

공동주택의 환기성능 개선을 위한 Shaft Box형 발코니의 적용성 검토

Study on Application of Shaft Box type Balcony for Improvement of Ventilation Performance in Apartment

노지웅* 김곤**
Roh, Ji-Woong Kim, Gon

Abstract

Recently, because of the continuous rise of international oil price, energy saving is strongly demanding. So, Ecological technics of architecture such as use of natural energy have been actively explored in the field of building. In the method of utilizing natural energy, the key point is to saving energy effectively as not lowering the comfort of indoor environment, various systems investigated. Many papers about double skin facade system have been reported, it is announced broadly that the system is very effective in improvement of natural ventilation and indoor thermal environment, and also protecting outdoor sound. The shaft box facade is a special form of box window construction. It consists of a system of box windows with continuous vertical shafts that extend over a number of stories to create a stack effect. The facade layout consists of an alternation of box windows and vertical shaft segments. This research investigated the natural ventilation performance of shaft box type balcony which conform the shaft box type double skin to the exiting balcony construction. First, analyzed various types of exiting apartments, proto-type was decided. By using virtual environment Program, modeling the proto-type, compared the contribution of air temperature and the effect of outdoor air cooling. by this research, we confirmed that shaft box type balcony had many possibility for improvement of indoor environment.

키워드: 환기성능, 공동주택, 이중외피, Shaft Box형 발코니

Keywords: Ventilation Performance, Apartment, Double Skin Facade, Shaft Box Type Balcony

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 국제유가의 급등으로 인하여 에너지 절약이 더욱 절실히 요구됨에 따라, 건축분야에서도 자연에너지의 이용과 같은 친환경적 건축수법의 적용이 적극 모색되고 있다. 자연에너지를 이용하는 방안은 실내환경의 쾌적에 저해됨이 없이 효과적으로 에너지를 절감하는 것이 관건으로 다양한 시스템에 대한 검토가 이루어져 왔다. 그 가운데 이중외피 시스템은 독일을 중심으로 다양한 사례들을 통하여 환기와 실내온도 개선, 소음차단 등에 효과적임이 보고되고 있으며, 현재, 국내에서도 많은 연구가 행하여지고 있다.

본 연구는, 이중외피 시스템이 국내 공동주택의 발코니 구조와 유사함에 착목하여 Shaft Box형을 발코니에 적용

한 시스템(이하 Shaft Box형 발코니)에 대하여 환기와 외기냉방 성능에 어느 정도의 효과를 나타내는지 검토해 보고자 이루어졌다.

초고층 공동주택을 모델로 하여 Shaft Box형 발코니의 해석모델을 선정하여 통합 환경시물레이션 프로그램인 VE(Virtual Environment)를 이용하여 환기량과 중간기 실내온도 분포를 분석함으로써 Shaft Box형 발코니를 이용한 공동주택의 환기 및 중간기 실온 개선효과를 검토하였다.

1.2 연구방법

효율적인 연구를 위하여 기존 공동주택의 유형을 분석하여 기준형을 도출하였고, 예비적인 분석을 통하여 대표적인 몇가지 변수들을 도출하여 이를 대상으로 컴퓨터 시물레이션을 행하였다. 시물레이션 도구로서는 통합환경시물레이션 프로그램인 VE (Virtual Environment)를 이용하였고, 건물의 형태와 물성치, 내부발열 부하와 스케줄을 입력하여 초고층 공동주택에 적용가능한 이중외피 시스템의 자연환기 성능분석의 타당성 여부를 검토하였다.

