

패시브하우스(Passive house) 환기시스템 특성 및 현장 적용방안

연 준 한 (y-3161@hana.co.kr) / 한라건설(주) 기전부

진 형 재 (jhj82@hana.co.kr) / 한라건설(주) 기전부

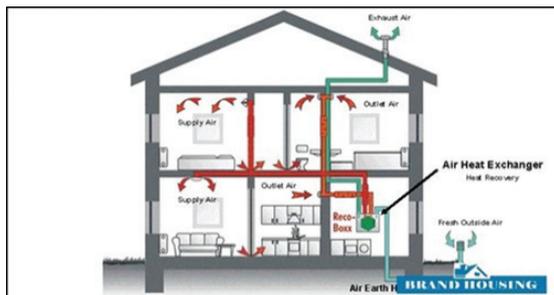
조 종 선 (jscho65@hanmail.net) / 한라건설(주) 기전부

서론

최근 패시브하우스 건물이 국내에 증가하면서 많은 관심을 받고 있다. 패시브하우스 기본원리는 단열 및 기밀이 아주 우수한 하우스다. 이와 같이 고단열, 고기밀 하우스이기 때문에 패시브하우스에서의 공조시스템은 상당히 중요하다. 그 이유는 일반건물과는 달리 내외부가 완전히 밀폐되어 있어 건물 자체에 통풍이 차단됨에 따라 내부에 오염된 공기를 배출할 수 없기 때문이다.

패시브하우스의 환기장치는 전외기 방식을 사용한다. 그 이유는 100%로 오염된 공기를 버리고 100%로 신선한 공기를 제공하는데 목적이 있고 이러한 시스템을 통해 패시브하우스 공기의 질을 향상시킴과 동시에 내부의 재실자에게 쾌적감을 제공해준다.

지금 한라건설에서 충북 괴산에 동양 최대의 규모의 패시브하우스를 짓고 있다. 이곳 000 패시브하우스 현장에 적용된 환기시스템 원리를 분석하고 시공방법 등을 통해 패시브하우스의 환기시스템에 대하여 알아보도록 하겠다.



[그림 1] 공기흐름환기

환기의 개념과 설계기준

패시브하우스 환기개념

패시브하우스 환기방법은 우리나라 방식과 약간 다르다. 우리나라는 각 실에 급기배기가 함께 존재한다. 하지만 패시브하우스는 주거공간인 방에만 급기가 있고, 비주거공간인 주방, 화장실, 창고 등에 배기가 있다. 즉 거주자가 많이 머무르는 실에 급기를 통해 신선한 공기가 제공되며 이 공기는 복도 혹은 통로를 통하여 비주거공간의 배기 디퓨저를 통해 밖으로 배출된다. 즉 공기의 흐름을 통해 전체공간을 환기시키는 방식이 패시브하우스 환기시스템의 특징이다(그림 1 참조).

(표 1) 환기량 및 소음 선정기준

No	항목	구분
1	환기량 선정기준	*급기: 30 m ³ /h/person *배기: ①Kitchen: 60 m ³ /h ②Bathrooms 40 m ³ /h ③WC, Storage 20 m ³ /h
2	패시브하우스 소음기준	*생활공간 : 25 dB *주방, 복도 : 30 dB *Utility room : 35 dB

환기량 선정 및 소음기준

패시브하우스에서는 매시간 공급되어야 하는 신선한 공기(외기)의 양을 약 30 m³/인으로 보고 있다. 이 수치는 각 실의 급기량을 말하는 것이 아닌 전체공간에서의 급기량을 말하는 수치이다. 또한, 배기량의 수치는 부엌, 화장실, 창고, 유틸리티 룸 등에 따라 다르며 그 수치는 표 1과 같다. 그리고 이렇게 선정된 환기량의 최소 환기회수는 0.3 회 이상을 충족시켜야 한다. 하지만 환기량을 과하게 산정(0.5회 이상)하면 겨울철 난방비용은 물론 실내의 상대습도가 낮아져 건조해질 수 있다.

