

타워형 공동주택의 환경특성과 주방환기계획

타워형 공동주택을 포함한 고층건축물에서는 연돌효과에 의해 수직적 압력분포 및 건물 내부 공기유동경로가 결정된다는 실내 환경적 특성을 이해하고, 이러한 특성을 고려한 주방냄새확산을 최소화 할 수 있는 근 미래적 주방환기 개선방향에 대하여 소개하고자 한다.

이 중 훈

삼성물산 건설부문 기술연구소(jh6925.lee@samsung.com)

김 광 호

삼성물산 건설부문 기술연구소(khonga.kim@samsung.com)

타워형 공동주택에 있어서의 건물 내 공기유동경로는 단독주택 및 판상형 공동주택의 건물 내 공기유동경로와는 다른 특성을 가지게 된다. 즉, 타워형 공동주택은 내외온도차 및 건축물의 높이에 의해서 그 크기가 결정되는 연돌효과에 의해서 건물 내부의 공기유동이 결정되기 때문이다. 물론 단독주택 및 판상형 공동주택 등에서도 연돌효과가 발생하기는 하지만 건물의 조건상 그 크기가 작아서 연돌효과에

의한 공기유동경로 결정력은 미비하며 기존 방법의 환기계획 등을 통한 流路제어가 비교적 수월하게 된다. 타워형 공동주택은 건물의 고층화와 더불어 그 수가 증가하고 있다. 주상복합의 형태로 건축되고 있는 것이 일반적이며, 근래에는 타워형 평면구조를 가지고 있는 아파트 또한 증가되고 있는 추세이다. 그림 1에 타워형 공동주택(아파트)의 일례를 보여 준다.



[그림 1] 타워형 공동주택(아파트)의 일례

연돌효과 및 공기유동경로

연돌효과(stack effect)를 한마디로 표현하면, 겨울철 고층건물에 있어서의 공기의 흐름(건물하부에서 외기유입⇨수직샤프트를 통한 부력상승⇨건물상부를 통한 공기유출)이 마치 굴뚝에 있어서의 공기흐름과 유사해서 지어진 명칭이다.

연돌효과는 건물 실내의 공기의 밀도차이에 의한 압력차에 의해 발생한다. 따뜻한 공기는 찬 공기에 비해서 밀도가 낮고 가볍기 때문에 고도의 증가에 따른 절대압력의 변화를 보면, 찬 공기에 비해 압력의 감소율이 작다. 다시 말해, 찬 공기는 따뜻한 공기보다 큰 감소율을 가지고 고도에 따른 압력변화가 발생하게 된다.

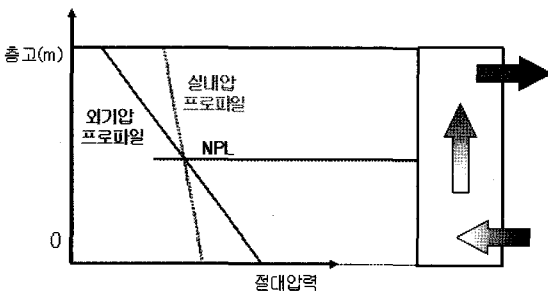
이와 같은 고도에 따른 감소율의 차이 때문에 실내와 외부의 절대압력프로파일은 어떤 고도에서 교차하게 되는데, 이 부분에서는 양자의 절대압력이 같아지게 된다. 이 부분을 중성대(neutral pressure level, npl)라고 부르며, 따라서 중성대 내외부의 압력차는 0이 되게 된다. 중성대의 위치는 건물의 누기면적분포에 의해서 결정되는데, 각 수직샤프트에 대한 침기량과 누기량이 같아지게 하는 부분에 위치하게 된다. 단, 여기서 말하는 침기량과 누기량이란 강제급배기량을 포함한 개념으로 설명되고 있으나, 강제급배기량이 아주 클 경우에는 수직샤프트 범위 외에 중성대가 위치하게 되는 경우도 발생하게 된다. 즉, 수직샤프트 전체가 정압 내지는 부압상태가 되는 경우를 말한다.

