

# 환기시스템의 최적설계요령

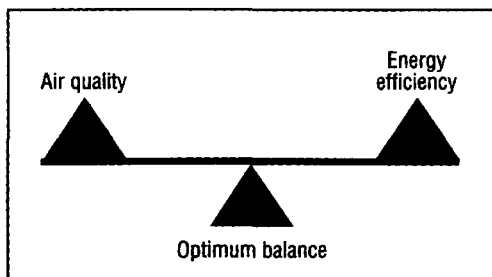
• 출처: Heating/Piping/Air Conditioning, Spring 1999 pp. 84~90  
 • 저자: Paul C. Tseng, Malcolm Lewis

조 동 우

## 시스템디자인

**환**기는 건물거주자에게 최적의 공기질과 열적 쾌적감을 제공하는 절대적인 기능과 역할을 담당한다. 적절한 환기시스템은 생활 활동을 위해 건강하고 상쾌한 실내환경을 제공해 준다. 반대로 열악하게 설계된 시스템은 거주불쾌감과 생산성을 저해하는 요인이 된다.

환기설계는 환기시스템의 수명기간동안 그리고 시시각각 변화하는 필요환기량을 예측해야 하는 매우 어려운 작업이라고 볼 수 있다. 재실 밀도 및 외기조건의 변화, 사용공간의 용도의 변경 등은 설계자가 나름대로 감안해야 하는 변수들이다.



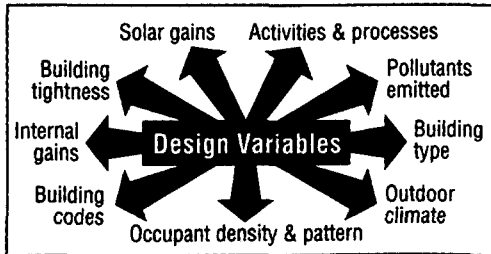
〈그림 1〉 최적환기설계 개념

적절한 환기설계는 실내공기질과 에너지효율 간에 최적의 균형을 유지할 수 있도록 계획하는 것이다. “많은 것이 좋고 적은 것이 나쁘다”라는 단순한 통념으로 환기설계를 해서는 최적의 균형적인 설계가 이루어질 수 없다. 건물조건, 용도, 기후특성, 오염원 등에 대한 자료와 지식에 근거하여 기본적인 원칙에 따라 설계가 이루어질 필요가 있다. 즉, 환기설계의 결정과정에서 에너지효율과 최적의 쾌적감에 대한 2가지 설계목표를 달성할 수 있도록 건물에 대한 올바른 이해가 요구된다.

## 환기설계를 위한 변수

다음과 같은 여러 요소들이 환기성과 관련된다.

- 건물외피의 기밀성
- 실내활동, 마감재, 재료 및 거주자로부터 발생하는 오염물질
- 태양열에 의한 열취득
- 조명
- 재실밀도 및 패턴
- 외부기상조건
- 건물의 형태

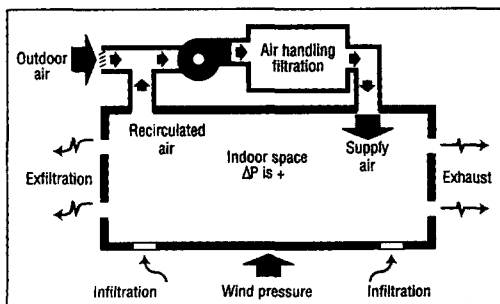


〈그림 2〉 환기성능에 영향을 미치는 요소

기본적으로 환기설계가 실패하는 요인은 설계시 이들 모든 요소를 고려하지 않았을 경우에 발생한다. 설계자는 환기성능에 영향을 미칠 수 있는 이들 요소보다 시스템기술을 강조함으로써 뜻하지 않는 어려움에 빠져들 수 있다. 따라서 디자인변수와 항목의 적절히 고려하여 설계의 불균형을 바로 잡고 시스템의 성능을 향상시켜 줄 필요가 있다.

