

전열교환 환기시스템의 설계 및 적용

에너지 절약 및 실내공기질 개선의 양면을 고려한 전열교환 환기시스템을 소개하고 시스템의 설계 및 적용에 관하여 알아본다.

이 정 재 / 편집이사

동아대학교 건축학부 건축공학전공(jiyee@dau.ac.kr)

김 광 현

동아대학교 대학원 건축공학과(k2h79birth@hanmail.net)

서 언

산업의 발전과 함께 현대인들의 생활공간이 실내로 거의 국한됨에 따라 실내공기질(IAQ)에 대한 관심이 집중되고 있다. 에너지 절약을 위한 고기밀화와 실내의 전자재에서 방출되는 포름알데히드(HCHO), 휘발성유기화합물(VOCs) 등의 유해화학물질은 거주자 호흡계에 악영향을 미치고 신체의 부조화를 일으키는 등의 부정적인 영향을 주는 원인이 되고 있다. 따라서 실내에 존재하는 유해화학물질을 신속하게 실외로 배출함으로써 쾌적하고 안전한 실내공기환경을 확보할 수 있는 환기설비의 설치기준과 그에 따른 세부규정이 신설되었다. 이에 따라 최근 주요 선진국에서도 관련 기준 및 제도를 새롭게 재·개정하고 있으며, 특히 일본의 경우에는 2003년 건축기준법에 시간당 0.5회~0.7회로 환기기준을 설정하였고, 24시간 상시 환기설비의 설치를 의무화하였다.

이에 국내에서도 환경부가 2004년 5월 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”에서 유해화학물질이 과다방출되는 건축자재에 대한 사용제한과 2005년 12월 동법의 개정을 통하여 실내공기질의 유해화학물질에 대한 권고기준을 제시한 바 있다.

이와 더불어 건설교통부에서는 2006년 2월 “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙”의 개정을 통하여 실내에서 발생할 수 있는 각종 유해화학물질을 효과적

으로 제거하고 새집증후군 문제를 궁극적으로 해결할 수 있도록 환기설비의 설치를 의무화함으로써 향후 공동주택 및 다중이용시설의 실내공기질 문제의 개선과 국민의 건강 증진에 크게 기여할 것으로 기대되고 있다.

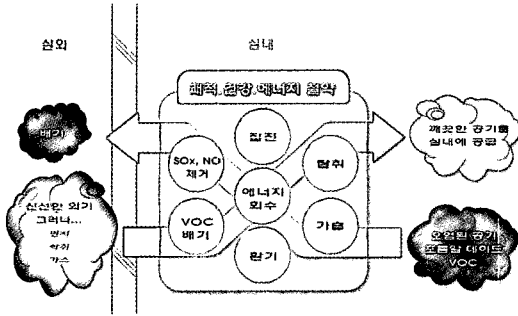
본 고에서는 실내 온열환경 및 공기환경을 위한 새로운 환기 방식의 형태로서 에너지 절약 및 실내공기질 개선을 위한 전열교환 환기시스템에 대해서 소개하고, 시스템의 설계 및 적용에 대해서 알아보고자 한다.

전열교환 환기시스템

각종 건축자재에서 배출되어 질환을 유발시키는 오염물질인 알데히드류 및 실내생활로부터 발생되는 이산화탄소 등의 오염도를 낮출 수 있는 가장 효과적인 방법으로 환기방안을 강구할 수 있다. 이러한 환기방안으로 최근 주목을 받고 있는 것이 전열교환 환기시스템이며 그림 1에 나타난 것과 같이, 상대적으로 오염도가 낮은 실외공기를 실내로 유입시키고 이 공기를 정화하여 공급함으로써 복잡한 필터를 사용하지 않고 산소가 풍부한 청정공기를 실내로 공급할 수 있다. 이때 환기로 인해 발생하는 실내 에너지손실은 전열교환 메카니즘에 의해 에너지를 회수하여 유입되는 공기에 전달되므로 에너지 손실을 최소화할 수 있다는 장점이 있다.

