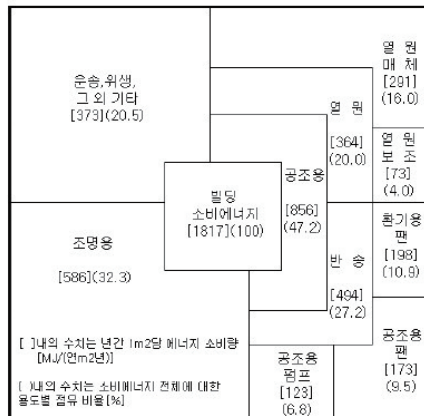


대온도차공조시스템 기술 및 운전사례

대온도차 공조시스템의 개념 및 특징, 구성과 함께 T타
위의 운전사례에 대해 간략히 소개하고자 한다.

시스템의 개념 및 특징

건축물에서의 냉방부하는 업무의 OA화 및 재실자가 요구하는 환
경의 고급화 등에 따라 증가하는 경향이 있고, 업무시설에 대한 연간
냉방부하는 연간 난방부하의 약 2배에 이르고 있다. 그 결과 냉열을 제
조하는 열원용 에너지만이 아니라 냉수, 냉각수 및 냉풍을 반송하기 위
한 에너지 소비량도 증대하고 있다. 그림 1은 사무소 빌딩의 공조용 에
너지 내역을 요소기기마다 조사한 예이다. 건물 내에서 소비되는 에너



[그림 1] 사무소빌딩의 1차에너지 사용내역 및 소비량

박준택
한국에너지기술연구원
연구자문위원
jtspark2014@daum.net
배동철
유원엔지니어링(주)
이사
bdcc@youone.co.kr

지양의 약 50%는 공조용 에너지이고 공조용 에너지의 약 50%는 반송용 에너지이다.

최근 OA, IT화의 진전은 건물 내부에 많은 발열원과 더불어 난방부하의 감소와 냉방부하의 증대를 발생시키고, 상대적으로 현열부하의 증진을 가져왔다. 따라서 **그림 1**에 표시한 에너지 소비 내역은 금후 변화가 예상된다. 그러나 내부발열의 증대는 냉방열원용량과 반송동력의 증대에 직결되므로, 공조용 에너지 소비비율은 금후에도 증가할 것으로 고려된다. 즉, 내부발열기기의 증대에 따라 최근 사무소 빌딩에 있어 실내부하의 현열비(SHF)는 0.9 정도가 된다.

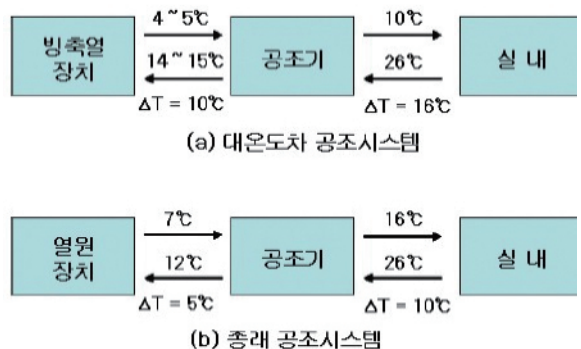
대온도차 공조시스템의 대표적인 저온송풍시스템은 냉방 시, 종래 공조시스템보다도 송풍온도를 낮게 함에 따라 급기와 환기의 공기 온도차를 확대하여 온도차에 비례하는 송풍량의 저감을 고려한 시스템이다. 일반적으로 4~10℃의 낮은 온도의 공기를 공조실에서 공급하며, 이것은 기존의 공조시스템이 10~15℃ 정도의 공기를 분배하는 것과는 큰 차이를 나타낸다.

대온도차 공조시스템은 미국에서는 오래 전부터 채용됐고 ASHRAE의 “Cold Air Distribution System Design Guide”에 의하면 저온송풍공조시스템은 4~10℃로 송풍하는 것을 말하고, 높은 온도로 송풍하는 경우를 종래 공조시스템이라고 부른다. 저온공조시스템은 **그림 2**와 같이 종래 공조시스템보다도 저온의 냉풍을 실내에 송풍하지만, 실내공기온도는 종래 시스템과 동일하다면, 종래 시스템 공기온도차는 크게 된다. 그림과 같이 16℃ 송풍에서 환기온도가 26℃인 종래방식에 비해서 송풍온도를 10℃로 하면(리턴 공기온도 26℃ 고정) 송풍 및 환기의 온도차가 10℃에서 16℃로 확대된다. 따라서 송풍량은 약 60% 정도가 된다. 이에 따라 등마찰법을 사용하여 덕트 설계를 하면 소비전력도 약 60%가 되며 공기반

송동력 절약의 효과가 얻어진다.

