

# 공동주택 주동형태별 세대위치에 따른 일사분석 및 난방부하 절감요소에 관한 연구

## A Study on Solar Radiation Analysis and Saving Elements of Heating Load according to the Location and Type of Housing in Multi-family Apartments

김수정\*      박두용\*\*      김강수\*\*\*  
Kim, Soo-Jeong      Park, Doo-Yong      Kim, Kang-Soo

### Abstract

This study aims to evaluate the correlation between vertical solar radiation and the level of heating load according to the location and type of housing in multi-family apartments. This study shows that heating load is related with factors such as wall loss, window loss, ventilation loss and solar radiation gain. The heating load increases in the order of the middle floors, the highest floors and the lowest floors. The lowest and the highest floors are the most vulnerable floors, and it should be as emphasized as the middle floors. The heating load saving proposal contains 52 Alt. that shows heating load savings from min. 4% to max. 49%. The goal is to reduce the heating load of the highest and the lowest floors to the level of the middle floors. The result showed that there are 3 Alt. for the lowest floors and 16 Alt. for the highest floors as the heating load saving proposal. This study suggests integrated application to compose saving elements of heating load, so it could be utilized as a data for the construction of passive houses.

키워드 : 공동주택, 일사분석, 난방부하, 절감요소, 에너지플러스

Keywords : Multi-family Apartments, Solar Radiation Analysis, Heat Load, Saving Elements, EnergyPlus

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경 및 목적

정부는 2020년 배출전망치(BAU)대비 30%의 온실가스 감축계획을 발표했다.<sup>3)</sup> 특히 건물에너지는 온실가스 배출과 에너지사용에서 36%로 가장 큰 부분을 차지한다. 또한 매년 건축물의 에너지절약설계기준(국토해양부고시 제2012-69호)과 같은 에너지기준이 개정되어 강화되며 건축물의 에너지 절약을 요구하고 있다. 공동주택의 에너지 절약측면에서 공동주택은 단독주택에 비하여 열밀도가 높고 여러 세대가 공동 거주하므로 불가피하게 열적으로 불리한 세대가 발생할 수 있다. 실제로 공동주택의 저층세대는 조망이 불리하고 거실 전면창을 통한 채광부족으로 인해 에너지 소비가 많다는 이유로 기피되어지고 있다. 동일한 설계조건에서 외기에 직접 면하는 최하층, 최상층은 상부의 지붕 구조체와 하부의 바닥 구조체를 통해 열손실이 중간층 세대 보다 현저히 증가하기 때문에 더 많은 에너지 소비가 발생한다.

이에 본 연구에서는 공동주택의 최하층, 중간층, 최상층 세대의 난방부하를 비교 평가하고자 한다. 우리나라 공동주택 중 가장 보편적인 판상형과 탑상형의 평가 대상 공동주택을 선정하여 세대형태별 및 세대높이에 따른 일사량과 난방부하를 비교하고 난방부하의 구성요소를 분석하여 취약세대의 난방부하를 절감하는 보완 요소 기술을 도출한다.

기존 연구들은 공동주택의 열적 불균형을 외피단열이나 일부 변수의 영향으로 다룬 것이 대부분이다. 세대위치에 따른 열적불균형 원인을 체계적으로 분석하고 난방부하 구성요소를 세분화한 연구는 부족한 실정이며 취약세대의 보완책 제안도 미비하다. Yusuf Yildiz 외<sup>4)</sup>(2011)는 터키의 아파트를 대상으로 민감도 변수에 따른 세대높이별 난방부하 및 냉방부하를 몬테카를로 방법으로 연구하였다. 윤성환 외<sup>5)</sup>(2009)는 기존의 공동주택의 세대위치별 방위에 따른 냉난방부하의 변화를 검토하였다. 세대위치에 따라 난방부하를 구하였을 때 두 연구에서 공통적으로 중간층, 최상층, 최하층 순으로 난방부하가 증가하는 것으로 평가되었다.

### 1.2 연구 방법 및 범위

저층세대의 채광부족을 판단하기 위해 실제 공동주택 배치도면에 따라 모델링한 후 최하층, 중간층, 최상층 세대의 일사평가를 하였다. 一형의 판상형과 V형, Y형의 탑상형의

\* 고려대학교 대학원 석사과정 (crystal0213@korea.ac.kr)

\*\* 고려대학교 대학원 석사과정 (pdy0528@korea.ac.kr)

\*\*\* 교신저자, 고려대학교 건축학과 교수, 공학박사 (kskim@korea.ac.kr)

공동주택을 대상으로 난방부하의 요소를 창호손실, 벽체손실(외벽 및 상하부 슬래브 손실), 환기손실, 일사획득, 기기발열, 인체발열로 더 세분화하여 평가하여 주동형태별, 세대위치에 따른 난방부하 차이에 어떤 요소가 영향을 미치는지 분석하여 취약세대의 보완점을 찾는 데 목적이 있다. 보완 요소기술을 통해 공동주택의 취약세대인 최하층과 최상층의 높은 난방부하가 중간층세대만큼의 난방부하로 절감하는 보완 요소 기술을 제안한다. 이를 통해 공동주택 설계 시 세대 위치별 열적 불균형을 최소화 할 수 있는 정량적인 데이터를 확보하고자 한다.

다음 그림1은 연구 흐름도이다.

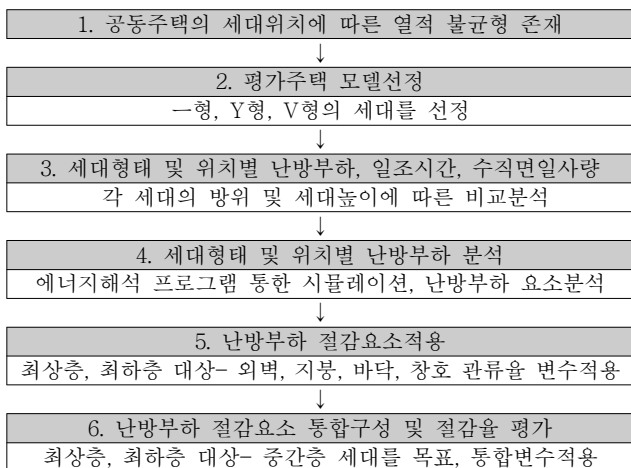


그림 1. 연구흐름도

## 2. 대상 개요 및 시뮬레이션

### 2.1 평가 대상 및 방법

#### 1) 평가대상 공동주택 배치도

공동주택의 형태별, 세대위치에 따른 난방부하의 취약세대를 보완 요소기술을 찾고자 한다. 가장 보편적인 공동주택 형태 3가지를 대상으로 하였다. 대상은 다음 표1과 같이 선정하였다. 또한 주변동의 일사차폐 영향을 고려하기 위해 실제 공동주택 단지배치도에 따라 주변동을 배치하였다.

