

초고층 주거건물의 에너지 성능 분석에 관한 연구

A Study on the Analysis of Energy Performance of High-rise Residential Buildings

석호태*
Seok, Ho-Tae

김장한**
Kim, Jang-Han

정만석***
Chung, Man-Seok

Abstract

The environment pollution is very important problem. Even at the field of architecture, a study about method of saving energy and constructing environment friendly building will have performed with activity. But trends of Korea housing market are changed that the height of building become more higher and the level of comfort going up. Therefore, these requirements force to increase the energy usage for indoor environmental controls. Thus, the purpose of this study is to reduce the heating and cooling energy requirements of High-rise Residential Buildings by the analysis of Energy Performance. From now on, we search improvement plan for the most efficient Energy Saving at present High-rise Residential Buildings.

Keywords : High-rise Residential Buildings, Energy Performance, Energy Saving

주요어 : 초고층 주거건물, 에너지 성능, 에너지 절약

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 전 세계적으로 건물에서 사용되는 에너지를 줄이고 환경오염을 방지하기 위한 노력들이 활발히 진행되고 있으며, 이러한 국제적인 분위기 속에서 건축분야에서도 환경 친화적이며 건물에서 소비되는 에너지를 줄이기 위한 연구와 시도가 활발히 이루어지고 있다.

하지만, 이러한 국제적인 분위기와는 달리, 최근 국내에서 지어지고 있는 주거건물을 살펴보면 지가 상승에 따른 토지이용 효율을 극대화하고, 도시 중심적 생활패턴에 맞추기 위해 도심지 주변에 초고층

주거건물이 등장하기 시작했다. 이러한 초고층 주거 건물의 경우 토지이용 효율은 극대화되지만, 고도에 따른 풍속 및 일사의 증가, 부하의 불균일성 등과 같은 외부환경의 변화로 건물에서 사용하는 에너지의 증가원인이 되고 있다. 또한, 채광과 조망을 위한 창이나 구조체 역할의 벽, 엘리베이터나 계단 등의 코어 부분 등과 같은 열에 대해 상당히 취약한 부분을 통해 상당량의 에너지 손실이 발생한다.

따라서 본 연구에서는 에너지 절약이 절박한 현 시대에 건물이 고층화 되어감에 따라 발생하는 에너지 소비 증가를 억제하기 위해 초고층 주거건물에서의 에너지 성능 분석을 실시함으로써, 현재의 초고층 주거에 가장 효과적인 에너지 절약을 위한 개선 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

연구의 범위 및 방법을 정리하면 다음과 같다.

1) 초고층 주거건물에 대한 현황 조사 및 사례를 에너지 성능을 중심으로 조사하여 초고층 주거건물

*정회원, 영남대학교 건축학부 조교수, 공학박사

**정회원, 영남대학교 건축공학과 박사과정

***정회원, 영남대학교 건축공학과 석사과정

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C103A1040001-03A0204-00310)에 의한 것임.

의 에너지 성능 변수를 파악한다.

2) 도출된 에너지 성능 변수를 바탕으로 대상 건물에 대한 에너지 해석 모델을 작성한다.

3) 대상 건물에 대한 에너지 시뮬레이션을 실시한 후 민감도 분석에 필요한 에너지 성능 변수와 변수의 범위를 설정하여 에너지 시뮬레이션을 통한 민감도 분석을 실시한다.

4) 민감도 분석 결과에 따른 에너지 성능 변수의 우선순위를 도출한다.

5) 초고층 주거건물에 가장 효과적인 에너지 절약을 위한 개선 방안을 제시한다.

시뮬레이션 도구로는 건물의 동적 반응이 포함되고 냉난방, 채광 및 전기 등 각종 에너지 시스템의 정밀묘사, 정확하고 신뢰성 있는 동적 열부하 계산, 건물 에너지의 분석 등이 가능한 동적 에너지 해석 프로그램인 DOE-2.1E와 Visual DOE를 이용한다.

II. 초고층 주거건물에 관한 이론적 고찰

1. 초고층 주거건물의 국내 동향

국내의 초고층 주거건물은 1997년 이후 도심부를 중심으로 부도심, 수도권 근교의 신도시까지 활발하게 확장되면서 새로운 도시주거로서의 역할을 담당하고 있다. 최근에는 도심의 좁은 대지를 효과적으로 사용하기 위해 주거와 상업기능이 통합된 초고층 주상복합건물이 초고층 주거건물의 주류를 이루고 있다. 이러한 초고층 주상복합건물은 토지의 고도이용, 지가의 상승에 따른 경제성의 추구, 건축기술의 발전에 따른 건설단가의 저하, 도시의 정주민구를 확보하여 도시중심지구를 재생할 필요성 등으로 도시를 중심으로 점차 그 높이와 수가 증가하고 있다.

