

# 대형오피스 빌딩 혼합공조(시스템에어컨 + 중앙공조) 적용사례

( Application of Mixed HVAC in Large Sized Office Building )

서경진, 정기호

(주)삼성전자 CAC 마케팅그룹 (kiho.jung@samsung.com)

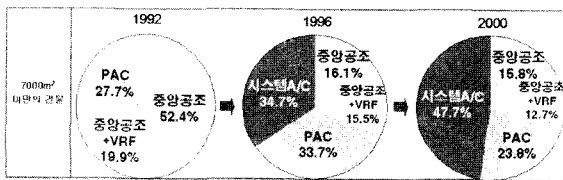
## 머리말

국내 시스템에어컨 시장은 신도시 형성과 주상복합건물 및 중대형 아파트의 전실공조 필요성이 증대하고 빌딩 리노베이션 등 지속적인 건설시장 성장에 따라 수요가 급격히 증가해 왔으며, 중대형 공조설비를 대체할 차세대 공조시스템으로 시장에서 평가받고 있으며, 상업용 공조시장에서 차지하는 비율도 점차 증가하고 있다. 이런 결과 지난해 3,000~3,500억 원대의 시장 규모는 올해 4,500~5,000억 원대로 성장이 예상되며, 매년 30% 이상의 지속적인 시장 확대가 예측되며, 도입초기에 주상복합, 아파트, 교단, 병원, 중소형 빌딩 등에 한정되었던 시장은 최근에는 중대형 빌딩용 멀티 에어컨의 수요가 꾸준히 늘어나고 있으며 선진시장인 일본에서 중앙공조 및 멀티에어컨의 장점만을 이용한 혼합 공조시스템이 90년대부터 적용되어져 왔으며, 현재에는 대형오피스 빌딩의 경우에도 공조방식이 시스템에어컨 및 혼합공조가 증가하는 추세이다.

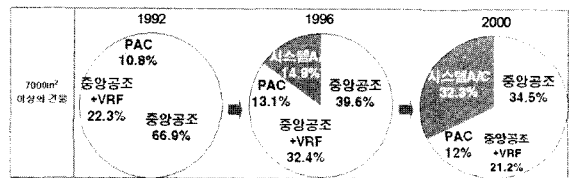
국내에서는 삼성전자가 2003년 8월에 빌딩 멀티용 제품인 DVM PLUS를 국내 최초로 개발, 디지털스크롤 용량가변 압축기에 의한 부분부하 제어성이 우수하고 신뢰성 확보를 위해 압축기 1대 고장시에도 시스템 Back-up 운전이 가능하도록 설계되었으며, BMS(building management system) 및 고장예지시스템의 지속적인 Upgrade가 가능한 Flash Memory 방식의 MICOM을 채택, 다양한 제어 Solution을 지원 가능한 방식으로 국내 빌딩 멀티에어컨의 기술경쟁력을 확보함과 동시에 삼성전자 수원사업장내에 건설 중인 복합 연구동(R4 Project)에 국내 최초로 혼합공조(시스템에어컨+중앙공조)를 적용하였으며, 신공조 문화에 대한 상업용 빌딩의 적용방법 및 검토되어야 될 필요기술에 대하여 소개를 드리고자 한다.

