

# 초고층 주상복합 건물의 실내 환경 성능 향상을 위한 외피부 개선방향에 관한 연구

## A Study on the Envelop to Improve Interior Environment Performance of High-rise Residential Building

박상훈\*    조가영\*\*    이선우\*\*    조재훈\*\*\*    여명석\*\*\*\*    김광우\*\*\*\*\*  
Park, Sang-Hoon, Cho, Ga-Young, Lee, Sun-Woo, Jo, Jae-Hun, Yeo, Myoung-Souk, Kim, Kwang-Woo

### Abstract

The architectural difference between the existing residence and high-rise residential building causes changes on environmental conditions such as ventilation and insulation. The object of this study is to present the improvement on envelop of high-rise residential buildings to reduce heating and cooling load. To improve the environmental performance of envelop, it is necessary to modify envelop vent system and ensure intermediate space.

In this study, the shape of vents in high-rise residential buildings has been inspected, and the survey about the interior environmental conditions related to the envelop of high-rise residential building has been conducted. Environmental measurement has been done to examine out door air quality for natural ventilation.

키워드 : 초고층 주상복합, 냉방부하, 난방부하, 외피부, 자연 환기

Keywords : High-rise residential building, Cooling load, Heating load, Envelop, Natural ventilation

### I. 서론

현대에 들어서 교통 혼잡으로 인해 출퇴근 시간이 복잡해지고 도심공동화 현상이 심해지자 이를 해결하기 위한 방안으로 초고층 주상복합이 등장하게 되었다. 초고층 주상복합은 기존의 판상형 아파트와 비교하여 건물의 고층화, 센터코어형 구조, 커튼월 외피 등 건축적인 차이점이 있으며, 이와 같은 건축적 양식의 차이로 인해 냉난방부하가 증가하고 이는 과도한 에너지 사용을 유발하여 거주자의 불쾌적으로 이어진다. 건물 외피는 실내와 실외를 구분 짓는 경계로써, 외피에 의해 실내 환경 성능이 결정된다는 점에서 중요한 의미를 담고 있다. 냉난방부하의 증가 역시 외피부의 환경 성능과 깊은 연관이 있으며, 초고층 주상복합의 경우 앞서 언급한 건축적인 특성으로 인하여 외피가 환경 성능에 더욱 많은 영향을 미칠 수 있다.

현재 초고층 주상복합의 외피부는 건물의 높이나 구조와 연관되는 건축적 제약이 상대적으로 덜함에도 불구하고 기존 고층사무소 건물의 커튼월을 별다른 개선 없이 차용하고 있는 실정이어서, 주거에 적합하도록 외피부의

성능을 개선해야 할 필요성이 있으며, 이를 통해 초고층 주상복합의 실내 환경 성능을 향상시킬 수 있을 것이라고 판단된다.

본 연구에서는 초고층 주상복합의 냉난방부하 증가 원인을 찾고 이를 해결하기 위한 외피부의 성능 개선 방향에 대하여 모색하였다. 초고층 주상복합 외피부의 환기창 형태를 파악하기 위해 외피부 현황을 조사하는 한편, 설문 조사를 통해 초고층 주상복합 거주자가 느끼는 실내 환경에 대한 의견을 수렴하여 외피부 개선 방향을 설정하였다. 끝으로 외기 도입에 대한 타당성을 검토하기 위하여 환경 측정을 수행하였다.

### II. 초고층 주상복합 외피현황

#### 1. 초고층 주상복합의 외피부 형태 조사

환기창의 개방 형태는 환기창의 면적과 더불어 환기량을 결정하는 주요한 요소이며 이에 따라 외기 도입량이 결정된다. 따라서 초고층 주상복합 외피의 환기창 개방 형태를 조사하여 현재 외기 도입 실태를 파악하였다. 조사는 국내에서 초고층 주상복합이 가장 많이 분포한 서울의 여의도, 용산구, 강남구, 양천구 지역에서 총 15개 초고층주상복합에 대하여 이루어졌다.

