

건물 환기설비의 개요 및 동향

조 정 식

한국건설기술연구원
건축설비 및 플랜트연구그룹

1. 서 언

최근 국가의 경제적 여건에 따라 생활의 수준이 향상되고 있을 뿐만 아니라, 국민의 건강 및 복지에 대한 인식이 날로 증대되면서 보다 쾌적한 실내환경과 근무의 조건이 절실히 요구되어지고 있다.

특히, 건물은 점차 고단열화, 고기밀화로 만들어져 실내 공기환경은 상대적으로 악화되어 거주용 건물의 환경개선을 위한 노력과 함께 실내의 공기환경에 대한 중요성을 새로이 인식하고 있다.

실내에서는 재실자의 신진대사 활동이나 각종 사무용기기, 건축자재, 마감재료, 가구 등으로부터 방출되는 열이나 이산화탄소, 먼지, 각종 휘발성 유기화합물질이 실내환경 오염의 원인이 되며, 이러한 오염물질은 실내에 정체되어 하루의 많은 부분을 실내에서 생활하는 재실자에게 각종 질병이나 건물병증후군(SBS ; Sick Building Syndrome)을 유발하여 거주자의 건강에 직접적인 영향을 미치게 된다.

건물에는 주로 자연환기 방식과 아울러 기계 환기방식이 채택되어 왔으며, 주방이나 화장실의 일부에 제한적으로 국소 배기방식이 설계되고 있다. 자연환기방식은 항상 일정한 환기성능을 확보할 수 없으므로 조건에 따라 적절한 환기시스템을 고려하여야 하며, 실내의 오염물질을 효과적으로 제거하기 위한 환기의 필요성과 적절한 환기시스템의 채택이 요구되고 있다.

따라서, 본 고에서는 환기설비의 개요, 동향 및 앞으로의 방향 등에 관한 일반적인 내용을 거론함으로서 건물 환기설비시스템에 대한 이해를 돕고자 한다.

2. 환기설비의 개요

환기란 실내공기가 냄새, 유해가스, 분진 또는 발생열 등에 의해 오염되어 인간의 생활에 장애가 되는 경우, 오염공기를 실외로 제거해서 청정한 외기와 교체하는 것을 말한다. 하지만, 실내 공기의 청정도 뿐만 아니라 온.습도나 기류분포까지도 고려하여 모두 환기설비라고 한다.

따라서, 좁은 의미로서 환기라고 하면, 실내의 오염된 공기를 신선한 외기와 교환하는 것만을 의미하며, 실내의 온·습도나 기류 등에 대해서는 고려하지 않지만, 실내환경을 보다 엄밀하게 소정의 조건으로 유지하기 위해서는 기계적인 환기 및 공기조화장치, 공기정화장치 등을 쓰지 않으면 안된다.

신선 외기란 분진, 병원균, 방사능 기타 유해가스 등이 함유되지 않거나 혹은 인체에 해롭지 않을 정도로 함유된 청정한 외기를 말한다. 그러나, 근래에 도시나 공업지역에서의 대기오염은 현저하게 나빠져, 외기가 신선 외기라고 단정하기는 곤란하다. 오히려 좋지 않은 가스를 함유하고 있어 인간은 물론 동식물에 해를 끼치고, 급속류의 부식 원인이 되는 경우도 있다. 따라서, 환기 또는 공기조화를 요하는 외기의 급기계에 고성능 공기필터나 냄새 기타 유해가스를 흡수하는 장치를 설치할 필요성이 높아지고 있다. 건물로부터의 배기 중에 다량의 비산 고형물, 냄새 및 유해가스 등이 함유되어 있을 때는 대기오염 방지를 위하여 방출 전에 이것을 여과, 세정 혹은 기타 적절한 처리를 하여야 한다.

