

3L House의 설계, 시공 및 평가

박 선 효, 박 용 승, 원 종 서

대림산업(주) 기술연구소

The Technology Applied 3 Liter House, Super Energy Saving Building

Sun-Hyo Park[†], Yong-Seung Park, Jong-Seo Won

ABSTRACT: This research is on the design and introducing of integrated thermal performance of super energy saving building, called 3Liter house which can be sustained with 3 liter oil(kerosene) per yr.m². 3 liter houses(Passive houses) offer extended living comfort with only 15 to 20% of the space heating demand of conventional new building. To achieve this purpose, the efficiency of building components is improved, such as walls, windows or ventilation system and the construction technology is improved, such as the prevention of thermal bridge and the air tightness. The fuel cell is used as alternative energy.

Energy consumption of 3L house is 2.08 [liter/yr.m²] in monitoring result of 2006/2/1~2/7 and ACH50 is 0.67 in result of Blow Door Test, therefore 3L House is well-insulated and well-airtighted house.

Key words: 3리터 하우스(3 liter house), 에너지 절약(Energy saving), 연료전지(Fuel cell)

1. 연구배경 및 목적

최근 국제적으로 신흥 공업국의 경제 발전으로 석유 자원 확보가 중요한 과제로 떠오른 상황이다. 그에 따라 석유 공급에 비해 수요가 증가하고 있다. 뿐만 아니라 석유 매장량의 한계가 있음에 따라 유가는 지속적으로 오르고 있다. 따라서 에너지절약과 석유 에너지를 대체할 신재생에너지 자원을 확보하는 것은 매우 중요하다.

또한 교토의정서 발효(2005. 2. 16.), 건물 에너지효율등급 인증제도 시행(2001), 건축물 에너지절약 설계기준의 강화(2001), 신재생에너지개발 이용 보급촉진법(2004.12) 등 에너지문

상황이다.

에너지관리공단 자료에 의하면 우리나라는 국가 에너지의 24%가 건물에너지로 사용되고 있으며, 이 중 18%가 주거건물 분야에서 소비되고 있다. 특히, 난방 및 급탕 분야의 비중이 80%를 상회하고 있다. 그로 인해 건물에서의 에너지 사용이 환경오염에 영향을 미치고, 온실가스 방출을 증가시키고 있다. 따라서 건물 내 재실자의 건강과 쾌적성을 확보함과 동시에 에너지절약을 할 수 있는 기술의 개발 및 적용이 필요한 시점이다.

거주자의 가장 큰 요구 중에 하나는 비용이 적게 드는 에너지 효율적인 건물을 원하고 있으며, 이러한 에너지 효율적인 건물을 설계하기 위한 방안으로는 태양열, 자연환기 등의 자연에너지를 활용하는 방안, 에너지 성능을 향상시키기 위한 외피단열강화, 건축설비 및 설비제어의 방안 등이 있다.

[†]Corresponding author

Tel.: +82-2-2011-8296; fax: +82-2-2011-8068

E-mail address: psh@daelim.co.kr

제 해결을 위한 사회적인 요구가 증가하고 있는

이 연구에서는 건물 에너지절약 기술의 개발 및 적용을 통해 건축한 초에너지절약형 건물인 3L House와 주요적용기술을 소개하고, 측정 결과를 제시하고자 한다.

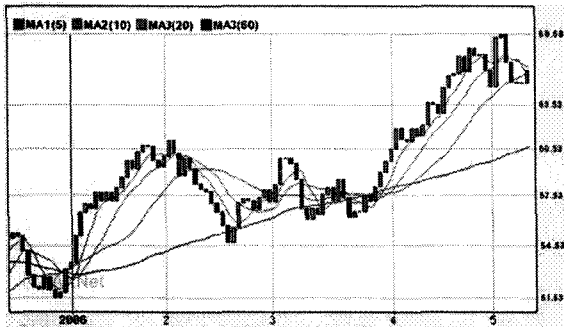


Fig 1. Oil Price (Dubai)

2. 3L House 개요

3리터 하우스는 패시브 하우스의 개념 내에서 에너지소비량의 목표를 구체적으로 3리터/m².a로 규정한 것이다(독일에서는 현재 1리터 하우스까지 구현된 상태).

