

초고층 오피스 건물의 수직외부환경 변화가 건물부하에 미치는 영향

A Building Heating and Cooling Load Analysis of Super Tall Building considering the Vertical Micro-climate Change

김 양 수* 송 두 삼** 황 석 호***
Kim, Yang-su Song, Doosam Hwang, Suk-Ho

Abstract

In these days numerous super tall buildings are under construction or being planned in Middle East and Asian countries. Some of them are planned as an ultra high-rise building that goes over 600m tall, including Burj Khalifa, the tallest building in the world.

External environment such as wind speed, temperature and humidity of the super tall building varies due to its vertical height. Therefore, it is necessary to consider these environmental changes to estimate building heating and cooling load.

This paper analyzes how vertical microclimate difference affects building heating and cooling load in super tall building by simulation using radiosonde climate data. Besides, the correlation between air-tightness of building envelope and building load was analyzed for a super tall building.

키워드 : 초고층, 수직적 외부환경, 건물부하, 외피시스템, 시뮬레이션

Keywords : Super tall building, Vertical micro-climate, Building load, Envelope system, Simulation

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 중동과 아시아 지역을 중심으로 초고층 건물이 많이 지어지고 있다. 2010년 1월에는 세계 최고높이의 건물 기록을 경신한 828m 높이의 아랍 에미리트의 버즈 칼리파가 완공되었으며, 사우디아라비아 제다의 Kingdom Tower, 아랍에미리트 두바이의 Nakheel Tower, 쿠웨이트의 Bruj Mubarak Al Kabir 등의 1,000m이상의 건물들도 현재 계획 중이다. 국내에서도 인천 151타워, 롯데타워, 상암DMC 등 600m이상의 극초고층 건물들이 계획 및 시공 중에 있다.

초고층 건물은 한 나라와 도시의 랜드마크로서의 역할을 담당하고 있으며, 제한된 도시공간을 집약적으로 활용할 수 있다. 따라서 지상 층의 녹지공간을 더 많이 활용할 수 있으며, 도시의 지나친 팽창으로 인한 과도한 인프라 투자비용을 절감할 수 있다.

하지만, 이러한 여러 장점들에도 불구하고 초고층 건물은 일반 건물에 비해 에너지 소비량이 수배 이상 증가하게 된다. 세장한 외형으로 인해 외기와 접하는 면적이 커지게 되며, 조망권의 확보를 위해 외피에서 유리가 차지하는 면적 역시 커짐으로 인해 열적으로 취약한 특성을 지니게 된다. 수직양중 및 급수, 열원공급 등의 수직이동 등 기계, 설비적인 측면에서도 동일 규모의 저층형 건물에 비해 더 많은 에너지 소비가 발생하게 된다.

초고층건물의 냉난방부하 산출에 관한 기존연구로는 Peter G. Ellis 등⁽¹⁾은 Manhattan의 World Trade Center 재건사업의 일환으로 계획되고 있는 Freedom Tower(70층, 284m)를 Energyplus를 사용하여 검토하였다. 이 논문에서는 초고층화에 따라 달라지는 높이별 외부환경 변화를 고려한 시뮬레이션방안, 도심 내 초고층 건물이 위치함으로써 저층부가 주변건물에 의해 차폐가 되는 점 등을 고려한 건물부하 계산방법에 대해 검토하고 있다.

Moti Segal 등⁽²⁾은 초고층건물의 냉난방부하 산출에 라디오존데 기상데이터(radiosonde meteorological data)의 활용에 대해 검토한 사례를 보고하고 있다.

본 논문에서는 기존 연구 내용을 참고로 하여 가상의 200층(1,000m) 건물의 냉난방 부하 산출에 있어 수직적 외부환경(온/습도, 풍속 등)의 변화가 미치는 영향에 대해서

* 성균관대학교 초고층장대교량학과 석사과정 (zhenhere@naver.com)

** 교신저자, 성균관대학교 건축공학과 부교수(dssong@skku.edu)

*** 연세대학교 친환경건축연구센터 연구교수 (hwangsh@yonsei.ac.kr)

표 1. 라디오존데로 측정된 2009년 수직 기상분포(오산지역)