2. 기존 초고층 주거건물의 문제점

1) 침기의 증가와 구조체를 통한 열손실 증가

건물이 초고층화 되면, 높은 부분에서는 풍속이 증가하고, 풍압이 높아지게 된다. 이와 같은 풍속의 변화는 고층 부분에서의 누기현상을 초래하고, 저층 부분에서는 침기(Infiltration)가 증가하게 된다. 또한 외벽의 열관류율에 영향을 주어 외피의 단열성능 및 기밀성능이 나쁠 경우 부하증가의 원인이 되기도 한다.

2) 구조체의 경량화, 열적 완충공간의 감소

초고층 주거건물의 경우 건물이 대형화되기 때문에 자연적으로 기존의 중저층 건물에 비해 경량화되게 되고, 외부에 면하는 유리면적 또한 증가하게 된다. 유리 면적이 클수록 축열에 의한 온도완충 작용이 작고, 외부 기상변동의 영향이 커서 부하의 일간 변동이 심하고, 방위별 부하의 차이가 발생하게 된다. 또한 우리는 열관류율이 높기 때문에 여름철에는 열획득이 많고, 겨울철에는 열손실이 많아 이로 인한 냉난방부하가 증가하게 된다.

3) 밀폐된 인공환경과 공조기를 통한 실내환경의 조절

풍속의 증가로 인해 풍압이 높아지므로 초고층 주거건물에서는 기계식 환기 시스템과 고기밀 시공기법을 도입하고 있다. 기계식 환기를 적용하면 환기를 위해 별도의 설비가 필요하게 되며, 적정 최소환기만 도입하게 되어 실내공기환경이 자연환기를 도입하는 건물에 비해 다소 악화될 위험이 있을 뿐만 아니라 외부공기의 온도가 쾌적조건을 만족할 경우에도 최소환기를 실시함에 따라 환기를 통한 열제거 효과를 기대할 수 없기 때문에 냉방부하의 증가와 환기에 의한 부하의 증가가 예상된다.

3. 초고층 주거건물의 사례(에너지 성능) 조사

초고층 주거건물의 에너지 성능 변수를 파악하기 위해 국내의 초고층 주거건물 중 4개 사례를 채택하여 조사하였다. 조사는 크게 건축적인 측면과 설비적인 측면으로 나누어 실시하였다.<표 1 참조> 사례 조사 항목은 기존의 문헌¹⁾에 나와 있는 에너지 절약

표 1. 사례 조사 항목

건축적인 측면	설비적인 측면
<ul style="list-style-type: none"> · 바닥면적 · 평면의 장단변비 · 층고 · 천장고 · 건물방위 · 외피 · 유리종류 · 창면적비 · 단열재 	<ul style="list-style-type: none"> · 실내온습도조건 · 필요외기량 · 냉난방방식 · 환기방식 · 급수방식 · 급탕방식 · 절수시스템 · 조명시스템

1) 박상동(1989), 건물 에너지 절약방안과 연구에 관한 고찰, 대림기술정보

표 2. 사례 건물 개요

구분	사례 A	사례 B	사례 C	사례 D
위치	서울시 강남구 도곡동	서울시 강남구 도곡동	대구시 북구 침산동	대구시 동구 신천동
건축면적	16,822.8 m ² (5,088.9평)	5,187.4 m ² (1,569.2평)	9,353.1 m ² (2,829.3평)	3,002.9 m ² (908.4평)
연면적	457,994.3 m ² (183,543.3평)	204,248.8 m ² (61,785.3평)	156,526.7 m ² (47,349.3평)	48,835.9 m ² (14,772.9평)
구조	철골·철근 콘크리트조	철골·철근 콘크리트조	철근 콘크리트조	철근 콘크리트조
규모	지하 5층 지상 66층	지하 6층 지상 46층	지하 2층 지상 40층	지하 3층 지상 32층
용도	주거용	주거용	주거용	주거용
세대수 (아파트, 오피스텔)	1,297세대, 202세대	490세대, 292세대	700세대, 140세대	212세대, 36세대