**침기와 누기**

환기는 제어가능한 방법으로 신선한 공기가 거주공간으로 공급되고 오염된 공기가 배출되는 과정을 의미한다. 환기는 자연 환기와 기계적인 수단을 통해 이루어진다. 건물외피에 존재하는 미세한 구멍, 틈, 균열부위를 통해 거주공간로 들어오는 기류인 침기는 설계자들에게 부담스러운 문제로 작용한다. 의도하지 않은 기류가 형성됨으로써 계획환기를 위한 기류패턴과



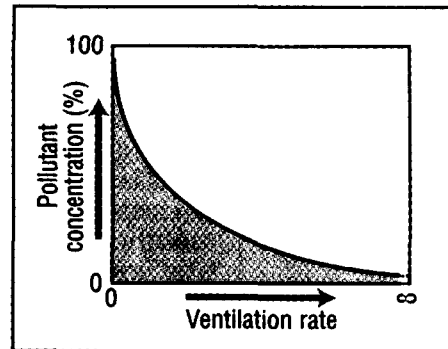
〈그림 3〉 환기시스템과 침기와의 관계

실내압력이 왜곡된다. 이것은 거주자에게 불쾌감을 유발하며 전체적으로 실내공기질을 부적합하게 만든다.

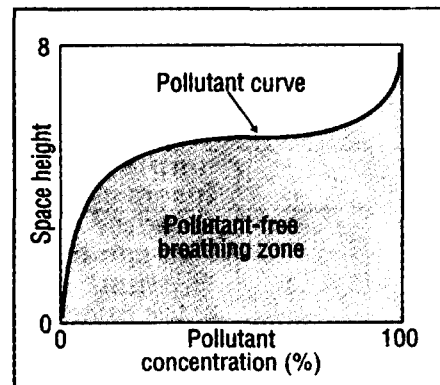
많은 설계자들이 건물내의 침기현상을 무시하는 경향이 있다. 환기시스템의 설계요류는 많은 에너지비용과 설비용량의 증대, 시스템의 성능저하, 냉난방의 부적절한 공급을 초래할 수 있으며 배열회수장치의 성능도 떨어뜨린다.

**환기방법**

환기는 크게 2가지 방법으로 실내공간으로 유도되는데, 첫 번째는 혼합 또는 희석환기로서



〈그림 4〉 희석/혼합환기방법



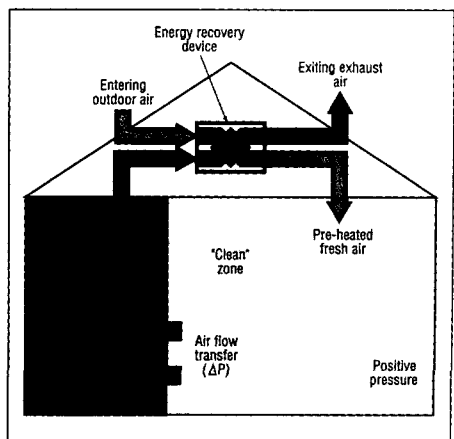
〈그림 5〉 치환환기방법

실내공간에 존재하고 있는 공기와 혼합을 이루는 것이고 두 번째는 치환환기로서 공기가 실내공간에 존재하고 있는 공기와 대체되는 것이다.

**혼합 및 희석환기**

기계환기의 경우에 급기구를 통해 혼합이 이루어진다. 적절하게 설계된 혼합환기시스템은 필터를 통해 부유물 입자를 제거하고 오염물질의 농도를 효과적으로 희석시킨다. 자연부력과 난류현상이 공기의 혼합효율을 높인다.

환기방법은 그림 6에서 보는 바와 같이 덕트 회로망에 의해 급기와 배기시스템을 사용한 혼합환기의 균형을 유지토록 하는 것이다.