전열교환 환기시스템 설계법

전열교환 환기유니트는 그림 2에서 보는 바와 같



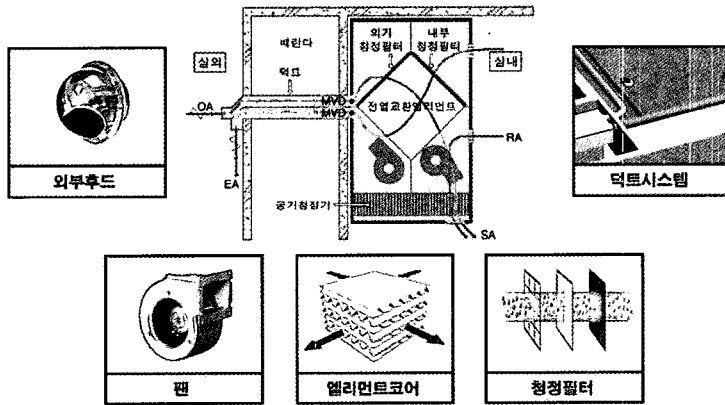
[그림 1] 전열교환 환기유니트의 원리

이 엘리먼트 코어, 팬, 필터와 유로로 구성되어 된다. 이에 본 절에서는 최적의 전열교환 환기유니트의 설계를 위한 각 구성요소에 관한 분석 및 선정방법에 대하여 알아본다.

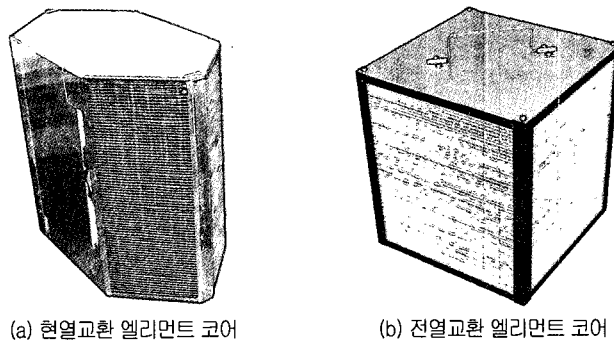
엘리먼트 코어

엘리먼트 코어는 전열교환 환기유니트에 있어서 핵심적인 구성요소로서, 종류로는 그림 3과 같이, 현열교환 엘리먼트 코어와 전열교환 엘리먼트 코어가 있다.

전열교환 엘리먼트 코어는 그림 4와 같이 급기와 배기를 구분시키는 종이류의 라이너(liner)를 사이에 두고 전열을 교환하는 직교류형 방식을 채택하고 있다. 최하단부에 실제 전열교환이 이루어지는 라이너를 두고 그 위에 일정 모듈의 주름 형상을 한 스페이



