

# 초고층 공동주택의 이중외피 창호 유형별 실내기류 특성비교

최 태 환<sup>†</sup>, 전 미 숙, 이 정 현, 김 태 연, 이 승 복  
연세대학교 건축공학과

## Indoor Airflow of High-Rise Apartment with Different Types of Box-Windows

Tae-Hwoan Choi, Mi-Sook Jeon, Jung-Hyun Lee, Taeyeon Kim, Seung-Bok Leigh  
*Department of Architectural Engineering, Yonsei University, Seoul, Korea*

**ABSTRACT:** High-rise apartments have a problem using natural ventilation because of the strong outdoor wind velocity. Conventional high-rise apartments have adopted mechanical ventilation systems to maintain the indoor air quality. However, it leads to the overuse of electricity and the sick house syndrome. Double-skin facade is the alternative for the high-rise building to use natural ventilation and this study is focused on the performance of the box-window, which is a kind of double-skin facades. Indoor wind velocity and HCHO concentrations are analyzed with three types of box-windows: the diagonal type, parallel type and perpendicular type. The airflow is simulated by computational fluid dynamics program. Box-windows reduce the maximum value of indoor wind velocity about 50% compared with the single window and the HCHO concentrations do not have the big difference. Box-windows could be the alternative to enhance the use of the natural ventilation and indoor air quality of the high-rise apartment.

**Key words:** High-rise apartment (초고층 공동주택), Double-skin facade (이중외피), Box-window (박스형 이중외피), Indoor airflow (실내기류), CFD (전산유체역학)

### 기 호 설 명

- $V_n$  :  $h_n$ 에서의 풍속 [m/s]
- $V_{10}$  : 높이 10m에서의 풍속 [m/s]
- $h_n$  : n지점의 높이 [m]
- C : 실내 오염물질농도 [ $mg/m^3$ ]
- q : 오염물질 발생량 [ $mg/m^2 \cdot h$ ]
- Q : 환기량 [ $m^3/h$ ]

$\alpha$  : 지표면 상태에 따른 상수[roughness factor]

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

1997년 IMF 이후 건설업체들은 주택분양을 위한 차구책으로서 각종 차별화 전략을 수립하였다. 초고층 공동주택은 그러한 전략의 대표적 결과물로, 고소득층을 겨냥한 고급화된 주택이라는 특징을 갖는다. 초고층 공동주택은 기존의 판상형 공동주택과는 차별화된 다양한 평면유형과 주동형태, 첨단설비를 갖추고 있으며 향후 지어질 공동주택에의 과급효과가 크다는 점에서 논의할

### 그리스 문자

†Corresponding author  
Tel.: 02-393-4066; fax: 02-393-4066  
E-mail address: trulymadly@paran.com

필요가 있다.

초고층 공동주택은 변화된 라이프스타일을 수용하고 이에 걸맞은 서비스를 제공한다는 장점을 갖는 반면 구조, 설비, 재난시 대피 및 심리적 불안감 등 기존 아파트와는 다른 문제점을 안고 있다. 쾌적한 실내환경 유지 측면에서 가장 큰 문제는 높은 외부풍압으로 인해 창호개방이 어렵다는 점이다. 대부분의 초고층 공동주택은 이에 따른 환기문제를 해결하기 위해 기계환기 설비를 갖추고 있으며, 개폐가능한 창호의 면적은 최소화되어 있다. 그러나 기계환기 설비의 도입은 창호를 통한 자연환기의 가능성을 축소시킴으로써 기계냉방에의 요구를 증가시키며, 환기 시스템을 운영하기 위한 추가적인 에너지 소비를 발생시켜 초고층 공동주택을 에너지 과소비형 건물로 만들고 있다. 뿐만 아니라 공조설비 이상 시 실내위생환경이 급격히 악화될 우려가 있고 폐쇄공포증 등 심리적 불안감을 야기하기도 한다.<sup>(7)</sup>

최근에는 유럽을 중심으로 이러한 기계환기의 단점을 극복하고 고층건물에서도 자연환기를 이용할 수 있도록 하는 이중외피가 활발히 계획되고 있다. 본 연구에서는 박스형 이중외피의 유형을 검토하고, 창호 종류별 실내기류속도의 쾌적도와 환기성능을 비교·평가하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

- (1) 초고층 공동주택 사례조사를 통해 일반유형을 도출한다.
- (2) 기존 연구고찰을 통해 초고층 공동주택에 적합한 이중외피 유형을 선정한다.
- (3) 박스형 이중외피 사례조사를 통해 적용형태를 검토한다.
- (4) CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석 방법을 이용하여 박스형 이중외피 모델의 환기성능을 해석한다.
- (5) 이중외피 모델별로 실내 풍속 및 환기성능을 비교하여 기존창호 대비 이용가능성을 평가한다.

