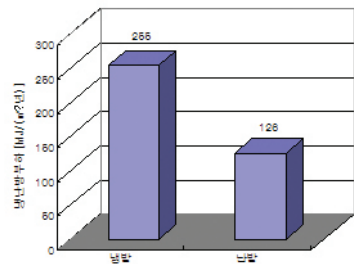


# 대온도차 공조시스템과 리모델링 적용

대온도차 공조시스템은 노후화된 건물의 리모델링에 있어 에너지 절감 및 실내 열환경 개선 측면에서 향후 적용이 증대될 것으로 예상된다

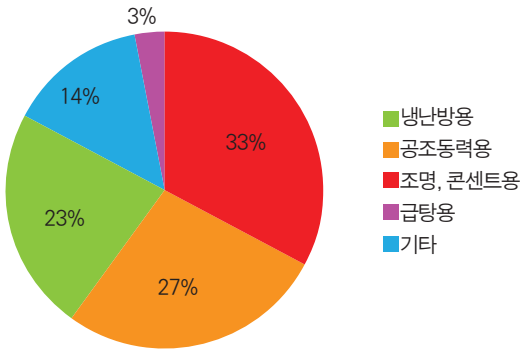
## 출현배경

건물의 냉방부하는 업무의 OA화 및 재실자가 요구하는 환경의 고급화 등에 따라 증가하는 경향이 있고, **그림 1**과 같이 업무시설에 대한 연간 냉방부하는 연간 난방부하의 약 2배가 된다. 그 결과 냉열을 제조하는 열원용 에너지만이 아니라, 냉수 및 냉풍을 반송하기 위한 에너지 소비량도 증대하고 있다. **그림 2**와 같이 건물 내에서 소비되는 에너지량의 약 50%는 공조용 에너지이고, 공조용 에너지의 약 50%는 반송용 에너지이다. **그림 3**은 사무소 빌딩의 공조용 에너지 소비의 내역을 요소기기마다 조사한 예이다. 최근 OA, IT화의 진전은 건물 내부에 많은 발열원과 더불어 난방부하의 감소와 냉방부하의 증대를 발생시키고, 또한 내부발열 기기의 증대에 따라 최근 사무소 빌딩에 있어 실내 열부하의 현열비(SHF)는 0.9 정도가 된다. 따라서 전체적으로 현열부하의 확대에 인하여 향후 에너지 소비 내역은 변화

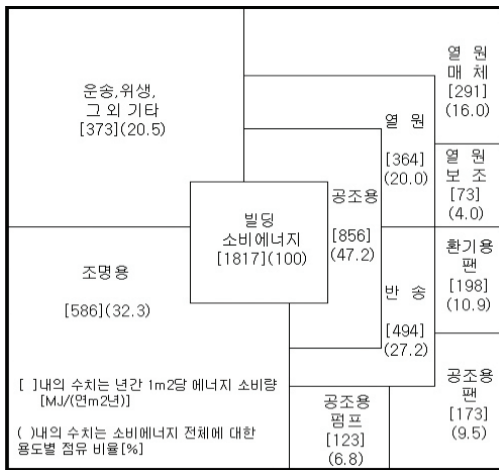


[그림 1] 업무시설의 연간 냉난방부하 내역

김종수  
부경대학교 냉동공조공학과  
jskum@pknu.ac.kr  
김동규  
부경대학교 냉동공조공학과  
arckim10@naver.com  
김종열  
동명대학교 냉동공조공학과  
k jy804@tu.ac.kr



[그림 2] 사무소 빌딩의 일차 에너지 소비량



[그림 3] 사무소 빌딩의 일차 에너지 사용내역 및 소비량

가 예상된다.