[그림 2] 전열교환 환기유니트 구성요소



(a) 현열교환 엘리먼트 코어

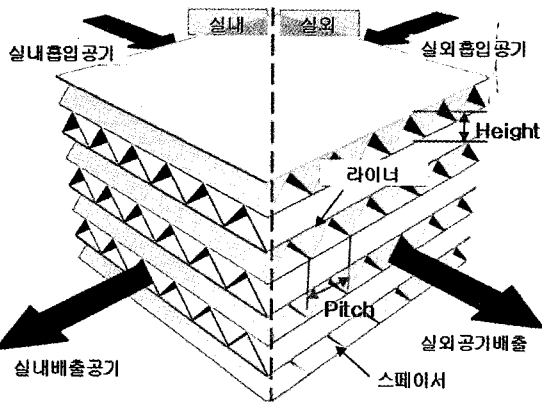
(b) 전열교환 엘리먼트 코어

[그림 3] 엘리먼트 코어



서(spacer)를 두어 각 방향에서 기체가 유동할 수 있도록 제작하게 된다. 그리고 다시 라이너를 스페이스 위에 설치하여 하나의 세트가 되도록 한다. 각 세트는 직각으로 방향을 바꾸어가며 직육면체 형태의 코어를 형성한다. 투기도 및 투습도 향상을 위해서 특수 가공지를 사용하여 실내배기와 외기가 분압차에 의한 전열면에서 분자확산과 모세관력에 의해 교차통과하면서 현열 및 잠열이 교환된다. 이때 기본적으로 동일한 유량이 통과하면 라이너 재질 및 스페이스의 형상, 재질에 따라 전열교환 효율이 달라진다.

현열교환 엘리먼트 코어는 온도 교환만 이루어지는 것으로 알루미늄이나 플라스틱등의 재료로 이루어져 비교적 그 수명이 영구적이라는 장점이 있다. 그러나 현열교환 엘리먼트코어는 습도교환이 이루어지지 않아서 엘리먼트 코어내에 결로가 쉽게 발생하는 단점



[그림 4] 엘리먼트 코어의 개요

이 있어 drain관을 별도로 설치하여야 한다.

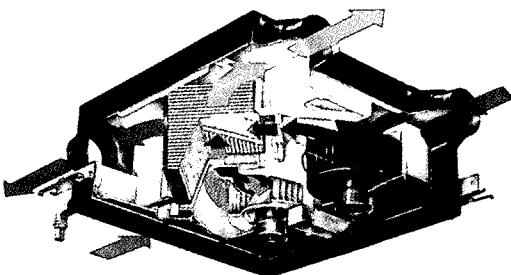
그에 비해 전열교환 엘리먼트 코어는 종이로 이루어져 온도와 습도교환을 모두 할 수 있는 장점이 있으나 습기로 인해 종이의 변질이 쉽게 되고 이로 인해 효율 또한 저감된다. 그리고 현열교환 엘리먼트와 같이 쉽게 결로가 발생하지 않으나 낮은 온도의 외기를 수용할 때 엘리먼트 코어에 흡수되어 있는 수분이 동결하여 코어의 파괴를 가져온다. 그래서 혹한기에는 외기도입시 pre-heating 하여 열교환을 해야한다.

유로(流路) 선정

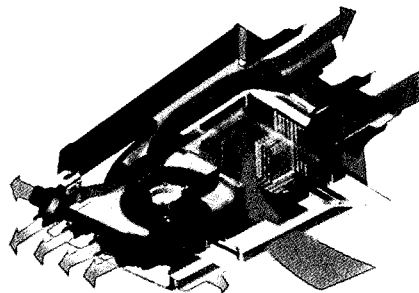
전열교환 환기시스템의 유로는 일반적으로 엘리먼트 코어, 필터, 팬, 환기유닛 프레임 등으로 구성된다. 그림 5는 가장 대표적인 2가지 타입의 유로를 나타낸 것으로, 그림에 주목하면 1개의 엘리먼트 코어, 필터, 2개의 팬이 프레임속에 설치되며, 이때 엘리먼트 코어 및 팬의 위치관계에 따라 유로가 결정된다.

전열교환 환기시스템 유로 설계시 유의사항을 정리하면 다음과 같다.

- ① 팬과 엘리먼트 코어의 거리가 짧으면 엘리먼트 코어로 유입되는 균등한 면풍속을 얻는 것이 어렵게 되고 국부적인 열교환만 발생하여 열교환 효율이 저하된다.
- ② 열교환 효율을 증대시키기 위해 엘리먼트 코어의 pitch와 height를 작게 하면, 유로상에서 압력손실이 발생하여 필요환기량을 얻기가 어렵고 팬의 소음이 커질 수 있다.