3L 하우스(패시브 하우스)라는 용어는 다양한 기술, 설계와 재료를 이용하는 시공표준으로 간주되며, 기본적으로 저에너지건축(low energy house)을 기본모델로 고안된 것이다.

3L 하우스(패시브 하우스)는 통상적인 냉난방장치 없이 겨울과 여름철에 쾌적한 실내기후를 창출한다. 이를 허용하기위해서 건물의 난방부하가 10W/m²를 초과해서는 안되며, 이 적은 난방부하는 대략 평균 난방에너지로 15 kWh/yr.m² 정도이다.

따라서, 3L 하우스(패시브 하우스)는 일반적인 건물(주택)보다 약 80%정도의 에너지를 절약할 수 있다.

Table 1은 3L House의 건축개요를 나타낸다.

Fig 2는 거주수준별 에너지소비량을 비교한 자료이며, Fig 3은 3L House의 개념도를 나타낸다.

Fig 4는 3L House의 조감도이다.

Purpose	energy requirement $\leq 3L/yr.m^2$
Location	Yongin, Gyeonggi-Do
Gross Area	132m ²

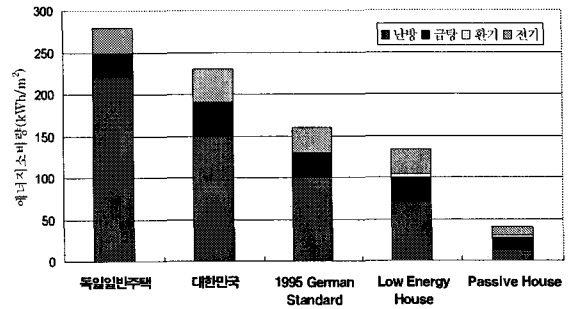


Fig 2. Energy Consumption

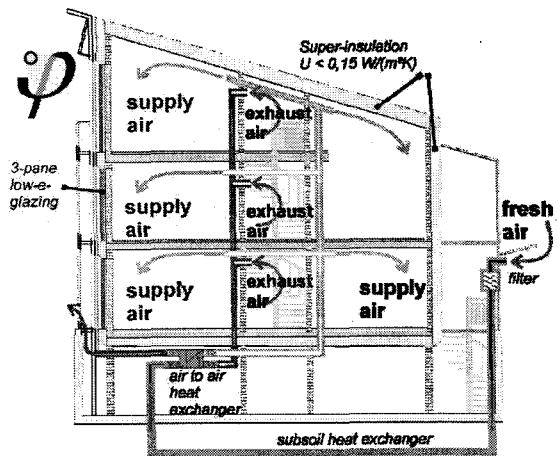


Fig 3. The Concept of 3L House

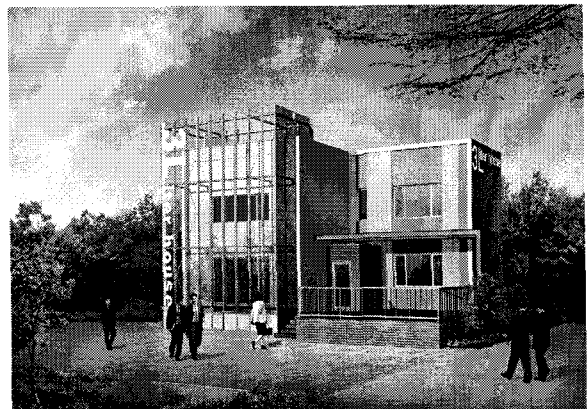


Fig 4. The Birds Eye View of 3L House

Table 2. The Outline of 3L House

Period	2005 / 7 ~ 2005 / 12
--------	----------------------

3. 3L House의 주요 적용기술

3L House의 주요 적용기술은 Fig 5와 같다.

고성능 창호, 슈퍼단열, 이중외피, 패열회수 환기시스템, 연료전지, PCM (Phase Changing Material)의 에너지 절약 및 발전요소로 구성된다. 또한 열교차단 및 기밀강화에 대한 시공적 기술이 요구된다.

