 전제조건으로 각 지점의 온도, 습도, 현열·잠열부하, 환기, 복사난방, 지하구조물 등을 계산할 수 있는 프로그램이다. 타 열부하계산 프로그램과 비교했을 때 주요한 특징은 표면열전달율을 복사·대류성분을 분리하여 온돌과 같은 복사 냉난방을 계산할 수 있고, 열회로망에서 벽체의 열용량을 고려하여 계산정밀도의 향상을 위해 벽체를 분할하여 계산한다는 점이다¹⁵⁾.

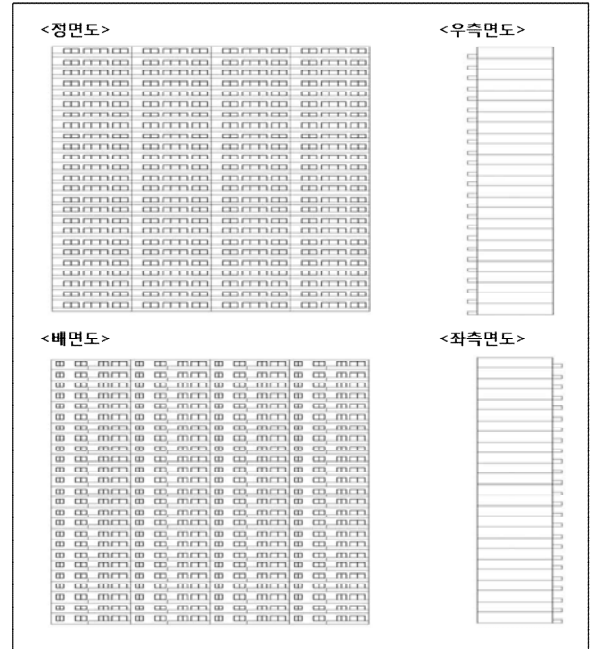


그림5. 대상 모델링

그림 5는 시뮬레이션 모델의 입면이다. 관상형 공동주택으로 남측과 북측에 창과 발코니를 두었다. 남측·북측 창과 발코니를 통해 채광이 주로 이루어지며, 차양역할 또한 겸한다. AE-CAD에서는 시뮬레이션 실행 시 하, 동절기에 따라 차양이 반영되어 계산이 이루어진다.

3. 시뮬레이션 결과

3.1 일사흡수율의 영향

일사흡수율과 장파방사율 변화에 의한 냉난방 부하량 변화를 알아보기 위해 일사흡수율과 장파방사율이 10%, 50%, 90%로 변화할 때 냉난방부하량 변화를 검토했다. 그림 6은 서울지역의 남향인 경우의 일사흡수율의 영향을 나타내고 있다.

연간부하 중, 난방부하량의 비율은 약 77%로 나타났으며, 이는 냉방부하량에 비해 약 3~4배 정도 높은 수치이다. 우리나라의 기후특성상 난방기간이 냉방기간에 비해 약 3~4배 긴 기간을 가지기 때문인 것으로 사료된다.

장파방사율이 10%, 50%, 90%인 경우, 일사흡수율이 10%에서 90%로 변하면 난방부하는 약 4.2% 감소하고 냉방부하는 약 3.8~3.9% 증가한다. 이때, 연간부하(냉방부하+난방부하)는 약 2.4% 감소한다. 장파방사율의 차이는 연간부하량 변화의 전체적인 경향에 큰 영향을 미치지 않는 것이 확인되었다. 연간부하량은 장파방사율 90%, 일사흡수율 10%일 때 최대값: 약 2233GJ/YR, 장파방사율 10%, 일사흡수율 90%일 때 최소값: 약 2178GJ/YR을 나타낸다.

15) 김영탁, 宮島賢一, 坂本雄三, 건축환경분야의 수치해석 프로그램을 지원하기 위한 CAD시스템의 개발, 대한건축학회논문집, 21권 10호, 2005