높이	1월			2월			3월			4월			5월			6월		
	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)
800~1000m	-7.0	50.4	7.7	-1.6	47.9	7.2	0.2	52.3	8.7	3.9	56.5	7.4	11.9	58.1	7.6	17.7	62.9	4.5
600~800m	-5.7	54.3	6.7	-0.9	55.5	6.0	1.7	54.6	7.8	5.2	54.5	6.6	13.4	58.7	6.7	19.2	61.2	4.0
400~600m	-4.1	54.0	5.3	0.3	60.9	4.7	3.2	55.8	6.5	6.6	55.4	5.4	14.6	59.1	5.3	20.5	61.1	3.2
200~400m	-2.3	53.6	3.2	1.5	65.1	3.4	4.6	57.4	4.9	8.0	57.6	4.0	15.7	62.1	3.7	21.6	62.4	2.4
0~200m	-3.2	67.7	2.1	1.9	74.0	2.1	5.4	64.2	3.4	9.1	62.7	2.7	17.0	68.0	2.1	23.2	68.7	1.6

높이	7월			8월			9월			10월			11월			12월		
	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)	온도 (°C)	습도 (%)	풍속 (m/s)
800~1000m	18.9	76.0	6.4	20.8	68.2	6.2	16.3	61.7	3.9	11.2	55.7	6.5	2.1	68.4	7.8	-4.7	54.7	8.6
600~800m	20.1	75.8	5.7	20.9	68.4	5.5	17.7	61.6	3.6	12.6	56.1	5.8	3.2	67.9	7.0	-4.1	59.9	7.8
400~600m	21.3	77.5	4.7	22.3	69.4	4.7	19.3	62.5	3.0	14.0	56.8	4.8	4.7	65.7	5.9	-2.8	60.6	6.2
200~400m	22.6	80.3	3.4	23.7	72.4	3.6	20.7	65.2	2.3	15.3	58.4	3.6	6.1	63.6	4.3	-1.4	60.4	4.3
0~200m	24.0	85.7	2.0	25.1	79.0	2.5	21.7	73.1	1.6	15.3	68.9	2.3	6.5	69.6	2.8	-1.0	69.0	2.4

검토하고자 한다. 본 논문에서는 대상건물을 수직적으로 분할(zonning)하여 수직적 외부환경 변화를 고려한 건물부하 산출방법을 제시하고, 초고층 건물의 수직적 부하변동 특성을 고찰하고자 한다. 아울러 종래의 건물부하 산정방법과 같이 지상층 근처에서 측정된 기상자료, 즉 단일 기상자료만을 사용하여 건물부하를 산정한 경우와 라디오존데 기상데이터를 활용한 경우의 부하산출 결과를 비교하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

라디오존데의 실측자료를 기상데이터 바탕으로 초고층 건물의 연간 총 냉난방부하량에 대해 분석하였다. 대상건물은 높이 1,000m, 200층 규모의 가상의 건물로 수직적으로 각 200m, 40층씩 분할하여 각 영역별로 해당 높이의 라디오존데 기상데이터를 이용하여 냉난방부하량을 산정하였다. 부하계산은 동적 열성능 분석 시뮬레이션 프로그램인 영국 EDSSL社의 TAS(Thermal Analysis Software)⁽³⁾를 사용하였다.

2. 초고층 건물의 수직 외부 환경 변화

2.1 라디오존데를 이용한 수직 환경 변화 분석

라디오존데는 대기 상층의 기상(기압, 온도, 습도 등)을 관측하여 지상에 송신하는 측정 장치이다. University of Wyoming, Department of Atmospheric Science에서 제공하는 웹페이지⁽⁴⁾를 통해 세계 각국의 라디오존데를 통해 측정된 기상데이터를 열람할 수 있다. 우리나라에서는 속초, 오산, 광주, 제주, 포항, 백령도에서 이를 측정하고 있으며, 본 연구에서는 서울지역과 가장 가까운 오산에서 측정된 라디오존데 데이터를 사용하였다.

