

第 100 回 碩士學位論文

指導教授 李 彦 求

適定氣流速度를 考慮한 超高層 建物の  
二重外皮 開口部 設計技法에 關한 研究

A Study on Window Design Strategies  
in Double skin High-rise Buildings  
for Optimum Indoor Wind Velocity

中央大學校 大學院

建築學科 建築計劃 및 環境專攻

申 素 伊

2003年 12月

適定氣流速度를 考慮한 超高層 建物の  
二重外皮 開口部 設計技法에 關한 研究

A Study on Window Design Strategies  
in Double skin High-rise Buildings  
for Optimum Indoor Wind Velocity

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함.

2003年 12月

中央大學校 大學院

建築學科 建築計劃 및 環境專攻

申 素 伊

2003年 12月

申 素 伊의 碩士學位 論文으로 認定함.

審查委員長 \_\_\_\_\_ 印

審 查 委 員 \_\_\_\_\_ 印

審 查 委 員 \_\_\_\_\_ 印

中央大學校 大學院

建築學科 建築計劃 및 環境專攻

2003年 12月

## 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
1.1 연구의 배경 및 목적 .....	1
1.2 연구의 내용 및 방법 .....	2
제 2 장 이중외피 시스템에 대한 이론적 고찰 .....	5
2.1 이중외피 시스템 .....	5
2.1.1 이중외피 시스템의 개요 .....	5
2.1.2 적용사례에 따른 이중외피의 유형 .....	7
2.1.3 이중외피 시스템의 환경적 특성 .....	16
2.2 초고층 건물에서 건물 층수에 따른 외기풍속 .....	21
2.3 기류에 따른 인체의 쾌적조건 .....	25
2.3.1 인체의 열쾌적과 온열환경요소 .....	25
2.3.2 쾌적영역의 기준 .....	27
2.3.3 실내기류의 표준풍속 .....	28
제 3 장 자연환기가 가능한 이중외피 시스템의 설계 .....	32
3.1 이중외피 시스템의 설계절차 및 변수 .....	32
3.1.1 이중외피 설계계획의 10단계 .....	32
3.1.2 이중외피 시스템의 설계변수 .....	34
3.2 이중외피 시스템의 설계변수 설정 .....	35
3.2.1 이중외피의 유형 선정 .....	35
3.2.2 중공층 적정 너비 .....	37
3.2.3 외측 외피의 개구부 높이차 .....	38

3.3 이중외피 시스템의 개구부 계획 .....	38
3.3.1 외측 외피의 유입구 계획 .....	39
3.3.2 외측 외피의 유출구 계획 .....	41
3.3.3 내측 외피 계획 및 면적 산출 .....	42
제 4 장 이중외피 개구부에 따른 실내기류 평가 .....	46
4.1 해석개요 .....	46
4.1.1 해석도구 .....	46
4.1.2 대상건물 .....	47
4.1.3 경계조건 .....	50
4.1.4 해석변수 .....	55
4.2 이중외피의 개구부 면적에 따른 실내 기류패턴 및 속도 .....	57
4.2.1 이중외피의 외측 개구부의 크기에 따른 기류 .....	57
4.2.2 이중외피의 내측 개구부의 크기에 따른 기류 .....	64
4.3 이중외피의 내측 개구부의 종류에 따른 실내 기류패턴 및 속도 .....	69
4.4 인체쾌적을 고려한 이중외피 개구부 설계 기법 .....	75
제 5 장 결 론 .....	77
참고문헌 .....	79
국문 초록 .....	82
ABSTRACT .....	84

## 표 목차

<표 2.1> 공기 경계층의 높이, 풍속의 고도분포 지수 .....	22
<표 2.2> 대수법칙의 조도장과 지수의 적용값 .....	23
<표 2.3> Beaufort 풍력계급과 인체 및 자연에 주는 영향 .....	24
<표 2.4> 온열환경 기준의 비교 .....	27
<표 2.5> 건축법(제12조 관련) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 -중앙집중 관리방식 공기조화설비의 기준 .....	28
<표 2.6> 공중위생법 (제45조 1항 관련) 공중이용시설의 위생관리기준 .....	28
<표 2.7> 기류속도에 따른 인체의 반응 .....	30
<표 3.1> 이중외피 시스템 설계시 해야 할 인자 .....	35
<표 3.2> 평가인자에 따른 이중외피 유형별 특성 비교 .....	37
<표 3.3> 사용목적에 따른 중공층 너비 .....	38
<표 3.4> 그물망간격과 와이어두께에 따른 유효개구부 면적의 감소율 .....	40
<표 3.5> 각 창호의 개폐방법과 환기효율 .....	42
<표 3.6> 내측 외피의 창호 .....	45
<표 4.1> 서울지역 측후소의 위치 정보 .....	51
<표 4.2> 계절별 풍속 .....	51
<표 4.3> 건물 높이별 보정풍속 .....	53
<표 4.4> 시뮬레이션을 위한 주요 입력 변수값 .....	55
<표 4.5> 시뮬레이션 인자 .....	56

## 그림 목차

(그림 1.1) 연구흐름도 .....	4
(그림 2.1) 이중외피 시스템의 다이어그램 .....	6
(그림 2.2) 단일외피와 이중외피 시스템의 단면비교 .....	7
(그림 2.3) High-rise block, Potsdamer Platz 1, 베를린, 2000 .....	9
(그림 2.4) Potsdamer Platz 1 실내모습 및 박스형 이중외피 시스템 .....	9
(그림 2.5) 박스형 이중외피 시스템 .....	10
(그림 2.6) ARAG 2000 tower, 뒤셀도르프 .....	11
(그림 2.7) 샤프트형 이중외피 시스템 .....	12
(그림 2.8) City Gate 남측 입면 .....	13
(그림 2.9) 복도형 이중외피 .....	13
(그림 2.10) 복도형 이중외피 시스템 .....	13
(그림 2.11) Victoria Ensemble, Cologne .....	15
(그림 2.12) 전면형 이중외피 시스템 .....	16
(그림 2.13) 공기온도와 난류강도에 따른 허용가능한 평균기류속도 .....	29
(그림 2.14) 평균기류속도, 공기온도와 불쾌적도 .....	29
(그림 2.15) 여름철 적정 기류속도 .....	31
(그림 3.1) 내후성을 고려한 Z-단면루버 .....	40
(그림 3.2) Bottom-Hung 여닫이창, Slide-down/Push-out 여닫이창 .....	43
(그림 4.1) 이중외피 시스템이 적용된 사무소의 정면 및 단면 .....	48
(그림 4.2) 이중외피 시스템이 적용된 사무소 단위평면 .....	49
(그림 4.3) PHOENICS 시뮬레이션을 위한 모듈 .....	50
(그림 4.4) 계절별 풍속변화 .....	52
(그림 4.5) 고도에 따른 보정풍속 .....	53
(그림 4.6) 복도형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내기류 .....	59
(그림 4.7) 복도형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내평균풍속 .....	60
(그림 4.8) 박스형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내기류 .....	62
(그림 4.9) 박스형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내평균풍속 .....	63

(그림 4.10) 복도형 이중외피의 내측개구부 크기차에 따른 실내기류 .....	65
(그림 4.11) 복도형 이중외피의 내측개구부 크기차에 따른 실내평균풍속 .....	66
(그림 4.12) 박스형 이중외피의 내측개구부 크기차에 따른 실내기류 .....	67
(그림 4.13) 박스형 이중외피의 내측개구부 크기차에 따른 실내평균풍속 .....	68
(그림 4.14) 복도형 이중외피의 내측개구부 종류에 따른 실내기류 .....	70
(그림 4.15) 복도형 이중외피의 내측개구부 종류에 따른 실내평균풍속 .....	71
(그림 4.16) 박스형 이중외피의 내측개구부 종류에 따른 실내기류 .....	73
(그림 4.17) 박스형 이중외피의 내측개구부 종류에 따른 실내평균풍속 .....	74



# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구 배경 및 목적

산업혁명 이후 사회적 경제적 필요에 의해 출현하기 시작한 일반 상업용도의 고층 건축은 현대에 이르러 그 발전과 변화의 속도가 급속히 진전되어 왔다. 또한 그 대부분은 도심지에 밀집하며, 제한된 대지의 효과적 활용을 위하여 고층화되는 추세를 따르고 있다. 이렇게 사무소 건축은 근대산업의 발전과 함께 급격한 변화를 이루었으며, 개체적 의미 뿐 아니라 도시적 맥락에서 계획되어진 기술적 최첨단을 나타내고 있다.

최근 유럽에서는 이러한 시대적 흐름과 건축 기술의 발전에 진일보하여 환경 문제와 에너지 문제를 더욱 환경친화적으로 개선하기 위해 건물에 이중외피 시스템을 적용하고 있다. 이미 유럽 각국에서는 이중외피 시스템을 여러 부분에서 적용이 가능하도록 개발하고 있으며, 실제로 많은 건물에 적용되어 학술적인 검증이 이루어지고 있다. 그러나 우리나라의 경우, 중·저층 규모의 건물에 적용된 이중외피의 성능 측정 및 문제점 제시에만 연구가 국한되어 있으며, 실제 건물에 적용하기 위한 실질적인 연구들은 아직 초보수준이라 할 수 있다.

초고층 건물에 이중외피 시스템을 적용할 경우, 중공층 단열 효과로 인한 겨울철의 냉난방 에너지 감소, 이중외피 내부 일사차단 장치로 인한 실내 과열 방지, 외부 소음 차단으로 인한 정온한 실내 환경 유지가 가능하다. 뿐만 아니라, 현실적으로 자연환기가 불가능한 초고층 건물에 자연환기의 적용이 가능하게 된다.

중·저층 사무소 건물과는 달리 최근 건설된 고층 사무소 건물의 경우, 풍압, 풍속 및 차압 등이 크게 증가하여 자연환기를 도입하는 것이 사실상 불가능하다. 또한 외피 및 설비관련기술의 발달, 에너지절약 및 외관상의 미적요구 등에 따라 밀폐형 건물로 건축됨으로써, 건물의 실내는 점차 외부환경과 단절되고 있으며, 이에 따라 실내 환기는 거의 공조설비 시스템에 의존하고 있다. 그러나 공조설비 시스템 계획이 잘못되거나 노후화로 인해 오염될 경우, 병든 건물 증후군(Sick Building Syndrome)에 대한 문제가 발생할 수 있다.

건물의 자연환기는 비단 초고층 건물뿐 아니라 일반 중저층 건물에 있어서도

그 도입이 매우 어려운 실정이다. 이는 비와 눈, 그리고 일정하지 않은 외부풍속 및 풍향 등과 같은 외부환경에 기인한다. 그러나 이중외피 시스템은 외부환경과의 여과기로 작용하여 건물에서 불가능했던 자연환기의 문제점을 해소할 수 있다. 건물에 자연환기가 가능한 시기는 여름과 겨울을 제외한 봄, 가을의 중간기로 국내의 계절적인 특성을 정확히 파악할 경우, 재실자의 쾌적성 향상과 함께 에너지 절감효과를 동시에 얻을 수 있다. 자연환기로 인해 발생하는 실내기류는 재실자의 열평형과 열쾌적에 영향을 미치며 기류가 높고 낮음에 따라 불쾌감을 일으킨다. 이에 이중외피를 통하여 실내로 기류를 들고오자 할 때, 기류를 적절한 범위 내에 위치하도록 설계시 고려해야 한다.

따라서 본 연구에서는 초고층 사무소 건물에 자연환기를 가능하게 하는 유일한 설계기법인 이중외피 시스템의 환경적 특성 및 설계변수를 정리하고, 특히 자연환기를 위한 설계 변수 중 가장 큰 부분을 차지하는 적정 개구부 설계를 위한 개구부의 면적과 내부 창문의 유형에 따른 실내기류 및 속도에 관하여 분석하고 이를 토대로 이중외피의 개구부 유형에 따른 유입기류가 인체에 미치는 영향 및 쾌적범위에 대하여 알아보하고자 한다. 또한 이 연구를 통하여 추후 이중외피 시스템의 개구부 설계의 기초 자료를 제시하는데 목적이 있다.

## 1.2 연구의 내용 및 방법

본 연구에서는 초고층 사무소 건물에 적용되는 이중외피의 개구부 면적 크기에 따른 기류 및 속도에 대하여 알아보고, 이에 따른 유입기류가 인체에 미치는 영향을 파악하여, 쾌적에 따른 이중외피의 적정 개구부에 대하여 고찰하였다. 또한 이를 바탕으로 이중외피 개구부크기 선정에 관한 기초 자료를 제시하였다.

본 연구의 내용 및 방법을 요약하면 다음과 같다.

(1) 이중외피 시스템에 대한 이론적 고찰

이중외피 시스템에 대한 기본 개념을 파악하고, 문헌과 시공사례에 대하여 고찰하였다. 이 유형들을 통하여 세부적인 환경적 특성에 관하여 분석하였다

(2) 초고층 사무소건물에서 발생하는 자연환기 유형 분석

자연환기의 정의 및 자연환기 유형을 분석하였다. 또한 초고층 사무소 건물 층수에 따른 외기 풍속을 고찰하였다.

(3) 기류에 따른 인체의 쾌적조건 고찰

인체의 쾌적영역을 파악하기 위하여 열쾌적과 온열환경요소에 대하여 정의하고, 각 국가별 쾌적영역 기준을 고찰하였다. 또한 이를 통하여 실내 기류의 쾌적 표준풍속에 관하여 제시하였다.

(4) 자연환기가 가능한 이중외피 시스템의 설계

이중외피 시스템의 설계절차 및 변수를 정리하고 이에 따른 초고층 사무소 건물에 적용 가능한 이중외피 시스템을 선정하고, 중공층의 적정 너비와 외측 외피의 개구부 높이차를 결정하였다. 또한 평가를 위한 사무소 단위 평면을 선정하며, 유입풍속 및 풍향을 기후 데이터를 근거로 보정하여 결정하였다.

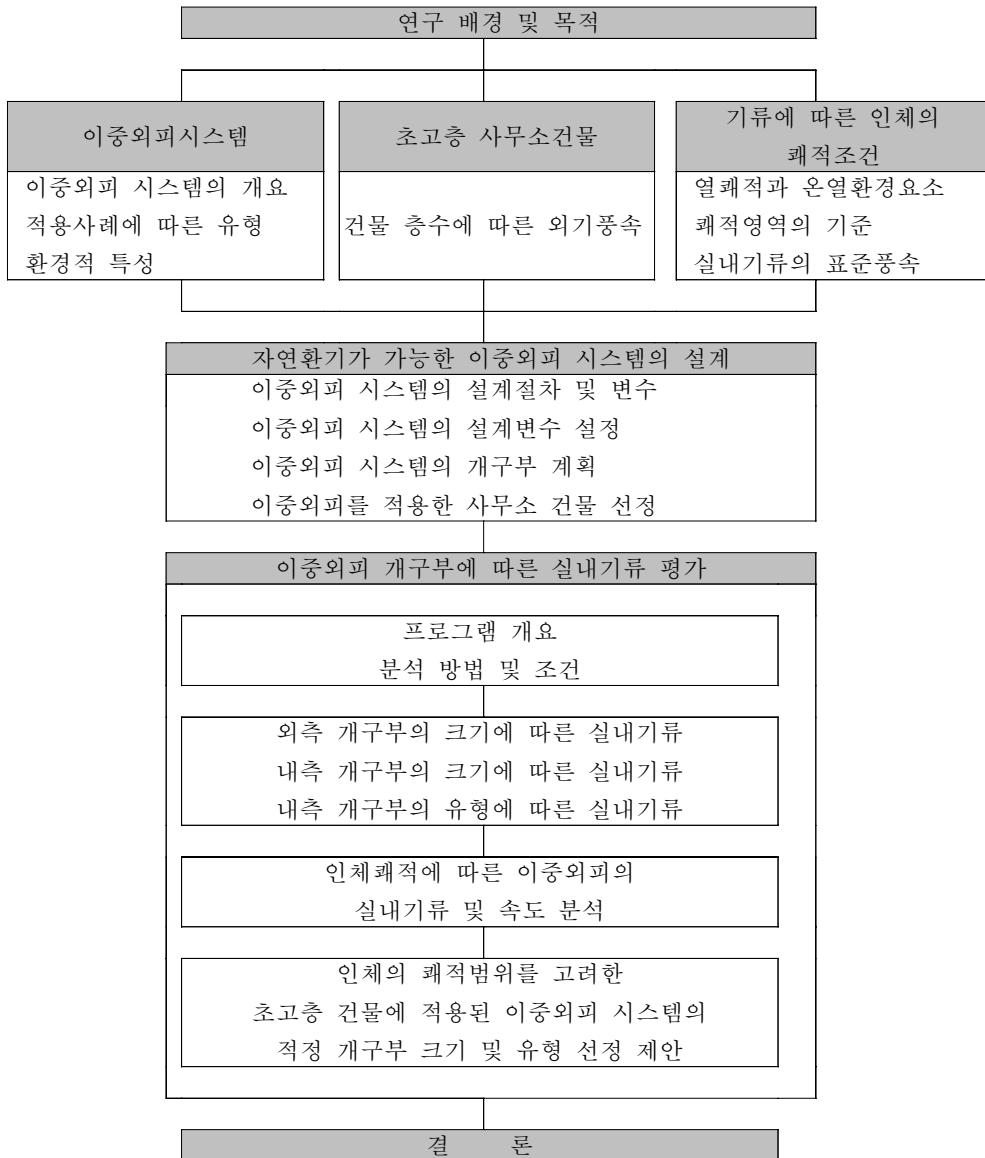
(4) 이중외피의 개구부유형에 따른 실내기류 평가

이중외피 시스템의 설계변수 중 외측개구부와 내측개구부의 크기 및 유형에 따른 기류 변화를 컴퓨터를 이용한 유체 해석 방법(CFD)을 이용하여 분석하였다. 이를 실내 환경의 쾌적범위와 비교하여 적정 개구부 면적을 제시하였다.

(5) 기류에 따른 인체쾌적관련 이중외피 개구부 설계

분석을 바탕으로 초고층 사무소건물의 이중외피의 개구부 설계 시 실내기류가 인체에 미치는 영향을 정리하고, 이에 따른 적절 개구부 설계안을 제시하였다.

이상의 연구 내용 및 방법에 대한 흐름도는 (그림 1.1)과 같다.



(그림 1.1) 연구흐름도

## 제 2장 이중외피 시스템에 대한 이론적 고찰

### 2.1 이중외피 시스템

#### 2.1.1 이중외피 시스템의 개요

이중외피 시스템은 환경문제와 에너지 문제에 대한 대안으로 외부환경에 대한 여과기로서 작용한다. 이는 건물외피의 기능을 보다 강화하기 위해, 기존의 단일 외피에 또 하나의 외피를 두고 그 사이의 완충공간을 형성하여 외부환경변화와 실내의 쾌적환경 요구에 능동적으로 대응하도록 활용하였다. 이에 건물이 단순한 외부환경에 대한 대상물이 아니라 자연생태계의 일부로서 인간과 함께 공존할 수 있는 매개체로서의 역할을 할 수 있는 해결방안으로 이중외피 시스템이 등장하였다.<sup>1)</sup>

이중외피 시스템은 건물의 실제 외피의 뒷부분 또는 앞부분에 유리 층을 추가하여 설치하는 외부 벽체 시스템이다. 즉, 이중외피는 외측 외피, 중공층, 내측 외피로 구성된다. 일사 제어 장치들을 이중외피의 중공층 내에 설치하며, 이러한 장치들은 기후 또는 공기오염의 영향으로부터 외피를 보호하는 역할을 한다. 또한 추가된 층은 단열, 차양, 소음으로부터의 보호의 기능을 강화하고, 기존의 건물에서 불가능한 자연환기를 가능하도록 한다. 외피의 기능은 크게 내부환경 조절기능, 구조체 기능, 미적 기능, 보안 기능이 있고, 열 환경 측면에서 외피란 쾌적한 실내 환경을 위하여 외부환경에 대한 여과기로서의 역할을 담당한다. 이러한 이중외피 시스템의 요소들은 초고층 건물 또는 도심 부근에 위치한 건물에서 특히 중요한 역할을 한다.<sup>2)</sup> 이중외피 시스템의 구성요소와 특징은 다음과 같다.

(1) 외측 외피는 보통 강화단층유리 또는 접합단층유리이고, 100% 전면 유리가 가능하다.

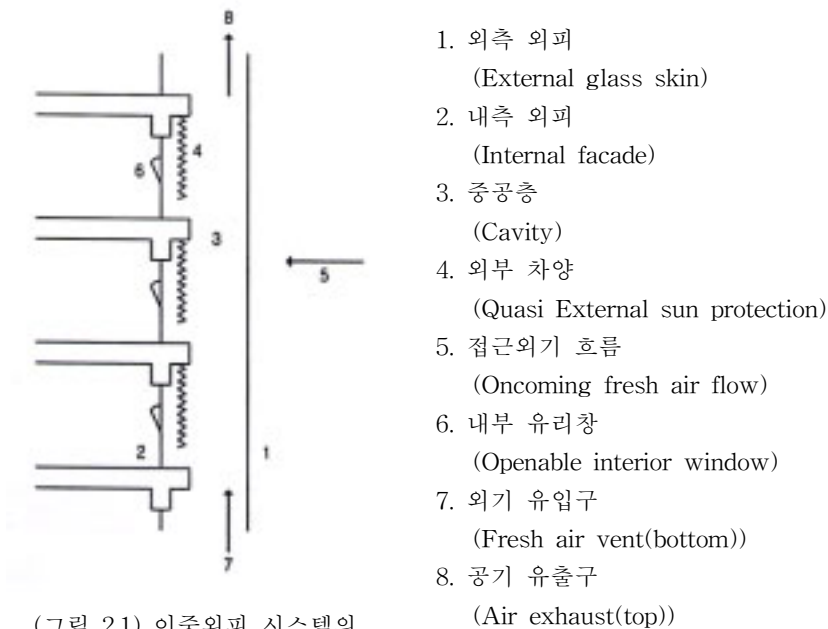
(2) 내측 외피는 단열복층유리이고, 외측 외피보다 유리의 면적이 감소한다.

1) 이승복, “이중외피를 통한 자연환기”, Journal of the KGBC 0103 Vol.2, No 1

2) Compagno, A., “Intelligent Glass Facades :material, practice, design”, Birkhauser-Verlag, 1999

- (3) 중공층은 외기에 의해 자연환기가 가능하다.
- (4) 내측 외피의 창은 재실자에 의해 개폐가 가능하므로, 이를 통하여 자연환기가 가능하다.
- (5) 외피의 목적에 따라 중공층 너비가 달라지는데, 200mm~2m가 일반적이다. 중공층의 너비는 유지관리 측면에 영향을 미치게 된다.
- (6) 난방설비는 대개 외피 근처에 놓인다.

(그림 2.1)은 이중외피 시스템의 개략적인 다이어그램을 나타낸다.<sup>3)</sup>



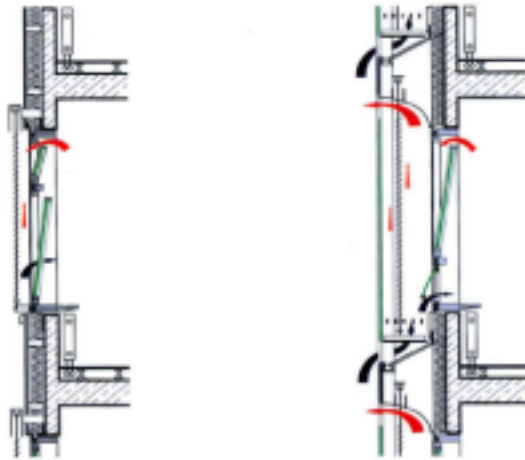
(그림 2.1) 이중외피 시스템의  
다이어그램

이중외피 시스템은 Double-leave, Multi-layer, Twin-skin, Double-skin Facades로 불리며, 최근 미적 혹은 기능적으로 가장 흥미로운 발전의 소산으로 간주된다. 이 기술은 건축주 혹은 건축가가 진보적이고, 고도의 기술적 디자인을 원할 때, 건물에서의 에너지 소비를 감소하는 도구로써 다루어진다.

3) Klaus Daniels, "The Technology of Ecological Building", Birkhauser, 1997, p. 159

### 2.1.2 적용사례에 따른 이중외피의 유형<sup>4)</sup>

이중외피는 다중외피 원리에 기본을 두고 있다. 이는 외측 외피, 중공층, 그리고 내측 외피로 구성된다. 외측 외피는 실외 소음에 대한 실내 음환경을 개선하고 악천후로부터 건물을 보호하는 역할을 한다. 이중외피는 또한 중공층과 내부실들의 환기를 가능하게 하는 개구부를 포함한다. 중공층을 통한 공기의 흐름은 태양에 의한 부력과 바람의 영향에 의해 촉진된다. 환경조건에 따른 이중외피의 최대 적응성을 얻으려면 외부 입면의 개구부의 개폐가 가능하여야 한다.