겨울철에는 건물내부의 난방에 의하여 외부공기의 밀도가 크고 무겁기 때문에 건물하층부(중성대 하

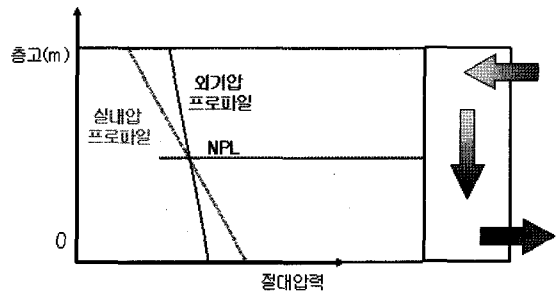
부)에서는 외기가 실내로 유입되게 되며, 유입된 공기는 샤프트 등의 수직통로에서 부력에 의한 상승을 하고, 외기압보다 절대압력이 높은 건물상층부(중성대 상부)에서 외부로 유출되게 된다. 반대로 여름철에는 건물내부의 냉방에 의해 겨울철과는 반대적인 공기흐름현상이 발생하게 되는데 이를 역 연돌효과(reverse stack effect)라고 한다. 그림 2, 3에 겨울철과 여름철에 있어서의 내외부 압력프로파일과 건물 내 공기의 흐름을 나타내고 있다.

연돌효과의 크기(stack pressure)는 내외온도차의 크기와 건물의 높이에 의해서 결정된다. 동일 건물에 있어서, 실내의 온도차가 큰 겨울철에 연돌효과가 가장 크게 발생하며, 여름철과 중간기의 실내외 온도차는 겨울철에 비하여 작기 때문에 연돌효과의 크기는 작아지게 된다. 따라서 연돌효과에 의한 건축 환경적 문제점들은 주로 겨울에 발생하게 되며 실내 환경계획 시에도 이러한 점을 필히 고려해야 한다. 단, 그림 2, 3에서도 알 수 있듯이 건물의 높이가 높아질수록(중성대로부터의 거리가 멀어질수록) 연돌효과는 커지게 되므로, 건물이 초 고층화되면 겨울철 이외에도 연돌효과의 영향력은 무시할 수 없게 된다. 그림 4에 내외온도차(ΔT) 및 중성대로부터의 거리에 따른 연돌효과의 크기변화를 보여 준다.

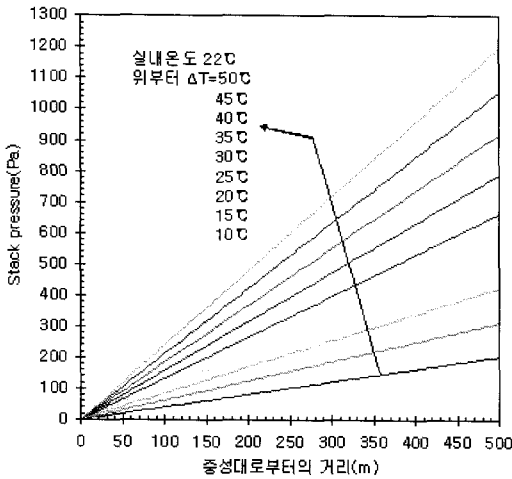
일반적으로 실제건물의 경우에는 승객용 엘리베이터, 비상용 엘리베이터, 계단실 등 다수의 수직통로가 존재하고 있으며, 각각의 수직통로에서는 별개의 중성대가 형성된다. 결국 건물 전체에 있어서 공기 흐름방향이 역전되는 지점이 수직통로의 수만큼 발생하게 된다. 따라서 주방환기계획을 포함한 각종



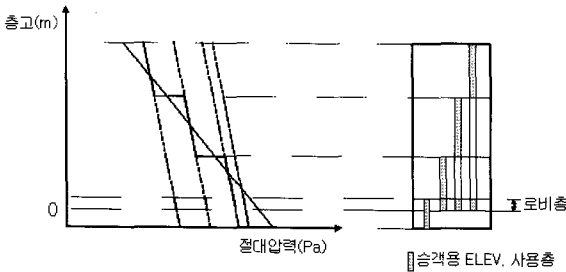
[그림 2] 겨울철의 연돌효과



[그림 3] 여름철의 연돌효과



[그림 4] 연돌효과의 크기변화 특성



[그림 5] 건물 전체의 압력프로파일 형성특성

실내 환경계획 시에 건물의 이러한 압력분포특성을 고려하지 않으면 관련 시스템의 운전효율이 급감될 수 있으므로 주의를 필요로 한다. 그림 5에 승객용 엘리베이터샤프트가 저층용/중층용/고층용으로 구분되어 있으며 서틀엘리베이터가 설치되어 있는 경우의 건물 전체에 대한 압력프로파일 형성특성의 일례를 보여준다.