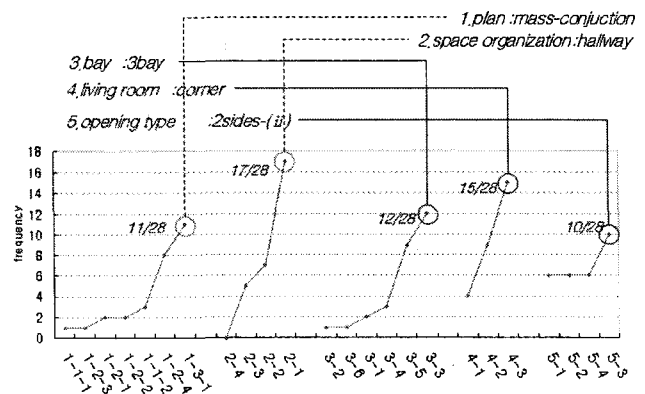
## 2. 초고층 공동주택의 계획특성

### 2.1 초고층 공동주택 사례조사

초고층 공동주택의 계획적 특성을 파악하기 위

하여 2000년 이후 서울에 지어지거나 계획된 30층 이상 공동주택 건물의 사례조사를 실시하였다. 그 결과 28개의 사례가 수집되었으며, 각각의 사례별로 평면형태와 내부공간 연결유형, 전면 BAY 수, 거실의 위치, 개방유형에 대해 분석하였다.

Fig. 1에서와 같이 초고층 공동주택은 일반적으로 매스 중첩형의 평면에, 각 실들이 통로를 중심으로 연계되고 있었으며 외기를 면하는 BAY는 3개인 경우가 가장 많았다. 거실은 주호의 모서리 부분에 위치하고 외기에 접하는 면은 2면으로, 개방면이 양단에 계획되는 경우보다는 직각을 이루는 경우가 많음을 알 수 있다.



Plan	space organization	opening type
[1-1 Square type]	<ul style="list-style-type: none"> <li>•2-1:hallway</li> <li>•2-2:hallway+ room</li> <li>•2-3:room+ hallway</li> <li>•2-4:room</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪1 side</li> </ul>
[1-2 Rectangular type]		
•1-2-1:rectangle with wide width	BAY	•2 sides-( i )
•1-2-2:rectangle with narrow width	<ul style="list-style-type: none"> <li>•3-1:2bay</li> <li>•3-2:2.5bay</li> <li>•3-3:3bay</li> <li>•3-4:3.5bay</li> <li>•3-5:4bay</li> <li>•3-6:4.5bay</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▼</li> <li>▲</li> </ul>
•1-2-3:polygonal-rectangle with wide width		•2 sides-(ii)
•1-2-4:polygonal-rectangle with narrow width		<ul style="list-style-type: none"> <li>▲</li> <li>◀</li> </ul>
[1-3 Unique type]		
•1-3-1:mass-conjunction	living room	•3 sides
•1-3-2:L-shape	•4-1:outer-middle	▶
•1-3-3:V-shape	•4-2:corne--middle	▲
•1-3-4:fan-shape	•4-3:middle	◀
•1-3-5:mass-disjunction		

Fig. 1 Frequency of design factors

### 2.2 초고층 공동주택 프로토타입 선정

사례조사 대상 중 2.1장의 분석결과를 충족시키는 실제 사례를 선정하여 앞으로 진행할 해석

의 모델로 이용하였다. 선정된 사례는 L사의 초고층 공동주택 48평형으로 평면 및 계획 특성은 다음과 같다.