외피부 형태 조사 결과 표 1과 같이 조사 대상 건물은 대부분의 경우 외피에 커튼월을 적용하고 있었으며, 커튼

\* 서울대학교 대학원 건축학과 석사과정  
\*\* 서울대학교 대학원 건축학과 박사과정  
\*\*\* 대림산업(주) 기술연구소, 선임연구원, 공학박사  
\*\*\*\* 서울대학교 건축학과 조교수, 공학박사  
\*\*\*\*\* 서울대학교 건축학과 교수, 건축학박사

표 1. 초고층 주상복합 외피부 유형

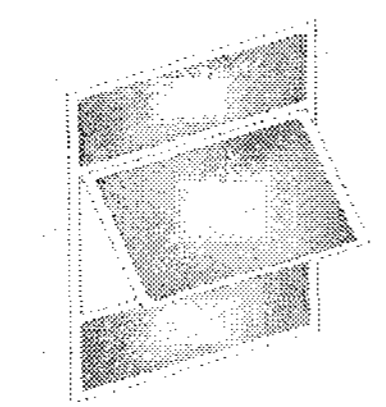

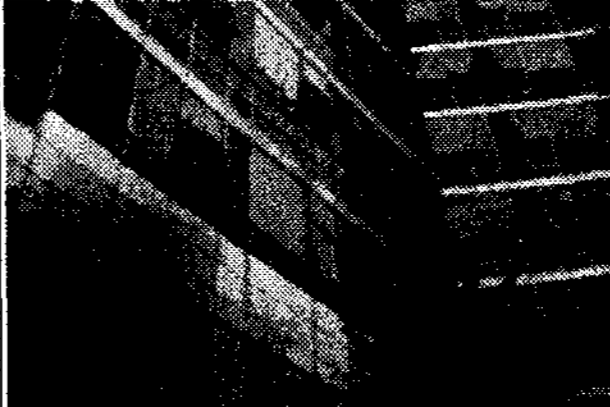
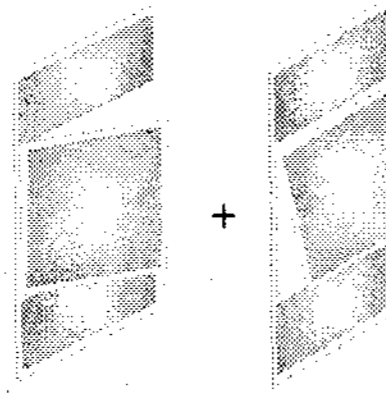


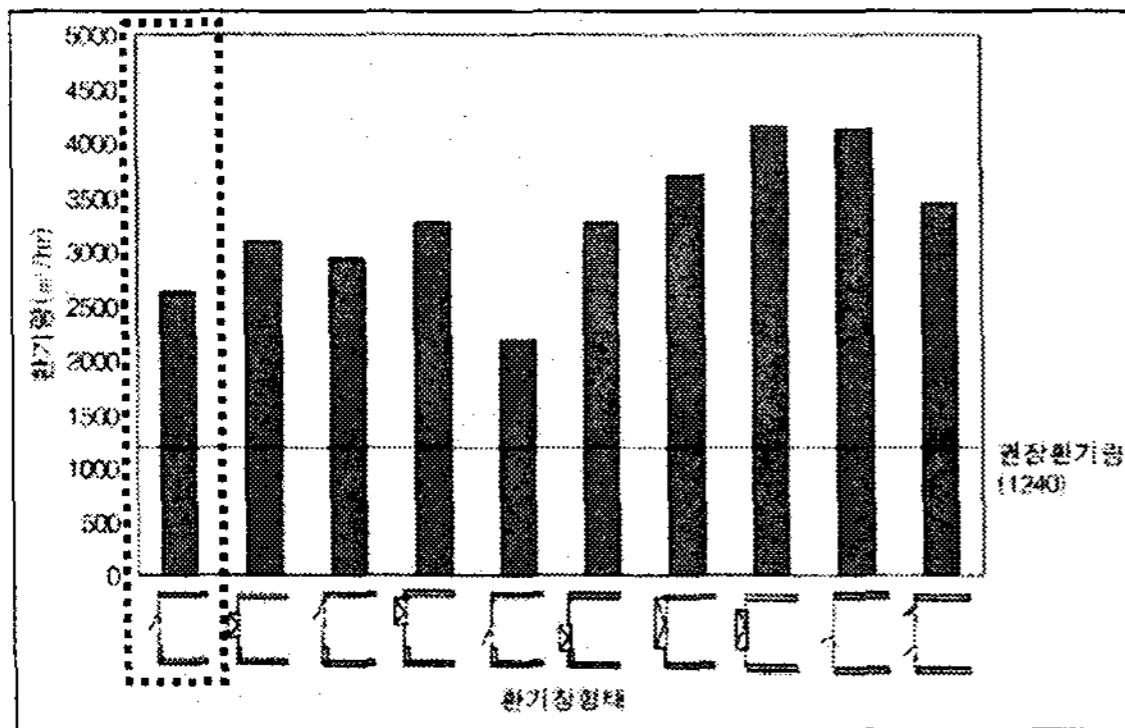
명칭	형태	적용모습		적용현황
		실내측	실외측	
Top-hinged out swinging window				15개 조사대상 건물 중 14개 건물에 적용됨
Top-hinged out swinging window + Side-hinged out swinging window				15개 조사대상 건물 중 1개 건물에 적용됨