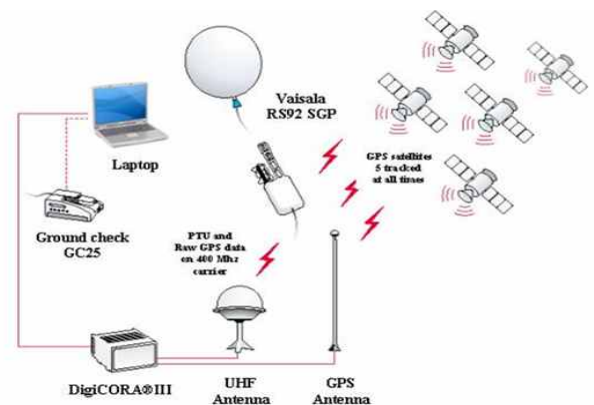


그림 1. 라디오존데(Radiosonde)시스템⁽⁵⁾

2.2 주요 기상요소들의 수직분포 분석

라디오존데로 측정된 기상 데이터들 중 2009년의 기상데이터의 한 달 평균값을 수직으로 200m 간격으로 표 1에 정리하였다. 높이가 높아질수록 온도 및 습도가 감소하며 풍속은 증가되는 경향을 보인다. 800m이상의 구간에서는 기온이 1월 -7°C, 8월 20°C정도로 0~200m구간에 비해 낮게 나타난다. 풍속은 0~200m구간에 비하여 약 3배 이상 증가한다.

3. 시뮬레이션 개요

3.1 대상건물 개요

건물 냉난방부하 시뮬레이션을 위해 높이 1,000m, 200층 규모의 극초고층 건물을 모델링하였다. 평면은 중앙의 코어벽체부분을 하나의 Zone으로 설정하고 동서남북 각 방위별로 나누어 Perimeter Zone으로 설정하되, 외부로부

터 6m까지를 일사, 전도, 침기 등에서 외부 환경조건에 상대적으로 영향을 많이 받는 Perimeter Zone으로, 안쪽을 Interior Zone으로 분류하였다. 수직방향으로는 지상에서부터 200m, 40층 간격으로 그림 2와 같이 조닝하였다. 시뮬레이션 대상 건물의 개요는 표 2와 같으며, 시뮬레이션은 건물전체를 대상으로 whole building simulation으로 수행하였다.

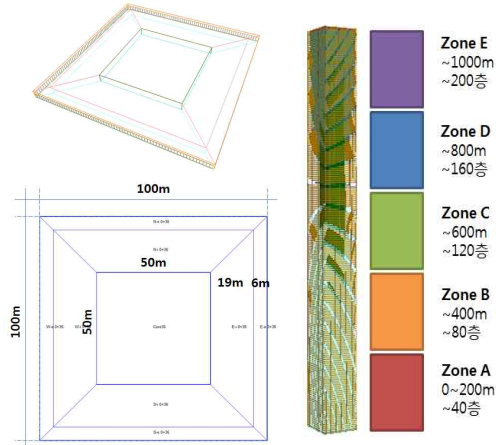


그림 2. 대상건물 기준평면 및 수직 Zoning

주요 구조체의 물성치는 표 2와 같다.

표 2. 대상 모델건물 개요

구분	내용	
높이	1,000m	
층수	200층	
기준층면적	Center Zone	2,500 m ²
	Perimeter Zone	554 m ² x 각 방위
	Interior Zone	1,308.5 m ² x 각 방위
연면적	2,000,000 m ² (해석 대상 오피스 면적 : 1,500,000 m ²)	
층고	5m / 공조공간 3.5m	
용도	오피스	

3.2 시뮬레이션 프로그램

TAS(Thermal Analysis Software)는 1989년 영국 EDSL (Environmental Design Solution Limited)사에서 개발한 동적 시뮬레이션 프로그램으로 건물부하량 계산, 외피 및 차양설계, 기계설비 용량결정, 신재생에너지 발전량 예측 등에 사용되는 프로그램으로 Sequential modeling 방식의 열류와 기류의 커플링 해석이 가능하다. 동적 시뮬레이션 중에서는 최초로 영국 Level 5 EPC인증을 받았으며, 국제 에너지기구(IEA)의 보고서 등 여러 실측 결과를 통해 국제적으로 인정받은 프로그램이다.

3.3 시뮬레이션 입력조건

시뮬레이션에 사용된 물성치 및 입력조건은 표 3, 표 4와 같다. 각 수직 Zone 들은 기상조건을 제외하고 온도,

스케줄, 내부 발열 등의 다른 변수는 동일 한 것으로 가정하였다. 기상조건은 라디오존데가 일사량 데이터를 제공하지 않기 때문에 TAS library에서 제공하는 서울지역 기상 데이터에서 온도, 습도, 풍속 및 풍향에 대한 값을 라디오존데의 기상데이터로 수정하여 입력하였다.