(a) 내부유로 case I



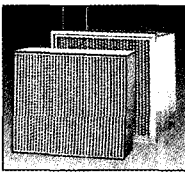
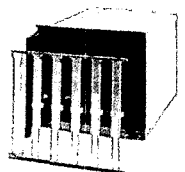
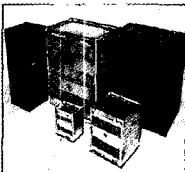
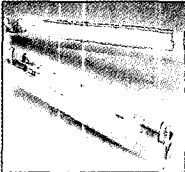

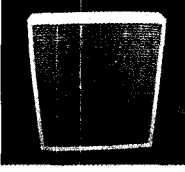
(b) 내부유로 case II

[그림 5] 전열교환 환기시스템의 내부유로

③ 엘리먼트 코어와 팬, 그리고 환기유니트의 프레임 사이에 틈이 있으면 누기율이 증가하고 이는 유효환기량의 감소로 이어진다.

팬(Fan) 선정
전열교환 환기시스템의 설치 목적인 신선외기의 도입에 의한 실내공기질 개선은 일정 환기횟수 이상

<표 1> Air Filter의 종류

품명	사진	포집율	특징
HEPA FILTER		DOP 99.97%	<ul style="list-style-type: none"> MEDIA : Micro Glass Fiber FRAME : Aluminum / Ply-wood 0.3μm 크기 분진을 99.97% 포집할 수 있는 고효율 필터 필터 BOX는 정압이 상승할 때에도 기밀을 유지해야 함
CARBON		80%	<ul style="list-style-type: none"> MEDIA : Granule Carbon (조립활성탄) FRAME : ABS & SS41 (도장) 발전소, 동물실험실 등의 악취와 가스성분을 흡착제거 입자상 활성탄은 고효율이나, 카본가루가 비산될 수 있으므로 공조기 사용시 후단에 프리필터를 사용해야 함
CHEMICAL		1,200m ² /g (표면적)	<ul style="list-style-type: none"> MEDIA : Multi-mixed Media ABS & Stainless Steel 습식, 물리 흡착 기타 일반방식으로는 제거하기 어려운 저농도의 가스처리에 대해 산화, 흡착, 중화, 촉매에 의해 효과적으로 고성능 화학 흡착방식 발생 가스 및 취급 물질에 따라 적합한 제품을 선택하는 것이 중요함
UVC EMITTER		살균력 90% 이상 174 μ W/cm ²	<ul style="list-style-type: none"> MEDIA : Finest Hard Glass Tube FRAME : Stainless Steel 공조기 냉각코일 후단에 설치되어 냉각코일의 바이오막을 제거함 코일 및 에어 살균에 탁월함 공조시스템의 효율을 높여 에너지 절감효과가 있음 병원, 제약회사, 식품 가공 공장, 오피스 등에 사용
PRE FILTER		AFI 85% 이상	<ul style="list-style-type: none"> MEDIA : P.P & 우레탄 FRAME : STS304 4μm 이상의 분진을 효과적으로 포집 정압에 강하고, 반영구적으로 사용, 세정청소가 용이 SUS 프레임 사용으로 구조적 견고성 및 내구성 입자상 활성탄은 고효율이나, 카본가루가 비산될 수 있으므로 공조기 사용시 후단에 프리필터를 사용해야 함
MEDIUM FILTER (고성능 필터)		NBS 95% 이상	<ul style="list-style-type: none"> MEDIA : P.P & 우레탄 FRAME : STS304 다풍량 및 말기압력 손실에도 견딜 수 있는 구조 0.3~4μm의 크기를 미세분진을 포집 2중 혼합 특수 Synthetic Fiber Media로서 부진 비산을 방지하며 분진 포집량이 많음



의 풍량이 공급되어야 하는데 이 부분을 담당하게 되는 구성요소가 팬이다.