<그림 6> 균형적인 혼합환기방식

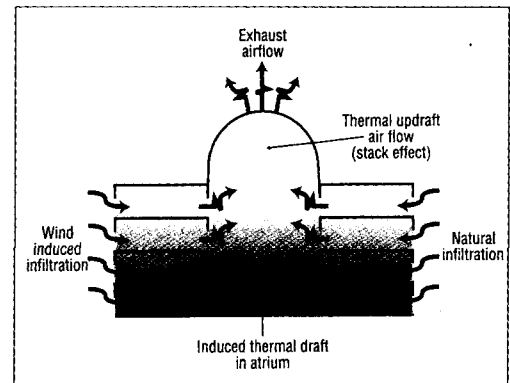
이와 같은 방법으로 공급된 공기가 혼합이 이루어지며 오염된 공기는 배기된다. 급기와 배기가 공간간에 이루어지는 기류패턴의 경우에는 실간의 그릴에 의해 형성된다. 균형적인 설계는 배열회수장치와 적절히 결합되는 것이다. 배열회수장치에서 획득된 열은 외기도입시의 예열을 가능하게 해준다.

**치환환기**

이 방식은 공기를 밀고 당기는 방법으로 치

환하는 것으로써 신선한 공기가 실내공간으로 도입되고 기존에 머물고 있는 공기와 대체되면서 공간으로부터 끌어 당겨지는 것을 말한다. 이 방식은 거주역에서 발생된 이산화탄소 및 오염된 공기를 거주자와 분리시킬 수 있도록 설계하는 것을 목표로 한다. 치환환기는 희석환기와는 달리 공기혼합이 최소화되면서 효율적이고 적절한 설계가 이루어질 필요가 있다.

가장 좋은 설계방법은 외기도입량을 줄이면서 정체된 오염공기를 호흡기부근에서 상부공간으로 밀어 올리는 것이다. 컴퓨터실이나 크린룸에 설치되어 있는 바닥공조시스템이 이와 같은 예이다. 층류흐름을 갖는 급기구를 적절히 선택할 필요가 있다. 그림 7과 같은 아트리움공간에서도 굴뚝효과를 이용하여 좋은 효과를 볼 수 있다.



<그림 7> 굴뚝효과를 고려한 환기설계

**기타환기**

또 다른 설계방법으로 욕실이나 화장실 등과 같은 공간의 냄새를 제거하기 위해 공기를 일 방향으로 배출시키는 것이다. 신선한 외기가 급기구를 통해 유입되거나 다른 인접공간의 공기가 유입되어 배출된다. 이 방법은 거주공간으로 오염된 공기가 역류되는 것을 차단할 수 있도록 오염된 공간의 공기는 일방향성 기류패턴을

형성하게 된다.

## 환기설계요령

### 건물의 기밀성 확보

최적으로 설계된 환기시스템이라도 과도한 침기는 환기성능의 균형을 깨뜨린다. 적절한 환기설계는 기밀성을 갖춘 견고한 건물외피가 수반되어야 한다. 환기시스템설계자는 건축가와 건축주에게 벽체의 틈이나 구멍으로 인해 환기 성능이 영향을 받지 않도록 기본적인 성능기준에 대해 명확하게 설명을 해주어야 한다. 기밀한 건물외피는 에너지효율 및 성능측면에서 결정적인 역할을 한다.

### 건물내 일정 압력유지

최적설계를 위해서는 건물이 적당한 압력을 유지해야 한다. 건물은 기밀해야 할 뿐 아니라 약간의 양압하에서 운전될 필요가 있다. 이것은 공기가 배출되는 양보다 더 많은 공기가 유입되는 것을 의미하는 것이다. 건물내에 음압이 형성될 경우 건물외피의 영향이 상대적으로 커지게 된다. 이것은 불필요한 냉방에 의한 드래프트현상, 공간내에 원치 않는 습기 발생, 재실자에 대한 불쾌감, 마감재와 벽체로부터의 냄새 등을 발생시킨다. 또한 벽체내부의 결로현상도 간혹 발생될 수 있다.

