

초고층 공동주택에서 발코니 확장에 따른 창호시스템별 냉방부하 분석 및 비교

김윤진*, 박상현**, 이종찬***, 임정희****, 김병선*****

*연세대학교 대학원 건축공학과 석사과정(kimyj0320@yonsei.ac.kr),
**연세대학교 대학원 건축공학과 박사과정(gadget@yonsei.ac.kr),
***연세대학교 대학원 건축공학과 박사과정(statesman@hanmail.net),
****연세대학교 대학원 건축공학과 박사과정(muksang01@unitel.co.kr),
*****연세대학교 건축공학과 교수(sean@yonsei.ac.kr)

Comparison analysis of cooling loads according to window systems and balcony expansion for a high-rise residential building

Kim, Yun-Jin*, Park, Sang-Hyun**, Lee, Jong-chan***, Lim, jung-Hee****, Kim, Byung-Seon*****

*Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Yonsei University(kimyj0320@yonsei.ac.kr),
**Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Yonsei University(gadget@kkes.re.kr),
***Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Yonsei University(statesman@hanmail.net),
****Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Yonsei University(muksang01@unitel.co.kr),
*****Dept. of Architectural Engineering, Yonsei University(sean@yonsei.ac.kr)

Abstract

These days, Apartment is altered oversized and high-rise through construction techniques development. Also, the cost of cooling and heating load would be expected by balcony expansion into inner space caused by legalization. In specially, HVAC systems of high-rise residential building almost apply to pre-existence techniques of middle and low residential building except for consideration and methods of the air inflow minimization into indoor through mechanical ventilation is used in ventilation system. From these cause, window systems of high-rise apartments stands high in estimation of components. Thus, purpose of this study is to make a comparative study through difference of window systems.

Keywords : 초고층 공동주택(High-rise residential building), 창호시스템(Glazing system), 냉방부하(Cooling load), 시뮬레이션(Simulation)

1. 서론

최근 공동주택은 건축기술의 발달과 함께

랜드마크적인 요소로서 대형화, 초고층화 되어 가고 있는 추세이다. 또한 실내 쾌적성, 편리성 등 주거환경에 대한 수요자 요구의

증가로 고급화 되어가고 있다.

초고층 주거건물의 경우 토지이용 효율은 극대화 되지만, 고도에 따른 풍속 및 일사의 증가, 부하의 불균일성 등과 같은 외부환경의 변화로 건물에서 사용되는 에너지의 증가 원인이 되고 있다. 또한 채광과 조망을 위한 창면적 증가로 인하여 겨울철의 난방부하 증가와 여름철의 과열로 인한 냉방부하의 증가를 가져오고 있다.

최근의 발코니 확장의 합법화로 인하여 발코니부분을 실내로 확장되어 많은 냉난방비용의 증가가 예상된다. 특히 대부분의 초고층 주거건물에서 적용된 냉방시스템은 초고층 주거건물에 대한 고려없이 기존 중저층 주거건물에서 사용되었던 패키지 에어컨 방식이 주류를 이루고 있으며, 환기의 경우 기계식 환기를 통해 최소 외기를 실내로 유입하는 방식을 사용하고 있다. 이로 인한 부하가 증가하게 되고 여름철 과도한 냉방비를 초래하고 있다.

본 연구에서는 부산 해운대에 위치한 초고층 공동주택A를 통해 초고층 건물의 냉난방 부하에 가장 큰 영향을 미치는 발코니 확장 유무 및 유리의 종류에 따른 냉난방부하의 차이를 분석하고자 한다.

2. 선행연구 고찰

창호시스템과 건물의 냉난방부하에 대한 선행연구를 살펴보면 Low-e유리의 저방사 코팅 위치에 따른 3가지 CASE를 통해 에너지 성능 분석에 대해 분석하여 실외측에 저방사 코팅을 하는 것이 실내측에 코팅하는 것에 비해 유리하다고 분석¹⁾하였으며, 창호종류별 에너지 성능평가에서 이중창과 삼중창에 실내측 Low-e코팅을 적용하여 평가²⁾

1) 정석환 외, 로이유리의 저방사 코팅 적용 위치에 따른 실내 온도변화 및 에너지 성능 비교 분석, 대한건축학회 논문집(계획계), v.23 n.8, 2007-08

2) 윤종호 외, 확장형 발코니 공동주택의 창호종류에 따른 결로 및 온열 환경에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, v.7 n.5, 2007-10

하였다. 강제식 외(2007)은 Low-e유리 창호의 단열성능을 정량적으로 평가하여 냉난방 에너지를 분석하였다. 또한 문선혜 외(2006)은 Low-e유리의 저방사 코팅 위치에 따른 에너지 부하를 Energy Plus와 Window5를 통한 방위변수를 적용하여 해석하였다.

