

# 고효율 패시브하우스 구현의 필요성



글 | 윤용상 | 한국건설기술연구원 건축계획 · 환경연구실 선임연구원 || 전화 : 031-910-0286 || E-mail : ysyoon@kict.re.kr

1990년대 들어 화석연료의 연소에 의한 이산화탄소 배출 등이 지구온난화의 주요 원인으로 밝혀짐에 따라 국제적으로 온실가스 배출 저감을 위한 노력이 급격히 확산되고 있다. 1992년 리우에서 개최된 유엔 환경개발 회의에서 온실가스의 대기 중 농도를 안정화시키는 것을 목적으로 기후변화협약(UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change)이 채택되었으며, 각국은 온실가스 배출저감을 위한 국제적인 공동노력에 적극적으로 동참하여야 한다.

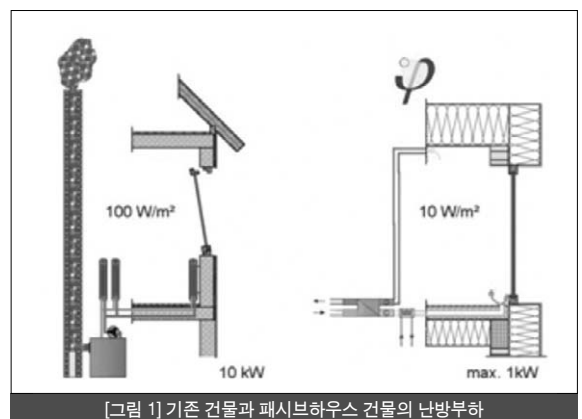
이에 유럽연합은 건물부문의 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해 2002년 건물에너지 절약규범인 EPBD(Energy Performance of Buildings Directive)를 제정하고 회원국들로 하여금 건물의 에너지 효율을 총체적으로 평가할 수 있는 법적근거를 마련하도록 규정하고 있다.

이후 유럽 선진국들은 총 에너지 사용량의 40%에 달하는 건물부문의 에너지소비 저감과 현실로 다가온 지구 온난화 방지 및 온실가스 배출 저감을 위해 기존에 건축물 에너지절약기준과 별도 시스템으로 운영되던 건물 에너지효율등급 인증제도를 강화하는 취지에서 두 시스템을 상호 연계시킴으로서 건물의 성능표시를 자발적 권장제도에서 의무적 규정의 성격으로 전환하고 있다. 그리고 보다 실질적인 에너지절약 목표 달성을 위해 2013년부터 패시브하우스 성능수준의 건물을 의무화하겠다는 계획이다.

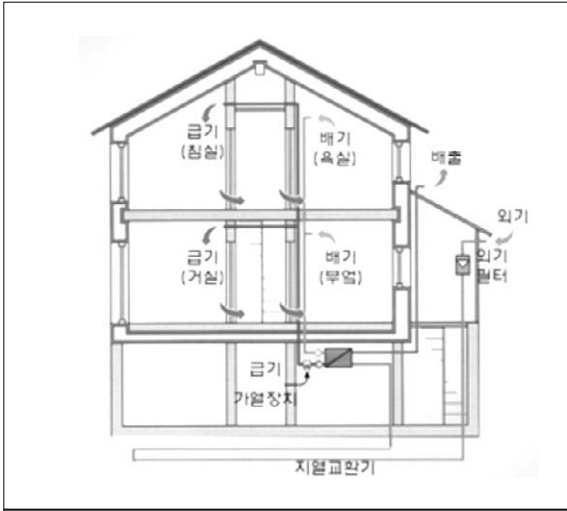
패시브하우스는 난방을 하지 않아도 될 정도로 에너지성능이 매우 뛰어난 건물이다. 일반적으로 중부유럽국가의 패시브하우스에 대한 난방에너지요구량은  $15\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$  이하이다. 여기서 난방에너지요구량은 실내 온도를  $20^\circ\text{C}$ 로 유지하는 데 필요한 에너지를 의미한다. 중부유럽에서 패시브하우스에 요구되는 성능은 다음과 같으며, 이러한 요구치는 국내 기후대에서도 유사하게 적용될 수 있다.