(그림 2.2) 단일외피와 이중외피 시스템의 단면비교

지금까지 이러한 파사드 유형의 외측 외피는 일반적으로 강화 안전유리나 라미네이트 안전유리를 사용하여 단층유리 한 장으로 시공하였다. 적합한 차양 장치는 일사에 의해 야기되는 높은 냉방 부하로부터 실내를 보호하기 위해 중공층에 설치한다. 일반적으로 내측 외피는 겨울철 열손실을 막기 위해 복층유리 한 장과 지지 프레임으로 구성된다. 거의 대부분의 경우 내측 외피는 자연환기를 하기 위해 개폐할 수 있다.

4) Oesterle, Eberhard, "Double-skin Facades", Prestel, 2001, pp.12-25

이중외피 시스템의 중공층이 나누어진 형태와 요구되는 환기 목적에 따라 박스형, 샤프트-박스형, 복도형, 그리고 다층 이중외피와 같이 네 가지로 분류할 수 있다.

#### (1) 박스형 이중외피 시스템, High-rise block, Potsdamer Platz 1, 베를린

베를린 건축가 한스 쾰호프가 설계한 약 90m 높이의 사무소 건물이다. 직각의 창문을 가진 전통적인 가공 벽돌 파사드를 가지고 있으며 전체 입면의 35~45%가 창문이다. 뉴포츠담 거리의 외부 소음레벨(71-75dB(A))을 고려하여 박스창 구조가 개발되었다. 내부창은 참나무 프레임과 low-E 유리로 된 옆면과 바닥이 연결된 여닫이창으로 설계되었다. 두 외피 사이의 중공층은 대략 22cm의 깊이로 루버 블라인드를 사용하고, 위치는 위쪽의 루버가 좀 더 평평한 각도로 고정되도록 디자인함으로써 환기 측면에서 최적화된 위치의 루버로 된 블라인드가 갖추어졌다. 외측 외피 유리는 내부에서 청소할 수 있도록 위치되어 있다. 중공층과 실내의 환기는 6cm의 틈을 통하여 이루어진다. 겨울에 중공층의 집중효과를 좀 더 효율적으로 이용하기 위해서 바깥 창은 사용자가 부분적으로 슬릿을 닫거나 창을 올림으로써 완전히 닫을 수 있도록 설치되었다.

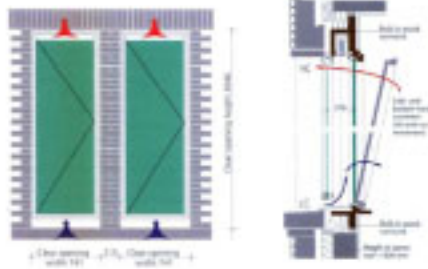
계획단계에서 시뮬레이션을 수행하였으며 분석결과 매우 혹독한 기상상태에서도 기계설비와 자연환기의 조합으로 매우 높은 열적 쾌적이 가능하다는 결론을 도출하였다.

(그림 2.3)은 Potsdamer Platz 1의 건물 외부전경이고, (그림 2.4)는 실내 박스 창과 박스 윈도우를 나타낸다.





(그림 2.3) High-rise block,  
Potsdamer Platz 1,  
베를린, 2000



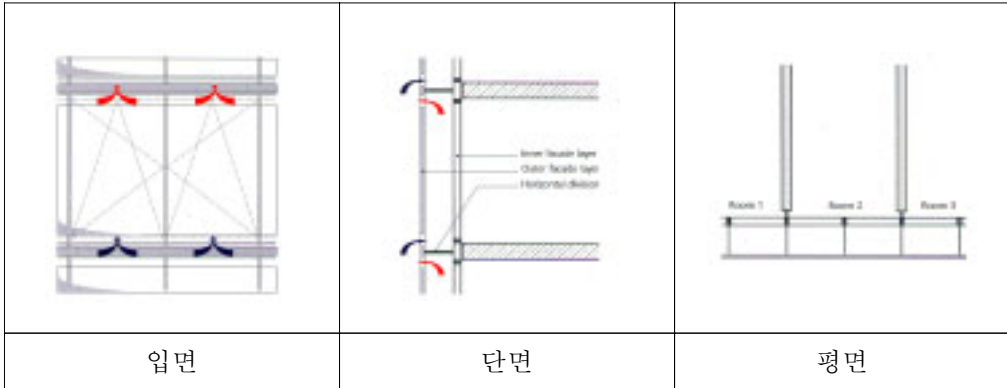
(그림 2.4) Potsdamer Platz 1 실내모습 및  
박스형 이중외피 시스템

박스형은 가장 오래된 이중외피 시스템 형태이다. 기본적으로 안으로 열리는 창을 가진 형태로 구성된다. 단층유리로 된 외측 외피는 신선한 공기의 유입과 오염된 공기의 배출이 가능한 개구부를 포함한다. 이 개구부를 통하여 중공층과 내부 실을 환기시킨다.

두 겹의 파사드 사이의 공간인 중공층은 수평적으로는 구조 축 또는 실을 기초로 나누어진다. 수직적으로는 층에 의해서나 개별적인 창문 부재들에 의해 나누어진다. 연속된 분할은 베이(bay)에서 다른 베이, 실에서 다른 실로의 소리와 냄새의 전달을 막아준다.

박스형 이중외피 시스템은 보통 외부 소음 레벨이 높거나 인접한 실들 사이의 소음을 차단해야 하는 특별한 요구가 있는 곳에 사용한다. 또한 이 시스템은 평범한 사각 개구부 입면을 가지고 있으며 파사드에서 이러한 기능을 제공하는 유일한 구조 형태이다. 박스형 이중외피는 각각의 공기 유입과 유출을 위한 개구부

를 필요로 하며, 개구부는 외부 입면을 계획할 때 고려해야 한다.



(그림 2.5) 박스형 이중외피 시스템

## (2) 샤프트-박스형 이중외피 시스템, ARAG 2000 tower, 뒤셀도르프

약 120m 높이의 사무소 건물로서 RKW 건축사에서 설계한 건물이다. 이 건물은 설비적인 문제 때문에 8개 층씩 넷으로 나누어져 이루어진다. 각 층에서 샤프트형 이중외피는 사무소의 6-7층에 걸쳐 있고 8번째 설비층의 앞이나 7번째와 8번째 층에 위치한 정원층에서 끝난다. 높은 외부 소음(70-78dB(A))과 샤프트 내에서의 기류의 강한 상승 문제 때문에 입면은 샤프트 박스 시스템으로 디자인되었다. 건물은 2000년부터 사용하였으며, 1992년과 1994년 사이에 샤프트 박스 시스템의 주된 기능과 필수 공기역학적 조절을 테스트하기 위해 1:7 스케일의 모델로 폭넓은 시도를 했다. 내부창은 low-E 유리를 가진 알루미늄 여닫이창으로 만들어졌다. 샤프트 축 위의 창은 유지관리목적으로 열 수 있으며, 루버브라이드는 중공층의 바깥쪽 1/3 위치에 설치되어 있다. 각각의 박스형 창문은 닫을 수 있는 형태로 15cm 높이의 공기 흡입구를 가지고 있다. 오염된 공기는 바이패스 개구부를 통해 배기 샤프트 안으로 보내지는데, 그 크기는 샤프트 내의 위치에 따라 결정된다. 풍속이 8m/s를 초과하는 곳에서는 안전상의 이유로 건물의 바람부는 방향의 파사드를 닫는다. 계획단계에서 시행된 시뮬레이션을 통해 창을 통

한 자연환기가 일년에 50~60% 정도 가능하다는 것을 보여주며, 극한 기상 조건에서는 기계환기로 열패적을 줄 수 있다.



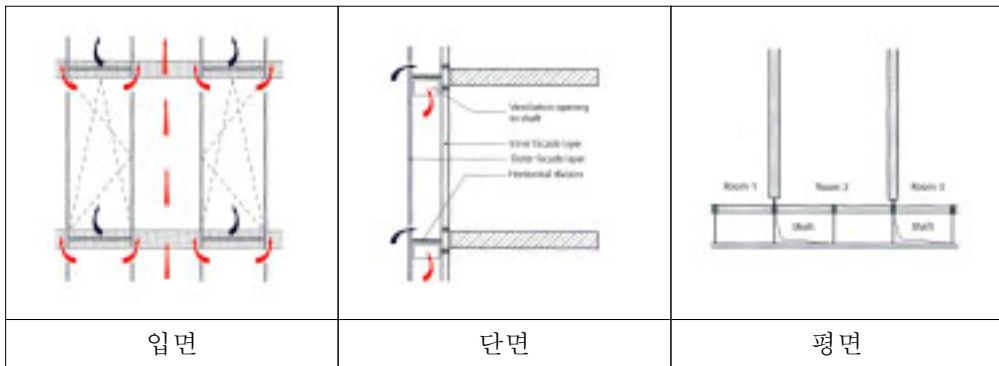
(그림 2.6) ARAG 2000 tower, 뒤셀도르프

(그림 2.6)은 ARAG 2000 tower의 모형사진이며, 샤프트형 이중외피의 내부 모습과 샤프트 박스 형태 입면의 환기 개념도를 보여준다.

샤프트-박스형 이중외피는 박스형 이중외피 구조의 특별한 형태이다. 이는 Munster의 Alco사에 의해 개발된 twin face 개념을 기초로 하며 수직으로 연속된 샤프트가 수많은 층으로 연장되어 연돌효과를 형성한 박스형 이중외피 시스템으로 구성된다. 입면 설계는 박스창과 수직 샤프트의 부분들이 교대로 나타나게 구성되어 있다. 모든 층마다 수직 샤프트는 측관 개구부에 의해 인접한 박스창과 연결된다. 연돌효과는 박스창에서 수직 샤프트로 공기를 흐르게 하고 다시 공기가 방출되는 맨 위까지 이동시킨다. 열상승의 방법으로 공기는 또한 수직 샤프트

프트를 경유해서 기계적으로 빨아들일 수도 있다.

샤프트 박스 입면은 굴뚝효과에 의한 열적 상승을 이용하는 것이 가능하기 때문에 외부 입면에 반드시 개구부가 있을 필요가 없으며 이는 외부소음이 심한 곳에서 유리하게 작용한다. 실제로 연돌효과의 높이가 제한되기 때문에 이러한 형태의 구조는 층이 낮은 건물에 적합하다.



(그림 2.7) 샤프트-박스형 이중외피 시스템

### (3) 복도형 이중외피 시스템, Düsseldorf City Gate, 독일

건축가 Petzinka가 설계한 City Gate는 라인강 독의 터널 입구 위에 건설되었고 80m 높이로 터널 위의 16층의 타워 두 개와 그것을 연결하는 중이층으로 교량구조로 된 3개 층의 상층부로 구성되어 있다. 전체 건물은 유리외피로 되어있고 타워와 중이층으로 둘러싸인, 90-140m의 깊이를 가진 중공층은 복도형 입면이다. 복도형 입면은 피난계단, 아트리움, 건물 모서리 구획에 의해 20m 길이로 나뉘어있다. 내측 외피의 창은 low-E 유리로 된 얇은 판구조로 되어있으며, 중공층 내의 높은 반사율의 알루미늄 루버 블라인드는 외부창과 접해있다. 외측 정면은 12mm의 단단한 안전유리로 되어있고 연속되는 환기구가 바닥과 꼭대기에 위치해 있으며 개구부는 서로 엇갈려 위치한다. 운전 첫 해 대략 70-75%의 자연환기를 확인하였고 환기 시스템에 대한 사용자의 반응은 매우 긍정적이었다.

(그림 2.8)은 City Gate 건물의 남측 입면이며, (그림 2.9)는 건물의 복도형 시

스택의 모습이다.

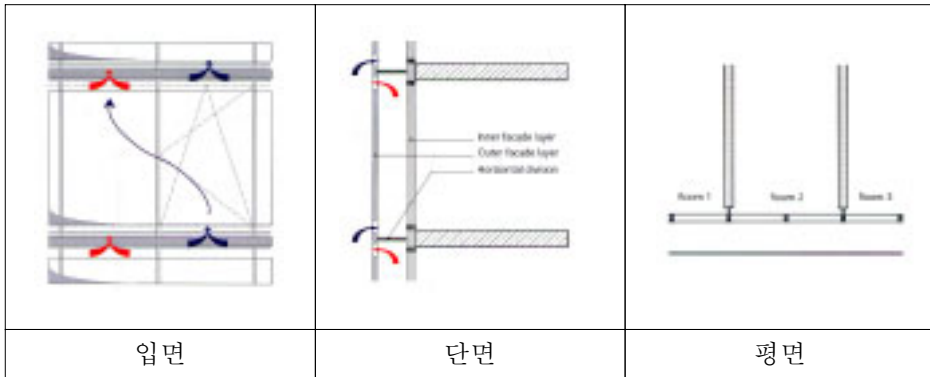


(그림 2.8) City Gate 남측 입면



(그림 2.9) 복도형  
이중외피

복도형 입면에서 두 외피 사이의 중공층은 각 층마다 구획된다. 구획은 음향, 방재 또는 환기의 필요성에 의해 복도의 수평 길이에 의하여 실시된다. 이 형태는 환기와 관련하여 보통 기압차가 크고 내측 외피의 개구부에서 역류로 인한 불쾌한 드래프트가 만들어지는 건물 모서리에 필요하다. 이 문제는 대부분 건물 가장자리의 모서리 부분을 차단함으로써 방지할 수 있다. 복도의 나머지 부분들은 상대적으로 작은 기압차를 보이며 자연환기가 가능하다.



(그림 2.10) 복도형 이중외피 시스템

외측 외피의 공기 유입과 유출을 위한 개구부는 바닥과 천장 근처에 위치해야 한다. 이는 보통 오염된 공기가 한 층에서 다른 층으로 즉시 올라가는 것을 막기 위해 베이 사이에 엇갈린 형태로 배치된다. 복도형 이중외피 구조가 사용되는 곳에는 외피 사이의 개별 공간들이 항상 많은 실들과 인접하게 되므로 실과 실 사이의 소리 전달을 막기 위해 특별한 주의가 요구된다.

#### (4) 다층 이중외피 시스템, Victoria Ensemble, Cologne, 독일

건축가 Van den Valentyn이 설계한 Victoria Ensemble는 교통량이 많은 도심부 환상도로 Cologne의 Sachsenring에 위치해 있다. Ensemble은 세 개의 매스로 구성되어 있다. 가장 큰 매스는 원추형 건물로 21m 높이의 이중외피는 바닥에서 위로 26°의 각도로 밖으로 비스듬히 기울어져 있다. 내부공간은 기계환기를 하고 입면은 날씨에 따라 열을 차단하는 수단으로만 사용된다. 플랩은 입면의 바닥과 윗부분의 온도를 조절하기 위해서 건물전체에 설치되고 필요에 따라 열거나 닫을 수 있다. 중앙조절장치는 외부온도가 낮을 때 입면의 두 외피 사이의 공기층이 최대의 절연효과를 확보하도록 플랩을 닫고, 외부 온도가 상승하면 중간공간의 환기와 과열방지를 위해 플랩을 열어놓는다. 외피의 연속적 유리는 전체적으로 강한 시각적 효과를 준다. 환기장은 빌딩 바닥의 트랜치를 통해 공기를 유입하고, 오염된 공기는 지붕을 통해 배출하며 개구부가 환기를 위해 열려있을 때도

거리의 높은 소음을 차단할 수 있다.

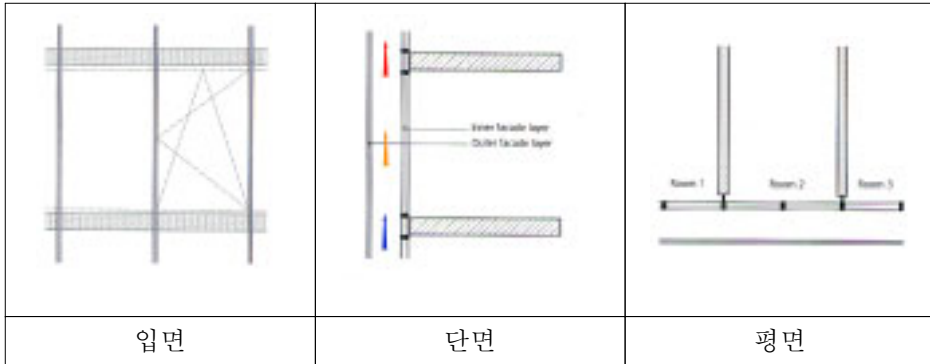
(그림 2.11)은 Victoria Ensemble의 모서리 부분의 모습과 다층 이중외피 시스템 내부의 중공층을 보여준다.



(그림 2.11) Victoria Ensemble, Cologne

다층 입면에서 내부와 외측 외피 사이의 중공층은 수직, 수평적으로 많은 실들과 인접해 있다. 극단적으로 중공층은 분할 없이 건물 전체를 에워쌀 수도 있다. 중공층의 환기는 1층과 지붕 근처의 큰 개구부를 통하여 이루어진다. 난방기에 보온 효과를 이용하고 태양 에너지를 최적으로 활용하기 위해서 파사드 부분의 위와 아래는 개폐가 가능하다.

다층 이중외피는 건물 전체적으로 개구부가 필요한 것이 아니기 때문에, 특히 외부 소음 레벨이 매우 높은 곳에 적합하다. 복도형 이중외피와 마찬가지로 중공층의 소음 전달 문제에 주의를 기울여야 한다.



(그림 2.12) 다층 이중외피 시스템

### 2.1.3 이중외피 시스템의 환경적 특성

이중외피 시스템의 환경적 특성을 살펴보면 다음과 같이 크게 네 가지로 대변할 수 있다.

- (1) 열쾌적 측면에서의 단열
- (2) 일사차폐
- (3) 차음
- (4) 자연환기

#### (1) 열쾌적 측면에서의 단열

이중외피 시스템에 의해 완충공간이 형성될 경우 기존의 단일 외피와 달리 실내는 비, 바람 등과 같은 기후로부터 보호받을 수 있다. 특히 이중외피 시스템에서 외측 외피는 여름철과 겨울철 모두 커다란 단열 효과를 발생시킨다.

건물 내부와 외부의 온도차가 심한 곳에서 단열복층유리의 창 사이에 위치한 중공층 내의 공기는 한 쪽은 가열될 것이고 다른 한 쪽은 냉각될 것이다. 가열된 공기는 위쪽으로 상승하고, 공기는 더 차가운 유리창에 열을 방사하면서 다시금 가라앉기 전에 데워져 처음의 위쪽으로 운반되는데, 그 결과 순환운동이 일어난다.



다.<sup>5)</sup>

겨울철의 경우 이중외피의 중공층은 열적완충공간의 역할을 하여, 열손실이 감소하고, 일사로부터 열획득이 가능한 온실 역할을 하기 때문에 다양한 이점을 갖는다. 중공층 내부 기온이 상승하여 유리 표면의 열관류량을 낮출 수 있으므로, 유리의 표면온도를 높게 유지할 수 있다. 따라서 창유리에 인접한 공간에 열적으로 쾌적한 조건이 형성되기 때문에 보다 넓은 공간을 활용할 수 있다. 또한 이중외피 시스템 내부에서 일사에 의해 상승한 온도를 열교환기를 통하여 실제 공조에 사용할 경우 차가운 외기를 직접 도입하는 공조방식보다 에너지를 절약할 수 있다.

## (2) 일사 차폐

일사차폐 장치는 외측 외피와 내측 외피 사이의 중공층 내에 설치되는데, 일반적인 외부차폐 장치와 동일한 수준의 효과를 기대할 수 있다. 또한, 바람의 영향을 받지 않으므로 차양은 외부의 하중에 덜 노출되며, 손상될 것에 대비하여 당길 필요도 거의 없을 것이다. 특히 매우 강한 바람이 부는 장소, 예를 들어 해안 지방이나 고층건물 주변 등에 적용된다. 풍하중이 적은 곳은 차양이나 가이드 트랙에 의해 단순한 형태의 구조를 허용한다.

이중외피 시스템에 설치된 차양은 중공층 내부에서 일사와 유리의 열을 흡수하는데 중요한 역할을 한다. 이 때 차양은 루버의 형태이거나 블라인드의 형태와는 관련이 없다. 실제로 이는 이중외피 시스템의 공간에서 공기가 데워지는 것이 주된 원인일 것이며, 이 공간은 환기와 직접적으로 연결된다. 이러한 중공층 내 환기에 의해 외부로 배출될 경우, 기류의 흐름이 원활할 수 있도록 차양 장치의 위치가 정해져야 한다. 또한 일반적으로 창유리와 일사차폐 장치가 적절하게 설치되면, 일사획득계수가 낮아지므로, 여름철에 유리하게 작용할 수 있다.

---

5) Oesterle, Eberhard, "Double-skin Facades", Prestel, 2001, p.53

### (3) 차음

소음이 건강과 집중력을 악화시킨다는 것은 오래전부터 알려진 사실이고 이와 같은 지식에 의해 차음 기준과 관련된 많은 규정이 만들어졌다. 이에 이중외피 시스템은 소음관련 법규를 고려하여 계획되어야 한다.

차음은 이중외피를 사용하기 위한 중요한 이유 중 하나이다. 이중외피 시스템의 특징인 부가적인 외측 외피와 중공층은 확실하게 건물의 차음 성능을 향상시킬 수 있고, 부분적으로는 마치 보호벽과 같이 외부의 소음을 차단한다. 외부의 소음은 일차적으로 외측 외피에 의해 소음이 반사되고 이차적으로 중공층이 소음을 흡수한다. 그러나 이중외피 시스템의 창이 닫혀 있는 경우 소음 차단 역할을 할 수 있지만 만약 환기를 위해서 창을 열어 놓거나, 외부 소음이 기준 이상으로 클 경우, 실내 소음이 클 때 이중외피의 소음차단 역할은 기대에 미치지 못할 수 있다. 따라서 효율적인 이중외피 소음 차단효과를 위해서는 외부소음, 실내 소음 기준, 환기 기준, 실내 소음 정도 등을 파악하여 이중외피 중공층의 너비를 결정하고 시공하여야 한다.<sup>6)</sup>

이중외피 시스템은 도심지에서 늘어나는 교통 소음에 대응하기 위해 단일외피 시스템보다 효과적인 차음효과를 제공해주는 가치 있는 방법이다. 어떤 경우에는 작업장의 소음레벨이 너무 높기 때문에 창문을 통한 환기가 불가능한 건물에서도 이중외피가 있기 때문에 창문을 통한 환기가 가능하게 된다. 이런 경우에 이중외피 시스템을 사용하는 것은 폐쇄형 창문으로 인해 필요하게 된 공기조화 장치에 대한 필요성을 제거할 수도 있다. 또는 적어도 자연환기로 대체함으로써 이와 같은 장치의 연간 운전시간을 줄일 수도 있다.

이중외피 시스템 내에서 공기의 온도가 높아지면, 공기는 상승하려하기 때문에 중공층에서 몇 개의 층마다 수평으로 구획하는 것이 일반적인데, 이러한 수평구획은 직상층 간 소음을 막아주게 된다. 또한 이중외피 시스템은 5~30dB까지 차음효과<sup>7)</sup>가 있는 것으로 나타났다.

6) 김정규, “이중외피 시스템의 에너지 성능 및 경제성 예측에 관한 연구”, 서울시립대 석사논문, 2003, p.10

7) Compagno, A., “Intelligent Glass Facades : material, practice, design”, Birkhauser-Verlag, 1999, p.118

#### (4) 자연환기

이중외피 시스템은 날씨와 상관없이 실내 창문을 열어 자연환기를 실시할 수 있으므로 실내에서 항상 신선한 공기를 제공받을 수 있고, 강제 환기와 밀폐된 공간에서 오염된 공기로 인한 재실자의 불쾌적을 줄일 수 있다.

일사가 강할 경우, 굴뚝효과로 인한 중공층 환기가 이루어지며, 과열 또한 방지된다. 이 때, 중공층의 너비와 외측 외피의 유입구과 유출구 면적이 중요한 설계 변수로 작용한다. 문헌 연구에 의하면 중공층 내 자연환기로 인하여, 일사로 인한 복사열의 25%까지 제거<sup>8)</sup>할 수 있다고 나타났다. 이중외피 시스템을 통하여 각 층의 실내 환기가 가능하며, 초고층 건물의 경우 풍압을 감소시킬 수 있으며 이는 초고층 건물의 최상층에서도 창문을 열 수 있다는 이점을 갖는다.

유입구와 유출구가 항상 열린 상태인 자연형과 재실자 또는 기계설비에 의해 개폐 가능한 설비형이 있다. 설비형은 매우 복잡하기 때문에, 설치비와 유지관리비가 증가하게 된다. 또한 내측 외피 창의 개폐가 가능하므로 사무소 내로 자연환기가 가능하고, 건물의 축열체를 통해 야간 냉각도 가능하다.<sup>9)</sup>

이중외피 시스템은 여름철의 경우 내측 외피의 개구부를 닫아 실내로 더운 공기가 유입되는 것을 방지하며, 중공층의 더워진 공기의 상승작용을 이용하여 공기를 중공층을 통하여 자연환기가 가능하도록 한다. 또한 겨울철의 경우에도 중공층에 의해 더워진 공기를 실내에 유입시켜 차가운 외기의 직접적인 도입을 방지할 수 있다.