표 1. 평가대상 공동주택 형태별 선정

형태	Modeling	Plan	주변동, Modeling
—형			
V형			
Y형			

### 2.2 시뮬레이션 개요

#### 1) 시뮬레이션 평가도구

평가공동주택의 Modeling 은 Google Sketchup V.8.0 프로그램 사용하였다. 일사량분석은 Ecotect Analysis 프로그램을 사용하였으며 난방부하계산은 EnergyPlus V.7.0 프로그램을 사용하였다. 창호의 U-value에 따른 G-value값, Visible Transmittance 값을 알기위해 LBNL Window 7 프로그램을 이용하여 입력한 열관류율 기준에 맞는 창호의 G-Value값을 계산하여 사용하였다.

#### 2) 시뮬레이션 입력조건

본 연구에서는 친환경주택건설 기준 및 성능 평가기준주택<sup>6)</sup>(중부지방)의 부위별 열관류율을 평가대상 공동주택의 외벽, 바닥, 지붕, 창호외피 구성재료의 물성치로 적용하였다. 아래의 표2는 평가대상 공동주택 외피구성 물성치를 입력한 설정값이다. 또한 최하층, 중간층, 최상층의 경계조건은 최하층의 경우 맞닿는 부분에 지하주차장이 있으므로 Outdoor, 중간층은 위아래세대가 있으므로 Adiabatic, 최상층은 상부슬래브가 외기와 접하여 Outdoor로 설정하였다.

표 2. 평가대상 공동주택 외피구성 물성치 설정값

구분		물성치 설정값	
난방 설정온도		20℃	
내부발열	기기발열	2.98W/m <sup>2</sup>	
	인체발열	1.27W/m <sup>2</sup>	
	거주인원	0.03person/m <sup>2</sup>	
환기횟수	난방공간/비난방공간	0.7ACH/ 2.0ACH	
외벽	외기직접	U-Value	0.47W/m <sup>2</sup> ·K
	외기간접	U-Value	0.64W/m <sup>2</sup> ·K
최상층	지붕	U-Value	0.29W/m <sup>2</sup> ·K
	바닥	U-Value	Adiabatic(단열)
중간층	지붕/바닥	U-Value	Adiabatic(단열)
	최하층	지붕	U-Value
		바닥	U-Value
	창호	외기직접	U-Value
외기간접		U-Value	4.3W/m <sup>2</sup> ·K
외기		G-Value	0.613
직접,간접		Visible Transmittance	0.814

표2의 물성치에서 난방설정온도, 환기횟수, 전기에너지 발열량, 인체 발열량은 건축물에너지 효율등급 인증제도 운영규정<sup>7)</sup>을 참고하였다. 시뮬레이션 분석 시 기상데이터는 EnergyPlus에서 제공하는 인천 기상데이터를 사용하였으며 Ecotect Analysis 기상데이터는 EnergyPlus 인천기상데이터를 Weather Converter를 통해 변환하여 사용하였다.

### 3. 세대형태 및 위치별 난방부하, 일조시간, 수직면일사량 비교분석

공동주택의 세대형태 및 위치에 따른 난방부하, 일조시간, 수직면일사량을 비교분석하기 위해 외기에 접하는 최하층과 최상층을 제외하고 평가하였다. Ecotect Analysis 프로그램을 사용하여 공동주택 거실창을 중심으로 연간 누적일사량과 일조시간을 시뮬레이션 하였다. 일조시간은 난방부하에 영향을 미치는 동절기를 기준으로 10월~2월을 친환경건축물 인증기준의 세대 내 일조확보율<sup>8)</sup>에 따라 9시부터

15시사이의 일조시간을 누적하여 산정하였다. 또한 주변동의 영향을 받는 수직면 일사량 정도를 식(1)을 통해 형태별, 세대위치에 따라 정리하여 일조시간과 비교 분석하였다. 이 비율은 낮을수록 주변동에 의해 일사량이 차단되는 것이다.

$$\text{주변동의 영향을 받는 수직면일사량 비율(\%)} = \frac{\text{주변동있는 수직면일사량값}}{\text{주변동없는 수직면일사량값}} \times 100 \quad (1)$$

### 3.1 一형의 난방부하 및 일조시간, 수직면일사량 비교분석

다음 그림2는 一형의 남동향의 세대높이에 따른 일조시간 및 난방부하이며 그림3은 주변동 영향을 받는 수직면일사량의 비율과 수직면일사량을 세대위치에 따라 분석하였다.

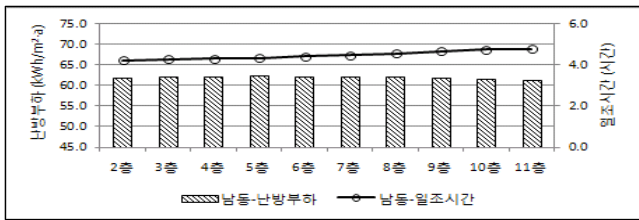


그림 2. 一형의 일조시간 및 난방부하

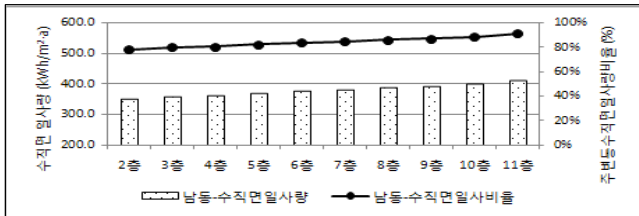


그림 3. 一형의 수직면일사량 및 주변동수직면일사량 비율(%)

그림2에서 一형 판상형의 전체세대가 남동향에 위치하며 2층부터 11층까지 세대높이차이가 크지 않으므로 세대높이가 높아질수록 일조시간이 약간 증가하며 난방부하는 유사한 경향이다. 그림3의 주변동 영향을 받는 수직면일사량비와 수직면 일사량도 세대높이가 높아질수록 약간 증가한다.

### 3.2 V형의 난방부하 및 일조시간, 수직면일사량 비교분석

다음 그림4는 V형의 28층 세대높이에 따른 일조시간 및 난방부하를 남서향과 남동향으로 정리하였다. 그림5는 주변동의 영향을 받는 수직면일사량 비율과 수직면일사량이다.