- 외벽체 열관류율  $U \leq 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 창문 열관류율  $U \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 에너지투과율  $g \geq 0.5$
- 실내 · 외 공기 압력차는 50Pa에서 0.6회 이하(DIN EN 13823에 따른 압력실험)
- 열교가 생기지 않도록 시공
- 효율 75% 이상의 폐열회수 환기장치 설치. 장치의 전력소비는  $0.45 \text{ Wh/m}^3$  이하여야 함
- 고효율 가전제품 사용

여기서 언급하는 개별요소들의 단순 조합은 패시브하우스 실현을 위한 필요한 조건은 될 수 있으나 충분한 조건은 아니다. 패시브하우스는 궁극적으로 난방에너지요구량  $Q_H \leq 15\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$ , 난방과 온수에 대한 1차에너지소요량  $Q_{H+W,P} \leq 40\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$ , 전체 1차에너지소요량  $Q_p \leq 120\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$ 를 달성할 때 실제로 구현되었다고 판단될 수 있다.



[그림 1] 기존 건물과 패시브하우스 건물의 난방부하



[그림 2] 패시브하우스 개념도

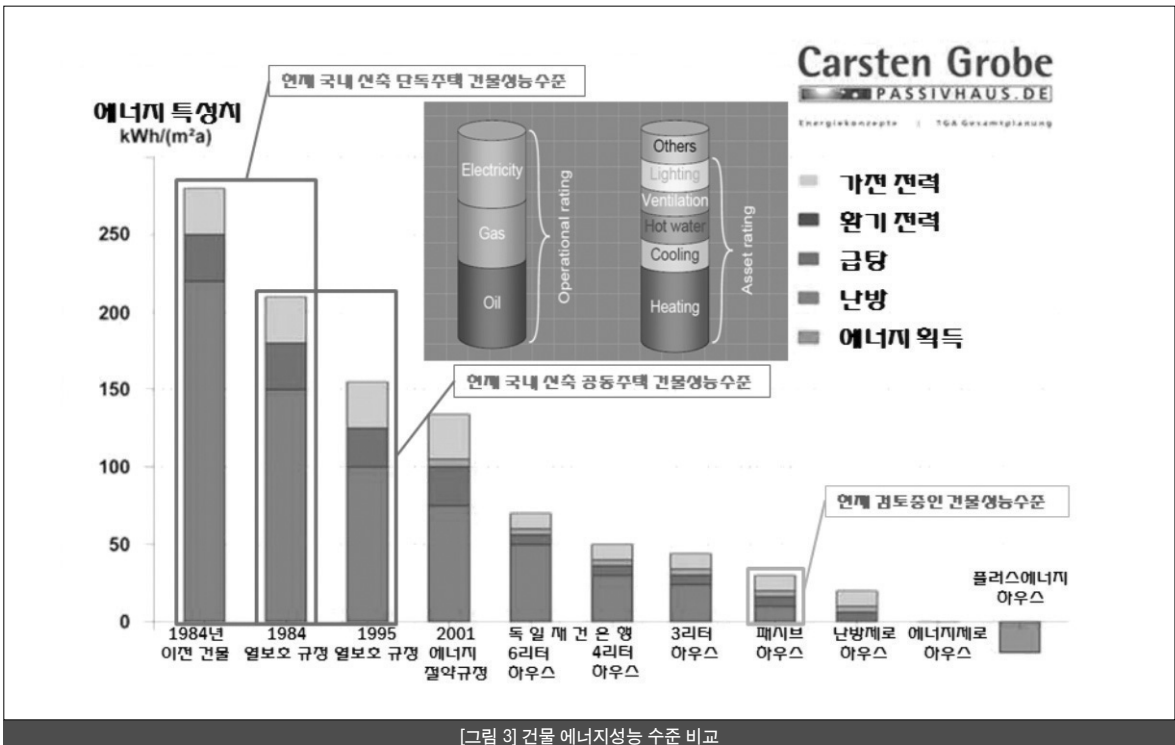
패시브하우스는 실내·외 공기 압력차가 50Pa에서 환기가 0.6회 이하일 정도로 기밀한 성능이 요구되므로, 쾌적한 실내공기질을 유지하기 위해 폐열회수 환기장치를 별도로 설치할 필요가 있다. 물론 이용자는 창호의 개폐를 통해 자유롭게 신선한 공기를 조절할 수 있지만, 기계환기의 도입으로 위생학적으로 요구되는 최소

한의 환기량 확보가 가능하다.

이는 일반적인 건물의 창호개폐와 기계환기의 병행으로 비용이 추가적으로 발생할 수 있다는 점을 염두에 두어야 한다. 참고로 유럽의 패시브하우스 사례연구에 따르면 소수의 이용자들만이 창문환기를 하고 있으며 대부분 기계환기를 하고 있다고 밝히고 있다.