표 3. 주요 구조체의 물성치

구성요소	재료명	두께 (mm)	열관류율 (W/m ² ·°C)
Glazing	Low-E (6CL+12Air+6LE)	24	1.592 (SHGC : 0.319)
Frame	Metal/Thermal break	100	3.115
Opaque Wall	Al sheet/ Glass Wool	50	1.95
Internal Wall	Reinforced Concrete	500	2.5
Internal Floor	Reinforced Concrete/Air gap/Acoustic Tile	180	1.3

표 4. Simulation 조건

조건	설정 값	
Weather data	서울지역 기상데이터(일사) + Radiosonde Data, Osan, 2009년 (온도, 풍속, 습도, 풍향)	
Latitude	37.3	
Longitude	127.0	
Heating set point	22°C, 40%	
Cooling set point	26°C, 60%	
Heat gain	Occupancy	Sensible heat Gain: 15[W/m ²] Latent heat Gain: 11[W]
	Lighting	Office: 12[W/m ²]
	Equipment	Office: 21.5[W/m ²]
Infiltration	0.3, 0.5, 0.7 ACH (외부풍속 3m/s기준)	
Cooling Schedule	9 a.m. ~ 8 p.m.	
Heating Schedule	8 a.m. ~ 8 p.m.	
냉난방 기간	01/01 ~ 12/31 (Mon-Fri only)	
시뮬레이션 기간	365일, 8760시간	

3.4 외부풍속변화에 따른 침기량 변화

초고층 건물의 경우, 매우 큰 풍속에 노출되어 있기 때문에 건물 냉난방부하를 산정함에 있어서도 풍속 또는 풍압에 의한 외기침입, 즉 침기를 고려해야 한다. 일반적인 건물 냉난방부하 산정 시 침기량은 일정하다고 가정하나, 초고층 건물의 경우는 높이별 풍속에 비례하여 침기량의 변화를 반영해야 한다. 따라서 본 연구에서는 외부풍속 변화에 따라 침기량이 변화하도록 TAS 시뮬레이션을 설정하였다. 그림3은 외부풍속이 3m/s 일 때를 기준으로 시뮬레이션에서 사용될 풍속과 침기량의 관계를 나타내고 있다. Infiltration Coefficient는 침기량이 풍속과 완전하게 정비례할 때를 0, 상관관계가 없을 때를 1이라고 하였다. 본 연구에서는 Infiltration Coefficient를 0.5로 하여 외부풍속

이 3m/s일 때의 기준 침기량을 0.3ACH, 0.5ACH, 0.7ACH 가 되도록 기밀성을 변화시켜 계산을 행하였다.

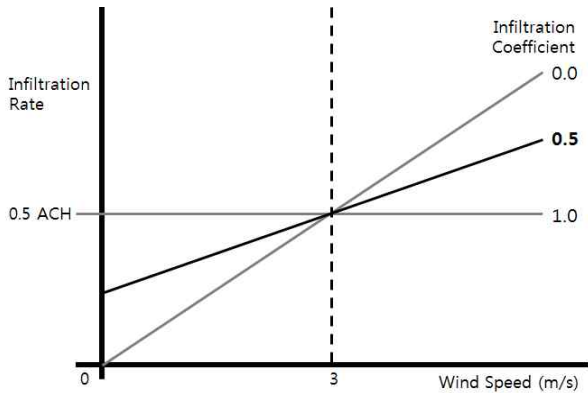


그림 3. 풍속에 따른 침기량 변화 기준⁽⁶⁾

3.5 시뮬레이션 케이스

시뮬레이션 케이스는 초고층 건물의 수직 준별 기상데이터를 바탕으로 각각 5개의 수직존(A~E)별 냉난방 부하를 산출하였으며 또한, 증가하는 풍속으로 인한 영향을 건물부하 변동을 분석하기 위해 외부풍속 3m/s에서의 기준 침기량이 각각 0.3, 0.5, 0.7 ACH가 되도록 외기 기밀성을 설정한 케이스에 대해 검토하였다. 따라서 검토 케이스는 모두 15 케이스이다.