이중외피 시스템에서 재실자의 행동에 따라 자연환기가 이루어지는 것은 중간기임을 알 수 있다. 중간기에는 재실자의 의지에 따라 외측 외피의 개구부를 통하여 들어온 기류를 내측 외피의 개폐를 통하여 적절하게 조절하여 실내에 쾌적한 기류가 생기도록 유도할 수 있다.

---

8) Compagno, A., loc. cit

9) 허신, “이중외피 시스템이 적용된 초고층 사무소 건물의 자연환기에 관한 연구”, 중앙대 석사논문, 2002, p.12

이상에서 살펴본 바와 같이 이중외피 시스템의 환경적 특징을 요약하면 다음과 같다.

- 여름철 태양의 차폐기능으로 실내의 냉방부하를 감소시킨다.
- 겨울철 태양열을 집열하여 단열효과를 상승시켜 난방에너지를 절감시킬 수 있다.
- 쾌적한 외주부 온열환경이 가능하다.
- 중공층에 차양 장치 설치가 가능하며, 이는 우천시 차양 장치를 보호하는 기능을 한다.
- 적절한 개폐창 조절을 통해 소음을 차단할 수 있다.
- 실내창의 결로 방지를 통해 좋은 조건의 조망권을 확보할 수 있다.
- 겨울철 창문의 결로, 침기 및 드래프트를 방지할 수 있다.
- 시스템의 내측 외피 층의 건축 자재의 내구연한이 길어진다.

또한 자연환기를 통한 특징을 요약하면 다음과 같다.

- 겨울철 중공층에서 데워진 공기를 실내에 유입시켜 열을 공급할 수 있다.
- 실내창의 개폐가 수시로 가능하여 외기를 도입하여 재실자에게 심적인 안정감을 줄 수 있다.
- 사무소건물의 각층의 실내 환기가 가능하다.
- 여름철 중공층 내의 굴뚝효과로 인하여 자연환기가 가능하다.
- 내측 외피 창은 재실자에 의해 개폐가 가능하므로, 이를 통하여 자연환기가 가능하다.
- 초고층 건물의 최상층에서도 자연환기가 가능하다.

## 2.2 초고층 건물에서의 건물 층수에 따른 외기풍속

바람은 지표면에 가까워질수록 속도가 감소하며 지면과 상부 자유기류 사이에는 경계층이 형성된다. 이 경계층을 지면대기 경계층(atmospheric boundary layer)이라 하며 경계층 내에서의 바람의 속도는 지표면에서 0%이나 높이가 증가함에 따라 지수 함수적으로 증가한다. 이런 현상은 지표면과의 마찰에 의한 전단 응력의 작용에 의한 것으로서 경계층의 두께 및 속도구배는 지표면의 조밀도에 따라 달라진다.

고층 건축물이 밀집된 도시나 산지 지형과 같은 지표면이 거친 지역의 바람은 바다나 평원 같은 평탄한 지역의 바람 흐름과는 차이가 있다. 이것은 바람이 지표면의 마찰력에 따라 바람의 흐름이 영향을 받게 되어 발생한다. 앞의 원인으로 지표부근의 바람은 산란되어 풍속이 상공의 바람에 비하여 감소된다. 이와 같이 풍속이 고도에 따라 변하는 상태를 풍속의 고도분포(Wind Speed Profile)라고 한다.

풍속의 고도분포는 지수법칙(Power Law)과 대수법칙(Logarithmic Law)으로 구분된다.

### (1) 지수법칙(Power Law)

지표면 부근의 표면 마찰저항은 건물, 수목, 지형 등의 영향을 받기 때문에 상공으로 갈수록 마찰저항은 서서히 감소된다. 이것은 상공으로 올라갈수록 경계층 내의 풍속이 증가함을 의미한다. 경계층내의 바람은 경계층에 도달할 때까지 지수법칙(Power Law)에 비례하여 풍속이 증가한다. 1916년에 제안된 지수법칙은 이러한 현상을 다음과 같은 식으로 정의한다.<sup>10)</sup>

$$V(Z_{g1}) = V(Z_{g2}) \times \left( \frac{Z_{g1}}{Z_{g2}} \right)^\alpha \quad (\text{식 2.1})$$

여기서,  $V(Z_{g1})$  :  $Z_{g1}$  높이에서의 풍속(m/s)

---

10) Emil Simu & Robert H. Scanlan, "Wind Effects on Structure", pp. 47~48

$V(Z_{g2})$  :  $Z_{g2}$  높이에서의 풍속(m/s)

$Z_{g1}$  : 임의의 높이(m)

$Z_{g2}$  : 공기 경계층의 높이(m)

$\alpha(1/n)$  : 풍속의 고도분포 지수

지표면의 조밀도에 따라 결정되는 지수

풍속의 고도분포 지수  $\alpha$ 는 지표부근의 풍속감도 정도를 나타낸 것으로서  $\alpha(1/n)$ 는 지표면 조건에 따라 달라진다.  $\delta(Z_{g2})$ 는 공기경계층(Atmospheric Boundary Layer Thickness)의 높이이며  $\delta$  이상의 대기에서는 일정한 풍속이 흐른다.

<표 2.1> 공기 경계층의 높이, 풍속의 고도분포 지수

지표면의 상태 지수 구분	평원지역		도시교외지역		도시중심지역	
	$\alpha$	$\delta$ (m)	$\alpha$	$\delta$ (m)	$\alpha$	$\delta$ (m)
지수 및 높이						
A	0.16	275	0.28	400	0.4	520
B	1/7	275	1/4.5	400	1/3	460

풍속의 고도분포 지수는 A<sup>11)</sup>, B<sup>12)</sup>의 경우가 정의되고 있다.

11) A. G. Davenport, "The Relationship of Wind Structure to Wind Loading" in Proceeding of the Symposium on Wind Effects on Buildings and Structures, Vol.1, National Physical Laboratory(Teddington, U. K.), Her Majesty's Stationery Office(London), 1965, pp.53~102

12) J. Vellozzi and E. Cohen, "Dynamic Response of Tall Flexible Structures to Wind Loadings" in Proceedings of the Technical Meeting Concerning Wind Loads on Buildings and Structures, Building Science Series 30, National Bureau of Standards(Washington. D. C.), 1970, pp.115~128

## (2) 대수법칙(Logarithmic Law)

대수법칙은 난류 경계층(Turbulent Boundary Layer)에서 공기의 점성과 대기의 산란에 의한 공기층과 층 사이의 전단 응력의 영향을 고려하여 도출되었다. 이 법칙에 의한 풍속의 높이방향 변화식은 다음과 같다.

$$V_z = \frac{1}{k} \times V_* \times \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \quad (\text{식 2.2})$$

여기서,  $V_z$  : 지표면으로부터 높이  $Z$ 에서의 풍속(m/s)

$V_*$  : 전단속도 또는 마찰속도

$k$  : 카르만 상수(Karman Constant), 0.4

$Z_0$  : 적분정수(조도장, Roughness Length)

$Z_0$ 는 지표면의 상태에 따라 정의되며 적분정수 또는 조도장이라 불린다. 그 값은 다음과 같고  $\alpha$ 는 대수법칙의 지수로서  $1/n$ 이다.

<표 2.2> 대수법칙의 조도장( $Z_0$ )과 지수의 적용값

지표면의 상태 조도장 및 지수	고층건축물이 밀집된 시가지	중·저층 건축물이 있는 시가지	저층건물물이 저밀도로 있는 교외지역 공원	장애물이 없는 평원
$Z_0$	100~400	100~150	0.1~20	0.001~0.2
$\alpha (1/n)$	0.25~0.40	0.20~0.23	0.13~0.16	0.03~0.12

일반적으로 대수법칙은 조도표면이 작은 지역인 초원이나 해수면 등의 지표 경계층(Surface Boundary Layer)에서 관측결과가 정확하게 주로 적용된다. 반면에 도심지처럼 지표면의 조도가 크고 불균일한 지역이나 외부경계층 같은 지표면의 마찰력이 작아지는 곳에서는 정확도가 떨어진다. 앞의 결과로 도심지와 같은 표면조도가 큰 곳에서는 대수법칙이 주로 사용되며, 이용 빈도가 높다.

### (3) 풍력계급

바람의 강약 정도를 단계적으로 나타낸 것을 풍력계급(Beaufort Wind-Scale)이라 한다. 이것은 해상 과도의 상황과 풍속과의 관계를 1806년 뷰포트(Sir Francis Beaufort)가 제안하여 해상에서 사용되어지다 그 후 개량되어 육지에서 사용할 수 있게 풍력계급을 제안하여 건축분야에서 사용하게 되었다. 이것은 바람의 강약에 따른 상태변화의 대체적인 흐름을 알 수 있다.

건축물 주변의 바람문제와 관련되어 인간에 영향을 주는 강풍의 피해를 정리한 뷰포트 풍력계급은 펜워드(A.D. Penwarden)에 의해 수정되어 사용되고 있다.<sup>13)</sup> 펜워드에 의해 수정된 인체에 대한 바람의 영향을 나타낸 풍력계급의 세부 사항은 다음과 같다.

<표 2.3> Beaufort 풍력계급과 인체 및 자연에 주는 영향

느낌	계급	표 현	풍속*(m/s)	영 향
	0	잔잔함	0~0.2	
	1	지극히 경미한 바람	0.3~1.5	전혀 눈에 띄지 않는 바람
쾌적	2	경풍 (산들바람)	1.6~3.3	얼굴에 바람을 느낀다. 나뭇잎, 의복이 바슬바슬 소리를 낸다.
	3	연풍	3.4~5.4	머리카락과 의복이 훑날린다. 신문을 읽기가 어렵다.
	4	화풍	5.5~7.9	작은 가지가 일정운동으로 흔들리고 바람이 가벼워 깃발을 훑날린다. 먼지가 일어난다. 종이 가 흐트러진다. 작은 가지가 움직인다.
불쾌	5	질풍	8.0~10.7	몸에 바람의 힘을 느낀다. 강풍지역에 들어가면 발을 헛디딜 우려가 있다.
심한 불쾌	6	웅풍	10.8~13.8	나뭇잎을 단 자그마한 나무가 흔들리기 시작한다. 우산을 쓰기가 어렵다. 머리카락이 즉시 흘러 내린다. 똑바로 걷기 곤란
	7	강풍	13.9~17.1	바람의 힘이 진진하는 힘과 같아진다. 바람소리가 귀에 들려 불쾌하다. 걷는데 불편함을 느낀다.
	8	질강풍	17.2~20.7	일반적으로 진진을 방해한다. 돌풍으로 균형을 잡기 곤란
위험	9	대강풍	20.8~24.4	사람이 넘어진다.

\* : 지상 10m에서의 평균 풍속

13) 대한건축학회, “건축환경계획”, 기문당, 2000, p.58



## 2.3 기류에 따른 인체의 쾌적조건

### 2.3.1 인체의 열쾌적과 온열환경 요소

열쾌적은 기후가 인간에게 미치는 영향을 알고자 하는 것으로 열에 의해 재실자가 스트레스나 긴장감을 받지 않는 환경을 말한다. 쾌적상태란 열에 의해 “환경에 대하여 만족을 표현하는 마음의 상태”를 말한다.

인체의 열적쾌적감에 영향을 주는 요소는 크게 물리적 온열요소와 주관적 온열요소를 들 수 있다. 물리적 온열요소로는 기온, 습도, 기류, 평균복사온도이며 주관적 온열요소는 착의량, 대사량, 나이, 성별, 기타요소 등을 들 수 있다.<sup>14)</sup>

#### (1) 물리적 온열요소

##### ① 기온 (air temperature, DBT)

열쾌적감에 가장 큰 영향을 주는 요소로써 일반적으로 사용하는 공기의 건구온도를 말하며, 쾌적범위는 16~28℃이다.

##### ② 습도 (humidity, RH)

일반적으로 습도는 인체의 냉온감에 영향을 미치며, 저·고습도에서는 인체에 불쾌감을 준다. 저습도에서의 경우 정전기 등의 문제가 발생하고, 고습도에서는 피부가 젖게 되어 불쾌감을 유발한다. 또한 습도는 증발조절에 가장 큰 영향을 미친다.

##### ③ 기류 (air movement, m/sec)

기류란 실내 기류를 말하며, 대류에 의한 인체의 열손실을 증가시키거나, 증발을 증가시켜 생리학적으로 인체를 냉각시키는 등 인체의 열평형에 영향을 미친다.

##### ④ 평균복사온도 (MRT, Mean Radiant Temperature)

평균복사온도란 복사에 의해 인체와 열을 교환하는 주위 표면의 평균온도를 의미한다. 복사열은 기온 다음으로 온열감에 큰 영향을 미친다. 물체 표면의 온

---

14) 금중수 외 12인, “건축환경공학”, 시그마프레스, 1998, p.118

도에 따른 복사의 영향으로 실내 기온이 같아도 여름의 뜨거운 천장 근처에서는 더 덥게 느끼고, 겨울의 차가운 창문 근처에서는 더 춥게 느끼게 된다.

## (2) 주관적 온열요소

### ① 착의량 (clothing)

인체가 입고 있는 의복의 단열성을 간단하게 측정할 수 있는 clo라는 무차원 단위로 표현된다. clo는 기온 21℃, 상대습도 50%, 기류속도 0.5m/s 이하의 실내에서 인체 표면으로부터의 방열량이 1met의 활동량과 평형하는 착의상태에서, 피부 표면으로부터 의복 표면까지의 열저항값을 의미한다. 1clo는 신체 표면 전체에 대한 평균 6.5W/m<sup>2</sup>℃(5.6kcal/m<sup>2</sup>hr℃)의 열관류율값(또는 0.155m<sup>2</sup>℃/W의 열저항값)에 해당하는 단열성을 나타낸다. clo 값은 정확하게 열적 마네킹(thermal mannequin)에 의해 측정할 수 있다.

### ② 대사량 (activity)

인체의 활동량은 met(metabolic rate)라는 단위로 표현된다. 1met는 열적으로 쾌적한 상태에서 의자에 앉아 안정을 취하고 있을 때의 활동량으로서 1met는 58.2W/m<sup>2</sup>이다.

### ③ 나이 (age)

일반적으로 나이가 많을수록 활동량이 감소하고, 냉온감에 영향 받기 쉬우며, 주위 환경의 변화에 크게 영향을 받게 된다.

### ④ 성별 (sex)

여성은 일반적으로 피부온도가 남성보다 낮고, 피부 표면에서의 증발에 의한 열손실이 남성보다 작으며, 옷을 얇게 입기 때문에 냉온감의 지각과 쾌적 열환경 범위에 있어 남성과 약간 차이가 있다.

### ⑤ 기타 요소

환경에 대한 적응도, 신체의 형태, 피하 지방량, 건강 상태, 음식과 음료 섭취 유무, 재실시간, 사용자 밀도 등의 요소가 존재한다.

### 2.3.2 쾌적영역의 기준

기온과 평균복사온도, 습도, 기류간의 관계를 조합하여 다수의 성인이 쾌적하다고 느끼는 환경의 범위를 설정한 것이다. 이는 개인차, 생리적·심리적 특성 및 활동상태에 따라 변화한다.

건축물의 실내온열환경기준은, 기온 17~28℃, 상대습도 40~70%, 기류속도 0.5m/s 이하로 되어 있다. 이러한 기준은 안전위생을 확보하기 위한 필요조건으로 간주해야 하며, 이러한 기준을 만족하더라도 채실자가 불쾌감을 느낄 수 있다.

ASHRAE(미국 공기조화 냉동공학 학회)에서 제시한 쾌적범위를 살펴보면, 실험에 의한 쾌적기준으로 0.6clo에 해당하는 옷을 입고 앉아 있다고 할 때, 기온과 평균복사온도가 동일한 상태에서 기류가 0.17m/s 일 때를 기준으로 영역 설정하여 이 때의 상대습도(RH)는 20~60%, 평균 40%, 건구온도(DBT)는 22.8℃(겨울)~25℃(여름)로 제시한다. 이는 미국의 기후조건에 해당하며 기후영역, 환경조건, 시대에 따라 달라진다. 이에 대한 국외의 온열환경 기준을 비교하면 다음의 <표 2.4>와 같다.

<표 2.4> 온열환경 기준의 비교

평가항목		미국15)	유럽16)	일본17)	비고
온도(℃)	여름	23.0~26.0 (0.5clo)	23~26 (0.5clo)	20~26 (허용:17~28)	미국:작용온도 일본:기온
	겨울				
습도		노점온도 상대습도 1.7℃, 60%		상대습도 40~70%	
기류속도 (m/s)	여름	0.15이하	0.15이하	0.15이하 (허용:0.5이하)	미국:고온부 기류증가
	겨울	0.25이하	0.25이하		
복사온도 차(℃)	수평	10이하	10이하	10이하	
	수직	5이하	5이하	3이하	
상하온도차(℃)		3이하	3이하	3이하	
바닥온도(℃)		18~29	19~26(겨울)		
PMV(PPD)			-0.5~+0.5(10%이하)		

15) ANSI/ ASHRAE Standard 55 -1992, 1992

16) ISO 7730, 1984

17) 日本 建設省建築研究所 官民共同研究報告書, 1990

또한 국내의 설비관련 법규에서 제시하는 환경조건에 대한 기준들은 다음의 <표 2.5>와 <표 2.6>을 통하여 알 수 있다.

<표 2.5> 건축법(제12조 관련) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙  
- 중앙집중 관리방식 공기조화 설비의 기준

구분	기 준
먼 지	0.15mg/m <sup>3</sup> 이하
일산화탄소	10 ppm 이하
이산화탄소	1,000 ppm 이하
상대 습도	40~70%
기 류	0.5m/s 이하

<표 2.6> 공중위생법 (제45조 1항 관련) 공중이용시설의 위생관리기준

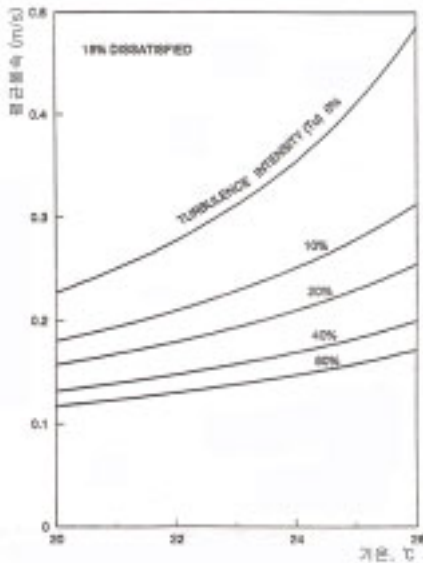
검 사 항 목	허용 기준
먼 지	0.15mg/m <sup>3</sup> 이하
일산화탄소	10 ppm 이하
이산화탄소	1,000 ppm 이하
온 도	17~28℃
상대 습도	40~70%
기 류	0.5m/s 이하
조 명	100lux 이상

### 2.3.3 실내기류의 표준풍속

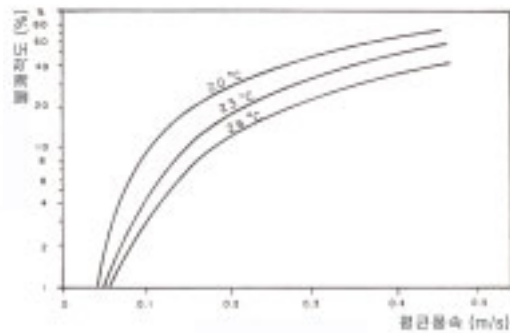
난방·공조·환기 공간에서는 기류속도가 증가하면 드래프트가 발생한다. 드래프트란 ‘바람직하지 않은 국부기류’로 정의된다. 최근, 공기온도와 평균풍속만이 아니라, 난기류의 드래프트가 불쾌감에 영향을 주는 점이 지적되고 있다. (그림 2.13)은 실온, 평균풍속, 난기류강도를 함수로 한 경우의 드래프트에 의한 불만족 자율을 나타낸다. 그림은 불만족자율 15%를 나타낸 것이다. 난류강도가 클수록 낮은 평균풍속에서 불쾌를 느낀다. 인체는 드래프트를 느낄 경우 더 높은 실내 온도를 요구하게 된다.<sup>18)</sup> 다음과 같은 원인이 이 현상을 촉진시키기도 한다.

18) ASHRAE, “HANDBOOK 1993 FUNDAMENTALS, Chapter 8. Physiological Principles and Thermal Comfort, pp.8.18~8.21

- ① 인체 주위의 공기온도가 너무 낮을 때
- ② 기류의 속도가 클 때
- ③ 습도가 낮을 때
- ④ 주위 벽면의 온도가 낮을 때
- ⑤ 겨울에 창문의 극간풍이 많을 때



(그림 2.13) 공기온도와 난류강도에 따른 허용가능한 평균기류속도



(그림 2.14) 평균기류속도, 공기온도와 불쾌적도

따라서 드래프트를 최소로 하기 위해서는 실내의 온도분포를 균일하게 하고, 기류의 풍속이 어느 제한값 내에 있도록 해야 한다. 풍속은 너무 높으면 드래프트를 느끼게 되고, 너무 낮으면 공기가 침체되어 불쾌감을 주게 되므로 장소 및 활동에 따라 적정한 범위 내에 있도록 해야 한다.<sup>19)</sup>

실내의 쾌적 자연환기를 알아보기 위하여 드래프트를 고려해야 하며, 기류속도에 따른 적정 풍속을 알아야 한다. 실내에 공기의 흐름이 전혀 없을 경우, 공기층에 분리현상이 일어난 천장 부분의 공기와 바닥 부분의 공기 사이에 온도차가

19) 신치웅, “空氣調和設備”, 2003, p.275

크게 발생한다. 기온이 일정할 경우에는 기류만으로도 열적 효과가 발생한다. 기류는 두 가지 방법에 의해 피부로부터 열방산을 증가시킨다.

- ① 기류는 대류에 의한 열손실을 증가시킨다.
- ② 기류는 증발을 증가시켜 생리학적으로 인체를 냉각시킨다.

습도가 낮을 때는(30% 이하) 기류가 없어도 증발이 잘 되므로 기류의 영향은 아주 미약하다. 습도가 높아지면(85% 정도) 증발이 제한되어 기류가 냉각효과를 상승시킬 수 없다. 증발은 중간 정도의 습도(40~50%)에서 기류에 의해 현저하게 증가된다.

기류속도에 따른 인체의 일반적인 반응은 대체로 다음과 같다.

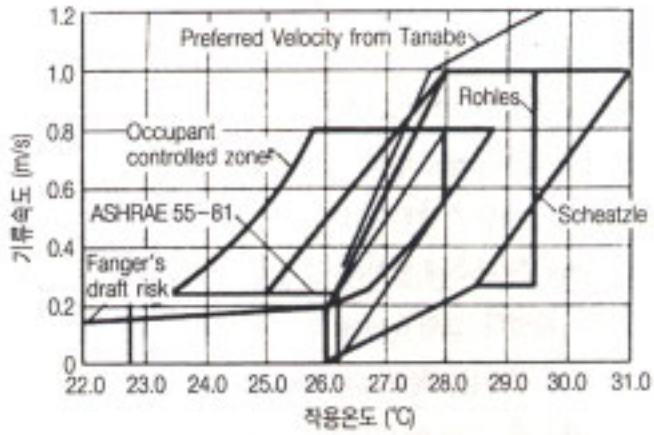
<표 2.7> 기류속도에 따른 인체의 반응

기류속도	인체의 반응
0.25m/s 까지	느끼지 못함
0.25~0.50m/s	쾌적함
0.50~1.00m/s	공기의 움직임을 느낌
1.00~1.50m/s	냉각효과를 느낌
1.50m/s 이상	불쾌감을 느낌

더운 상태에서는 대개 1m/s 정도에서 쾌적하게 느끼며 1.5m/s 정도가 허용범위이다. 1.5m/s 이상이 되면 가벼운 물건들이 날리어 불쾌감이 생긴다. 추울 때 난방실 내의 기류속도는 0.25m/s를 넘지 않아야 한다. 그러나 난방 된 실내에서 기류가 전혀 없거나 0.10m/s 이하가 되면 답답함을 느끼게 된다. 외부에서는 5.0m/s가 쾌적함을 느끼는 최대 한계치이다.<sup>20)</sup>

그리고, 더울 때에는 시원함을 얻기 위해 적극적으로 기류를 이용하는 것이 에너지절약의 관점에서도 중요하다. 단, 드래프트가 발생해서는 곤란한 사무실에서는 개별공조방식을 채택하는 것도 생각할 수 있다. 다음(그림 2.15)는 기존 연구의 연구자에 의해 실험적으로 구해진 권장기류속도를 나타낸다.

20) 이경희, “건축환경계획”, 문운당, 2000



(그림 2.15) 여름철 적정 기류속도

기류속도와 쾌적조건의 상관관계에 대한 여러 연구는 기류속도가 증가함에 따라 쾌적조건의 한계를 더 높은 온도까지 확장시킬 수 있다는 점을 동일하게 보고 있다.

