

초고층 건물의 공조설비 설계사례 및 에너지 절약 기법

■ 오 치 길 / 한일엠이씨, chikil.oh@himec.co.kr

서론

국내외적으로 초고층 건축물에 대한 관심이 높아짐에 따라 정부 관련 부처에서는 초고층 건물에 대한 디자인 가이드라인을 정비하는 한편 각 연구 관련 단체 및 건설 관련 단체에서도 초고층 관련 학술 세미나 및 학술 활동을 통해 초고층 건물에 대한 폭넓은 이해와 요소기술을 습득하고 적용하기 위해 많은 노력을 경주하고 있음은 매우 바람직한 현상이다. 초고층에서의 합리적이고 경제적인 공조방식 계획은 최적의 층고 결정을 통한 공사비 절감에 직접적인 영향을 미치기 때문에 무엇보다도 중요한 요소라 할 수 있다.

본론

초고층 건물의 국내설계 사례
여의도 PARC1
건축 개요(표 1, 그림 1)

<표 1> 건축개요

건물명	여의도 Y22 개발사업
건물용도	업무시설, 판매시설 및 숙박시설 등
건물규모	지하 7층, 지상 53층 & 지상 53층 (2개동)
대지면적	46,465 m ² (14,055.7평)
건축면적	24,766 m ² (7,491.7평)
연면적	263,396.1 m ² (지상 254,212.4m ² / 지하 183.7 m ²)
건폐율	53.3%
용적율	793.12%
구조	철골철근콘크리트조

공기조화설비

1) 공조조닝계획

① 기본개념

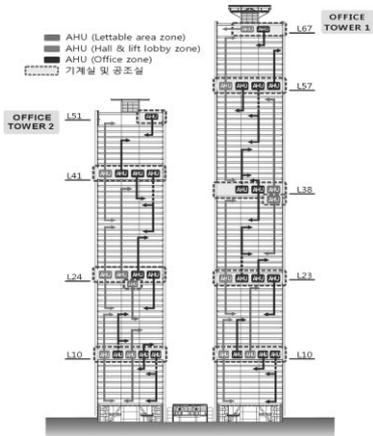
방위별, 실별 부하변동에 대처가 용이한 변풍량(VAV) 공조 시스템을 선정하였으며, 초고층 건물의 기준층 공간 활용도를 고려하여 중간 기계실에 공기조화기를 집중 배치하도록 계획하였다. 각 공조조닝은 최대 6개 층 정도를 담당함으로써 반송동력을 최소화하여 에너지 절감을 도모하였으며, 실링 리턴 방식 적용을 통한 기준층 층고 최소화로 공사비 절감을 도모하였다.

② 수평 조닝 계획

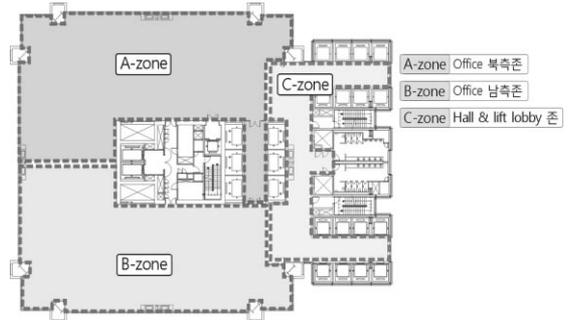
실의 용도별 사용 특성 및 공조 방식을 고려한 조닝을 기본 계획으로 하여 사무영역 존, 홀 및 엘리베이터 로비 존 및 임대 영역(lettable area) 존으로 구분하였다. 방위별 부하 변동 특성을 고려한 조닝 계획을 수립하여 사무영역 존의 경우 방위별 부하 특성에 적합하도록 남측 존 및 북측



[그림 1] 여의도 PARC1의 조감도



[그림 2] 오피스타워 공조 수직 조닝도



[그림 3] 기준층 공조 조닝 개념도

존으로 구분 조닝하였다. 사무영역 존의 공기조화기는 2개 층에서 6개 층의 부하를 담당하도록 함으로써 공기조화기 중앙 공급 방식의 단점인 반송동력에 의한 에너지 소비를 최소화하도록 계획하였다.(그림 2, 3)

각 실별 공조계획

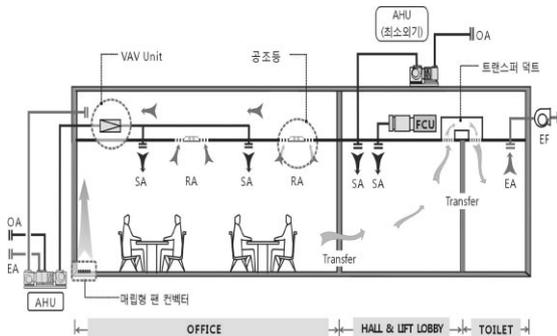
① 기준층 업무 시설

사무 영역 존은 변풍량 단일덕트(VAV) 방식 + 외주부 팬컨벡터 방식을 적용하였으며, 외주부 매립형 팬 컨벡터 설치를 통해 겨울철 창가의 콜드 드래프트(cold draft)를 방지하여 쾌적한 온열환경을 조성하였다. 또한 공조형 전등 설치를 통한 실링 리턴 방식 적용으로 실링 내부 덕트 스페이

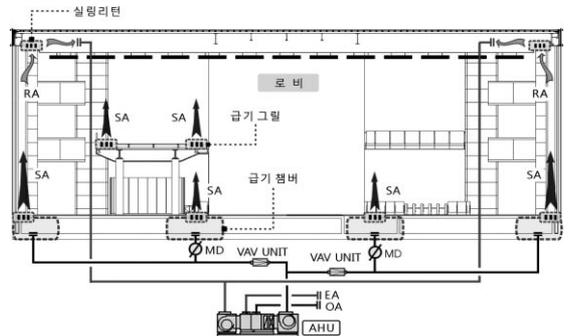
스 최소화 및 천정고 높이를 확보할 수 있도록 계획하였다. 홀 및 엘리베이터 로비 존은 천장 매립형 팬코일유닛 + 최소외기 방식을 적용하였으며, 화장실 출입구 상부에 트랜스퍼 덕트를 설치하여 홀 및 엘리베이터 로비 존에서 화장실 존으로 실내 공기가 이동하도록 유도함으로써 실내 풍량 밸런싱을 유지하도록 계획하였다. 또한 외주부 유리에 직면한 부위는 매립형 팬 컨벡터를 설치함으로써 겨울철 콜드 드래프트 발생을 최소화 하도록 하였다.(그림 4)

② 로비

로비는 하부급기, 상부환기 방식의 치환(displacement) 공조 시스템을 적용하여 쾌적한 실내



[그림 4] 기준층 업무 시설 공조 방식 개념도



[그림 5] 로비 공조 방식 개념도

<표 2> 기타시설

구 분	공조방식	비 고
BOH	FCU + 최소외기	BOH용 AHU 별도 설치
방송시설	공랭식PAC + 최소외기	MBC, KBS 등
군부대시설	천장매립형 FCU + 최소외기	
전기실	HDCU + 환기팬	HDCU(수냉식 냉방기)
Lift 기계실	HDCU	HDCU(수냉식 냉방기)
TPS 실	천장매립형 FCU	

환경을 조성하였으며, 계절에 따른 풍량 제어를 통한 실내 온열 쾌적성을 향상시키기 위하여 급기 측에 변풍량 유닛(VAV unit)을 설치하였다. 또한, 외주부 및 내부 코어(core) 하부에 급기 전용 그릴 설치하여 동절기 외부 커튼월로부터 유입되는 냉기류의 침입을 방지할 수 있도록 계획하였다.(그림 5)