패시브하우스는 최소한의 성능을 보장하는 건물이므로 하자에 대한 책임소재가 명확해질 필요가 있다. 따라서 패시브하우스는 건물 방위, 주변 건물의 위치와 높이, 나무와 건물과의 거리 등에 대한 검토가 꼭 필요하다. 또한 건축설계도면을 바탕으로 각 실의 면적, 외피 면적, 창호 면적, 열교의 유무 등을 검토하며, 기계설비도면에서 난방, 환기, 온수배관, 열 생산, 축열, 배관단열, 통풍배관, 지열교환기의 유무 등을 살펴야 한다.

특히 열흐름이 발생하는 모든 이음부에 대해 상세도면을 바탕으로 열교발생유무를 꼼꼼히 체크하고, 창문의 시공 상태나 발코니의 접합방식에 대해 주시하여야 한다. 창문은 제품의 형태, 열관류율, 에너지투과율, 단열간봉의 종류, 유리과 유리사이의 중공층 가스의 종류, 유리의 두께, 중공층의 간격 등에 대해 파악되어야 하며, 지중열교환기가 설계된 경우 길이, 설치깊이와 종류, 토질, 열전도 재료와 크기, 보장된 열량 등에 대한 증명서가 첨부되어야 한다.



[그림 3] 건물 에너지성능 수준 비교

폐열회수 환기장치는 급·배기관의 길이, 단열상태에 대한 자료가 요구되며, 고효율 가전제품의 도입에 따른 에너지절약 콘셉트도 신중하게 검토되어야 한다. 패시브하우스 성능을 보장하기 위해 적외선 카메라를 사용하여 열교차단유무를 증명하고, 난방공간에 한해 Blower Door Test를 실시하여 환기횟수를 측정하도록 규정하고 있다.

시공책임자는 부득이하게 설계도면과 다른 실행사항이 발생하면, 반드시 사전에 사용된 제품 또는 시공방법에 대해 설명하여야 하며, 그에 상응하는 검증이 이루어져야 한다. 그리고 시공된 주택에 대해 건설과정은 사진을 통해 기록되어야 한다. 시공과정에서 예기치 못한 수정 또는 품질 향상에 대한 의견이 발생할 수 있으므로 이미 설계단계에서 도면에 대한 철저한 검토가 필요하다. 패시브하우스 건축 경험이 없다면 미리 전문가의 상담을 받고, 그 후 건설과정 중에도 궁금한 사항에 대해 지속적으로 상담을 받아야 한다.

패시브하우스 설계에서 첫 단계는 열흐름이 발생하는 외피를 명확히 정하는 것인데, 이는 다음 단계에서 발생하는 모든 열흐름 및 에너지계산결과에 영향을 미치기 때문이다. 외피는 따뜻한 털가죽처럼 빈틈없이 건물을 감싸야 하며, 동시에 공기가 통하지 않게 기밀한 면을 이루어 실내의 따뜻한 부분을 밖의 찬 부분으로부터 완전히 차단하고 찬 공기가 안으로 들어가는 것을 막아야 한다.

그러나 건물을 완벽하게 단열재로 감싼다는 것이 결코 쉬운 일은 아니다. 예로, 공동주택에서 난방을 하지 않는 지하층과 계단실이 연결되면 열교를 차단하기란 사실상 불가능해 보인다. 계단실은 열교손실 외에 전도, 복사, 대류에 의한 열손실이 발생한다. 또한 난방을 하지 않은 계단실을 비록 단열재로 감싼다고 하더라도 최