창호와 건물 에너지 부하 분석에 대한 선행 연구를 살펴본 결과 Low-e유리의 저방사 코팅을 실외측에 적용한 경우에 비해 실내측에 적용하여 분석하는 것에 편중된 연구경향을 보였으며, 저방사 코팅 실외측에 적용한 경우의 연구가 부족하다는 결론을 얻었다.

3. 모델링 및 변수 설정

3.1 대상건물의 모델링

건물의 일사의 영향을 고려하기 위하여 그림 1과 같이 건물의 3동을 모두 모델링을 실시하였으며, 건물의 동에 따른 평면이 달라지기 때문에 모든 건물에 대하여 모델링을 실시하였다.

또한 중요하다고 생각되는 각 동별 상중하층에 대하여 시뮬레이션을 실시하였으며, 각 층은 위아래층의 영향을 고려하기 위하여 3개층의 모델링을 실시한 후 결과는 중간층을 중심으로 분석하게 된다.

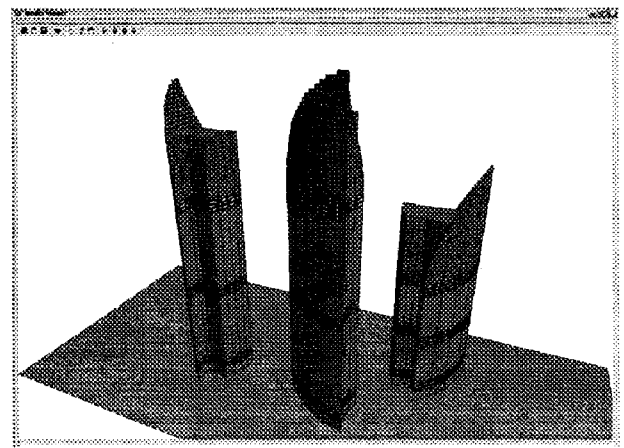


그림 1. 3D 모델링 결과

3.2 유리별 모델링

Low-e 코팅이란 일반유리 표면에 전기

전도성이 우수한 얇은 금속막을 코팅함으로써 열에너지를 차단하게 하는 기능을 갖는 유리로 이 유리의 열적 광학적 특성을 검증하기 위해 Window 5를 통하여 구성하였다.

Therm 5.2 시뮬레이션 프로그램을 통하여 창호의 단열 성능 평가를 위해 먼저 KS F2295와 Window Library를 통해 얻은 자료로 표 1과 같이 환경 변수를 설정하였다.

표 1. 시뮬레이션 평가를 위한 환경 조건

	실외	실내	출처
Temperature (°C)	-10	20	KS F2295
Relative Humidity (%)	-	50	KS F2295
Convection (W/m ² -K)	26.0	-	ASHRAE/NFRC (Window Library)
Wind Speed (m/s)	5.5	-	

이 환경 조건을 바탕으로 창호시스템의 유리부분에 대한 정보는 표 2의 수치를 적용하였고, 프레임부분에 대한 수치는 표 3과 같다. 이를 Therm5에 적용하여 창호 단면 설계도에 따라 창호프레임 부분 모델링을 통해 분석 하였다.

표 2. Double glazing information

	Clear	Low-E coating
Thickness (mm)	24 (12 air)	24 (12 air)
U-factor (W/m ² -K)	2.727	1.743

표 3. Frame Material Information

Material	Conductivity (W/m°C)	출처
Aluminum	237	Therm5.2 Material Library
Polyamide (Nylon)	0.25	
EPDM	0.25	
PVC	0.17	
Silicon	0.35	
Silica Gel	0.13	
Frame Cavity	0.9	
Azon (Thermal Breaker)	0.193	한국 화학시험 연구원

적용된 변수는 표 3에 나타내었다. 발코니 미확장, 발코니 확장시는 이중유리, Low-e 유리, 저반사유리, 반사 low-e유리를 적용하였다. , 저반사유리, 반사 low-e유리의 경우 실외측에 저방사 코팅을 적용하였다.