③ 기타시설(표 2)

초고층 건물 특성 기타 고려 사항

1) 연돌효과(stack effect) 저감 방안

- ① 스카이 로비 계단실 차단
- ② 침기 최소화

- 1층 출입구 및 로비에 회전문과 방풍실 적용

- 건물 내 진입 시 직접적인 진입을 제한하고, 파빌리온을 통하여 진입하도록 동선을 계획
- ③ 기밀성 외장재 적용 (기밀성 창호 등)
- ④ 엘리베이터 도어(door)의 누기 면적 최소화
- ⑤ 엘리베이터 기계실 냉방설비 적용 (외기유입이없는 방식)
- ⑥ 엘리베이터 전실과 거실의 분리를 위한 전실문적용
- ⑦ 직통 계단의 수직적 분할

2) 공조 시스템 에너지 절약 계획

- ① 반송 동력 절감
 - 변풍량(VAV, Variable Air Volume) 시스템 적용
 - 송풍기 인버터 제어
- ② 외기 부하 경감
 - 외기와 환기의 엔탈피 제어
 - 워밍업 제어
 - CO₂ 농도에 의한 DCV(Demand Controlled Ventilation)제어
- ③ 공조 계통의 세분화
 - 24시간 운전 체계에 효과적 대처
- ④ 최적 기동 제어
 - 실내 온도 변화 등을 고려한 AHU의 기동 제어

전국경제인연합회 회관
건축개요(표 3, 그림 6)

<표 3> 건축개요

공 사 명	전국경제인연합회(FKI) 회관 신축공사
대지위치	서울특별시 영등포구 여의도동 28-1
지역지구	일반 상업지역
대지면적	12,146.0 m ²
연 면 적	161,654.9 m ²
규모 및 높이	지하 5층/지상50층, 244.1 m



[그림 6] 전국경제인연합회 회관 조감도

<표 4> 주요실 공조 계획

구분	실명	공조 방식	
타	기준층 사무실	VAV + Air Column Unit	바닥급기+천장환기
	로비	CAV	외피측 바닥급기 + 상부환기
위	50층 레스토랑	CAV	외피측 바닥급기 + 측면급기 + 측면환기 천장급기 + 천장환기
포 디 음	3층 회의실	VAV + FPU	천장급기 + 천장환기
	로비 및 홀	CAV + FCU	외피측 바닥급기 + 상부급기 + 상부환기
	회의실	VAV + FPU	천장급기 + 천장환기
	연회장	VAV(외기처리 AHU) + CAV(개별 AHU)	천장급기 + 천장환기
상가	상가	CAV(외기처리AHU) + 입주자 별도 냉난방	천장급기 + 천장환기

주요실 공조 계획(표 4)

기준층 사무실 공조설비 계획(그림 7)

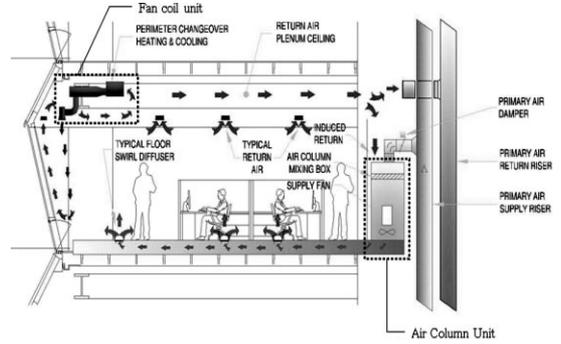
- AHU(변풍량) + Air column unit + FCU(외주부) 방식

<표 5> Air Column Unit 구성 및 제어방안

Air Column Unit 구성		
번호	구성부	비고
①	ACU 컨트롤러, 동압센서	ACU 내장
②	송풍기 인버터	ACU 내장
③	전원 접속구	ACU 내장
④	RA 온도 센서	ACU 내장
⑤	바닥 플레넘 정압 센서	
⑥	사무공간 정압 센서	
⑦	SA 온도 센서	
⑧	풍량 조절 댐퍼 및 풍량 측정기	ACU 내장
⑨	ACU 컨트롤러와 인버터 연결	ACU 내장
⑩	인버터와 전원 접속구 연결	ACU 내장
⑪	ACU 전원 연결	전기 공사
	모터와 인버터 연결	ACU 내장

Air Column Unit 제어

- 실내와 바닥플레넘 내부에 설치된 정압센서 (⑤, ⑥)에서 측정된 정압의 차가 2 mmAq 이하다 되도록 ACU의 인버터를 비례제어
- RA 온도센서(④)에서 측정된 온도가 일정하게 유지 되도록 ACU의 1차 급기측의 풍량 조절 댐퍼(⑧)을 비례제어하여 ACU의 플레넘 급기온도(⑦)를 조절



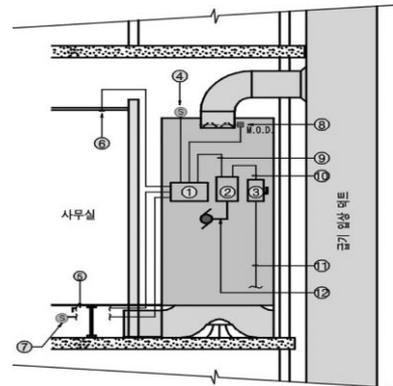
[그림 7] 기준층 사무실 공조설비 계획

- 중간 기계실에 위치한 메인 공조기에서 저온의 1차 공기를 각 기준층의 Air column unit에 공급하고, Air column unit에서는 천장으로 부터 환기되는 공기와 저온의 1차 공기를 혼합하여 바닥 플레넘에 일정한 풍량의 공기를 급기
- 부하에 따라 메인 공조기로부터의 1차 공기의 양을 조절함
- 천장에 설치된 덕트 연결형 FCU는 외피부하만을 담당하고 방위별 부하에 대응함

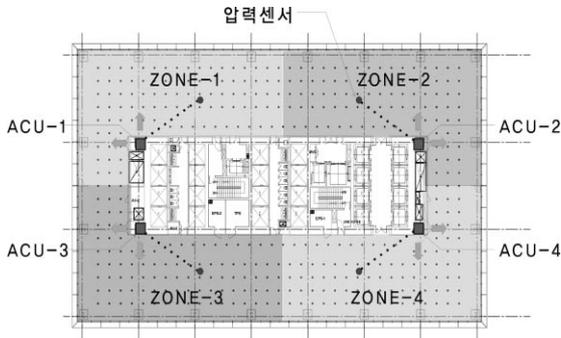
Air Column Unit 구성 및 제어방안(표 5, 그림 8)

바닥 공조 및 외주부 FCU 제어

① 바닥공조 제어(그림 9)



[그림 8] Air Column Unit 구성 및 제어방안

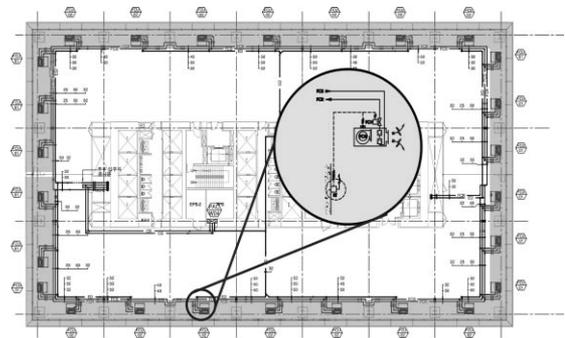


[그림 9] 바닥공조 제어

- 바닥공조는 사무실의 실내부하를 담당하며 실 전체를 균일하게 공조함
- 사용자의 기호 및 가구 배치에 따라 바닥 디퓨저의 위치를 이동시키거나 디퓨저의 풍량을 조절함
- 4개의 ACU(Air Column Unit)는 각 존에 설치된 압력센서에 의해 바닥플래넘 내의 압력을 일정하게 유지함
- 바닥플래넘 내의 압력을 균일하게 유지하기 위해 ACU와 가장 먼 지점과의 약 1/2 ~ 2/3 위치에 압력센서 설치