표 2. 환기창 형태에 따른 환기량 시뮬레이션



월 면적의 일부를 프레임으로 구획하여 환기창으로 사용하고 있었다. 환기창은 여의도의 T초고층 주상복합의 저층부를 제외한 모든 경우에서 top-hinged out swinging window 방식이 적용된 것으로 나타났으며, 여의도의 T초고층 주상복합의 저층부에서만 top-hinged out swinging window 방식과 side-hinged out swinging window 방식이 조합되었다. 동일한 top-hinged out swinging window 방식임에도 불구하고 구획을 넓게 나누어 환기창의 면적을 보다 넓게 확보하는 경우도 발견할 수 있었다.

2. 초고층 주상복합 외피 적용 현황 분석

센터코어형 구조로 인하여 맞통풍이 불가능하여 환기창의 역할이 중요함에도 불구하고 초고층 주상복합의 커튼월에서 환기창이 차지하는 면적과 개방 각도가 작음을 알 수 있었는데, 이는 넓은 개방 면적으로 인한 추락이나 과도한 풍압으로 인한 사고위험을 줄이기 위한 것으로 판단된다. Top-hinged out swinging window 방식의 경우 시뮬레이션<sup>1)</sup> 결과 표 2와 같이 환기량이 2600m<sup>3</sup>/hr로

써 권장 환기량인 1240m<sup>3</sup>/hr을 만족시킬 수 있으나, 타 개방방식에 비해 개구율이 낮아 환기량이 상대적으로 적기 때문에 외기 냉방에 필요한 자연 환기가 충분히 이루어질 수 없었다. 이를 해결하기 위하여 top-hinged out swinging window 방식에서 창의 높이나 폭을 변형하여 단점을 보완할 수 있으나 개방각도가 크지 않아 환기 성능이 불완전하였다. 상대적으로 위험도가 적은 저층부에서만 side-hinged out swinging window를 top-hinged out swinging window 방식과 조합시킨 사례도 있었으나 한 곳에 불과하였다.

III. 초고층 주상복합 거주자 설문

1. 초고층 주상복합 거주자 설문 개요

초고층 주상복합의 외피부가 실내 환경 성능에 미치는 영향을 파악하기 위해 초고층 주상복합의 외피와 관련된 환경 성능에 대한 설문을 실시하였다. 이를 통해 초고층 주상복합 거주자가 실생활에서 느끼는 온열환경, 공기환경, 빛환경, 음환경 성능을 파악하여 문제점을 도출하고 개선 방향을 설정하였다.(표3) 설문은 서울시의 A초고층 주상복합에서 실시하였으며, 설문의 신뢰도를 향상시키기 위하여 건물 내에서 세대의 높이와 향이 고르게 분포하도록 설문 대상을 선정하였다.