냄새관련 민원의 발생현황 및 원인요소

타워형 공동주택에서 발생하는 주방냄새 및 주방 환기에 관련한 민원의 대표적인 사례는 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 하나는 세대 내에서 발생한 음식냄새가 공용부로 확산됨에 따른 불쾌감을 호소하

는 경우이며, 다른 하나는 조리 시에 렌지후드 등을 통한 배기가 원활하지 않다는 경우이다.

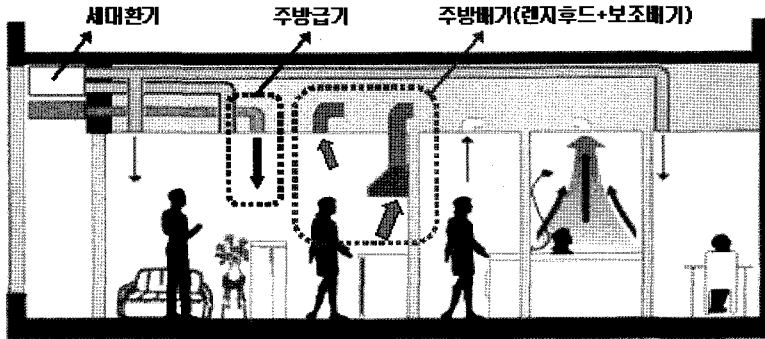
후자의 주방배기가 원활하지 않다는 민원에는 실내 공기가 배기되어야 하는 렌지후드 등을 통해서 오히려 공기가 역류되어 유입된다는 경우를 포함하고 있으며, 본 민원은 또한 전자의 민원에 대한 커다란 영향요소가 될 수 있다. 이와 같은 민원이 발생하게 된 주요한 원인은 아래와 같다. 이들 중에서 설비기기의 용량 및 렌지후드의 포집효율에 관해서는 기술적인 대응방법으로 일정수준을 확보하는 것이 가능하지만, 외부풍의 영향 및 연돌효과에 대한 대응에 관해서는 현재 해결해야 할 과제로 남아있는 상황이다.

- ① 관련 설비기기의 용량, 특히 배기용량 등이 부족한 경우
- ② 렌지후드의 포집효율이 높지 않은 경우
- ③ 외부풍의 영향에 의하여 급기구 및 배기구에 압력이 작용할 경우
- ④ 연돌효과를 고려하지 않은 주방환기계획을 실시한 경우

일반적인 주방환기계획

타워형 공동주택에 일반적으로 적용되고 있는 주방환기설비의 특징에 대하여 정리하면 다음과 같다. 그림 6에는 타워형 공동주택의 각종 환기계획 개념도를 나타낸다.

- ① 기본적으로는 조리 시에 주방에서는 렌지후드를 통한 배기를, 거실에서는 환기시스템에 의한 급기를 실시하는 것으로 주방 측을 상대적으로 부압상태로 만들어 원활한 배기 및 실내로의 음식냄새 확산방지를 계획하고 있다.
- ② 렌지후드에 의한 배기성능을 보완하기 위하여 렌지후드 이외에 주방천정부에 보조배기구를 설치하고 있으며, 보다 원활한 배기를 위하여 Make-up공기를 공급하고 있다.
- ③ Make-up공기는 단순급기로써의 기능뿐만이 아니라 후드의 포집범위를 벗어난 냄새원에 대한 확산방지를 위하여 에어커튼의 기능을 병행하고 있는 경우가 일반적인 추세이다.
- ④ Make-up공기의 급기를 위한 외부 급기구는 보통 각 세대 별도로 설치되고 있으나, 주방배기



[그림 6] 세대 각종 환기계획 개념도

를 위한 배기계통은 각 세대 별로 설치하는 경우 이외에도 입상덕트를 이용하여 일괄적으로 처리하는 형식이 적용되고 있다.