4. 시뮬레이션 결과

4.1 수직 Zone별 냉난방 부하량 차이

Perimeter Zone 전체에 대해 수직 Zoning에 따른 월별 냉난방 부하량을 그림 4에 나타내었다. 저층부 zone인 Zone A에서 고층부 Zone E로 갈수록 여름철 냉방부하는 감소하며, 겨울철 난방부하는 증가하게 된다. 냉방부하의 경우 상층부 Zone을 제외하고 거의 연간에 걸쳐 조금씩 감소하는 경향을 나타내는 반면, 난방부하의 경우 겨울철에 집중해서 발생하는 것을 볼 수 있다. 이 같은 경향은 외피가 기밀한 조건인 침기량이 0.3ACH일 때 보다 다소 기밀하지 못한 0.7ACH일 경우가 외기 유입의 증가에 따라 냉방부하는 다소 감소하나 난방부하는 약 2배 이상 증가하는 것으로 나타났다.

최저층인 Zone A와 다른 Zone 들의 Perimeter 및 Internal Zone 냉난방 부하량을 비교한 결과를 표 5에 나타내었다. 0.5ACH@3m/s 조건에서 최상부 Zone E의 경우 Zone A와 비교하여 난방부하는 736%로 증가하며, 냉방부하의 경우 52%로 감소하며, 다른 조건에서도 이와 유사한 비율로 냉난방 부하의 증감이 발생하게 된다.

그림 5에 외부환경변화의 영향을 상대적으로 많이 받게 되는 Perimeter Zone의 단위면적당 연간 냉난방 부하량을 나타내었다. 외피의 기밀성 정도에 따라 다소 차이는 있으나 건물높이가 증가함에 따라 난방부하는 약 600% 정도 증가하고, 냉방부하는 약 50%정도 감소한다.

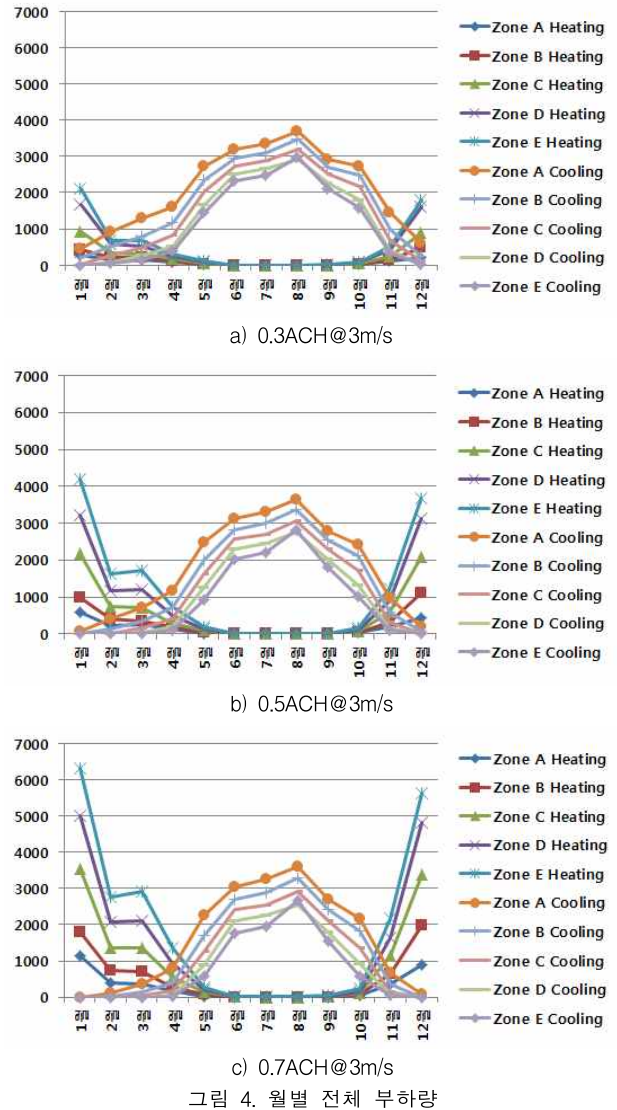
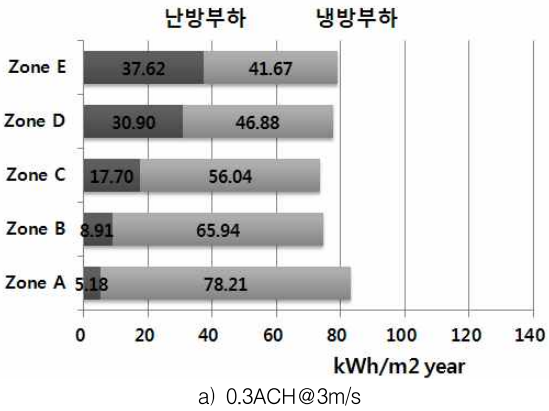