2. 초고층 주상복합 거주자 설문 결과 및 개선방향

설문 결과 실내 환경 성능에 영향을 줄 수 있는 외피부의 문제점이 지적되었다. 발코니 확장으로 인하여 외피의 취약점이 부각되어 냉·난방부하가 증가하였고 겨울철 cold draft를 유발하는 것으로 나타났다. 외피에서 누수와 침기가 발생하고 있었는데 고층부의 높은 외부풍압에 대한 고려가 부족했음을 의미한다. 또한 환기창의 작은 개방면적으로 인하여 기류속도가 감소하게 되어 자연 환기가 부족하고, 심리적 개방감이 적어 답답하다는 의견도 제기되었다. 설문 결과와 원인을 분석은 표 4와 같다.

1) 대림산업주식회사, 아크로비스타 건설기록지, 2004, p. 311.  
권장환기량의 산정 방법 : 환기 회수 8회, 내부체적 155m<sup>3</sup>

표 3. 초고층주상복합 거주자 설문 항목의 분류와 구성

환경 성능 분류	하위 항목의 구성
온열환경	온열감
	습도
	결로현상 발생여부
	차양의 유형
	차양의 목적
	차양의 사용 빈도
	냉방 가동 시기
공기환경	냉난방비용
	틈새바람과 바깥바람의 영향
	환기 장치의 사용 여부
	창호의 개방 방식과 개방 면적
	자연 환기의 빈도
빛환경	자연 환기의 만족도
	실내공기질에 대한 만족도
	차양의 유형
	차양의 목적
음환경	차양의 사용 빈도
	눈부심의 발생과 영향
	외부 소음의 영향
	창호의 차음 성능

1) 외기 도입을 통한 자연 환기 성능의 확보

건물이 고층화 양상을 띠면서 냉방부하가 늘어났으며, 냉방부하의 증가는 유리의 면적 비율이 높은 커튼월 외피 사용에 의해 심화되었다. 반면 풍압과 안전상의 문제로 인하여 환기창의 개구면적이 작아져 환기량은 감소하였고, 이 경우 외기냉방 효과를 거둘 수 없어 냉방기간이 길어지므로 에너지 사용량에 직접적인 악영향을 미치게 된다. 따라서 중간기에 외기냉방이 이루어질 수 있을 정도의 충분한 환기량을 확보할 수 있는 개구부의 설계가 요구된다.

2) 기류 속도의 확보

초고층 주상복합 거주자는 외기의 도입을 통한 기류감을 느끼고 싶어 하는 것으로 나타났다. 초고층 주상복합 거주 이전에 기존 판상형 아파트에서 맞통풍을 경험한 거주자일수록 이런 경향이 더욱 두드러졌다. 따라서 불쾌적을 유발하지 않는 범위 내에서 현재보다 높은 기류 속도로 외기를 도입하는 것이 필요하다. 한편 저층부와 고층부는 외부 풍압이 달라 기류 속도에 차이가 있으므로 개방 면적을 달리 할 수 있다.

3) 심리적 개방감의 확보

거주자는 실제 환기량과는 무관하게 심리적으로 개방된 느낌을 원하였다. 거주자 설문 대상이었던 초고층주상복합은 환기량 요구치를 충족시키고 있었으며 실내공기질도 양호한 것으로 측정되었으나, 개방창이 기존의 판상형 아파트에서 사용하던 슬라이딩 방식과 같이 활짝 개방되지 않고, 개방 면적이 작아 거주자가 심리적으로 답답함을 느끼는 것으로 판단된다. 이를 해결하기 위해 현재 top-hinged out swinging window 방식의 일괄 적용에서 벗어나 개방 면적이 눈에 띄는 다양한 형태의 환기창 유형과 조합에 대한 검토가 필요하다.