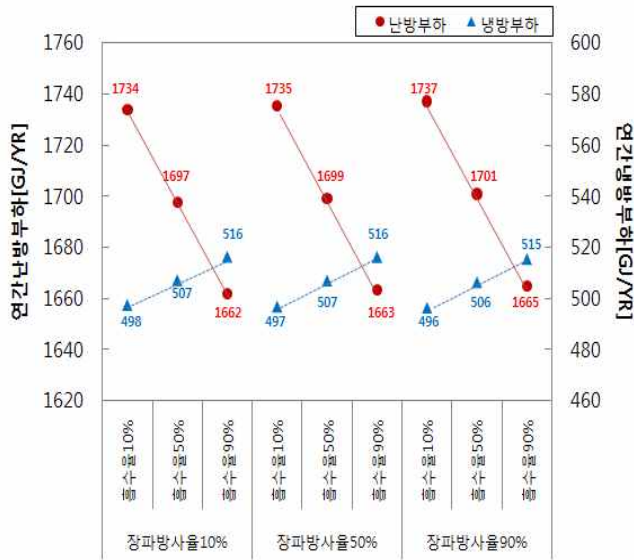


그림6. 일사흡수율 변화에 의한 냉난방 부하

일사흡수율이 연간 냉난방부하에 미치는 영향에 비해 장파방사율의 영향은 미미하다. 일사흡수율이 10% 증가할 때 난방부하량: 약 9.00GJ/YR 감소, 냉방부하량: 약 2.36 GJ/YR 증가하고, 연간부하량(냉방부하+난방부하)은 약 6.64GJ/YR 정도 감소하게 된다. 이와 같이 일사흡수율이 장파방사율에 비해 부하에 미치는 영향이 크므로 건축계획시 건물 외부 마감재의 일사흡수율 결정에 신중을 기할 필요가 있다. 중부지방의 경우 냉방기간이 6~8월, 난방기간이 9~12월, 1~5월이므로 연간부하량에서 난방부하량 비중이 비교적 크다. 따라서 중부지방의 공동주택 계획에 있어서 건물외피의 일사흡수율을 가능한 증가시키는 것이 전체부하 절감에 도움이 되는 사실을 확인할 수 있다.

3.2 장파방사율의 영향

앞 절에서 언급한 바와 같이 장파방사율의 영향은 일사흡수율의 영향에 비해 미미하지만 본 절에서는 그 영향도를 정량적으로 분석해 보기로 한다. 그림 7은 서울지역의 남향인 경우, 장파방사율 변화에 따른 연간 냉난방 부하의 변화를 나타내고 있다. 동일한 일사흡수율에서 장파방사율이 10%에서 90%로 변화하면, 난방부하는 약 0.2% 증가하고, 냉방부하는 약 0.1~0.2% 감소하는 것으로 나타났다. 연간 냉방부하와 난방부하를 합계한 연간부하량의 변화량도 약 0.1% 정도이다.

장파방사율이 10% 증가함에 따른 부하량 변동은 난방부하량: 약 0.42GJ/YR 증가, 냉방부하량: 약 0.13GJ/YR 감소하고 연간부하량(난방부하+냉방부하)은 약 0.29GJ/YR 정도 증가하게 된다. 이상 중부지방에 있어서 공동주택 외피의 일사흡수율과 장파방사율이 연간 냉난방부하에 미치는 영향을 종합해보면, 일사흡수율이 높고 장파방사율이 낮을수록 연간부하량은 작아짐을 확인할 수 있었다.

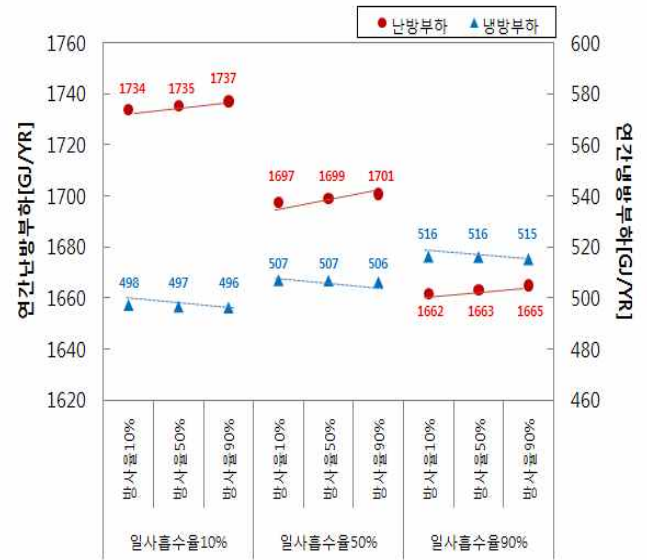


그림7. 장파방사율 변화에 의한 냉난방 부하

3.3 건물방위와의 연관성

본 절에서는 일사흡수율 및 장파방사율이 연간 냉·난방부하에 미치는 영향에 관하여 건물방위와의 연관성을 검토한다. 그림 8은 중부지방(서울)의 건물방위별 일사흡수율, 장파방사율의 연간 냉난방부하의 변화를 나타내고 있다.