## 제 3 장 자연환기가 가능한 이중외피 시스템 설계

### 3.1 이중외피 시스템의 설계절차 및 변수

#### 3.1.1 이중외피 설계계획의 10단계

이중외피 시스템의 설계계획단계를 10단계<sup>21)</sup>로 구분하면 다음과 같다.

##### 1) 제약검토

창의 환기를 적절하게 결정하기 위해 먼저 기본적인 제약을 점검해야 한다. 이것은 이중외피에 요구되는 성능뿐만 아니라 각각의 시스템의 적합성과 한계를 바로 나타내며 동시에 이런 분석은 제안된 양식의 경제적 실현성에 대한 아이디어를 제공한다.

##### 2) 이중외피 유형의 결정

적절한 환기와 소음 차단 등에 대한 조건이 파악되면 건축과 공기조화의 개념에서 이중외피 유형을 검토할 수 있다. 이러한 방법에서 적절한 이중외피의 양식을 결정할 수 있으며 이 단계에서 이중외피의 치수가 결정이 되므로 매우 중요한 단계이다.

##### 3) 양질의 외기 공급확보

이중외피 유형이 결정되면, 개구부의 치수와 실로의 공기의 유입경로를 계획해야 한다. 환기는 적당하고 충분해야 한다. 그렇지 못할 경우 사용자는 불쾌감을 느낄 수 있으며 특히 고층건물의 경우 환기가 제대로 되지 않을 경우 빌딩증후군을 느낄 수 있기 때문이다.

##### 4) 이중외피 내의 과열 방지

개구부의 치수결정에서, 실의 열적인 쾌적을 유지하고 냉방부하의 증가를 피하

---

21) Oesterle, Eberhard, op. cit., pp.30~32



기 위해, 두 외피 사이의 공간을 통한 여름철의 열의 취득을 제한해야 한다. 따라서 공기의 흐름은 아래층에서 위층으로 열취득이 증가되지 않는 방식으로 설계되어야 한다.

#### 5) 공기의 흐름 최적화

다음의 기본적인 변수가 공기의 흐름을 최적화하고, 과도한 온도를 제한하도록 결정한다.

- ① 개구부의 크기와 위치
- ② 기류가 통과해야 하는 가장 좁은 단면에 대한 적절한 기체 역학상의 설계
- ③ 공기의 흐름을 최적화하기 위해 필요한 부분에서의 추가적인 힘

만약 작은 저항을 가진 기류의 통로가 큰 단면에서 건설된다면, 열의 상승에 대한 자동조절을 위한 힘은 그 자체로 충분하다. 그러나 중부와 북부 유럽에서처럼 한 여름의 극단적인 조건에서는 이러한 방식이 사용되지 못한다. 이러한 경우에는 기계적 장치인 팬을 사용하여 많은 양의 공기를 이동시킬 수 있어야 한다.

#### 6) 운전 조건의 계획

외피의 개구부는 겨울철 방음과 단열을 만족하기 위해서는 작아야 하지만 반대로 환기나 적은 열 취득을 위해서는 개구부는 크게 설계되어야 한다. 이러한 요구는 개구부의 열리는 정도를 변화시키거나 완전히 닫을 수 있는 경우 만족될 수 있다. 그러나 이러한 경우에는 창이 작동, 활성화, 제어 등에 대한 문제가 생기게 되는데 이는 계절별 개구부의 열리는 정도를 변화시킴으로써 해결된다.

#### 7) 완성

외피의 계획자 또는 컨설턴트는 기류와 개구부의 적절한 위치, 공기역학적 최적 설계에 대한 논의를 위해 계획초기부터 참여해야 한다. 상호 협력의 단계를 통해 구조적으로, 경제적으로 상세한 해결책을 찾을 수 있다.

#### 8) 테스트 치수의 입력

건물 물리학과 환기 공학에 대해 알려진 외피의 기본적인 특성은 공조의 개념

으로 통합되어야 한다. 그래서 기계설비의 치수를 결정할 수 있는데 대부분의 경우 시뮬레이션의 도움을 받는다. 그 이유는 이중외피의 특징이 가변적인 다양한 변수의 공동작용에 영향을 받기 때문이다.

#### 9) 계획의 진행에서 건축주와 사용자의 합의

환기와 공조의 최적화를 위한 모든 단계에서 가능하면 건축주와 사용자의 요구를 반영해야 한다.

#### 10) 운전방식에서 제어장치 사용

외피의 기능과 공기조화를 조정하는 것은 내부의 기기를 조정하는 것만큼 중요하다. 이중외피의 다양한 성질은 다수의 혁신적인 공조의 개념이 가능하도록 한다. 그러나 이러한 것들은 이 두개의 변수가 톱니바퀴처럼 부드럽게 제어를 수행할 때 성공적으로 이루어질 것이다.

### 3.1.2 이중외피 시스템의 설계 변수

이중외피 시스템은 동절기에 열적완충공간으로 단열효과를 향상시켜 난방부하를 감소시키며, 하절기에는 굴뚝효과에 의한 공기순환으로 과열된 공기 및 복사열을 제거하여 냉방부하를 감소시킬 수 있다. 또한 중간기의 경우 외측 외피에 위치한 유입구와 유출구의 이용으로 자연환기를 가능하게 한다.

특히 계절에 따라 태양복사 에너지에 대해 다르게 운영한다. 일사량이 적은 겨울철에는 실내로 일사열 유입을 최대화하여 난방부하를 감소시키며, 냉기의 침입과 결로를 방지하여 열적 완충공간으로 사용한다. 또한 일사량이 많은 여름철에는 블라인드 등으로 창가의 뜨거운 복사열을 제거하며 굴뚝효과에 의한 공기 순환을 유도하여 과열된 공기를 배기하여 냉방부하를 감소시킨다.

이러한 이중외피를 설계하는데 있어서 고려해야할 인자들을 일사 및 기류와 관련하여 구분하였다.<sup>22)</sup>

---

22) 김광우, “공동주택의 이중외피 파사드 유리 선정에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집 제 22권 2호, 2002. 10, p. 698

<표 3.1> 이중외피 시스템 설계시 고려해야 할 인자

구분	고려해야 할 인자
일사 에너지와 관련된 인자	-외측 및 내측 외피의 조합 -유리의 종류(열관류율, 일사취득계수, 반사율, 흡수율) -블라인드의 위치 -블라인드의 종류(열관류율, 반사율, 흡수율)
파사드 내 기류와 관련된 인자	-내측 외피의 창호종류 및 개방 방식 -내측 외피의 개구부 면적 -외측 외피의 개구부 면적 -외측 외피의 개구부 높이차 -중공층의 너비와 폭 -중공층의 바닥 재료

### 3.2 이중외피 시스템의 설계변수 설정

#### 3.2.1 이중외피의 유형 선정

이중외피를 계획함에 있어 이중외피의 유형 선정은 초기 설계시에 매우 중요한 단계 중 하나이다. 이중외피의 각 유형에 따라 이중외피의 공기 흐름 및 외기 공급에 따른 특징이 차이가 나기 때문이다. 이에 설계 초기 단계에서 이중외피를 적용함에 어떤 유형이 적합한지 판단하는 것이 우선 필요하다.

본 연구에서는 앞에서 밝힌 이중외피의 네 가지 유형 중 초고층 건물에 적용 가능한 시스템을 선정하기 위하여 기존 연구 및 문헌을 통하여 다음과 같은 평가 인자를 선정하였다.

평가인자는 풍압 감소 효과, 바람에 의한 자연환기 효과, 문을 개폐하는 힘, 굴뚝 효과에 의한 자연환기 효과, 인접실간 소음 제어, 오염물 확산 제어, 프라이버시, 외부에 대한 방음효과, 중공층 내 공간 활용, 외피와 차양 장치, 유지관리로 총 10가지이며, 이중외피를 유형별로 비교분석한 것은 다음 <표 3.2><sup>23)</sup>와 같다.

초고층 건물에 이중외피 시스템을 적용할 경우, 중공층의 수직높이가 높아질수록 굴뚝효과에 따른 중공층 내부의 문제가 발생한다. 이에 중규모 건물에 적합한 샤프트 박스형 이중외피와 소규모 건물에 적합한 전면형 이중외피 시스템은 초고층 건물에 적용하기 곤란하다. 또한 다층형 이중외피 시스템인 샤프트 박스형과 전면형은 외부에 대한 방음 효과는 뛰어나나, 연기나 오염물질을 확산할 우려가 있고, 중공층 내부의 공간을 활용하기 어렵다. 이에 단층형 이중외피인 박스형과 복도형을 고려할 수 있다. 단층형의 경우 유지관리 측면에서 사람의 접근이 용이하며, 풍속과 풍압이 강한 초고층 건물의 경우 기하급수적으로 증가하는 상승기류의 억제효과가 있으므로 적합함을 알 수 있다.

단층형인 박스형 이중외피와 복도형 이중외피는 모두 중공층 내 공간활용을 할 수 있다는 이점이 있다. 이 두 시스템의 가장 큰 차이는 수직구획의 유무이다. 박스형의 경우 수직구획을 실시하며, 복도형의 경우 수직구획을 하지 않는다. 또한 복도형은 풍압감소 효과와 문을 개폐하는 힘이 박스형보다 유리하다. 그러나 소음, 오염물의 확산 방지, 프라이버시 측면에서는 박스형보다 불리한 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 초고층 건물에 적용 가능한 이중외피 시스템으로 박스형과 복도형을 선정하였으며, 시뮬레이션 실행 시 두 경우를 적용하여 실시하였다.

---

23) 허선, “이중외피 시스템이 적용된 초고층 사무소 건물의 자연환기에 관한 연구”, 중앙대 석사논문, 2002, pp.73-75

<표 3.2> 평가인자에 따른 이중외피 유형별 특성 비교

평가인자		이중외피 유형		다층형	
		박스형	복도형	샤프트박스형	전면형
초고층	풍압 감소 효과	○	◎	초고층 불가능	초고층 불가능
	바람에 의한 자연환기 효과	○	○		
	문을 개폐하는 힘	○	◎		
굴뚝효과에 의한 자연환기 효과		△	△	◎	×
인접실간 소음 제어		◎	△	△	△
오염물 확산 제어		◎	○	△	△
프라이버시		◎	△	△	△
외부에 대한 방음효과		○	○	◎	◎
중공층 내 공간활용		◎	◎	×	×
외피와 차양장치 유지관리		○	○	△	×
적용건물		초고층 건물	초고층 건물	중규모건물	음향중시 공간

◎:매우유리함, ○:유리함, △:보통, ×:불리함

### 3.2.2 중공층 적정 너비

중공층의 너비는 파사드 내 기류와 관련된 인자로서 사용목적에 따라 적정 너비를 선정한다. 목적에 따른 분류는 다음의 <표 3.3>과 같다.<sup>24)</sup> 초고층 건물에서 중공층의 너비 500mm 이상에서는 풍압의 감소효과를 보기 어려우므로, 중공층의 너비를 고려하여 설계해야만 한다.

중공층의 너비가 50mm 미만인 경우는 거의 사용되고 있지 않다. 또한 중공층 너비가 50~200mm는 Climate Facade에서 주로 사용하고, 200~500mm 이하까지는 풍압의 감소효과가 있다. 500~2000mm는 중공층으로의 접근이 가능하므로, 청소 등의 유지관리 측면에서 편리하고, 이 공간을 복도로 사용할 수도 있다. 중공층 너비가 2000mm 이상인 경우 중공층 공간이 아트트리움 등의 공간으로 이용이 가능하다.

따라서 초고층 사무소 건물에 이중외피를 적용할 때, 풍압의 감소효과와 청소 등의 유지관리의 두 가지 측면에서 중공층 너비 500mm가 유리할 것으로 판단되

24) "Active facades; Source book for better understanding of conceptual and operational aspects of active facades", Belgian building Research Institute, Version 1, 2002, p.47

어, 시뮬레이션 실행 시, 이 값을 적용하였다.

<표 3.3> 사용목적에 따른 중공층 너비

중공층 너비	목적
< 50mm	실제 거의 사용되지 않음
50 ~ 200mm	Climate Facade에서 주로 사용
200 ~ 500mm	풍압 감소 효과
500 ~ 2000mm	유지관리 측면에서 사람이 접근 가능
2000mm <	아트리움 등 다른 용도로 이용 가능

### 3.2.3 외측 외피의 개구부 높이차

이중외피 시스템에서 외측 파사드의 개구부인 유입구와 유출구의 높이차는 굴뚝효과와 상당한 관련이 있다. 유입구와 유출구의 온도차가 커질수록 굴뚝효과는 증가하게 된다. 그러나 중공층 내부에서 공기의 상승력은 유입구와 유출구 간의 온도차보다, 두 개구부 간의 수직 거리에 더 큰 영향을 받는다. 두 개구부 사이의 수직거리가 4m 일 경우, 외기와 중공층 내 온도차가 5K일 때, 굴뚝효과에 의한 상승력은 0.26Pa이며, 0.38‰의 기류를 발생시킬 수 있다. 또한 수직거리가 7m 일 때, 상승력은 0.46Pa로 4m일 때 보다 2배에 가까운 값을 갖는다.<sup>25)</sup>

따라서 여름철 바람이 없는 날씨의 경우, 높은 환기량을 기대한다면 두 개구부 사이의 수직거리를 크게 하는 것이 효과적이다. 본 연구에서는 층고를 고려한 수직거리를 3.6~3.95m(개구부 중심간 거리)로 정하여 시뮬레이션을 실시하였다.

### 3.3 이중외피 시스템의 개구부 계획

이중외피시스템의 설계변수를 어떻게 적용하는지에 따라, 중공층 내 기류가 적절한지 그렇지 않은지가 결정된다. 내측 외피에 설치되는 개구부는 단일외피 건물의 개구부와 유사하게 적용할 수 있다. 따라서 이중외피시스템 중공층을 흐르는 기류가 저항계수 또는 압력손실 등에 따라 달라지기 때문에, 기류의 흐름 통

25) Oesterle, Eberhard, op. cit., p.98

로가 개구부 계획을 통하여 확보되어야 한다.

(1) 외기는 외측 외피의 유입구를 통하여 중공층으로 유입된다. 보통 유입구의 높이는 중공층의 깊이보다 작기 때문에, 최고속도(initial peak velocity)는 외측 외피 유입구에서 발생하며, 이때 압력손실도 최대값을 갖는다.

(2) 차양 장치가 중공층 내에 설치되면, 기류는 두 부분으로 나뉜다. 대부분의 기류는 차양 장치에 의해 더워져서, 상승하여 외측 외피 상부의 유출구를 통해 외부로 빠져나간다. 차양 장치에 의해 충분히 더워지지 못한 나머지 기류들은 천천히 상승하게 된다. 차양 장치가 중공층 깊이의 1/3 부근(외측 외피에 가깝게)에 설치되면, 열적 완충공간으로서 역할하게 되는데, 이 때 나머지 기류들은 내측 외피의 전면부에 영향을 주게 된다.

(3) 내측 외피의 창이 열리면, 내부발열에 의해 더워진 실내로 기류가 유입된다. 창의 형태나 크기에 따라, 기류가 통과할 때 압력손실과 기류속도가 결정된다. 또한 창에 저항요소들이 추가되면, 실내의 자연환기의 가능성이 제한된다. 또한 개구부의 형태에 따라, 실내에서 중공층으로 기류가 나갈 때 역시, 압력손실이 발생할 수 있다.

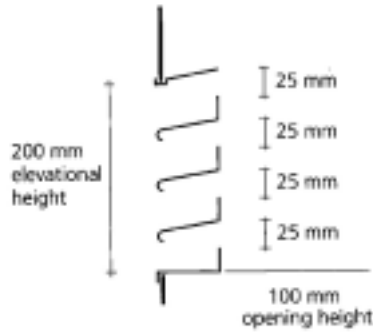
(4) 이중외피에서 압력손실이 가장 많이 발생하는 곳은 외측 외피의 유출구이다. 대개 개구부가 작으면 기류속도에 가속이 발생한다. 외측 외피 하부의 유입구에서 이러한 현상이 발생하지만, 상부의 유출구 부근에서 기류는 차양 장치 또는 빗물받이(rainwater trap)와 같은 장애물에 의해 기류패턴이 크게 기울어지게 된다.

### 3.3.1 외측 외피의 유입구 계획

유입구 계획 시에 우선 고려해야 할 사항은 기후요소로부터 건물이 보호될 수 있어야 한다는 것이다. 개구부와 그 외의 외피요소들이 자연환기에 적합하지 않

은 형태로 제작되었을 때 기류저항에 의해 환기량이 감소될 수도 있다.

외측 외피의 환기구(slit)를 계획할 때 실제로 유입기류에 방해요소가 있어서는 안 된다. 그러나 개구부에 약천후에 견딜 수 있는 요소들이 추가적으로 계획되면서, 개구부의 유효면적이 (그림 3.1)과 같이 50%까지 감소될 수 있다.



(그림 3.1) 내후성을 고려한 Z-단면루버

조류로부터 건물이 보호되어야 하기 때문에, 유입구에 그물망(mesh) 또는 와이어(wire)를 설치한다. 작은 조류는 1~2cm의 틈으로도 진입할 수 있으므로, 그물망(mesh)의 간격은 5~10mm로 설치되어야 한다. 기류는 와이어의 두께에 영향을 받으며, 와이어의 두께는 유입 풍량에 대한 방해요인으로 작용한다<표 3.4>.

<표 3.4> 그물망간격과 와이어두께에 따른 유효개구부 면적의 감소율

와이어 두께(mm)	0.3	0.5	1.0
그물망 간격(mm)	유효 개구부 면적의 감소		
5	12%	19%	36%
8	8%	12%	24%
10	6%	10%	19%
20	3%	5%	10%



유효개구부의 면적이 감소되었기 때문에, 필요 환기량을 만족시키기 위해 공기는 유입구에서 속도가 증가하여 흐르게 된다. 이로 인하여 이차적인 압력손실이 발생하게 된다. 유효 개구부 면적이 10% 감소하면 압력손실은 20%에 이르게 된다. 따라서 매우 가는 와이어 또는 간격이 넓은 그물망을 선정한다. 조류의 진입을 막기 위해 그물망을 사용하는 대신, 와이어를 한 방향으로 설치하는 것이 유리하다.

방충망 등의 설치로 유효개구부 면적은 더욱 감소하고, 기류는 가는 그물망에 의해 방해받기 때문에, 저항요소가 크게 증가한다. 2mm 간격의 그물망과 직경 0.5mm의 와이어가 설치되었을 때 유효개구부 면적은 50%까지 감소하고, 환기효율은 85%까지 감소된다. 아무것도 설치되지 않은 개구부의 환기효율과 같아지려면 개구부의 크기는 최소 7배까지 증가해야만 한다.

### 3.3.2 외측 외피의 유출구 계획

외측 외피에 유출구를 계획할 때, 유입구와 같은 원리가 적용된다. 그러나 유입구를 통과하는 내부로 유입되는 기류와는 다르게, 외부로 배출되는 기류는 유출구를 통과하기 전에 기류의 편향(deflection)을 고려해야 한다. 이것은 기류 흐름 통로과 난류의 정도에 큰 영향을 주게 된다.

중공층 내 기류가 흐르는 과정에서 모서리 부분과 곡선부분에서 에디(eddy)와 같은 소용돌이가 발생한다. 이러한 난류가 발생하게 되면, 개구부의 효율은 급격하게 저하된다. 기류가 외부로 빠져나가는 유효 단면적에서 난류가 발생하게 된다.








자연환기에 있어서 개구부의 크기는 중요한 요소로 작용한다. 특히 단일외피 시스템과 달리 이중외피 시스템은 외측 외피의 기류의 유입과 유출을 위한 개구부가 위치한다. 외기는 외측 외피의 유입구를 통하여 중공층으로 유입된다. 보통 유입구의 높이는 중공층의 깊이보다 작기 때문에 최고속도는 외측 외피의 유입구에서 발생한다. 이중외피에서 압력손실이 많이 발생하는 유출구의 경우, 개구부가 작으면 기류에 가속이 발생하기도 한다.

본 연구에서는 유입구의 크기가 중공층의 깊이보다 작아야 하며, 중공층 내부이 균형을 위하여 유입구와 유출구의 크기를 같도록 하였다. 또한 개구부의 크기에 따른 실내 기류 및 풍속에 관하여 정확한 변화를 알아보기 위하여, 0.05m<sup>2</sup>/m와 0.10m<sup>2</sup>/m부터 0.50m<sup>2</sup>/m까지 0.1m<sup>2</sup>/m 씩 크기에 변화를 두어 각각의 패턴을 알아보기로 한다.

### 3.3.3 내측 외피 계획 및 면적산출

환기의 기능을 고려했을 때 내측 외피의 효율은 창호종류에 따라 결정된다. 즉 창호가 열려진 상태에서 유효단면적과 창호 높이에 대한 개구 면적의 구획에 의해 결정된다. 창호의 종류에 따라 실내 환기성능이 달라지는데, 사무실 안쪽 외피에 적용이 가능한 창호의 종류는 개폐방법에 따라 다음의 7가지로 분류하였다.

<표 3.5> 각 창호의 개폐방법과 환기효율

환기 효율	25%	70%	80%	90%	100%	100%	100%
종류	중축 여단이창	횡축 미서기창	중축 미서기창 + 중축 여단이창	중축 미서기창	횡축 여단이창	중층 회전창	횡축 회전창
입면							

(1) 중축여단이창(bottom-hung tipped casement)은 양쪽 옆면의 하부로 갈수록 단면적이 작아지기 때문에 기류저항이 크게 증가하게 된다. 따라서 외기의 유입이 제한되기 때문에, 실내 자연환기의 가능성이 감소하게 된다. 반면 상부로 갈수록 단면적이 커지기 때문에 실내공기의 유출량이 훨씬 증가하게 된다.

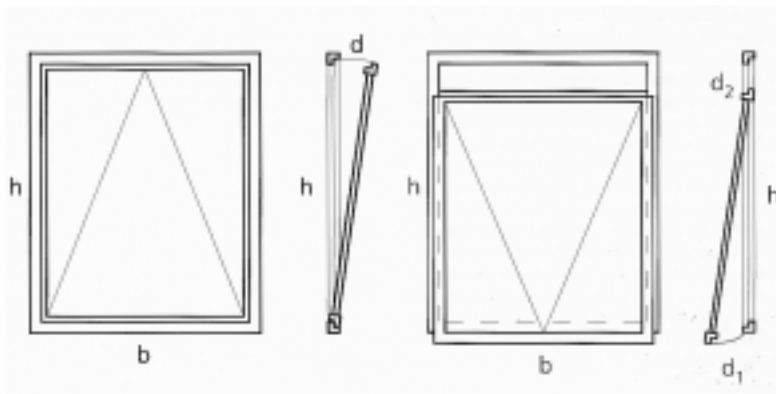
(2) 중축 미서기창과 여단이창이 결합(slide-down/push-out casement)된 경우,

상대적으로 하부의 단면적이 크기 때문에 기류의 흐름이 원활해지고, 외기의 충분한 유입이 가능하다. 또한 여닫이창을 내렸을 때, 상부의 미서기창을 통하여 기류가 흐를 수 있다.

(3) 중축 여닫이창은 창호 하부에 작은 여닫이창(top-hung flap)을 설치함으로써 환기효율을 증가시킬 수 있다. 이때 하부 여닫이창은 공기 유입구로서 기능하고, 중축 여닫이창은 공기의 유출구로서 역할하게 된다. 따라서 양쪽 옆면의 삼각형태 단면적에서 나타나는 기류저항은 크게 문제가 되지 않는다.

창호의 다양한 개폐방법에 따른 상대적 환기효율을 비교한 값을 <표 3.5>에서 보여주고 있다. 창호의 상부와 하부에 개구 단면적이 충분한 경우, 환기효율이 매우 높은 것으로 나타났다. 그러나 창호를 선택할 때, 가격, 유지관리(청소), 겉보기(appearance), 환기설비 등에 대한 고려를 해야만 한다.

일반적으로 Top-Hung(Open-out 방식), Bottom-Hung(Open-in 방식), 회전창(Pivoted Window)과 같은 개폐창은 허용범위 내의 저항값을 갖는다. Bottom-Hung 여닫이창인 경우에, 양쪽 옆면의 삼각형 면적과 열려진 창과 프레임 사이의 사각형 면적을 더하여 구한다. 이때 개폐각은 30°까지이다.



