



통합형 바닥공조 시스템

한라건설(주) 설비부(조호정, 조종선, 김종민, 이정혁, 박찬석)

1. 머리말

빌딩 내 공기 취출은 과거 천장을 통해 주로 이루어졌다. 천장 공기 취출 방식은 천장의 공기 덕트를 통해 시원한 공기를 공급하는 시스템이다. 그러나 따뜻한 공기는 본래 위쪽으로 올라가려는 습성이 있다. 이는 실내온도를 측정해 보면 천장 쪽이 제일 따뜻하다는 것만 봐도 알 수 있다. 따라서 천장에서 나오는 시원한 공기가 사람이 앉아 있는 1.2~1.5m 위치까지 도달하려면 위쪽의 더운 공기를 먼저 식히면서 아래쪽으로 내려오기 때문에 냉방 효율이 떨어진다.

하지만 바닥공조 방식은 바닥에서 시원한 공기를 공급한다. 사람이 앉아 있는 위치와 가까운 곳에서 나오는 시원한 공기는 실내공기와 섞이면서 기류의 흐름에 따라 위쪽으로 올라가게 되므로 냉방 효율을 높일 수 있고 에너지 절감에 더욱 유리하다.

그리고 오피스는 특성상 사무가구 배치 및 이동이 잦다. 이럴 경우 천정공조 개보수 공사시 천정을 뜯고 덕트를 이동 및 교체 등에 불편 및 비용 등 여러 이유로 가구 배치 및 이동시 제한적으로 대처할 수 밖에 없었다. 하지만 바닥공조 시스템은 가구 배치/이동에 따라 바닥 액세스 플로어에 설치된 공기 취출 유닛인 Fan Terminal Unit만 이설하면 되므로 이러한 문제를 쉽게 대응 할 수 있다.

또한 천장 내 덕트 설치의 최소화로 층고를 절감할 수 있게 된다.

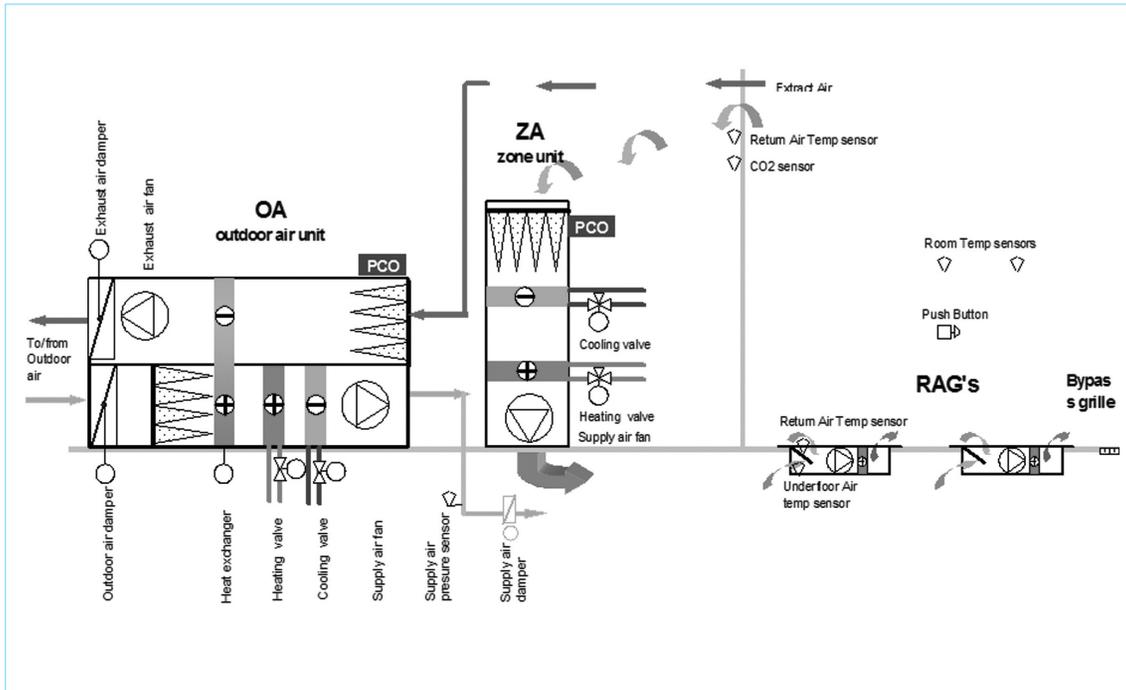
바닥공조 시스템은 크게 가압식과 등압식으로 구분되는데, 종래의 국내에 설치한 시스템은 가압식에서는 바닥에 무동력 원형 디퓨저를 설치한 경우가 대부분이고, 등압식에서는 건물 상층부나 저층부에 외조기를 설치하고 각 층별 존 공조기를 설치한 경우가 대부분이었다.