3.1 고성능 창호

3L House는 전체 난방요구량의 1/3은 창을 통한 자연형 태양열 획득에 의해 공급된다. 따라서, 창은 투과율(g-value) 50%이상 유지되도록 하였다. 또한 동절기 열손실 방지 및 하절기 과열방지를 위해 열관류율 0.8 W/m²K이하로 설계하였다. 창호의 열관류율을 만족하기 위하여 유리는 3중 유리에 2면 Low-e 코팅을 하였다. 또한 창틀의 열관류율 0.8 W/m²K이하로 하기 위하여 Fig 7과 같이 창틀 내부의 분절(4 Zone 이상)을 실시한 PVC 창틀을 설치하였다.

3.2 슈퍼단열

3L House는 외피를 통한 열손실을 최소화하기 위해 외벽 단열재를 350mm의 두께로 설치하여 외벽의 열관류율값이 0.083 W/m²K 이다.

우각부나 접합부의 추가적인 열손실을 방지하기 위하여 우각부는 400~450mm 두께의 단열재를 설치하여 열관류율은 0.75 W/m²K 이다.

본 연구에서는 원료 제조시 Graphite를 함유시켜 적외선을 반사, 흡수하여 단열성능을 향상시킨 신소재 단열재를 적용하였다.

Fig 8은 신소재 단열재와 EPS 단열재의 성능을 비교한 그림으로 밀도에 따라 17~23%의 단열효과가 개선된 것을 알 수 있다.

3.3 이중외피

냉난방 부하 감소를 통한 에너지 소비량을 줄이기 위해 이중외피와 블라인드를 설치하였다. 하절기는 블라인드가 중공층으로 유입되는 일사를 차단하고, 내부 공간에 빠른 속도의 기류가 형성되어 내부 열을 배출함으로써 냉방부하를 감

Table 3. The Comparison 3L House with General House

	General House	3L House
Wall (U-value)	0.47 (65mm)	0.083 (350mm)
Roof (U-value)	0.29 (110mm)	0.073 (400mm)
Floor (U-value)	0.35 (100mm)	0.094 (300mm)
Window (U-value)	3 (22mm double pane)	0.8 (52mm triple pane)

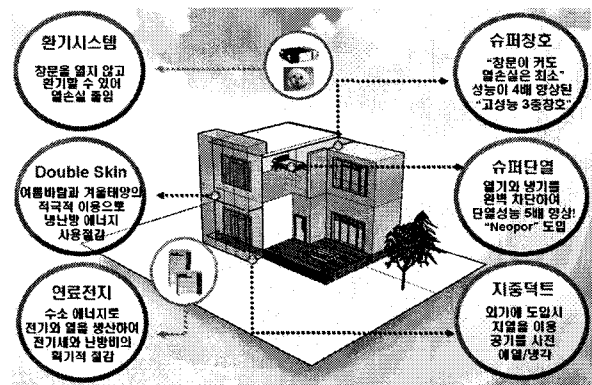


Fig 5. The Main Technology of 3L House

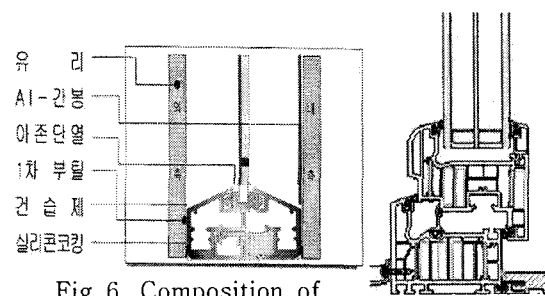


Fig 6. Composition of Triple Pane

Fig 7. Frame

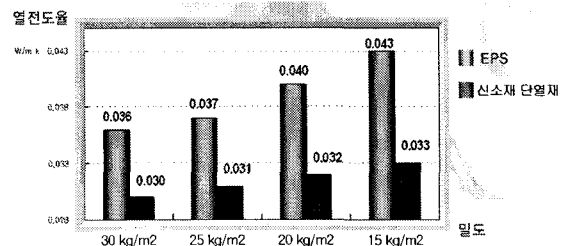


Fig 8. The Insulation Performance of Neopor and EPS

소 시켜주고, 동절기는 Buffer zone의 역할을 하게하여 창에 의한 열손실을 줄여주도록 하였다.