일본 건축학회의 “건물의 LCA지침(안)”에 의하면 일본에서 배출되는 이산화탄소의 약 1/3은 건축과 관련된 것으로, 이의 약 2/3는 건물 운영 면에서 배출되는 것인 만큼 냉난방에서 사용되는 에너지의 삭감이 시급하다. 이와 같은 배경하에서 에너지 절감 효과가 큰 대온도차 공조시스템이 주목받게 되었다. 대온도차 공조시스템은 시스템설계 시 기존에 일반적으로 적용하던 냉수, 냉각수 및 공조기 급기온도차를 기존보다 크게 적용하는 시스템으로서 냉수 및 냉각수의 설계온도차를 5℃ 이상으로 적용하거나 공조기 급기온

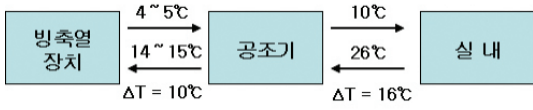
도차를 10℃ 이상으로 한다. 따라서 온도차 확대에 따른 유량의 감소로 에너지 절감이 가능하고, 배관, 덕트, 펌프, 팬 등의 장비용량이 감소하므로 초기투자비 역시 절감 가능하다.

대온도차 공조시스템에 있어 저온송풍 공조시스템은 냉방시 종래 공조시스템보다도 급기온도를 낮게 함에 따라 급기와 환기의 공기온도차를 확대하여 온도차에 비례하는 송풍량의 저감을 고려한 시스템이다. 저온송풍 공조시스템은 4~10℃의 저온의 공기를 공급하는데, 이것은 종래 공조시스템이 10~15℃ 정도의 공기를 공급하는 것과는 큰 차이를 나타낸다.

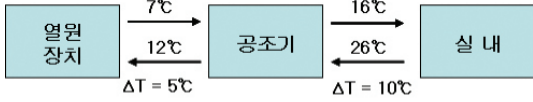
ASHRAE의 “Cold Air Distribution System Design Guide”에 의하면 미국에서는 공업용으로서 습도제어를 위해 4℃ 이하로 송풍하는 것이 이루어졌으며, 1950년에는 주택 및 소형 업무용 빌딩에서 9℃ 송풍이 이루어졌다. 또 1960년대에는 대부분의 병원에서 2~4℃의 일차공기를 인덕션 유닛으로 보내는 방식이 채용되었다. 1980년대가 되면서 빙축열 시스템이 등장하였고, 공조설비의 초기투자비 절감, 에너지 소비의 절감 및 쾌적성 향상이라는 관점에서 저온공조시스템은 많은 장점을 갖고 있다.

## 시스템의 개요

저온송풍공조시스템은 미국에서는 오래 전부터 채용되어 왔고, ASHRAE의 “Cold Air Distribution System Design Guide”에 의하면 저온송풍공조시스템은 4~10℃로 송풍하는 것으로 말하고, 높은 온도로 송풍하는 경우를 종래 공조시스템이라고 부른다. 저온송풍공조시스템은 그림 4와 같이 종래 공조시스템 보다도 저온의 냉풍을 실내에 송풍하지만, 실내공기온도는 종래 시스템과 동일하다면, 종래 시스템보다 공기온도