표 4. 초고층주상복합 거주자 설문 결과와 원인 분석

설문 항목	설문 결과	원인 분석
온열 환경	냉난방부하의 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>유리 면적 비율이 높은 외피를 통한 일사의 과도한 유입</li> <li>발코니 확장으로 인해 완충공간 삭제</li> </ul>
	누수 및 침기의 발생	<ul style="list-style-type: none"> <li>고층부일수록 외부 풍압이 높아 외피의 기밀성이 상대적으로 저하</li> </ul>
	Cold Draft의 발생	<ul style="list-style-type: none"> <li>겨울철 외부로의 과도한 열손실 발생</li> <li>발코니 확장으로 인해 외피의 기밀성 부족</li> <li>발코니 확장공간에는 난방이 되지 않아 cold draft가 더욱 심화</li> </ul>
공기 환경	기류속도의 저하	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부 기류속도가 낮을 경우, 환기창의 개방면적이 작아 실내 유입시 기류속도가 저감되어 재실자가 기류감을 느끼기 어려움</li> <li>실제 환기량이 기준을 넘어도 거주자는 환기량이 부족하다고 느낌</li> <li>외부 기류속도가 높을 경우, 창이 갑작스럽게 닫힘</li> </ul>
	자연 환기의 부족	<ul style="list-style-type: none"> <li>센터코어형 구조로 인하여 맞통풍이 불가능</li> <li>작아진 환기창의 개구면적으로 인해 환기량이 감소하여 외기냉방효과 감소</li> <li>자연 환기의 감소로 인해 냉방 부하 및 기간 증가<sup>2)</sup></li> </ul>
	심리적 개방감 부족	<ul style="list-style-type: none"> <li>눈에 보이는 개방면적이 작고 기류를 느낄 수 없어 심리적으로 답답함과 불쾌적함을 느낌</li> <li>판상형 아파트에서 흔히 사용하는 슬라이딩 방식이 아닌 풀 아웃 방식의 환기창에 익숙하지 않음</li> </ul>
빛 환경	차양의 비효율적 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>내측에 차양을 설치한 후 운영하지 않고 고정함</li> <li>차양이 온열성능의 기능을 전혀 하지 못하고 있음</li> </ul>
음 환경	거주자 요구 조건 만족	<ul style="list-style-type: none"> <li>저층부에서 식생으로 인하여 각종 소음이 차단됨</li> <li>고층부에서 소음의 거리 감쇄 효과로 인하여 문제시 되지 않음</li> </ul>

4) 단열 성능의 확보

발코니 확장으로 인하여 발코니가 담당했던 환경적 기능인 열적 완충공간이 사라지면서 난방부하가 증가하게 되었다. 발코니가 삭제될 경우 단일 외피 시스템과 마찬가지로 단열성능이 취약해진다. 기존 발코니 공간은 환경적으로 증공층의 기능을 수행하였으므로 초고층 주상복합 커튼월에 증공층을 도입하여 난방부하를 저감하는 방안을 검토할 수 있다. 또한 외피의 단열 성능은 외피부를 구성하는 유리 조합 방법, 증공층의 폭, 내측창과 외측창의 유형, 환기창의 개방 방식 및 면적과 같은 다양한 요소의 영향을 복합적으로 받기 때문에 이에 대한 종합적인 고려가 있어야 한다.

2) 2006년 9월 13일자 조선일보 기사, [주상복합은 '전기료 먹는 하마']