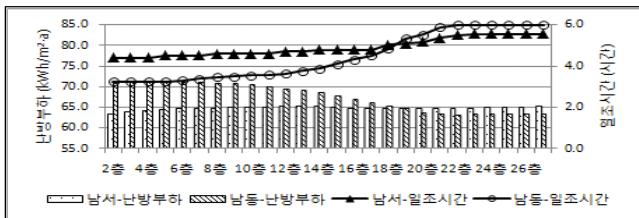


그림 4. V형의 일조시간 및 난방부하

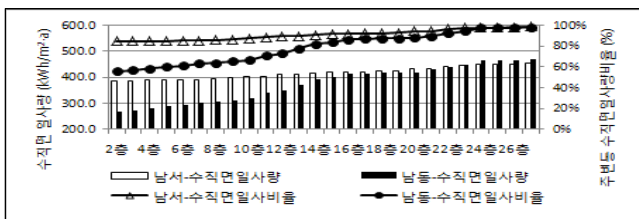


그림 5. V형의 수직면일사량 및 주변동수직면일사량 비율(%)

그림4에서 세대높이가 높아질수록 일조시간은 증가하며 그림5에서 주변동의 영향을 받는 수직면 일사량비율과 수직면일사량이 세대높이가 높아질수록 증가하므로 일사량이 증가함에 따라 그림4와 같이 난방부하는 감소한다. 방위에 따라 살펴보면 남서향이 남동향에 비해 오후 늦게까지 일사를 더 길게 받기 때문에 일조시간, 수직면일사량이 높으며 세대높이가 높아질수록 완만하게 높아지며 난방부하는 완만하게 낮아진다. 반면 남동향은 일조시간, 주변동 영향을 받는 수직면일사비율과 수직면일사량이 세대높이가 높아질수록 좀 더 증가하므로 난방부하는 좀 더 낮아진다.

### 3.3 Y형의 난방부하 및 일조시간, 수직면일사량 비교분석

다음 그림6은 Y형의 24층 세대높이와 방위에 따라 일조시간 및 난방부하를 정리하였으며 그림7은 주변동의 영향을 받는 수직면일사량 비율과 수직면일사량을 분석하였다.

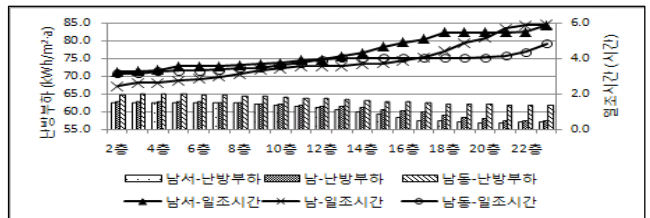


그림 6. Y형의 일조시간 및 난방부하

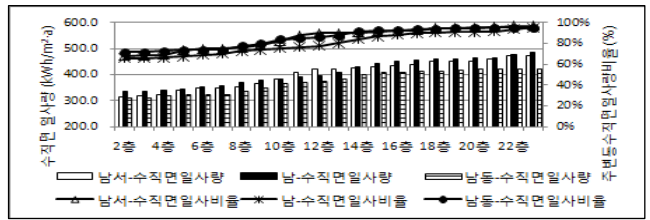


그림 7. Y형의 수직면일사량 및 주변동수직면일사량 비율(%)

그림6에서 세대높이가 높아질수록 남서, 남, 남동향의 일조시간은 증가하며 그림7과같이 주변동에 의한 수직면 일사량비율과 수직면일사량이 증가하므로 그림6과 같이 난방부하는 감소한다. 방위에 따라 살펴보면 남서향과 남향이 남동향에 비해 일조시간, 수직면일사량이 세대높이가 높아질수록 더 증가하므로 남서, 남향의 난방부하가 남동향보다 더 감소하는 것으로 분석된다.

## 4. 세대형태별 중간층의 호별 난방부하 분석

### 4.1 一형, 중간층의 호별 난방부하와 구성요소

다음 그림8은 一형, 중간층의 호별 난방부하와 구성요소를 그래프로 나타낸 것이다.

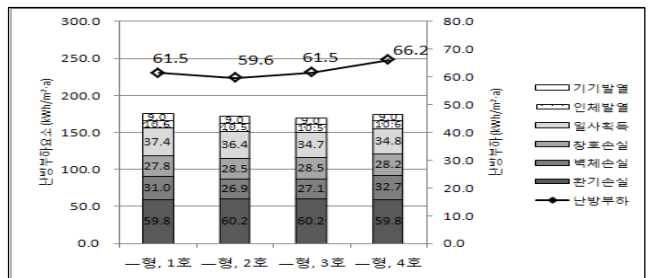


그림 8. 一형, 중간층의 호별 난방부하와 구성요소

그림8의 난방부하 결과는 1호, 4호가 61.5kWh/m<sup>2</sup>·a, 66.2kWh/m<sup>2</sup>·a이며 2호, 3호 보다 같거나 높게 나타난다. 이는 외기에 접한 면이 많은 층세대인 1호, 4호의 벽체손실이 31kWh/m<sup>2</sup>·a, 32.7kWh/m<sup>2</sup>·a이며 중세대인 2호와 3호의 26.9kWh/m<sup>2</sup>·a, 27.1kWh/m<sup>2</sup>·a보다 크기 때문이다. 또한 난방부하 구성요소 중 일사획득에서도 3호, 4호가 주변동의 차폐영향으로 1호, 2호보다 일사획득이 낮게 평가된다.

#### 4.2 V형, 중간층의 호별 난방부하와 구성요소

다음 그림9는 V형, 중간층의 호별 난방부하와 구성요소를 그래프로 나타낸 것이다.

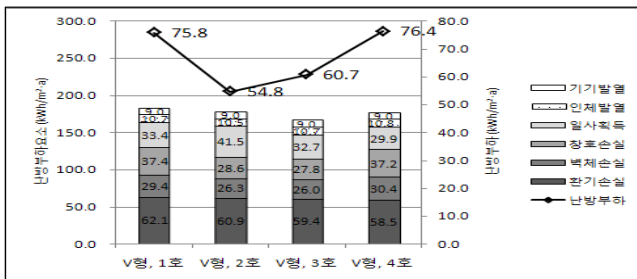


그림 9. V형, 중간층의 호별 난방부하와 구성요소

그림9를 보면 층세대인 1호, 4호의 난방부하가 75.8kWh/m<sup>2</sup>·a, 76.4kWh/m<sup>2</sup>·a로 평가되어 2호, 3호보다 높다. 이는 난방부하 구성요소 중에서 층세대의 벽체손실과 창호손실이 중세대에 비해 큰 것이 주요원인으로 분석된다. 그림4의 일조시간과 그림5의 수직면일사량이 남동향보다 남서향이 높은 것과 동일하게 난방부하 구성요소 중 일사획득도 남서향의 1호, 2호가 남동향의 3호, 4호보다 높다.

#### 4.3 Y형, 중간층의 호별 난방부하와 구성요소

다음 그림10은 Y형, 중간층의 호별 난방부하와 구성요소를 그래프로 나타낸 것이다.