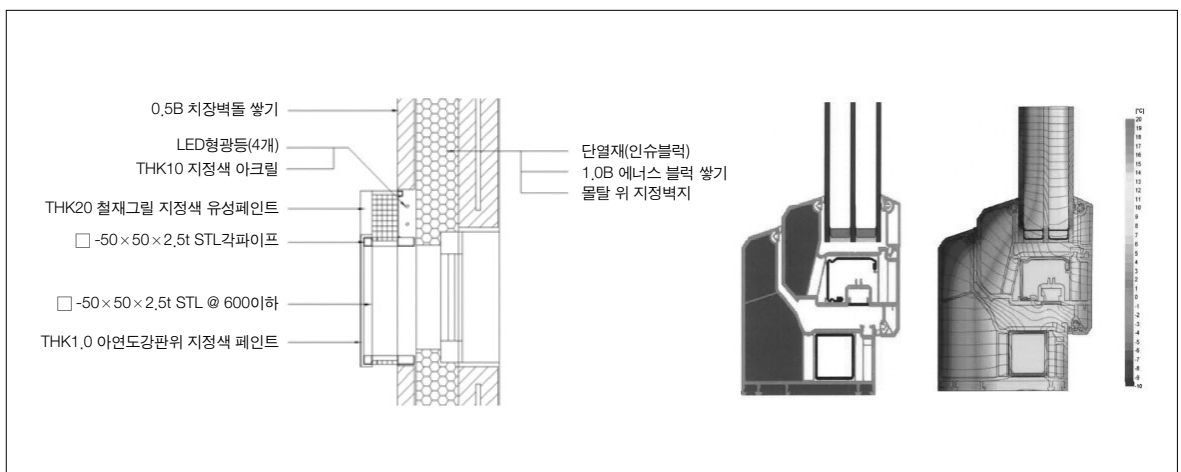
상층이나 외기와 접하는 부위의 틈새 그리고 지하실 중결부의 기밀성능은 연돌효과에 영향을 미치며, 따라서 계단실과 접하는 난방공간의 열흐름에 막대한 영향을 미치게 되므로 계단실과 통하는 옥상문, 출입문 그리고 지하실문이 기밀하게 시공될 수 있도록 특별히 주의를 기울여야 한다.

외단열은 내단열에 비해 열교차단이 비교적 쉬우므로 열손실을 최소화할 수 있다. 패시브하우스는 외단열을 원칙으로 한다. 그럼에도 패시브하우스에서 열교에 의한 열손실은 결코 무시될 수 없는 데, 이는 열에너지 성능이 매우 뛰어나 상대적으로 자그마한 열손실도 패시브하우스에 미치는 영향이 매우 크기 때문이다.

특히 지면과 접하는 부위에서의 열교는 피하기가 매우 어려우며, 땅을 통해서 열이 흐르므로 공기와 접한 열교와는 다르게 다루어져야 된다. 구조적 열교는 에너지절약 차원에서 뿐만 아니라 쾌적한 주거 환경 창출 그리고 건물의 보호 측면에서도 반드시 피하도록 하며, 부득이한 경우 미치는 영향을 가능한 최소화하여야 한다. 부재와 부재가 만나는 접합부를 외부에서 단열재로 기밀하게 감싸 열교손실계수  $\psi \leq 0.01$  W/mK이면 접합부에 결로가 발생하지 않는다.

창문의 성능은 패시브하우스에서 매우 중요하다. 최근 3중 Low-E 유리 또는 4중 Low-E 유리, 단열간봉 그리고 아르곤 또는 크립톤과 같은 고급가스를 충전한 고단열 유리와 창틀의 열관류율이 0.8 W/m<sup>2</sup>K 이하인 고효율 창호의 공급으로 쾌적한 실내공간을 창출하기가 한결 수월해지고 있다.

이 값은 한겨울에 창가에 냉기류가 형성되지 않을 뿐만 아니라 남향의 경우 열손실보다 열획득이 큰 값을 갖는 고성능 창호를 의미



[그림 4] 패시브하우스 벽체단면 디테일 및 삼중유리 창호 등온곡선도

한다. 패시브하우스에서 창문의 설치위치가 열손실에 미치는 영향은 매우 크다. 창문은 구조체 위가 아닌 단열재 위에 설치되어야 열교가 온전하게 차단된다.

환기장치를 통해 실내에서 실외로 빠져나가는 열기의 대부분이 회수되더라도 팬 동력의 소비가 발생하므로 경제적인 가동방법을 반드시 고려하도록 한다. 팬은 최대 공기량보다는 빈도수가 많은 공기량에 따라 조절되어야 한다. 또한 급기량과 배기량의 균형이 잡힐 때까지 반복과정을 통해 풍량을 조절하여야 한다.

균형 잡힌 급배기를 위해서 배관의 기밀성능 역시 결코 간과되지 않도록 한다. 급기구와 배기구의 적합한 크기 선정에 의해 최대 1Pa의 압력손실까지 감소시킬 수 있다. 외기에 노출되는 배관부위가 있으면 배관표면에 결로가 발생하지 않도록 주의한다. 습도가 높은 상태에서 가동되는 경우 필터의 위생 상태를 철저히 관리하여야 한다.