현재 환기시스템 설계시 팬의 선정은 상기와 같은 이유로 대부분 설계 풍량만을 고려하여 선정하게 되는데, 환기시스템에서 부적절한 팬의 선정은 소음발생과 팬 발열에 의한 효율 저감 등의 문제를 발생시킬 수 있으므로 이점에 대한 고려를 해야한다. 그리고 팬 선정시 또 하나의 고려사항은 팬의 정압이다. 팬은 기본적으로 압력손실에 의해 정압이 증가하면 풍량이 감소하므로, 팬 선정시 기내정압(환기시스템) 뿐만 아니라 기외정압(덕트)도 고려하여 선정되어야 한다.

필터(filter) 선정

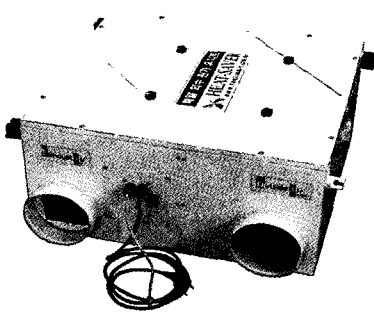
전열교환 환기시스템은 신선한 외기에 의한 실내 공기질을 개선하는 장치로써 외기 도입시 오염요소

에 대한 정화는 필수적이다. 이를 위해 환기시스템에는 표 1과 필터가 장착되는데, 최근 생산되는 환기시스템은 부분별하게 많은 종류의 필터가 되고 있다. 이로 인한 압력손실의 증가는 팬의 부하를 늘리게 되고 이에 따라 환기시스템의 전반적으로 성능에 악영향을 미치므로 사용목적에 맞게 필터를 선정해야한다.

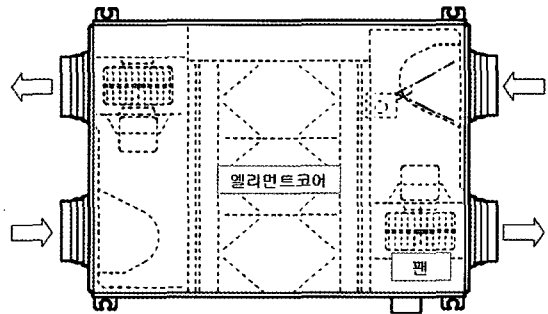
전열교환 환기시스템의 적용

전열교환 환기시스템은 현재 실내공기질 개선을 위해 적용이 늘어나고 있고, 이에 대응하기 위한 환기시스템의 종류 또한 다양하다. 그림 6, 7에서 보는 바와 같이 크게 설치방법 및 위치에 따라 덕트형 환기시스템과 벽부착형 환기시스템으로 분류할 수 있다.

덕트형 환기시스템은 대용량으로서 실외에 전열교

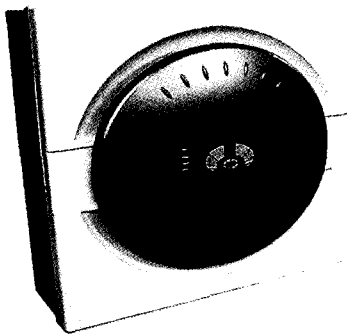


(a) 덕트형 환기시스템

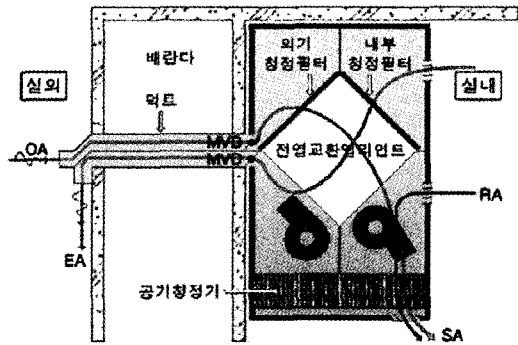


(b) 덕트형 환기시스템 개요

[그림 6] 덕트형 전열교환 환기시스템



(a) 벽부착형 환기시스템



(b) 벽부착형 환기시스템 개요

[그림 7] 벽부착형 전열교환 환기유닛

환기가 위치하여 덕트를 통해 각 실로 분배되어 공동주택에서 세대환기용으로 적용되고 있다. 하지만, 덕트형 환기시스템을 적용하기 위해서는 천장부분에 약 150 mm 이상의 덕트 매립을 위한 공간이 요구된다.