(그림 3.2) Bottom-Hung 여닫이창(왼쪽)  
Slide-down/Push-out 여닫이창(오른쪽)

Bottom-Hung 여닫이창의 기하학적 면적  $A_{geo}$ 는 다음과 같다.

$$A_{geo} = b \cdot h \quad (\text{식 3.1})$$

기류가 흐르는 면적(aerodynamic free area)은 다음과 같이 산출한다.

$$A_{aero} = (b \cdot h) + 2(h \cdot d/2) \quad (\text{식 3.2})$$

slide-down/push-out 여닫이창의 기하학적 면적  $A_{geo}$ 는 다음과 같다.

$$A_{geo} = b \cdot h \quad (\text{식 3.3})$$

기류가 흐르는 면적(aerodynamic free area)은 다음과 같이 산출한다.

$$A_{aero} = (b \cdot h) + 2(h \cdot d/2) \quad (\text{식 3.4})$$

그러나 기울어진 창 의 상단과 천정사이의 간격은 최소한 창 의 너비 이상이 되어야 한다. 그 이하라면, 창 의 상단과 천정사이의 단면적은 실제보다 작은 치수로서 해석되어야 한다. 이러한 경우, 창 의 양쪽 옆면을 통한 기류의 유·출입 역시 제한된다.

내측 외피에 의한 기류 패턴 및 속도의 변화는 내측 외피에 설치된 창호의 종류에 따라 결정된다. 창호가 열려있을 경우, 창호의 설치 위치 및 유효단면적 등에 따라 큰 변화를 보이고 있다.







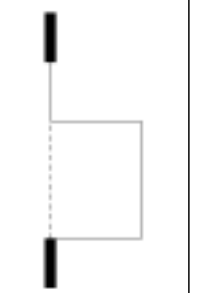

본 연구의 시뮬레이션을 위해 이중외피에 설치한 창호의 종류는 선행연구에서 고층 사무소 건물에 일반적으로 많은 사용을 보이는 창호를 중심으로 결정하였다.

일반적인 고층 사무실의 경우 개폐 가능한 창으로 1.tilt 2.여닫이 3.여닫이/tilt 혼합 4.미닫이<sup>26)</sup> 순으로 많이 사용함을 알 수 있다. 이 중 tilt 창으로 Bottom-Hung(Open-in) 방식의 창호가 가장 많이 사용됨을 알 수 있다. 이는 빠

른 외기 유입속도를 낮추며 유입공기의 기류를 천장으로 향하게 하여 실내의 안정된 공기층을 유지하기 위한 것임을 알 수 있다. 또한 이 창의 경우 바람의 세기에 따라 창의 각도를 조절함으로써 채실자가 유입기류를 조절할 수 있다는 장점도 갖고 있다. 일반적으로 개폐창은 창의 하부에 위치한다.

본 연구에서는 선행연구를 바탕으로 내측 외피에 위치하는 창호의 종류를 다음의 <표 3.6>에서 보는 바와 같이 네 가지로 결정하였다. 또한 시뮬레이션 실행 시 여닫이창-I (Bottom-Hung), 여닫이창-II (Top-Hung), 회전창의 경우 열려진 각을 30°로 설정하였고, 여닫이창-III의 경우 90°로 설정하였다.

<표 3.6> 내측 외피의 창호

	여닫이창-I Bottom-Hung (open-in 방식)	여닫이창-II Top-Hung (open-out 방식)	여닫이창-III Open & Closing	회전창 Pivoted window
평면				
단면				
면적(m <sup>2</sup> )	2.365	2.292	4.32	2.365
유량계수(n)	0.45	0.40	0.65	0.45

26) 이석원, "고층 사무소 건물의 자연환기 계획", 연세대 석사논문, 1997, pp.37~38

## 제 4 장 이중외피 개구부에 따른 실내기류 평가

### 4.1 해석 개요

#### 4.1.1 해석도구

PHOENICS는 영국 CHAM(Concentration Heat and Momentum Limited)사가 개발한 범용 전산 열·유체(Computational Fluid Dynamics) 프로그램으로서 건축, 기계, 환경, 화공, 우주항공 등 모든 공학 분야에서의 열전달, 유체 유동, 화학 반응 등을 해석하는데 사용하는 프로그램이다. 특히 건축환경 및 공조분야 해석에 적합한 FLAIR라는 전용 프로그램 모듈을 채택하여 다른 기계분야의 범용유체해석 프로그램보다 실내의 기류 및 온도분포해석을 보다 용이하게 수행할 수 있다.<sup>27)</sup>

PHOENICS의 수치적 특성은 대류항의 이산화방법에 따라 선택적으로 적용이 가능한 엇갈린 배치 격자(Staggered Grid) 혹은 일정한 순서로 배치 격자(Collocated Grid)에 기반을 둔 유한체적법(FVM, Finite Volume Method)을 이용한다. 이 유한체적법은 해석 영역을 지배하는 미분방정식의 변수들이 각각의 격자에서 값을 대표하며, 유한한 제어체적에 관하여 미분방정식을 적분하여 제어체적 이산화 방정식을 유도한다. 이산화방정식은 지배미분방정식으로부터 유도되며 미분방정식과 동일한 물리적 상황을 가진다.

단순한 알고리즘을 이용하여 압력·속도가 결합되며, 네 종류 이상의 압력·속도 시스템을 가지고 있다. 다양한 2상유동(2-Phase Flow) 해석 알고리즘을 가지고 있으며, Reynolds Stress Model, Multi-Fluid Turbulence, RNG Model 등의 다양한 난류모델을 포함하고 있다.

PHOENICS의 해석 모델링 영역은 1-D, 2-D, 3-D와 정상상태 및 비정상상태에서 가능하다. 또한 직교좌표계, 원통좌표계 및 극좌표계, 비직교 및 Moving Grid를 포함한 일반좌표계, 회전좌표계, Multi-Block Grid와 Fine Grid Embedding의 영역을 통해서 해석이 진행된다. 비뉴턴 유체를 포함한 압축 및 비

---

27) 송국섭 외, "그린빌딩의 에너지 소모량 평가 및 환경성능분석", 동우건축 건축기술연구소, 1998

압축성 유동의 해석과 아음속, 천음속, 초음속 유동 및 대류, 전도, 복사 열전달과 이들의 복합 열전달의 해석이 가능하다.

경계조건은 일정변수값 경계조건, 일정유속조건, 선형경계조건, 비선형경계조건, 벽조건, 입출구조건 등이 있으며, 그 중에서 가장 많이 사용되는 유입·유출구의 경계조건 및 적용방법으로 유속설정방법, 압력설정방법, 자연유출방법, 주기경계방법 등을 사용하고 있다.<sup>28)</sup>

PHOENICS의 시뮬레이션은 VR Editor Mode에서 변수값 입력 및 모델링을 하게 되며, 계산은 Earth Mode에서 수행된다. 결과치 분석은 프로그램의 VR Viewer Mode 또는 Photon Mode에서 가시화를 통한 측정을 하게 된다.

#### 4.1.2 대상 건물

사무소 건물의 경우 평면배치가 기본적인 격자치수(grid dimension), 즉 계획모듈이나 기본적 치수 단위에 항상 기준을 두고 있다. 실의 치수는 이 모듈의 배수이다.<sup>29)</sup> 사무소 공간의 균질화와 사용효율을 최대로 높이고 설비기구, 구조 방법과의 관련성을 가진 격자 시스템을 설정함으로써 사무소 건축에서 MC계획을 실현할 수 있다. 사무소 건축의 격자 시스템은 ① 사무소 공간단위로서의 계획격자, ② 설비단위에 의한 서비스 격자, ③ 재료, 시공단위에 의한 시공격자, ④ 기등위치에 의한 구조격자로 나뉜다.<sup>30)</sup>

사무소 건축에서의 단위 공간의 개념은 개인 사무실 단위와 사무소 단위로 대별된다. 개인사무실 단위에 의한 사무실 폭으로는 2.4, 2.7, 3.0, 3.2, 3.3, 3.6m 등의 수치가 있으나 3.0m 이하의 단위는 잘 쓰이지 않는다. 사무소 깊이는 개인사무실단위의 배수에 의해 추출되며 9.0, 12.0m가 많이 사용되며 점차 증가하는 경향이 있다. 지금까지의 사무소건축에서 3.0m 모듈이 많이 사용되었는데, 통로의 수치가 협소해지고, 천장조명 및 공조관계의 디퓨저 배열에 어려움이 있다.

주차장의 자동차배치에 적용되는 모듈도 상당히 중요한 요소이며 6.0m 폭에서

28) 나수연, "공동주택의 자연통풍 계획에 관한 연구", 중앙대 박사논문, 1999, p.46

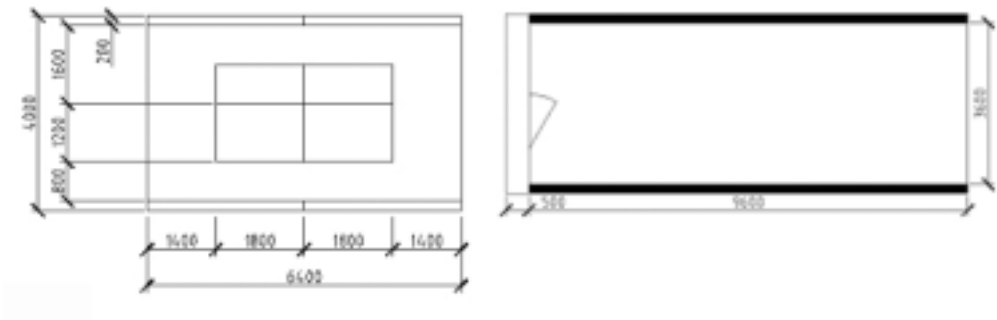
29) 이광로, "建築計劃", 문운당, 1989, p.144

30) 이경희, "建築計劃方法", 문운당, 1999, pp.44~47

잘 적용되는 것을 알 수 있다. 그러나 사무소단위 배열을 고려한다면 3.0m 보다 큰 단위가 되어야 한다.

기본적인 사무소 설계의 모듈은 크게 3가지로 3.0×3.0m, 3.2×3.2m, 3.6×2.4m 모듈을 들 수 있다. 여기서 3.2×3.2m 모듈을 보면 이 격자는 3.3×3.3m 모듈의 변화치수이다. 3.3×3.3m 모듈이 적용력이 좋지만, 불행히도 국내 스프링클러의 생산품 한정으로 반지름 2.3m를 초과하는 모듈이 되어 사용하기 어려우므로 약간의 변형인 3.2×3.2m 모듈이 사용된 경우가 많다. 3.2m 폭의 경우 발생하는 수치가 3.0m 폭의 경우와 비슷한데 단위사무실 배열에서 좌우대향식 배열에 의해 테이블 사이트에 수납장소의 확보 가능한 점이 장점이다. 정방향 처리가 가능하고 스프링클러 단위에서 경제적이므로 비교적 많이 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 3.2×3.2m 모듈을 기초로 9.6×6.4×3.6m의 실을 대상으로 시뮬레이션을 실시하고자 한다.



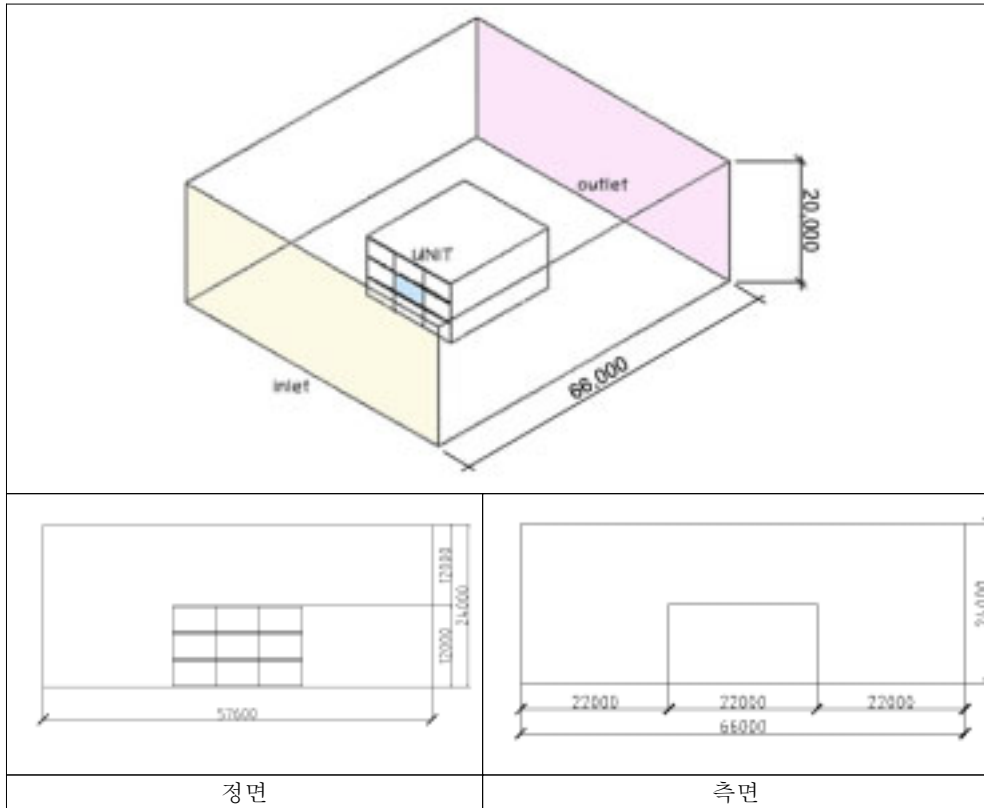
(그림 4.1) 이중외피 시스템이 적용된 사무소의 정면 및 단면





(그림 4.2) 이중외피 시스템이 적용된 사무소 단위평면

9.6×6.4×3.6m의 단위 사무소 공간에 0.5×6.4×4m의 이중외피 시스템을 추가하여 기본 유닛으로 정하였다. 이 유닛의 정확한 값 산출을 위해 전면과 후면 각각 9 개씩을 배치시켜 그 중 가운데 위치한 유닛의 값을 선택한다. 정면의 22.2m 거리에서 각각의 층에 보정된 풍속이 불어오도록 하여 시뮬레이션을 실시하였다.



(그림 4.3) PHOENICS 시뮬레이션을 위한 모듈

### 4.1.3 경계조건

#### (1) 유입풍속 및 풍향

초고층 건물의 자연환기 패턴을 알아보기 위한 변수 중 가장 중요한 것은 건물 외부에서 내부로 유입되는 풍속이다. 초고층 건물의 경우 일반적으로 관측되는 지상과는 많은 차이를 가지게 된다. 풍속과 풍압이 지상에 비해 매우 높게 나타나며, 건물 계획 시 중요한 요인으로 작용하게 된다.

초고층 사무소 건물에 적용된 이중외피 시스템의 적절한 자연환기 성능 특성을 분석하기 위하여 우선적으로 기후 데이터를 분석하는 것이 필수적이다. 이에

현재 우리나라의 기상대 산하 71개소의 측후소와 관측소 중 서울지역 기상대에서 수집되어 분석된 자료를 이용하였다. 이는 1991년 1월 1일 1시부터 2001년 12월 31일 24시까지의 총 96,360개의 매시평균풍속자료와 풍향자료를 기본 데이터로 사용하여 서울지역의 기후를 조사하였다.

서울지역 기상대 측후소의 풍속 관측 높이는 10.6m이며, 위치<sup>31)</sup>와 관련된 정보는 다음과 같다.

<표 4.1> 서울지역 측후소의 위치정보

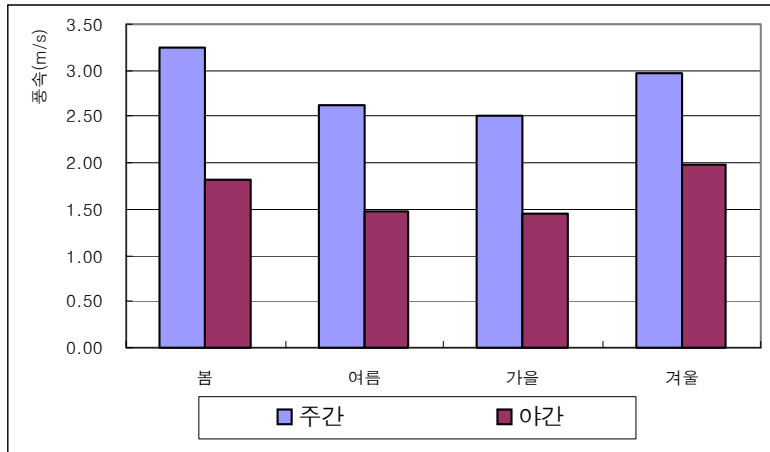
지점	위도	경도	고도	지상높이	비고
서울	37° 34′	126° 58′	85.5m	10.6m	내륙

서울지역의 11년간 풍향과 풍속을 분석한 결과, 겨울철과 봄철인 12월부터 5월까지는 2.5m/s의 비교적 높은 풍속을 보이고 있으나 여름철과 가을철인 6월부터 11월의 경우 2m/s 정도의 평균풍속을 보이고 있다. 서울지역의 주풍향은 서풍계열(W, WNW)이 약 25%로 제일 높은 빈도를 나타냈으며, 북동풍과 서풍, 북서풍이 일 년의 약 50%를 차지한다. 평균풍속은 2.26m/s로 나타났다.

<표 4.2> 계절별 풍속

평균풍속	봄	여름	가을	겨울
주간	3.25	2.63	2.50	2.97
야간	1.81	1.48	1.45	1.99
전체	2.53	2.05	1.98	2.48

31) 기상청, "한국기후표 제 I 권", 1991.6, pp.iii



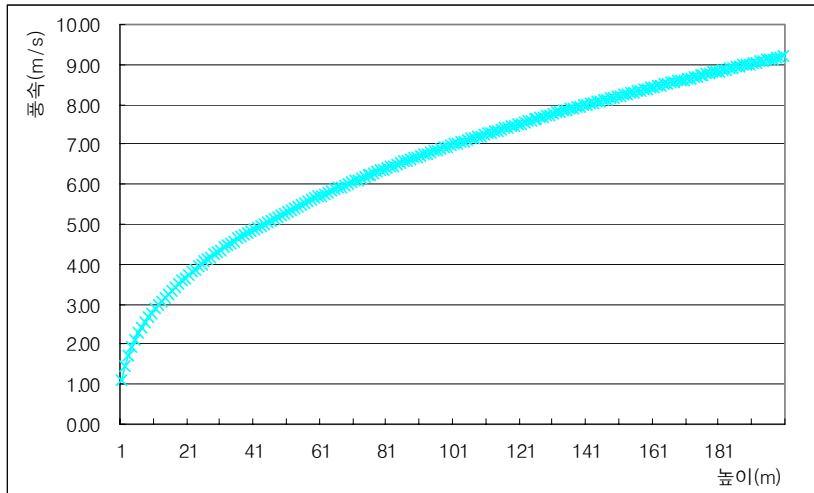
(그림 4.4) 계절별 풍속변화

본 연구에서는 사무소 건물의 채실여부를 기준으로 주간과 야간의 평균풍속을 구분하였다. 주간은 오전 8시부터 19시까지로 2.84%의 평균풍속을 보였으며, 채실자들이 퇴근 후인 야간의 경우는 20시부터 다음날 오전 7시까지로 1.68%의 평균풍속을 나타냈다.

(그림 4.4)는 계절별 평균풍속변화를 나타내고 있다. 본 연구에서는 시뮬레이션 수행 시, 이중외피를 이용한 자연환기가 이루어지는 최적의 계절인 봄과 가을 즉 3~5월, 9~11월 6개월 동안의 주간 평균풍속값인 2.84%를 도입하였다.

초고층 건물의 높이에 맞는 풍속과 풍압을 제시하기 위하여 위의 평균풍속값을 토대로 높이에 따른 기준 풍속을 도출하였다.

앞서 2장에서 밝힌바와 같이 풍속의 고도에 따른 변화는 지수법칙과 대수법칙으로 알 수 있다. 도심지처럼 지표면의 조도가 크고 불균일한 지역이나 외부경계층과 같은 지표면의 마찰력이 작아지는 곳에서는 정확도가 떨어지기 때문에 도심지와 같은 표면조도가 큰 곳에서는 지수법칙이 주로 사용되며, 이용빈도가 높다.



(그림 4.5) 고도에 따른 보정풍속

이와 같은 이론에 근거하여, 본 연구에서는 지수법칙을 사용하여 기상청 자료를 토대로 나타난 풍속 2.84m/s를 도입하여 다음 <표 4.3>과 같은 값을 얻었다.

<표 4.3> 건물 높이별 보정풍속

평균 풍속	10m	40m	80m	120m	160m	200m
전체	2.26	2.21	3.84	5.07	5.97	7.32
주간	2.84	2.77	4.83	6.37	7.50	9.20
야간	1.68	1.64	2.86	3.77	4.43	5.44

도시 중심 지역을 기준으로 지수값을 대입하였으며, 120m(약 30~35층)에서의 외부 풍속은 주간(중간기 8시~19시) 7.50m/s가 나온다. 이에 시뮬레이션에 적용할 유입풍속은 120m를 기준으로 7.5m/s를 적용하였다.

또한 자연환기의 경우 유입풍속과 더불어 유입풍향도 실내 기류흐름에 중요한 변수로 작용한다. 일반적으로 바람은 계절, 날씨, 지역적 위치 및 도시의 구성에 따라 다양한 방향성을 갖는다. 또한 이러한 바람의 방향성에 따라서 실내 유입기류의 흐름 또한 달라지는 것을 알 수 있다.

바람은 어느 한 영역에서 년 중 일정한 풍향만을 가지는 것이 아니기 때문에

다양한 요소를 충족할 수 있는 시뮬레이션이 실시되어야 정확한 분석이 가능하겠다. 하지만 이와 같은 모든 요소를 충족하기 위하여서는 많은 반복을 통한 상당한 시간이 걸린다. 따라서 본 연구에서는 이런 한계에 의한 풍향의 변수를 최소화하여 시뮬레이션을 진행하였다. 모든 경우의 시뮬레이션에서 동일한 조건을 설정하기 위하여 유입되는 풍향을 한 방향인 직진풍으로만 한정하여 시뮬레이션을 진행하기로 한다.

## (2) 해석 경계 조건

시뮬레이션 도구로는 위에서 설명한 범용 CFD(Computational Fluid Dynamics) 프로그램으로 CHARM사에서 개발한 PHOENICS(V 3.4)를 사용하였으며 이때, 입력 경계조건(boundary condition)은 다음과 같다. 이중외피를 통한 자연환기가 이루어지는 동안 실내 공조는 이루어지지 않는다고 가정하였다. 또한 온도에 대한 고려 또한 배제하였다.

시뮬레이션을 통하여 실내의 기류 분포 패턴 및 평균풍속을 알아보고자 하였으며, 일반적인 작업면 높이인 바닥에서 0.8m와 재실자의 작업시 목 위치인(쾌적대) 바닥면에서 1.1m 높이에서의 수치를 분석하였다.

<표 4.4> 시뮬레이션을 위한 주요 입력 변수값

변 수	설 명	입력된 변수값
Menu	입력방식	VR Mode
Domain	모델 규모	66.6×57.6×24 (Unit : 9.6×6.4×3.6)
Grid	계산 셀의 수	66×57×24
Solution Variables	계산 변수	압력, 속도
Relaxation Control	Relaxation 값	압력 P1=0.1 속도 u1,v1,w1=0.1
Global Convergence Criterion	계산 시 실험 오차율	0.1%
Total Number of Iterations	계산 반복 회수	3000회
Inlet Velocity	유입 기류 속도	7.5m/s
Inlet Turbulent Intensity	난류 강도	5%
Main Fluid	유체 종류	20℃ 공기
Gas Model	난류 해석 모델	K-ε RNG model
Inlet Wind Direction	유입 풍향	X축의 +방향, 유입각도 0°

PHOENICS 프로그램에서 위의 값을 VR Editor Mode에서 입력 및 모델링을 하고, Earth Mode에서 계산을 수행하였다. 결과치 분석을 VR Viewer Mode에서 확인하여 결과치를 얻는다.

#### 4.1.4 해석 변수

이중외피 시스템을 적용한 초고층 건물의 기류 패턴 및 속도를 알아보기 위한 시뮬레이션 고정인자로 중공층의 너비, 유입구와 유출구의 적정 수직거리, 내측 개구부의 상태, 사무소 단위평면, 유입 풍속과 풍향을 선정하였다. 또한 가변인자로 이중외피의 유형, 외측 외피의 유입구와 유출구의 면적차이, 내측 외피의 개

구부 높이차를 통한 개구부 면적차, 내측 외피의 창호 유형을 들었다.  
이를 정리해 보면 다음 <표 4.5>와 같다.