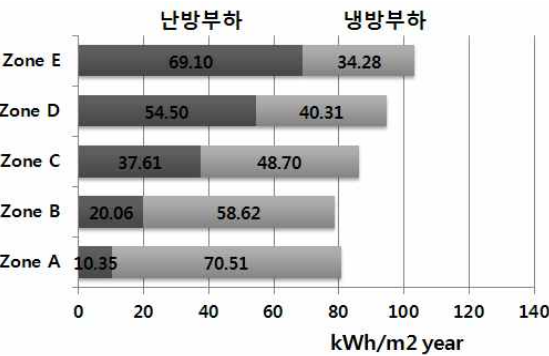
그림 4. 월별 전체 부하량

표 5. Zone A와 다른 Zone 간의 부하량 차이

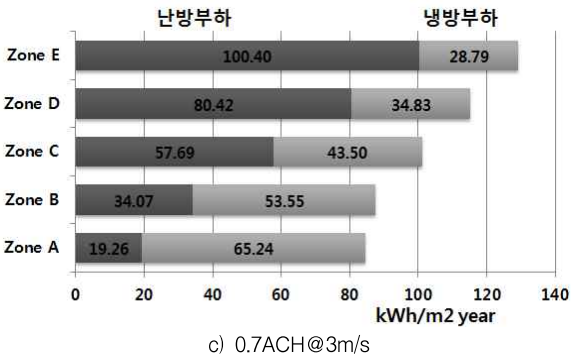
0.3ACH@3m/s	kWh/m ² /year(%)					
	Heating		Cooling		Total	
Zone A	3.24	100%	83.79	100%	87.03	100%
Zone B	5.42	167%	70.56	84%	75.97	87%
Zone C	9.87	304%	60.20	72%	70.07	81%
Zone D	17.39	536%	50.73	61%	68.11	78%
Zone E	21.19	654%	46.37	55%	67.57	78%
0.5ACH@3m/s						
	Heating		Cooling		Total	
Zone A	6.20	100%	71.61	100%	77.80	100%
Zone B	11.65	188%	59.53	83%	71.18	91%
Zone C	22.68	366%	49.92	70%	72.60	93%
Zone D	34.71	560%	42.05	59%	76.77	99%
Zone E	45.62	736%	36.89	52%	82.51	106%
0.7ACH@3m/s						
	Heating		Cooling		Total	
Zone A	11.49	100%	63.93	100%	75.42	100%
Zone B	21.14	184%	52.89	83%	74.03	98%
Zone C	38.88	338%	43.56	68%	82.45	109%
Zone D	56.93	495%	35.80	56%	92.72	123%
Zone E	73.10	636%	30.72	48%	103.81	138%



a) 0.3ACH@3m/s



b) 0.5ACH@3m/s



c) 0.7ACH@3m/s

그림 5. Perimeter Zone의 연간 냉난방 부하량

그림 6은 기준침기량 0.5ACH 조건에서 종래와 같이 단일 기상자료를 이용해서 건물부하를 산정하였을 때와 수직 Zone별로 외부 기상조건이 변화하는 것을 고려하여 산정한 냉난방부하를 보여주고 있다. 냉방부하는 단일 기

상자료를 사용했을 때에 비해 27% 감소하며, 난방부하의 경우 290%증가하게 된다. 따라서 단일 기상데이터를 기준으로 하여 공조시스템, 외피시스템 등의 설계가 이루어지게 된다면 실제 건물 준공 후 실내 환경조절에 많은 문제가 발생 할 수 있으며, 그에 따른 에너지 소비량도 급격히 증가할 것으로 판단된다. 또한, 침기량의 경우도 고정된 침기량을 사용할 경우 풍속 증가에 의한 부하증가를 고려하지 못하게 되어 급증하는 상층부의 난방부하를 제대로 반영하지 못할 것으로 판단된다.