## 공조설비 개요

R-4 Project는 연면적 55,000평, 지하 5층, 지상 37



(a) 7000m² 미만의 건물



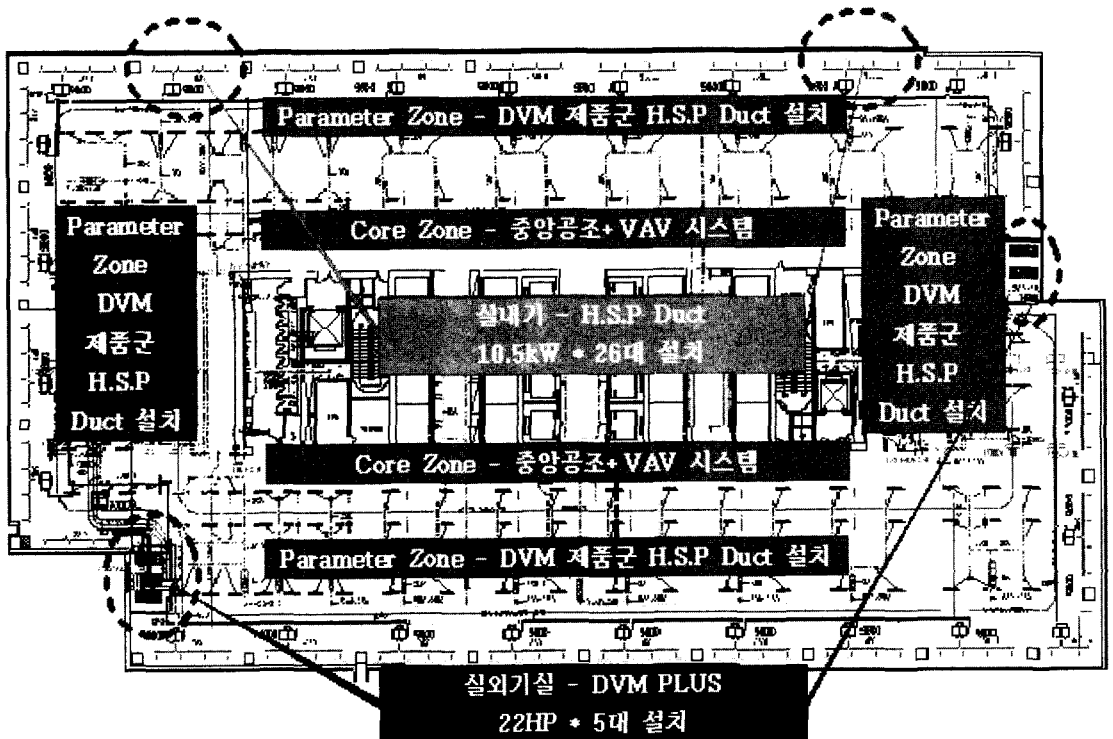
(b) 7000m² 이상의 건물

[그림 1] 일본 빌딩공조방식의 추세

층의 연구동 빌딩으로서, 위치인식시스템(자산 및 사람에게 부착된 무선 단말기의 현재 위치를 실시간으로 파악 근무자의 위치를 파악하여 향상된 쾌적한 환경 서비스(공조, 조명)를 제공)를 갖춘 초현대식 Intelligent 빌딩이다. 공조방식은 크게 외주부(Parameter Zone)와 내주부(Core Zone)로 구분되어지며, 외주부는 DVM PLUS 제품군의 고정압 Duct형 실내기를 설치하여 기존에 사용했던 VAV Unit+Convactor의 역할을 담당하였고, 내주부는 중앙공조와 VAV 시스템을 이용하여 적용하였다.

각 방위별 Skin Load에 맞추어서 실내기 및 실외기를 독립적 Zoning 하였으므로, 태양 복사열에 대한 부분부하 및 각 방위별 동시 냉난방이 가능하도록 설계 하였으며, 실내기 Chamber의 Main Duct에서  $\phi 250 \times 4$ 구로 분기하여, Supply Diffuser를 건물 외벽 유리창에서 1.5 m에 설치, Diffuser 토출 풍속을 2.6~3.1 m/s로 기류 분포 및 도달거리를 최적화하였고, Ceiling Return 방식을 채택, 외벽 유리창에

서 3 m 지점에 Return Diffuser를 설치 하였다. 전체 공조부하의 약 30%의 외주부의 부하를 담당하기 위해 기준층 기준, 실외기실을 2곳에 22HP DVM PLUS 을 5대를 설치하여, 실내기, 실외기의 장비관에 따른 능력저하를 최소화 하였다. 실외기실의 운전 소음이 내벽을 통한 실내 유입을 방지 하기 위해 250 mm 방음벽 및 이중흡입도어를 설치하였고, 실외기의 반출입 및 유지보수관리를 위해 출입문 전면 1,400 mm, 실외기 Control Box간 700 mm의 공간을 확보 하였으며, 난방 운전시 발생하는 응축수의 배수를 위해 바닥에 바닥 드레인배수관을 설치하였다. 외벽에는 공기의 유동을 원활하게 하기 위해 개구울 85% Louver를 설치하였고, Louver의 Angle 각도 10~15°로 실외기 팬의 압력강화에 의한 풍량 감소를 최소화 하였다. 실외기 바닥은 에폭시 방수 처리후 200 mm의 콘크리트 기초와 자체 개발한 방진가대를 설치하여, 실외기 집단설치에 따라 진동 소음을 최소화 하였다.