② 외주부 FCU 제어(그림 10)

- 천장에 설치된 천장패립덕트형 FCU는 외피부



[그림 10] 외주부 FCU 제어

- 하만을 담당함
- 각 FCU는 거주역에 설치된 온도센서(일사를 직접 받지 않는 기둥 벽면에 설치)에 의해 개별 제어됨
- 전력선을 이용한 통신으로 방재센터에 설치된 별도의 중앙감시반에 의해 설정온도, 풍량, 밸브 ON/OFF제어와 상태 감시가 이루어짐 (중앙에서 개별 및 그룹제어)

목동 하이페리온 건축개요(표 6, 그림 11)

단위세대 공조 및 환기설비 계획

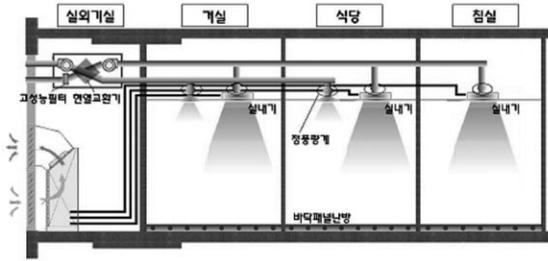
1) 세대 냉방 시스템

<표 6> 건축개요

공사명	목동 현대 하이페리온 신축공사
대지위치	서울 양천구 목동 916번지외 4필지
지역지구	일반상업지역, 상세계획구역, 도시설계지구, 1종 미관지구
대지면적	24,367.7 m ²
연면적	385,974.57 m ² , 지상(258,738.62m ²) 지하(127,235.95 m ²)
건폐율	59.04%(법정 60%)
구조	철골 / 철골, 철근 콘크리트 / 철근 콘크리트조
건축규모	지하 6층, 지상 69층(A동-69층, B동-59층, C동-54층, 백화점동-8층)
최고높이	242.15 m
용도	공동주택, 업무시설(오피스텔), 판매 및 영업시설, 운동집회시설



[그림 11] 건물 조경



[그림 12] 세대 환기시스템 개요

- ① 냉방 : 멀티에어콘 + 환기유니트 (현열교환기 내장형)
 - ② 중간계 환기 유닛에 의한 외기 냉방
 - ③ 사용자 부담에 의한 요금 민원 발생 소지가 없음
 - ④ 천장내 공간 축소에 의한 층고를 최소화
 - ⑤ 펌프에 의한 응축수 드레인의 확실한 처리
 - ⑥ 실별 개별 제어에 의한 에너지 절약
- 2) 주방 환기 설비 계획
- ① 정풍량 댐퍼에 의한 콘트롤 방식 채택
 - ② 2단계 제어(상시 풍량, 가동 풍량)로 사용 조건에 따른 배기량 조절
 - ③ 식당 천장 급배기 디퓨져 설치
 - ④ 주방 유인 급배기 방식에 의한 냄새 확산 방지
 - ⑤ 배기 샤프트 말단 1/3부분에 설치된 정압 센서에 의한 옥상 강제 배기팬의 인버터 제어
- 3) 세대 환기 설비 계획(그림 12)
- ① 환기 유닛에 의한 세대 환기 시스템
 - ② 실별 풍량 제어에 의한 냄새 확산 방지
- 4) 욕실 환기 시스템
- ① 조명 스위치 연동에 의한 욕실 배기 시스템
 - 욕실 사용 시 스위치를 On하면 배기 덕트에 부착된 정풍량 댐퍼가 Open되어 욕실내를 배기 하는 방식
 - ② 중앙 입상덕트에 의한 옥상 강제배기방식
 - 옥상배기팬은 말단의 1/3지점의 정압센서에 의한 비례제어
 - ③ 상시 배기 풍량은 15 CMH이고 정풍량 댐퍼

가 Open되면 배기량이 65 CMH까지 자동 조절

- ④ 욕실용 옥상배기팬은 세대 화장실 배기풍량 동시 사용을 33% 용량으로 팬용량 최적화 선정

5) 세대 난방 시스템

- ① 난방 : 바닥 패널 난방 방식
- ② 바닥 패널
 - 콘크리트 슬래브 위에 온수 코일을 설치하여 중온수를 공급하여 난방하는 방식
- ③ 지역난방 공급하는 지역난방 중온수를 이용
 - 중온수 (공급온도 115℃, 환수온도 65℃)
 - 저온수 (공급온도 60℃, 환수온도 45℃)
 - 중온수를 관형 열교환기로 열교환 후 저온수를 공급하여 바닥패널로 난방

오피스텔 설비계획

1) 냉난방 설비 계획

① 세대 냉방 시스템

- ④ 냉방 : 공냉식 에어컨 냉방
- ⑤ 사용자 부담에 의한 요금 민원 발생 소지가 없음
- ⑥ 천장내 공간 축소에 의한 층고를 최소화
- ⑦ 펌프에 의한 응축수 드레인의 확실한 처리

② 세대 난방 시스템

- ④ 난방 : 바닥 패널 난방 방식

2) 환기 설비 계획

① 세대 환기 설비 계획

- ④ 복도 : HV 유닛에 의한 환기
- ⑤ 전실이 창과 면해 있어 자연 급기 가능
- ⑥ 배기 : 화장실 및 주방 후드 배기

② 욕실 배기 계획

- ④ 조명 스위치 연동에 의한 욕실 개별 배기 시스템
- ⑤ 상시 배기 풍량은 15 CMH이고 정풍량 댐퍼가 Open되면 배기량이 65 CMH까지 자동 조절

3) 주방 배기 계획

- ① 정풍량 댐퍼에 의한 콘트롤 방식 채택
- ② 2 단계 제어 (상시 풍량, 가동 풍량)로 주방사

<표 7> SK Telecom 타워의 건축개요

위 치	서울시 중구 을지로 2가
연 면 적	91,829.74 m ² (27,778평)
건축규모	지상 33층, 지하 6층
건 폐 율	36.89%
용 적 율	1,025.23%
준공연도	2004년 12월
건물용도	SK Telecom 본사 사옥



[그림 13] 건물 전경

용 조건에 따른 배기 후드 조절

SK Telecom 을지로 빌딩

건축개요

T-타워는 지하 6 ~ 지상 33층, 연면적 2만 7,000여평 규모로, 27층을 기점으로 정면으로 15도 각도 기울어진 독특한 외형을 띠고 있다. 본 시스템이 적용된 T-타워의 건축개요 및 전경은 표 7, 그림 13와 같다.

공조시스템

본 건물의 사용형태는 주간에는 주로 사용되는 형태와 주야간 및 24시간 등으로 나누어지며, 임원실과 사무실의 공조방식은 사용자를 고려하여, 임원실은 FPU를 사용하여 급기온도를 조절하였고, 사무실 공간은 취출풍량 및 결로방지를 위해 VAV Diffuser를 사용하였다. 또한 나머지 시설에 대해

<표 8> 공조시스템 상세

구 분	공조방식	사용시간
임원실(32 ~ 33F)	Fan Power Unit	주 간
사무실(5 ~ 33F)	VAV Diffuser	주 간
Public Zone	CAV	주 간
Lobby(1F)	CAV	주야간
복지시설(B1F)	CAV	주야간
식당(B2F)	CAV	주 간
전산실, MDF실	CAV	24시간

서는 정풍량(CAV)방식을 채택하여 부하에 대응하도록 하였다. 상세한 내용은 표 8과 같다.