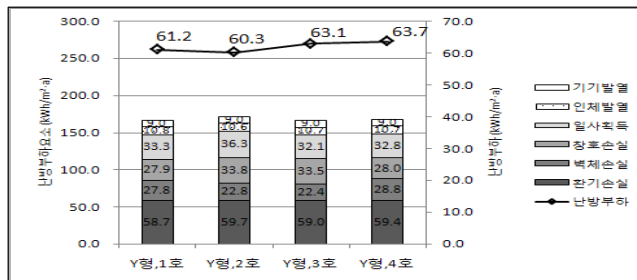


그림 10. Y형, 중간층의 호별 난방부하와 구성요소

그림10에서 3호, 4호가 63.1kWh/m<sup>2</sup>·a, 63.7kWh/m<sup>2</sup>·a로 평가되어 난방부하가 1호, 2호의 61.2kWh/m<sup>2</sup>·a, 60.3kWh/m<sup>2</sup>·a 보다 크다. 외기에 접하는 면이 많은 층세대 1호, 4호가 벽체손실이 2호, 3호보다 크지만 2호, 3호의 창면적이 1호, 4호보다 크기 때문에 창호손실이 2호, 3호가 크다. 또한 난방부하 요소 중 일사획득량이 적은 3호, 4호가 난방부하가 약간 크다. 2호와 3호의 창면적과 방위가 동일함에도 일사획득이 차이가 나는 것은 주변동에 의한 일사차폐 영향으로 분석된다.

### 5. 세대형태 및 위치별 난방부하 분석

공동주택의 一형, V형, Y형 모두 세대높이에 따른 난방부하는 중간층, 최상층, 최하층 순으로 증가한다. 각 세대형태별 난방부하의 구성요소를 세대높이별로 어떤 요소가 난방부하에 영향을 미치는지 분석한다.

#### 5.1 一형의 세대위치별 난방부하와 구성요소

다음 그림11은 一형의 공동주택의 세대높이 차이에 따른 난방부하와 구성요소를 분석하였다.

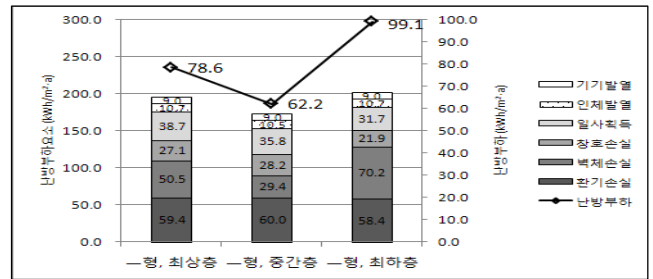


그림 11. 一형의 세대위치에 따른 난방부하와 구성요소

그림11의 세대높이에 따른 난방부하의 구성요소를 보면 일사획득이 세대높이가 낮아질수록 감소한다. 창호손실은 최하층이 가장 작지만 벽체손실은 가장 크다. 최하층의 벽체손실(외벽 및 하부 슬래브손실)은 70.2kWh/m<sup>2</sup>·a, 중간층은 29.4kWh/m<sup>2</sup>·a, 최상층의 벽체손실(외벽 및 상부 슬래브손실)은 50.5kWh/m<sup>2</sup>·a로 평가되며 최하층, 최상층은 상, 하부 구조체를 통해 열손실이 중간층 세대보다 현저히 증가하기 때문에 최하층과 최상층의 상하부 구조체 관류율 보강을 통해 난방부하 절감 개선이 필요한 것으로 판단된다.

#### 5.2 V형의 세대위치별 난방부하와 구성요소

다음 그림12는 V형의 공동주택의 세대높이 차이에 따른 난방부하와 구성요소를 분석하였다.

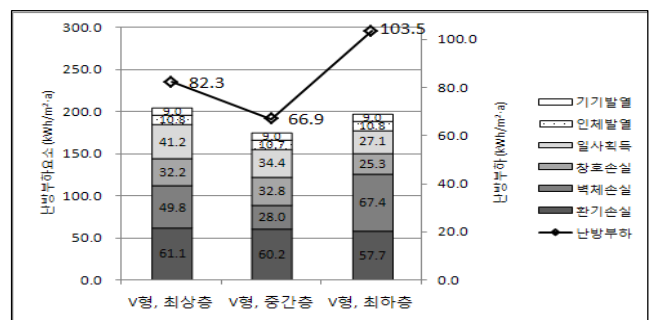


그림 12. V형의 세대위치에 따른 난방부하와 구성요소

그림12에서 세대높이가 낮아질수록 일사획득이 주변동 일사차폐의 영향으로 감소한다. 또한 창호손실은 최하층이 가장 작다. 상층으로 갈수록 바람에 의한 침기손실이 크며 외부온도가 더 낮아 실내외의 온도차가 크고 그에 따라 전도손실이 커서 창호손실이 증가하기 때문이다. 그러므로 최상층의 창호손실을 막기 위한 창호 관류율의 보강을 통해 난방부하 절감개선이 필요하다. 또한 최상층과 최하층의 벽체손실(외벽 및 상하부 슬래브손실)은 49.8kWh/m<sup>2</sup>·a, 67.4

kWh/m<sup>2</sup>·a이며 중간층의 28.0kWh/m<sup>2</sup>·a보다 크기 때문에 외벽 및 상하부 슬래브 보강이 필요하다.

### 5.3 Y형의 세대위치별 난방부하와 구성요소

다음 그림13은 Y형의 공동주택의 세대높이 차이에 따른 난방부하와 구성요소를 분석하였다.

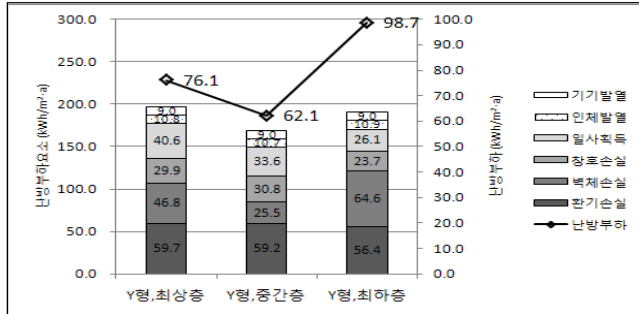


그림 13. Y형의 세대위치에 따른 난방부하와 구성요소

그림13에서 세대높이에 따른 일사획득이 주변동 일사차폐의 영향으로 최하층이 가장 낮으므로 최하층의 일사획득을 보강하기 위해 창호의 G-value 성능 향상이 필요하다. 또한 최하층과 최상층의 벽체손실(외벽 및 상하부 슬래브 손실)은 64.6kWh/m<sup>2</sup>·a, 46.8kWh/m<sup>2</sup>·a로 중간층의 벽체손실 25.5kWh/m<sup>2</sup>·a보다 크므로 외벽 및 상하부 슬래브손실 보강을 통해 난방부하를 절감할 수 있다.