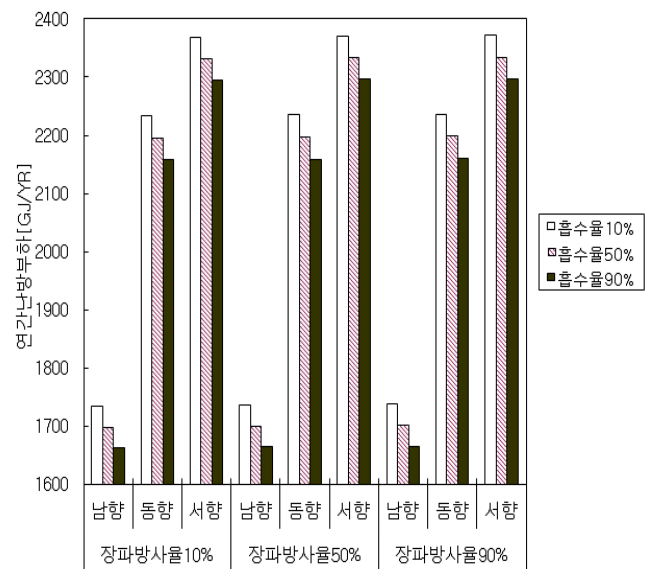


그림8. 건물의 방위에 의한 난방부하(서울)

연간 난방부하량은 서향>동향>남향 순으로 높고, 연간 냉방부하량은 동향>서향>남향 순으로 높게 나타났다. 장파방사율이 동일한 경우, 일사흡수율이 10% 증가할 때 남향의 난방부하량은 약 9.00GJ/YR, 서향은 약 9.24 GJ/YR, 동향은 약 9.47GJ/YR 감소했다. 반면, 냉방부하량의 경우에는 일사흡수율이 10% 증가할 때 남향은 약 2.36GJ/YR, 동향은 약 2.72GJ/YR, 서향은 약 2.77GJ/YR

증가했다. 따라서 일사흡수율과 냉난방부하량과의 연관성을 살펴볼 때 난방부하 측면에서는 동향 건물, 냉방부하 측면에서는 서향 건물로 계획하여 반영 시 다른 향보다 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

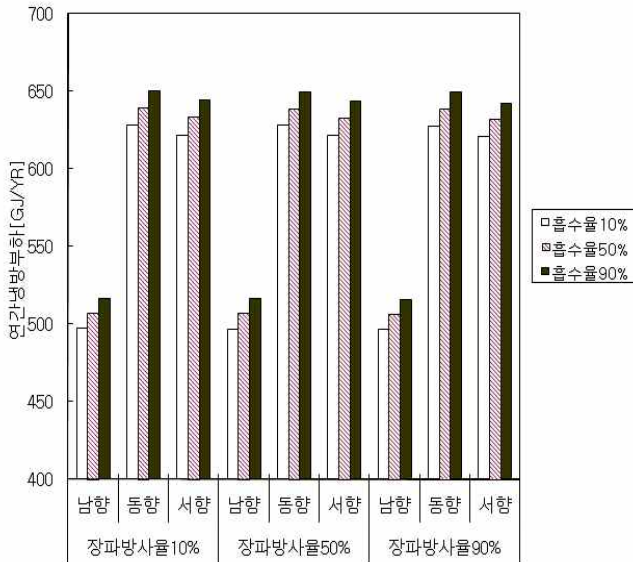


그림9. 건물의 방위에 의한 냉방부하(서울)

이상의 결과는 냉, 난방 기간의 방위별 외피에 입사하는 일사량의 차이에서 기인한다. 수직벽에 입사하는 시간별 방위에 의한 일사량은 그림 10, 11과 같다. 난방기간의 일사량은 남향>동향>서향 순으로 높고, 냉방기간의 일사량은 동향>서향>남향 순으로 높게 나타났는데 서울의 건물 방위에 의한 부하량의 변화와 같은 추세를 보이므로 일사량이 일사흡수율 변화에 반응도가 큰 것을 알 수 있다.