* 주저자, 정회원, 홍익대학교 조교수,공학박사
** 교신저자, 강원대학교교수,공학박사 (gonkim@kangwon.ac.kr)

2. 해석대상 선정

2.1 기존 아파트의 건축적 특성 검토

주동형태를 살펴보면 국내 공동주택의 경우 일자형 연속배치 형태를 갖는 판상형의 주동이 대다수를 차지하고 있다. 주동 출입형태 또한 최근 국내 주요 건설업체들이 일부 소형 임대아파트를 제외하고는 거의 편복도형에서 계단실형으로 주동출입 형태를 전환하고 있는 실정으로는 구조적인 측면과 거주자의 프라이버시 보호측면에 대한 배려에 의한 것으로 판단된다. 기존연구¹⁾에 따르면 주동출입 형태는 표 1에서 보는 바와 같이 모두 9개 타입으로 분류되고 계단실형이 주류를 이루고 있음을 알 수 있다. 고층 계단실 I형(1,437사례, 54.8%)과 고층편복도형(784사례, 29.9%)이 대부분을 차지하며, 저층 계단형(201사례, 7.7%), 고층계단실 박스형(112사례, 4.3%) 고층홀(37사례, 1.4%)등이 극히 일부를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

실내공간의 체적과 그에 따른 외피 개구부의 비율, 화장실의 위치와 개수, 배기팬의 위치 및 개수 등은 실내 공기유동에 주요한 영향을 미치는 단위주호의 면적과 평면형태에 따라 크게 좌우된다. 단위주호의 면적을 살펴보면 표 1에 따르면 국내공동주택의 전체의 약 28.1%를 차지하는 전용면적 85㎡(32평형)의 단위주호가 가장 대표적임을 알 수 있다. 단위주호의 평면형태의 경우는 표 2에서와 같이 식당과 부엌이 하나의 공간으로 구성되고 거실이 분리된 L(거실)+D(식당)K(부엌)이 전체의 약 61.4%의 비율을 보이고 있으며, 32평형 단위주호의 경우에는 약 94.2%로 거의 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 침실수의 분포를 살펴보면 3침실형이 전체의 45.1%를, 32평의 경우에는 약 94%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 화장실의 경우는 1985년경부터 화장실이 가족용과 부부전용으로 구분되면서 단위주호내에 2개가 설치되는 것이 일반적인 형태로 정착되고 있으며, 2개의 화장실이 주침실옆에 입렬로 집중된 형태를 보이고 있다.²⁾ 주방 및 부엌의 경우는 대부분 단위주호의 중앙에 설치되는 경향을 나타내고 있다. 외피 개구부, 즉 외부창호 및 출입문의 크기와 개수는 공기유동 분석시 틈새면적과 직접적인 관계가 있으며 다음 표 3,4와 같이 가장 적용빈도수가 높은 적용치수를 우선적으로 고려하고 시뮬레이션시 기초자료로 활용하였다.(1M=10cm)

본 연구에서는 이상과 같은 국내 공동주택의 주동형태와 평면형 등에 대한 사례 조사 결과를 바탕으로 표 5와 같은 고층 계단실형 주동형태를 갖는 전용면적 85㎡(32평형)의 공동주택 단위 주호를 기본 분석대상 모델로 선정하였다.

1) 한국건설기술연구원“주거건물의 주거생활 향상을 위한 설계 및 공급체계 개선방안연구(Ⅱ)”, 한국건설기술연구원, 95.9
 2) 박용환 외, '주의식 변화에 따른 주거건물의 평면개선에 관한 연구; 력기개발주식회사, 94. 4

표 1. 출입방식에 따른 공동주택의 주동형태 및 단위주호의 면적분포

구분	면적대별 분포										
	합계 (%)	45㎡ 이하	50㎡ 대	60㎡ 대	70㎡ 대	85㎡ 대	100㎡ 대	120㎡ 대	135㎡ 대	145㎡ 이상	
고층 계단실형	1,437 (54.8)	3	8	69	108	450	195	202	197	175	
고층계단실 박스형	112 (4.3)	1		1		28	25	6	9	42	
저층 계단실형	201 (7.7)	10	26	39	255	36	29	16	7	13	
고층 편복도형	784 (29.9)	82	130	227	110	173	32	20	8	2	
고층 홀	37 (1.4)	1	3	1	5	10	3	1	3	10	
계 단 실 형 복 도 형	36 (1.4)		4	11	10	10	1				
합 계	2,607 (99.4)	97 (3.7)	171 (6.5)	348 (13.3)	258 (9.8)	737 (28.1)	285 (10.9)	245 (9.3)	224 (8.5)	242 (9.2)	