## 6. 난방부하 절감요소 적용

一형의 판상형을 기준으로 최상층과 최하층에 절감요소 기술을 적용하여 중간층만큼의 난방부하로 절감하는 것을 목표로 하고자 한다. 표준주택의 물성치를 적용한 공동주택에 패시브하우스 기준까지 성능 향상된 물성치를 그림14와 같이 5단계에 걸쳐 등분하여 적용하였다. 또한 식(2)에 따라 중간층을 목표로 한 절감율을 구하였다.

$$\text{중간층목표, 변수 적용 절감율(\%)} = \frac{\text{최상층, 최하층부하} - \text{변수적용부하}}{\text{최상층, 최하층부하} - \text{중간층부하}} \times 100 \quad (2)$$

표준주택 (단위: W/m <sup>2</sup> ·K)			
0.47	0.29	0.52	3.0
↓			↓
외벽	지붕	바닥	창호
0.39	0.25	0.43	2.4
0.31	0.20	0.33	1.8
0.23	0.15	0.23	1.3
패시브협회기준 (단위: W/m <sup>2</sup> ·K)			
0.15	0.11	0.13	0.8

그림 14. 절감요소 적용방법

### 6.1 최하층, 최상층의 외벽 열관류율 보강효과

그림14와 같이 공동주택의 외벽 관류율을 표준주택기준 0.47W/m<sup>2</sup>·K에서 0.08W/m<sup>2</sup>·K씩 감소하며 5단계로 패시브하우스 기준 0.15W/m<sup>2</sup>·K까지 외벽 관류율을 향상하였다.

#### 1) 최하층 외벽 열관류율 변수적용

다음 그림15는 一형의 최하층 외벽변수에 따른 난방부하와 구성요소이다.

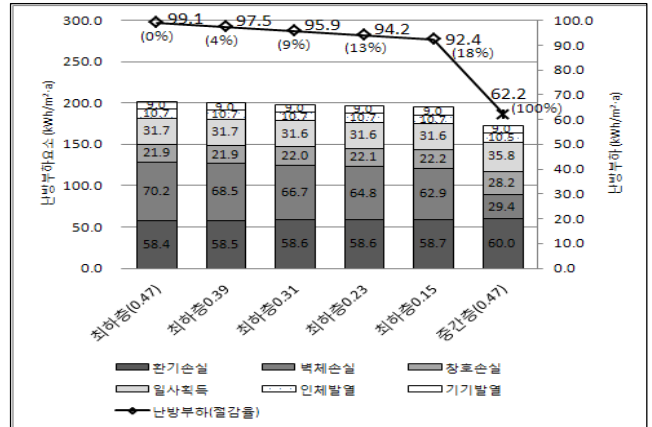


그림 15. 一형의 최하층 외벽변수에 따른 난방부하와 구성요소

그림15에서 표준주택기준의 난방부하는 99.1kWh/m<sup>2</sup>·a이다. 외벽의 열관류율을 패시브하우스 기준인 0.15W/m<sup>2</sup>·K를 적용하면 92.4kWh/m<sup>2</sup>·a 까지 난방부하가 절감하며 중간층의 난방부하 62.2kWh/m<sup>2</sup>·a를 목표로 최대 18%절감된 것으로 평가된다. 외벽 열관류율의 향상에 따라 난방부하 구성요소 중 벽체손실이 70.2kWh/m<sup>2</sup>·a에서 62.9kWh/m<sup>2</sup>·a로 절감된다.

#### 2) 최상층 외벽 열관류율 변수적용

다음 그림16은 一형의 최상층 외벽변수에 따른 난방부하와 구성요소이다.

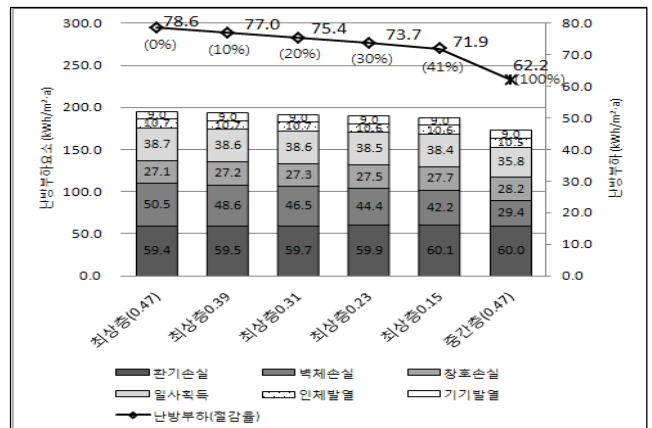


그림 16. 一형의 최상층 외벽변수에 따른 난방부하와 구성요소

그림16에서 표준주택기준의 난방부하는 78.6kWh/m<sup>2</sup>·a이며 패시브하우스 기준의 외벽 열관류율 0.15W/m<sup>2</sup>·K를 적용하였을 때 71.9kWh/m<sup>2</sup>·a까지 절감한다. 외벽관류율 향상에 따라 난방부하 구성요소 중 벽체손실이 50.5kWh/m<sup>2</sup>·a에서 42.2kWh/m<sup>2</sup>·a까지 절감된다. 중간층의 난방부하 62.2kWh/m<sup>2</sup>·a를 목표로 최상층의 외벽의 열관류율을 향상시켰을 때 최대 41% 절감할 수 있다.

### 6.2 최상층 지붕 열관류율 보강효과

그림14와 같이 공동주택의 지붕 관류율을 표준주택기준 0.29W/m<sup>2</sup>·K에서 0.04~0.05W/m<sup>2</sup>·K씩 감소하며 5단계에 걸쳐 패시브하우스 기준 0.11W/m<sup>2</sup>·K까지 지붕 관류율을 향상시켜 개선하고자 한다. 그림17은 一형의 최상층에 지붕 열관류율 변수에 따른 난방부하와 구성요소이다.

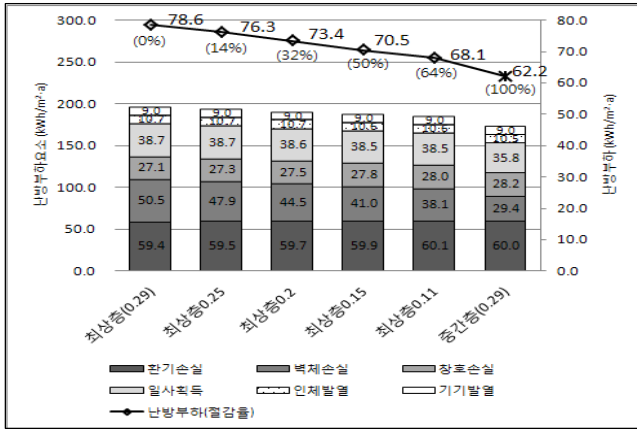


그림 17. 一형의 최상층 지붕변수에 따른 난방부하와 구성요소

그림17의 표준주택기준의 0.29W/m<sup>2</sup>·K의 지붕관류율을 적용한 난방부하는 78.6kWh/m<sup>2</sup>·a이며 패시브하우스 기준인 0.11W/m<sup>2</sup>·K의 지붕관류율을 적용하면 68.1kWh/m<sup>2</sup>·a까지 절감한다. 난방부하 구성요소를 보면 벽체손실(외벽 및 상부 슬래브손실)이 50.5kWh/m<sup>2</sup>·a에서 38.1kWh/m<sup>2</sup>·a까지 절감되며 중간층의 난방부하 62.2kWh/m<sup>2</sup>·a를 목표로 지붕관류율 향상에 따라 최대 64% 절감할 수 있다.