패시브하우스의 소음기준은 상당히 엄격하다. 그 이유는 외단열 및 기밀시공으로 인한 외부 소음과 완벽히 차단됐기 때문이다. 이런 외부와의 소음차단이 잘되어 있기 때문에 실내에서 발생하는 소음은 일반주택과는 달리 재실자에게 더 민감하게 전달될 수 있다. 이로 인해 패시브하우스 소음기준은 상당히 엄격하다(표 1 참조).

(표 2) 000현장 패시브인증 환기장치 제원

No	항목	기준	풀무원현장
1	효율	75%로 이상	87%
2	전기소비량	0.45 Wh/m ³ 이하	0.43 Wh/m ³
3	누기율	3%미만	2.3%
4	필터	outdoor air: F7 extract air: G4	outdoor air: F7 extract air: F6

환기(폐열회수)장치기준

환기장치 역할

패시브하우스에서 환기장치는 전외기 방식으로 보통 3시간에 한 번씩 전체를 신선한 공기로 교체해준다. 이는 시간당 약 0.3~0.4회 환기에 해당하는 기본환기이다. 또한, 환기장치는 일정한 공기의 질을 확보하고 습기로 인한 하자를 줄여 줄 뿐만 아니라, 환경유해요소를 지속적으로 외부로 배출하여 주거공간 공기의 질적 유지를 위해 없어서는 안 되는 필수장치이다. 마찬가지로 패시브하우스에서 환기장치의 폐열회수장치 역시 난방에너지 소모 15 kWh/m²a(1.5리터 하우스)를 만족시키기 위해 반드시 있어야 한다. 에너지 절약뿐만 아니라 현대 생활방식에 적합하게 위생상으로도 반드시 필요한 장치이다.

환기장치 패시브인증 기준

환기장치 선정에서는 적은 전기를 이용해 최대한의 효율로 운전할 수 있어야 한다. 이에 따라 독일 패시브하우스 연구소 PHI사에서 말하는 환기장치는 전기 에너지(급기풍량)를 0.45 Wh/m³를 넘지 말아야 하며, 현열교환기의 열효율은 75% 이상 만족시켜야 한다. 또한, 환기장치의 기밀도는 정상적으로 가동 시 누기율 3%내로 들



[그림 2] 000현장 환기장치 패시브인증서

어와야하고, 환기장치의 실외공기 및 추출에 들어가는 필터도 각각 F7, G4이상인 제품을 사용하도록 규정하고있다. 이러한 기준이 모두 충족되면 PHI사에서 환기장치 패시브 인증서를 발급해준다(그림 2, 표 2 참조).

패시브하우스 기술요소의 적용방안

덕트 시공

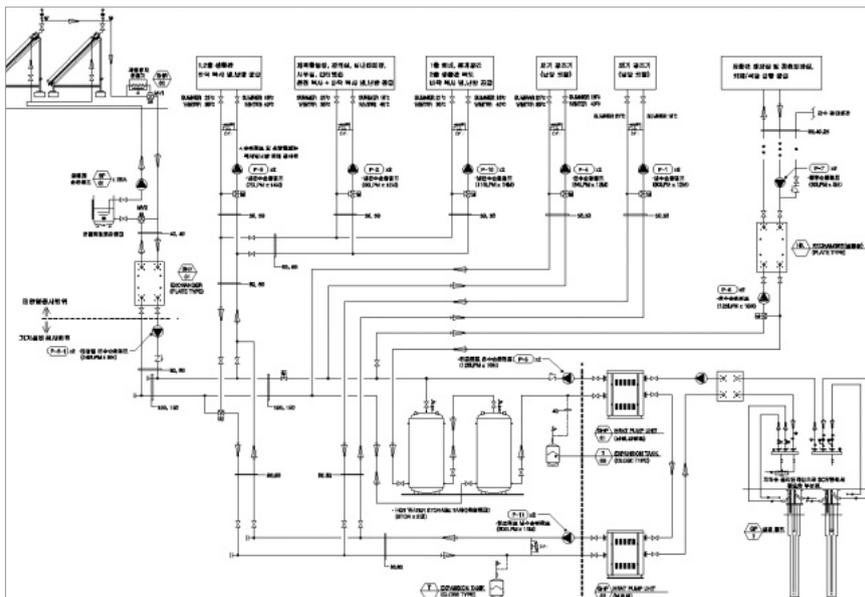
현재 000 현장에 시공 중인 패시브하우스의 덕트재료는 우레탄 알루미늄 피복덕트를 이용하여 시공하고 있다. 그 이유는 덕트에서 발생하는 누기율 때문이다. 알루미늄 피복덕트가 일반 합석덕트보다 누기율이 적으며, 실제로 현장에서 누기 테스트시 2% 미만의 결과값이 나왔다. 이 결과값은 상당히 중요하다. 왜냐하면, 차후 준공시 환기 T.A.B보고서를 PHI사에 제출하는데 이때 환기밸런스(외부루바를 통해 들어는 풍량과 디퓨저를 통해 실내에 공급되는 풍량)가 10% 내외로 나와야 패시브인증 받을 수 있기 때문이다.