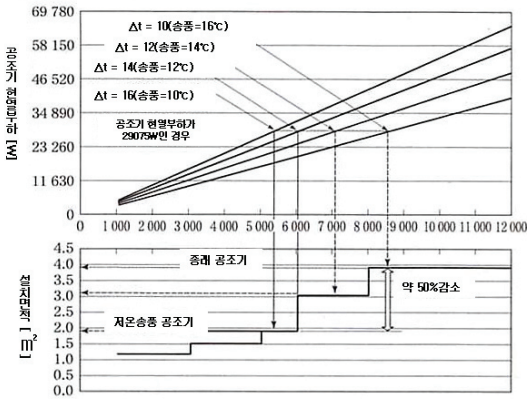


(a) 대온도차 공조시스템



(b) 종래 공조시스템

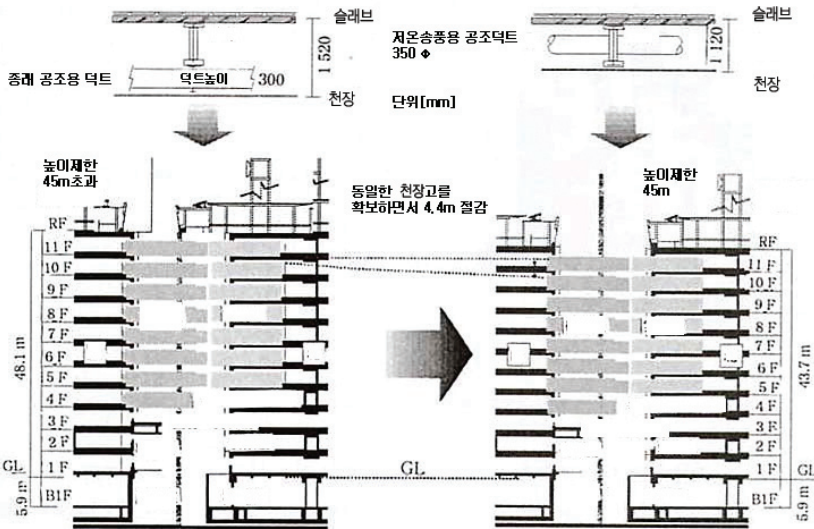
[그림 4] 대온도차 공조시스템과 종래공조시스템의 개념도



[그림 5] 저온송풍 공조기의 기계실 설치면적 절감효과

차는 크게 된다. 그림과 같이 16°C 송풍에서 환기 온도가 26°C인 종래방식에 비해서, 송풍온도를 10°C로 하면(환기 온도 26°C 고정), 송풍 및 환기의 온도차가 10°C에서 16°C로 확대된다. 따라서 송풍량은 약 6할(10/16) 정도가 된다. 이에 따라 등마찰법을 사용하여 덕트 설계를 하면, 소비전력도 약 6할이 되며, 공기반송동력 절약의 효과가 얻어진다.

이것은 그림 5와 같이 송풍기, 덕트 및 공조기의 소용량화를 유도하고, 설치 스페이스의 축소화와 공조설비의 비용삭감을 가져온다. 또한, 덕트 사이즈의 압축은 그림 6과 같이 천장고와 동일하게 건물층고의 축소와 관련되고 구조용 및 외장용의 건설 비용삭감을 가져온다. 그림 4는 빙축열 시스템으로부터 저온냉수를 공조기에 공급하여 물 측의 온도차도 크게 되는 예를 보여주고 있다. 물론 빙축열 시스템의 필요성은 설계 냉수온도에 따르지만, 저온 송풍 공조시스템과 일반적으로 잘 어울린다. 즉 공기 측 온도차를 크게 하는 경우 냉수의 이용 온도차도 크게 하는 것이 일반



[그림 6] 저온송풍 공조시스템에 의한 층고 절감효과

적이다. 또한, 냉각코일 온도를 낮게 하여 저온공기를 만드는 저온송풍공조 시스템은 부가적으로 제습량이 많아지므로 실내 상대습도가 저하되고, 여름철에는 상쾌한 저습 실내환경이 유지된다. 열원방식과의 관계에서는 난방부하에 비해 냉방부하가 크고, 저온송풍을 통해 송풍량이 저감되어, 공조설비의 사이즈 다운이 되는 경우일수록 저온송풍 공조시스템을 채용하는 효과가 크다. 난방 시 송풍량으로 공조설비의 용량이 결정되는 경우에는 냉방시 송풍량을 삭감하더라도 공조설비의 사이즈는 작아지지 않는다.

### 시스템의 특징

저온 송풍 공조시스템은 공조기의 냉수온도를 낮추어 저온공기를 공급하여 급기풍량을 줄임으로써 덕트크기 및 층고, 기계실 설치 스페이스를 줄이는 공조시스템으로 표 1과 같은 장·단점을 가지고 있다. 또한, 저온공기가 재실자에게 미치는 영향은 실험실 챔버 연구(Berglund, 1994) 결과로 온도 및 습도가 실내공기의 질, 신선감, 쾌적감에 미치는 영향이 정량화되었다. 또한, 전문가 및 학회의 보고서에 의하면 쾌적감의 향상은 저온 송풍 공조방식에 의해 실의 습도제어가 개선되고 실내공기의 유동이 균일해졌기 때문임을 알 수 있다. 이들 연구에 의하면 재실자에 대한 저