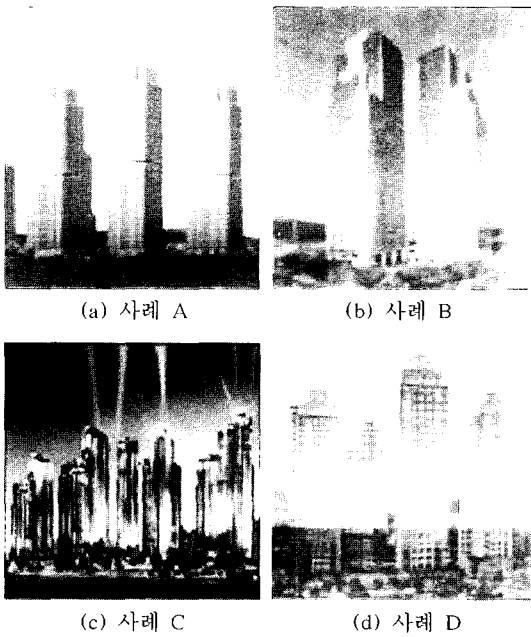


그림 1. 사례 건물 전경

과 관련된 항목들과 초고층 건물과의 연관성을 바탕으로 선정하였다. <표 2>는 사례 건물 각각의 개요를 나타낸 것이고, <그림 1>은 각 건물의 전경을 나타낸 것이다. 또한, <표 3>은 건축적인 측면의 에너지 성능 사례 조사 결과를 나타내고 있고, <표 4>는 설비적인 측면의 에너지 성능 사례 조사 결과를 나타내고 있다.

표 3. 건축적인 측면의 에너지 성능 사례 조사

구분	사례 A	사례 B	사례 C	사례 D
바닥면적	1,754.1 m ²	1,361.6 m ²	383.8 m ²	640.6 m ²
평면의 장단변비	1:1.19 (단변:장변)	1:1.01 (단변:장변)	1:2.53 (단변:장변)	1:1.18 (단변:장변)
층고	3.2 m	3.2 m	2.8 m	2.8 m
천장고	2.45 m	2.4 m	2.54 m	2.35 m
건물방위*	북서	북동	북북동	북북동
외피	커튼월	커튼월	RC조	RC조
유리종류	24 mm복층 (서측면에 Low-E 복층유리 적용)	24 mm복층	24 mm복층	16 mm복층
창면적비	동 68.5% 서 68.5% 남 69.0% 북 56.0%	동 37.0% 서 55.6% 남 66.7% 북 61.0%	동 35.1% 서 30.0% 남 41.0% 북 21.1%	동 25.0% 서 23.0% 남 37.5% 북 22.6%
단열재	외벽 65 mm 축벽 80 mm	외벽 120 mm 축벽 80 mm	외벽 50 mm 축벽 80 mm 지붕 100 mm 최하층 80 mm	외벽 60 mm 축벽 75 mm 지붕 105 mm 최하층 90 mm

* 건물방위는 주출입구를 기준으로 하였다.

표 4. 설비적인 측면의 에너지 성능 사례 조사

구분	사례 A	사례 B	사례 C	사례 D
실내 온습도 조건 (°C, %)	아파트: 여름(24,50) 겨울(20,40) 홀로비: 여름(26,50) 겨울(20,40)	아파트: 여름(26,50) 겨울(20,40) 홀로비: 여름(26,50) 겨울(20,40)	-	-
필요 외기량 (CMH/per)	아파트(20) 홀로비(20)	아파트(25) 홀로비(25)	-	-
냉난방 방식	냉방 개별냉방 (멀티에어컨)	전공기방식	개별냉방 (멀티 에어컨)	개별냉방 (멀티 에어컨)
	난방 지역난방	지역난방	개별가스 보일러	개별가스 보일러
환기방식	전열교환식 환기	용도별 독립적인 강제환기	용도별 독립적인 강제환기	전열 교환식 환기
급수방식	하향공급	하향공급 (중수도)	-	-
급탕방식	상향공급	하향공급	-	-
절수시스템	사례 A : 수영장, 사우나의 오염된 물을 재활용 화장실에 절수형 환형 원피스 변기 채택			
조명시스템	사례 A : 자동제어 조명시스템 채택			

건축적인 측면에서 기존 중저층 건물에 비해 초고층 주거건물에서는 층고와 창면적비가 높고, 외피에 있어서 커튼월을 도입하고 있다. 또한, 유리는 대부분 24 mm 복층유리가 사용되고 있고, 단열재 두께가 다소 강화되었다. 설비적인 측면에서 특징적인 것은 냉방방식에서 멀티에어컨 시스템의 사용과 환기 방식으로 강제환기 및 전열교환식 환기방식의 도입이다.