가압식보다 등압식이 설계 및 시공상 여러 가지로 장점(외주부 처리, 누설, 부하 대응에 대한 유연성 등)이 있어 기존의 가압식 위주에서 등압식이 더욱 일반화되고 있는 추세이다.

OO중앙연구소의 경우 등압식 바닥공조 시스템을 사용하면서도 처음으로 외조기+존 공조기 방식이 아닌 통합형 공조기를 이용한 시스템을 적용하였다.

2. 기존 시스템의 문제점 및 해결 방안

기존에 설치된 등압식 바닥공조의 경우 공조기 형상이 모두 입형이다 보니 외기처리가 되지 않아 존 공조기는 실내에 설치하고 외기 처리를 위해 별도로 외조기를 설치하는 시스템으로 설계되어 있다.



[그림 1] 외기공조기 + 존공조기 방식 바닥공조 계통도

그런데, 여러 공조실을 하나의 외조기로 통합 설치하다 보니 이를 크게 할 경우 외조기에 대한 투자비 증대뿐만 아니라 DUCT를 크게 할 경우 SHAFT 구간이 크게 필요해 전용면적이 줄어들게 되므로 외조기 용량을 인체가 필요로 하는 최소 급기량만으로 설계하게 되었다. 이렇다 보니 투자비 및 실내공간 절약 등 나름대로 장점은 있으나 가장 큰 단점으로 부각되는 것이 외기냉방이 거의 되지 않는다는 것인데, 앞으로는 탄소배출권 거래제 시행 등 의무적으로 에너지 사용량을 감축하여야 하는 상황에서 중간기에도 외기냉방을 하지 않고 냉동기를 가동하여 냉방을 한다는 것은 큰 문제가 아닐 수 없다.

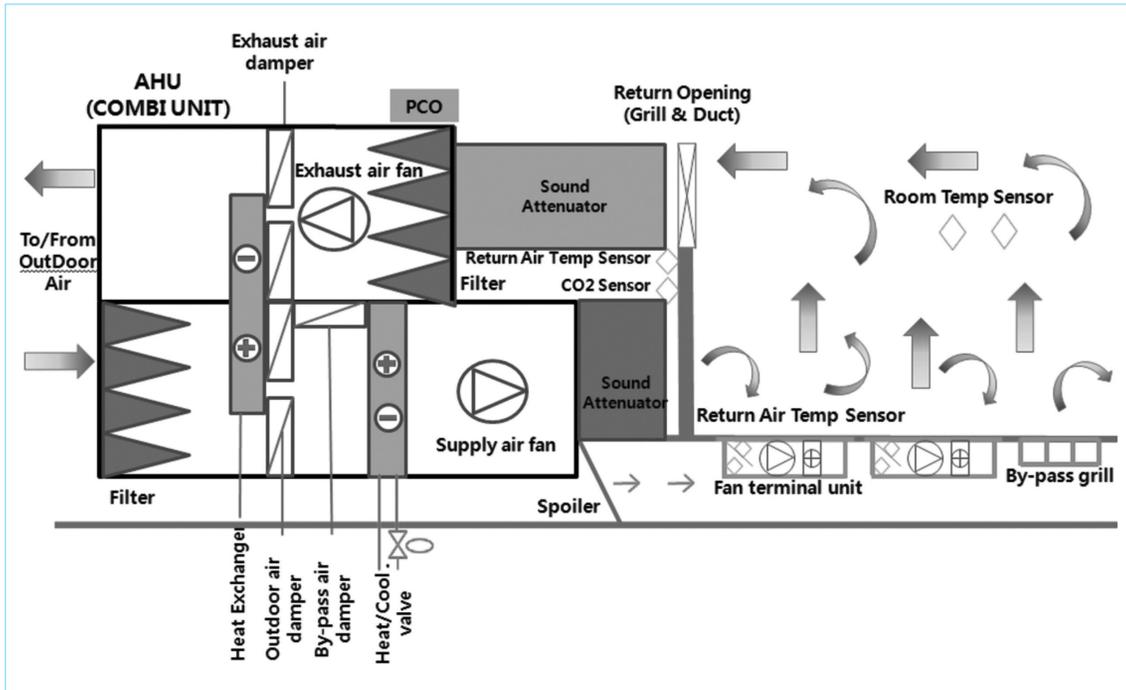
그래서 OO 중앙연구소의 경우 설계 초기부터 이에 대한 검토를 충분히 하였으며, 초기에는 외조기와 공조기를 100% 용량으로 각 공조실마다 설치하는 것도 고려하였으나 투자비 및 운전비 면에서 이를 통합한 통합형으로 설치하는 것이 가장 적합한 것으로 판단되어 최종적으로 통합형 공조기를 이용한 등압식 바닥공조 시스템으로 선정하게 되었다.