이것은 송풍기, 덕트 및 공조기의 소형화를 유도하고 설치 공간의 축소화와 공조설비의 비용 삭감을 가져온다. 또한, 덕트 크기의 압축은 천장고와 동일하게 건물층고의 축소와 관련되고 구조용 및 외장용의 건설비용 삭감을 가져온다. **그림 2**는 빙축열 시스템으로부터 저온냉수를 공조기에 공급하여 물 측의 온도차도 크게 되는 예를 보여주고 있다. 물론 빙축열 시스템의 필요성은 설계 냉수온도에 따르지만 저온송풍 공조시스템과 일반적으로 잘 어울린다. 즉, 공기 측 온도차를 크게 하는 경우 냉수의 이용 온도차를 크게 하는 것이 일반적이다. 또한, 냉각코일 온도를 낮게 하여 저온공기를 만드는 저온공조시스템으로 부가적으로 제습량이 많아짐으로써 실내 상대습도가 저하되고 여름철에는 상쾌한 저습 실내환경이 유지된다. 열원방식과의 관계에서는 난방부하에 비해 냉방부하가 크고, 저온송풍을 통해 송풍량이 저감되어 공조설비의 크기를 적게 할 수 있으므로 저온송풍 공조시스템을 적용하는 효과가 크다. 난방 시 송풍량으로 공조설비의 용량이 결정되는 경우에는 냉방 시 송풍량을 삭감하더라도 공조설비의 크기는 작아지지 않는다.

저온 송풍 공조시스템은 공조기의 냉수온도



[그림 2] 대온도차공조시스템과 종래공조시스템의 개념도

를 낮추어 저온공기를 공급하여 급기풍량을 줄임으로써 덕트 크기 및 층고, 기계실 설치 스페이스를 줄이는 공조시스템으로 표 1과 같은 장·단점을 가지고 있다. 또한, 저온공기가 재실자에 미치는 영향은 온도 및 습도가 실내공기의 질, 신선감, 쾌적감에 미치는 영향이 정량화되었다. 또한, 쾌적감의 향상은 저온 송풍 공조방식에 의해 실의 습도제어가 개선되고 실내공기의 유동이 균일해졌기 때문임을 알 수 있다.

대온도차공조시스템의 구성요소

냉동기

저온 송풍 공조시스템의 냉열원은 원하는 급기온도를 발생시킬 수 있도록 충분히 낮은 브라인 온도를 제공하여야 한다. 대부분의 시스템은 냉열원으로 빙축열을 사용하지만 비 축열 냉열원도 사용될 수 있다. 다만 저온 송풍 공조시스템에서는 실내 온도 및 습도조건이 일반 공조와 동일한 경우 제습부하가 일반공조에 비해 크게 되므로 냉동기 부하가 다소 증가한다.

공조기 냉각코일

낮은 표면온도에 의해 제습량이 많아져 수분이 비산할 우려가 있으므로 이를 방지하기 위해 표면 면풍속(2.5 m/s)보다 낮은 1.5~2.3 m/s가 권장된다.

송풍기

일반공조에 비하여 크기가 작은 송풍기를 사용하며 송풍기가 담당하는 공간의 규모에 따라서 동력비의 절감 정도는 달라진다. 송풍기 방식으로는 송풍기 발열에 의한 급기 온도상승을 줄이기 위해 방입 방식이 이론상 적절하나 실제 설계 측면에서는 시스템 설계 및 운전의 안전을 위

〈표 1〉저온공조시스템의 장·단점

장점	-초기설비비 절감 -건물의 층고 감소 -낮은 상대습도로 인한 쾌적성 향상 -팬동력 감소로 인한 운전비 절감 -냉방부하 증가시 유연성 제공
단점	-감소된 급기량으로 인한 실내공기질 문제 -덕트의 취출구에서의 결로문제 -콜드드래프트로 인한 불쾌감 유발 -실내기류 분포문제 -펄프송풍기의 회전수 제어문제

해 온도상승 조건이 명확한 흡입 방식이 주로 사용된다.

덕트 및 단열

풍량이 감소함에 따라 덕트 크기는 감소한다. 급기온도가 낮으면 풍량도 적기 때문에 덕트의 누설에 의한 열손실은 전체 시스템에 영향을 미치므로 누기 방지를 위한 고려가 필요하다.