4. 초고층 주거건물의 에너지 성능 변수 파악

본 절에서는 3절의 사례 조사를 통해 도출된 항목들을 바탕으로 에너지 해석 모델 작성에 필요한 초고층 주거건물의 에너지 성능 변수를 건축적인 측면을 중심으로 도출하였다.<표 5 참조>

표 5. 에너지 성능 변수

구분	에너지 성능 변수	
건물구성	기준층 바닥면적	
	기준층 장단변비	
	층수	
	층고(천장고)	
	건물방위	
	코어위치	
벽체	외벽	외피구성 단열재 두께
	지붕	최상층 단열재 두께
	바닥	최하층 단열재 두께
	창호	유리종류 창면적비
내부발열	인체	인체발열
	조명	조명발열
	기기	기기발열
실내설정온도	냉방설정온도	
	난방설정온도	
기타	침기량	

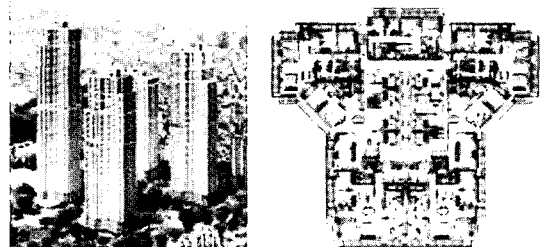
III. 대상 건물의 에너지 해석 모델 작성

1. 대상 건물의 개요

에너지 성능 분석의 대상 건물은 가장 최근에 시공 중이고, 국내에서 초고층 주거건물이 가장 밀집되어 있는 서울에 위치한 건물로서 광진구 자양동에

표 6. 대상 건물 개요

위치	서울시 광진구 자양동
건축면적	16,867.7 m ² (5,102.5평)
연면적	418,415.2 m ² (126,570.6평)
구조	철골·철근콘크리트조
규모	지하 3층, 지상 35/45/50/58층
용도, 세대수	주거용, 아파트(1,177)·오피스텔(133)



(a) 전경 (b) 기준층 평면

그림 2. 대상 건물의 전경 및 기준층 평면

위치한 P사의 S건물이다. 대상 건물은 4개의 타워형 고층 주거부로 이루어져 있고, 코어를 중심으로 각각의 주거공간이 구성되어 있다. 대상 건물의 개요는 <표 6>과 같고, 전경 및 기준층 평면은 <그림 2>와 같다.

2. 대상 건물의 기준 모델 작성

에너지 성능 분석에 필요한 기준 모델은 대상 건물의 설계조건을 모두 반영한 장방형의 중심코어를 가진 평면과 타워형의 입면을 가진 RC조 건물로서, 기준층은 8개의 존으로 나뉜다. 또한, 기준 모델의 층수는 4개 동 중 최고층인 58층으로 설정하였다. <표 7>은 기준 모델의 개요를 나타낸 것이다.

표 7. 기준 모델 개요

건물방위	정남
코어형태	중심코어형
기준층 면적	1,545.4 m ²
장단변비	1:1.16
층고	3.05 m
단열재	외벽 60 mm, 측벽 80 mm, 지붕 110 mm, 바닥 50 mm
유리종류	24 mm 투명Low-E복층유리
창면적비	동37.8%, 서37.8%, 남47.4%, 북37.8%

3. 에너지 시뮬레이션 조건

1) 기상데이터

기상데이터는 대상 건물이 위치한 서울지역의 기상데이터 (공기조화냉동공학회, 1984~1993)를 사용하였고, 냉방기간은 6월 11일에서 9월 10일, 난방기간은 1월에서 3월까지와 11월에서 12월까지로 설정하였다.²⁾

2) 내부 설정 온습도

건물 내부의 설정 온습도는 건축물의 에너지절약 설계기준을 참조해 설정하였다. 여름의 경우 건구온도 26°C, 상대습도 50%이고, 겨울은 건구온도 20°C, 상대습도 40%로 설정하였다.

3) 재실스케줄

주거공간의 거주인 수의 설정은 ASHRAE Fundamentals Handbook 2001의 내용을 참조하여 4명으로 산정하였다.

4) 조명 및 기기의 스케줄

조명 및 기기의 스케줄은 <표 8>과 같다.

5) 내부발열

재실자의 발열은 국내 초고층 주거건물의 에너지절약계획서를 참조하여 현열 61.6 W·인, 잠열 40.7 W·인으로 설정하였고, 조명 발열은 고효율 형광등(32W)을 기준으로 각 실(화장실, 드레스룸 등 소규모 실 제외)당 2개씩 사용된 것으로 가정하여 단위면적당 발열량을 이용해 3.10 W/m²로 설정하였다. 기기 발열의 경우 국내 초고층 주거건물의 에너지절

표 8. 조명 및 기기의 스케줄 (○:사용, ×:미사용)

구분		평일	주말	주일·공휴일
조명	1시~7시	×	×	×
	8시~9시	○	○	○
	10시~17시	×	×	×
	18시~24시	○	○	○
기기	1시~7시	×	×	×
	8시~9시	○	○	○
	10시~18시	×	○	○
	19시~20시	○	○	○
	21시~24시	×	○	○

2) 석호태(1995), 사무소 건물의 에너지 절약을 위한 부하 예측 방정식 및 설계지침 개발에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문