3. 통합형 바닥공조 시스템

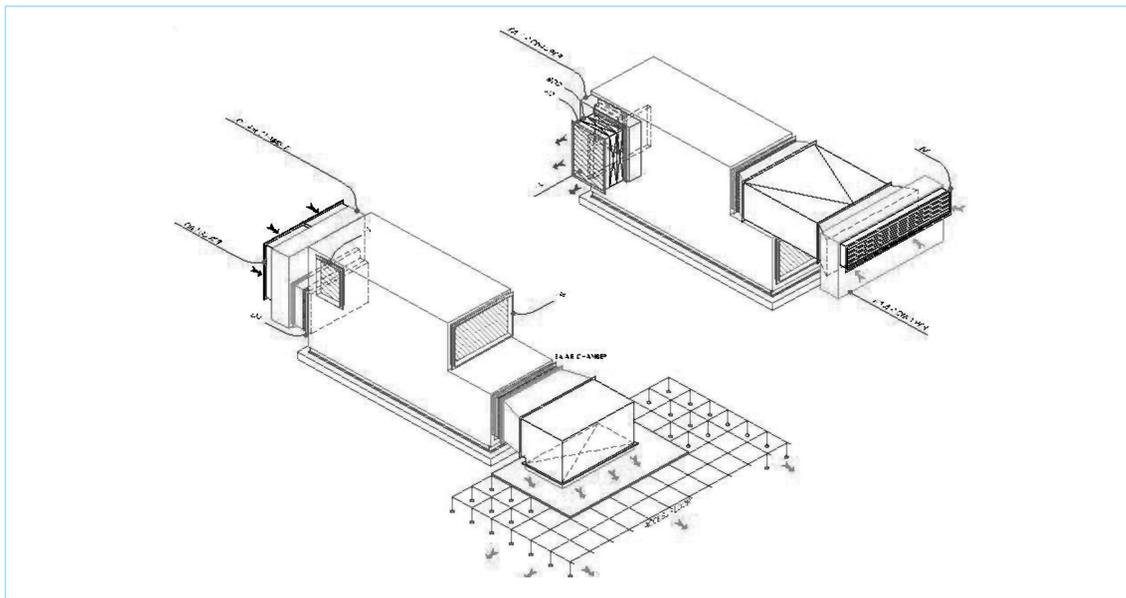
3.1 시스템 설명

통합형 공조기는 외조기(OA)와 존공조기(ZA)의 일체형으로 존별 개별 외조기 및 존 공조기 설치시 보다 콤팩트하게 만들었으며, 100% 외기냉방이 가능토록 하여 에너지를 절감할 수 있고 저소음형 시스템으로서 사무실 기준에 맞게 설계하였다.

외기 부분에서 주목할 점은 봄/가을철의 저 부하 기간 동안 냉·온수 장비가 작동하지 않아도 100% 외기 냉방이 가능하다. 그 이유는 공조기의 로터리 열교환기 적용 및 외기와 실내온도를 기준으로 온도관리를 하여 냉동기나 보일러 사용을 최대한 억제함으로써 에너지 사용량을 매우 낮게 유지할 수 있기 때문이다. 또한 여름 및 겨울철에는 CO₂ 센서에 의해 댐퍼 및 팬의 속도를 가변 제어하여 꼭 필요한 외기만 공조 공간으로 공급이 가능하다.