### 6.3 최하층 바닥 열관류율 보강효과

그림14와 같이 공동주택의 바닥 열관류율을 표준주택기준 0.52W/m<sup>2</sup>·K에서 0.09~0.1W/m<sup>2</sup>·K씩 감소하며 5단계에 걸쳐 패시브하우스기준 0.13W/m<sup>2</sup>·K까지 바닥 관류율을 향상시켜 개선하고자 한다. 그림18은 一형의 최하층에 바닥 열관류율 변수에 따른 난방부하와 구성요소이다.

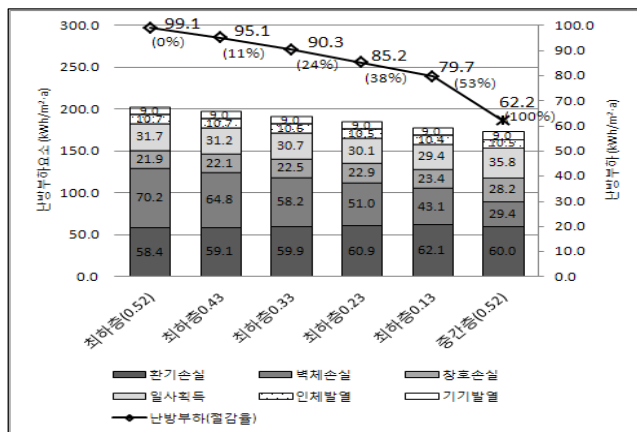


그림 18. 一형의 최하층 바닥변수에 따른 난방부하와 구성요소

그림18에서 표준주택기준의 바닥열관류율인 0.52W/m<sup>2</sup>·K을 적용한 난방부하는 99.1kWh/m<sup>2</sup>·a이다. 바닥관류율이 최대 향상된 0.13W/m<sup>2</sup>·K의 패시브하우스 기준을 적용하였을 때 79.7kWh/m<sup>2</sup>·a까지 난방부하가 절감한다. 난방부하 절감의 주요원인으로 벽체손실(외벽 및 하부 슬래브손실)이 70.2kWh/m<sup>2</sup>·a에서 43.1kWh/m<sup>2</sup>·a까지 감소하기 때문이며 중간층의 난방부하를 목표로 최대 53% 절감할 수 있다.

### 6.4 최하층, 최상층의 창호 열관류율 보강효과

그림14와 같이 공동주택의 창호 관류율을 표준주택기준

3.0W/m<sup>2</sup>·K에서 0.5W~0.6W/m<sup>2</sup>·K씩 감소하며 5단계에 걸쳐 패시브하우스 기준 0.8W/m<sup>2</sup>·K까지 창호 관류율을 향상시켜 개선하고자 한다.

#### 1) 최하층 창호 열관류율 변수적용

다음 그림19는 一형의 최하층에 창호 열관류율 변수에 따른 난방부하와 구성요소이다.

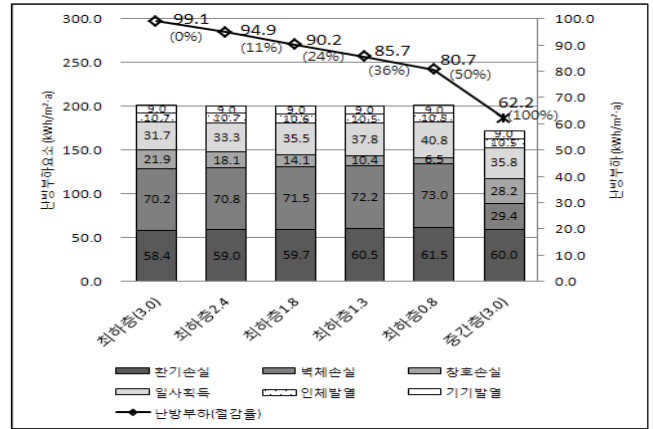


그림 19. 一형의 최하층 창호변수에 따른 난방부하와 구성요소

그림19에서 표준주택기준의 난방부하는 99.1kWh/m<sup>2</sup>·a이며 패시브하우스 기준을 적용하면 80.7kWh/m<sup>2</sup>·a까지 절감한다. 난방부하절감의 주요원인은 난방부하 구성요소중에서 일사획득이 31.7kWh/m<sup>2</sup>·a에서 40.8kWh/m<sup>2</sup>·a까지 증가되며 창호손실이 21.9kWh/m<sup>2</sup>·a에서 6.5kWh/m<sup>2</sup>·a까지 감소하기 때문이다. 창호 관류율 향상에 따라 중간층의 난방부하를 목표로 최대 50% 절감할 수 있다.

#### 2) 최상층 창호 열관류율 변수적용

다음 그림20은 一형의 최상층에 창호 열관류율 변수에 따른 난방부하와 구성요소이다.

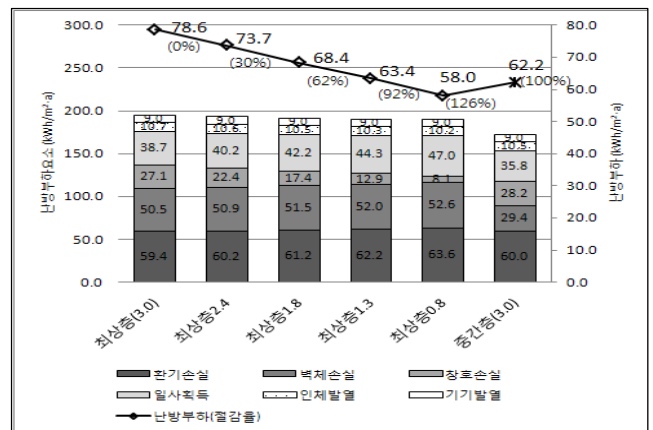


그림 20. 一형의 최상층 창호변수에 따른 난방부하와 구성요소

그림20에서 표준주택기준의 난방부하는 78.6kWh/m<sup>2</sup>·a이며 패시브하우스기준을 적용하였을 때 58.0kWh/m<sup>2</sup>·a까지 난방부하가 절감한다. 창호손실이 27.1kWh/m<sup>2</sup>·a에서 8.1kWh/m<sup>2</sup>·a까지 감소하며 일사획득이 38.7kWh/m<sup>2</sup>·a에서 47.0kWh/m<sup>2</sup>·a까지 증가하여 난방부하는 절감되며 중간층의 난방부하를 목표로 최대 126% 절감할 수 있다.