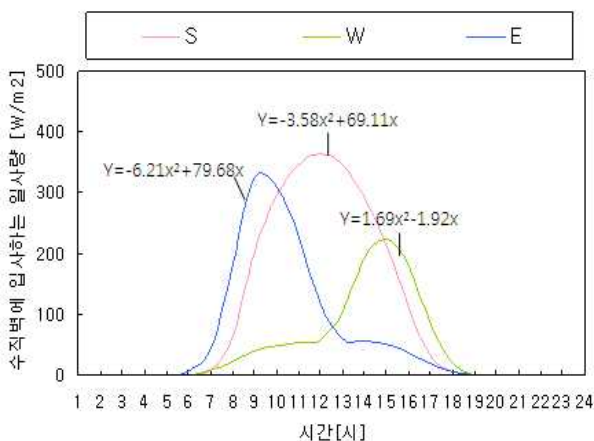


그림10. 서울 난방기간 수직벽에 입사하는 향별 하루평균 일사량

난방기간의 일평균 일사량은 남향은 2287W/m^2 , 동향은 1140W/m^2 , 서향은 1040W/m^2 로 나타났으며, 냉방기간의 일평균 일사량은 남향은 1190W/m^2 , 서향은 1194W/m^2 , 동향은 1432W/m^2 로 나타났다.

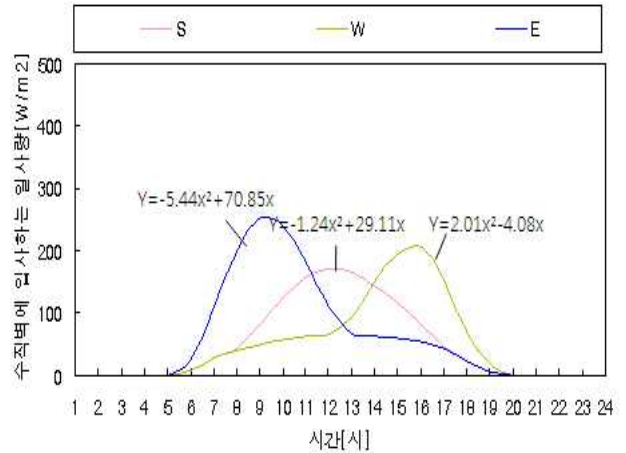


그림11. 서울 냉방기간 수직벽에 입사하는 향별 하루평균 일사량

3.4 지역별 냉난방부하

그림 12, 13은 기상조건이 상이한 서울, 부산, 제주도에 있어서 건물 방위 별 일사흡수율 변화에 따른 연간 난방부하, 냉방부하의 변화를 나타낸다. 앞 절에서 장파방사율의 영향이 비교적 작은 것이 확인되어 본 절의 분석에서는 장파방사율은 90% 일정치로 두고 분석을 진행하였다.

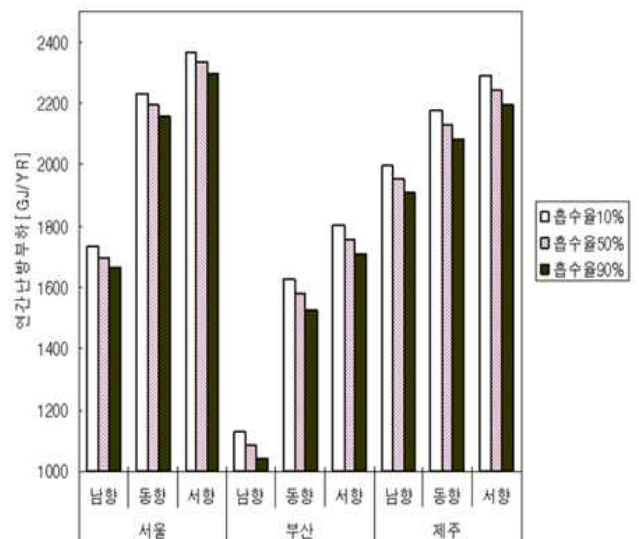


그림12. 지역별 건물의 방위에 의한 난방부하(방사율 90%)

먼저 남향인 경우, 일사흡수율이 10%에서 90%로 변화할 때 부하변화율은 연간 난방부하는 서울: 4.2%, 부산: 7.5%, 제주: 4.3% 감소하여 부산지역의 감소율이 가장 큰 것으로 나타났다. 동일한 조건에서 연간 냉방부하는 서울: 3.7%, 부산: 5.5%, 제주: 5.1% 증가하여 부산지역의 증가율이 가장 큰 것으로 나타났다. 또한, 연간 냉난방부하량의 합계는 서울: 2.4%(53.2GJ/YR) 감소, 부산: 3.4%

(56.0GJ/YR) 감소, 제주: 2.2%(55.5GJ/YR) 감소로 나타나 부산지역의 경우 기상조건의 특성상 일사흡수율의 민감도가 가장 크고 일사흡수율 조절에 의한 부하절감효과도 비교적 큰 것으로 확인되었다.