<표 4.5> 시뮬레이션 인자

인 자		변 수	비 고
고 정 인 자	중공층 너비	0.5m	풍압감소효과와 유지관리측면 모두 고려
	유입구, 유출구의 적정수직거리	4m	굴뚝효과 상승력고려
	내측 개구부	열어놓음	
	사무소 단위평면	일정	9.6×6.4×3.6
	유입 풍속	7.5m/s	120m 높이 기후 보정값
	유입 풍향	정면	
가 변 인 자	이중외피 유형	박스형, 복도형	
	외측 외피의 유입구와 유출구	0.05, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50m <sup>2</sup> /m	
	내측 외피의 창호 높이차	0.6, 0.9, 1.2, 1.5m	박스형 외측개구부면적 0.2m <sup>2</sup> /m 복도형 외측개구부면적 0.05m <sup>2</sup> /m
	내측 외피의 창호 유형	여단이창-Ⅰ, 여단이창-Ⅱ, 여단이창-Ⅲ, 회전창	박스형 외측개구부면적 0.2m <sup>2</sup> /m 복도형 외측개구부면적 0.05m <sup>2</sup> /m



## 4.2 이중외피의 개구부 면적에 따른 실내 기류패턴 및 속도

이중외피 시스템의 개구부를 설계함에 있어 치수와 공기의 유입경로를 고려해야 한다. 재실자가 실내에서 쾌적을 느낄 수 있는 적절한 환기가 필요하며, 이를 위한 설계가 이루어져야 한다. 2장에서 살펴본 인체 쾌적영역에 따른 기준을 바탕으로 최대 한계치, 즉 필요조건인 기온 17~28℃, 상대습도 40~70%, 기류속도 0.5m/s 이하를 기준으로 제시한다.

본 연구에서는 개구부 크기에 따른 실내 기류 속도를 분석하였으며 0.5m/s 이하를 기준으로 재실자가 쾌적함을 느끼는 한계치로 설정하였다.

### 4.2.1 이중외피의 외측 개구부의 크기에 따른 기류

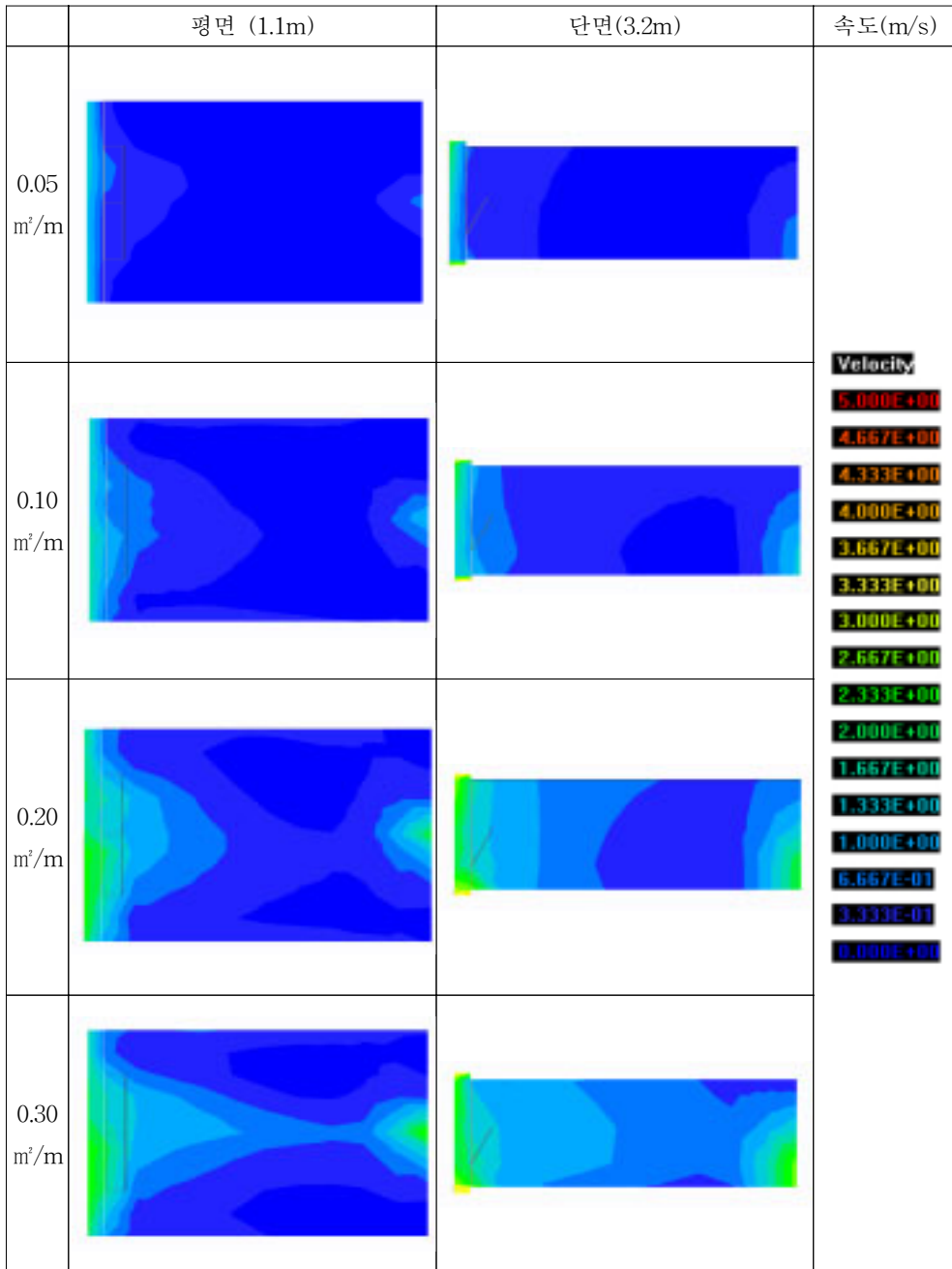
이중외피 시스템의 설계 변수 중 쾌적기류와 관련된 인자로 외측 외피의 유입구와 유출구의 면적 설정에 대한 고려가 필요하다. 이에 외측 외피에 위치한 개구부의 면적에 변화를 주어, 그에 따른 실내 기류 및 평균풍속을 알아보았다.

이중외피 시스템의 유형으로 복도형과 박스형 이중외피 시스템을 설정하였으며, 외측 외피의 개구부인 유입구와 유출구는 같은 면적으로 두었다. 일반 사무실에서 가장 많이 사용되는 여닫이창-I (Bottom-Hung :Open-in 방식) 창호를 설치하였다. 외측 외피의 개구부 면적은 0.05, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50m<sup>2</sup>/m, 6가지 형태로 시뮬레이션을 실시하였다.

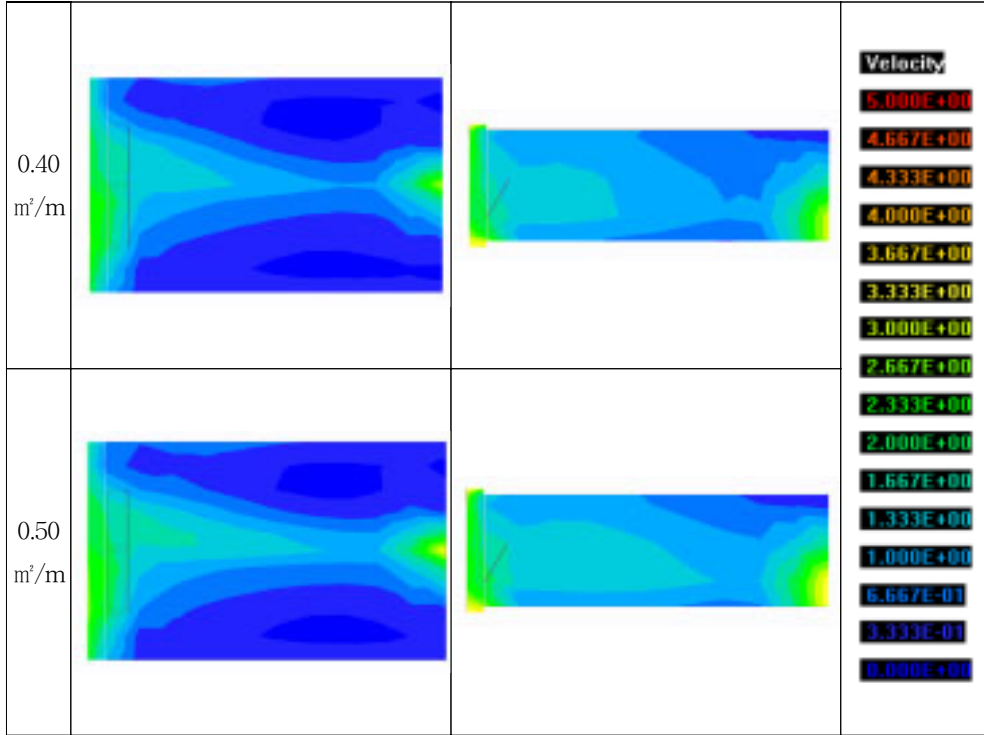
#### (1) 복도형 이중외피 시스템

복도형 이중외피는 두 외피 사이의 중공층은 각 층마다 구획되며, 복도의 수평 길이를 이용하며, 오염된 공기가 한 층에서 다른 층으로 즉시 올라가는 것을 막기 위해 엇갈린 형태로 배치된 시스템이다. 또한 복도형 이중외피의 경우 각 실간의 중공층에 수평구획이 이루어지지 않는다.

복도형 이중외피 시스템의 외측 외피에 위치한 개구부의 면적 변화에 따른 실내 기류의 평면(1.1m), 단면(실 중앙부) 변화는 다음의 (그림 4.6)와 같다.



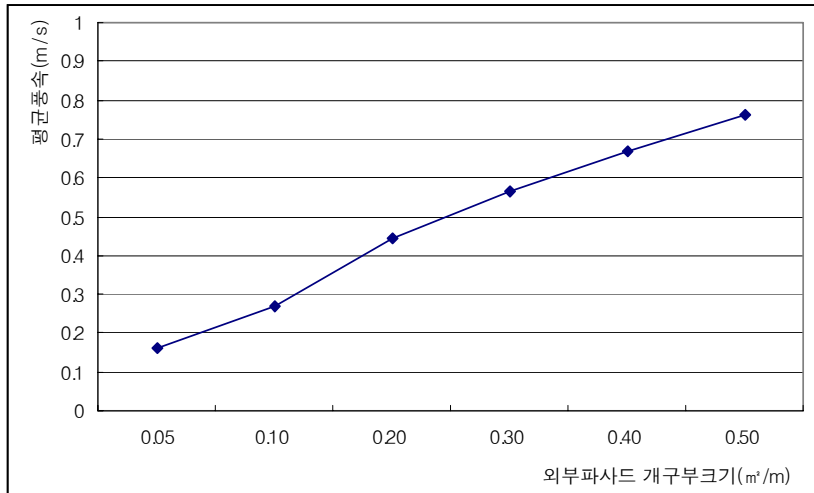
(그림 4.6) 복도형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내기류



(그림 4.6) 복도형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내기류(이어서)

복도형 이중외피 시스템의 경우, 0.05~0.50m<sup>2</sup>/m로 외측 외피의 개구부 면적이 증가할수록 실내 통과기류 또한 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 외측 개구부 면적의 증가와 함께 기류가 증가할수록 실의 중앙부를 통과하는 기류속도가 빨라지는 것을 볼 수 있다.

재실자가 사무실에서 업무를 행하는 작업면의 기류와 재실자의 쾌적기류를 파악하기 위하여 높이 1.1m에서의 평균풍속을 알아보았다. 이는 다음의 (그림 4.7)과 같다.



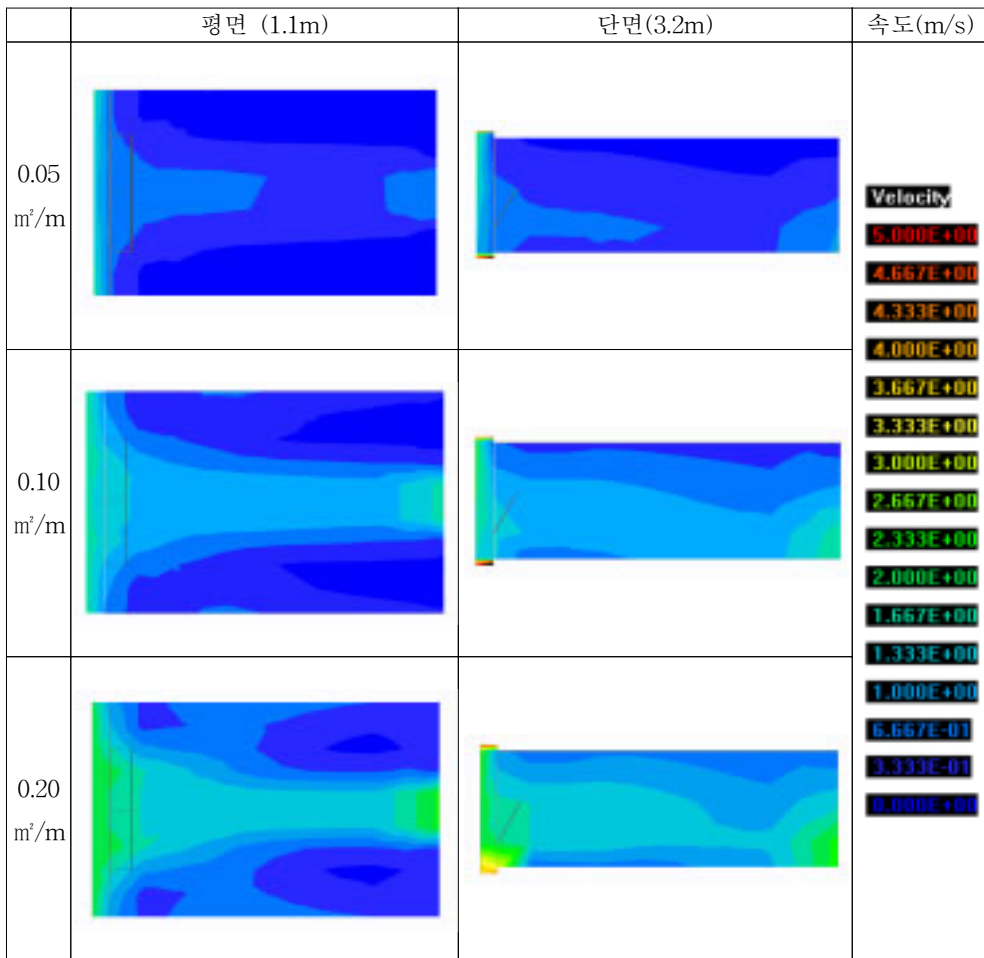
(그림 4.7) 복도형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내평균풍속

복도형 이중외피 시스템의 경우, 외측 외피의 개구부의 크기가 증가함에 따라 실내평균풍속 또한 증가하는 것을 알 수 있다. 개구부의 면적이  $0.05\text{m}^2/\text{m}$ 에서  $0.50\text{m}^2/\text{m}$ 로 증가할 경우 실내평균풍속은  $0.16\text{m/s}$ 에서  $0.76\text{m/s}$ 로 증가한다. 인체의 쾌적기류의 한계치를  $0.5\text{m/s}$ 로 설정하였을 때, 외측 외피의 개구부의 면적이  $0.3\text{m}^2/\text{m}$  이상의 경우는 초과기류가 발생하여 재실자의 불쾌감이 발생하므로 삼가는 것이 바람직할 것으로 보인다. 특히, 내측 외피의 개구부인 창과 실내 문 앞의 부분이 실의 다른 부분보다 높은 풍속을 보임을 알 수 있다. 실내의 부분 기류를 볼 경우 개구부 면적이  $0.40\text{m}^2/\text{m}$ 이상의 이중외피에서  $1.5\text{m/s}$  이상의 불쾌기류가 형성되므로 적정하지 않음을 알 수 있다. 따라서 복도형 이중외피 시스템을 계획할 경우, 외측 외피의 유입구와 유출구 역할을 하는 개구부의 크기를  $0.20\text{m}^2/\text{m}$  이하로 제한하는 것이 좋다.

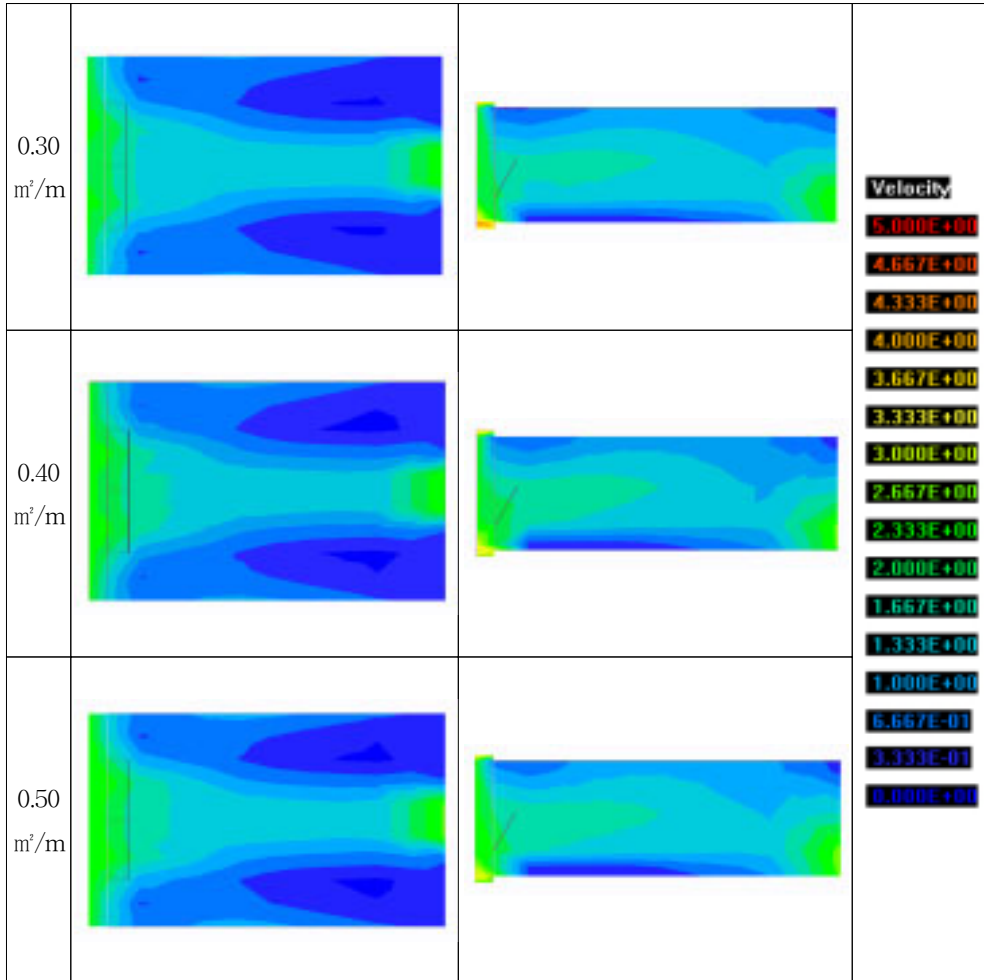
(2) 박스형 이중외피 시스템

박스형 이중외피는 수평적으로 구조 축이나 실을 기초로 나누어지며, 수직적으로도 층에 의해서나 개별적인 창문 부재들에 의해 나누어지는 시스템이다. 일반적인 파사드와 같이 적용이 가능한 사각 개구부 입면을 갖는 것이 특징이다.

박스형 이중외피 시스템의 외측 외피에 위치한 개구부의 면적 변화에 따른 실내 기류의 평면, 단면 변화는 다음의 (그림 4.8)과 같다.



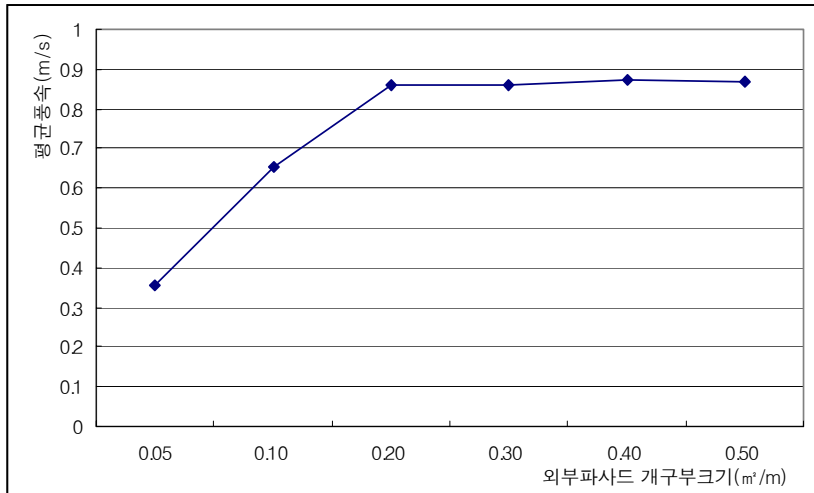
(그림 4.8) 박스형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내기류



(그림 4.8) 박스형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내기류(이어서)

박스형 이중외피 시스템의 경우, 0.05m<sup>2</sup>/m에서 0.50m<sup>2</sup>/m로 개구부 면적이 증가할수록 실내기류 또한 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 복도형 이중외피 시스템과는 달리 0.20m<sup>2</sup>/m 이상으로 개구부가 증가할 경우 일정한 기류분포를 보이는 것을 알 수 있다.

이에 따른 재실자의 쾌적을 알아보기 위한 1.1m 높이에서의 평균풍속 변화는 (그림 4.9)와 같다.



(그림 4.9) 박스형 이중외피의 외측개구부 크기에 따른 실내평균풍속

박스형 이중외피 시스템의 경우, 외측 외피의 개구부 면적이 증가함에 따라 평균풍속 또한 증가하는 추세를 보이다가 일정수준의 면적에 도달한 이후로는 일정한 평균풍속을 보이는 것을 알 수 있다. 개구부 면적이 0.05m<sup>2</sup>/m에서 0.36m/s, 0.10m<sup>2</sup>/m에서 0.65m/s, 0.20m<sup>2</sup>/m에서 0.85m/s로 평균풍속(1.1m 기준)이 증가한다. 그러나 개구부 면적이 0.20m<sup>2</sup>/m 이상으로 증가 후에는 약 0.87m/s 정도의 풍속을 일정하게 유지한다. 일반적으로 개구부 면적의 증가와 함께 실내기류통과도 증가하며, 그에 따른 평균풍속이 증가하는 유형과는 차이를 보인다. 그 이유는 박스형 이중외피의 경우 복도형 이중외피와는 달리 개구부의 면적이 두 배에 달하며, 일정 면적 이상이 될 경우, 외측 외피의 개구부를 통과하여 중공층으로 들어온 기류량이 많아 내측 외피의 열린 창호의 영향보다 외측 유출구로 기류가 더 많이 빠져나가 실내로는 일정 기류만이 들어오는 것으로 예측된다. 또한 내부 개구부의 열린 창호의 면적이 한정되어 있어 외측 외피의 개구부 면적이 증가할 경우, 영향력이 줄어드는 것으로 판단된다.

박스형 이중외피의 경우 인체쾌적기류를 고려할 경우, 0.05m<sup>2</sup>/m의 외측 개구부를 갖는 이중외피 시스템으로 설계하는 것이 적당하다.

#### 4.2.2 이중외피의 내측 개구부의 크기에 따른 기류

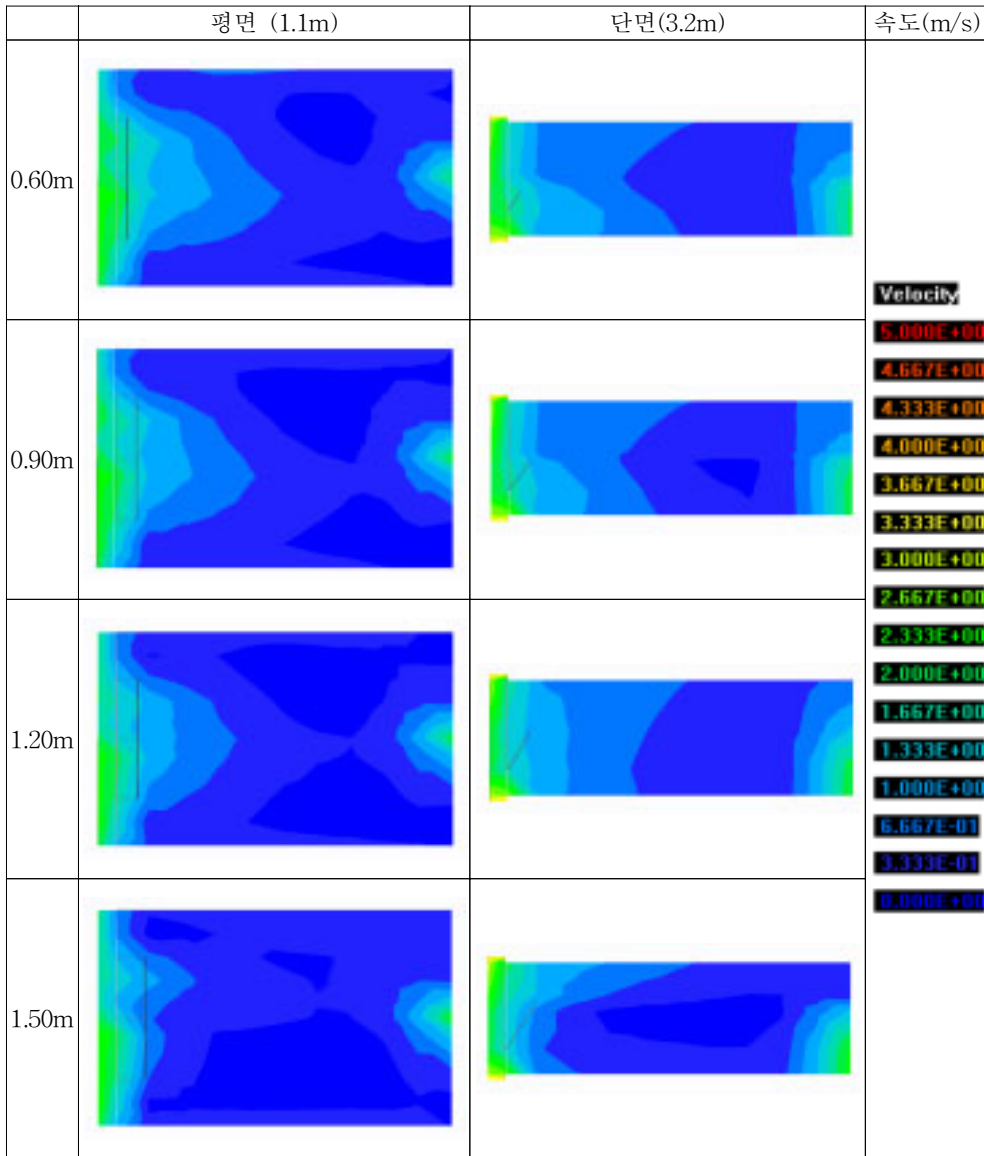
이중외피 시스템의 설계 변수 중 기류와 관련된 두 번째 인자로 내측 외피의 개구부의 면적 설정에 대한 고려를 하였다. 이에 내측 외피에 위치한 개구부인 창호의 면적 변화를 통한 실내 기류 및 평균풍속을 알아보았다.