대온도차 공조를 위한 시설계획

1) 냉열원 : 빙축열시스템 + 흡수식냉동기

냉열원은 대온도차 공조를 위해 빙축열 시스템과 흡수식 냉동기를 조합하여 구성하였다. 이 경우 다음과 같은 이점이 있고, 특히 기존 건물의 리모델링에 적용하면 낮은 비용으로 냉방능력을 증대시켜 증가하는 부하에 대처하기가 용이하다.

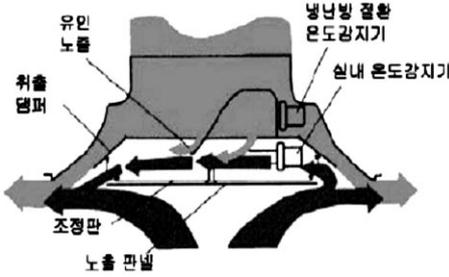
- ① 연간 운전비 감소
- ② 실내 쾌적성의 향상
- ③ 습도제어가 용이
- ④ 덕트, 배관 사이즈의 축소
- ⑤ 송풍기, 펌프, 공조기 사이즈 축소
- ⑥ 건물 층고의 감소

2) 취출구 결로대책

4℃ ~ 10℃의 공기를 실로 직접분배하는 시스템은 취출구 표면에서 결로가 발생할 수가 있다. 따라서 취출구의 공조공기와 실내공기가 주거공간에 도달하기 이전에 적당히 혼합하는 취출방식이 요구된다. 이런 현상을 방지하기 위하여 본 건물에서는 유인취출이 가능한 Diffuser를 채택하여 결로를 방지하였다. 그림 14는 결로 방지를 위한 유인 취출구(VAV) 개념을 나타냈다.

3) 덕트 단열

단열은 온도차가 크게 나는 저온공조에서는 아



[그림 14] 결로 방지를 위한 취출구

주 중요하다. 낮은 급기온도는 상대적으로 주위와의 높은 온도차로 인해 열취득을 유발한다. 또한 표면온도가 주위 노점온도 이하가 되는 경우에는 결로를 유발할 수 있다. 따라 본 건물에서는 Urethane Duct를 채택하여 단열 및 누설공기를 해결하였고, 표 9는 본 건물에 시공된 Urethane Duct와 일반덕트의 사양을 비교한 것이다.

동부금융센터 건축개요 (표 10)

공기조화 설비

1) 설계 접근 방법

본 동부금융센터는 금융·보험군 사옥으로 계획되어, 여러 계열사가 사용할 경우 및 향후 부분 임대로 사용할 경우에서도 최대의 유연성을 제공할 수 있는 시스템이 요구되었다. 따라서 OA기기 등의 사용이 많은 금융시설의 건물 특성상, 부하의

<표 9> 일반 덕트와 우레탄 덕트 비교

구분	아연도 DUCT	Urethane Duct	비고
단열성	K=0.037 Kcal/mh°C (G/W 25 t 보온시)	K=0.017 Kcal/mh°C (폴리우레탄폼 30 t 기준)	G/W 50 t 보온효과
중량	6.6 kg/m²(#22)	1.0~1.2 kg/m²	
기밀성	10 ~ 15%	5% 이하	실제 누설량 : 1%이하
내구성	유리섬 보온재의 이탈, 처짐등의 발생	보온성능의 기능유지 확실	
시공성	복잡	간편	

급증과 사용 패턴에 따른 실별, 구역별 독립운전에 대한 융통성 확보가 가능한 능동적인 공조시스템과 첨단 인텔리전트빌딩으로서의 그룹 내의 랜드마크적인 건물로의 계획에 주안점을 두어 바닥 취출 공조방식을 적용하게 되었으며, 다음과 같은 효과를 기대하였다.

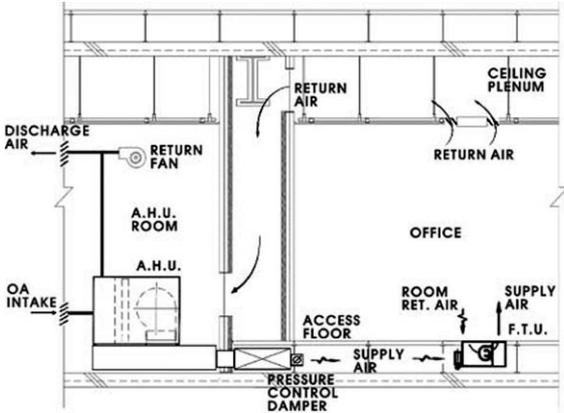
- ① Flexibility : FTU를 바닥모듈에 맞추어 필요한 위치에 설치할 수 있고 경우에 따라 대수를 증감할 수 있어 공간 활용과 변화에 대한 최대한의 유연성의 제공이 가능하다.
- ② Efficiency : 가변 풍량으로 필요공간에만 급기 하므로 에너지를 절감할 수 있으며, 개별 제어가 가능하여 개개인에게 맞는 쾌적한 환경을 창출할 수 있고, 또한 바닥에서 급기하여 천장으로 배기하므로 공기 및 열 순환이 양호하다.
- ③ Maintenance : 결함이 발생할 경우 그 장치만을 들어 올려 수리할 수 있고, 장래 새로운 모델로의 대체가 간편하여 유지비가 절감된다. 청소 시에는 그릴을 들어올리고 진공청소기로 박스 내부를 청소하면 된다.

2) 기준층 공조방식의 개요

- ① 적용공조방식 : 등압 급기챔버 바닥취출 공조방식
- ② 개요 : A/F 하부를 공조급기용 챔버로 이용하는 방식으로서, 공조기에서 조절된 공기를 A/F 내로 급기하여 FTU의 팬에 의해 거주역을 공조하는 방식, 동계에는 외주부용 FTU 내에 설치된 전기가열코일에 의해 난방부하 담당

<표 10> 건축개요

연면적	57,020.51 m²
규모	지하 7층, 지상 35층, 옥탑 2층 (지상 높이 151 m)
구조	철골 철근 콘크리트
기준층	1,148.5 m²(층고 4.12m, 천정고 2.7 m)
주용도	업무, 판매, 관람집회시설



[그림 15] 기준층 공조시스템 개념도

③ 제어개념

① 공조기 제어 : 급기 덕트에 설치된 정압센서에 의해 급기팬의 인버터를 비례제어하여 급기덕트 내 정압을 일정하게 유지

② 급기 챔버 제어 : 급기 덕트 취출구에 설치된 pressure control 댐퍼를 챔버 내에 설치된 센서에 의해 비례제어(고정밀도의 정풍량 댐퍼로서 pressure independent type이며 5 ~ 10Pa 유지)

③ FTU 제어

① 온도제어 : 1차측 댐퍼와 환기측 댐퍼를 환기측에 설치된 온도감지기에 의해 비례제어(pressure independent 제어) 동계 외주부에 설치된 FTU의 온도감지기에 의해 전기히터를 제어하여 외주부 온도를 일정하게 유지

② FTU관련 제어항목 : 실내온도 계측 및 온도 재설정, 급기온도 계측, 팬 기동/정지 제어, 1차측 댐퍼의 최소 풍량 설정 제어, 전기히터 가열 방기기능 및 step 제어(그림 15)

