



빙축열식 대온도차 공조시스템

· 출처 : Refrigeration, Feb., 2000
· H. Sakai, Hitachi Plant Engineering & Construction Co., Ltd.
(Japan Society of Refrigeration and Air Conditioning Engineers)



윤 정 인

21세기는 지구환경 보전에 대하여 정면으로 대책을 강구해야 하는 시대로, 종래의 미시적 에너지절약 대책으로는 불충분하며, 보다 거시적이고 혁신적인 대책이 공조설비분야에서도 강구되어야 할 것이다. 공조시스템에 있어서는 최근 10년 동안 분산공조시스템, 바닥취출 공조시스템 등이, 열원방식으로는 EHP(전기방식 히트펌프), GHP(가스엔진 히트펌프), 빙축열시스템 등이 개발, 적용되어 많은 효과를 거두었다. 한편, 교토회담(제3회 기후변화조약 체결국회담, COP3, 1997개최)이후, 지구온난화 방지가 세계적으로 최대 관심사로 부각되고 있어, 위와 같은 기존의 기술과 시스템으로는 에너지절약, CO₂방출 감소를 근본적으로 개선하기는 힘들다.

거시적 관점을 가진 혁신적 공조시스템으로 “대온도차 공조시스템”과 “구조체 축열시스템”에 대해 살펴보고자 한다. “대온도차 공조시스템”은 공조시스템을 구성하는 요소 기술을 종합화함으로써 최대의 기능을 발휘하여, 대폭적인 에너지절약화, CO₂방출 감소를 실현시킬 수 있는 시스템이다. “구조체 축열시스템”은 아직 미완성이지만, 콘크리트 구조체가 가지는 축열능력을 능동적으로 활

용하는 것으로 공조설비의 소형화, 주간전력 절감 등의 거시적 효과가 기대된다.

여기서는 일본의 히타치사가 개발한 “빙축열식 대온도차 공조시스템”을 중심으로 대온도차 공조시스템의 매력과 앞으로의 전망에 대해 살펴보고자 한다.

개발경위

빌딩 공조설비 운전비용의 약 1/3을 차지하는 반송동력 운전비용을 대폭적으로 줄일 수 있는 대온도차 공조시스템이 왜 보급되고 있지 않은지 의문을 가진 것이 개발의 원점이라 할 수 있다. 보급저해 요인을 분석하면 다음과 같은 3가지를 들 수 있다.

- 특수설계의 공조기기를 사용하기 위한 설비비용이 많이 든다.
- 실내에 저온으로 취출하면 콜드 드래프트 등 실내 환경관리가 어렵다.
- 비용, 제어성 등을 일체화한 종합적인 검토가 되고 있지 않다.

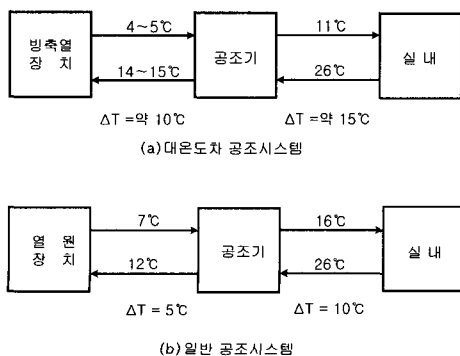
이러한 요인은 서로 연관되어 있지만 최대과제는 비용이다. 즉, 기술적인 가능성을 만족하는 시스템의 구축은 비교적 간단하지만 보급은 완전히 별도의 관점이 필요하고,

비용절감과 기술과제의 조화가 꼭 필요하다. 종래의 대온도차 공조시스템에 관한 연구나 실증적 시설에는 이 관점이 결여되어 있었다고 말할 수 있다.