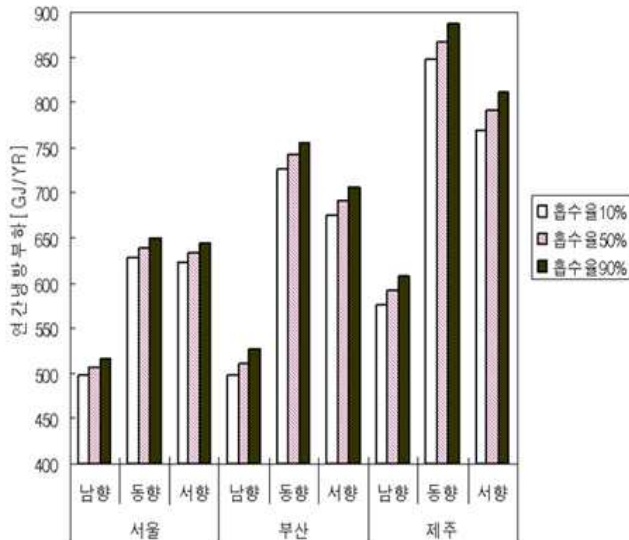


그림 13. 지역별 건물의 방위에 의한 냉방부하(방사율 90%)

동향인 경우, 일사흡수율이 10%에서 90%로 변화할 때 부하변화율은 연간 난방부하는 서울: 3.4%, 부산: 6.1%, 제주: 4.2% 감소하여 부산지역의 감소율이 가장 큰 것으로 나타났다. 그러나 동일한 조건에서 연간 냉방부하는 서울: 3.4%, 부산: 3.5%, 제주: 4.6% 증가로 나타나 그 증가율이 가장 큰 지역은 제주도로 나타났다. 또한 연간 냉난방부하량의 합계는 서울: 1.9%(54.0GJ/YR) 감소, 부산: 3.1%(73.5GJ/YR) 감소, 제주: 1.7%(51.3GJ/YR) 감소로 나타나 남향인 경우와 마찬가지로 부산지역에서 일사흡수율 조절에 의한 부하절감효과가 비교적 크다.

서향인 경우를 살펴보면, 일사흡수율이 10%에서 90%로 변화할 때 부하변화율은 연간 난방부하는 서울: 3.2%, 부산: 5.5%, 제주: 4.1% 감소하여 남향, 동향인 경우와 마찬가지로 부산지역의 감소율이 가장 크다. 또한 동일한 조건에서 연간 냉방부하는 서울: 3.4%, 부산: 4.4%, 제주: 5.3% 증가하여 동향인 경우와 마찬가지로 제주지역의 증가율이 가장 크다. 또한 연간 냉난방부하량의 합계는 서울: 1.7%(52.1GJ/YR) 감소, 부산: 2.8%(69.0GJ/YR) 감소, 제주: 1.7%(52.4GJ/YR) 감소로 나타나 남향, 동향의 경향과 동일하다.

4. 결 론

본 연구에서는 공동주택(4세대 판상형 평면의 25층형 주동)을 대상으로 동적열부하 시뮬레이션을 실시하여, 건물 외부표면의 일사흡수율, 장파방사율 변화에 의한 냉난

방부하의 변화량을 건물의 방위별, 지역별로 검토하였다. 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 서울지역의 남향에서 외부 마감재의 일사흡수율 변화에 의한 냉난방 부하를 검토하면 다음과 같다. 일사흡수율이 10%에서 90%로 변하면 난방부하는 약 4.2% 감소하고 냉방부하는 약 3.8~3.9% 증가하였다. 이때, 연간 부하(냉방부하+난방부하)는 약 2.4% 감소하였다. 장파방사율의 차이는 연간부하량 변화의 전체적인 경향에 큰 영향을 미치지 않는 것이 확인되었다. 연간부하량은 장파방사율 90%, 일사흡수율 10%일 때 최대값: 약 2233GJ/YR, 장파방사율 10%, 일사흡수율 90%일 때 최소값: 약 2178GJ/YR을 나타냈다. 일사흡수율이 10% 증가할 때 난방부하량: 약 9.00GJ/YR 감소, 냉방부하량: 약 2.36GJ/YR 증가하고, 연간부하량(냉방부하+난방부하)은 약 6.64GJ/YR 정도 감소하게 된다.