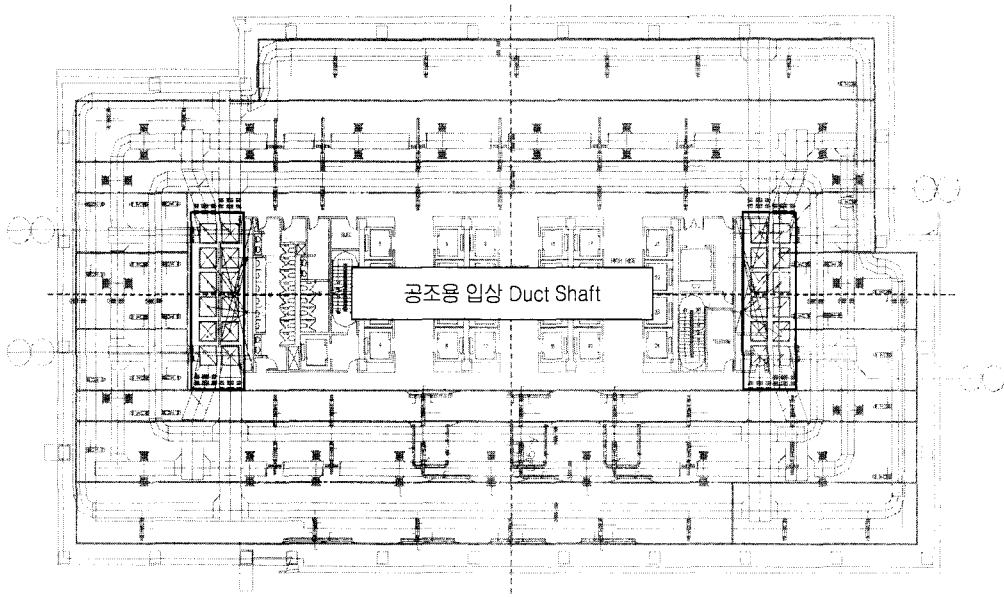


[그림 2] 기준층 공조설비 도면

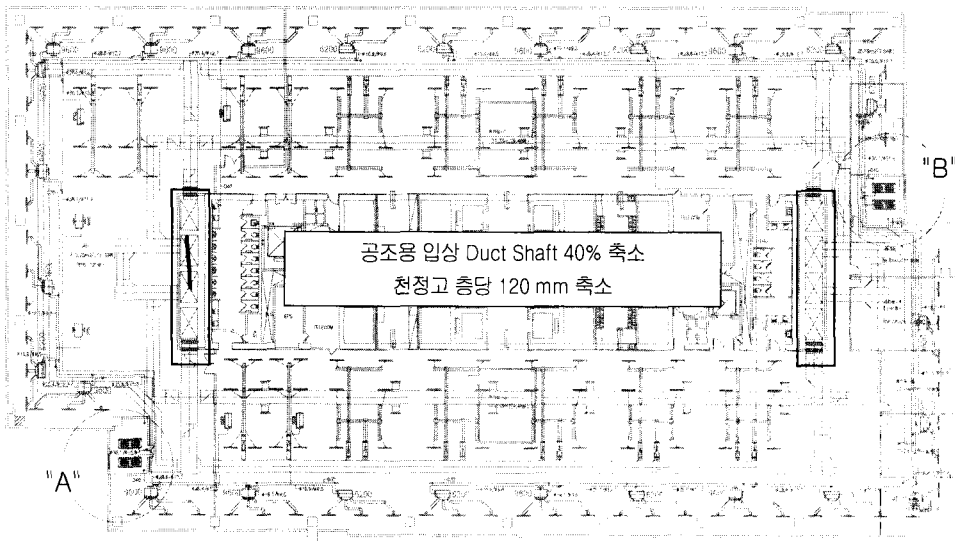


그림 3은 복합 연구동의 기준층을 All Air(AHU) 방식의 중앙공조를 적용했을 때의 공조설비 도면으로, 공조실이 설치된 층으로부터 각층의 공조를 위한 입상 Duct Shaft가 Core Zone에 많은 면적을 차지함을 알 수 있다. 그림 4는 동일한 기준층을

혼합공조(시스템에어컨+중앙공조)를 적용했을 때의 공조설비 도면으로, 전공기방식으로 반송동력이 큰 All Air System에 비해, 입상 Duct Shaft 40% 축소 및 천정고 층당 120 mm 축소 등의 효과를 알 수 있다.



[그림 3] ALL AIR(AHU) SYSTEM



[그림 4] SYSTEM A.C. + BUILT-UP AHU

표 1, 2는 지상 37층의 복합 연구동(R4 Project)에 혼합공조(시스템에어컨+중앙공조) 적용시 고려되었던 장단점을 비교한 표로, All Air System인 중앙공조에 비해, 혼합공조(시스템에어컨+중앙공조) 채택

시 공조실 대폭 축소 / 천정고 층당 120 mm 축소 / 입상 Duct Shaft 40% 축소 등의 많은 건축적인 장점을 얻을 수가 있었으며, LCC(Life Cycle Cost) 분석 결과, All Air-Duct 시스템인 중앙공조로 설계하는