### 7. 난방부하 절감요소 통합구성 및 절감을 평가

난방부하 절감요소 통합구성을 만들기 위해 최하층의 경우 외벽, 창호, 바닥을 변수로 설정하고 최상층의 경우 외벽, 창호, 지붕의 관류율을 변수로 설정하였다. 각 변수의 관류율을 표준주택기준에서 패시브하우스 기준까지 3단계로 통합 적용하여 Alt.26개씩 만들었다. 이를 통해 어떤 조합의 변수가 중간층의 난방부하만큼 절감시키는지 시뮬레이션 하여 최상층, 최하층의 난방부하 절감율을 제시하고자 한다. 다음 그림21은 1형의 판상형 최하층, 최상층의 난방부하 절감 변수를 통합 구성한 것이다.

표준주택 (단위: W/m <sup>2</sup> ·K)					
0.47	→	3.0	→	0.52	0.29
외벽	↘	창호	↘	바닥	지붕
0.31		1.8		0.33	0.20
패시브하우스기준 (단위: W/m <sup>2</sup> ·K)					
0.15	↘	0.8	↘	0.13	0.11

그림 21. 최하층, 최상층의 난방부하 절감요소 통합구성

#### 7.1 1형의 최하층 절감요소 통합구성 및 절감을 평가

다음 표3은 1형의 판상형 최하층의 난방부하를 그림21의 절감요소를 통합하여 구성한 Alt.26개의 결과값이다.

표 3. 1형의 최하층 난방부하 절감요소 통합구성 및 절감을 평가

구분	외벽	창호	바닥	난방부하 (kWh/m <sup>2</sup> ·a)	최하층 대비 절감율		
						(W/m <sup>2</sup> ·K)	
<b>최하층</b>				<b>99.1</b>	<b>0%</b>		
Alt.1	0.47	3.0	0.52	90.3	9%		
Alt.2			0.33	79.7	20%		
Alt.3			0.13	90.2	9%		
Alt.4			0.52	81.1	18%		
Alt.5		1.8	0.33	70.3	29%		
Alt.6			0.52	80.7	19%		
Alt.7			0.33	71.5	28%		
Alt.8			0.13	60.3	39%		
Alt.9	0.31	3.0	0.52	95.9	3%		
Alt.10			0.33	87.0	12%		
Alt.11			0.13	76.2	23%		
Alt.12			0.52	86.9	12%		
Alt.13			1.8	0.33	77.8	22%	
Alt.14				0.13	66.7	33%	
Alt.15		0.52		77.3	22%		
Alt.16		0.8		0.33	68.0	31%	
Alt.17				0.13	56.7	43%	
Alt.18				0.52	92.4	7%	
Alt.19			3.0	0.33	83.4	16%	
Alt.20				0.13	72.5	27%	
Alt.21				0.52	83.3	16%	
Alt.22		0.15		1.8	0.33	74.1	25%
Alt.23					0.13	62.9	37%
Alt.24					0.52	73.6	26%
Alt.25			0.8	0.33	64.1	35%	
Alt.26				0.13	52.7	47%	
<b>중간층</b>	<b>0.47</b>			<b>3.0</b>	<b>0.52</b>	<b>62.2</b>	

1형의 판상형 최하층의 난방부하 절감 변수를 통합하여 적용하였을 때 표3과 같이 Alt.8은 외벽의 관류율이 0.47W/m<sup>2</sup>·K이며 창호가 0.8W/m<sup>2</sup>·K이고 바닥이 0.13W/m<sup>2</sup>·K일 때 난방부하가 60.3kWh/m<sup>2</sup>·a로 중간층의 62.2kWh/m<sup>2</sup>·a보

다 절감되는 것으로 평가 된다. 이는 표준주택기준의 물성치를 적용한 최하층의 난방부하 99.1kWh/m<sup>2</sup>·a 대비 39% 절감된다. Alt. 17의 난방부하는 56.7kWh/m<sup>2</sup>·a이며 최하층 난방부하 대비 43% 절감이고 Alt. 26은 52.7 kWh/m<sup>2</sup>·a이며 47% 절감되었다. 이를 통해 중간층만큼의 최하층 난방부하를 얻을 수 있는 Alt. 3개의 절감요소 기술을 제시하였다.

#### 7.2 1형의 최상층 절감요소 통합구성 및 절감을 평가

다음 표4는 1형의 판상형 최상층의 난방부하를 그림21의 절감요소를 통합하여 구성한 Alt.26개의 결과값이다.

표 4. 1형의 최상층 난방부하 절감요소 통합구성 및 절감을 평가

구분	외벽	창호	지붕	난방부하 (kWh/m <sup>2</sup> ·a)	최상층 대비 절감율	
						(W/m <sup>2</sup> ·K)
<b>최상층</b>				<b>78.6</b>	<b>0%</b>	
Alt.1	0.47	3.0	0.29	73.4	7%	
Alt.2			0.11	68.1	13%	
Alt.3			0.29	68.4	13%	
Alt.4			1.8	0.2	63.1	20%
Alt.5		0.11		57.7	27%	
Alt.6		0.29		58.0	26%	
Alt.7		0.8		0.2	52.7	33%
Alt.8			0.11	47.2	40%	
Alt.9	0.31		3.0	0.29	75.4	4%
Alt.10				0.2	70.2	11%
Alt.11		0.11		64.8	18%	
Alt.12		1.8		0.29	65.1	17%
Alt.13				0.2	59.8	24%
Alt.14				0.11	54.4	31%
Alt.15			0.8	0.29	54.7	30%
Alt.16				0.2	49.4	37%
Alt.17				0.11	43.8	44%
Alt.18		3.0		0.29	71.9	9%
Alt.19				0.2	66.7	15%
Alt.20				0.15	1.8	0.11
Alt.21	0.29		61.6			22%
Alt.22	0.2		56.3			28%
Alt.23	0.8		0.11		50.8	35%
Alt.24		0.29	51.1		35%	
Alt.25		0.2	45.7		42%	
Alt.26		0.11	40.1	49%		
<b>중간층</b>	<b>0.47</b>	<b>3.0</b>	<b>0.29</b>	<b>62.2</b>		

1형의 판상형 최상층의 난방부하 절감 변수를 통합하여 적용하였을 때 표4와 같이 Alt.5는 외벽의 관류율이 0.47W/m<sup>2</sup>·K이며 창호가 1.8W/m<sup>2</sup>·K이고 지붕이 0.11W/m<sup>2</sup>·K일 때 난방부하가 57.7kWh/m<sup>2</sup>·a로 중간층의 62.2kWh/m<sup>2</sup>·a보다 절감된다. 이는 표준주택기준의 물성치를 적용한 최상층의 난방부하 78.6kWh/m<sup>2</sup>·a 대비 27% 절감된 것으로 평가되었다. 표4와 같이 외벽의 관류율이 0.47W/m<sup>2</sup>·K이며 창호가 0.8W/m<sup>2</sup>·K일 때는 지붕이 0.29W/m<sup>2</sup>·K이하의 변수조합이 중간층 이하의 난방부하로 절감 된다. 외벽의 관류율이 0.31 W/m<sup>2</sup>·K이며 창호가 1.8W/m<sup>2</sup>·K일 때는 지붕이 0.2W/m<sup>2</sup>·K이하의 변수조합이 중간층 이하의 난방부하로 절감이 가능하며 외벽의 관류율0.15W/m<sup>2</sup>·K이며 창호가 3.0W/m<sup>2</sup>·K일 때는 지붕이 0.11W/m<sup>2</sup>·K이하의 변수조합이 절감이 가능하다. 이를 통해 중간층만큼의 최상층 난방부하를 얻을 수 있는 Alt. 16개의 절감요소 기술을 제시하였다.