- ⑤ 입상덕트를 이용한 배기의 경우, 전술한 배기불량에 관한 민원에서와 같은 배기구로부터의 역류현상을 방지하기 위하여 렌지후드 및 보조배기구에 연결되는 배기용 덕트에는 모터댐퍼가 설치되고 있다.
- ⑥ 입상덕트를 이용하여 일괄 배기하는 방식에서, 입상덕트의 옥상부 배기구로는 자연력(풍력 및 부력)을 이용하는 두 동력식이 채택되는 경우와 강제 배기팬이 설치되는 경우로 구분되어 진다.
- ⑦ 강제 배기팬이 설치되는 경우, 배기팬의 제어방법으로는 일반적인 on/off 방식과 주방배기운전을 동시에 실시하는 세대 수에 따라 입상덕트의 배기풍량을 조절하는 인버터 제어방식이 적용되고 있다.

기존 주방환기계획 상의 보완점

타위형 공동주택에 일반적으로 적용되고 있는 주방환기설비에 관한 현안 보완점은 다음과 같다.

- ① 환기경로를 확보하기 위하여 한쪽에서는 배기를 통한 부압을 형성시키고 다른 한쪽에서는 급기를 통한 정압을 형성시킨다는 기본적인 사고에는 비판의 여지가 없다. 하지만, 일반적인 가정에서 이루어지는 급배기풍량 만으로는 주방에서 발생하는 음식냄새확산을 방지할 수 있을

정도로 거실과 주방 간에 압력차가 발생하지 않는 것이 현장측정의 결과로 확인되었다. 거의 대부분의 공동주택에 있어서 주방과 거실의 평면계획을 보면, 각 실이 용도구분이 되어 있을 뿐 실 간에 특별한 구획이 없는 단일 공간화 되어 있는 것을 알 수 있다. 단일 공간의 실내압력은 급기와 배기 간의 풍량차에 의해서 결정되며 이렇게 형성되는 압력은 실내의 거의 대부분 지역에서 동일한 값을 가지게 된다. 물론 급기구와 배기구 근처에서는 국부적인 압력차가 발생하기도 하고 이로 인해 실내에서 다소의 기류흐름이 발생하기도 하나 이러한 기류의 흐름 또한 국부적인 것으로 후드의 포집범위를 벗어난 냄새원에 대한 확산방지에는 도움이 되지 못한다. 다시 말하면, 단일 공간 내에서는 압력차 및 실내기류의 형성정도가 미비하기 때문에, 이를 효과적으로 형성시키기 위해서는 주방과 거실 간에 구획을 설치할 필요가 있으며 구획에는 계획적인 流路형성을 위한 적당한 크기의 개구부를 마련해야 한다.

- ② Make-up공기의 급기위치 즉 음식냄새 확산에 관련한 오염범위에 대한 재인식이 필요하다. 일반적으로 에어커튼 형식의 Make-up공기가 공급되는 위치는 주방과 거실 간의 용도구획경계에 해당하는 부분이다. 이는 주방부분 전체를 오염범위로 설정하고 있다는 것이 되는데, 주방 전체에 확산된 냄새원이 거실로 이동하는 것을 막기에는 에어커튼의 성능이 너무나도 불확실



하다는 것이 현실이다. 에어컨은 원래 건물의 외주부에서 발생하는 냉기류에 의한 불쾌감을 경감시키기 위하여 사용되는 것을 원래의 목적으로 하고 있으며, 기류차단 보다는 기류를 다른 방향으로 유도하는 것이 원래의 역할이라고 할 수 있다. 즉, 현재위치에서의 에어컨 사용은 오히려 오염원을 더욱 확산시키고 주방 내부의 기류분포를 보다 복잡하게 형성시킬 수도 있다는 것을 의미한다. 에어컨형 형식의 Make-up 공기의 사용효과를 증대시키기 위해서는 가스렌지 및 배기후드 영역에 국한된 오염범위의 설정이 필요하며 에어컨에 의한 기류유도 방향은 후드의 포집범위 내에 들어갈 수 있도록 계획되어야 한다. 또한, 식사를 위한 테이블은 일반적으로 거실 측에 위치하게 되는데, 이 또한 음식냄새의 주요한 발생원인이 됨에도 불구하고 이에 대한 특별한 배기장치가 고려되어 있지 않은 것이 현황의 보완점 중에 하나로 지적될 수 있다.