표 2. 단위주호의 평면형태 분포

구분	면적대별 분포									
	합계 (%)	45㎡ 이하	50㎡ 대	60㎡ 대	70㎡ 대	85㎡ 대	100㎡ 대	120㎡ 대	135㎡ 대	145㎡ 이상
LDK형	40 (1.5)	2	2	32	1	3				
L+DK형	1,611 (61.4)	9	69	196	234	696	146	125	78	58
LD+K형	29 (1.1)	4	3	11	1	8				
L+D+K형	622 (23.7)	3		1	3	28	139	120	146	182
L(R)+DK형	211 (8.0)	8	70	110	19	4				
L+K형	7 (0.3)	2	4	1						
DK형	74 (2.8)	49	25							
K형	29 (1.1)	28	1							
합계	2,623 (100)	105 (4.0)	174 (6.6)	351 (13.4)	258 (9.8)	739 (28.2)	285 (10.9)	245 (9.3)	224 (8.5)	242 (9.2)

표 3. 개구부(창호)의 규격에 따른 적용현황-1

W \ H	규격								
	6M	9M	12M	14M	15M	18M	21M	24M	27M
6M		1	13	1	2	1			
9M		2	4		2				
11M									
12M		2	13	1	18	4			1
13M			1		5	1			
14M			1		15	2			
15M			10		3	12	1		
18M						10	7	6	3

표 4. 개구부(창호)의 규격에 따른 적용현황-2

W \ H	규격																
	7M	7.5M	8M	9M	9.2M	10M	12M	14M	15M	16M	18M	21M	24M	27M	30M	33M	36M
18M																	
19M																	
20M	15	24	1			1											
21M	10	18	15	15	10	36		4	5	4	2			1			
22M									1		1	1	1	1	1	1	1
23M									1		2	2	5	1	5	3	3
23.5M								1		2		2	3	3	2	1	7
24M		1						1	1		1			1			

표 5에 나타난 대상모델의 평면구성은 그림 1과 같다.

표 5. 대상 모델의 평면 개요

설계항목	설 계 내 용
건물구조	철근콘크리트조
주동형태	판상형
주호평면형태	계단실형
주호면적	전용면적 85.0㎡

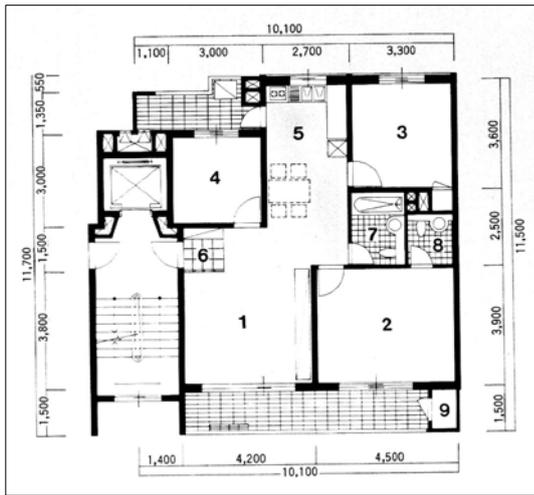


그림 1. 대상모델 평면

2.2 이중외피의 적용

1) 이중외피 파사드의 유형(그림 2 참조)

이중외피 파사드는 여러 가지 형태로 유형을 분류할 수 있지만 기본적인 유형은 완충공간의 분할된 형태와 환기방법에 따라 그림 2에 나타난 바와 같이 박스형(Box Type), 샤프트 박스형(Shaft Box Type), 복도형(Corridor Type), 전면형(Multistory Type)로 분류할 수 있다.³⁾