온공기의 열적 쾌적감은 습도, 온도, 실내기류의 분포 등 세 요소에 영향을 받는다. 습도, 온도 및 기류의 변화는 IAQ에 대한 거주자의 쾌적감에 아주 큰 영향을 미친다. 이러한 요소 중 하나가 변화하더라도 다른 요소에 대한 쾌적감에 영향을 미친다. 예를 들면 실내의 습도치가 변화하면 거주자가 허용할 수 있는 온도나 실내기류분포의 기준이 변화하는 것이다. 따라서 저온 송풍 공조시스템 적용을 고려하는 경우 이 3요소가 거주자에 어떻게 영향을 미치는가를 이해하는 것이 중요하다.

### 대온도차 공조시스템의 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. 단 저온 송풍 공조시스템에서는 실내 온도 및 습도 조건이 일반 공조와 동일한 경우 제습부하가 일반공조에 비해 크게 되므로 냉동기 부하는 다소 증가한다.

#### 공조기 냉각코일

낮은 표면온도에 의해 제습량이 많아져 수분이 비산할 우려가 있으므로 이를 방지하기 위해 표면 면풍속(약 2.5 m/s)보다 낮은 1.5~2.3 m/s가 권장된다. 다만, 냉수온도와 유입공기 및 급기의 조건에 따라 냉수코일의 조건이 달라지므로 유지 보수 문제를 고려한 적절한 선정이 고려된다.

#### 송풍기

일반공조에 비하여 크기가 작은 송풍기를 사용하며 송풍기가 담당하는 공간의 규모에 따라 시 동력비의 절감정도는 달라진다. 송풍기 방식

〈표 1〉 저온송풍 공조시스템의 장·단점

장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>①초기 설비비 절감</li> <li>②건물의 층고감소</li> <li>③낮은 상대습도로 인한 쾌적성 향상</li> <li>④팬동력 감소로 인한 운전비 절감</li> <li>⑤냉방부하 증가시 유연성 제공</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>①감소된 급기량으로 인한 실내공기질 문제</li> <li>②덕트와 취출구에서의 결로 문제</li> <li>③콜드드래프트로 인한 불쾌감 유발</li> <li>④실내기류 분포 문제</li> <li>⑤팬프, 송풍기의 회전자 제어 문제</li> </ul>

으로는 송풍기 발열에 의한 급기온도의 온도상승을 줄이기 위해 압입 방식이 이론상 적절하나 실제 설계 측면에서는 시스템 설계 및 운전의 안전을 위해 온도상승 조건이 명확한 흡입 방식이 주로 사용된다.

### 덕트

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

### 단열

급기온도가 낮으므로 열량손실 및 결로방지를 위해 일반 시스템에 비해 단열을 강화하여야 한다.

### 터미널 유닛

저온급기를 직접 재실자에게 공급하면 콜드드래프트와 같은 불쾌적인 환경을 조성하므로 공조공간에 공급되기 전에 환기와 혼합된 후 공급한다. 이러한 혼합처리를 위해 사용되는 장치로는 fan powered mixing box와 같이 동력을 사용하는 장치와 induction box, 직접 급기용 디퓨저와 같이 동력을 사용하지 않는 장치가 있다.

### 제어

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

## 리모델링 적용시 효과

사무실 건물의 공조설비의 리모델링에서는 설비 기기의 노후화의 대응에 더해, OA화 등에 따르는 냉방부하의 증대 대응이 요구되어 설비 기기의 용량이나 덕트 사이즈의 증대가 필요하게 되는 일이 많다. 그러나 대부분의 경우 기존 설비 기계실 확장이나 천장높이를 변경하는 것은 곤란하고 또한 사용 중인 건물이기 때문에 공기단축이나 사무실 내에서의 공사를 최소한으로 할 것을 요구 받는다. 저온송풍 공조시스템은 냉방부하 증대에 따른 에너지 소비량 증대를 억제함과 동시에 공조기나 덕트 사이즈 등 장비 용량 및 스페이스를 축소할 수가 있다. 따라서 저온 송풍공조시스템을 리모델링 공사에 적용함으로써 기존 덕트 활용에 의한 사무실 내의 천장공사의 억제를 비롯해 표 2의 효과를 기대할 수 있다.