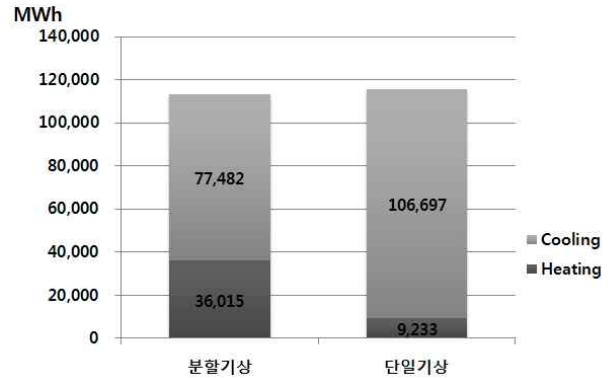


그림 6. 입력 기상데이터에 따른 전체 Zone의 부하량의 변화

4.2 수직 환경변화에 따른 건물 부하요소 분석

그림 7은 기준기밀성 0.5ACH 조건에서 Zone A와 Zone E의 Perimeter Zone에서의 건물부하 요소들의 변화에 대해 나타내었다. 기기, 채실자, 조명으로 인한 내부 발열에 의한 부하요소는 동일하며, 대상 건물 주변에 일사차폐요소가 없다고 가정하였기 때문에 일사취득으로 인한 부하 획득 역시 거의 동일하다. 초고층부인 Zone E의 경우 저층부인 Zone A에 비해 외부풍속이 강하므로 침기로 인한 부하(Inf/Vent Gain)가 213.7%로 급격히 증가하게 된다. 또한 외부온도의 영향에 의해 전도로 인한 손실의 경우, 창호부(External conduction-Glazing)는 21.5%, 스펀드렐 부분(External conduction-Opaque)에서는 33.3% 증가하게 된다. 그림 7의 결과로부터, 건물 높이가 증가함에 따라 외피에서의 침기 및 전도에 의한 열 손실이 증가함을 알 수 있다. 따라서 초고층 건물일수록 상층부의 외피 기밀성 및 단열성능을 더욱 강화시키는 것이 요구됨을 시사하고 있다.

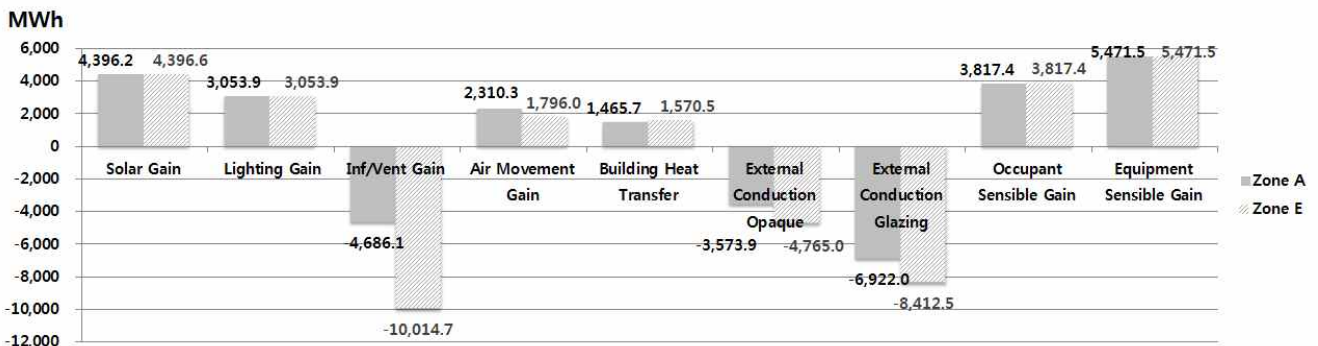


그림 7. Zone A와 Zone E의 부하영향요소

5. 결 론

본 연구에서는 초고층 오피스 건물에서 수직 외부환경이 변화함에 따라 수직 영역별로 건물부하가 특성을 시뮬레이션을 통해 정량적으로 분석하여 다음과 같은 결과를 도출하였다. 초고층 건물의 수직적 외부환경변화에 따른 건물 냉난방부하 변동을 예측하기 위해 본 연구에서는 라디오존데 실측 기상자료를 이용하여 각 수직 영역별 외부환경조건을 설정한 연간 냉난방부하 시뮬레이션을 실시하였다.