Box Type	Shaft Box Type	Corridor Type	Multistory Type
상자모양의 창문환기	샤프트를 이용한 굴뚝환기	복도환기	전층환기

그림 2. 이중외피 파사드의 유형 분류

2) Shaft Box형(그림3 참조)

박스형 파사드에서 변형된 특수형태로서 박스형 파사드와 그리고 굴뚝효과를 가지며 수개층을 타고 오르는

3) Oesterle, Lieb, Luts & Heusler, Double-skin Facades, Prestel, New York, 2001, p.12

샤프트형 파사드의 조합으로 이루어진다. 박스형 창과 샤프트형 창이 번갈아 가며 세워지며, 창의 상부로부터 이 수직 샤프트형은 각 층에서 면해 있는 박스형 창의 상부로부터 넘어오는 공기들과 만나게 된다. 굴뚝효과에 의해 여기에 오이게 되는 공기들은 이 샤프트 창으로 공기를 기계식으로 모을 수도 있다. 더 큰 굴뚝효과가 샤프트에서 발생할 수 있기 때문에 이 샤프트 박스형 파사드는 외부 파사드에 비교적 적은 개구부가 요구된다. 이런 이유로 외부소음에 대한 방음효과에 있어 유리하다. 또 완충공간의 수평구획을 가지지 않는 연속된 수직 샤프트와 박스형 창이 번갈아 배치되면서 서로 연결되어 샤프트에 의한 굴뚝효과를 이용하여 환기하는 방법이다. 굴뚝효과를 담당하는 샤프트 측은 외부에 개구부를 가지지 않으며 각각의 박스형 창호는 독자적인 개구부를 가진다.

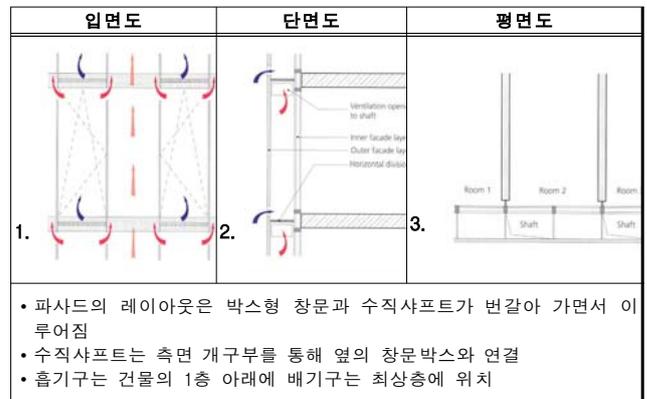


그림 3. 샤프트 박스형 파사드

2.3 해석대상 모델 검토

이중외피의 완충공간은 그림 4와 같이 구성을 하였고 크게 실외, 완충공간, 실내로 나누어 볼 수 있다. 공기의 움직임은 실외와 완충공간, 그리고 완충공간과 실내의 공기의 움직임으로 나타낼 수 있다.

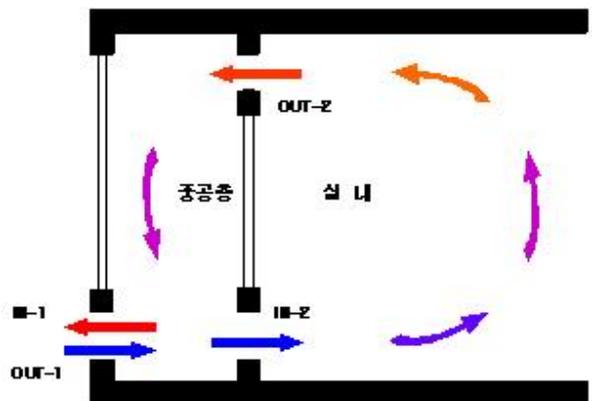


그림 4. 실외, 완충공간(중공층), 실내의 공기의 유동의 개략도 이중외피와 거실의 중간, 상하부에 환기창을 두어 환

기를 위한 공기의 이동이 이루어 질 수 있도록 하였다. 환기창의 크기와 면적은 아래의 표 6과 같이 설정하였다.