3) 공조 설계 시 고려사항

① 건축 관련 고려사항

① A/F의 타입, 크기, 마감재료 : 600×600 mm, 카펫 타일

② A/F 내의 유효높이

공조 덕트 높이(덕트 높이 250 mm 및 보온 두께 포함), 전기배선 및 A/F 패널 두께를 고려하여 높이를 결정 → A/F 높이 410 mm

③ A/F 내의 기밀성 유지

A/F 내 기밀 유지가 안될시, 급기공기가 거주역으로 누설 → 개구부 및 관통부 실링에 의한 기밀 유지 및 A/F 상부를 카펫 타일로 마감

④ A/F 내의 방진대책(먼지방지)

콘크리트 노화에 따른 분진 발생으로 취출 공기질의 저하 예상 → 바닥 콘크리트 석회손 마감+ 부러쉬 청소 + 프라이머 1회 + 에폭시 2회 시공

⑤ 천장 내 보 하부 유효높이 검토

ceiling return 방식의 환기에 필요한 최소 단면 높이의 확보 → 최소 천장 내 보 유효높이 120 mm

② 설비관련 고려사항

① A/F 지지를 고려한 덕트 크기 결정

덕트 사이즈를 1600×250으로 결정하여 복도폭 600×600 A/F 모듈 3개의 스펠을 보강재로지지 (추후 현장에서 1,600×250 1개를 1,000×250 2개로 변경)

② A/F 하부 바닥 슬라브 결로 방지 대책

하부층 비공조시 천장 슬라브면에서의 결로 발생을 우려하여 바닥 슬라브 보온 및 채수공조 2가지 대안을 검토

→ 결로분석을 통해 상·하층 동시 공조시 26℃, 80% 이상, 하부층 비공조시 32℃, 70% 이상의 조건에서만 결로가 발생하므로 비용이 고가인 슬라브 보온 방식은 채택하지 않고 경제적인 채수공조방식을 채용

③ A/F 내부의 압력유지 계획

A/F 내부로의 급기압력이 높을 경우 거주역으로의 누기 발생 우려

→ A/F 내에 설치한 압력센서에 의해 급기덕트에 설치된 pressure control 댐퍼를 제어하여 5 ~ 10 Pa 유지

④ FTU에 의한 외주부 난방계획

외주부 냉방열원으로 FTU 내의 온수코일과 전기코일을 설치하는 2가지 대안 검토

<표 11> FTU의 타입, 용량 선정

본체	송풍기		전기가열코일		1차 급기	controller
	풍량	동력	발열량	전원		
600×600 ×215	500 CMH	75 W/1 /220/60	1,000 W	220 V, AC	비례제어	stand alone & BMS

→ 경제성 검토결과 온수난방이 전기난방보다 다소 유리하나 아래와 같은 점을 고려하여 전기 난방 방식 채택

- ㉔ A/F 내에 설치되는 온수용 배관의 누수 우려
- ㉕ FTU의 자유로운 이동, 설치 고려
- ㉖ FTU 소음도

설계소음 기준인 NC 40~50의 만족여부 확인
→ NR 33(400 CMH) ~ 38(500 CMH)로 기준 만족

㉗ FTU의 타입, 용량 선정(표 11, 그림 16)

기능 : 온도조절, on/off 제어, 팬 속도 변경
제어 : microprocessor stand alone 제어 기능, power만 BMS 분전반에서 on/off 제어

현장 변경 항목

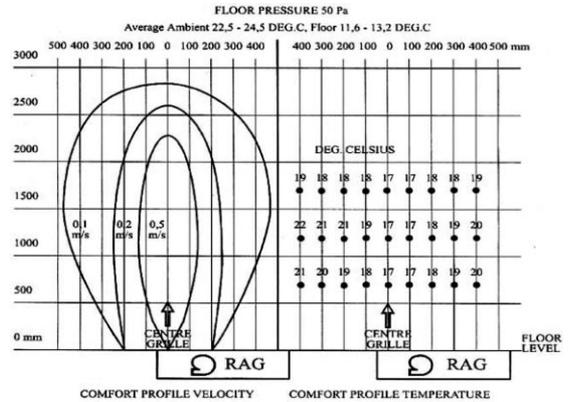
- 1) 주덕트 분기 설치
- 1,600×250의 주덕트 설치 시 A/F 모듈 3개를 보

<표 12> 건축개요

건 물 명	하노이 시티 콤플렉스 (Hanoi City Complex)
건물용도	판매시설, 업무시설, 주거시설
건물규모	지하 5층, 지상 65층
연 면 적	237,532 m ²

<표 13> 층별 구성

구 분	사 설 용도
지하5층 ~ 지하 1층	주차장 및 기계/전기실
지상1층 ~ 지상 2층	판매시설
지상 3층	판매시설 및 업무시설
지상 4층 ~ 지상 28층	업무시설
지상 29층	중간 기계/전기실
지상 30층 ~ 지상 65층	주거시설



[그림 16] FTU 기류확산 성능 및 온도분포 성능 실험 데이터

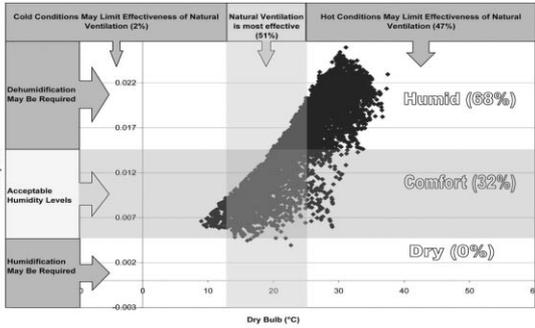
강하여야 하나, A/F stringger 및 별도 보강 브릿지의 강도(400 kg/cm²)를 유지하여 보강 설치하는 것이 국내 여건 상 불가능하여 1,000×250×2개로 주덕트를 분기 설치

2) pressure control 댐퍼

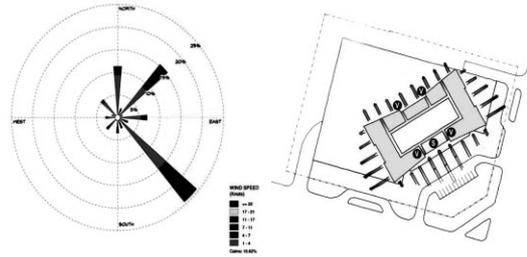
댐퍼 높이가 200 mm이내에서는 댐퍼 brade수의 설치 제한성으로 정풍량 댐퍼를 제작할 수 없어 부득이 VD+MD 일체형으로 제작 및 설치, 댐퍼 위치별 최고 풍량을 VD로 설정한 후 압력에 따라 MD 자동 동작



[그림 17] 건물 조감도



[그림 18] 하노이 연간 외부 공기 쾌적범위



[그림 19] 하노이 주풍향 분석

3) FTU의 pressure independent 제어
A/F 내의 유지압력이 5 Pa 내외이고, 또한 압력이 평형상태에서 유지되므로 굳이 pressure independent type이 필요 없어 pressure dependent type으로 결정

초고층 건축물의 국외 설계 사례

베트남 하노이 시티 콤플렉스
건축개요(표 12)

건물 조감도 및 구성(그림 17)

1) 층별 구성(표 13)

2) 시설 용도별 면적 구성

- 판매시설 : 23,453.68m² (7,094.7평)
- 업무시설 : 62,930.37m² (19,036.3평)
- 주거시설 : 64,426.89m² (19,489.0평)
- 주차장 등 : 86,721.06m² (26,233.0평)

공기 조화 설비

1) 기본 개념

본 하노이 시티 콤플렉스는 임대 판매시설 및 임대 업무시설, 아파트먼트 형태의 주거 시설로 계획되었으며, 향후 판매 및 업무시설의 부분 임대를 고려한 덕트 및 디퓨저 모듈화 배치 등 최대의 유연성(flexibility)을 제공할 수 있는 시스템을 계획하였다. 또한 초고층 주거시설의 경우 세대별