이로인해 기존의 공동주택에서 환기시스템이 적극적인 도입에 어려움이 있었으나 2005년 1월부터 개정·시행되어진 소방법에 의해 11층 이상의 공동주택에서는 전층에 스프링클러를 설치해야함에 따라 천장공간이 확보되어 덕트설치 또한 가능하게 되었다.

반면 개정된 소방법의 적용 이전에 지어진 기존의 공동주택에서는 덕트설치를 위한 공간의 부족으로 덕트형 환기시스템을 적용하기가 곤란하므로 이에 대응하기 위해 개발된 것이 벽부착형 환기시스템이다.

벽부착형 환기시스템은 덕트형 환기시스템의 실외기에 해당하는 부분을 실내로 들여와 실내인테리어에 맞게 커버가 디자인된 것으로 비교적 소풍량으로 1실을 제어하기 위해 설치된다. 그러나 벽부착형 환기시스템의 경우, 환기시스템이 실내에 설치되어 시스템내의 팬에서 발생하는 소음으로 인한 문제가 있다. 그래서 벽부착형 환기시스템을 설계·제작할 때에는 소음저감 대한 부분을 고려해야 할 것이다.

결 언

선진국에서는 건강한 IAQ를 유지하기 위한 적합한 환기시스템에 대해 활발한 연구가 진행되고 있으며, 환기 및 환기시스템의 적용은 오염물질 방출량을 기준으로 이루어져야 한다는 견해의 일치를 갖고 있다. 그러나, 실내 오염물질을 제거하고 희석하기 위해서는 높은 환기량을 확보하여야 하고, 이는 고비용이 요구되므로 최소 환기량으로 최적의 환기효과를 거둘 수 있는 고효율의 시스템을 개발하여야 하나, 국가마다 외부기상조건이 상이하기 때문에 자국에 적합한 환기시스템 개발을 활발하게 진행하고 있

는 상황이다.

그러나, 국내에서 현재 적용중인 전열교환 환기시스템은 대부분 일본 및 유럽 등에서 완제품 또는 핵심소재인 전열교환 엘리먼트를 수입하여 적용하고 있는 실정이며, 국내의 기후조건을 고려하지 못해 대부분 결로가 발생하는 등의 문제점을 갖고 있다.

그러므로 상술한 바와 같은 내용을 고려하여 전열교환 환기시스템이 설계·제작되어야 하며, 국내의 기후조건 등을 감안한 전열교환 환기시스템 및 전열교환 엘리먼트 코어의 국산화 개발은 에너지 절약과 건강한 주거환경 창출을 위한 매우 중요한 국가적 사업으로 이를 위한 활발한 연구 및 기술개발이 기대된다.

참고문헌

1. 이정재, 이시환, 김용경, 박성관, 2005. 3, 공기청정 겸용 전열교환 환기유니트 적용시 실내공기환경 CFD 시뮬레이션, 대한건축학회 논문집, 21권 3호(통권197호), pp.157-164
2. 이정재, 최석용, 김상희, 2006. 8, 환기량 변화에 따른 신축공동주택의 실내공기질 개선효과 검토, 대한설비공학회 설비공학논문집, 18권 8호, pp. 649-655
3. 환경부, 2004, "다중이용시설 등의 실내공기질 관리법", 환경부 공고 2004-98호.
4. 건설교통부, 2006, "건축물의 설비기준 등에 관한 규칙", 건설교통부령 제328호.
5. 윤동원, 이윤규, 2005, "다중이용시설 등의 환기설비 설치기준 설정 연구", 환경부, 한국건설기술연구원
6. 최준영, 2005, "폐열회수 환기장치의 성능평가", 대한설비공학회 설비저널 Vol.34, No.1, pp28-36. (㉸)