- ③ 급기 및 배기 불량현상에 관련하여, 주방환기뿐만 아니라 세대환기까지를 포함하는 급배기용 기구의 설치위치 및 형상 등에 따른 외부풍의 영향정도를 보다 세밀히 검토하여 외부풍에 의한 압력변화를 최소화하기 위한 지속적인 기술개발이 필요하다.
- ④ 마지막으로 가장 중요한 보완점으로는, 고층건물 입에도 불구하고 연돌효과를 세심하게 고려하지 않고 주방환기계획을 실시하고 있으며 설비기구 등을 선정하고 있다는 점을 들 수 있다. 일반적인 현황을 살펴보면, 고층형 공동주택(주로 타워형 공동주택)에서는 층별 구분 없이 일정한 성능의 주방환기를 비롯한 각종 환기시스템이 일괄적으로 적용되어 있다. 연돌효과의 영향도가 큰 타워형 공동주택에서는 고도에 따른 내외부의 압력차 크기조건이 달라지며, 더욱이 승객용 엘리베이터 사용구분 등 수직통로의 구획조건에 따라 건물 내외의 기류흐름방향이 역전될 수 있다는 사실을 고려할 때, 층별 구분 없이 동일한 성능의 제품이 사용된다는 것은 무모한 계획이라고까지 지적할 수 있다는 점에 주의할 필요가 있다. 특히, 입상덕트형 일괄배기방식을

채택하고 있는 경우에는 연돌효과에 의한 영향은 더욱 세심하게 고려해야 할 필요가 있다.

큰 미래적 주방환기 개선방향

주방냄새 확산방지를 위한 타워형 공동주택의 최적 주방환기계획을 위해서는, 우선적으로 건물이 위치하는 지역의 기후조건 및 건물높이, 평면구조, 엘리베이터샤프트 수직구획계획 등의 건물조건 파악을 통한 건물 내외부 압력분포특성을 이해하여야 하며 이러한 압력분포특성을 고려한 설비기구 등의 선정(즉, 설비기구의 성능결정)이 필요하다. 그리고 지속적인 해결과제로 남아있는 외부풍에 의한 영향을 최소화하기 위해서는 세대 개별적인 주방환기설비 설치가 아닌 입상덕트를 이용한 일괄급배기방식의 채택이 효과적이다. 그리고 여기에 前述의 보완점에 대한 기타 개선사항을 첨가해야 할 필요가 있다.

각층 세대로부터의 주방배기가스를 옥상에 설치된 동력팬 등에 의해서 일괄적으로 처리하는 방식인 입상덕트형 배기장치에 있어서는, 주방에서 배기운전을 실시하는 세대의 수(동시사용률) 및 세대의 위치에 따라서 입상덕트 내부의 압력분포가 심하게 변동하게 된다. 이로 인하여, 세대의 위치에 따라서는 장치의 배기효율이 급감하게 되고, 특히 고층부에 위치하고 있는 세대에서는 배기가스가 실내로 역류하게 되어 심각을 민원을 야기하게 될 수 있다. 또한, 층고에 따른 세대 별 배기량이 매우 불균형하게 되며 이러한 현상은 건물의 규모 즉 층고가 높아질수록 심각해 질 수 있다. 이러한 특성에 대하여 입상덕트형 배기방식이 확보해야 할 기본적인 소요기능을 정리하면 다음과 같다.

- ① 배기운전의 가동상황에 따라 입상덕트 내부의 압력이 증가하게 되면, 입상덕트 내부의 중성대가 이동하게 되어 상기한 것과 같은 각종 문제가 발생하게 된다. 따라서 적어도 최대 동시사용률을 고려한 입상덕트 내부의 압력변동에 적절히 대응할 수 있을 정도의 입상덕트용 배기팬 용량이 확보되어야 한다. 즉, 이를 위해서는 입상덕트용 배기팬으로는 동력팬을 선정하는 것이 필수적인 항목이라 할 수 있다.
- ② 각 세대의 동시사용률 및 사용위치에 따라서 고

층부 세대에서는 배기가스가 역류하는 현상이 발생하게 되며 그 정도가 변화하게 된다. 따라서 역류현상을 방지하기 위해서는 모터댐퍼의 설치를 기본적으로 고려하여야 한다.