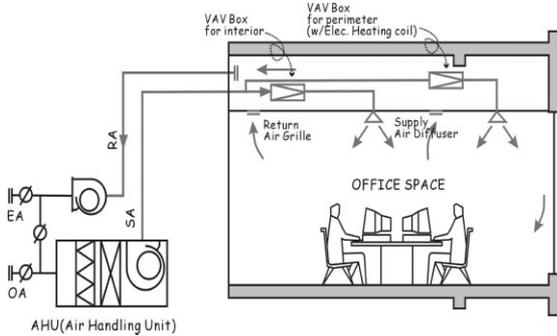
개별 제어성 및 고층부 풍압에 의한 공랭식 에어컨 실외기의 효율 저하를 고려한 시스템을 계획하였다. 또한 기계적 공조 시스템 계획 전 외부 기상 조건을 이용한 건물의 외피부하 차단 시스템 및 자연환기 시스템 등을 적용 계획하기 위해 하노이 시의 연간 온습도 데이터 및 연간 풍속 데이터를 조사하여 검토하였다.(그림 18, 19)

검토결과 연간 외부 기상 조건 중 약 30% 정도의 기간만이 쾌적 범위 내에 포함되었으며, 풍향 데이터 검토 결과 겨울에는 북동풍이, 여름철에는 남동풍이 주풍향으로 검토되었다. 이는 건물의 주풍향 및 외부 공기 쾌적 조건을 고려해 보았을 때, 공조에너지 절감을 위한 자연에너지의 이용의 효율성이 저하된다고 판단된다.

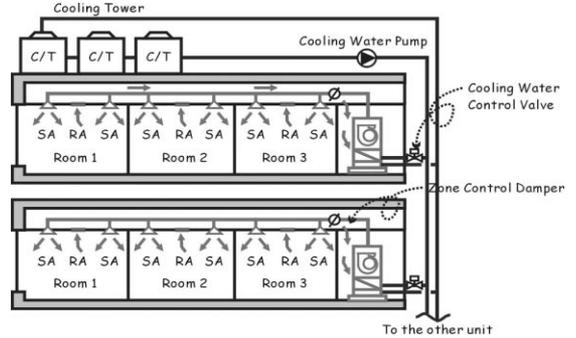
2) 각 실별 공조방식 계획

① 업무시설 기준층 오피스(그림 20)

기준층 오피스 존은 실별 부하변동에 대처가 용이한 변풍량 단일덕트(VAV) 방식을 적용하였으며, 임대 업무시설의 특성을 고려하여 2개 층에 1개소의 공조실을 설치함으로써 최대한 임대 면적을 확보하도록 계획하였다. 또한 동절기 영상 10℃의 설계 외기 온도를 고려하여 중앙 온열원 시스템을 고려하지는 않았으나, 외주부에 거주하는 재실자의 동절기 콜드 드래프트를 방지하기 위하여 외주부 존의 변풍량 유닛에는 전기 히팅 코일을 설치하여 최소한의 난방기류가 형성될 수 있도록 계획하였다.



[그림 20] 기준층 오피스 공조방식 개념도



[그림 21] 주거시설 단위 세대 공조방식 개념도

② 판매시설

판매시설은 추후 현장 시공 시 변경이 예상되는 매장 계획 평면을 고려하여 전공기 방식을 가정한 공기조화 용량을 계산하여 그에 적합한 공기조화기의 설치 위치 및 면적을 확보하도록 계획함.

③ 주거시설(그림 21)

모든 주거 단위 세대 내 패키지 룸을 계획하고 수냉식 패키지 유닛을 설치하였으며, 이 유닛을 통해 처리된 냉방 공기는 세대 내 각 실마다 덕트를 통해 공기를 이송하고 풍량 조절 댐퍼를 이용하여 각 실별 풍량을 제어하도록 계획하였다. 또한, 동절기 난방을 위해 수냉식 패키지 유닛 내 전기 히팅 코일을 설치하였다. 초고층 건물임을 감안하여 국내 공동주택에 많이 적용되고 있는 급배기 열교환 환기유닛의 경우 풍압에 의한 장비 효율 저하를 고려하여, 세대 내 환기를 위해 건물

옥상에 외기 처리용 공기조화기를 설치하였으며, 코어 내 중앙 샤프트를 통해 각 층 각 세대 내 설치된 수냉식 패키지 유닛에 신선외기를 공급하였다.

타이페이 국제금융센터 (Taipei 101)
건축개요(표 14, 그림 22)

공조방식 및 환기설비

1) 포디엄부: 정풍량 (CAV)단일덕트방식

각층 메자닌에 설치된 AHU로서 퍼블릭 AREA의 공조처리

포디엄 지하1층과 4, 5층에는 음식점들이 있고 각 테넌트에 주장배기 덕트설치
주방배기 덕트 계통-지하1층, 6층에 스크레버 설치(유분 제거 후 외기에 개방)

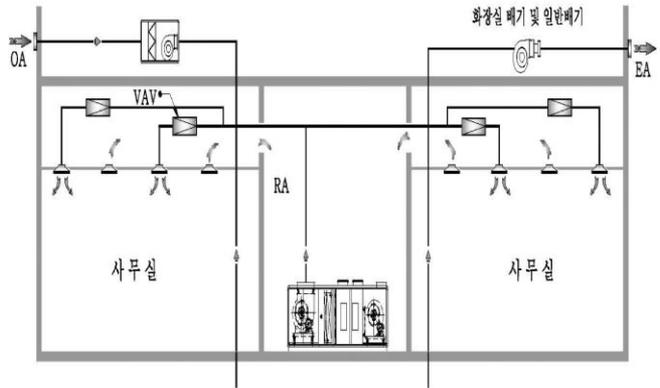
<표 14> 건축개요

공사명칭	타이페이 국제금융센터 신축공사
건축면적	15,081 m ²
부지면적	30,277 m ²
연 면 적	412,500 m ² (125,000평)
주 용 도	타워부 - 사무실, 포디엄(Podium)부 - 점포·주차장
층 수	타워부 - 지상 101층, 지하 5층, 포디엄부 - 지상 6층, 지하 5층
높 이	첨탑 508 m / 주체 구조부 463 m



[그림 22] 타워 전경

- 2) 타워부 : 변풍량 (VAV)단일덕트방식
각 블록 AHU에서 각층 VAV로 공급
덕트계통 : 서측/동측 존 분할
수직계통 : 상층 3플로어, 하층 4플로어 구분
- 3) 타워부 공조실 8개층에 (2개실 × 2대) 4대가 담당
- 4) 화장실, 복도부만 CAV



[그림 23] 기준층 공조덕트 단면도

PLAZA RAKYAT OFFICE BUILDING
건축 개요

- 1) 공사명 : PLAZA RAKYAT PROJECT
- 2) 설계자 : SOM(SKIDMORE, OWINGS & MERRILL LIP)
- 3) 위치 : Kuala Lumpur, Malaysia
- 4) 시공사 : (주)대우건설
- 5) 공사기간 : 94. 4. 12 ~ 99. 3. 31
- 6) 대지면적 : 65,000 m²
- 7) 건축연면적 (총계 575,000m²)
OFFICE 130,200 m² (지하 6층, 지상 79층)
호텔 37,300 m² (지하 6층, 지상 22층)
아파트 42,100 m² (지하 5층, 지상 46층)
상가 136,000 m² (지하 6층, 지상 7층)
경전철역사 / 버스, 택시 터미널 / 주차장 (3,164대) 202,000 m²