표 6. 환기창의 크기와 면적비

구분	환기창 높이(m)	환기창 폭 (m)	개구부의 면적(m ²)	창 면적비 ⁴⁾
이중외피의 환기창	0.3	6.0	1.8	12.9%
거실 환기창(상)	0.3	2.7	0.81	12.9%
거실 환기창(하)	0.3	2.7	0.81	12.9%

3. Shaft Box형 발코니의 환기성능 분석

3.1 해석 도구

이중외피에 의한 에너지 절약과 효과적 환기를 통한 냉방부하의 감소를 예측하기 위해서는 이중외피와 실내 온도의 예측이 필수적이다. 온도를 예측하기 위해서 IES4D⁵⁾사의 VE(Virtual Environment)를 사용하였다. VE는 CUI(Common User Interface)와 하나의 IDM(Integrated Data Model)로 연결된 프로그램이다.

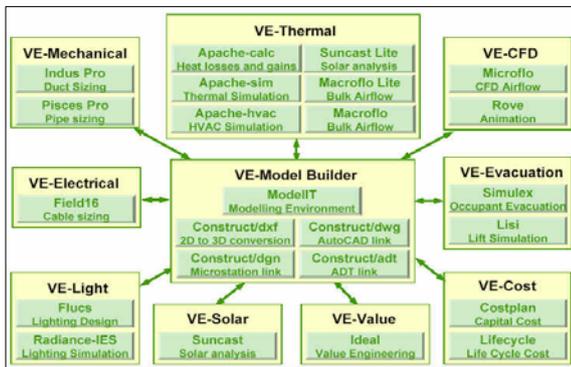


그림 5. V.E의 구성모듈

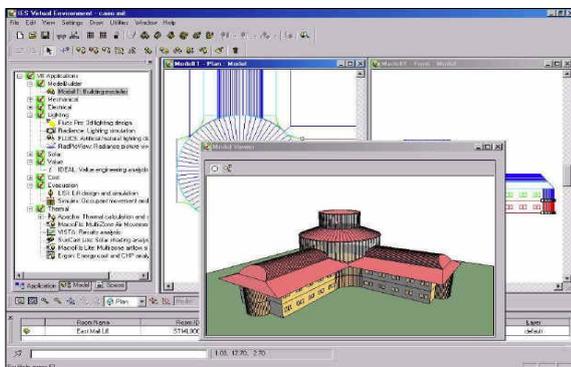


그림 6. V.E의 인터페이스

즉 모든 어플리케이션이 일관된 모양을 가지고 있으며, 하나의 자료입력이 다른 프로그램에서 사용될 수 있다. 열 시뮬레이션을 위한 'Apache-sim', 빛환경시뮬레이션을 위한 'Radiance' 일사분석을 위한 'Suncast'와 모델을 묘사하기 위한 3D 제작도구인 'ModelIt'가 있다.(그림 5, 그림 6 참조)

3.2 해석 조건 및 방법

VE는 실시간의 건구온도(°C), 습구온도(°C), 풍속(m/s), 풍향(0~360), 산란일사(W/m²), 법선면직사일사(W/m²), 기압(hPa), 운구량(0~8)이 필요하다. 사용된 기상데이터는 IES4D사에서 제공하는 83년도 서울지방의 기상데이터를 사용하였다.

본 연구에서는 7개층 단위로 Shaft Box형 발코니를 설치한 35층 210세대의 초고층 공동주택을 상정하여 모델링을 행하였다. 그림 7과 같이 이중외피에 높이 30cm의 환기구를 설치하고, 거실에는 상하에 30cm의 환기구를 설치하였고 샤프트 박스(120cm×150cm)를 설치하였다.