- (1) 바닥면적(48PY):155.5m<sup>2</sup>
- (2) 층고:2.85m
- (3) 외피면적:61.8m<sup>2</sup>
- (4) 창호면적:37.8m<sup>2</sup>
- (5) 개폐창 면적:5.9m<sup>2</sup>

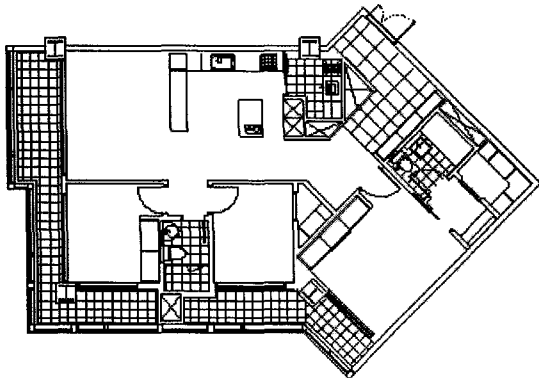


Fig. 2 Plan of the prototype apartment

### 3. 이중외피 유형 선정

Park et al.<sup>(3)</sup>은 공동주택에 적합한 이중외피를 도출하는 연구를 수행하였다. 그 결과 고층건물의 경우 높은 연돌효과로 인해 계획상 많은 어려움이 있으므로, 단층형 이중외피의 대표적 유형인 복도형이나 박스형 이중외피의 적용을 제안하고 있다.

또한 위 두 유형 중 공동주택의 특징적인 요구사항(실간 소음·오염물질 전달방지, 프라이버시 보호, 중공층 활용 및 유지 편의성, 향별 적용가능성 등 아파트 주거에 적합한 기능)의 충족도를 평가하여 최종적으로 박스형 이중외피가 공동주택에 가장 적합한 것으로 보고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 박스형 이중외피를 대상으로 연구를 진행하고자 한다.

#### 3.1 박스형 이중외피 적용형태

박스형 이중외피가 적용된 중층이상 건물의 사례조사를 통해 일반적으로 어떠한 형태의 외피가 계획되고 있는지 검토하였다.

외기와 면하는 바깥측 외피는 창호가 개폐되지

않는 형태로, 기류를 유입·배출하기 위한 환기구가 개별적으로 존재한다. 이러한 외측 외피는 고층건물의 강한 풍압을 완화시키는 기능을 하며, 유입구와 배출구가 대각선 방향에 위치하는 유형(Diagonal type: No.1-2), 평행한 유형(Parallel type: No.3-5), 직교하는 유형(Perpendicular type: No.6)이 나타나고 있다. 이는 입면 상하부에 개구부가 평행하게 계획될 경우 나타나는 배출 공기의 재유입 현상을 방지하기 위한 대안들로 보인다.

실내측에는 틸트창이 주로 사용되며, 본 연구에서는 내측창은 동일한 틸트창으로 가정하고 외측의 세 가지 유형이 각각 적용된 모델을 대상으로 성능을 분석하였다.

Table 1 Box-window examples

No.	Building	Outer skin	Inner skin
1	RWE AG		
2	Print Media academy		
3	Commerzbank		
4	Hochhaus Potsdamer Platz 1		
5	Business tower		
6	Victoria insurance		

### 4. 해석조건

#### 4.1 해석 모델

Fig. 3의 평면 모서리에 위치한 침실 공간에 대한 CFD 해석을 실시하였다. 외기를 면한 입면은 각각 두 개의 실내 환기창을 갖고 있으며, 입면에서 실내측까지 1.6m 높이에서 6개 지점의 실내풍속을 검토하였다.

Single window와 박스형 이중외피인 Diagonal type, Parallel type, Vertical type의 4가지 외피에 대한 해석을 실시하였다(Table 2).

해석 시점은 자연환기의 이용이 가장 활발한 중간기 5월로 설정하였다. 기준높이(10m)에서의 5월 평균풍속은 2.6m/s<sup>(8)</sup>, 최대풍속은 10.3m/s<sup>(9)</sup>으로, 이와 같은 값을 바탕으로 식 (1)을 통해 높이에 따른 보정값(Fig. 4)을 도출하였다. 이 중 초고층 기준 높이인 30층에서의 평균풍속 4.4m/s과 사례 조사를 통해 얻어낸 초고층 평균층인 43층에서의 최대풍속 20m/s을 외부 풍속조건으로 이용하였다.  $\alpha$ 값은 고르게 발달된 도심지에서의 상수값인 0.24<sup>(1)</sup>로 보고 계산하였다.