Office 건축개요

- 1) 용도 : 사무실
- 2) 층수 : 지하 6층, 지상 79층
- 3) 연면적 : 130,200 m²
- 4) 기준층면적 : 44.2 m × 44.2 m = 1953m²

<표 15> 외기처리용 공조기 사양

공조기 설치층	사용층	용량	층당 급기량	1인당 외기량
4층 기계실	5 ~ 19층	15,450 LPS×2대	1050 LPS/층	34.2 CM H/인
28층 기계실	20 ~ 40층	18,050 LPS×2대	950 LPS/층	
51층 기계실	41 ~ 58층	14,600 LPS×2대	950 LPS/층	
72층 기계실	59 ~ 71층	11,950 LPS×2대	950 LPS/층	

(약592 평)

- 5) 대표 층고 : 3,900 mm (중간기계실 층고 7,620 mm)
- 6) 최고 높이 : 339 m

공조 시스템

1) 외기 공급 및 배기 시스템

기준층(5 ~ 72층)을 4개 존로 구분하여 외기 처리용 공조기로 외기를 처리한 후 각층 공조기로 공급하였다. 배기는 각층에 공급된 외기를 화장실 배기, 일반 배기 등을 통하여 전량 배기하였으며, 배기덕트 및 환 설치는 급기와 같은 존으로 동일하게 하였다. 층별 외기 공급 및 배기량을 비교해보면 전 층 비슷하게 양압이 유지되도록 하였으며, 외기 공급량이 배기량보다 층당 200 L/s 정도 많도록 설계되어 있다.(표 15)

2) 기준층 공조시스템

- ① 공조시스템 : 전공기 방식(V.A.V) + 외기처리 유닛, 층별 공조방식
- ② 개요도(그림 23)

초고층 건축물 공조시스템의 에너지 절약 기법

에너지 흐름·소비와 공조방식을 통해 공조시스템 에너지 소비요소별 즉 열입력, 반송동력, 외기 부하에 따른 절감계획이 가능하다. 따라서 건물의 특성과 공조시스템의 에너지 소비요소를 고려하

여 합리적인 에너지 절약적 공조방식을 결정하는 것이 매우 중요하다. 최근 저온공조 시스템, 저속치환공조 시스템, 바닥급기 시스템, 복사냉방 및 chilled beam 시스템 등의 적용으로 건물의 공조 에너지 절약을 도모하는 사례가 증가하고 있다.

입력 에너지(열입력)의 절감

건물은 외부 및 내부적인 요인에 의해서 냉, 난방 부하가 항상 발생하며 이를 제거하기 위해 공조시스템을 계획한다. 실제의 부하를 제거하기 위한 입력에너지 절감은 크게 실내부하 저감, 부하 제거 효율증대, 열원장비의 입력에너지 감소 등으로 구분할 수 있다.(표 16)

반송동력의 절감

공조시스템의 반송동력은 이동되는 열매체에 따라 크게 물계통은 펌프동력, 공기계통은 송풍기동력으로 구분된다. 따라서 어떠한 공조방식을 선택하는가에 따라 소비되는 반송동력의 종류가 상이하게 된다. 최근 건물이 고층화, 대형화됨에 따라 열매를 수송하는 반송동력의 소비비율이 증대되고 있다. 특히 초고층 건축물에 있어서는 열매체의 이동거리가 길어져 신중하게 공조방식을 선정

<표 16> 공조시스템 입력에너지(열입력)의 절감방안

구 분	에너지 절감요소	비 고
실내 부하 저감	<ul style="list-style-type: none"> 외피의 단열성능 강화 (전열부하 감소) 고차폐유리/차양 등 (일사부하 감소) 기타 건축계획에 의한 부하 저감 대책 등 	건축계획 사항
실내부하 제거 효율증대	<ul style="list-style-type: none"> 공조시 공기의 혼합손실 최소화 - 저속치환 공조/복사 냉·난방 거주역 공조(바닥공조) 부분부하 대응을 위한 분산공조, 변풍량 시스템 등 	공조방식 사항
열원장비 입력 에너지 절감	<ul style="list-style-type: none"> 취출온도 상향공급(바닥공조)-공급(냉수)온도 상향공급 냉각탑의 용량 증대 및 고효율 장비 선정 등 	장비의 COP 증대

해야 한다. 공기방식에 의한 송풍기 동력, 냉, 온수 공급에 의한 펌프동력을 고려하여 전공기방식, 전수방식, 공기·물 혼합방식 등을 결정하며, 공급거리에 따른 중앙공조, 층별공조, 분산공조 등을 고려한다.(표 17)

외기부하의 저감

건물 내 적절한 실내공기질(IAQ)을 유지하기 위해서는 일정량 이상의 신선 외기량이 필요하게 된다. 공기는 열매체로서 열용량이 비교적 작고 외기온도, 실내설정온도간의 차이가 크기 때문에 외기처리에 소요되는 에너지도 증가하게 된다. 즉 실내공기의 청정도와 에너지절약과는 상반된 개념을 내포한다.(표 18)

운영 및 제어방식에 의한 에너지 절감

- 1) 불필요시 환기정지, 저밀도 재실시 환기량 제어
- 2) 국소 급배기용 환기의 채용 / 대용량 팬의 대수 분할
- 3) 공조배기에 의한 대량 환기의 대체(변전실, 기계실)
- 4) 예냉, 예열시의 외기 도입 차단, 외기량 제어
- 5) 외기냉방, 야간환기, 전열교환기의 채용

<표 17> 공조시스템 반송동력의 절감 방안

구 분	에너지 절감요소	비 고
펌프동력 절감	<ul style="list-style-type: none"> 냉온수 대온도차 적용 저온공조시스템 중앙공조방식(송풍기의 동력은 증대) 	<ul style="list-style-type: none"> - 냉온수 유량감소 - 배관물량 감소 - 냉동기 입력 에너지 증대
송풍기 동력 절감	<ul style="list-style-type: none"> 급기/환기 온도차 증대 저온공조시스템 층별/분산 공조방식(펌프의 동력 증대) 	<ul style="list-style-type: none"> - 급기 풍량감소 - 덕트물량 감소
이송거리 최소화	<ul style="list-style-type: none"> 적절한 공조조닝으로 배관/덕트 길이 최소화 관로내의 정압저감을 통한 동력감소 	- 관로(배관, 덕트)의 열이동(손실/획득) 최소화
공조방식 선정	<p>펌프동력과 송풍기동력을 고려하여 건물의 특수성에 적합하도록 공조방식을 선정해야 함. 일반적으로 수방식이 공기방식에 비해 반송동력이 작기 때문에 초고층 건물 등 수송 거리가 긴 건물은 신중한 검토가 필요함.</p>	

<표 18> 외기부하의 절감방안

에너지 절감요소		비 고
중간기 외기냉방	<ul style="list-style-type: none"> 전공기 시스템이 가능 바닥공조, 저속치환공조 전체 풍량이 부하를 담당 	<ul style="list-style-type: none"> 저온공조시스템은 외기냉방 기간이 짧음 (공조풍량 작음)
중간기 외기 냉수냉방	<ul style="list-style-type: none"> 수방식, 수, 공기방식이 가능 복사 냉방, Chilled Beam 등 냉각탑 이용 Free Cooling 	<ul style="list-style-type: none"> 최소외기의 도입풍량으로 냉방이 불가능 취출온도는 높음
폐열회수	<ul style="list-style-type: none"> EA 배기열을 OA급기와 열교환하여 외기부하 저감 	<ul style="list-style-type: none"> 폐열회수(전열/현열) 열교환 공조기 적용

에너지절약을 위한 공조시스템 제안

1) 저온공조 시스템

근래 보편화된 빙축열시스템은 기존의 냉방열원 시스템에 비하여 낮은 온도의 냉수를 생산할 수 있어 기존과는 다른 시스템의 구현이 가능하게 되었다. 저온공조 시스템은 빙축열 시스템에서 생산되는 저온의 냉수를 이용하여 기존의 공조방식에서의 공기온도보다 더 낮은 온도로 급기하는 공조하는 방식이다. 공조 풍량이 줄고 덕트 면적을 줄여 궁극적으로 건축물의 층고를 낮추는 방안이 될 수 있다.