- (1) 투명이중유리(6CL+12A+6CL) + 발코니 (1.2m)+투명 이중유리(6CL+12A+6CL) : 적용된 변수는 발코니 미확장시 열관류율을 고려³⁾하여 외부측 투명이중유리와 거실측 투명 이중유리를 적용하였다.
- (2) 이중유리(6GN+12A+6CL, 그린) : 이중유리중 발코니 미확장시 계산된 가시광선 투과율이 0.66인 유리를 적용하였다.
- (3) Low-e 유리(6GN+12A+6LT-85, 녹색, 3면 코팅) : Low-e유리중 난방용으로 3면 코팅된 Low-e유리를 적용하였다.
- (4) 저반사 유리(6PTS-30+12A+6CL, 옅은 청색) : 반사유리중 가시광선 투과율이 가장 낮은 저반사유리를 적용하였다.
- (5) 반사 Low-e 유리(6KSN80-30+12A+6CL, 녹색, 2면 코팅) : 반사 Low-e유리중 가시광선 투과율이 0.58인 반사 Low-e유리를 적용하였다.

표 4는 창호시스템에 관한 성능 평가 결과이다.

3.3 내부 발열 및 스케줄

건물의 실내 내부발열 요소는 크게 인체발열과 조명발열 및 기기발열로 구성되며 각각의 내부발열은 각각의 스케줄에 따라서 가중치를 부여하게 된다.

현재 국내 주거용 건물에 대한 대표적인 내부발열에 대한 추정치가 있지 않아서 대표적으로 미국 ASHRAE(미국냉동공조학회)의 ASHRAE STANDARD 90.1에 나타나 있는 주거용건물의 내부발열 값을 적용하였다.

- (1) 인체발열은 크게 전도 및 복사를 통해

3) 투명유리의 열관류율이 Low-e코팅을 한 유리보다 높다.(윤종호 외, 열관류율 민감도 분석에 따른 고단열 삼중창호 시스템의 단열성능평가 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), v.23 n.10(2007-10))

표 4. 시뮬레이션에 적용된 창호시스템의 물적 특성

	열관류율	차폐계수	태양열 취득율	취득 총열량	가시광선 투과율
발코니 미확장 (이중창 + 발코니 +이중창)	-	0.63	0.54	408W/m2	0.63
이중유리 (6GN+12A+6CL, 그린)	2.7W/m2K	0.60	0.52	403W/m2	0.66
Low-e 유리 (6GN+12A+6LT-85, 녹색)	1.8W/m2K	0.45	0.52	339W/m2	0.63
저반사 유리 (6PTS-30+12A+6CL, 청색)	2.5W/m2K	0.44	0.38	299W/m2	0.36
반사 Low-e 유리 (6KSN80-30+12A+6CL, 녹색)	1.8W/m2K	0.40	0.40	302W/m2	0.58

이루어지는 현열 부하와 증발을 통해 이루어지는 잠열부하로 나누어 볼 수 있다. 인체발열의 경우에는 성별, 연령, 운동량 및 실내 온도에 따라서 차이를 가지게 된다. 이 모델링에서는 ASHRAE STANDARD 90.1의 기준인 현열부하 131W/person (250BTU/h-person)과 잠열부하 45W/person(155BTU/h-person)를 입력하였으며, 건물의 재실밀도는 세대당 4인으로 설정하였고, ASHRAE STADARD의 주거용 건물의 스케줄을 바탕으로 설정하였다(표 5).

(2) 조명발열의 경우에는 복사, 전도를 통하여 현열부하를 증가시키며, ASHRAE STADNDARD 90.1의 주거건물 기준인 5.43W/m2(0.5W/ft2)을 설정하였으며, ASHRAE STANDARD 90.1의 스케줄에

따라서 가중치를 부여하였다.