$$V_n = \left(\frac{h_n}{10}\right)^{\alpha} * V_{10} \quad (1)$$

Case 1. v=4.4m/s		Case 2. v=20.0m/s	
1-1	Single window	2-1	Single window
1-2	Diagonal type	2-2	Diagonal type
1-3	Parallel type	2-3	Parallel type
1-4	Perpendicular type	2-4	Perpendicular type

Single window	Diagonal type	Parallel type	Perpendicular type

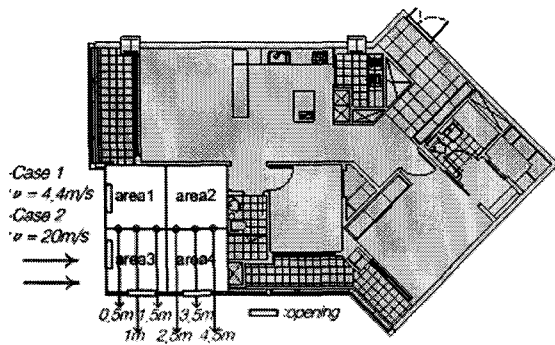


Table 2 Simulation case

Fig. 3 simulation area and measurement point

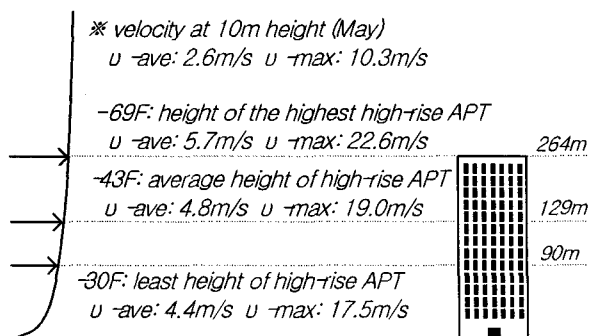


Fig. 4 Wind velocity according to the heights

## 5. 해석결과 및 고찰

### 5.1 실내기류(Fig. 5-Fig. 9, Table 3)

Case1과 Case2에서 모두 이중외피의 풍속 완화효과가 큰 것으로 나타났다. 쾌적 실내기류 속도가 0.25-1.5m/s 범위<sup>(4)</sup>인 것을 감안할 때, Case 1의 경우 모든 이중외피 유형에서 1.5m/s를 넘는 기류가 형성되지 않아 빠른 풍속으로 인한 불쾌감 없이 자연환기의 이용이 가능하다고 판단된다. 반면 기존의 틸트 창호에서는 창근처에서 강한 기류가 형성되어 불쾌감을 유발하고 실내측에서는 급격히 풍속이 감소함을 볼 수 있다.

Case 2에서는 강한 외부풍속으로 인해, 이중외피의 경우도 실내 개구부에서부터 1.5m 깊이까지는 1.5m/s 이상의 기류가 형성된다. 그러나 실내측에서는 비교적 양호한 수준을 유지하고 있으며 단층 틸트 창호는 모든 측정점에서 풍속이 1.5m/s를 초과하고 있다.

외부풍속 대비 실내 최고풍속지점의 풍속 감소율을 보면, Case 1에서 Single window는 44.8%, 이중외피 중 Diagonal type은 85.5%로 두 배 가까운 값의 차이를 갖는다. Case 2에서 Single window는 53.7%, Diagonal type은 87.0%로 여전히 큰 풍속 감소율을 보이는데, Case1과 Case2에서 각 유형들의 풍속감소율이 유사하여, 외부풍속이 변하더라도 감소율은 비교적 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

또한 Single window는 실내 지점별 풍속의 표준편차가 큰 특징을 보이지만, 이중외피는 그 값이 작아 실 전반에 걸쳐 고른 환기가 가능함을 예상할 수 있다.

박스형 이중외피의 풍속저감율은 Diagonal type (85.5-87%)에서 가장 크며, 이는 Diagonal type이 계획적 측면에서 불가피하게 유입구 및 유출구 면적이 상대적으로 작아 나타나는 현상으로 보인다. 강풍시 이러한 풍속저감율은 장점이 될 수 있으나 풍속이 높지 않은 조건에서는 충분한 냉각효과를 기대하기 힘들다.