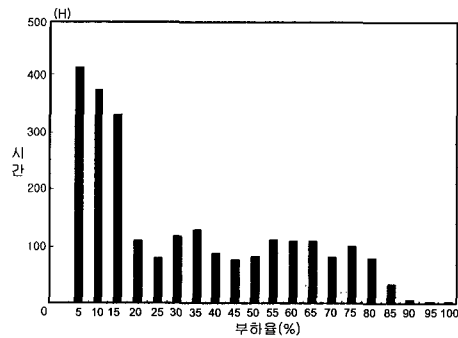
시스템 이미지

대온도차 공조시스템과 종래의 공조시스템(공기열원 히트펌프 채용 중앙공조)의 차이를 그림 1에 나타내었다.

열원으로는 빙축열 시스템을 도입하여 일정하게 5°C이하의 냉수를 공급한다. 빙축열 장치는 규모에 따라 유니트형, 축조형이 선정될 수 있다. 냉수는 종래 방식이 7°C 공급, 12°C 회수, 온도차 5°C인데 비해 대온도차 공조시스템 방식은 5°C 공급, 15°C 회수, 온도차 10°C이다. 따라서 온도차가 배가 되어 유량이 1/2이 되며 배관, 밸브류, 펌프 등의 자원 절약, 비용 절약을 피할 수 있다. 송풍 속도 종래 방식은 16°C로 보내 26°C로 반송되어 온도차가 10°C였으나, 대온도차 공조시스템은 11°C로 보내 26°C로 반송되어 온도차가 15°C가 되어 송풍량이 2/3로써 덕트, 팬 등의 자원절약, 비용절약화를 피할 수 있다. 여기서 과제는 송풍 온도의 설정에 있으나, 여러 차례에 걸친 검토와 실험으로부터 11°C송풍을 선정하였다.



〈그림 1〉 대온도차 공조시스템의 개념도



〈그림 2〉 사무실빌딩의 공조부하율 출현시간

시스템을 구축하는데 있어 큰 기술요소가 되었던 것이 부분부하 제어에 대한 대응이다. 일반 빌딩의 연간부하를 시뮬레이션(그림 2)하면 30% 이하 부하가 차지하는 시간의 비율이 70~80%에 이른다. 대온도차 공조시스템에서는 VWV(Variable Water Volume, 가변수량방식)와 VAV(Variable Air Volume, 가변풍량방식)를 도입하는 것을 표준 시스템으로 고려하여 부분부하 대응과 함께 높은 에너지절약 효과를 발휘하고 있다.

시스템의 특징

이 방식의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- 빙축열 시스템이 가지는 특징과 대온도차 공조시스템의 특징을 융합시켜, 1+1=3의 이점을 도출하였다.
- 종래시스템(히트펌프식 중앙공조)과 비교하여 같은 설비비로 에너지절약 15%, CO₂ 방출량 삭감 20%, 운전 비용 절감 30%를 달성하였다.
- 실내는 습도 40%로 상쾌한 환경이 된다.

에너지절약 효과

빙축열 시스템을 도입하면서 2차측 공조시스템은 종래방식을 채용한 예가 많다. 아



간에 제빙하여 냉수를 7°C/12°C로 운전하는 경우 kWh 기준의 에너지 절약적 가치는 그렇게 크지 않지만, 빙축열 시스템의 특징을 살려 냉수축을 5°C/15°C로 운전하고, 공기축을 대온도차화 함으로써 일거에 에너지절약 효과를 얻을 수 있다. 토탈시스템으로 생각하면 당연하다.

$$\sum S = S_a + S_b + S_c$$

$\sum S$: 에너지절약 총계

S_a : 빙축열시스템 도입에 의한 에너지절약

S_b : 냉수, 공기반송량 절감에 의한 에너지절약

S_c : 변유량방식 채용을 함으로써 부분부하 대응에 의한 에너지절약

CO₂ 방출 삭감 효과

CO₂ 방출 삭감 효과는 빙축열시스템을 야간전력으로 운전하는 것과, 토탈시스템으로 kWh가 절감되는 것으로 실현할 수 있다.

$$\sum CO_2 = C_a + C_b$$

$\sum CO_2$: CO₂ 삭감량 총계

C_a : 빙축열시스템 야간전력 운전에 의한 CO₂ 삭감량

C_b : 토탈시스템 에너지절약(S_a , S_b , S_c 대응)에 의한 CO₂ 삭감량

야간전력으로 운전하면 표 1에 나타난 것과 같이 주간전력 보다 원자력 비율이 높아 CO₂량은 절감된다.