3.4 폐열회수 환기시스템

3L House는 침기에 의한 열손실을 최소화하기 위해 기밀 시공되므로 실내공기질을 쾌적하게 유지하기 위해서 환기시스템의 설치가 필요하다.

환기시스템의 환기율은 0.25~0.4회/h이며, 환기에 의한 열손실을 방지하기 위해서 폐열회수를 위한 열교환기를 설치하였다.

Table 3은 3L House에 적용된 폐열회수형 환기시스템의 제원을 나타낸다.

환기시스템의 효율을 높이기 위해서 지중덕트(Subsoil Duct System)을 적용하였다. 지중덕트의 길이는 25m로 하였다.(Fig 11. 참조)

Table 4. Ventilation System

Efficiency	85% (Sensible heat)
Filter	Free + Midium
Air Volume	250CMH
Type	Counterflow Heat Exchanger
Power	350W
Size	555*300*1223 (WDH)

3.5 연료전지

3L House는 실내에서 사용될 전기와 열을 가정용 연료전지를 통해 얻도록 설계하였다.

Fig 12는 설치될 연료전지와 제원이다.

3.6 PCM (Phase Changing Material)

하절기 잠열 부하 감소를 위해 상변화물질(PCM)인 잠열보유플라스터를 설치하였다.

PCM은 5 μ m이하의 미세한 왁스형태의 입자가 26 $^{\circ}$ C를 기준으로 잠열을 흡수 또는 방사하는 원리로 피크부하를 낮춰주는 기술로 3L House에는 벽 및 천정에 2mm 두께로 시공되었다.

3.7 열교차단 / 기밀강화

상기에서 검토한 3L House의 주요 기술에 의한 에너지절약 효과를 극대화하기 위해서는 시공

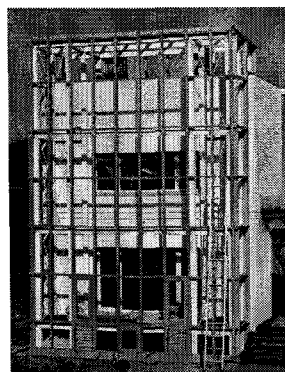


Fig 9. Installation of Double Skin

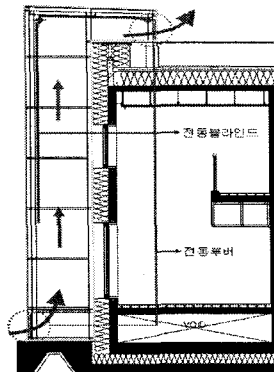


Fig 10. Application of Double Skin

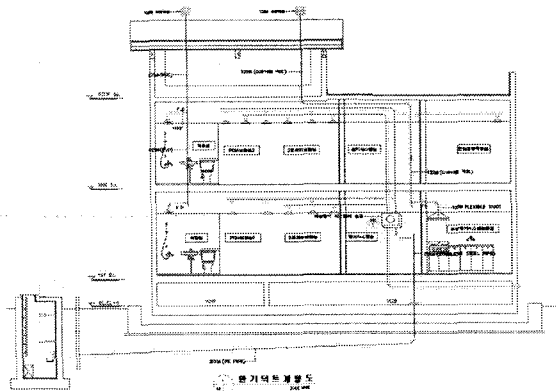
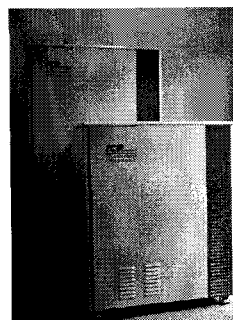


Fig 11. Subsoil Duct System



Power	1kW(AC 220V, 60Hz)
Electric Efficiency	30%(LHV)
Heat Efficiency	35%(LHV)
Size	- Genration Module : 85cm x 40cm x 100cm - Hot well tank : 130 Liter

Fig 12. Fuel Cell

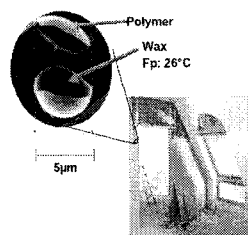


Fig 13. Phase Change Material



Fig 14. PCM Installation

상에서의 열교차단 및 기밀강화가 필수적인 요소이다. 따라서 이절에서는 열교차단 시공과 기밀 시공에 대해 검토하고자 한다.