이중외피 시스템의 유형으로 복도형과 박스형 이중외피 시스템을 설정하였으며, 일반 사무실에서 가장 많이 사용되는 여단이창-I (Bottom-Hung : Open-in 방식) 창호로 설정하였다. 내측 외피의 개구부 크기는 여단이창-I (Bottom-Hung 창)의 높이 차로 두었으며, 0.60, 0.90, 1.20, 1.50m의 크기로 4가지 유형으로 시뮬레이션을 실시하였다.

##### (1) 복도형 이중외피 시스템

복도형 이중외피 시스템의 내측 외피에 위치한 개구부인 창의 면적 변화에 따른 실내 기류의 평면, 단면의 변화는 (그림 4.10)과 같다. 이 경우 복도형 이중외피 시스템의 외측 외피의 개구부의 면적은  $0.20\text{m}^2/\text{m}$ 로 고정하였다.



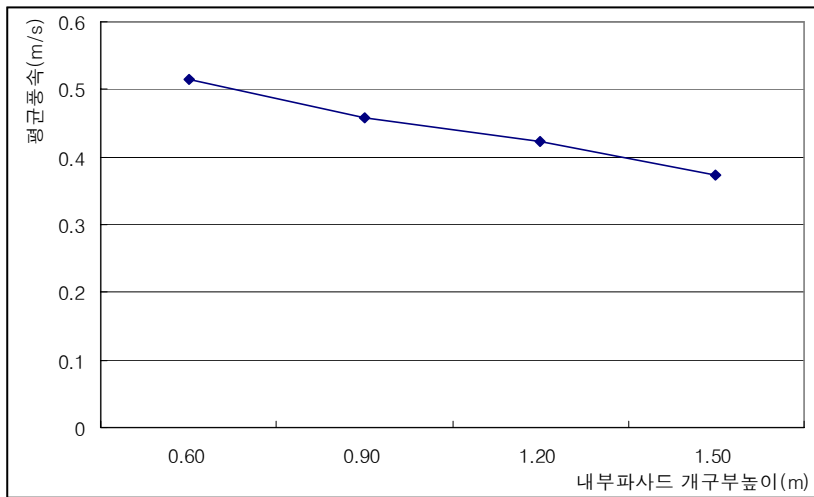


(그림 4.10) 복도형 이중외피의 내측개구부 크기차에 따른 실내기류

복도형 이중외피 시스템의 경우, 0.60m~1.50m로 내측 외피의 개구부 크기를 증가시킬수록 실내 통과 기류가 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 개구부의 크기가 1.5m인 경우는 창문의 열린 부분이 천장에 가까이 위치하여, 기류가 거주공간

보다는 천장을 향해 흐르는 형태를 보이고 있다.

복도형 이중외피 시스템의 내측 외피의 창 크기 변화에 따른 작업면의 기류와 채실자의 쾌적기류를 파악하기 위한 높이 1.1m에서의 평균풍속은 (그림 4.11)과 같다.



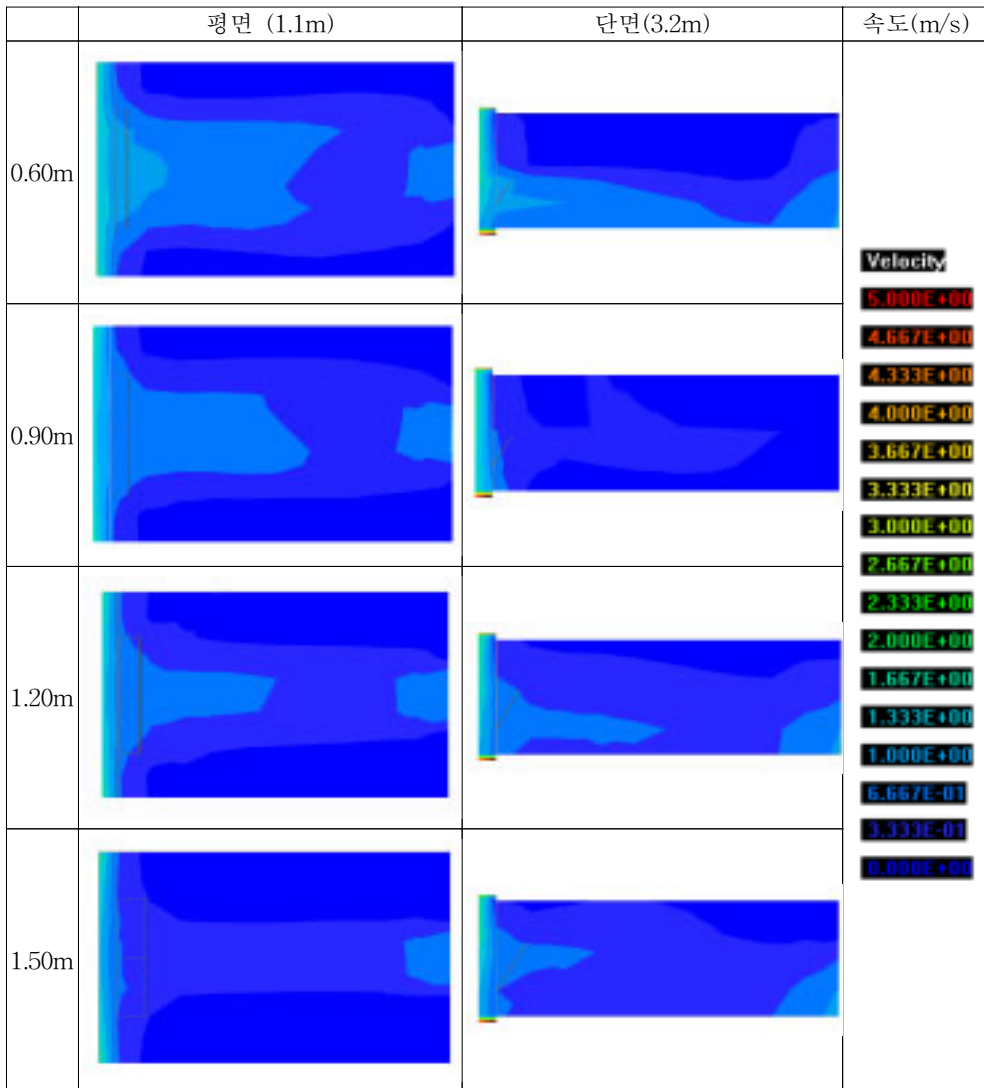
(그림 4.11) 복도형 이중외피의 내측개구부 크기차에 따른 실내평균풍속

복도형 이중외피 시스템의 경우, 내측 외피의 개구부 크기가 증가할수록 실내 평균풍속이 감소하는 것을 알 수 있다. 내측 개구부의 크기가 0.60m에서 1.50m로 증가할 경우 실내평균풍속은 0.52m/s에서 0.37m/s로 감소한다. 일반적으로 창문의 열린 면적이 증가할수록 기류량 또한 많아져 실내평균풍속 또한 증가할 것으로 예상하나, 이 경우 감소하였다. 그 이유는 외측 외피의 개구부를 통과하여 중공층을 통과한 기류가 좁은 단면을 만날수록 더 빠르게 통과하기에 이러한 결과가 나온 것으로 예측할 수 있다. 내측 개구부의 크기가 0.60m인 경우 개구부가 위치한 부분의 풍속이 1.16m/s로 높게 나타남을 알 수 있다.

인체의 실내쾌적을 고려하여 이중외피의 내측 외피의 개구부를 설계할 경우, 0.90~1.50m의 크기를 갖는 개구부가 적합하겠다. 개구부의 크기가 높아질수록 실내 평균풍속은 안정되나 이는 채실자가 개폐를 하기에 힘들 것으로 판단된다.

(2) 박스형 이중외피 시스템

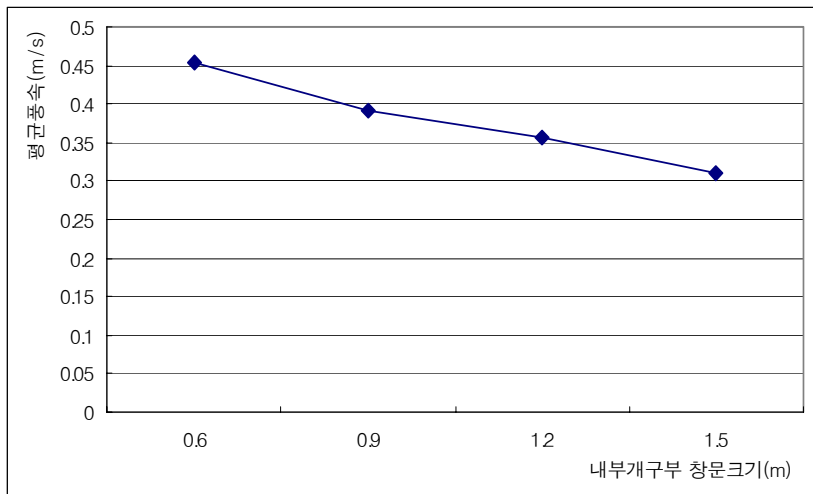
박스형 이중외피 시스템의 내측 외피에 위치한 개구부인 창의 면적 변화에 따른 실내 기류의 평면, 단면의 변화는 (그림 4.12)와 같다. 이 경우 복도형 이중외피 시스템의 외측 외피의 개구부의 면적은  $0.05\text{m}^2/\text{m}$ 로 고정하였다.



(그림 4.12) 박스형 이중외피의 내측개구부 크기차에 따른 실내기류

박스형 이중외피 시스템의 경우, 복도형 이중외피 시스템과 마찬가지로 0.60 m~1.50m로 내측 외피의 개구부 크기를 증가시킬수록 실내 통과 기류가 감소하는 것을 알 수 있다.

박스형 이중외피 시스템의 내측 외피의 창 크기 변화에 따른 재실자의 쾌적을 알아보기 위한 1.1m에서의 평균풍속은 (그림 4.13)과 같다.



(그림 4.13) 박스형 이중외피의 내측개구부 크기차에 따른 실내평균풍속

박스형 이중외피 시스템의 경우, 내측 외피의 개구부 크기가 증가할수록 실내 평균풍속이 감소하는 것을 알 수 있다. 내측 개구부의 크기가 0.60m에서 1.5m로 증가할 경우 실내평균풍속은 0.45m/s에서 0.31m/s로 감소한다. 외측 외피의 개구부를 적절하게 설계하였을 경우, 인체의 실내쾌적성을 고려한 0.5m/s를 만족하는 것을 알 수 있다. 인체의 실내쾌적성을 고려하여 이중외피의 내측 개구부를 설계할 경우, 0.60~1.50m의 크기를 갖는 개구부가 적합하며, 창문의 개폐를 위한 편의를 위하여 알맞은 내측 외피의 개구부 크기를 결정하는 것이 중요하겠다.

### 4.3 이중외피의 내측 개구부의 종류에 따른 실내 기류패턴 및 속도

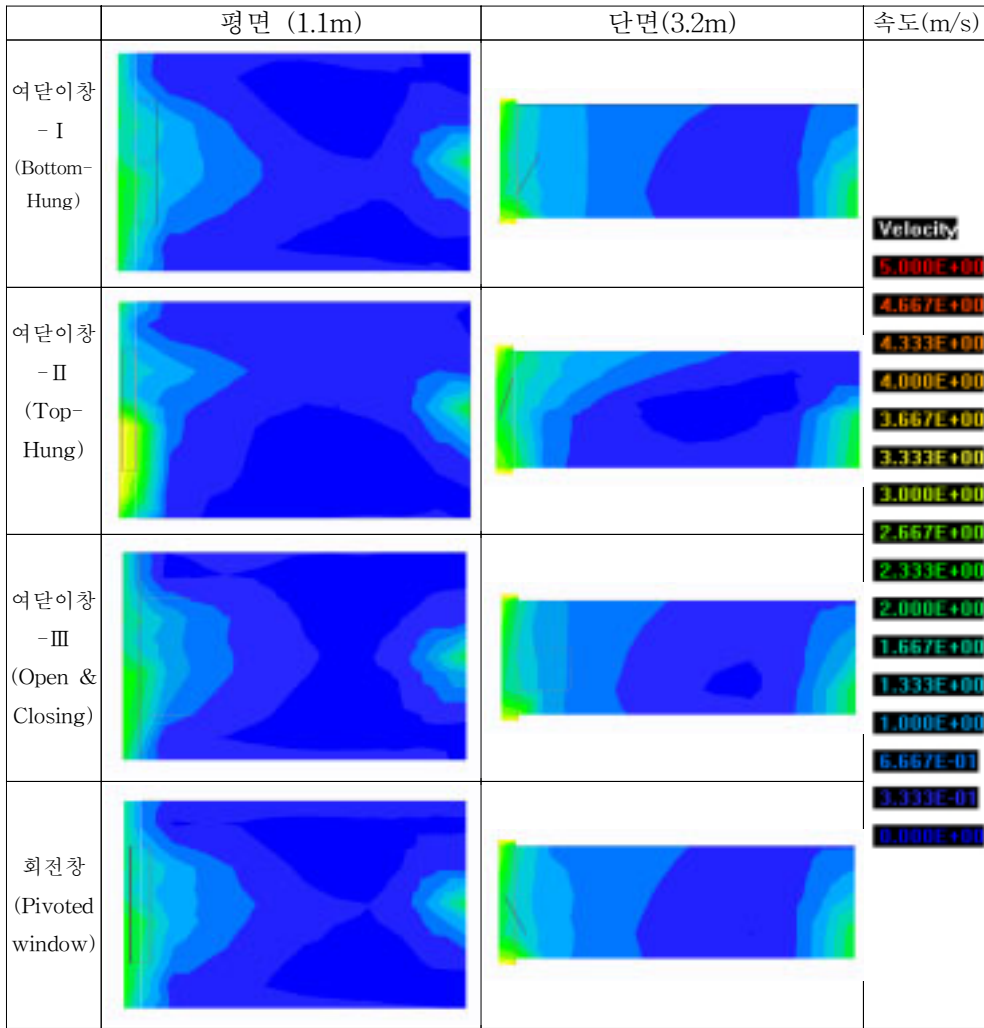
이중외피 시스템의 설계 변수 중 쾌적기류와 관련된 인자로 내측 개구부의 종류 또한 고려해야 한다. 3장에서 선정한 내측 외피의 창호 유형을 바탕으로 설계 변수 중 창호형태에 따른 실내 기류 및 속도의 분포에 대한 해석하였다.

이중외피 시스템의 유형으로 복도형과 박스형 이중외피 시스템을 설정하였으며, 창호의 종류는 여닫이창-I (Bottom-Hung : Open-in 방식), 여닫이창-II (Top-Hung : Open-out 방식), 여닫이창-III (Open & Closing), 회전창(Pivoted window), 네 가지로 구성하였다. 외측 외피의 개구부 면적은 복도형 이중외피의 경우는  $0.20\text{m}^2/\text{m}$ 로 두었으며, 박스형 이중외피는  $0.05\text{m}^2/\text{m}$ 로 해석을 실시하였다.

인체 쾌적 영역에 따른 기준을 바탕으로  $0.5\text{m/s}$ 를 최대 한계치로 두어 기준을 제시한다. 이에 따른 해석 결과는 다음과 같다.

#### (1) 복도형 이중외피 시스템

복도형 이중외피 시스템의 내측 외피의 개구부인 창문 유형에 변화를 주어 시뮬레이션을 실시하였다. 그에 따른 실내 기류패턴의 변화는 다음 (그림 4.14)와 같다. 이 경우 복도형 이중외피 시스템의 외측 외피의 개구부의 면적은  $0.20\text{m}^2/\text{m}$ 로 고정하였다.

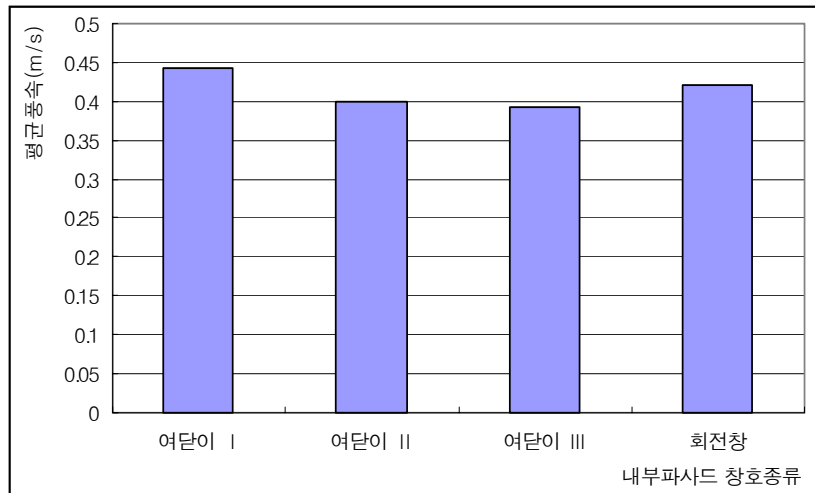


(그림 4.14) 복도형 이중외피의 내측개구부 종류에 따른 실내기류

여닫이창-I (Bottom-Hung)과 여닫이창-II (Top-Hung), 회전창(Pivoted Window)을 열었을 경우, 이 세 가지 창호는 비슷한 개구부 크기를 갖는다. 그러나 여닫이창-III(Open & Closing)은 이들 창호보다 더 큰 각으로 열리므로 약 1.5배 정도의 더 큰 개구부를 갖는다. 다른 창호와 달리 여닫이창-II (Top-Hung)는 외측 외피의 유입구를 통하여 중공층으로 들어온 기류가 창문의 열린 방향으로 자연스럽게 실내로 들어와 기류가 천장을 따라 흐르는 패턴을 보

임을 알 수 있다.

복도형 이중외피 시스템의 내측 외피 창 유형 변화에 따른 실내평균풍속은 (그림 4.15)와 같다.



(그림 4.15) 복도형 이중외피의 내측개구부 종류에 따른 실내평균풍속

채실자의 쾌적을 위한 바닥에서 1.1m 높이에서의 평균풍속을 보면 여닫이창-I (Bottom-Hung)의 경우 0.44m/s, 여닫이창-II (Top-Hung)은 0.40m/s, 여닫이창-III (Open and Closing)은 0.39m/s, 회전창(Pivoted window)은 0.42m/s의 결과를 갖는다. 네 가지 유형 모두 0.25~0.50m/s의 채실자가 쾌적함을 느끼는 범위의 평균풍속을 갖는다. 또한 실에서 발생하는 최고기류가 1m/s를 넘지 않는 범위에서 기류가 분포됨을 알 수 있다.

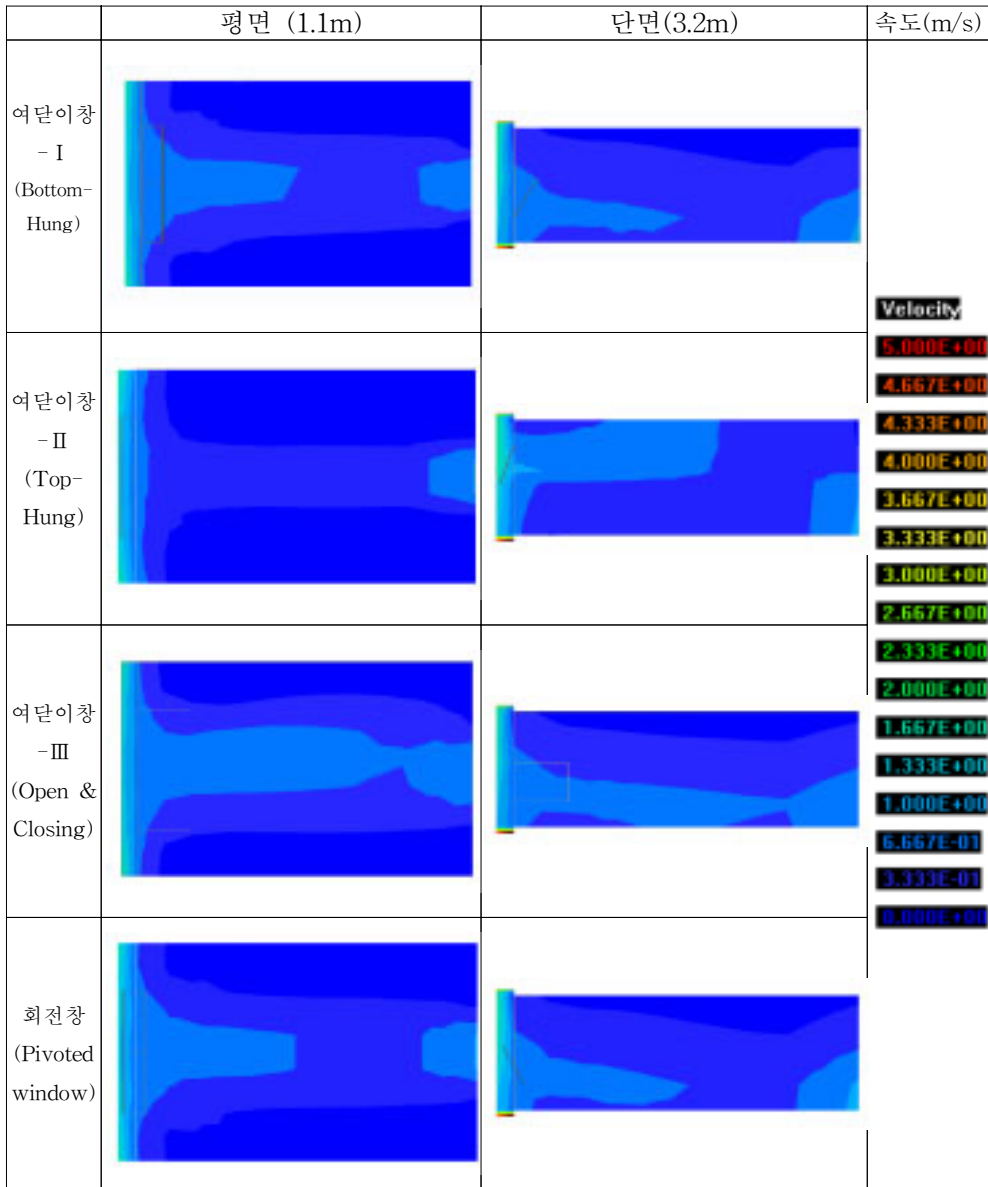
일반적으로 다른 세 경우와 달리 여닫이창-III (Open and Closing)의 경우 개구부의 크기가 약 1.5배 큰 것을 감안할 때 더 큰 풍속이 실내로 들어올 것으로 예상된다. 그러나 외측 외피를 통한 강한 직진풍의 차단과 외측 외피에 위치한 개구부의 적정 면적은 내부로 들어오는 기류를 제어해준다. 이로 인해 내측 외피의 개구부는 그 종류에 크게 상관없이 평균적 쾌적 기류범위에 분포함을 알 수 있

다. 이를 통해 이중외피 시스템에서 외측 외피의 개구부가 고층 건물에서의 환기를 위해 더 중요한 인자로 작용하여 효율적인 환기를 유도한다는 것을 예측할 수 있다.

## (2) 박스형 이중외피 시스템

박스형 이중외피 시스템의 내측 외피의 개구부인 창문 유형에 변화를 주어 시뮬레이션을 실시하였다. 그에 따른 실내 기류패턴의 변화는 다음 (그림 4.16)과 같다. 이 경우 박스형 이중외피 시스템의 외측 외피의 개구부의 면적은  $0.05\text{m}^2/\text{m}$ 로 고정하였다.