표 9. 주요 구조부 물성

구성	재료	두께	열전도율	열저항
		(mm)	(W/m ² C)	(m ² C/W)
외벽	경량콘크리트	100	0.460	0.2174
	압출법 보온판 2호	60	0.029	2.0690
	석고보드	9.5	0.180	0.0528
코어벽	콘크리트	700	1.600	0.4375
칸막이벽	경량콘크리트	100	0.460	0.2174
	비드법 보온판 2호	50	0.037	1.3514
	석고보드	9.5	0.180	0.0528
지붕	콘크리트	200	1.600	0.1250
	압출법 보온판 특호	110	0.027	4.0741
	콘크리트	250	1.600	0.1563
	석고보드	9.5	0.180	0.0528
바닥	열관류율(W/m ² C) : 0.29			
유리	24 mm 투명Low-E복층유리 열관류율(W/m ² C) : 1.86, 차폐계수 : 0.74			

약계획서의 내용을 참조하여 조명 발열과 같은 값을 채택하였다.

6) 외피조건

대상 건물의 주요 구조부 재료물성은 <표 9>와 같다.

IV. 대상 건물의 에너지 성능 분석

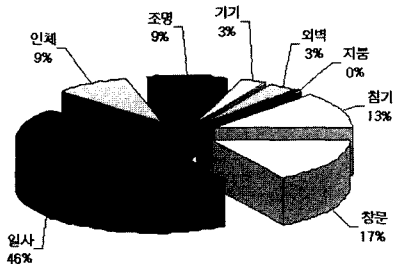
1. 대상 건물의 에너지 시뮬레이션 결과

1) 냉난방부하

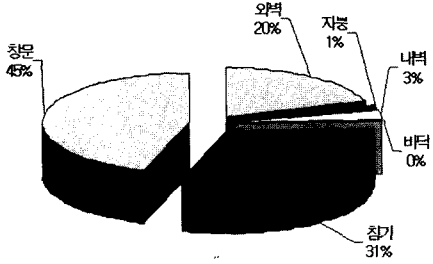
대상 건물의 연간 냉방부하는 3,135.174 MWh로 나타났고, 난방부하는 2,516.994 MWh로 나타나 총부하는 5,652.168 MWh로 산출되었다. 단위면적당 부하를 살펴보면, 냉방부하는 35.591 kWh/m²이고, 난방부하는 28.573 kWh/m²이며 총부하는 64.165 kWh/m²로 나타났다.

2) 부하요소별 비교

연간 냉난방부하를 부하요소별로 비교해 보면, 냉방부하의 부하요소별 비율은 일사에 의한 열획득(46%), 창문(전도, 17%), 침기(13%) 순으로 나타났으며, 난방부하의 경우에는 창문(전도, 45%), 침기(31%), 외벽(20%) 순으로 나타났다.



(a) 냉방부하



(b) 난방부하

그림 3. 냉난방부하의 부하요소별 비율

(3) 외벽 단열재 두께(mm)

외벽 단열재 두께의 변화에 따른 부하는 <표 13>과 같다.

(4) 최상층(지붕) 단열재 두께(mm)

최상층(지붕) 단열재 두께의 변화에 따른 냉난방부하와 총부하는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 10. 에너지 성능 변수와 변수 범위(: 기준)

구 분	에너지 성능 변수	변수 범위
건물구성	층고(m)	2.8, 3.05, 3.2, 3.4
벽체	외피구성	커튼월, RC조
	외벽 단열재 두께(mm)	40, 50, 60, 70
	지붕 단열재 두께(mm)	70, 90, 110, 130
	유리종류	24 mm 복층, 24 mm Low-E
창호	창면적비(%)	동: 30, 40, 50, 60
		서: 30, 40, 50, 60
		남: 30, 40, 50, 60
		북: 20, 30, 40, 50
실내 설정 온도	냉방설정온도(°C)	20, 22, 23, 24
	난방설정온도(°C)	
기타	침기량(회/h)	0.1, 0.3, 0.5, 0.7

2. 에너지 시뮬레이션을 통한 민감도 분석

1) 민감도 분석 개요

민감도 분석(Sensitivity Analysis)은 입력변수의 변화에 따른 출력변수의 변화 정도를 분석하는 것을 말하며, 매개변수 분석이라고도 한다. 이를 건물 에너지와 연관시켜 생각하면 입력변수는 각 에너지 소비 인자가 되고, 출력변수는 에너지 소비량이 된다고 할 수 있다.

2) 민감도 분석을 위한 에너지 성능 변수

민감도 분석을 위한 에너지 성능 변수는 앞서 살펴본 초고층 주거건물의 에너지 성능 변수와 기존 중저층 건물과 다른 초고층 건물의 특징을 바탕으로 설정하였고, 변수의 범위는 관련 법규와 실제 적용 가능한 값을 기준으로 설정하였다. <표 10>에서 변수 범위의 기준으로는 대상 건물에서의 값을 채택하였고, 창면적비의 경우 대상 건물의 값을 정수화하여 나타내었다.