〈표 1〉 중앙공조방식과 혼합공조방식의 계통도 비교

항목	ALL AIR(AHU) SYSTEM	SYSTEM A.C + BUILT -UP AHU
공조 방식		
외주부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공조기에 의해 온도, 습도, 분진 등이 조절된 후, 덕트를 통해 외주부에 공조공기를 공급하는 방식</li> <li>- 동절기에는 CONVECTOR에 의해 외피의 난방부하를 감당 내주부에 공조공기를 공급하는 방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실외기와 실내기로 조합된 시스템에어컨을 다수 설치하여 외주부의 냉·난방을 행하는 열원방식</li> </ul>
내주부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공조기에 의해 온도, 습도, 분진 등이 조절된 후, 덕트를 통해 내주부에 공조공기를 공급하는 방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공조기에 의해 온도, 습도, 분진 등이 조절된 후, 덕트를 통해 내주부에 공조공기를 공급하는 방식</li> </ul>

〈표 2〉 중앙공조방식과 혼합공조방식의 장단점 비교

항목	ALL AIR(AHU) SYSTEM	SYSTEM A.C + BUILT -UP AHU
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정밀한 온도 및 습도제어가 가능함</li> <li>- 중간기 외기냉방에 의해 에너지 대폭 절감</li> <li>- 개별제어성이 뛰어나</li> <li>- 1대의 고장에도 건물전체에 미치는 영향이 적음</li> <li>- 기계설비에 대한 별다른 유지·보수 작업이 필요없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공조실을 대폭 축소</li> <li>- 덕트 축소로 천장속공간의 활용도가 높음</li> <li>- 천장고 층당 120 mm 축소</li> <li>- 입상 Duct Shaft 40% 축소</li> <li>- 천장형 타입으로 건축면적의 활용성이 높음</li> <li>- 냉동기 등의 MAIN 열원을 줄일 수 있음</li> <li>- 부하에 따른 실외기 용량 제어로 에너지가 절감</li> <li>- 중간기 외기냉방에 의해 에너지절감이 가능함</li> <li>- 가변운전으로 에너지절감 및 개별성이 뛰어나</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공조실이 많이 필요함</li> <li>- 큰 덕트로 천장속 및 건축의 입면계획에 영향을 줌</li> <li>- 반송동력이 많이 듦 (공기 : 물 = 3 : 1)</li> <li>- 입상덕트의 크기가 층당 약 220 m<sup>2</sup>가 필요 건축평면에 제약이 많음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부 및 옥탑, 혹은 각층에 실외기설 필요</li> <li>- 각 실내기 FILTER 교체 등 MAINTENANCE 개소 증가</li> </ul>
투자비	100%	80%
운전비	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본의 경우 : 100%</li> <li>- 중간기 외기냉방으로 운전비 Saving</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본의 경우 : 70%</li> <li>- 중간기 외기냉방 운전 및 실외기 최적운전으로 운전비 Saving</li> </ul>



것에 비해, 초기투자비는 약 80%, 운전비 70%로 경제적인 측면에서도 중앙공조에 비해 혼합공조 적용 시에 유리하다는 결과를 얻을 수 있었다.

### 세부 검토사항

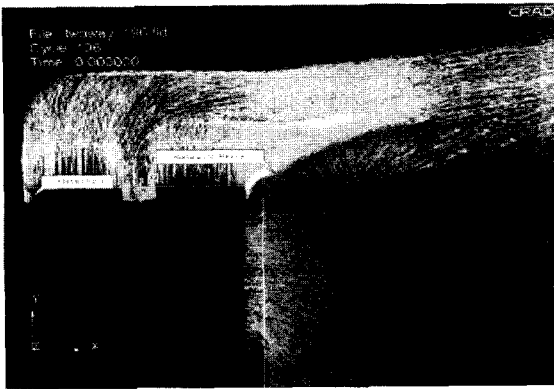
#### 실외기 기류분포 해석

##### 1) 실외기 토출덕트의 내부 및 외부 유동해석

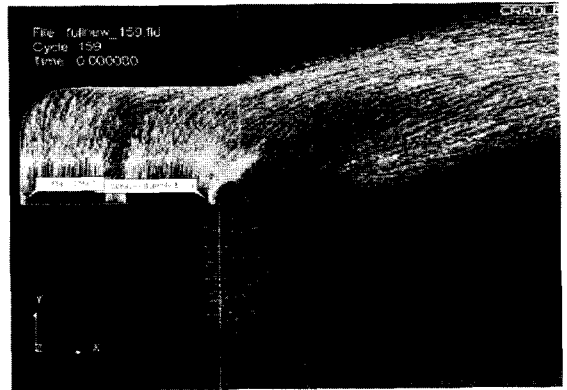
협소공간인 실외기실에 설치된 실외기의 원활한 열교환을 위해 유동저항을 최소화 하는 곡관 덕트의 설치가 필요, 건물외부 한면에서 흡입과 토출이 일어나므로 흡입유속이 증가하고 Short-Circuit현상이 발생할 수 있다.(Short-Circuit : Fan에 의해 토출된 공기가 응축기로 재흡입되는 현상) 유동해석은 토출덕트 내부의 파티션의 유무에 따라 해석을 진행하였으며, 해석

결과 그림 5, 6과 같이 두 경우 모두 Short-Circuit현상이 크지 않는 것으로 판명되었으나 내부 파티션이 있는 쪽이 유동이 더 안정적임을 알 수 있고, 압력강하에 따른 풍량감소가 제품 풍량대비 약 3.7%가 일어나는 것으로 해석된다.