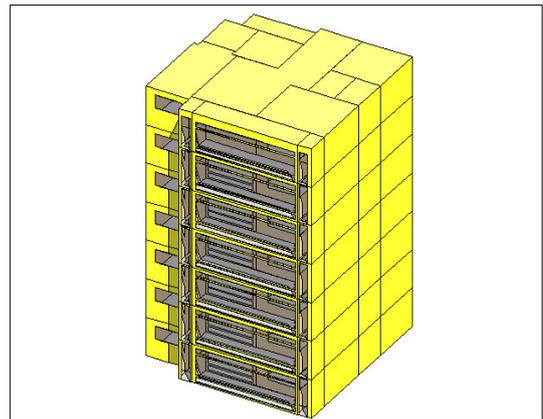


그림 7. 모델링 결과(7개층)

시뮬레이션은 샤프트 박스를 이용할 경우, 환기창의 면적비에 따른 연간 환기량의 변화와, 중간기의 대표월이라고 할 수 있는 5월에 대한 냉방효과에 대하여 각각 실시하였다.

3.3 창면적비에 대한 환기량 변화

우선 이중외피의 창을의 크기를 변화시켜 연중 최소환기율(0.35ACH) 미만으로 발생하는 시간을 검증하여 이중외피의 창을의 크기를 선정하였다. 이중외피의 환기창은 시뮬레이션 입력을 편의성을 위하여 환기창의 길이는 고정을 시키고 환기창의 높이를 각각 0.1, 0.3, 0.4 m로 설정하였다.

결과값은 표 8과 같이 나타났고 환기창의 면적비가 50%인 CASE 1의 경우에는 실내환기량 0.35ACH이하인 시간이 발생하지 않았고 CASE 4의 경우에는 연간 3,066시간, 연중 34.9%동안 발생하여 이중외피를 이용한 자연환기가 불가능함을 알 수 있다.

4) 창면적비=창면적/이중외피측 전체면적× 100(%)
5) <http://www.ies4d.com>

표 7. 해석 Case

	환기창의 높이(m)	환기창의 길이(m)	환기창 면적(㎡)	환기창 면적비
CASE 1 ¹⁾	-	-	-	50.0%
CASE 2	0.3	6.0m	1.8	12.9%
CASE 3	0.2	6.0m	1.2	8.6%
CASE 4	0.1	6.0m	0.6	4.3%

1) 일반적인 아파트 발코니 창을 기준으로 개폐율을 50%로 가정을 하였다.

표 8. 최소환기요구조건 발생일

	거실만 환기		실내전체 환기 ¹⁾	
	발생시간 ²⁾	연간비율 ³⁾	발생시간	연간비율
CASE 1	0	0.0%	0	0.0%
CASE 2	46	0.5%	103	1.2%
CASE 3	143	1.6%	341	3.9%
CASE 4	1,291	14.7%	3,066	34.9%

- 1) 전체 실내부피에서 기계환기를 실시하는 화장실의 제외한 부피로 계산
- 2) 환기량 0.35ACH 이하 발생시간
- 3) 연간비율 = 발생시간 / 8760시간

또한 개구율 50%를 이용하여 자연환기를 실시한 경우에는 그림 8과 같이 실내환기량 45ACH 이상 발생할 가능성이 있으므로 초고층 공동주택에서는 위의 개구율을 채용한 자연환기 이용은 부적절한 것으로 나타났다.

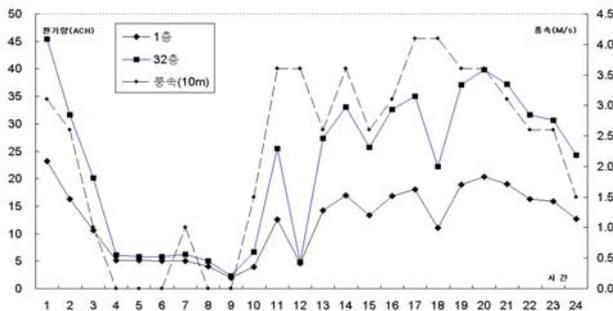


그림 8. 시간별 환기량(1층, 32층)과 풍속의 변화

3.4 중간기 환기에 의한 냉방효과

각 Case별 5월의 외기온도, 발코니, 실내의 온도 변화는 다음과 같다.