3) 민감도 분석 결과

(1) 층고(m)

층고의 변화에 따른 부하는 <표 11>과 같다.

(2) 외피

외피의 변화에 따른 부하는 <표 12>와 같다.

표 11. 층고의 변화에 따른 냉난방부하 · 총부하

변수 범위	냉방부하 (MWh)	비율 (%)	난방부하 (MWh)	비율 (%)	총부하 (MWh)	비율 (%)
2.8	3,128.027	99.8	2,349.356	93.3	5,477.383	96.9
3.05	3,135.174	100	2,516.994	100	5,652.168	100
3.2	3,139.610	100.1	2,564.495	101.9	5,704.105	100.9
3.4	3,145.879	100.3	2,623.699	104.1	5,769.578	102.1

표 12. 외피의 변화에 따른 냉난방부하 · 총부하

변수 범위	냉방부하 (MWh)	비율 (%)	난방부하 (MWh)	비율 (%)	총부하 (MWh)	비율 (%)
커튼월	3,323.284	106.0	2,626.923	104.4	5,950.207	105.3
RC조	3,135.174	100	2,516.994	100	5,652.168	100

표 13. 외벽 단열재 두께의 변화에 따른 냉난방부하 · 총부하

변수 범위	냉방부하 (MWh)	비율 (%)	난방부하 (MWh)	비율 (%)	총부하 (MWh)	비율 (%)
40	3,162.746	100.9	2,718.302	108.0	5,881.048	104.1
50	3,146.698	100.4	2,602.723	103.4	5,749.421	101.7
60	3,135.174	100	2,516.994	100	5,652.168	100
70	3,126.483	99.7	2,450.876	97.4	5,577.359	98.7

(5) 유리종류

유리종류의 변화에 따른 민감도 분석에서는 복층 유리와 Low-E유리 모두 투명유리를 기준으로 하였다.

(6) 창면적비(%)

창면적비의 경우 동, 서, 남, 북 모두 창면적비가 증가함에 따라 부하가 증가하였고, 각 부하의 비율에서 살펴보면 난방부하보다 냉방부하에 더 민감하다. 또한, 창면적비는 각 방위별로 시뮬레이션을 실시하는 과정에서 나머지 3면을 모두 벽체로 가정하였다.

(7) 냉난방설정온도(°C)

냉난방설정온도의 경우 DOE-2.1E에서 입력 가능한 형태인 냉난방설정온도 각각의 중간 값(대상 건물의 경우 냉방설정온도는 26°C, 난방설정온도는 20°C이므로 DOE-2.1E에서는 23°C를 입력)을 기준으로 변수의 범위를 설정하였다.

표 14. 유리종류의 변화에 따른 냉난방부하·총부하

변수 범위	냉방부하 (MWh)	비율 (%)	난방부하 (MWh)	비율 (%)	총부하 (MWh)	비율 (%)
24 mm 복층	3,202.901	102.2	2,909.291	115.6	6,112.192	108.1
24 mm Low-E	3,135.174	100	2,516.994	100	5,652.168	100

표 15. 창면적비의 변화에 따른 냉난방부하·총부하

방위	변수 범위	냉방부하 (MWh)	비율 (%)	난방부하 (MWh)	비율 (%)	총부하 (MWh)	비율 (%)
동	30	1,698.391	94.4	2,073.628	98.7	3,772.019	96.7
	40	1,798.680	100	2,100.861	100	3,899.541	100
	50	1,956.396	108.8	2,150.194	102.3	4,106.590	105.3
	60	2,082.277	115.8	2,188.018	104.1	4,270.295	109.5
서	30	1,703.683	94.3	2,071.112	98.8	3,774.795	96.7
	40	1,806.039	100	2,096.029	100	3,902.068	100
	50	1,966.869	108.9	2,138.748	102.0	4,105.617	105.2
	60	2,084.724	115.4	2,176.012	103.8	4,260.736	109.2
남	30	1,709.208	88.0	1,970.449	97.2	3,679.657	92.7
	40	1,833.937	94.5	1,999.026	98.6	3,832.963	96.6
	50	1,941.235	100	2,027.360	100	3,968.595	100
	60	2,104.176	108.4	2,073.570	102.3	4,177.746	105.3
북	20	1,494.445	89.8	2,140.725	94.2	3,635.170	92.4
	30	1,589.850	95.6	2,215.200	97.5	3,805.050	96.7
	40	1,663.702	100	2,271.623	100	3,935.325	100
	50	1,777.025	106.8	2,358.038	103.8	4,135.063	105.1