[그림 2] 통합형 공조기 바닥공조 계통도



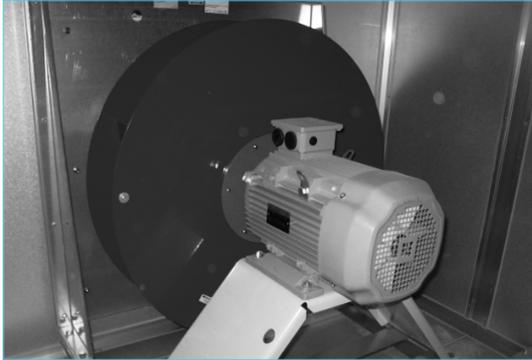
[그림 3] 통합형공조기의 설계 입체도

급기는 실내에 설치된 온도센서(공조기 토출, 공조기 리턴, 슬라브, 룸 내부 3곳)에 의해 변풍량 제어된다. 리턴공기와 외부 공기 혼합은 장비 내부에서 자동

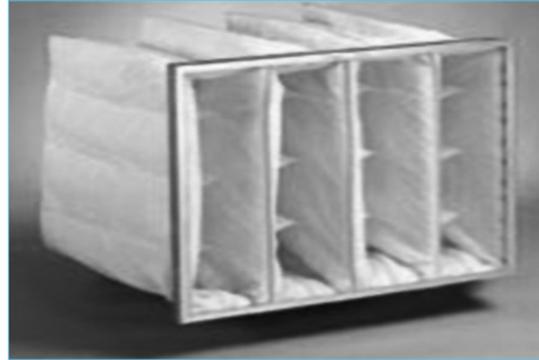
댐퍼조작으로 이루어지며, 소음기, 공기 필터, 냉온수 코일, 가습기 및 공급 팬을 거쳐 바닥으로 공급되며, 각 존의 FTU에 의해 공기가 분배된다.

팬은 효율적인 인버터 AC FAN의 직결식 원심팬을 장착하였다. EC FAN 용량이 점점 더 큰 것이 개발되고 있으므로 향후에는 EC FAN 사용도 가능할 것으로 판단된다. 필터는 프리 필터 및 미디엄 필터를 설치하였으며, 미디엄 필터의 경우 수명이 길고 효율이 높은 BAG TYPE 필터를 설치하였

으며, 편리한 유지보수를 위해 공조기 측면에서 탈부착 가능하도록 하였다. 필터의 막힘 여부를 알 수 있도록 Pressure Switch를 장착하였다. 통합형 공조기는 유지 관리성 면에서도 외조기+존공조기의 시스템보다 더욱 쉬어지고 비용 또한 저렴하다.



[그림 4] 직결식 원심팬



[그림 5] 미디엄 필터

3.2 바닥공조 타입별 장단점 비교

구분	1안 (통합형 공조기) - 선정안	2안 (OA AHU+ZONE UNIT)
시스템 설명	외기처리 및 존 공조기 역할을 동시에 수행하는 통합형 공조기 임. 로터리 열교환기 내장형	옥상에 외조기를 설치하여 외기를 처리하고 실내에는 실내 부하를 담당하는 ZONE 공조기를 설치. 외조기에 로터리 열교환기 내장
투자비	다소 높음	저렴 (투자비중이 높은 외조기를 중앙 집중하여 한두대만 설치하면 되므로 가격이 저렴해짐)
설치 면적	많은 공간 필요(100%)	좁은 공간 가능(60%)
운전비	낮음	높음
	통합형 공조기는 효율이 높은 로터리형 열교환기를 사용하여 여름 및 겨울철 부하의 60% 이상을 처리하고, 중간기의 경우 100% 외기 냉방이 가능하여 중간기에 냉온수 장비를 가동하지 않아도 되므로 운전비가 저렴함	외조기를 통하여 각 존으로 외기 공급시 일반적으로 신선공기만 고려하여 공급하게 되므로 존 공조기에서 필요한 용량의 30% 이하에 불과하여 외기 냉방 기능이 미미하여 실내 부하가 많을 경우 연중 냉방이 필요하게 되어 운전비가 높음
실내공기품질 (IAQ)	필요시 언제든지 100% 외기 공급이 가능하므로 실내공기질이 훨씬 뛰어나 쾌적한 환경 조성 가능	최소한의 신선 공기만을 공급하게 되므로 상대적으로 CO ₂ 등 실내공기질 저하
소음 구분	공조기 자체는 공조기의 급기 및 환기 부분에 고성능의 소음기를 설치한 후 공조실 벽체까지 Duct 연결하여 소음이 사무실로 전달하는 것을 원천적으로 차단	존 공조기의 경우 정압이 낮고 소음이 적은 EC FAN을 주로 적용하여 FAN 자체의 소음이 적으나 장비의 단열 두께 및 팬 주변 흡음 처리 여부에 따라 소음 차이가 큼