2) 서울지역의 남향인 경우, 동일한 일사흡수율에서 장파방사율이 10%에서 90%로 변화하면, 난방부하는 약 0.2% 증가하고 냉방부하는 약 0.1~0.2% 감소하는 것으로 나타났다. 연간 냉방부하와 난방부하를 합계한 연간부하량의 변화량도 약 0.1% 정도였다. 장파방사율이 10% 증가함에 따른 부하량 변동은 난방부하량: 약 0.42GJ/YR 증가, 냉방부하량: 약 0.13GJ/YR 감소하고 연간부하량(난방부하+냉방부하)은 약 0.29GJ/YR 정도 증가하게 된다.

3) 건물 방위에 의한 서울의 냉난방부하량을 분석한 결과, 연간 난방부하량은 서향>동향>남향 순으로 높고 연간 냉방부하량은 동향>서향>남향 순으로 높은 값을 보였다. 장파방사율이 동일한 경우, 일사흡수율이 10% 증가할 때 남향의 난방부하량은 약 9.00GJ/YR, 서향은 약 9.24GJ/YR, 동향은 약 9.47GJ/YR 감소하는 반면, 냉방부하량의 경우에 남향은 약 2.36GJ/YR, 동향은 약 2.72GJ/YR, 서향은 약 2.77GJ/YR 증가하였다.

4) 지역에 따라 일사흡수율이 증가할 때 건물부하에 미치는 영향을 검토한 결과, 연간 난방부하 변화율과 연간 냉난방부하(난방부하+냉방부하)의 변화율은 모든 방위(남향, 동향, 서향)에서 부산지역이 가장 큰 감소율을 보였다. 그러나 연간 냉방부하의 변화율은 남향인 경우, 부산지역이 증가율이 가장 크고 동향과 서향에서는 제주지역에서 가장 큰 증가율을 보였다.

참고문헌

1. 에너지경제연구원, 에너지정책, 2009
2. 에너지경제연구원, 에너지절약기본계획 용역보고서, 2010
3. 로렌스버클리연구소, 열섬효과 연구, 2009
4. 김영탁, 공동주택의 에너지 소비량을 예측하기 위한 대표일 난방부하모델 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 21권 11호, 2005
5. 윤성환, 장희경, 김영탁, 공동주택의 세대위치별 열부하 특성 분석, 대한건축학회논문집 계획계, 25권 10호, 2009
6. 김영탁, 宮島賢一, 坂本雄三, 건축환경분야의 수치해석 프로그램 지원하기 위한 CAD시스템의 개발, 대한건축학회논문집 계획계, 21권 10호, 2005

7. 박근우, 이경희, 집합주택의 향별 냉방부하에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 17권 1호, 2001
8. 유호선, 현석균, 박유원, 김용식, 홍희기, 한국형 아파트의 난방에너지 분석 1: 위치의 영향, 설비공학 논문집, 16권 1호, 2004
9. 안병립, 김치훈, 김지연, 장철용, 지역에 따른 주거용 건물에너지효율등급 분석 연구, 한국태양에너지학회 논문집, 29권 5호, 2009
10. 박사근, 장길수, 송민정, 신훈, 건축외장재의 일사표면온도와 흡수율에 관한 실험적 연구, 한국생태환경학회 논문집, 6권 2호, 2006
11. 김옥, 이연구, Cool Roof 시스템의 에너지 저감 성능에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 29권 1호, 2009
12. 이종석, 건물의 냉방부하 감소 방안에 대한 실험적 연구, 대한설비공학회 논문집, 1998
13. 김영탁, 공동주택의 에너지 소비량을 예측하기 위한 대표일난방부하모델 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 21권 1호, 2005
14. 지식경제부 고시, 건물에너지효율등급인증제도운영규정, 2007
15. Ronnen Levinson, Hashem Akbari, Joesph C. Reilly, Cooler tile roofed buildings with near infrared reflective non white coatings, Building and Environment, 42, 2007
16. Kai L. Uemoto, Neide M.N. Sato, Vanderley M. John, Estimating thermal performance of cool colored paints, Energy and Buildings, 42, 2010
17. A. Synnefa, M. Santamouris, K. Apostolakis, On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment, Solar Energy, 81, 2007
18. Harry Suehrcke, Eric L. Peterson, Neville Selby, Effect of roof solar reflectance on the building heat gain in a hot climate, Energy and Buildings, 40, 2008
19. A. Synnefa, M. Santamouris, H. Akbari, Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions, Energy and Buildings, 39, 2007

(接受: 2010. 12. 8)