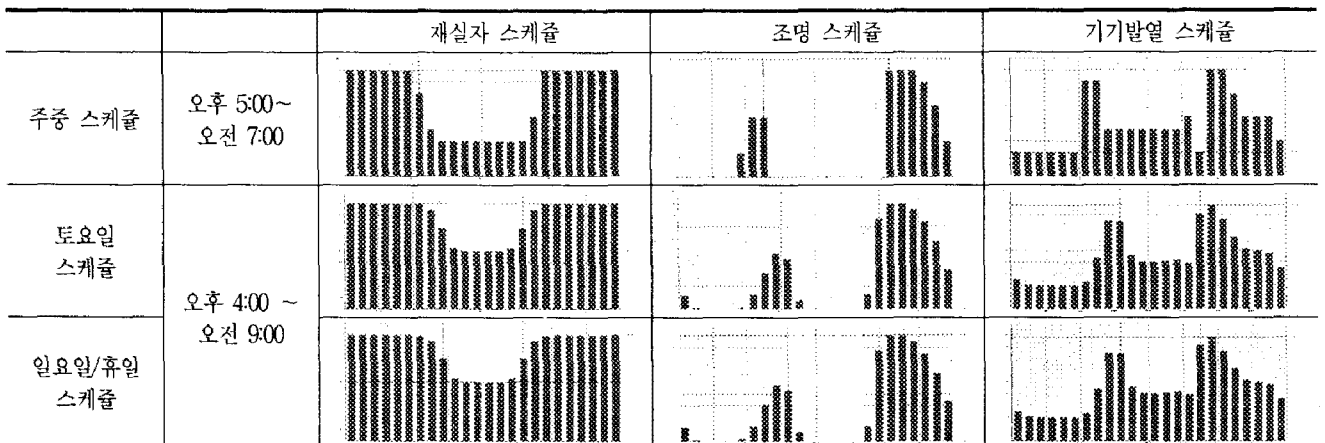
(3) 기기발열열은 실내에서 사용하는 조명기기를 제외한 가전기기에서 발생하는 발열을 의미한다. ASHRAE STANDARD 90.1의 기준인 7.01W/m2(0.645W/ft2)값을 적용하였으며, ASHRAE STANDARD 90.1 스케줄에 따라서 가중치를 부여하였다.

4. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 개요

시뮬레이션은 IES사의 VE(Virture Environment) 5.8을 사용하여 수행하였다. VE는 일조, 기류, 건물에너지의 종합적인 해석이 가능한 시뮬레이션으로 APACHE 모듈

표 5 재실자 스케줄



과 ModelIT을 이용하여 층별, 항별 냉난방 부하의 차이를 분석하며, 초고층 건물의 냉난방부하에 가장 큰 영향을 미치는 유리의 종류에 따른 냉난방부하 차이를 분석하였다.

4.2 시뮬레이션 기간 및 경계조건

대상건물의 각 세대 및 창호 모델링을 통하여 연간 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션에 적용한 기상데이터는 공조학회 기상데이터를 적용하였으며, 추가적으로 부산기상대에서 수집한 온도, 습도, 일사량데이터를 이용하였다. 기상자료는 온도와 습도의 경우 1시간 간격으로 제공되고 있으며, 일사량의 경우 1시간 동안의 평균값으로 제공되고 있다.

여름철 설계온도는 $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이고, 겨울철 난방 설정온도는 $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이다.

시뮬레이션의 시간 간격은 기간부하가 아닌 피크부하 분석을 위해 1시간으로 하였다.

4.3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과를 표 5에 나타내었다.

(1) 창호시스템별 단위면적당 냉방부하 분석
 발코니 미확장시 발코니부분의 환기가 0.7 ACH인 경우에는 단위면적당 연간 냉방부하값이 55.5kWh/yr-m^2 으로 나타났으며, 발코니 외부 창호를 열어 환기 회수가 5.0ACH가 되는 경우에는 연간 냉방부하값이 43.1kWh/yr-m^2 수준으로 나타났다.

앞서 설정된 이중유리, Low-e유리, 저반사유리, 반사 Low-e유리를 적용한 경우의 단위면적 냉방부하를 비교하면 일반적으로 많이 사용되는 3면 코팅 low-e유리의 경우에는 61.5kWh/yr-m^2 의 값을 보여 발코니 미확장상태에서 발코니를 환기를 실시하는 경우에 비하여 1.43배의 냉방부하가 걸려서 여름철 과열현상이 발생할 가능성이 있는 것으로 나타났다.

이중유리를 사용할 경우에는 44.9kWh/yr-m^2 의 값을 보여 발코니 환기를 실시할 경우와 비슷한 수준을 보이는 것으로 나타났다. 초고층 아파트의 경우에는 일반적인 판상형 아파트와는 달리 주향이 남향이 아닌 동, 서, 남, 북으로 창호가 위치하고 있어서, 발코니의 차양적인 역할을 상대적으로 덜 받는 것으로 나타났다.

저반사 유리를 쓸 경우에는 35.7kWh/yr-m^2 으로 나타나 발코니 미확장의 경우에 비하여 17%정도 냉방부하가 적게 걸리는 것으로 나타났으며, 유리의 2번째 면이 코팅된 반사 Low-e유리의 경우에는 41.9kWh/yr-m^2 으로 나타나 발코니의 환기를 실시할 경우에 비하여 2%정도 냉방부하가 적게 나타나는 것으로 나타났다.