또한, 누기율이 적어야 원치 않는 공간에 냉난방을 하지 않기 때문에 에너지절약 차원에서도 상당히 큰 비중을 차지한다.

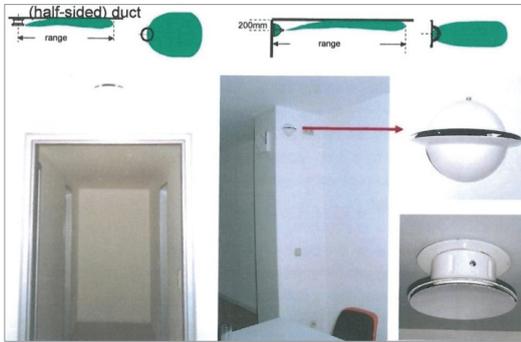
소음기 시공

패시브하우스의 소음기 설치는 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째로 환기장치 내 팬소음이 덕트로 통해 각 실로 전달되기 때문에 환기장치 후단 메인덕트에 소음기를 설치한다. 두 번째로는 각 실에 연결되는 가지덕트에 설치한다. 그 이유는 각각의 실에서 덕트를 통해 전달되는 생활소음을 차단하기 위함이다.

000 패시브하우스 현장에서는 별도의 지하 기계실에 환기장치(공조기)가 설치된다. 이렇게 기계실에 설치된 환기장치의 소음을 없애기 위해 공조기 팬을 통해 흘러나오는 소음은 메인덕트에 소음기를 사용함으로써 제거하였고, 또한 기계실로부터 덕트를 통해 실로 전달되는 소음을 완전히 차단하고자 각각 분기 메인덕트에도 소음기를 설치하여 패시브 소음기준을 만족시켰다.



[그림 3] 000현장 열원흐름도



[그림 4] 디퓨저 적용사례

환기장치의 역할 및 열원

OOO 현장은 천장 및 바닥코일을 이용해 복사냉난방을 하고 환기장치는 일부 냉난방을 보조해주는 역할과 제습하는 목적으로 사용된다. 그 이유는 복사냉난방은 현열부하만 담당하고 잠열부하를 처리할 수 없기 때문이다. 따라서 OOO 현장에 설치된 환기장치는 환기역할뿐만 아니라 동시에 냉난방 및 제습 역할을 한다.

냉난방 및 제습을 위해서 열원이 필요하다. OOO 현장에서는 자연에너지인 지열 및 태양열을 이용했다(그림 3 참조). 난방은 태양열을 이용하여 남는 열을 성층구조의 저장탱크에 보관했다가 필요시 사용한다. 또한, 날씨가 흐려 햇볕이 좋지 않을 때는 지열 히트펌프를 이용해 보충해주는 방식이다. 냉방은 지열 히트펌프를 사용하였고 부족한 부하에 대해서는 직팽식 코일로 보충하였다.