1) Case1(0.35ACH의 침기만 있는 경우)

5월의 실내의 온도분포를 보면 외기는 6℃에서 28℃ 넓게 분포되어 있고 발코니의 온도의 경우에는 14℃에서 30℃로 비교적 넓게 분포되어 있다. 실내의 경우에는 18℃에서 28℃로 좁은 범위를 보이고 있다. 하지만 냉방이 필요한 26℃이상 되는 시간이 172시간으로 나타났다.(그림 9 참조)

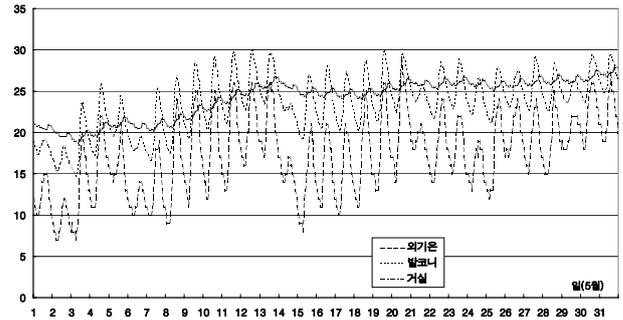


그림 9. 온도분포

2) Case2(Shaft Box를 이용하지 않을 경우)

이중외피를 설치하고 자연환기를 실시한 경우 발코니의 온도는 외기와 비슷한 패턴으로 분포를 이루고 있다. 하지만 실내 온도의 경우에는 16~26℃의 온도분포를 보이고 있으며, 냉방이 필요한 온도인 26℃이상 되는 시간이 6시간으로 나타났다.(그림 10 참조)

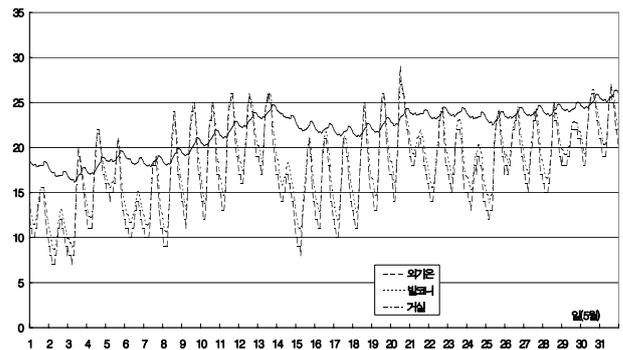


그림 10. 온도분포

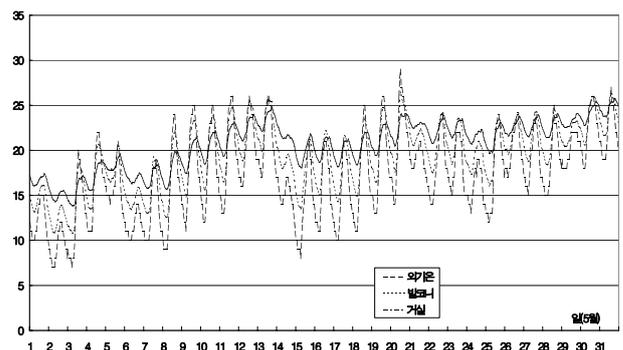


그림 11. 온도분포

3) Case3 (Shaft Box를 이용할 경우)

이중외피를 설치하고 샤프트 박스를 사용한 경우 발코니의 온도는 외기와 비슷한 패턴으로 분포를 이루고 있다. 하지만 실내의 온도의 경우에는 13~25℃의 온도분포를 보이고 있다. 냉방이 필요한 온도인 26℃이상 되는 시간이 0시간으로 나타났다.(그림 11 참조)