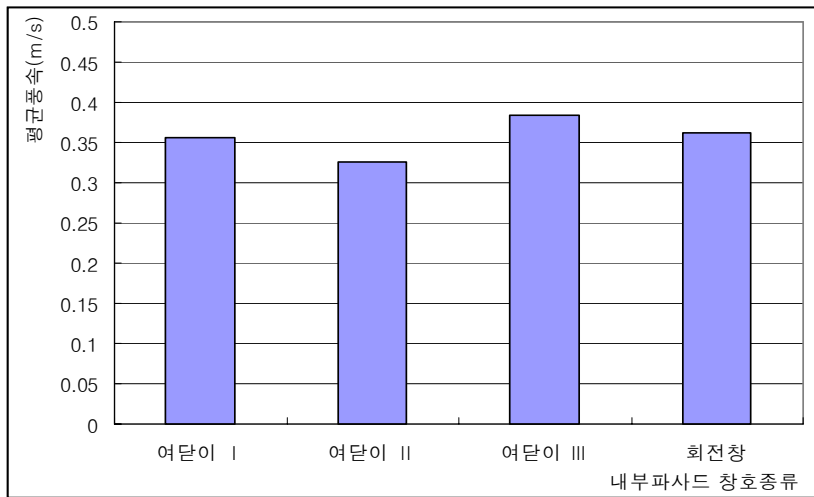


(그림 4.16) 박스형 이중외피의 내측개구부 종류에 따른 실내기류

여닫이창- I (Bottom-Hung)과 여닫이창- II (Top-Hung), 회전창(Pivoted Window)을 열었을 경우, 이 세 가지 창호는 비슷한 개구부 크기를 갖는다. 그러

나 여닫이창-Ⅲ(Open & Closing)은 이들 창호보다 더 큰 각으로 열리므로 약 1.5배 정도의 더 큰 개구부를 갖는다.

박스형 이중외피 시스템의 내측 외피 창 유형 변화에 따른 실내평균풍속은 (그림 4.17)과 같다.



(그림 4.17) 박스형 이중외피의 내측개구부 종류에 따른 실내평균풍속

채실자의 쾌적을 위한 1.1m 높이에서의 평균풍속을 보면 여닫이창-I (Bottom-Hung)의 경우 0.36m/s, 여닫이창-II (Top-Hung)는 0.33m/s, 여닫이창-Ⅲ (Open and Closing)은 0.38m/s, 회전창(Pivoted window)은 0.36m/s의 결과를 갖는다. 네 가지 유형 모두 0.25~0.50m/s의 채실자가 쾌적함을 느끼는 범위의 평균풍속을 갖는다. 그러나 다른 유형의 창호와는 달리 여닫이창-II (Top-Hung)의 경우, 외측 외피의 아래 개구부를 통하여 들어온 기류가 외부로 열린 창을 통하여 실내의 상부를 통하여 흐르는 패턴을 보인다. 이에 채실자가 생활하는 거주역에서는 다른 유형의 창호보다 더 적은 영향을 미침을 알 수 있다.

이에 박스형 창호를 사용할 경우 여닫이창-II (Top-Hung)를 적용하여 사용함이 실내로 유입되는 강한 기류를 제어하기에 더욱 유리한 것으로 예상된다.

#### 4.4 인체쾌적을 고려한 이중외피 개구부 설계 기법

초고층 건물에 적용될 이중외피 시스템을 설계함에 있어 단계적인 절차가 필요하다. 이중외피를 적용하기로 결정한 후 적절한 환기 및 소음 차단 등에 대한 조건을 고려하여 이중외피 시스템의 유형을 검토해야 한다. 이러한 이중외피의 특징들을 통하여 적절한 이중외피의 양식을 결정할 수 있다. 이중외피의 유형이 결정되면 각각의 개구부의 치수와 실로의 공기 유입경로를 계획해야 한다. 이 단계에서 이중외피의 치수가 결정이 되며, 결정된 이중외피에 의해 형성된 기류가 재실자의 쾌적에 직접적인 영향을 미치므로 정확한 계획이 필요하다. 이 중요한 단계를 거쳐 운전 및 제어에 관한 계획을 통하여 완성을 함이 이중외피 시스템의 간략한 설계라 하겠다.

이중외피 시스템의 개구부 설계는 초기 설계시 매우 중요한 단계이다. 재실자는 실내에서 쾌적을 느낄 수 있는 적절한 환기를 필요로 한다. 개구부를 통하여 실내로 유입된 기류의 흐름 경로를 통하여 이러한 재실자의 쾌적 여부를 만족시킬 수 있다. 인체쾌적영역의 최대 한계치, 즉 필요조건은 기온 17~28℃, 상대습도 40~70%, 기류속도 0.5m/s 이하로 제시한다.

이 기준을 바탕으로 인체쾌적을 고려한 이중외피 개구부 설계 기법을 초고층 건물에 적용 가능한 유형별로 정리하면 다음과 같다.

##### (1) 복도형 이중외피 시스템

① 일반적으로 고층사무소 건물에서 가장 많이 사용되는 여단이창-I (Bottom-Hung 방식)을 기준으로 외측 외피의 개구부를 설계할 경우, 인체쾌적기류의 한계인 0.5m/s 이하를 만족하기 위하여 개구부의 면적은 0.20m<sup>2</sup>/m 이하로 계획하여야 한다.

② 내측 외피의 개구부인 창문 크기를 계획할 경우, 인체쾌적기류의 한계를 고려할 때, 불쾌감을 유발하지 않기 위하여 개구부의 크기를 0.90m 또는 1.20m로 계

획하는 것이 바람직하다. (외측 외피의 개구부 면적이  $0.20\text{m}^2/\text{m}$ 인 경우)

③ 내측 외피의 개구부인 창문 유형을 계획할 경우, 인체쾌적기류만을 고려할 경우 여닫이창-I (Bottom-Hung 방식), 여닫이창-II (Top-Hung 방식), 여닫이창-III (Open & Closing), 회전창 (Pivoted window), 이 네 가지 유형의 창호 모두 이용이 가능하다. 단, 쾌적조건의 한계치가 아닌 적정 범위의 실내쾌적을 유도하기 위해서는 여닫이창-II (Top-Hung 방식)을 이용하는 것이 바람직하다.

## (2) 박스형 이중외피 시스템

① 일반적으로 고층사무소 건물에서 가장 많이 사용되는 여닫이창-I (Bottom-Hung 방식)을 기준으로 외측 외피의 개구부를 설계할 경우, 인체쾌적기류의 한계인  $0.5\%$  이하를 만족하기 위하여 개구부의 면적은  $0.05\text{m}^2/\text{m}$ 가 되도록 계획하여야 한다.

② 내측 외피의 개구부인 창문 크기를 계획할 경우, 우선적으로 실내를 쾌적기류 조건에 만족시키기 위하여 외측 외피의 개구부 면적에 대한 고려가 명확하게 이루어져야 한다.

③ 내측 외피의 개구부인 창문 유형을 계획할 경우, 인체 쾌적 기류 및 실내 기류의 이동을 고려할 경우, 여닫이창-II (Top-Hung 방식)을 이용하는 것이 효과적이다.

## 제 5 장 결 론

본 연구는 초고층 사무소 건물에 자연환기를 가능하게 하는 유일한 설계기법인 이중외피 시스템의 인체쾌적기류를 고려한 적정 개구부 설계기법을 제시하는데 그 목적이 있다.

문헌 및 사례조사를 통하여 이중외피 시스템의 유형 및 환경적 특성들을 조사하고, 인체쾌적과 관련한 기준, 특히 실내쾌적기류에 대하여 알아보았다. 또한 이중외피 설계절차를 통한 변수 중 개구부에 관한 이론을 바탕으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석함으로써 적정 개구부 계획기법을 제시하였다.

본 연구의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 풍압감소효과, 바람에 의한 자연환기 효과, 문을 개폐하는 힘 등을 평가 인자로 이중외피 유형별 특성을 비교분석한 결과, 초고층 사무소 건물의 경우 복도형과 박스형 이중외피가 유리한 것으로 나타났다.

(2) 초고층 건물에 적용된 이중외피 시스템의 경우, 인체쾌적기류의 최대한계치를 0.5m/s를 기준으로 볼 때, 외측 외피의 유입구와 유출구의 역할을 하는 개구부의 크기는 복도형은 0.20m<sup>2</sup>/m 이하로, 박스형은 0.05m<sup>2</sup>/m 전후로 설계하는 것이 바람직하다.

(3) 이중외피 시스템의 내측 외피의 개구부 크기는 복도형의 경우 0.90~1.50m, 박스형의 경우 0.90~1.50m가 바람직하겠다.

(4) 초고층 사무소 건물의 내측 외피의 개구부인 창문유형은 복도형과 박스형 모두 여닫이창-II(Top-Hung 방식)을 이용하는 것이 인체 쾌적을 위한 기류를 얻기 위해 바람직하겠다.

본 연구에서 제안한 인체쾌적기류를 고려한 초고층 건물의 이중외피 개구부 계획에 관한 기법은 이중외피 설계 초기 단계에서 각각의 설계변수를 결정하는데 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 한계 및 추후 연구과제는 다음과 같다.

CFD에 의한 분석을 통한 초고층 건물 이중외피 시스템의 실내기류 및 평균풍속 결과를 도출하였는데, 실에서 발생하는 기계환기는 배제한 것으로 실을 공조할 경우 실내기류와 평균풍속에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

본 연구는 이중외피의 설계 변수 중 외부와 내측 외피에 위치한 개구부로 한정하였으며, 나머지 변수들을 고정인자로 설정하였다. 또한 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 분석에서 속도와 압력만을 고려하였으므로, 다른 설계변수 및 이중외피의 특별한 시스템, 기후조건에 따라 실내기류에 영향을 미칠 것으로 사료된다. 이에 추후 다양한 설계변수에 따른 시뮬레이션이 실시되어야 하겠다.

## 참고 문헌

1. 금종수 외 12인, **건축환경공학**, 시그마프레스, 1998
2. 김광우, “**공동주택의 이중외피 파사드 유리 선정에 관한 연구**”, 대한건축학회 학술발표논문집 제 22권 2호, 2002. 10
3. 김경욱 외 2인, “**이중외피 파사드의 건축 계획적 요소에 관한 연구 -유형별 특성에 의한 적용성을 중심으로-**”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 22권 2호, 2002
4. 김동화 외 5인, “**공동주택에서의 이중외피시스템의 자연환기 성능평가에 관한 연구**”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 22권 2호, 2002
5. 김성실 외 2인, “**이중외피구조 시스템의 응용기법에 관한 연구**”, 한국태양에너지학회 추계학술발표 논문집, v.2, 1996
6. 김정규, “**이중외피 시스템의 에너지 성능 및 경제성 예측에 관한 연구**”, 서울시립대 석사논문, 2003
7. 김지현 외 1, “**미기후를 고려한 고층건물의 계획에 관한 연구**”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 18권, 2호, 1998
8. 기상청, **한국기후표 제 I 권**, 1991.6
9. 나수연, “**공동주택의 자연통풍 계획에 관한 연구**”, 중앙대 박사논문, 1999
10. 대한건축학회, **건축환경계획**, 기문당, 2000
11. 박성준 외 5인, “**공동주택에서의 이중외피 파사드 적용에 관한 연구**”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 22권 1호, 2002
12. 박성준, “**공동주택에서 열부하를 최소화하는 이중외피 설계절차**”, 서울대 석사학위 논문, 2003
13. 서승직, “**건물의 이중외피 구조시스템 기법의 응용**”, 대한건축학회 논문집, 제 13권 제 5호, 1997
14. 서승직, **자연형환기 시스템**, Journal of the KGBC, 1012 Vol.2, No4
15. 석호태, **이중외피 커튼월 시스템의 특성 및 적용 타당성**, 건축, 2003.9
16. 손창우, “**초고층 주거건물의 자연통풍 개선방안에 관한 연구**”, 명지대 석사논문, 2001

17. 송국섭 외, “그린빌딩의 에너지 소모량 평가 및 환경성능분석”, 동우건축 건축기술 연구소, 1998
18. 송국섭 외 2인, “더블스킨과 아트리움이 설치된 사무소 건물의 에너지 성능평가 사례 연구”, 대한건축학회논문집 건축계 15권 8호(통권 130호), 1999
19. 송정 외 1인, “생태건축 기술이 적용된 오피스 계획에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 21권 2호, 2001.10
20. 신치웅, 空氣調和設備, 2003
21. 엄정원, “이중외피 시스템의 열환경 및 자연환기 성능평가”, 서울시립대 석사논문, 2002
22. 오재민, “자연환기를 고려한 고층 사무소 건물의 창문 유형별 환기 성능에 관한 연구”, 연세대 석사논문, 1995
23. 오재민 외 1인, “자연환기를 고려한 고층사무소 건물의 창 유형별 환기성능에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 15권 2호, 1995
24. 이경희, 建築計劃方法, 문운당, 1999
25. 이경희, 건축환경계획, 문운당, 2000
26. 이광로, 建築計劃, 문운당, 1989
27. 이서영 외 2인, “지속가능성을 고려한 건물의 외관 개선방향에 관한 연구 -중·대형 오피스를 중심으로-”, 대한건축학회 학술발표논문집 제 21권 2호, 2001
28. 이석원, “고층 사무소 건물의 자연환기 계획”, 연세대 석사논문, 1997
29. 이승복, 이중외피를 통한 자연환기, Journal of the KGBC 0103 Vol.2, No 1
30. 최동희 외 5인, “공동주택의 이중외피 파사드 유리 선정에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 22권 2호 2002.1
31. 황석호 외 2인, “이중외피시스템을 적용한 초고층 건물의 자연환기 성능 분석”, 태양에너지학회 춘계학술발표회 논문집, 2002
32. 황석호 외 3인, “통합디자인 프로세스를 이용한 이중외피 시스템의 디자인 방법에 관한 연구”, 대한설비공학회 2002하계학술발표대회 논문집, 2002
33. 허선, “이중외피 시스템이 적용된 초고층 사무소 건물의 자연환기에 관한 연구”, 중앙대 석사논문, 2002.12



34. **Active facades; Source book for better understanding of conceptual and operational aspects of active facades**, Belgian building Research Institute, Version 1, 2002
35. A. G. Davenport, **The Relationship of Wind Structure to Wind Loading in Proceeding of the Symposium on Wind Effects on Buildings and Structures**, Vol.1, National Physical Laboratory(Teddington, U. K.), Her Majesty's Stationery Office(London), 1965
36. **ANSI/ASHRAE Standard 55**(1992)
37. **ASHRAE Fundamentals Handbook**(1993), ch.8 : Physiological Principles and Thermal Comfort
38. Compagno, A., **Intelligent Glass Facades material, practice, design**, Birkhauser-Verlag, 1999
39. Emil Simu & Robert H. Scanlan, **Wind Effects on Structure**
40. Heinz W. Krewinkel, **Glass Buildings :material, structure and detail**, Birkhauser, 1998
41. **ISO 7730**, 1984
42. J. Vellozzi and E. Cohen, **Dynamic Response of Tall Flexible Structures to Wind Loadings in Proceedings of the Technical Meeting Concerning Wind Loads on Buildings and Structures**, Building Science Series 30, National Bureau of Standards(Washington. D. C.), 1970
43. Ken yeang, **The skyscraper**, Academy editions, 1996
44. Klaus Daniels, **Low-Tech light Tech High-Tech**, Birkhauser Publishers, 1998
45. Klaus Daniels, **The Technology of Ecological Building**, Birkhauser, 1997
46. Oesterle, Eberhard, **Double-skin Facades**, Prestel Pub, 2001
47. **PHOENICS 3.4 Documentation**, 200
48. Till Briegleb, **High-rise RWE AG Essen**, Birkhauser Publishers, 20001
49. Wigginton, M., Harris, J., **Intelligent skins**, Architectural press, 2002
50. 日本 建設省建築研究所 官民共同研究報告書, 1990

## 국 문 초 록

### 適定氣流速度를 考慮한 超高層 建物の 二重外皮 開口部 設計技法에 關한 研究

중앙대학교 대학원  
건축학과 건축계획 및 환경전공  
신 소 이  
지도교수 이 언 구

산업혁명 이후 사회적 경제적 필요에 의해 출현하기 시작한 일반 상업용도의 고층 건축은 현대에 이르러 그 발전과 변화의 속도가 급속히 진전되어 왔다. 또한 그 대부분은 도심지에 밀집하며, 제한된 대지의 효과적 활용을 위하여 고층화 되는 추세를 따르고 있다. 최근 유럽에서는 이러한 시대적 흐름과 건축 기술의 발전에 진일보하여 환경문제와 에너지 문제를 더욱 환경친화적으로 개선하기 위해 건물에 이중외피 시스템을 적용하고 있다.

건물의 자연환기는 초고층 건물뿐 아니라 일반 중·저층 건물에 있어서도 그 도입이 매우 어려운 실정이다. 이는 비와 눈, 그리고 일정하지 않은 외부풍속 및 풍향 등과 같은 외부환경에 기인한다. 그러나 이중외피 시스템은 외부환경과의 여과기로 작용하여 건물에서 불가능했던 자연환기의 문제점을 해소할 수 있다. 국내의 계절적인 특성을 정확히 파악할 경우, 건물의 자연환기를 통하여 재실자의 쾌적성 향상과 함께 에너지 절감효과를 동시에 얻을 수 있다. 자연환기로 인해 발생하는 실내기류는 재실자의 열평형과 열쾌적에 영향을 미친다. 이에 이중외피를 통하여 실내로 기류를 들이고자 할 때, 기류를 적정한 범위 내에 위치하도록 설계시 고려해야 한다.

따라서 본 연구에서는 문헌 및 사례조사를 통하여 초고층 사무소 건물에 자연환기를 가능하게 하는 유일한 설계기법인 이중외피 시스템의 환경적 특성 및 설계변수를 정리하고, 특히 자연환기를 위한 설계 변수 중 가장 큰 부분을 차지하

는 적정 개구부 설계를 위한 개구부의 면적과 내부 창문의 유형에 따른 실내기류 및 속도에 관하여 분석하고 이를 토대로 이중외피의 개구부 유형에 따른 유입기류가 인체에 미치는 영향 및 쾌적범위에 대하여 알아보하고자 한다. 또한 이 연구를 통하여 추후 이중외피 시스템의 개구부 설계의 기초 자료를 제시하는데 목적이 있다.

본 연구의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 풍압감소효과, 바람에 의한 자연환기 효과, 문을 개폐하는 힘 등을 평가 인자로 이중외피 유형별 특성을 비교분석한 결과, 초고층 사무소 건물의 경우 복도형과 박스형 이중외피가 유리한 것으로 나타났다.

(2) 초고층 건물에 적용된 이중외피 시스템의 경우, 인체쾌적기류의 최대한계치를 0.5m/s를 기준으로 볼 때, 외측 외피의 유입구와 유출구의 역할을 하는 개구부의 크기는 복도형은  $0.20\text{m}^2/\text{m}$  이하로, 박스형은  $0.05\text{m}^2/\text{m}$  전후로 설계하는 것이 바람직하다.

(3) 이중외피 시스템의 내측 외피의 개구부 크기는 복도형의 경우 0.90~1.50m, 박스형의 경우 0.90~1.50m가 바람직하겠다.

(4) 초고층 사무소 건물의 내측 외피의 개구부인 창문유형은 복도형과 박스형 모두 여닫이창-II(Top-Hung 방식)을 이용하는 것이 인체 쾌적을 위한 기류를 얻기 위해 바람직하겠다.

본 연구에서 제안한 인체쾌적기류를 고려한 초고층 건물의 이중외피 개구부 계획에 관한 기법은 이중외피 설계 초기 단계에서 각각의 설계변수를 결정하는데 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## ABSTRACT

### **A Study on Window Design Strategies in Double skinned High-rise Buildings for Optimum Indoor Wind Velocity**

Shin, So-Yi

Dept. of Architecture

The Graduate School of Chung-Ang University

Advised by Prof. Rhee, Eon-Ku, Ph. D.

After the Industrial Revolution, commercial high-rise buildings begin to appear for the social and economical necessary. Up to the present time they make progress at high speed. Most high-rise buildings stand close together in the downtown and are tending high-rise for an effective use of limitless site. In recent Europe, the double skin system applies to buildings to improve on environment and energy problems sustainedly.

It is difficult to introduce of natural ventilation at common buildings more than high-rise buildings. It is caused by outdoor environment which is rain, snow, and the irregular velocity and direction of the wind. But the double skin system operates upon filter of outdoor environment and solves a problem of natural ventilation. If you get a grip on seasonal characteristic within the country, you can get comfort improvement and energy reduction at the same time. Indoor wind generated of natural ventilation has an effect to heat balance and thermal comfort. When the wind enters into indoor through double skin system, you have to consider the indoor wind which is comfort on design strategies.

Therefore this study through documents and case studies adjusts the environmental quality and design parameters of double skin system. Especially, the

great part in design parameters for natural ventilation is optimum window design which includes areas of window and type of inside window. By an early foundation the object of the study is to inquire out an influence to be mad in a human and comfort range of indoor wind velocity along window types of double skin system. The object of the study is to present basic data about window design strategies of the double skin system

The results of the study can be summarized as follows:

(1) With evaluation factors which are a wind pressure decrease effect, natural ventilation effect by a wind, and forces to open and close a door etc, the results that comparison analyzed a characteristic by double skin system types come out that corridor and box double skin system are favorable in high-rise buildings.

(2) A case of double skin system to have been applied to high-rise buildings, when the standard that is the maximum of the human comfort indoor wind is 0.5  $\text{m/s}$ , window area playing inlet and outlet of outside facade is desirable: the corridor double skin is under  $0.20\text{m}^2/\text{m}$ , the box double skin is about  $0.05\text{m}^2/\text{m}$ .

(3) The window size of inside facade is desirable: the corridor double skin is 0.9~1.50m, and the box double skin is 0.90~1.50m, too.

(4) In high-rise buildings the window type of inside facade is desirable to use Top-Hung (Open-out) window to get optimum indoor wind velocity both the corridor and box double skin.

In double skin system design early stage, window design strategies in double skin high-rise buildings for optimum indoor wind velocity proposed in this study expect to be able to utilize as a basic data for decision on each design parameters.

## 감사의 글

대학원 입학 을 위해 적었던 학업계획서를 다시금 펼쳐보았습니다. 시작할 때의 각오와 는 달리 2년의 시간은 너무나 빠르게만 지나간 것 같습니다. 다시금 건축을 시작할 때의 초심을 기억하며, 저에게 내려준 가장 큰 선물인 건축에 대한 열정을 기억 해야겠습니다.

먼저 저에게 인생에 모범이 되어주시고, 목표를 보여주신 이언구 교수님께 감사와 존경 을 표합니다. 논문이 마무리되기까지 세심한 지적과 관심을 보여주신 송국섭 교수님, 저를 연구실까지 인도해주셨고 논문까지 세세하게 관심 가져주신 권영철 교수님, 건축을 전공 하면서 학문적 가르침과 애정을 베풀어주신 이배화 교수님, 최계석 교수님, 엄상권 교수님, 서성연 교수님께 감사드립니다.

연구실에 들어와 부족한 모습을 자상하게 돌봐주시며 항상 모범이 되어주신 박진철교수님, 이동주 교수님, 김남규 교수님, 김세훈 교수님, 나수연 교수님, 이관호 교수님께 감사드립니다. 논문뿐만 아니라 연구실 생활에 힘이 되어주신 김기훈 박사님, 유형규 실장님, 항상 웃는 모습으로 용기를 주신 호준오빠, 주영언니, 상형오빠, 우진식 과장님, 많은 시간을 같이하며 동기애를 보여준 기혁오빠, 민경이, 진우에게 고마운 마음을 전합니다. 같이 논문 쓰며 고생도 하고 많은 도움 받은 진명오빠, 진철오빠, 진경이, 후배 진영이, 종연이, 유대중 선배님, 다시금 같이 연구실 생활하고픈 경옥언니, 현진언니, 선언니, 승현오빠, 그리고 건축과 대학원의 동기들·선배님·후배님들께도 감사드립니다.

지금까지 앞으로도 내 인생의 벼이 되어줄 광석, 금영, 병무, 여진, 유진, 홍식, 생각만으로도 삶에 행복을 가져다주는 김영산장 멤버들, 학부동기들에게 감사와 사랑을 전합니다.

무엇이든 시작만 생각하는 못난 딸 지금까지 믿어주시고 언제나 제 뒤에서 가장 큰 버팀목이 되어주신 아버지와 어머니께 깊은 감사와 사랑을 드리며, 은영언니, 형부, 민수, 천사같은 조카 유빈 사랑합니다. 마지막으로 이 논문이 끝이 아닌 새로운 시작임을 강조하며 초심을 일깨워주시고, 열정을 북돋아 주신 부모님께 이 논문을 바칩니다.

2003년 겨울 어느 늦은 밤  
신 소 이 드림