## 리모델링 적용시 고려점

저온송풍 공조시스템 적용을 위한 리모델링 계획 시 저온송풍 공조시스템의 특성을 고려함

〈표 2〉 기존 건물 리모델링 적용에 따른 효과

항목	내용
실내환경	공조부하 증대에 대한 대응이 용이
에너지	반송동력 대폭 삭감
집무 환경	부하 증대에 따른 덕트사이즈 확대를 억제하기 때문에 기존 덕트 유형이 가능하고, 천장 높이를 유지. 집무 스페이스 내에서의 공사를 억제
공조기 설치 공간	부하 증대에 따른 공조기 사이즈 확대 억제 공조기 설치 장소는 기존 DS 활용가능
전동기 용량	부하 증대나 각종 공조기화에 따르는 공조기 등의 정격 전동기의 용량 증대를 억제
폐기물	덕트나 천장공사 억제에 의해 폐기물 삭감
공사비	기기 용량의 저감이나 공사 범위 억제 등에 의해 공사비를 삭감

동시에 기존 설비의 결로 방지 등에 유의할 필요가 있다. 기존 건물의 리모델링에 도입하기 위해서 고려해야 하는 사항은 표 3과 같다.

### 1)일반적 요건

- ① 추가 제습이 필요한가?
- ② 축열을 사용하는 경우 이점이 있는가?
- ③ 기존 취출구 교체 여부
- ④ 추가 냉방능력 필요 여부
- ⑤ 외기량 증가 여부

### 2)공조기

- ① 제한된 기계실 공간 내부에 대형장치 설치 가능 여부
- ② 대형기기 기계실 출입 가능여부
- ③ 냉수배관 교체 여부
- ④ 대형팬 전력공급 여부
- ⑤ 대형시스템 설치 시 임대면적 감소 여부
- ⑥ 냉난방 조건 실현 범위
- ⑦ 시스템 유지보수 여부