일반적인 환기방식으로서 자연환기방식과 기계환기방식이 있다. 자연환기방식은 풍압차 또는 온도차 등에 의해서 자연적으로 환기가 되는 것이고, 기계환기방식은 송·배풍기를 이용하여 강제적으로 환기를 시키는 것으로서, 건물 환기설비의 주류가 되는 기계환기방식에 대해서 알아보면 다음과 같다.

우선, 제1종 환기는 송풍기에 의해 외기를 실내로 도입시키고, 동시에 배풍기에 의해 실

내의 오염된 공기를 배출시키는 방법이다. 제1종 환기의 경우, 급기량 및 배기량의 균형을 신중히 고려하여야 한다. 예를 들면, 주방에서는 급기량보다 10~15% 정도 배기량을 늘리며, 반대로 무균실 등은 실외로부터 오염된 공기가 유입되지 않도록 급기량을 보다 늘려야 한다.

제2종 환기는 배기용으로 실내의 적절한 위치에 자연배기구를 설치하고, 송풍기에 의해 외기의 도입만을 실시하는 방법이다. 제2종 환기에서 주의를 요하는 점은 실내의 어느 한 지점에 유해가스 등이 존재할 때, 급기로 인하여 필요이상으로 실내에서 확산되는 경우가 발생되기 때문에 충분히 검토하여야 한다.

제3종 환기는 급기는 실내의 적절한 위치에 자연환기구를 설치하고, 배풍기에 의해 옥내의 오염된 공기를 배출하는 방법이다. 제3종 환기는 화장실, 창고, 목욕탕 등의 환기방식으로 널리 채용되고 있다. 단, 이 경우에는 흡입위치가 잘못 선정되면 국부적인 환기가 되기 때문에 급기구와 외기의 위치를 신중하게 고려하여 선정하여야 한다.

3. 환기설비의 동향

국내의 환기설비에 대한 동향은 외국에 비해 단편적이고 소극적이었으나, 최근에 와서 건물의 용도가 상당히 다양화되어지고 있는 실정에 비추어 많은 관심과 발전이 이루어지고 있다. 특히, 대공간이나 초고층 건물 등에 대한 환기설비는 기존의 환기설비에 대한 기술뿐만 아니라 새로운 기술의 적용과 아울러, 환기의 용도에 적합한 시스템을 채택하지 않으면 안될 정도로 중요성이 부각되고 있다.

따라서, 이들에 대한 환기설비의 적용 동향에 대해서 거론하여 보고자 한다.

3.1 대공간의 환기설비

대공간에서의 환기설비는 기존의 기류혼합방식보다는 하부에서 급기하는 저속치환방식이 더 효과적일 수 있다. 이는 더운 공기는 찬 공기보다 가볍기 때문에 위로 올라가는 자연대류의 법칙을 이용한 것으로서, 깨끗하고 신선한 급기가 실내온도보다 낮은 온도와 취출속도 0.8 m/s 이하의 저속으로 직접 해당 적용구역으로 공급되어 실내의 재실자, 기계, 전등 등으로부터 발산되는 열과 오염물질을 대류효과에 의해 상승시켜 윗부분에 설치한 배기구를 통하여 외기와 순환 또는 외부로 배출하는 방식이다.

저속치환 방식의 사용목적은 실내에서 발생하는 열부하를 제거하는 경우와 또는 동시에 실내공기의 청정도(淸淨度)를 일정치 이하로 유지하는 데 있다. 저속치환 방식을 사용하면 급기의 체적과 대류현상에 의하여 움직이는 공기의 체적이 구분되는 경계구역이 생기게 되는데 이것을 치환구역(Shift Zone)이라 한다.

따라서, 저속치환방식에 있어서의 환기량 산정은 이 치환구역이 재실자의 거주역 위에 형성되도록 하여 거주역이 항상 쾌적하게 유지되도록 하여야 한다.