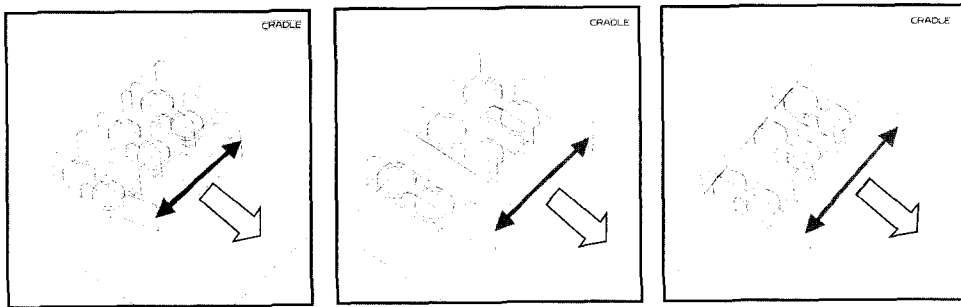
2) 실외기 토출 Louver 설치폭에 따른 유동해석  
공냉식 응축기의 특성상 각층에 설치된 실외기의 원활한 열교환을 위해 실외기실 외벽에 Louver의 설치가 필요하며, 건물미관에 영향을 미치는 Louver 설치폭을 최적화 함으로서 건물미관 및 제품성능을 만족시킨다. 그림 7의 유동해석은 2,850 mm, 3,000 mm, 3,500 mm의 폭으로 진행되었으며 해석 결과 3,000 mm 이상에서는 제품 풍량대비 5%미만의 풍량 감소가 예상되어 신뢰성에 문제가 없는 것으로 해석된다.



[그림 5] 파티션이 있는 경우 전면 속도 Vector



[그림 6] 파티션이 없는 경우 전면 속도 Vector



(a) Louver width : 2850

(b) Louver width : 3000

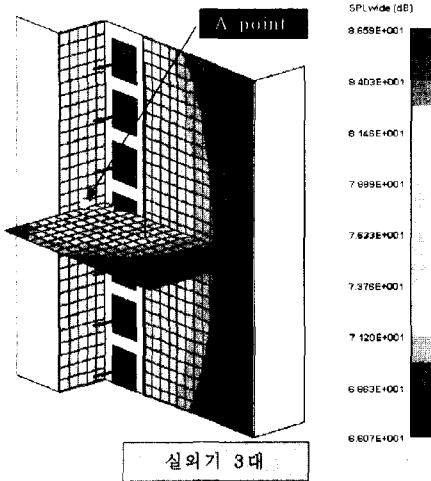
(c) Louver width : 3500

[그림 7] Louver 설치폭에 따른 풍량감소 해석

운전소음 해석

1) 실외기 방사소음

각층에 설치된 실외기(기준층 기준 22HP×150대)가 동시 운전시, 실외기실 Louver를 통해 방사된 실외기 운전소음이 외벽 유리를 투과해 실내로 전달되는 방사소음을 해석함으로써, 복합 연구동의 사무실 소음수준인 NC-35 만족 여부를 소음 해석하고, 해석 결과를 바탕으로 실내 소음이 NC35 수준을 만족할 수 있는 방안을 제시, 건축설계 단계에서 이를 적용, 정음화를 실현할 수 있도록 한다. 실외기실 내벽은

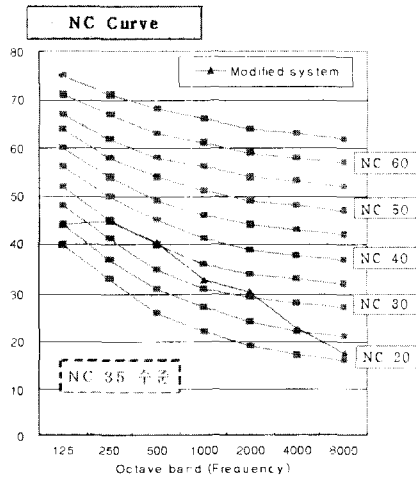


[그림 8] 소음 해석 프로그램 Modeling 화면

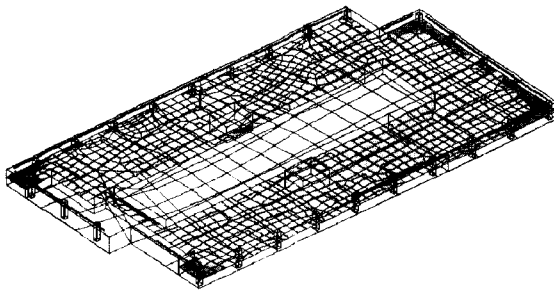
석고보드 벽체에 흡음재에 의해 고주파의 흡음을, 내부 공기층을 도입함으로써 저주파수 대역의 흡음률을 중대시킴으로서, 실외기실과 인접한 외벽유리 2 m지점 실내측 집점부위에서 NC-35의 소음을 만족하는 것으로 해석된다. (제안 흡음재 : 타공우레탄 50 mm + 공기층 100 mm 방사소음 해석결과)