표 16. 냉난방설정온도의 변화에 따른 냉난방부하·총부하

변수 범위	냉방부하 (MWh)	비율 (%)	난방부하 (MWh)	비율 (%)	총부하 (MWh)	비율 (%)
20	3,514.648	112.1	2,015.871	80.1	5,530.519	97.8
22	3,365.558	107.3	2,322.725	92.3	5,688.283	100.6
23	3,135.174	100	2,516.994	100	5,652.168	100
24	3,003.582	95.8	2,711.248	107.7	5,714.830	101.1

표 17. 침기량의 변화에 따른 냉난방부하·총부하

변수 범위	냉방부하 (MWh)	비율 (%)	난방부하 (MWh)	비율 (%)	총부하 (MWh)	비율 (%)
0.1	2,807.382	89.5	1,737.534	69.0	4,544.916	80.4
0.3	2,971.781	94.7	2,123.345	84.4	5,095.126	90.1
0.5	3,135.174	100	2,516.994	100	5,652.168	100
0.7	3,298.480	105.2	2,916.572	115.9	6,215.052	110.0

(8) 침기량(회/h)

침기량의 경우 가장 일반적인 건물에서의 값을 기준으로 설정하였다.

3. 에너지 성능 변수의 우선순위

본 절에서는 민감도 분석 결과를 바탕으로 민감도 분석을 위해 설정한 에너지 성능 변수들의 우선순위를 냉방부하, 난방부하, 총부하로 나누어 도출하고, 각 변수들마다 냉난방부하에 미치는 민감도를 비교하여 각각 <표 18>과 <표 19>에 나타내었다.

<표 18>의 총부하에서 살펴보면 초고층 주거건물과 일반 초고층 사무소 건물과의 차이를 알 수 있는데 초고층 사무소 건물의 경우 내부발열부하가 지배적인 반면 초고층 주거건물에서는 외피부하가 전체 부하를 지배하고 있음을 알 수 있다.

표 18. 에너지 성능 변수의 우선순위

우선 순위	냉방부하	난방부하	총부하
1	창면적비	침기량	침기량
2	냉난방설정온도	냉난방설정온도	창면적비
3	침기량	유리종류	유리종류
4	외피	층고	외벽 단열재 두께
5	유리종류	외벽 단열재 두께	외피
6	외벽 단열재 두께	창면적비	층고
7	층고	외피	냉난방설정온도
8	최상층(지붕) 단열재 두께	최상층(지붕) 단열재 두께	최상층(지붕) 단열재 두께

표 19. 에너지 성능 변수의 냉난방부하 민감도

에너지 성능 변수	냉난방부하의 민감도
층고	냉방부하 < 난방부하
외피	냉방부하 > 난방부하
외벽 단열재 두께	냉방부하 < 난방부하
최상층(지붕) 단열재 두께	냉방부하 ≒ 난방부하
유리종류	냉방부하 < 난방부하
창면적비	냉방부하 > 난방부하
냉난방설정온도	냉방부하 < 난방부하
침기량	냉방부하 < 난방부하

4. 초고층 주거건물의 에너지 절약을 위한 개선 방안

본 절에서는 앞서 도출한 민감도 분석 결과에 따른 에너지 성능 변수의 우선순위와 기존의 자료 조사를 통해 초고층 주거건물의 에너지 절약을 위한 개선 방안을 제시하고자 한다.

1) 침기량 감소를 위한 건물의 고기밀·고단열

침기로 인한 열손실 방지를 위해서는 창호의 기밀성이 매우 중요한데 추가된 단열재로 인해 어느 정도 기밀성이 확보되지만 틈새를 통한 침기를 효율적으로 막기 위해서 Caulking, Weatherstripping 등을 사용하여 우수한 기밀성을 확보해야 한다. 또한 건물의 틈새나 누기가 발생하는 부위를 밀봉해야 하고, 방풍실, 회전문, 에어컨 등 설치시 이루어져야 하겠다.

2) 창의 크기 조절

본 연구의 민감도 분석에서 살펴보면 창면적비를 각 방위별로 30~60%(단, 북쪽은 20~50%)로 변화시켰을 때의 최소 창면적비와 최대 창면적비 사이의 냉난방부하 차이는 동쪽과 서쪽의 경우 냉방부하는 약 21%, 난방부하는 약 5% 정도의 차이가 발생했으며, 남쪽의 경우 냉방부하 약 20%, 난방부하 약 5%, 북쪽의 경우 냉방부하 약 17%, 난방부하 약 9%의 차이가 발생하였다. 이를 통해 동쪽과 서쪽의 창면적비를 특히 주의 깊게 고려하여 법규 기준을 만족하면서 창을 작게 설계한다면 냉난방에너지 절감에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

3) 고단열의 창유리 사용

전면 창으로 설계된 거실공간과 같이 열손실이 많이 발생하는 공간에 대해서는 단열성이 우수한 Low-E 유리를 사용하거나 3중창의 도입을 검토할 필요가

있다.³⁾ 본 연구의 민감도 분석에서도 알 수 있듯이 Low-E유리의 경우 복층유리에 비해 최대 약 15.6%까지 난방에너지 비용을 절감할 수 있다.