실내기류속도는 Diagonal type 과 Perpendicular type 모두 양호하며, Parallel type의 경우 창근처에서의 풍속이 다소 높다.

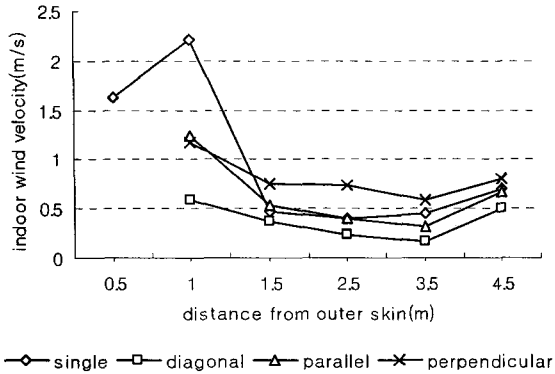


Fig. 5 Indoor air velocity-Case 1

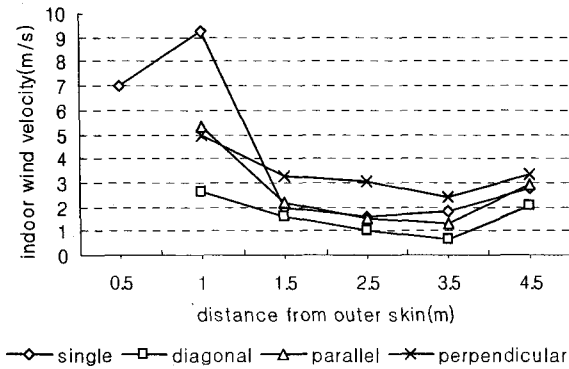


Fig. 6 Indoor air velocity-Case 2

Table 3 Rate of reduction-Case 1, Case 2

Case1	Rate of reduction	Case2	Rate of reduction
1-1	44.8%	2-1	53.7%
1-2	85.5%	2-2	87.0%
1-3	68.8%	2-3	73.3%
1-4	70.8%	2-4	75.1%

\*Rate of reduction =  $(V_{outdoor} - V_{indoor}) * 100 / V_{outdoor}$  (%)

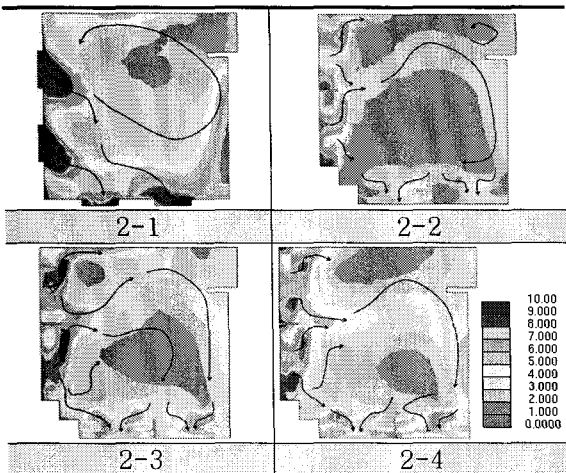


Fig. 9 Indoor airflow-Case 2

## 5.2 환기성능(Fig. 8, Table 4)

실천정과 바닥에 오염물질(우수자재 HCHO 발생농도  $0.04\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ )을 발생시켰을 때 실내 오염물질 농도 평균값과 발생량을 바탕으로 식(2)를 통하여 환기량을 산출하였다(Table 4). Diagonal type은 가장 낮은 환기량을 보이며, 그 외 두 개의 박스형 이중외피는 Single window 보다 높은 환기량을 갖는다. 따라서 이중의 외피를 거치더라도 충분한 환기량의 확보가 가능할 것으로 보인다.

$$C = \frac{q}{Q} \quad (2)$$

그러나 실내의 영역별(area1-4) 농도를 살펴 보면, Single window는 창근처 영역에서는 농도가 낮고 실내측 영역에서는 오염도가 높다. 이는 기류가 실 전체에 고르게 형성되지 못했기 때문으로, 유입된 기류가 맞은편 창으로 바로 배출되며 실내부에는 정체된 기류가 생기고 있다.