2) 바닥급기 시스템

바닥급기시스템은 사무소 건물과 상업 건물의 공조를 위하여 바닥 하부 공간을 사용하는 기술이다. 사무소 건물의 access floor를 케이블 배선 공간 및 공조급기용 공간으로 사용하며 바닥면에 설치한 바닥급기구에서 공조공기를 실내로 취출한다. 바닥급기 시스템은 항상 공기가 바닥면으로부터 천장방향으로 흐르기 때문에 거주역의 온열환경 및 공기질을 양호하게 유지할 수 있는 장점이 있고 급기온도를 냉방 시 2~4℃ 높게, 난방 시 2~3℃ 낮게 공급 가능하기 때문에 에너지 절약 효과가 크다.

3) 저속치환 공조 시스템

기류의 힘을 이용하여 실내의 공기를 혼합시키는 혼합공조방식(mixed ventilation)과는 달리, 더운 공기와 찬 공기의 비중차이, 즉 자연대류의 원리를 응용한 공조방식으로 신선한 공기를 낮은 영

역에서 저온·저속으로 실내로 급기하여 내부에서 발생하는 열과 오염물질을 대류효과에 의해 상부의 배기구를 통하여 배출시키는 방식이다. 거주역 공간을 효과적으로 공조함으로써 비거주역에 대한 불필요한 냉, 난방 에너지 소비를 방지할 수 있다.

4) 복사 냉·난방 시스템

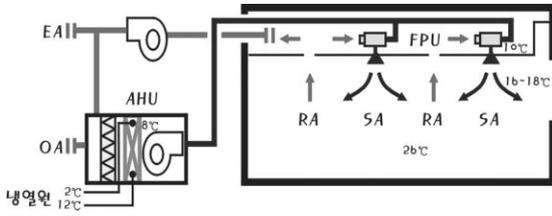
천정이나 벽체에 냉각·가열이 가능한 패널(일명 복사패널)을 설치하여 발열체의 역할을 하며, 이들 발열체에서 장파의 형태로 열을 방출하여 온도를 조절하고 재실자는 이 전자기파를 흡수하여 쾌적감을 느끼게 하는 냉·난방 방식이다. 현열냉방을 위해 차가운 표면의 복사에 의존하기 때문에 전공기 시스템(all-air system)보다 더 높은 실내온도에서 쾌적해 질 수 있고 물을 열매체로 사용함으로써 공조시스템과 비교하였을 때 수송에너지 절감이 가능하며, 연속운전에 의한 축열을 통해 peak 부하를 줄일 수 있다.

5) Chilled beam 시스템

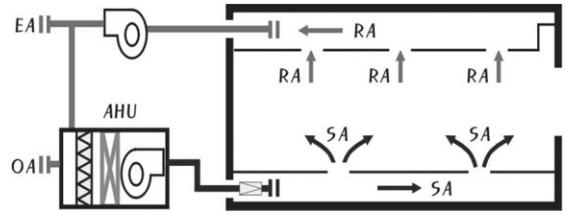
Chilled beam 시스템은 인테리어 개념이 가미된 천장 패널에 덕트와 배관을 포함한 기존의 기계설비와 전기설비의 모든 공종의 공사를 집합하여 모듈화 한 것으로 공장에서 대량으로 제작하여 골조공사가 완료됨과 동시에 현장에 운반하여 설치하고 연결하는 새로운 천장 시스템이다. 천장으로 유인되는 실내공기와 노즐에서 분사되는 신선외기가 일정한 흐름을 형성하여 드래프트가 없는 쾌적한 실내환경을 제공함과 동시에 층고의 단축이 가능하고, 시공과 유지보수를 비롯한 여러 가지 측면에서 이점이 있기 때문에 유럽을 시발점으로 하여 점차 확산되고 있다.

6) 외기처리 시스템 (Dedicated Outdoor Air System)

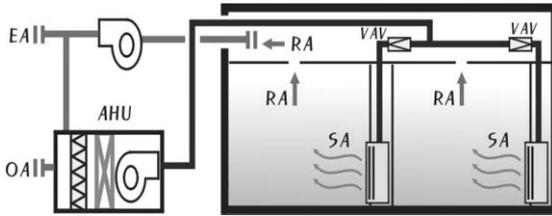
외기처리 전용시스템(DOAS)은 실내 공기질 유지를 위해 필요외기를 100% 환기 시스템을 이용하여 재실공간에 외기를 공급하고 잠열을 제어하는 방식으로 현열부하는 기존 VAV시스템, 팬코일 또는 천장 복사패널을 이용하여 제거한다. 기존의 일반 VAV 시스템에서는 부하가 감소하면 공급 풍



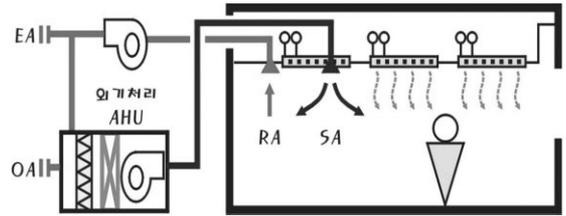
저온공조 시스템



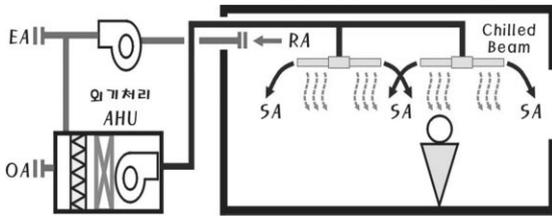
바닥급기 시스템



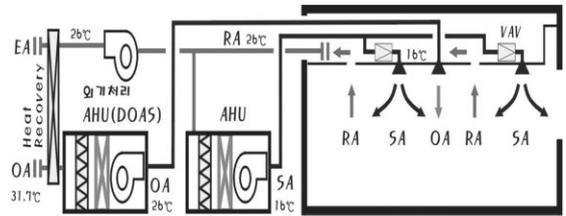
저속치환공조 시스템



복사 냉·난방 시스템



Chilled Beam 시스템



외기 전용처리 시스템

[그림 24] 에너지 절약적 공조방식 개념도

량이 줄고 이에 연동하여 외기의 도입량도 줄어들어 환기량이 부족해질 수 있다. DOAS를 적용하여 이러한 문제점을 해결할 수 있으며, 건축적으로 타 분야와 통합화가 수월하고 건물의 개보수 혹은 신축에 유리한 특징을 가지고 있다.(그림 24)

결론

초고층 건물에서의 공조방식은 고층화에 따른

층고절감, 부하특성, 유효면적 확보 및 구조방식에 의한 영향 등을 종합적으로 분석하여 바닥 공조 방식, 저온 공조 방식, 천정 복사냉방(chilled beam)방식 등 에너지 절약적이며 가장 경제적인 공조방식을 선정 적용해야 한다. 특히, 초고층 건물은 종합 방재계획 및 제연설비 계획과 밀접한 관련이 있으므로 공조방식 계획시 이에 대한 사항도 충분히 검토하여 합리적으로 적용될 수 있도록 고려함이 중요하다. (40)