(2) 단위면적당 냉방부하 비교

냉방부하의 감소에 가장 효과적인 창호는 저반사유리로 나타났으나, 저반사유리의 경우에는 가시광선 투과율이 0.36으로 일반

표 6. 단위면적당 냉방부하 분석

분류		단위면적당 냉방부하 (kWh/yr-m ²)	상대비교	비교
발코니 미확장	발코니 미환기	55.5	1.29	0.7ACH
	발코니 환기	43.1	1.00	5.0ACH
발코니 확장	이중유리	44.9	1.04	0.7ACH
	Low-e 유리	61.5	1.43	0.7ACH
	저반사 유리	35.7	0.83	0.7ACH
	반사 Low-e 유리	41.9	0.97	0.7ACH

적인 발코니 미확장시의 가시광선 투과율 0.63의 57%수준으로 자연채광과 조망의 확보에 문제가 있는 것으로 사료되어 냉방부하의 감소에는 이중유리나 저반사 Low-e 유리를 적용하는 것이 효과적이다.

하지만 이중유리의 경우에는 열관류율값이 $2.7W/m^2K$ 으로 겨울철 난방부하의 증가가 유리표면의 온도가 낮아져 실내 온열감이 낮아진다.

냉난방부하의 감소 및 겨울철 실내온열환경 개선을 위해서는 저반사 Low-e유리를 적용하는 것이 효과적이며, 여름철 문제가 야기되는 과열 문제 역시 발코니를 미확장한 경우와 비슷한 수준을 유지 할 수 있다.

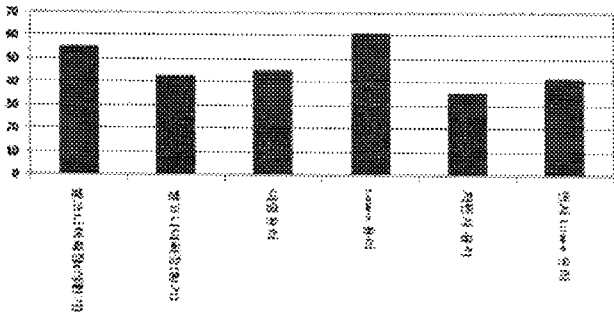


그림 2. 단위면적당 냉방부하 상대비교

5. 결론

초고층 공동주택에 적용되고 있는 발코니 확장과 그에 따른 창호시스템별 냉방부하를 VE 5.8을 이용한 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

발코니를 확장하지 않았을 경우 가시광선 투과율이 0.63인 투명이중유리를 기준으로 하여 창호를 선정에 대한 모델링을 수행하였고 발코니를 확장하였을 경우 표 3과 같이 4개의 창호시스템을 적용하여 분석하였다. 이를 통해 창호시스템별 냉방부하량을 분석하여 효율적인 창호는 저반사유리라는 판단을 내렸다. 그러나 자연채광과 조망의 확보를 위해 반사 Low-e 유리를 적용하는 것이 효과적이다.

단위면적당 냉방부하량을 그래프로 나타낸 것은 그림 2와 같으며 이로부터 얻어낸 결론은 다음과 같다.

- (1) 창호시스템별 단위면적당 냉방부하량은 저반사유리, 반사 Low-e유리, 이중유리, Low-e유리, 발코니 미확장 순으로 나타났다.
- (2) 저반사유리의 냉방부하량이 가장 적게 나온 이유는 저반사 유리의 태양열 취득률이나 차폐계수가 태양열 취득이 어려우며 열관류율이 높기 때문이라 판단된다.
- (3) 반사 Low-e유리가 Low-e유리에 비해 냉방부하량이 적게 나온 이유는 높은 차폐계수와 가시광선은 통과시키고 태양열선을 반사하기 때문이라 판단된다.
- (4) Low-e유리의 냉방부하가 발코니 미확장 시보다 상대적으로 높은 수치가 나오는 이유는 Low-e유리의 특성상 내부에서 발생한 열을 외부로 방출되지 못하도록 차단하였기 때문이라 판단된다.

후 기

추후 연구에서는 창호시스템의 추가적인 적용과 설비시스템 적용을 통한 냉방부하 분석 및 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 정석환 외, 로이유리의 저방사 코팅 적용 위치에 따른 실내 온도변화 및 에너지 성능 비교 분석, 대한건축학회 논문집(계획계), v.23 n.8(2007-08)
2. 최경석 외, Mock-up에 의한 로이유리 창호의 현장 냉방에너지소비특성, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, (2007-10)
3. 강재식 외, 로이유리 창호의 정량적 단열성능 및 현장 냉난방에너지소비특성 평가, 한국건축친환경설비학회 논문집, v.1 n.2(2007-09)