설계자는 건물이 항상 양압상태로 이루어지도록 설계해야 한다. 이와 같은 조건은 고온다습기후일 경우 특히 필요하다. 설계자는 이와 같은 조건을 달성하기 위해 설계도서에 다이어그램을 이용하여 건물내의 공기흐름을 도표로 표현하는 내용을 포함할 필요가 있다.

### 짧은 공기경로를 피할 것

환기시스템이 잘못 설계된 사례중의 하나는 신선한 공기가 실내에서 혼합이나 정체공기와

치환이 이루어지기 전에 짧은 공기경로로 배출되는 것이다. 실제로 설계자는 급기구와 배기구가 어느 정도 근접해있는지 주의를 기울여야 한다. 치환환기시스템에서 급기온도가 실내온도보다 높을 때 불쾌감을 유발할 수 있다. 급기시스템은 최대한 혼합이 이루어질 수 있도록 배치돼야 한다. 급기시스템의 적절한 선택을 위해 성능데이터를 세밀하게 검토할 필요가 있다. 예를 들면 천장이 없는 공간에 설치된 급기구는 표준타입의 천장용 급기구와는 다른 형태를 가져야 한다.

### 환기시스템의 적정설계

설계자는 “적은 것보다는 많은 것이 낫다”라는 그릇된 믿음과 단순한 산술적인 계산으로 환기시스템을 증가시켜왔다. 그러나, 과대설계된 환기시스템은 건물운영비용을 증가시킬 뿐 아니라 실내환경의 질을 떨어뜨린다. 또한 과대설계된 환기설비는 실내에 필요이상의 환기가 이루어져 소음과 드래프트 및 운영비용을 증가시킨다.

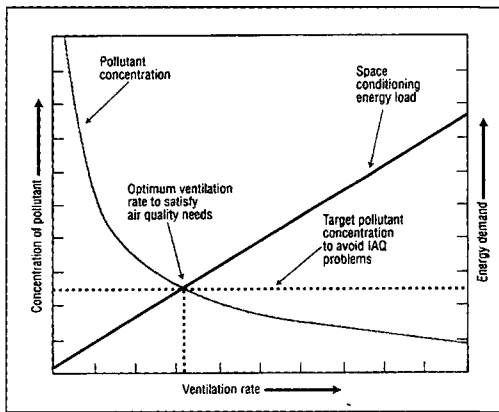
실제로 체육관 설계에서, 같은 기후대에 같은 규모의 체육관에서 설계자에 따라 6,500CFM에서 12,500CFM 까지 환기풍량이 변화하는 것으로 조사되었는데, 놀랍게도 적은 풍량으로 설계된 시스템이 높은 풍량으로 설계된 체육관보다 드래프트, 소음, 쾌적도 측면에서 성능이 나은 것으로 나타났다.

### 4계절을 고려한 설계

환기시스템은 융통성이 있어야 한다. 예를 들면, 체육관으로 설계된 시스템은 많은 사람이 모이는 집회에서 필요한 환기기능 뿐 아니라 몇 명의 운동선수가 있을 경우에 대해서도 쾌적한 조건을 유지해주어야 한다. 시스템설계에서의 융통성은 과잉설계나 많은 설비를 갖추는 것을 의미하는 것이 아니다. 환기팬이 다양한 기능을 갖거나 다단계 또는 가변속의 팬모터

설계는 많은 다양한 기능을 성공적으로 제공해 줄 수 있다. 설계자는 풍량조절 뿐 아니라 혼합 및 치환기능이 효과적으로 이루어지도록 주의 깊게 취출구를 선택하고 배치해야 한다.

융통성있는 설계가 이루어진 후, 설계자는 실내공간에서 어떤 프로세스의 환기를 필요로 하는지를 알아야 한다. 이산화탄소 이외의 다른 오염이 발생되지 않는가? 오염원의 체류시간은 어느 정도인가? 주요오염원은 무엇인가? 어떤 종류의 오염원제어기술이 실내공간의 환기율을 최소화시킬 수 있는가? 등을 고려해야 한다. 최적환기는 오염원을 적정농도로 희석시키기 위해 요구되는 최소한의 환기율을 제공하는 것이다.