## 8. 결론

본 연구에서는 一형의 관상형과 V형, Y형의 탑상형 형태의 공동주택의 세대위치를 최하층, 중간층, 최상층으로 선정하여 일사분석 및 난방부하를 비교 평가하였다. 또한 최하층과 최상층의 높은 난방부하가 중간층세대만큼의 난방부하로 절감하는 보완요소 기술을 제안하였다. 이상의 연구내용 및 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 세대형태 및 위치별 난방부하, 일조시간, 수직면일사량 비교분석을 하였다. 수직면 일사량과 일조시간은 세대높이가 높아질수록 증가하며 난방부하는 감소한다. 세대형태에 따른 방위별로 분석하면 남서향이 수직면 일사량과 일조시간이 가장 높으므로 난방부하가 가장 낮다. 주변동의 영향을 받아 일사가 차폐되는 최하층의 일사획득을 보강하기 위해 최하층의 창호의 성능향상이 필요하며 난방뿐만 아니라 냉방을 고려한 창호의 G-value값에 대한 고려가 필요하다.
- (2) 세대형태별 및 세대위치별 난방부하 분석을 정리하였다. 층세대가 외기에 접한 면이 많기 때문에 난방부하 구성요소인 벽체손실도 크게 나타나므로 층세대의 벽체 열관류율의 보강이 필요하다. 또한 최하층, 최상층은 상, 하부 구조체 보강으로 열손실을 막고 최상층의 창호의 열관류율의 향상을 통해 난방부하를 절감할 수 있다.
- (3) 난방부하 절감요소 기술 적용을 통해 외벽, 지붕, 바닥, 창호의 열관류율을 패시브하우스 기준까지 단계적으로 향상시켜 난방부하를 절감하였다. 최상층 표준주택기준을 적용한 난방부하는  $78.6\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ 이며 패시브하우스 기준까지 적용하였을 때 가장 많이 절감된 요소는 창호 열관류율로 평가되었다. 창호손실이 감소하며 일사획득 증가를 통해  $58.0\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ 까지 난방부하가 절감된다. 중간층의 난방부하  $62.2\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ 를 목표로 최대 126% 절감할 수 있다.
- (4) 최하층과 최상층의 난방부하 절감요소 통합구성 및 절감율을 평가하여 최하층은 Alt. 3개, 최상층의 경우는 Alt. 16개를 중간층이하의 난방부하로 절감 방안을 제시하였다.

최하층의 Alt.8은 외벽의 관류율이  $0.47\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ , 창호가  $0.8\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 이며 바닥이  $0.13\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 일 때 난방부하가  $60.3\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ 로 중간층보다 절감되어 최하층의 난방부하  $99.1\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$  대비 39% 절감한다. Alt. 17의 난방부하는  $56.7\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ 이며 최하층 난방부하 대비 43% 절감하며 Alt. 26은  $52.7\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ 이며 47% 절감되었다.

최상층의 Alt.5는 외벽의 관류율이  $0.47\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 이며 창호가  $1.8\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 이고 지붕이  $0.11\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 일 때 난방부하가  $57.7\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ 로 중간층보다 절감된다. 이는 표준주택기준의 물성치를 적용한 최상층의 난방부하  $78.6\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$  대비 27% 절감된 값이다. 외벽의 관류율이  $0.47\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 이며 창호가  $0.8\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 일 때는 지붕이  $0.29\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 이하의 변수조합이 중간층 이하의 난

방부하로 절감 된다. 외벽의 관류율이  $0.31\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 이며 창호가  $1.8\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 일 때는 지붕이  $0.2\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 이하의 변수조합이 중간층이하의 난방부하로 절감이 가능하며 외벽의 관류율이  $0.15\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 이며 창호가  $3.0\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 일 때는 지붕이  $0.11\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 이하의 변수조합이 절감이 가능하다.

본 연구는 위와 같이 공동주택 설계시 세대 위치별 열적 불균형을 최소화 할 수 있는 정량적인 데이터를 제시하였다. 또한 주동형태별로 중간층의 부하를 구하였을 때 一형, Y형, V형의 방위차이에 의한 난방부하차이가 있으므로 추후 주동형태에 따른 난방부하를 절감할 연구가 필요할 것이다. 이를 통해 패시브하우스나 친환경주택 건설에 대한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 후 기

본 연구는 고려대학교 특별 연구비에 의하여 수행되었음(Supported by a Korea University Grant).

## 참고문헌

1. 김동균, 김강수 외, EnergyPlus의 시뮬레이션 결과와 실제 냉방에너지 사용량의 비교 분석 및 GHP와 EHP의 에너지 성능비교에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제27권 5호, 2011
2. 윤갑천, 김강수 외, 에너지시뮬레이션에서의 부하요소가 건물 에너지사용량에 미치는 영향 분석, 한국생태환경건축학회 논문집, 제11권 4호, 2011
3. 녹색성장위원회, 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법령 주요내용, 2012.12
4. Yusuf Yildiz, Zeynep Durmus Arsan, Identification of the building parameters that influence heating and cooling energy loads for apartment buildings in hot-humid climates, Energy, 2011
5. 윤성환, 장희경, 김영탁, 공동주택의 세대위치별 열부하 특성 연구, 대한건축학회 논문집, 25권 10호, 2009
6. 에너지관리공단, 친환경주택건설 기준 및 성능 평가기준주택, 2012.09
7. 에너지관리공단, 건물에너지효율등급 인증제도 운영규정, 2011.04
8. 국토해양부, 친환경건축물 인증기준, 2010.5
9. Jinghua Yu, Changzhi Yang, Liwei Tian, Low-energy envelope design of residential building in hot summer and cold winter zone in China, Energy and Building, 2008
10. ASHRAE Handbook 2009 - Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2009
11. United States Department of Energy, EnergyPlus Manual Engineering Reference, Version 3.0
12. Passive House Planning Package, 2007
13. C.K. Cheung, R.J. Fuller, M.B. Luther, Energy-efficient envelope design for high-rise apartments, Energy and Building, 2005
14. Jinghua Yu, Changzhi Yang, Liwei Tian, Low-energy



envelope design of residential building in hot summer  
and cold winter zone in China, Energy and Building,  
2008

---

투고(접수)일자: 2013년 1월 2일  
수정일자: (1차) 2013년 2월 22일  
(2차) 2013년 2월 25일  
게재확정일자: 2013년 2월 26일