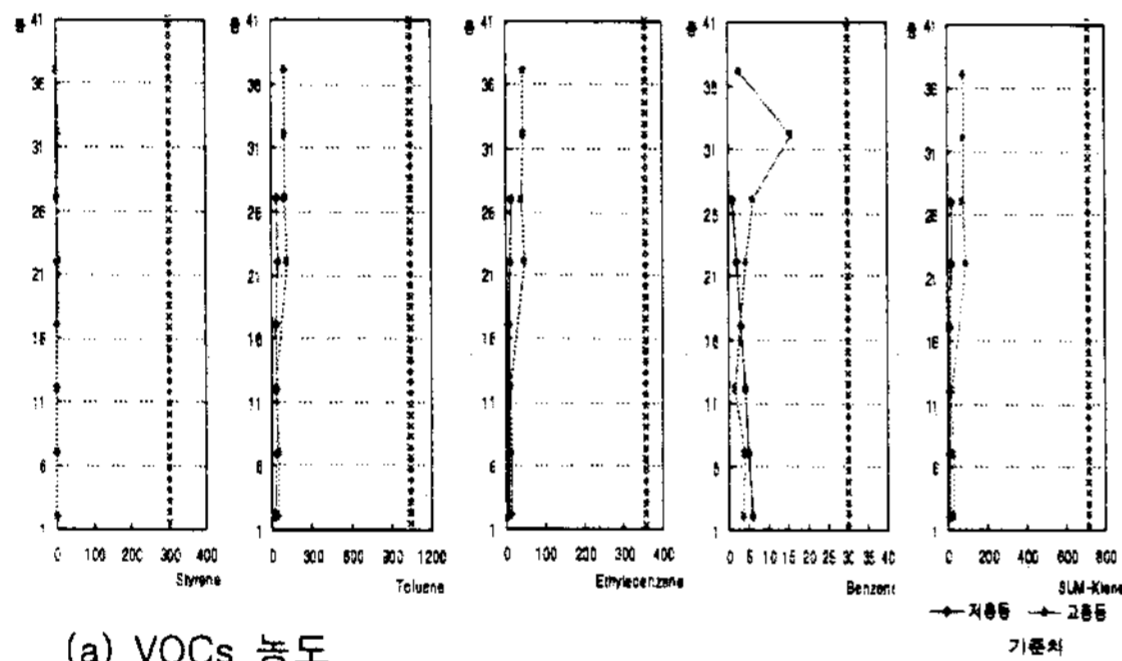
#### IV. 외기 도입 가능성 판단을 위한 현장측정

##### 1. 초고층 주상복합 현장측정 개요

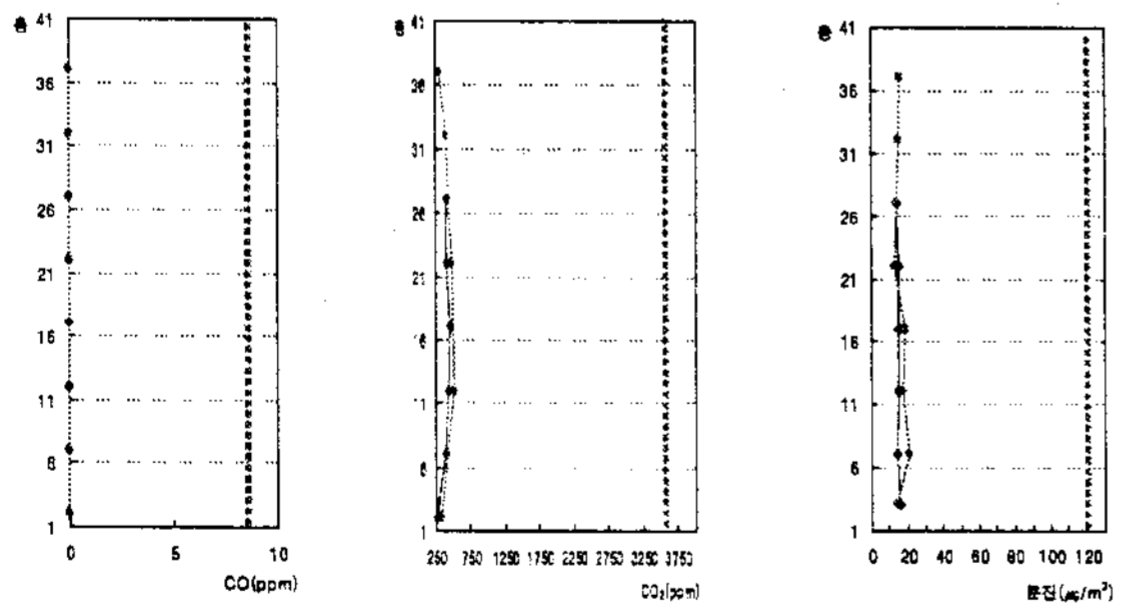
자연 환기의 확대 적용으로 냉방부하를 줄일 수 있도록 외기 도입의 타당성을 검토할 필요가 있었으며, 이를 위해 외기의 청정도를 측정하였다. 지역별 대기 상태는 서울에서 주상복합이 많이 분포하는 용산구, 강남구, 양천구 지역에서 오염 물질 농도를 모니터링 하였으며, 3) 높이별 대기 상태는 서울 도심지에 위치하는 A초고층 주상복합 두 개 동의 서향과 동향 환기창에서 5개 층 간격으로 각각 약 40층 높이(120m)까지의 대기 오염물질 농도를 측정하였다.