〈그림 8〉 환기에 의한 오염원의 희석

융통성있는 환기설계의 최우선은 실내공간에 있는 오염원을 근원적으로 제거하는 것이다. 이것은 특히 의료원, 자동차정비소, 실험실과 같이 오염원의 방출을 쉽게 파악할 수 있는 공간에 효과적이다.

### 환기설비에 대한 지식

기계설비는 그들이 시방한 설비를 결코 본적이 없는 엔지니어에 의해 설계되곤 한다. 특히 실제로 환기설비를 선정하는 사람인 환기설계자도 카타로그에 의존하거나 영업사원의 설

명에 의존하는 경향이 있다.

설계자는 환기설계를 위해 전문적인 직관을 가지고 있을 정도로 지식을 갖추고 있어야 한다. 설계자는 환기설비의 기능, 음향특성, 진동 신호, 크기, 관리 등에 대해 명확히 이해하고 있어야 하며, 이들 모든 요소들은 반드시 설계도 서상에 나타내져야 한다. 따라서, 설계자는 여러 가지 건물의 기능에 따라 적절한 설비가 갖추어질 수 있도록 모든 종류의 환기팬에 익숙해 있어야 한다.

## 최적설계방안

### 에너지 효율적인 환기기술

환기시스템에 다음과 같은 몇가지 기술을 적용하면 에너지 요구를 크게 절감할 수 있다.

- 1) 필요환기의 최소화 - 실내공간에서 방출되는 오염원을 적절히 관리하는 것은 환기 풍량을 줄일 수 있는 효과적인 방법이다. 실험실에서 후드의 사용이나 사무소건물에서 밀폐된 흡연공간의 제공 등이 그와 같은 대안이 될 수 있다.
- 2) 침기손실의 최소화 - 모든 건물은 외부바람에 의한 압력 프로파일을 갖는다. 대다수의 고층·초고층건물에서 실내외온도차가 크게 발생하는 겨울철에 굴뚝효과에 의해 발생하는 침기현상은 환기시스템에도 큰 영향을 준다. 건물외피의 기밀화가 병든 건물증후군(sick building syndrome)을 만드는 것이 아니다. 건물외피의 기밀성능 저하는 드래프트와 실내공기질(IAQ)과 같은 거주자의 불만사항과 직접적인 연관성이 있다.
- 3) 디맨드 환기제어 - 실내공간에서 발생하는 오염물질을 감지하여 환기가 적정수준에 이르도록 풍량을 자동적으로 조절할 수 있다. 이산화탄소센서의 사용이 효과적인

방법중의 하나이다. 에너지나 공기질의 손실없이 이산화탄소를 적정수준까지 희석시키는데 필요한 외기를 공급할 수 있다. 또한 습도센서가 주방, 화장실에 있는 환기팬과 열회수장치를 제어하기 위해 사용될 수 있다.

### 유지관리를 고려한 설계

건축가가 건물을 설계할 때, 종종 유지관리의 필요성을 무시하는 경우가 있다. 환기시스템 설계자들은 유지관리가 불가능한 위치에 설비시스템이 놓일 수 있는 가능성에 대해 검토해야 한다.

모든 복합적인 설비들과 같이 환기시스템은 최적성능을 유지하기 위해 정기적인 유지관리가 필요하다. 건축가는 건물외관이상으로 그 건물에 감춰져 있는 기능이나 성능도 중요하다는 것을 인식해야 할 필요가 있다. 특히, 고성능을 갖춘 첨단건물일수록 환기시스템이 잘 설계되어 있음에도 불구하고 종합적인 유지관리계획이 수립되어 있지 않아 환기가 기능적으로 작용하지 않는 경우가 있다. 부적절한 관리는 에너지사용의 증가, 풍량의 감소, 환기효율 저하, 재실자의 실내공기질에 대한 불만으로 이어질 수 있다.