위 계산에는 파이프, 밸브류, 덕트 등의 자원절약화에 의한 CO₂ 삭감 효과까지는 계산에 넣지 않았지만 LCCO₂ 계산에는 포함하는 것이 당연할 것 같다.

〈표 1〉 주야간 연료소비량 및 원단위 격차

전 력 구 성	연료소비량 원단위	CO ₂ 배출 원단위
전원구성율 주간(8-22시)	1,425	103g-c/kWh
고려 야간(22-8시)	1,150	83g-c/kWh
(평균)	1,333	97g-c/kWh
화력발전으로	2,455	178g-c/kWh

운전비용 절감효과

운전비용 절감은 주간요금에 비하여 전력비가 약 1/5인 야간전력을 이용한다는 점과 토탈시스템으로서의 에너지절약(kWh 절감) 효과에 기여한다.

$$\sum R = R_a + R_b$$

$\sum R$: 운전비용 절감 총계

R_a : 야간전력 요금에 의한 운전비용 절감

R_b : 토탈시스템 에너지절약(S_a , S_b , S_c 대응)에 의한 운전비용 절감

실내환경

저온송풍을 채용하면 년간을 통해 냉방운전은 습도 40%정도의 운전이 가능하다. 이 습도조건은 피험자 실험의 결과, 쾌적한 환경으로 평가되어 온도조건을 보다 높이 설정할 수 있는 가능성을 나타내어 준다.

실내환경 유지의 기술적 과제

실내환경을 결정하는 요인에는 온도, 습도, 탄산가스 농도, 분진량, 기류감 등이 있다. 대온도차 공조시스템 특유의 요인으로는 저온의 공기를 취출하기 때문에 발생하는 콜드 드래프트가 알려져 있지만, 현풍량운전을 하므로 탄산가스농도, 분진량 체크 등도 필요사항이다.

콜드 드래프트는 아네모스텝 등 취출구에서 취출되는 공기가 주위 공기와 혼합되어 확산되지 않고 밑으로 내려오는 현상이다.

아네모스텍은 취출되는 공기가 실내 공기를 유인 혼합하는 기능을 가지지만, 풍량이 작아지면 유인효과가 없어져 덩어리채 낙하한다. 대온도차 공조시스템은 원래 풍량이 적기 때문에 일반형의 아네모스텍이 적용가능한지의 문제와 동시에 특히 부분부하 대응으로 VAV를 사용하는 경우의 대책이 필요하다. 적절한 취출구를 선정하여 취출풍량을 설계함으로써 콜드 드래프트를 방지할 수 있다.