저속치환방식은 공기의 질과 열쾌적도 면에서는 혼합방식에 비해 성능 또는 효과가 우수한 반면, 에너지 소모량은 저속치환 방식에서 전열회수 방법을 사용할 때와 혼합방식에서 가변풍량 방식을 사용할 때는 대동소이하다. 그러나, 냉방부하가 어느 정도를 상회할 때에는

종래 혼합방식에 비해 저속치환 방식의 초기 투자비용이 높은 경우도 있다.

저속치환 환기방식은 잉여의 열과 오염물질의 제거에 적용할 수가 있으며, 각각의 환기량 산정은 다음과 같다.

잉여열의 제거는 열원에 의한 열평형과 전체 열평형을 기초로 하고 있어서 공기조화에서의 풍량 산정과 같다. 즉, 대류의 흐름이 잉여의 열만 제거하면 되는 것이며, 환기에서의 냉방부하는 유량과 급기 및 배기의 온도차로부터 구할 수 있다. 그러나, 여기서 기존의 방식과의 차이점은 배기온도의 결정이다. 왜냐 하면, 치환방식에서의 배기온도는 열부하 특성에 따른 영향을 구하기 전에는 어려울 뿐만 아니라 실내온도와 배기온도가 치환지역에 의한 경계층 형성 때문에 같지 않기 때문이다.

공기중의 불순물과 잉여의 열을 동시에 제거하고자 할 때의 급기온도는 반드시 실내온도보다 낮아서 대류에 의하여 공기의 흐름을 자연적으로 유발하여야 한다.

특히, 공기중에 있는 불순물을 제거하는데 중점을 두고 있다면 치환구역을 거주지역보다 높도록 풍량을 선정하여야 한다.

또한, 열원의 특성은 대류의 흐름에도 영향을 미친다. 만약에 열원으로부터 받는 대류열이 같다면 높은 표면온도의 열원보다는 낮은 표면온도의 열원이 더 많은 대류의 흐름을 유발한다. 이것은 많은 면적의 열이 대류에 영향을 주기 때문이다.

3.2 초고층 건물 환기설비

초고층 건물의 환기설비는 고기밀, 고단열화

에 따른 밀폐화로 실내 환기량이 절대 부족하게 되며, 외부 풍압의 영향으로 안정된 환기량 확보가 곤란하게 된다. 또한 고층부의 역전층 발생에 대한 대책 등의 고려가 필요하게 된다. 기존의 건물들은 실내온도가 외기온도보다 5~6°C 높으면 무풍 상태에서도 1시간에 3회 정도 공기의 환기가 가능하다. 그러나 고도로 단열 기밀화된 주택이나 철근콘크리트 건축물도 알루미늄 샷시를 사용한 건물의 환기횟수는 시간당 0.25회 정도까지 저하되어 지금까지의 건물과 비교하면 상당히 낮아진다. 그렇기 때문에 여러 가지 종류의 불쾌한 현상으로 두통이 생기거나 담배연기로 호흡기 질환이 생기기도 한다. 이러한 실내 환경을 개선하고 보다 쾌적한 환경을 만들기 위하여 환기설비의 도입이 적극적으로 진행되고 있다.

환기설비 시스템은 각실 재실인원의 최소의 기량을 환기유니트를 통하여 각실로 급기하므로 실내에 신선한 외기를 공급하고 습기 누적 및 균 발생을 억제하여 열손실을 최소화 할 수 있다.

시스템의 선정에는 먼저, 겨울철 외기도입시 실내의 온도차가 적어야 Cold Draft현상을 최소화 할 수 있기 때문에 열교환기의 효율이 좋아야 한다. 또한 야간에는 저소음형이어야 하며, 덕트를 통하여 실간 소음이 전달되지 않도록 하는 것이 중요하다.

다음으로, 건축물의 층고와 밀접한 관계가 있으므로 외형이 작아야 하며 특히 높이가 낮은 환기유니트를 선정하는 것이 중요하다. 또한, 덕트시스템은 저항이 적도록 하며 설계풍량이 조절될 수 있는 구조로 하고 있다.