따라서 설계단계에서부터 손쉬운 유지관리가 고려되어야 한다. 유지관리가 어떻게 달성되느냐에 대한 계획을 명확하고 신중하게 수립하지 않고서는 효율적인 운영, 신뢰성, 비용효율 등을 달성할 수 없다. 다음은 환기시스템에 대한 설계가이드라인을 나타낸 것이다.

- 1) 기계와 전기설비의 유지관리를 위해 필요한 공간이 도면에 기입되어야 한다. 유지관리를 위해 필요한 기능적인 공간으로 약 8.5%가 권장된다.
- 2) 환기설비를 위해 필요한 최소한의 서비스 허용오차를 설정한다. 설비의 각 부분에서

전면으로 최소한 100cm, 비서비스부분에서 최소한 50cm를 확보해야 한다.

- 3) 환기시스템은 현장에서 바로 접근하여 운영관리가 될 수 있고 쉽게 제어되어야 한다. 예를 들면 높은 곳의 각종 밸브를 조절할 수 있도록 작은 사다리가 현장에 위치해 있어야 한다.
- 4) 설비가 실제 위치에 설치되기 전에 지면상에 설비배치도를 계획해 본다. 설비의 각 부품은 접근가능하고 교체가 가능하도록 설치되어야 한다.
- 5) 불필요한 부품 및 악세서리들을 피한다. 설계도서에 운영과 유지관리가 단순한 제어부품으로 기입한다. 자주 사용되지 않는 기능의 불필요한 옵션은 피한다.
- 6) 우수한 품질의 부품을 선택한다. 설계자는 통상적인 부품선택 관행에서 벗어날 필요가 있다. 예를 들어 24시간 운전되는 팬은 최상품의 베어링과 장수명벨트를 선택해야 한다.
- 7) 운영유지관리에 대한 사항을 서류화한다. 운영지침서는 참고하기 쉽도록 작업현장에 걸려 있어야 한다.
- 8) 환기설비의 각 부품에 대한 기능 및 성능에 대한 커미셔닝이 필요하다. 엔지니어는 설계풍량과 변동풍량을 기록해 놓아야 한다.

### 환기효율

실내공간의 오염물질 분포와 혼합공기의 움직임을 파악할 수 있도록 환기효율로서 그 특성을 나타내주어야 한다. 환기효율은 공기교환효율과 오염물질제거효율로서 분류될 수 있다. 공기교환효율은 실내공간에 존재하고 있는 공기와 신선한 공기의 혼합특성에 대한 비율을 나타내는 것이고, 오염물질제거효율은 내부에서 발생된 오염물질을 희석시키거나 배출시키는 효율을 나타내는 것이다.

공기교환효율의 주요한 지표는 공기나이(age of air)이다. 공기가 실내공간에 머무르는 시간을 나이로 가정하게 된다. 예를 들어 유입된 공기가 실내에 45분 동안 머무르고 있었다면 그 공기는 늙었다고 표현한다.

간혹 실내로 유입된 공기가 치환이나 혼합되지 않는 공간이 있다. 따라서 공기나이는 공기교환효율이 어떤 조건에서 이루어지는지에 대한 정도를 나타내는 것이다. 적절한 공기교환이 이루어지도록 다음과 같은 사항을 고려하여 효율적인 설계가 이루어져야 한다.

- 각 실의 배치계획
- 침기의 분포
- 급/배기구의 구성과 위치

- 풍량과 급기구의 기류속도
- 급기구의 특성

오염물질제거효율은 공간내에 오염물질의 이동과 희석으로서 다루어진다. 기류와 오염의 특성은 효율지표에 직접적인 영향을 준다. 예를 들어 완전혼합인 경우 오염농도는 균일하게 분포되며 효율은 100%이다. 공기가 짧은 경로를 이룰 때, 공간의 평균오염농도는 배기구에서의 농도보다 큰 경향을 나타낼 것이다. 따라서 효율은 0~100%사이가 될 것이다. 따라서 환기계획이 주의깊게 이루어 질 필요가 있으며, 각 공간별로 나타나는 기류패턴을 재분석할 필요가 있다. ❶