이중외피는 실의 모든 영역에서 오염농도 차이가 크지 않고 고르며, 그 중에서도 Parallel type의 성능이 우수하다. 기류 패턴을 보면, 내부로 열리는 환기창호 형태로 인해 기류가 분산되어 높은 환기성능을 보인다는 것을 알 수 있다. 또한 Single window와는 반대로 기류가 빠져나가는 쪽 창이 있는 영역에서 다소 농도 값이 높게 나타나는데, 이는 실내측에서 발생한 오염물질이 합쳐져 배출되기 때문이다.

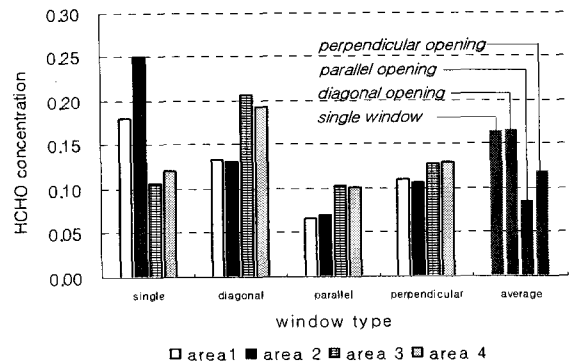


Fig. 7 HCHO concentration-Case 2

Table 4 HCHO concentration( $\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ) and ventilation rate( $\text{m}^3/\text{h}$ )-Case 2

Case2	area 1	area 2	area 3	area 4	ventilation rate
2-1	0.181	0.251	0.107	0.121	282.2
2-2	0.134	0.132	0.207	0.193	273.1
2-3	0.067	0.070	0.104	0.101	530.2
2-4	0.110	0.107	0.128	0.130	383.2

## 6. 결론

(1) Single window와 비교해서 박스형 이중외피의 기류 속도 안정화 성능이 두 배 가까이 크게 나타났으며, 유입 풍속의 감소에도 불구하고 실내환기성능 측면에서는 큰 차이가 없어 이중외피 적용시 자연환기의 활용이 향상될 수 있을 것이다.

(2) Diagonal type은 실내기류속도는 느리나, 실전반에 걸쳐 가장 일정한 기류를 유지하고 있다. 실내환기성능은 박스형 이중외피 중 가장 낮으며, 이는 계획적 특성으로 인해 유입구와 유출구의 면적이 작기 때문으로 보인다.

(3) Parallel type은 풍속저감율은 박스형 이중외피 중 가장 낮으며, 창면에서 다소 강한 풍속이 나타난다. 또한 하층의 배출구와 상층의 유입구가 바로 인접하여 실내에서 배출된 공기가 재유입될 가능성이 크다는 단점이 있다.

(4) Perpendicular type은 기류속도 저감 효과는 낮으나 실내에서 균일한 풍속을 유지하고 환기성능이 높다. 평균풍속 시에는 자연환기로 인한 냉각효과를 기대할 수 있는 정도의 기류가 형성된다. 강풍 시에는 실내풍속이 쾌적범위를 초과하나 실내창호의 개방면적을 줄임으로써 풍량 조절이 가능할 것으로 보인다.

## 후 기

-본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음 (R11-2005-056-02001-0)

-This work was supported by the SRC/ERC program of MOST (R11-2005-056-02001-0)

## 참고문헌

1. Oesterle. E. et al, 2001, Double-skin Facades, Prestel, Munich, pp.14, 92-100, 110-116, 134
2. Wigginton M. and Harris J., 2002, Intelligent Skins, Architectural Press, pp.59
3. Park, S. J., 2002, A study on the application of the double skin facade to apartment building, Proceedings of the AIK, pp. 453-456
4. No, S. T., 2005, A study on the characteristics of natural airflow through single-sided openings with variable position and geometry, AIK, Vol. 21, No.8, pp. 227-234
5. Heo, S., 2002, A Study on the natural ventilation for high-rise office building with double-skin facade system, MS thesis, Jungang University, Seoul, Korea
6. Kim. S. J., 2003, A study on the natural ventilation performance in high-rise apartment using double skin facade, MS thesis, Hongik University, Seoul, Korea
7. Kim, N. U., 2001, A study on the natural ventilation in the super-high-rise building by 'double-skin' ([user.dankook.ac.kr/%7Egudul/bk/product.htm](http://user.dankook.ac.kr/%7Egudul/bk/product.htm))
8. [www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr)
9. SAREK, 2001, A handbook of air-conditioning and refrigerating engineers Vol. 2, pp 1.2-6