2) 실내기 운전소음

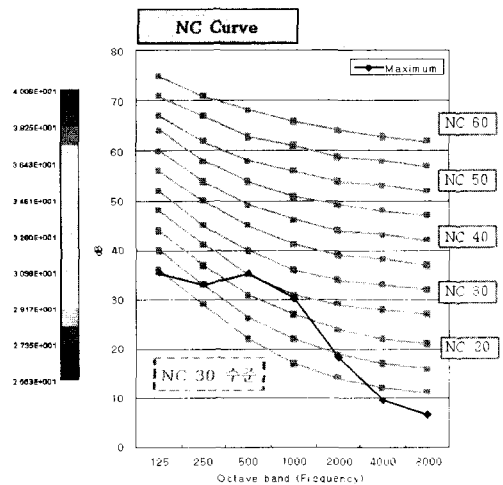
고정압 덕트 실내기 Line Diffuser에서 송풍소음에 의한 실내 소음이 NC35 수준을 만족여부를 음장 해



[그림 9] 실내측 집점부위의 NC-Curve



[그림 10] 소음 해석 프로그램 Modeling 화면



[그림 11] 바닥에서부터 1m 높이점 NC-Curve

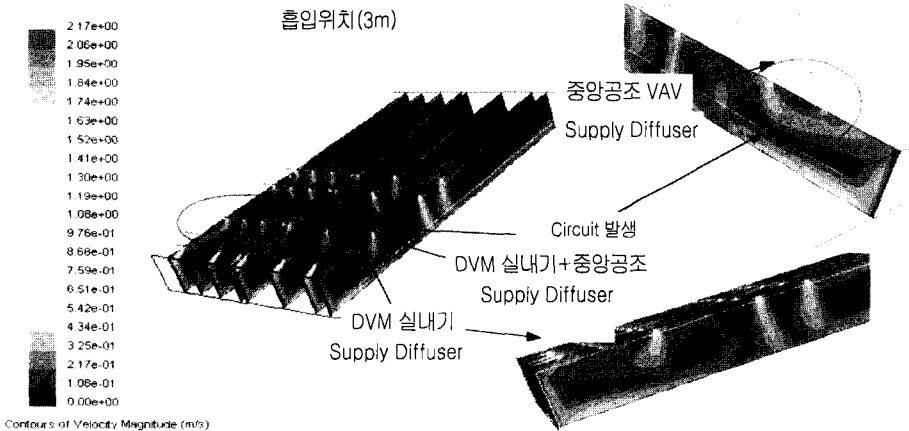


석을 수행한다. 천장(일반 텍스), 외벽(유리), 바닥 및 내벽(Painted concrete)로 고려. 기타 커튼, 책상, 블라인드, 바닥고부 등의 흡음은 모두 고려하지 않은 가혹조건을 상정하였으며, 바닥에서부터 1m 높이에 해석 점을 위치, Line diffuser가 실내 외곽 창쪽에 위치하므로, 창문 내측부분(특히 구석부분)에 최고 음압이 발생하지만, 최대 NC-31을 넘지 않는 것으로 해석된다.