(1) 초고층 건물의 경우, 풍속의 영향이 지배적이기 때문에 높이별 풍속 및 풍압증가에 따른 침기부하의 변화를 고려할 수 있도록 건물부하 산출방법을 제시하였다.

(2) 외부환경변화에 따른 건물 부하변동이 예상되는 Perimeter Zone에 대한 냉난방 부하량 변화를 검토한 결과, 저층부 zone인 Zone A에서 고층부 Zone E로 갈수록 여름철 냉방부하는 감소하며, 겨울철 난방부하는 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 변화는 건물 높이에 따른 기온의 변화와 풍속의 증가로 인한 전도 및 침기량 변화로 인해 발생하는 것으로 분석된다.

(3) 초고층 건물의 외피기밀성과 부하와의 관련성을 검토한 결과, 외피가 기밀한 조건인 0.3ACH@3m/s와 비교하여 기밀하지 못한 0.7ACH@3m/s 인 경우, 외기 유입의 증가에 따라 냉방부하는 약간 감소하나 난방부하는 약 2 배 이상 증가하여 난방부하에 침기부하가 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

(4) 외피기밀성이 0.5ACH@3m/s인 조건에서 종래와 같이 단일 기상자료를 이용해서 건물부하를 산정하였을 때와 수직 Zone별로 외부 기상조건이 변화하는 것을 고려하여 산정한 냉난방부하를 비교한 결과, 건물전체의 냉방부하는 단일 기상자료를 사용했을 때에 비해 27% 감소하며, 난방부하의 경우 290%증가하는 것으로 나타났다.

(5) 또한 외피기밀성이 0.5ACH@3m/s인 조건에 대해 초고층 건물의 저층부(Zone A)와 고층부(Zone E)간의 냉난방부하 요소별 변화특성을 검토한 결과, 침기부하와 전도부하의 변동폭이 상당히 큰 것으로 나타났다. 따라서 초고층 건물일수록 상층부의 외피 기밀성 및 단열성능을 더욱 강화시키는 것이 필요함을 알 수 있었다.

향후에는 초고층 건물 내의 연돌효과와 같은 건물 내 공기유동이 수직 영역별 냉난방부하에 미치는 영향, 초고층 건물이 도심에 위치할 경우, 저층부가 주변 건물에 의해 차폐되는 것에 대한 영향 등에 대해서도 검토하고자 한다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부 우수연구센터 육성사업인 한양대학교 친환경 건축 연구센터의 지원으로 수행되었음. (R11-2005-056-02004-0)

참고문헌

1. Perter G. Ellis and Paul A. Torcellini, 2005, Simulating Tall Building using Energyplus, Building Simulation 2005, pp.279-286.
2. Moti Segal, Richard Turner, Dennis Todey, 2000, Using radiosonde meteorological data to better assess air conditioning loads in tall buildings, Energy and Buildings 31, pp.243-250.
3. <http://www.edsl.net>
4. <http://weather.uwyo.edu/>
5. <http://carboregional.mediasfrance.org>
6. TAS Building Simulator Manual (<http://www.edsl.net/main/support/documentation.aspx>)
7. ASHRAE, ASHRAE Handbook, 2009, SI Edition, pp. 18.3~18.5
8. Nam, J.W., Won, J.S., 2008, A Case Study on Heating and Cooling Load Reduction in Office Building, Proceedings of KIEAE, pp. 209-212
9. Kim, J.H., et al., 2004, A Study on the Analysis of Energy Performance of High-rise Residential Buildings
10. Kim, J.Y., et al., 2008, The Impact of Internal heat gain on heating and Cooling Load in Curtain Wall Office Buildings, Proceedings of SAREK, pp.925-930
11. Hwang, J.S, Kim, K.S., 2009, Energy Performance Evaluation of a Office Building using DOE-2 Simulation Program, Proceedings of KIAEBS, pp.238-243

투고(접수)일자: 2010년 7월20일

심사일자: 2010년 7월 22일

게재확정일자: 2010년 8월 12일