구분	1안 (통합형 공조기) – 선정안	2안 (OA AHU+ZONE UNIT)
제어시스템	온도센서를 연산하여 공기량과 공기온도를 변풍량 제어함. (온도센서 : 거주역, 공조기내 흡입토출구, 각 FTU의 토출흡입구, 바닥슬라브등) 실내 CO ₂ Sensor로 외기량을 제어함. 400m ² 의 존 일경우, 50개 이상의 온도센서로 통합형 공조기를 연산 제어함. 컨트롤러는 연산결과에 따라 공급공기의 온도와 양을 비례 제어함	1안과 온도 제어는 기본적으로 동일하나, 습도 처리의 경우 외조기에서 담당하고, 외기 냉방 모드가 별도로 없음
에너지절약	외기 냉방이 100% 가능하여 운전비를 대폭 줄일 수 있음	외기 냉방이 불가하여 간절기 에너지 소비함

[표1] 바닥공조 시스템 비교

4. 통합형 바닥공조 시스템에서의 에너지 절약

- 팬 동력 감소 : 덕트가 없고 액세스 플로어 내부의 압력은 매우 낮기 때문에 매우 낮은 정압의 팬 사용에 따라 동력이 감소한다.
- 거주역 공조 : 사람이 거주하는 약 1.8m 높이 정도만 공조하면 되므로 공급온도를 높일 수 있어 에너지 절약, 부하 감소 및 냉동기 효율이 증가한다.
- 열 제거성 우수 : 천정에 설치된 전등에서 발생하는 열량이 많은데 공기 흐름상 전등에서 발생하는 열은 대부분 거주역으로 오기 전에 제거되어 냉각 부하가 감소한다.
- 환기 성능 우수 : 바닥에서 천정으로의 공기 흐름은 외기 혼합이 더 잘되게 해서 결과적으

로 외기를 덜 필요로 한다. 그리하여 AHU의 팬 동력이 줄어 절감이 되고, 급기되는 외기에 필요한 냉각/가열 부하가 줄어 냉동기, 보일러의 운영비용이 절감된다.

- 중간기 100% 외기 도입 : 중간기에 100% 외기 도입을 하는 것은 매우 중요하며, 통합형 공조기 설치시 가장 장점을 살릴 수 있는 부분이다. 기존 외조기+존 공조기의 경우 가장 큰 단점으로 외조기에서 사람을 위한 신선외기만 도입하다 보니 외기 공조가 되지 않아 연중 냉방을 한다는 것인데, 바닥공조가 에너지 절약적인 시스템인데도 불구하고 외기 냉방이 되지 않을 경우 오히려 에너지 낭비가 초래되는 결과가 생긴다.
- 따라서, 통합형 공조기를 설치하여 중간기에 외기 냉방을 한다면, 많은 에너지를 절약할 수 있다.