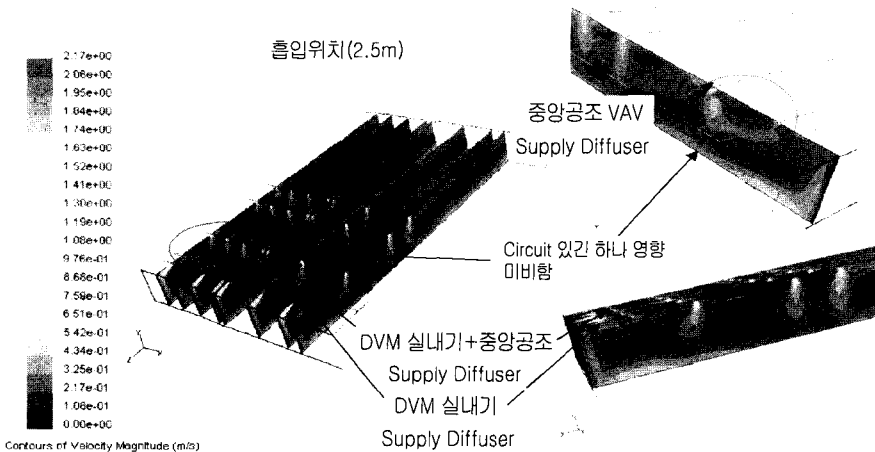
**실내기 기류분포**

- 1) DVM 실내기 및 중앙공조 VAV 동시가동시의 기류분포 해석

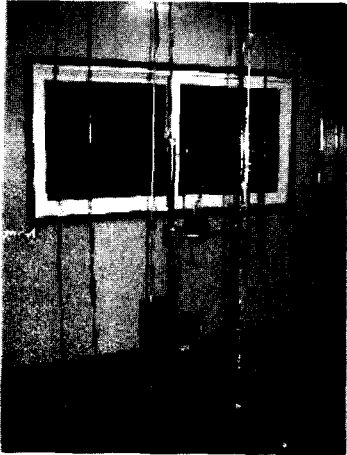
DVM 실내기 Duct에서  $\phi 250 \times 4$ 구로 분기하여 Supply Diffuser는 건물 외벽에서 1.5 m에 설치, 3 m 지점에 중앙공조 VAV 및 DVM 실내기의 Return Diffuser를 Ceiling Return 방식으로 설치하였을 때의 실내 기류분포에 대하여 해석하였다. 그림 12, 13의 해석 결과에서 알 수 있듯이 중앙공조 VAV에서 토출된 공기가 Return Diffuser로 바로 흡입되는 Short Circuit 현상이 발생, 도달거리가 약 1.5 m로 실내 하부층에서는 공조가 이루어지지 않음을 알 수 있다. 상기의 문제점을 해결하기 위해서 Return Diffuser의 설치 위치를 외벽에서 2.5 m로 변경하고, 동일한 조건으로 재해석 하였을 때, 외벽에서 3 m에



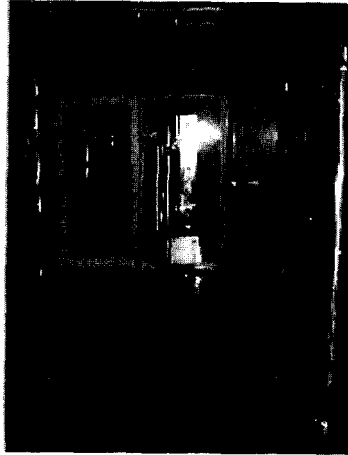
[그림 12] 외벽에서 3 m에 Return Diffuser 설치시 유동해석 화면



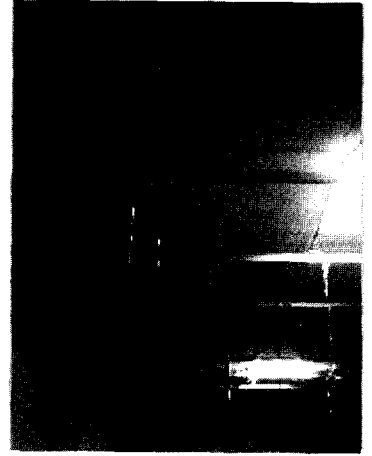
[그림 13] 외벽에서 2.5 m에 Return Diffuser 설치시 유동해석 화면



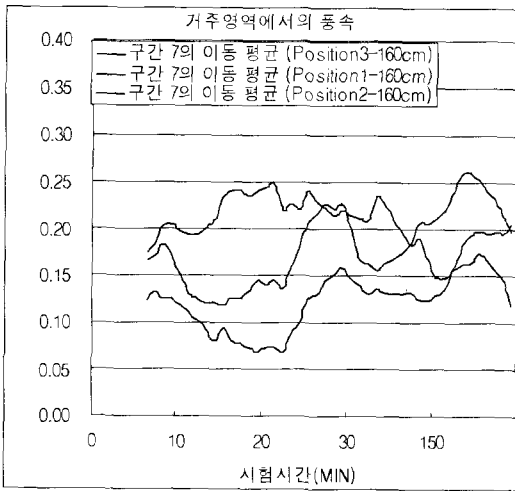
[그림 14] Position-1 외벽에서 750 mm 떨어진 위치



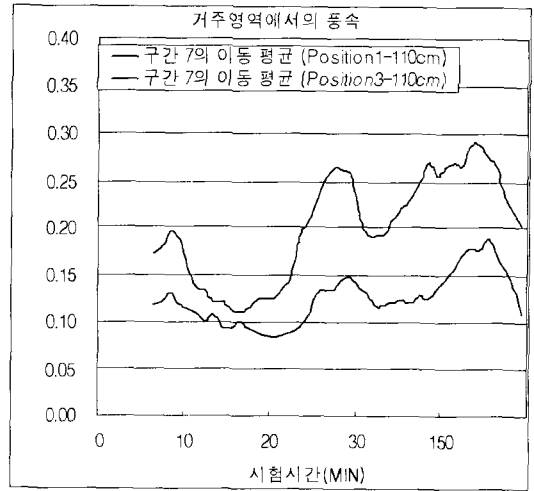
[그림 15] Position-3 외벽에서 3,000 mm 떨어진 위치



[그림 16] 실내기 Line Diffuser 설치 모습



[그림 17] 기압호흡선에서의 풍속(H=160cm)