덕트와 기구의 압력손실을 최소화 하여 열교환율이 좋은 전열교환기를 사용하여 에너지 손실을 줄이고 있다. 환절기 외기공조가 가능하도록 By-Pass 기능을 갖추어 열교환기의 수명 연장을 꾀하고 있다.

3.3 지하주차장의 환기설비

도시의 인구증가에 따른 결과로서 자동차수가 급증했을 뿐만 아니라, 이로 인한 주차공간의 부족 또한 문제로 되고 있다. 특히, 고층 건물의 경우, 현재 지상주차장 만으로는 주차대수를 만족하기 어렵기 때문에 지하주차장의 건설이 증가하고 있는 추세인데, 환기불량으로 인한 공기오염이 문제로 될 수 있으며 환기설계기준 또한 정확한 기준이 없어서 여러 가지 문제점 등이 야기되고 있다.

현재, 지하주차공간의 자연환기방식에 대한 우리나라 건축법규의 기준은 150m²이내마다 1개소 이상의 외기와 면하는 2m²이상의 개구부를 천장 혹은 Dry Area에 설치하도록 규정하고 있다. 이 지하공간에서의 자연환기는 주로 풍력에 의한 환기가 대부분을 차지한다. 풍력에 의한 자연환기는 지하주차공간의 형태, 주변건물의 배치, 개구부의 위치, 차량진행방향 등 많은 외적요인의 영향을 받기 때문에 개구부의 면적만으로 지하주차장의 환기를 설정하는 것은 여러 가지 문제점이 발생할 수 있다. 그러나, 이와 같은 지하주차장의 환기 관련 문제점에 대해서 실험을 통한 검토결과는 전무한 실정에 있다.

지하주차장의 환경을 유지하기 위해서는 제어대상이 되는 오염물질을 배출하고, 외부의

청정공기를 내부로 유입하여야 하며, 이때 정상상태로 가정하면 유입되는 필요환기량은 내부 발생량을 외부와 실내의 농도차로 나눈 값으로 구하고 있다.

일반적으로, 지하주차장의 경우, 지표가 되는 유해가스로는 주로 일산화탄소를 기준으로 하고 있으며, 대형 지하주차장의 환기방식은 노즐을 통한 고속급기방식을 많이 사용하고 있다.

3.4 건물 주방의 환기설비

요즘들어, 건물의 에너지 절약을 위하여 점차로 단열성 및 기밀성능은 향상되어 자연환기가 어렵고, 신선한 외기 도입량이 감소되는 상태에서 발생하는 유해가스 등으로 실내의 공기 질은 날로 악화되고 있다.

환기가 적절치 못한 건물에서 재실자가 장기간 거주할 경우 두통, 현기증, 피로감을 호소하는 등 빌딩의 증후군 현상을 일으킨다.

건물의 주방의 자연환기시스템으로서 국내의 일부 건물에 적용되어온 고분자 화학물질의 온도에 따른 팽창을 이용한 환기구를 개폐시키는 종래의 방식은 공기의 대류현상이 일어나도록 하여 환기효과를 나타내지만, 외부와 차단된 상태에서는 그 효과가 극히 미미한 것으로 생각된다. 즉, 온도변화에 따른 팽창을 이용하므로 실내오염시 발생하는 냄새나 가스를 인식하지 못하므로 배기팬이 구동하지 않아 단시간에 윤택한 환기를 시켜주지 못하고 있는 실정이다.

주방환기설비로서, 가스센서 내장형 자동 렌지후드를 내장한 제품이 개발되고 있는데 이들 가스센서는 음식물의 기름때에 오염되어 오작동을 일으키고 주위분위기와 온도, 습도, 날씨

등에 따라 저항이 변화하기 때문에 이러한 요인을 배제하고 오염 발생시만 감지하는 기술의 개발이 앞으로 해결하여야 할 부분이다.