디퓨저 종류 및 시공

패시브하우스 환기덕트설계의 기본은 원칙적으로 가능한 한 짧게 덕트를 시공하는 것이다. 그 이유는 덕트가 길어지면 열 손실이 발생할 수 있고, 자재 및 시공비도 같이 늘어나기 때문이다. 따라서 OOO 현장은 제트디퓨저(공기가 아래로 나오는 것이 아니라, 좁은 틈을 통해 옆으로 뿜어져 나오는 디퓨저, 그림 4 참조)를 방 입구에 설치

하여 천장을 타고 실 전체로 흘러가도록 시공하였다. 또한, 패시브하우스는 주방에 레인지후드가 설치되지 않는다. 그 이유는 공조방식이 전외기 방식이기 때문이며, 또한, 레인지후드 설치 시 외부와 연결된 덕트에서 발생하는 열교(thermal bridge)현상 때문이다. 이 때문에 주방에 설치되는 배기디퓨저는 기름때를 걸러줄 수 있는 필터 내장형 디퓨저를 사용하였으며 필터 또한 씻을 수 있는 구조로 시공하였다.

Transferred Air Zone

앞서 언급했듯이 패시브하우스의 환기컨셉은 cross ventilation (공기흐름환기) 이다. 즉, 신선한 공기가 급기를 통해 통로를 거쳐 배기를 통해 밖으로 나가는 것이다. 여기서 Transferred air란 통로 혹은 복도처럼 공기가 중간에 걸쳐 흘러가는 부분을 말하며 이때 해당 지역을 transferred air zone이라 부른다. OOO 현장에서는 문과 문틀 하부에 일정한 간격(높이 15~20 mm)을 주어 공기가 원활하게 흐를 수 있도록 하였다. 또한, 방화구역에서는 문틈을 벌려놓을 수 없기 때문에 벽에 그릴을 설치하고 그릴 후단에 fire damper를 시공하여 방화구획 설정과 동시에 공기가 원활히 흐를 수 있는 구조로 시공하였다.

정풍량 댐퍼

패시브하우스에서 각 실에 전달되는 풍량은 매우 정확해야 한다. 왜냐하면, Transferred air zone을 통해 우리가 계획했던 방향으로 공기가 원활하게 흐를 수 있도록 하기 위해서다. OOO 현장 패시브하우스에는 각 실의 급기뿐만 아니라 배기에도 정풍량댐퍼를 적용하여 공기 흐름의 완성도를 높였다. 패시브하우스 건축물은 준공 후 패시브인증 요청서류 제출 시에 환기 TAB 보고서를 제출한다. 이 또한 설계된 풍량이 적절한 공간을 통하여 전체공간을 환기시킬 수 있는지 확

인하는 문서로서, Cross ventilation system의 정확도를 확인하는 척도가 된다.

결론

현장에서 패시브하우스의 기술요소를 적용할 때 환기시스템 관련 설비를 시공하는 과정에 상당한 시행착오를 겪을 수 있다. 그 이유는 우리나라에는 현재 패시브하우스 기술요소의 보급이 미미한 실정이고, 기술요소 보급이 부족하기 때문에 설계 및 시공 적용기술 또한 불안정할 수밖에 없다. 근래에 대규모 건축물은 아니지만, 소형 프로젝트로 대상으로 저에너지소비형 건축물을 추진하면서 패시브하우스 기술요소가 도입되고 그 성능이 가시화되고 있는 시점이다. 또한, 정부의 그린정책에 따라 2025년까지 제로에너지하우스를 목표로 추진하고 있다. 때문에 향후 우리나라

에 주거건물뿐만 아니라 비주거 건물에도 패시브하우스의 다양한 기술요소들이 많이 도입이 될 것이라고 예견된다. 위에서 언급한 내용을 염두에 두고 패시브하우스의 원리를 잘 이해하여 시공에 적용한다면, 패시브하우스의 환기시스템뿐만 아니라 패시브하우스 전체를 좀 더 쉽고 완벽하게 완성시킬 수 있을 거라 생각된다.

참고문헌

1. Training course for certified Passive House Designer, KPHI
2. Wolfgang Feist, Passive House Planning Package, PHI, 2007
3. 홍도영, 패시브하우스 설계&시공 디테일, 주식회사 주택문화사 