- ③ 입상덕트형 배기방식을 채택하고 있는 고층건물에서는 층고에 따른 세대 별 배기량이 불균형할 수밖에 없으며, 이러한 현상은 배기운전에 의해 더욱 심각해지게 된다. 이러한 배기 불균형 현상을 최소화하기 위해서는 각 세대에 풍량 조절식 모터댐퍼를 적용하여 대응할 필요가 있다. 풍량조절식 모터댐퍼를 사용하여 세대 별 배기 불균형의 정도가 작아지면 고층부의 배기가스 역류현상을 저감시키는 데에도 다소의 효과를 기대할 수 있다.
- ④ 입상덕트용 동력팬은 각 세대의 배기운전과 병행하여 가동시켜야 한다. 단, 주방배기를 동시에 가동하는 세대가 적을 경우에는 입상덕트용 배기팬 용량에 비해 세대로부터의 배기용량이 작아서 세대에서는 過 배기현상이 발생하게 된다. 過 배기현상은 결국 세대 내부 온열환경에 관련한 에너지부하를 증가시키게 되며, 입상덕트용 동력팬을 항상 최대로 가동하게 되면 운전 비용 또한 증가하게 된다. 따라서 입상덕트용 동력팬 제어방식으로는 인버터 제어방식이 효과적이라고 할 수 있다.
- ⑤ 기타, 옥상부에 설치되는 배기팬 등 배기구 부분은 有風 시에 항상 부압이 형성될 수 있는 형상으로 설계되어야 하는 점 또한 중요한 사항이라고 할 수 있다.

현재, 입상덕트를 이용한 일괄배기방식을 채택하고 있는 공동주택의 사례는 주위에서 얼마든지 찾아볼 수가 있으나, 同 방식의 일괄급기방식을 채택하고 있는 사례는 거의 없다. 하지만 전술한 바와 같이

외부풍에 의한 영향을 최소화하고 계획적인 제어를 위해서는 급기 또한 본 방식을 채택하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 개별배기의 경우와 마찬가지로 세대 별 개별급기의 경우에도 외부풍의 영향 및 연돌효과에 의해서 그리고 급기구의 수직적 위치 및 방향에 따라서 세대 별 급기효율이 크게 달라져 일정한 성능확보를 위한 제어가 어렵게 된다. 이는 곧 배기효율의 저감에도 직결될 수 있는 요인이 될 수 있다. 또한 개별급기의 경우, 외기가 직접 실내로 공급되기 때문에 실내 온열환경에 관련한 부하에 적지 않은 영향을 줄 수도 있으며, 특히 주방 존의 열적 쾌적성을 저해시킬 수도 있다. 이러한 문제점에 대해 일괄급기방식에서는 급기계통의 예열 및 예냉을 위하여 지중열을 이용할 수도 있으며 건물내부 온도 조건을 이용한 열교환을 실시하는 것도 검토 가능하다는 장점을 가지고 있다. 일괄배기방식과는 반대로 일괄급기방식에 있어서는 급기구 부분에 외부풍에 의한 부압을 최소화하는 검토가 필요하다는 것에 주의가 필요하다. 입상덕트를 이용한 일괄급기방식의 계획 시에 고려해야 될 연돌효과 관련 특성은 일괄배기방식에 준하여 실시하면 된다. 마지막으로, 일괄방식에 비하여 개별방식에서는 세대 별 효율차이를 조정하여 일정한 성능을 발휘하도록 하는 것이 상당히 어려운 일이라는 것을 다시 한번 강조하고 싶다. 일단 적용이 쉽다는 이유로 이러한 점을 방관해서는 안 된다.

결론적으로, 타워형 공동주택에 있어서 주방의 음식냄새확산을 저감시키는 가장 효과적인 방법은 배기효율을 최대한 향상시키는 것이며, 배기효율 향상을 위한 최적의 환기계획을 위해서는 적합한 환기방식의 선정과 동시에 연돌효과에 의한 압력 분포특성을 반드시 고려해야 한다는 것을 당부하고 싶다. ●