최근에는 인공지능 자동환기장치를 이용한 환기시스템이 채용되는 경향이 있다. 건물 주방의 음식냄새, 미연소가스 또는 휘발성 유제 용기 등 실내공기를 오염시키는 요인들에 의해 만성적으로 건강을 해치고 주거환경을 악화시키는 요인을 제거하고 있으나, 재실자가 이를 감지하여 일일이 배출하여 쾌적한 주거공간을 만들기란 매우 번거롭기 때문에 실내공기 오염시 렌지후드가 스스로 오염원을 배출과 동시에 환기가 되는 유효 적절한 자동환기장치가 필요하다.

4. 앞으로의 전망

건물의 환기설비시스템에서 앞으로의 방향이나 개발 등을 살펴보면, 기존의 환기시스템 이외에 고효율 공기정화장치의 개발, 반송동력의 절감방안 모색 그리고 효율적인 유지관리 방안 등을 들 수 있다. 따라서, 이에 대한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

4.1 고효율 공기정화장치 개발

공기정화장치는 일반공조에 이용되고 있는 전치필터(Prefilter)로부터 클린룸 등에 사용하는 초고성능 에어필터, 유해가스 제거에 이용되고 있는 가스필터까지 광범위하게 이용되고 있다.

따라서, 앞으로 건물의 환기설비에 대한 방향으로 고효율 공기정화장치의 개발이 우선되어야 할 것이다.

우선, 공기청정장치로서 집진장치는 직류 고전압을 하전(荷電)시켜 분진을 제거하는 것이다. 일반 공업용 전기 집진장치는 음극방전이 주로 사용되고 있는 것에 반하여 공조용에 많이 사용되고 있는 정전식 공기정화장치는 모두 양극방전으로 되어 있다. 이유로는 직류 고전압 방전에 의해서 생기는 오존 발생을 감소시키기 위한 것으로 양극방전의 경우 음극방전과 같은 전압, 전류의 조건에서 오존발생율을 약 10% 감소시킬 수 있다.

정전식은 성능이 높으며, 분진제거율은 통상 변색도법에 의해 표시되고 있다. 2단 하전형(荷電形)의 경우는 85~90% 이며, 1단 하전형(荷電形)에서도 약 70%가 이용되고 있다. 여과식 집진장치는 여재에 의한 차단효과가 크게 작용하지만, 분진의 크기에 따라서는 관성효과, 확산효과도 크게 작용한다. 거친 분진용 필터는 관성효과를 이용하여 여재의 통과속도를 1.5~2.5% 로 해서 사용한다. 여과식 필터의 자동형에는 자동갱신형과 자동으로 감으면서 필터를 세정한 후 재사용하는 정기세정형 및 자동재생형이 있다.

여과재는 유리섬유, 부직포, 폴리우레탄폼, 여과지 등이 있으며, 새로운 여과재가 감겨있는 롤은 상부에 설치되며, 사용된 여과재는 하부에서 감기우게 되어 있다. 여과재에 분진이 포집되면 압력손실이 증가하기 때문에 일정한 압력손실에 달하는 시간을 미리 설정한 타임스위치에 의해 자동적으로 구동장치를 작동하게 하여 여과재를 감기우게 한다.

다음으로, 고성능 필터로서 일반적으로는 HEPA(High Efficiency Particulate Air)와

ULPA(Ultra Low Penetration Air) 필터가 있으며, 초미립자를 매우 높은 포집효율(99.99% 이상)로 제거가능하고, 신뢰성도 높아서 경제적인 공기 청정장치의 한 종류이다.

일반적으로 필터는 섬유간의 간격보다 훨씬 작은 미립자를 포집하기 때문에 이러한 걸림에 의한 원리가 주요한 메카니즘(mechanism)이라고는 볼 수가 없다. 만약 이러한 걸림의 원리가 미립자 포집의 주요한 원리라고 하면 몇 개의 미립자에 의해 필터의 섬유간의 간격이 막혀 얼마 사용하지 않아 필터의 압력손실이 급격히 상승하여 섬유로서의 역할을 할 수 없게 된다.