터미널 유닛

저온급기를 직접 재실자에게 공급하면 냉기와 같은 불쾌적인 환경을 조성하므로 공조공간에 공급되기 전에 환기와 혼합된 후 공급한다. 이러한 혼합처리를 위해 사용되는 장치로는 FPU(fan powered mixing unit)와 같이 동력을 사용하는 장치와 인덕션유닛, 직접 급기용 VAV 디퓨저와 같이 동력을 사용하지 않는 장치가 있다.

제어

낮은 코일온도는 제습부하를 증가시키므로 외기 도입량이 많고, 외기습도가 높은 곳에서는 냉동기 부하가 증가된다. 저온공조 시스템에서는 공조기 풍량이 적어 전외기 냉방이 가능한 기간이 짧으므로 외기공조 기간이 긴 지역의 경우 저온송풍 공조시스템이 불리할 수 있다.

대운도차 공조시스템 적용사례(T-타워)

건축 개요

T-타워는 지하 6층~지상 33층, 연면적 27,000여 평 규모로, 27층부터 정면으로 15도 기울어진 독특한 외형을 가지고 있다. 본 시스템이 적용된 T-타워의 건축개요 및 전경은 표 2와 같다.

〈표 2〉 건축개요

위 치	서울
연면적	91,829.74m ²
건축규모	지상 33층, 지하 6층
건폐율(%)	36.89
용적율(%)	1,025.23
준공연도	2005년 1월
건물용도	업무시설 (신축)



공조시스템

본 건물의 사용형태는 주간에는 주로 사용되는 형태와 주·야간 및 24시간 등으로 나누었다. 임원실과 사무실의 공조방식은 사용자를 고려하여 차별화하고 임원실은 FPU를 사용하여 급기온도를 조절하였고 사무실 공간은 취출풍량 및 결로

방지를 위해 변풍량 디퓨저(VAV Diffuser)를 사용하였다. 또한, 나머지 시설에 대해서는 정풍량(CAV)방식을 채택하여 부하에 대응하도록 하였다. 상세한 내용은 표 3와 같다.

건물의 열원운전계획은 봄, 여름, 가을, 겨울 등 4계절로 나누어 제어하였다. 특히 겨울철에는 건물의 특성상 방열장비가 많음으로 인하여 냉방이 요구될 때 에너지절약을 위해 외기냉방을 병용하도록 하였고, 여름철에는 빙축열과 더불어 흡수식을 사용하여 냉방부하를 처리하도록 하였다. 24시간 부하처리를 요구하는 경우에는 터보냉동기를 사용하였다(표 4).

빙축열을 이용한 대운도차 공조시스템은 그림 3과 같이 1차 층의 냉열원은 빙축열 및 흡수식으로 구성되어 있으며, 2차 층의 공조시스템은 CAV 또는 VAV 디퓨저로 구성되어 있다.

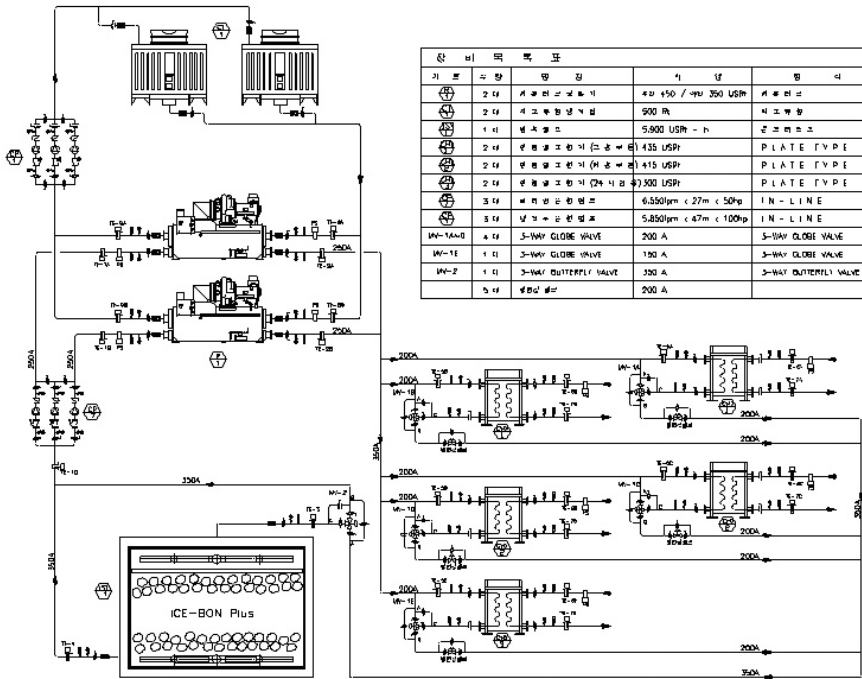
빙축열의 담당 냉방부하는 1,700 USRT, 흡수식의 담당 부하는 500 USRT로 냉방기간의 운전비를 줄이기 위해 냉방기간 대부분 부하를 빙축열이 담당할 수 있도록 부하 담당 비율을 77% 이상으로 높였다. 냉방 피크 시에는 빙축열의 냉수 4.2℃와 흡수식의 냉수 6℃를 혼합하여 설계조건인 5℃의 냉수를 생산할 수 있도록 하였다. 냉수의 사용 온도차는 5~14℃로 ΔT=9℃로 하였