3L House는 열교부위 최소화와 기밀도는 n50(실내의 압력차 50 Pa)에서 침기에 의한 환기회수 0.3회/h를 목표로 하였다.

열교차단을 위해서는 외단열 공법으로 적용하였고, 외단열시 열교차단을 위해 주의할 부위는 최하층 바닥 및 최상층 상부가 된다. 최하층 바닥은 Fig 16과 같이 최하층 바닥에 단열재를 설치하고, 단열재 상부에 골조를 시공한 후 외단열을 실시하여 열교를 차단하였다. Fig 17은 열교차단을 위한 단열재 설치 개념이다.

추가적으로 열교가 발생할 수 있는 부위는 창호 부위가 된다. 창호와 외벽의 접합부위는 열교 발생 우려뿐만 아니라 기밀이 취약 할 수 있는 부위이다. 따라서 창호부위의 열교차단 및 기밀화 시공을 위해 Fig 18과 같이 시공하였다. 콘크리트 벽체와 창호 사이에 5cm 간격을 두고 콘크리트 외벽 라인 바깥으로 창호가 위치하게 시공하여 단열라인을 형성시키고, 벽체와 창호사이에는 기밀테이프와 충전형 단열재를 사용하여 기밀도 향상 및 단열 보안을 하였다.

Fig 18은 창호부위 설치 과정으로 벽체와 창호 사이에 기밀테이프를 시공하고 충전형 단열재를 채운후 마감을 하여 기밀화 및 열교차단을 하였다.

다음으로 배관관통부위에서의 누기 발생우려가 높아 Fig 19와 같이 배관관통부위는 백업제 충전후 몰탈로 기밀화하였다.

4. 3L House 성능 평가

4.1 에너지 성능

3L House의 에너지 성능 검토를 위하여 2006년 1월 24~3월 31일까지의 가스에너지 사용량 분석결과 Fig 20와 같다. 검토 기간 총 가스 사용량은 170Nm³이었고 일평균 사용량은 2.65Nm³이었다. 월별로 분석하면 1/24~1/31은 2.56[Nm³/day], 2/1~2/28은 3.52 [Nm³/day], 3/1~3/31은 1.82[Nm³/day]로 나타났다.

Table 5는 연간 에너지 사용량을 환산한 값으로 2/1~2/7의 데이터를 활용한 연간에너지사용량은 2.08 [liter/yr.m²]로 나타났다.