또한, 대기 중에 부유하는 미립자들은 전하를 갖게 되는 데 이 전하로 인한 정전유도 및 전하간에 쿨롱(Coulomb)힘에 의하여 포집되는 경우도 있다.

그렇지만 이러한 원리도 그 효과 면에서 미약하기 때문에 미립자 포집의 주요한 원리로 보기는 어렵다. 포집의 주요한 원리는 충돌과 확산이라는 논리가 지배적인데 확산은 입경 1 μm 보다 작은 초미립자들에서 효과적이고, 충돌은 큰 입자에서 효과적이다.

4.2 환기설비의 반송동력 절감방안

환기시스템의 반송동력을 절감시키는 것은 도입외기 및 배기를 줄임으로서, 즉 환기량의 최소화가 에너지 절약의 기본이 되며 이를 위한 구체적인 대상은 다음과 같다.

① 필요이상의 과잉환기 방지

외기의 도입계통 및 실내공기의 배기계통에서 필요이상의 환기가 되지 않도록 정풍량 장

치를 설치하든가 또는 댐퍼의 조절이 가능한 장치를 설치하도록 한다.

② 저부하시 환기량제어

지하창고 등과 같이 오염발생원이나 열발생량이 적은 장소라면, 환기량의 제어를 실시한다. 환기량을 제어하는 방법으로는 송풍기의 대수제어라던가 혹은 변풍량제어 등을 들 수 있다.

③ 불필요시의 환기정지

발전기실이나 승강기의 기계실 등에서 기기로 부터 발생하는 열을 제거하기 위한 목적의 환기 시스템은 Thermostat 등을 이용한 장치로서, 필요한 경우에만 환기 운전을 실시하도록 한다.

④ 국소배기의 채용

열발생기기가 집중되어 있는 주방과 악취나 오염물질이 발생할 수 있는 장소에서는 배기후드 등 부분적인 환기를 실시하여 전체적인 환기풍량을 줄임으로서 에너지절약을 꾀한다.

⑤ 자연환기의 이용

기계환기시스템을 갖춘 경우에도, 특히 중간 기에는 부분적으로 외부와의 압력차를 이용한 자연환기를 실시함으로써 반송동력을 줄여 에너지를 절감시킬 수 있다.

⑥ 고효율 송풍기의 설정

운전시간이 길고, 연간 전력소비량이 큰 비율을 점하는 환기용 송풍기야말로 효율이 좋은 기종을 선정하여 사용하는 방법이 있다.

4.3 효율적인 유지관리 방안

유지관리인 측면에서 공조기내의 적당한 필

터의 선정과 교환은 상당히 중요하다. 필터에 의한 송풍동력의 소비율은 큰 부분을 점하는 경우가 많다. 송풍기의 능력은 필터의 최종 압력손실값을 정하고, 그 값을 사용하여 결정되기 때문에 초기단계에는 필요이상의 송풍량을 대상공간에 보내는 결과로 되던가 혹은 풍량을 설계치에 맞게 조정하기 위한 때에는 풍량이 부족하여 환경표준치를 유지하지 못하게 되는 등의 악영향이 있는 경우가 있다.

따라서, 필터의 성능평가는 주로 분진의 포집효율에 주목하여 선정되지만, 초기 및 최종의 압력손실, 그리고 분진의 포집용량에 관해서도 종합적인 검토를 행하여 합리적인 판단과 함께 결정할 필요가 있다.

-참고문헌-

1. (사)한국설비기술협회, '설비', 2000. Vol.17, No. 08.
2. 한국건설기술연구원, '저속치환 환기시스템의 적용성 연구', 전기연 98-079, 1998. 12.
3. HPAC Engineering. 'A Practical Guide to Ventilation Practices & Systems for Existing Building'.
4. H. M. Mathison, 'Case Studies of Displacement Ventilation in Public Hall', 1989.
5. 空氣調和.衛生工學會, 'わかりやすい住宅の設備-換氣', 1999. 8.