4) 소결

이중외피를 사용할 경우에는 이중외피를 설치한 경우와 샤프트 박스형 발코니를 사용한 경우를 나누어서 외기냉방에 의한 실내온도 분포를 시뮬레이션을 실시하였다. 샤프트 박스를 사용하지 않은 경우에는 5월달 중 실내온도가 26℃이상으로 예측되는 시간이 6시간으로 나타나, 환기에 의한 냉방효과가 효과적인 것으로 나타났다. 샤프트 박스를 병용하여 사용할 경우에는 26℃이상의 발생시간이 0시간으로 더욱 더 효과적인 것으로 나타났다. 또한 실내 온도분포가 단순히 자연환기를 실시할 경우에 비하여 쾌적범위에 많이 포함되어 별도의 창호 개폐 조절 없이 효과적인 외기냉방이 가능한 것으로 나타났다. (그림 12 참조)

4. 결 론

샤프트 박스형 이중외피를 발코니에 적용하여 환기와 냉방효과를 분석하였다. 환기효과는 이중외피의 외부창의 길이는 고정하고 높이를 3단계로 변화하여 연간 최소환기량 0.35ACH에 미달되는 시간을 검토하였다. 그 결과, 이중외피의 외부창의 높이를 0.2m 이상으로 할 경우 최소환기량 0.35ACH에 미달되는 시간을 연간 10%이하로 줄일 수 있음을 확인하였다. 외기냉방 효과는 5월달에 대하여 단순 이중외피 구조와 샤프트 박스형 발코니를 각각 적용하여 실내온도 개선효과를 비교,검토하였다. 단순 이중외피 구조의 경우에도 5월달 중 실내온도가 26℃이상으로 예측되는 시간이 6시간으로 나타나, 환기에 의한 냉방효과가 효과적인 것으로 나타났다. 샤프트 박스를 병용하여 사용할 경우에는 26℃이상의 발생시간이 0시간으로 더욱 더 효과적인 것으로 나타났다.

2001

3. 이승복 외, 이중외피시스템의 적용을 통한 초고층 공동주택의 냉방에너지 저감방안에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 2001
4. 박상준 외, 공동주택에서의 이중외피 파사드 적용에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 2002
5. 김동화 외, 공동주택에서의 이중외피 시스템의 자연환기 성능평가에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 2002
6. 황석호 외, 이중외피 시스템을 적용한 초고층 건물의 자연환기 성능분석, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 2002
7. 한국건설기술연구원, 주거건물의 주거생활 향상을 위한 설계 및 공급체계 개선방안연구(Ⅱ), 한국건설기술연구원, 95.9
8. 박용환 외, 주의식 변화에 따른 주거건물의 평면개선에 관한 연구, 럭키개발주식회사, 94.

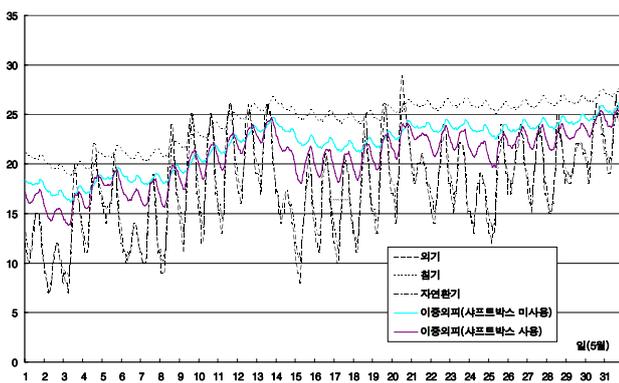


그림 12. 환기방식별 실내온도변화 비교(5월)

참고문헌

1. Oesterle,Lieb,Luts & Heusler, Double Skin Facades, Prestel, New York, 2001
2. 진용범 외, 아파트 발코니 공간의 온실효과에 의한 난방에너지 절감에 관한 연구, 대한 건축학회 학술발표대회논문집,