##### 2. 초고층 주상복합 외부 현장측정 결과 및 분석

초고층 주상복합 외부 현장측정 결과 외기의 오염도는 허용 기준치에 크게 못 미치는 것으로 나타나, 자연 환기를 위해 외기를 실내로 도입하는 것이 가능하다고 판단된다. 실시간 모니터링 결과 지역별로 세 개의 구 모두 표 5와 같이 전시간대에 걸쳐서 대기 오염 허용 기준치를 밑돌았다. 높이별로는 건물의 저층부와 고층부 모두 대기 오염 허용 기준치<sup>4)</sup>보다 낮았으며, 높이에 따른 뚜렷한 경향성을 보이지 않았다.(그림 1)



(a) VOCs 농도



(b) CO, CO<sub>2</sub> 농도

(c) 분진 농도

그림 1. 높이별 대기 상태 측정 결과

3) 지역별 대기 상태는 서울시 대기환경정보서비스의 공개 값이며, 모니터링 시점은 2006년 9월 27일.  
4) 환경부, 대기환경연보(2004) 2005 : Annual Report of Ambient Air Quality in Korea, 2004, 2005.

표 5. 지역별 대기 상태 측정값 모니터링 결과

측정 항목[단위]	측정 지역	측정 결과	허용기준
SO <sub>2</sub> [ppm]	용산구	0.005	0.120
	강남구	0.005	
	양천구	0.006	
O <sub>3</sub> [ppm]	용산구	0.010	0.100
	강남구	0.005	
	양천구	0.005	
NO <sub>2</sub> [ppm]	용산구	0.046	0.140
	강남구	0.037	
	양천구	0.037	
CO[ppm]	용산구	0.900	25.000
	강남구	0.400	
	양천구	0.600	
분진(PM10) [μg/m <sup>3</sup> ]	용산구	55.000	120.000
	강남구	64.000	
	양천구	68.000	

#### V. 결론

본 연구에서는 초고층 주상복합의 냉·난방부하 저감을 위해 외피부의 실태를 파악하고 거주자 설문조사를 통해 문제점을 파악한 후, 자연 환기 성능과 단열 성능의 향상 방안을 모색해 보았다. 본 연구의 결과는 현재 일괄 적용되다시피 한 초고층 주상복합 외피부의 개선을 통해 실내 환경 성능을 향상시키는 방향을 마련하였다는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

- 1) 초고층 주상복합은 일반적으로 외피에 커튼월을 사용하며, 개방창은 top-hinged out swinging window 방식이 적용되었으며
- 2) 초고층 주상복합 거주자 설문을 실시한 결과 냉·난방부하의 증가와 자연 환기의 부족 측면에서 문제점이 제기되었으며, 자연 환기 성능의 확보, 기류 속도의 확보, 심리적 개방감의 확보, 단열 성능의 확보가 필요한 것으로 나타났다.
- 3) 외기의 오염도는 기준치보다 낮은 것으로 측정되었으며, 따라서 냉방 부하를 줄이기 위하여 자연 환기를 도입하는 것이 가능하다.
- 4) 초고층 주상복합의 실내 환경 성능 개선을 위해서는 개방창의 형태와 개방 면적의 개선, 중공층 도입이 필요한 것으로 판단된다.

본 연구의 결과를 바탕으로 향후 초고층 주상복합 외피부에 이와 같은 개선 방향의 적용을 염두에 두고 구체적인 외피 설계 방안에 대한 연구를 진행하고자 한다.

#### 참고문헌

1. 대림산업주식회사, 아크로비스타 건설기록지, 2004.
2. 환경부, 대기환경연보(2004) 2005 : Annual Report of Ambient Air Quality in Korea, 2004, 2005.
3. 서울시 대기환경정보서비스 웹사이트 <http://air.seoul.go.kr>