5. 통합형 바닥공조 시스템 설계시 고려사항

NO	항목	검토사항	설계적용
1	통합형공조기 위치	공조기를 층별 어느 곳에 위치할 것인지 통합 설치할 것인지 여부?	건축입면, SHAFT 및 투자비 측면에서 가장 영향이 큰 항목으로 신중한 결정이 필요함
2	외기량 산정	최소 환기량(30%, or 10 l/s.인)으로 할 것인지 아니면 외기냉방을 감안한 최대 풍량(100%)으로 할 것인지?	공조기 비용에서 크게 차이가 나는 항목으로 투자비와 에너지 절감측면을 함께 고려하되 통합형 공조기 설치시는 외기냉방을 100%로 하지 않는다면 별 의미가 없다고 판단됨

NO	항목	검토사항	설계적용
3	코어 계획	코어 방식 및 코어 내에서 배관 SHAFT 및 DUCT SHAFT의 위치는?	위치에 따라 투자비가 크게 차이가 나는 부분으로 공조실에서 최단 거리로 하는 것이 바람직함
4	장비의 배관 위치운전비	좌측, 우측 또는 장비 하부?	배관 입상 고려하여 좌측, 또는 우측 선정
5	악세스 플로어 높이	악세스 플로어 높이는 원하는 풍량을 이송할 수 있을 정도로 충분한가? FTU 설치가 가능한가?	공조기 풍량 및 FTU 모델에 따른 높이를 고려하여 결정 FTU는 악세스 플로어 높이에 따라 표준형 또는 얇은형 선택
6	리턴 그릴	벽체 통과시 상부 리턴 그릴 설치 위치 및 SIZE?	공기 흐름 고려하여 가장 원활한 곳에 설치하고 소음을 고려하여 유속 선정
7	회의실 리턴 방법	회의실 같은 좁은 공간의 공조 공기 회수를 OVERFLOW BOX를 설치할 것인지 아니면 상부 리턴 그릴로 할 것인지?	상부 리턴 그릴이 공조 측면에서 가장 바람직하나 인테리어 측면이나 소음 전달 측면에서 곤란할 수 있으므로 사전 협의 필요
8	소음 대책	사무실 내의 허용 소음은 얼마인가?	허용 소음에 따라 조닝 계획, 공조실 계획, 사무실내의 방음 수준을 사전 결정하여야 함
9	FTU 설치 수량	어떤 위치에 얼마 만큼의 수량을 설치할 것인가?	계산된 공조풍량과 FTU별 단위 풍량을 고려하여 결정하며 재실자가 불편한 기류를 느끼지 않는 곳에 배치
10	조닝	룸별, 방위별 조닝을 어떻게 할 것인가? 경제성과 개별 제어성 고려시 어느 정도가 적당한가?	SHAFT의 배치 가능 위치와 방위, 룸 구성, 방화구획 등을 고려하여 결정

[표 2] 설계 고려사항

6. 결론

OO중앙연구소의 경우 K사의 등압식 바닥취출 공조설비를 설치하였으며, 기존의 외조기와 존공조기를 분리한 시스템의 단점이었던 외기냉방 부족 문제를 통합형 공조기를 설치하여 100% 외기 냉방이 가능토록 설치함으로써 에너지 절감효과 및 공기질이 향상되는 최적의 시스템이라고 판단된다.

통합형 바닥공조기를 설치할 경우 가장 근본적으로 중간기 에너지절약에 따른 장점이 가장 크게 부각되어 이 시스템으로 선정하였으나 단점도 분명히 존재하는 시스템이다. 단점으로 볼 수 있는 항목이 외기냉방을 하기 위해서는 공조기 위치가 외기에 접해야 하고, 외기도입을 위해 루버를 각 층별 설치하여야 하므로, 초기 건축 입면 계획부터 신중한 계획

이 필요하다. 또한 공조기가 횡형 타입이다 보니 크기가 크고 면적을 많이 차지하게 되어 공조실 면적을 종래의 옥상 외조기 설치, 층별 존 공조기 설치시보다 공조실 면적을 넓게 차지한다. 또한 팬 자체가 상대적으로 용량이 큰 것을 사용하게 되므로 저소음형의 팬 선정 및 공조기 토출측 소음기 설계가 매우 중요한 요소이다.

바닥공조가 아직까지는 일반화된 개념이 아니어서 적용 실적이 많지 않으나 근래 바닥공조의 장점이 점차 알려지고 있으며 수요가 급격히 증가하는 추세에 있어 바닥공조 시스템, 그 중에서도 특히 통합형 바닥공조 방식은 외기냉방에 의한 뛰어난 에너지 절감효과로 인해 바닥공조 방식 중에서도 가장 우선적으로 검토하여야 할 시스템으로 판단된다. ☺