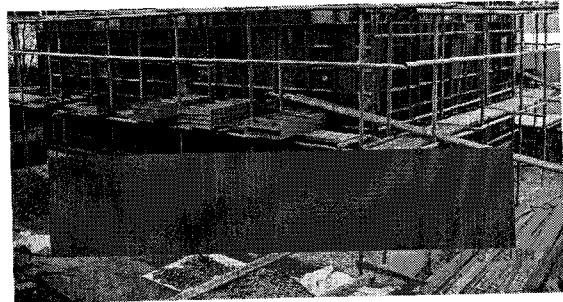


Fig 15. Thermal Bridge Free Construction

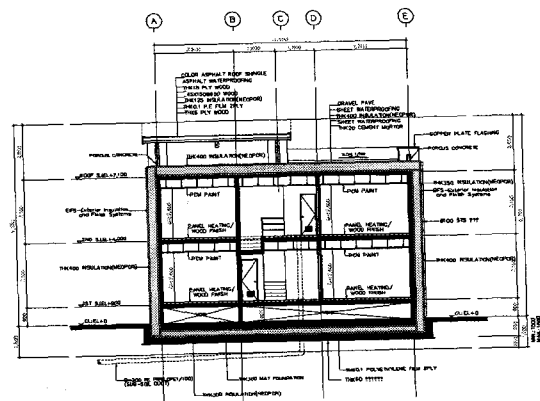


Fig 16. Insulation System for Thermal Bridge Free

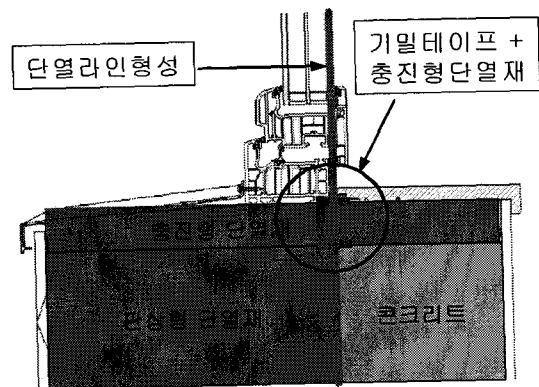


Fig 17. Thermal Bridge free and Airtightness in Window System

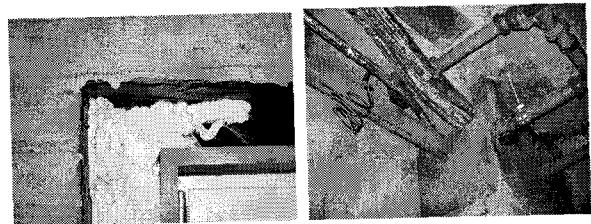


Fig 18. Airtightness1 Fig 19. Airtightness2

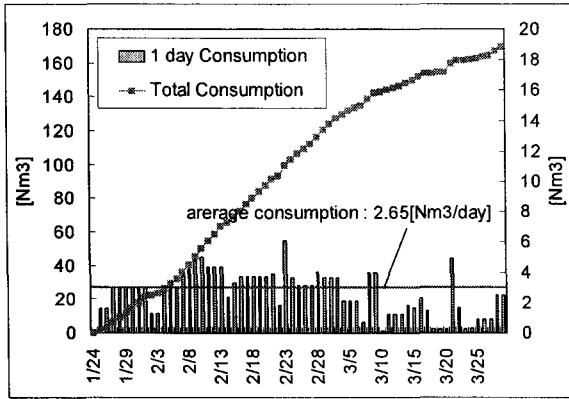


Fig 20. Gas Consumption

Table 6. Yearly Energy Consumption

Period	2006. 2. 1 ~ 2. 7
Indoor Temperature	20°C
Gas Consumption	19 Nm3
Yearly Energy	2.08 liter/yr.m2
2/1 (MAX : 5.3°C, MIN : -1.7°C, AVE : 2.1°C)	
2/5 (MAX : -4.5°C, MIN : -13.2°C, AVE : -8.5°C)	

4.2 기밀 성능

3L House의 주요 기술요소인 기밀성능평가를 위해 Blow Door 평가법을 이용하였으면 평가결과 압력차 50Pa에서 0.67회/h로 일반 공동주택의 4회/h에 비해 6배 정도 기밀한 것으로 나타났다. 이때 침기율 교정상수는 20으로 하였다.

Table 7. Blow Door Test Result

	ACH50	ACH50/20
3L House	0.67	0.034
General House	4.0	0.2

5. 결론

이상으로 초에너지 절약형 건물 3L House의 주요 적용기술과 모니터링 결과를 검토하였다.

고성능 창호, 수퍼단열, 이중외피, 폐열회수 환기시스템, 연료전지, PCM (Phase Changing Material)의 에너지 절약 및 발전요소로 구성된 3L House의 에너지 성능 평가 결과 2.08 [liter/yr.m2]로 나타났고, 기밀 성능 평가 결과 ACH50은 0.67로 나타나 매우 기밀한 것으로 나타났다.

위의 측정 결과는 사람이 살지 않는 비거주 조건에서 평가된 것으로 향후 제실조건을 형성한 측정을 통해 보다 실질적인 데이터를 도출하고자 한다. 또한 하절기 실내 열쾌적에 대한 검토를 실시할 예정이다.

참고문헌

본 연구는 산업자원부의 신재생에너지 보급사업으로 대림산업, 한국BASF, 퓨어셀파워의 공동사업으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Park, SH, Park, YS and Won JS, 2005, The Technology Applied 3 Liter House, Super Energy Saving Building, Proceeding of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment
2. Park, SH, Won JS and Park, YS, 2005, Energy Performance Evaluation of Building Components for 3 Liter House, Proceeding of AIK.
3. Wolfgang Feist, Final Technical Report CEPHEUS -Project information No. 36, 2001. 7.
4. Wolfgang Feist, Passive House Planning Package, PHI, 2004.