[그림 18] 착석호흡선에서의 풍속(H=110cm)

Return Diffuser을 설치 때보다 Short Circuit 현상이 많이 개선됨을 알 수 있다.

## 2) DVM 실내기 난방 기류분포 해석

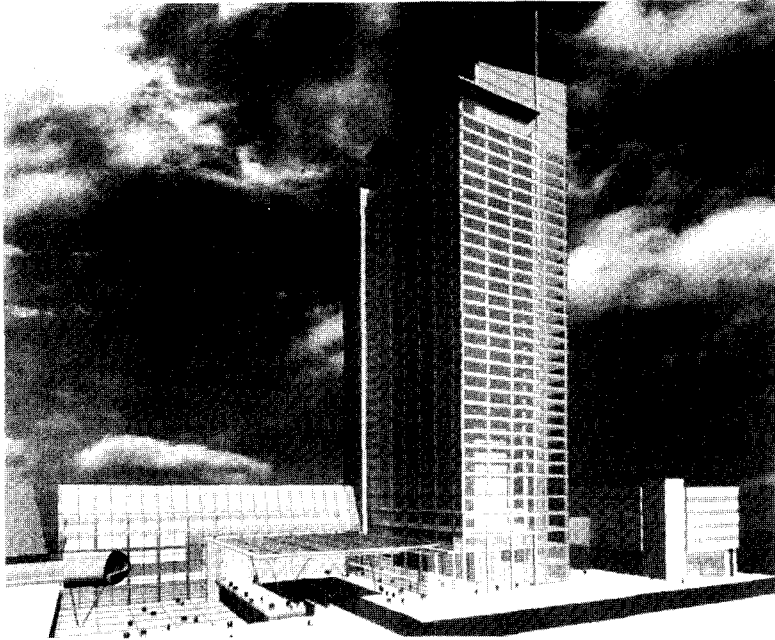
복합 연구단지에 설치될 DVM 실내기의 동일한 조건으로 Line Diffuser를 설치, 난방 기류분포를 해석, 압축기 정지후, 8분 경과시 창문 및 거주공간에서 온도편차와 풍속을 측정하여, ISO 7730규격에 의거하여 쾌적 상태 판단하였다. 실내 공기의 평균온도는

압축기 정지후 8분이 경과하더라도 21.0℃~23℃으로 쾌적성 범위내에 있었으며, 거주공간에서의 풍속은 대부분 0.25 m/s 이하 거주자의 활동시 ISO 7730 규격에 의거하여 쾌적 상태로 판단되었다.

## 맺음말

최근 일본내 대형 오피스빌딩 공조시스템의 흐름은 시스템에어컨과 중앙공조의 병행 방식이 급속도





[그림 19] 복합연구동 전경

로 늘어나고 있으며, 산업의 전문화, 분업화에 따른 생활패턴의 다양함을 만족시키기 위한 각 Zone의 개별제어 및 야간, 휴일 등의 부분부하에 대한 욕구와 자유도에 의하여, 이미 많은 건물에서 적용사례가 늘고 있다. 특히, 혼합공조(시스템에어컨+중앙공조)의 경우 외주부의 특성상 독립된 회의실 및 사무실 등이 건축구조상 배치되며, 운전시간, 운전설정의 변경에 높은 대응력 및 개별적인 정밀한 제어가 가능하다는 장점을 가지고 있으며, 중앙공조에 비해 누수 위험이 최소화되어 수해에 대하여 안정적이며, 별도의 비상발전기를 이용하여 재난시, 중앙공조의 냉난방의 공급 중단에 따른 비상 공조운전에 대응할

수 있다는 장점을 가지고 있다.

국내에서는 삼성전자가 최초로 수원사업장내 복합연구단지 37층 빌딩에 혼합공조방식을 채택하여,

- ① 기준층 기준 천정고 층당 120 mm 및 입상 Duct Shaft 40% 축소
- ② 초기투자비 약 20%, 운전비 약 30% 절감
- ③ 공조설비의 공기 단축 및 공사의 간편화 등의 건축적인, 경제적인 장점을 예상할 수 있으며, 특히 국내 대형오피스 건축시장에 새롭고 획기적인 공조방식의 소개로 건축문화의 변화를 시도하고 있다. (\*)