### 3)공조시스템

- ① 에너지 효율
- ② 천장 내부의 배기챔버 전환 여부
- ③ 덕트 배관의 단열상태
- ④ 취출구의 유인비

### 4)열원

- ① 냉열원의 능력을 충분히 이용 가능 여부
- ② 기존 시스템에 축열 부가 여부
- ③ 기존의 냉수배관 사용 가능 여부

### 5)제어시스템

- ① 기존 제어시스템의 효율적 운전 가능 여부
- ② 유지관리 측면에서 통합 가능 여부
- ③ 기존 제어시스템의 최소외기량 유지 가능 여부

### 6)건물 외피

- ① 외기 침입 방지를 위한 기밀성 여부
- ② 건물 내부의 압력상태

〈표 3〉 기존 건물 리모델링 적용시 계획에서 실시까지 유의점 및 실시 예

항목	유의점	실시 예
현장조사 공조부하 산정 시스템 검토	열부하의 증감을 파악하고 저온송풍 여부를 검토 빙축열조나 공조기 등의 설치 스페이스 검토 기존 덕트 등의 사용 가능여부를 검토	실내 온습도 계측 건물 사용자에 대한 설문 및 청취
외기 침입대책	취출구 결로방지를 위해 출입구 등 외기침입 개소를 조사 외기 침입량 저감대책을 도모 충분한 대책이 강구되지 않는 경우, FPU 설치	도어 개폐에 따른 실내 온도 조사 출입구의 이중화, 자동도어 설치, 출입구의 상시개방 제한 FPU를 일부 설치
공조기	설치 장소 및 공간의 검토 덕트의 송풍량 허용치 범위에서 취출온도를 검토 환기계획은 에어 밸런스 배려 기존 공조기 이용시 단열 등이 필요	공조기 설치 장소를 각층의 기존 DS 활용 중앙식에서 각층 공조방식으로 전환
덕트 계획	허용 송풍량 검토를 위해 기존 덕트 유형을 검토 천장내 온습도, 단열 두께, 시공 정도에서 결로 유무 검토 결로 대책으로서 천장 플레넘 방식 검토	덕트 전체의 60%를 차지하는 메인덕트를 활용 일부 기존 원형 아네모 타입 취출구 사용
열원 계획	송수 온도에 맞는 빙축열 시스템 검토 빙축열 유닛은 설치 장소의 바닥 하중을 검토 기존 수축열조나 유류조의 전용도 검토	기존 수축열조를 현장 시공에 의해 빙축열조로 전용 IPF를 10%, 축열용량 1.7배, 수조용적 0.4배
리모델링 효과	부하 중에서 반송동력을 저감 열원에서 공조설비에너지 소비량을 저감	실내 온열환경을 개선 송풍온도 10℃ 운용에 의해 2차측 반송동력은 50% 저감 1차 에너지 소비량은 일반빌딩에 비해 29% 저감

## 맺음말

1973년 석유위기를 기점으로 하여 공조설비에너지 절약의 일환으로 대온도차 공조가 채택되어 왔다. 대온도차 공조에서는 이용되는 냉수 및 온수, 혹은 송풍온도의 온도차를 크게 함으로써 순환수량 및 송풍량을 절감하여 펌프 및 송풍기의 용량을 작게 하는 것이 가능하다. 또한, 부가적으로 배관, 덕트도 작아져 비용절감도 된다. 그러나 대온도차 공조는 장점만이 아니라 시스템 운전제어 방법 및 감소된 급기량으로 인한 실내기류 분포 등에 문제가 있지만, 에너지를 효율적으로 사용해야 하고, 기존시스템의 냉방부하 증가로 인하여 설비개선이 요구될 때 타 방식에 비해 많은 이점(설비비, 운전비, 라이프 사이클 비용, 쾌적성)을 제공할 수 있다.

저온송풍 공조시스템의 리모델링 대상은 준공 후 20년 이상 되고 종래의 공조시스템이 채용된 업무용 건물이다. 건물 리모델링 적용에 있어 저온송풍 공조시스템의 장단점에 따라 유리한 점과 불리한 점이 존재하지만, 노후화된 건물에 있어 에너지 절감 및 실내 열환경 개선 측면에서 공조시스템의 개선에 대한 요구는 향후 지속적으로 증대될 것으로 예상된다.

따라서 시스템의 보급 확대를 위하여 문제점 개선 등에 대한 지속적인 연구 및 개발이 필요하

다. 또한, 기존 저온송풍 공조 시스템이 설치되어 운전되는 경우에는 운전원에 대한 교육을 통해 저온송풍 공조시스템을 효율적으로 관리하여 에너지 절감을 도모하는 것이 필요하다.

## 참고문헌

1. 低溫送風空調システムの計劃と設計, 2003, 社團法人空氣調和·衛生工學會
2. Cold Air Distribution Design Guide, 1995, EPRI
3. Allan T.Kirkpatrick and James S. Elleson, COLD AIR DISTRIBUTION SYSTEM DESIGN GUIDE, ASHRAE
4. 윤정인, 2000.5, 빙축열식 대온도차 공조시스템, 설비저널
5. 최병윤, 1998, 저온공조시스템의 특징과 국내외 개발동향, 한국설비기술인협회
6. 정차수, 1998, 전망 밝은 저온공조시스템, 월간에너지관리
7. 조중삼, 1998, 저온공조 시스템의 특징, 한국설비기술인 협회
8. 박승대, 김형석, 1999, 저온송풍 공조시스템, 공기조화냉동공학회 하계학술발표회
9. 서정균, 2011, 대온도차 냉동기 시스템에 의한 에너지 절약, 설비저널 