〈표 3〉 Zone 별 공조방식

구분	조닝	시스템방식	사용시간
일반계통	사무실(5~31층)	VAV 디퓨저	주간
	임원실(32~33층)	FPU	주간
	로비	CAV 방식	주간 및 야간
	강당 및 공용(2~4층)	CAV 방식	주간
	식당(B2)	CAV 방식	주간
	체육시설(B1)	CAV 방식	주·야간
24시간 계통	전산실, MDF실	CAV 방식	24시간
	방재센터	CAV 방식	24시간

<표 4> 열원별 장비제원

구분	형식	용량	수량	비고
온열원	노통연관식 보일러	5,000 kg/h	2	
	콘덴싱 보일러	2,500 kg/h	1	
냉열원	빙축열조	1,700 USRT	1	캡슐형
	흡수식(이중)	300 USRT	1	고층부용
	흡수식(이중)	200 USRT	1	전산, 방재센터
	터보	200 USRT	1	24시간 부하



[그림 3] 빙축열을 이용한 대온도차 시스템 구성도

<표 5> 초기투자비 및 운전비 비교

[단위: 백만원]

구분	일반공조	빙축열+대온도차 공조절감액	비고
투자비 절감액	건축	기준(120,000)	4,075 (3.3%)
	설비&전기	기준	1,122 (19%)
운전비 절감액	기준	170,6 (60%)	일반-흡수식
유지관리비 절감액	기준	89 (19%)	(설비절감의 8%)
총합계	-	5,456.6	-

다.(일반공조의 이용온도차 : 7~12℃, $\Delta T=5^\circ\text{C}$)

빙축열만 가동되는 중간기 또는 부하가 적은 경우에는 빙축열에서 바로 5℃의 냉수를 생산하도록 하였으며, VAV 디퓨저를 사용하여 운전비를 절감할 수 있도록 하였다. 공기의 사용온도차는 10.5~25℃로 $\Delta T=14.5^\circ\text{C}$ 로 하였다.(일반공조의 이용온도차 : 15~25℃, $\Delta T=10^\circ\text{C}$)

초기투자비 및 운전비 비교

빙축열+대온도차 시스템을 적용함에 따라 초기 건축공사비 약 1,200억 원 중 약 40억(3.3%)을 줄일 수 있었으며, 운영비 측면에서는 연간 2.6억 원을 절감하는 것으로 나타났다(표 5).

결 언

기후협약에 관련하여 에너지절약은 모든 엔지니어의 사명이 되므로 대온도차 방식 적용은

필연적이라 하겠다. 그러나 상당 부분의 대온도차 장비는 수입에 의존하고 있다. 공조분야의 관련 산업 분야가 취약해져가고 있는 상황에서 대온도차의 장비 수입 의존도가 더욱 커질 때 대온도차 방식의 장점에도 불구하고 공사비 증가 요인으로 작용할 수 있다. 앞으로 국내 업계에서도 대온도차 공조시스템에 대한 연구와 개발로 국내 엔지니어링 능력과 산업 발전을 배가하고 나아가 에너지를 절약하여 녹색건축물이 되도록 하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 서효석, 2012, 대온도차 공조시스템의 동향 및 시장변화에 대한 고찰, 설비.
2. 금종수외, 2013, 대온도차 공조시스템과 리모델링 적용, 설비저널 제42권.
3. 정원호, 2013, 대한설비공학회 에너지부문 강습회 자료. 