현재 국내에서 설계되는 단독주택의 난방에너지요구량은 150~200 kWh/m<sup>2</sup>·yr, 공동주택은 100~150 kWh/m<sup>2</sup>·yr 수준으로, 난방유 1리터의 열량이 약 10 kWh 이므로, 난방유로 환산하면 단독주택은 대략 15~20 liter/m<sup>2</sup>·yr, 공동주택은 대략 10~15 liter/m<sup>2</sup>·yr 정도 소비하는 것으로 파악된다. 이는 유럽 선진국이 2013년부터 계획하는 1.5 liter/m<sup>2</sup>·yr에 비하면 매우 높은 수치이다. 패시브하우스는 비록 초기 투자비용이 상승하지만, 운전비용이 줄어 8년 내 · 외에 투자비용이 회수될 것으로 판단된다.

단, 외피면적 대비 창호면적의 비율이 너무 크면 경제성이 떨어진다. 창호면적비율은 40% 이하가 되도록 하되, 가능하면 30% 정도를 추천한다. 국내의 경우 디자인부분에서 패시브하우스에 대한 연구가 아직 미비하므로 설계 및 디테일 연구가 필요하며, 시공부분에서도 패시브하우스 건설에 대한 연구가 필요하다.

단열재의 두께 상승과 창호부위 시공위치가 기존 구조체 위에서 단열재 위로 이동함으로써 이에 대한 제품 및 시공기술의 개발이 필요하다. 또한 패시브하우스에서는 열교를 없애기 위해 내단열이 아닌 외단열 시스템이 적용되므로 이에 대한 기술 역시 필요하다.

국내는 건축법 제59조 및 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조, 제22조의 규정에서 에너지절약설계기준, 에너지절약계획서 작성기준 및 단열재의 두께기준을 정하고 있다. 그리고 일정규모 이상의 건물에 한하여 건축물에너지절약계획서를 제출하도록 하고 있으며, 에너지성능지표서(EPI : Energy Performance Index)에서 정하는 점수 이상의 건축물을 허가하고 있다.

EPI는 에너지성능을 비교적 손쉽게 평가할 수 있다는 장점을 갖는

반면, 패시브하우스에서 요구되는 것처럼 에너지요구량 및 소요량을 정량적으로 평가하는데 한계가 있다. 독일은 단위면적당 연간 허용되는 에너지요구량 및 소요량을 기준으로 신축건물을 인 · 허가함으로써 에너지사용량을 정량적으로 규제하여 누구나 건물의 성능을 쉽게 판단할 수 있도록 하고 있다.

예로, 패시브하우스는 난방에너지를 연간 1.5liter/m<sup>2</sup> 이하로 사용하는 건물로 이해될 수 있다. 따라서 우리나라도 건물의 에너지성능 향상 및 고효율 건축물에 대한 소비자의 동기유발을 위해 누구나 쉽게 건물의 성능을 정량적으로 판단할 수 있는 평가제도의 도입이 필요하다.

우리나라를 포함한 개발도상국에 대해 기후변화협약 이행 동참에 대한 국제사회의 압력이 점차 가시화됨으로서 이산화탄소 저감이 국가적 과제로 급부상하고 있으나 오히려 우리나라는 생활수준의 향상으로 건물부문의 에너지소비가 지속적으로 증가하고 있다. 현 정부에서 활동하고 있는 녹색성장위원회는 2009년 11월에 개최된 제6차 회의에서 녹색도시 · 건축물 활성화방안으로 국가 온실가스 배출의 25%를 차지하고 있는 건축물 부문에서 온실가스를 2020년까지 배출전망치 대비 31% 감축하기로 결정하였다.

이를 위해 신규 건축물의 에너지성능 기준을 강화하여 주택은 2012년부터 냉 · 난방의 50%를 절감하도록 하고 2017년부터 패시브하우스(Passive House) 수준(에너지성능 60% 이상 개선), 2025년부터 제로에너지하우스 수준(외부에서 유입되는 에너지가 없는 수준)으로 짓도록 할 계획이다. 그리고 2012년부터 건축물 매매 · 임대시 에너지소비증명서를 첨부하도록 의무화한다는 방침이다.

이처럼 저탄소 녹색시대를 맞이하여 국내외 여건이 급격히 변하고 있는 시점에서 기존 건물 대비 난방에너지를 90% 이상 절감하면서 동시에 쾌적한 실내환경을 창출하는 패시브하우스 기술 도입에 대해 신중하게 그러나 신속하게 검토되어야 할 것으로 판단된다. **SS**