4) 외벽의 고단열

외벽의 단열성능 향상은 실내온도를 균일하게 유지해 줄 수 있을 뿐 아니라 추운 겨울에도 적은 에너지 비용으로 쾌적한 실내 온열환경을 확보해 줄 수 있다. 건물의 외기에 직접 면하는 외벽에 사용하는 단열재는 건축물의 에너지절약설계기준 제4조에서 정하고 있는 기준 이상의 단열성능을 갖는 자재를 사용토록 한다.

5) 외피의 고려

커튼월의 건물보다 RC조의 건물이 민감도 분석 결과 에너지 측면에서 약 5.3% 정도 유리한 것으로 나타났다.

6) 장단변비의 고려

건물의 장단변비에 있어서 열보존을 위하여 1 : 1의 정방형이 가장 유리하며, 태양복사열을 고려할 경우 1 : 1.5의 동서로 긴 형태가 좋다.⁴⁾

V. 결 론

본 연구는 초고층 주거건물의 사례 조사를 통해 에너지 성능 변수를 파악하고, 에너지 해석 모델을 작성하여 에너지 시뮬레이션을 실시하였다. 또한 민감도 분석을 통해 에너지 성능 변수의 우선순위를 도출하여 초고층 주거건물의 에너지 절약을 위한 개선 방안을 제시하였다.

연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 국내 초고층 주거건물에 대한 사례 조사를 통해 초고층 주거건물의 에너지 해석에 필요한 에너지 성능 변수를 도출하였다.

2) 대상 건물에 대한 에너지 시뮬레이션 결과, 냉방부하의 부하요소별 비율은 일사에 의한 열획득(46%), 창을 통한 전도(17%), 침기(13%) 순으로 나타났다. 난방부하의 경우 창을 통한 전도(45%), 침기(31%), 외벽(20%)의 순으로 나타났다.

3) <http://www.kemco.or.kr/> (에너지관리공단 홈페이지)

4) 이경희(1986), 에너지 절약형 주거용 건물의 설계지침, 대한건축학회지, 제30권, 제4호

3) 대상 건물에 대한 민감도 분석을 실시한 후 에너지 성능 변수의 우선순위를 냉방부하, 난방부하, 총부하로 나누어 도출하고, 각 에너지 성능 변수의 냉난방부하에 대한 민감도를 비교하였다.

4) 민감도 분석 결과에 따른 에너지 성능 변수의 우선순위와 기존의 자료 조사를 바탕으로 초고층 주거건물의 에너지 절약을 위한 개선 방안을 제시하였다.

대상 건물의 에너지 해석 모델을 통한 시뮬레이션과 민감도 분석을 통해 도출한 에너지 성능 변수의 우선순위 및 초고층 주거건물의 에너지 절약을 위한 개선 방안은 차후 초고층 주거건물의 건축계획 시 참고 자료로 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 강명원(2001), 이중외피와 할로우코어를 적용한 초고층 주거건물의 에너지 절감방안에 관한 연구, 성균관대학교 대학원 석사학위논문.
2. 류성룡 외(1997), 건물 에너지 성능 진단시스템에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제17권 제2호.
3. 석호태(1995), 사무소 건물의 에너지 절약을 위한 부하 예측 방정식 및 설계지침 개발에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
4. 석호태 외(1998), 건물 에너지 인자의 민감도 분석, 공기조화냉동공학회 하계학술발표대회논문집.
5. 성민기 외(1997), 사무소 건물 에너지 소비 인자의 민감도 분석 방법에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제17권 제2호.
6. 안서진(2001), 초고층 주거건물에 적용 가능한 최적 환경 조절시스템 모형개발에 관한 연구, 성균관대학교 대학원 석사학위논문.
7. Bevirt, W. David(1982), Retrofit of Building Energy Systems and Processes, SMACNA, Virginia.
8. Corson, G. C.(1992), Input-Output Sensitivity of Building Energy Simulation, ASHRAE Transactions, Part 1.
9. Dubin, F. S. and C. G. Long(1982), Energy Conservation Standards, McGraw Hill.
10. Sizemore, M. M. et al., Energy Planning for Building, AIA.

(接受: 2004. 7. 5)