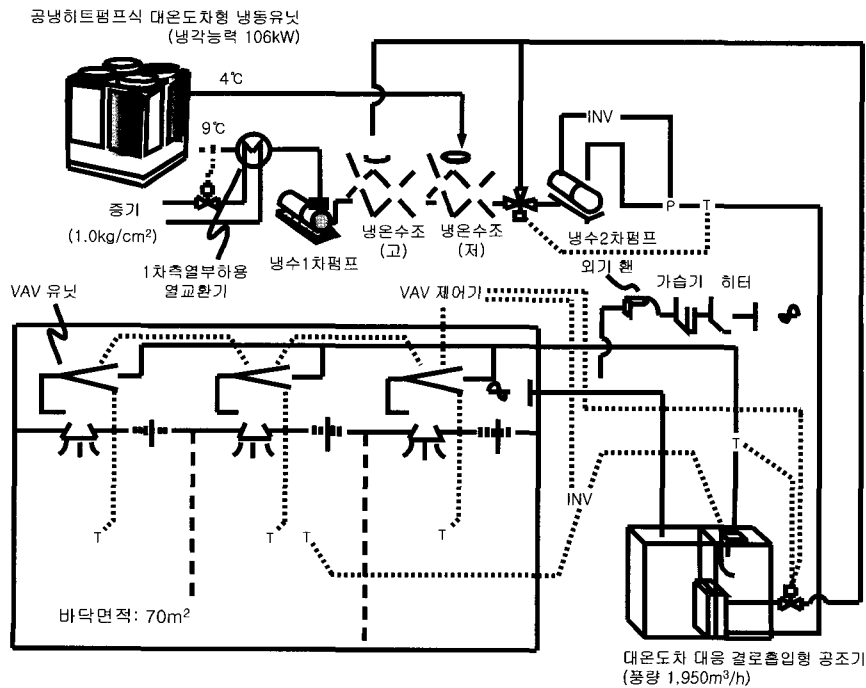
■ 비용절감 과제와 해결책

대온도차 공조시스템의 보급 장애 요인으로 설비비용 요소를 앞에서 언급하였다. 또 과거의 대온도차 공조시스템의 비용상승 요인으로 특수설계 기기로 구성되어 있는 것

을 지적하였다.

이번에 개발된 시스템은 이 관점을 중시하여 설비 비용 상승 요인을 배제한 결과 빙축열 시스템(고확산형 취출구)은 비용이 상승하고, 배관계, 덕트계, 공기조화기 등은 비용이 줄어들어 전체적으로는 공냉형 히트펌프 채용 중앙공조시스템과 동등 비용으로 가능하다. 빙축열 시스템의 보급으로 비용이 내려가면 대온도차 공조시스템은 더욱더 비용 절감이 가능하다. 또, 설비방법에 따라 고확산형 취출구를 사용하지 않고도 어느정도의 부하대응이 가능하다.

이와 같은 것이 가능해진 배경에는 기기 메이커와 함께 철저한 기술토론이 있었다는 점이다. 평소의 설계작업때는 자칫하면 카탈로그 그대로의 사양으로 계획하고, 맞지 않는 것은 특수설계하여 발주하였지만 기기



〈그림 3〉 대온도차 공조시스템의 실증설비



특성을 숙지하고 있는 기기 메이커와의 기술토론은 표준기기의 부분개량으로 사양에 맞출 수 있어 특수설비는 불필요하며 가격도 타당하다.

히타치에서는 요소기술 전체에 대하여 이와 같은 기술검토와 비용평가를 함과 동시에 이들을 대온도차 공조시스템 실증설비(그림 3)에 의해 검증하였다.

■ 앞으로의 전망

쾌적한 실내 환경을 유지하고 비용적으로도 종래 공조시스템과 충분히 대응할 수 있는 “빙축열식 대온도차 공조시스템”을 개발, 실증설비의 운전을 통하여 풍부한 설계, 운

전 데이터를 축적할 수 있었다.

이 시스템은 지구온난화방지에 기여하고 에너지 절약, CO₂ 방출 삭감, LCCO₂ 감축에 더하여 운전경비 감축효과를 가지고 있기 때문에, 신규설계 빌딩은 물론 갱신때도 적용할 수 있다. 이를 위해서는 설계 데이터, 운전 데이터를 폭넓게 공개할 필요가 있어 일본냉동공조학회, 일본공조위생학회를 통하여 점차 공개할 예정이다. 또, 히타치연구소의 실증설비에 관하여도 많은 사람들이 체험할 수 있도록 하여, 더욱 좋은 시스템으로 발전시킬 예정이다. 이 시스템과 관련된 일본의 신기술이 소개되면 설비저널을 통해 회원들에게 계속해서 소개하고자 한다. ●

〈김병주 이사(bjkim@wow.hongik.ac.kr)〉