

한그린 주택의 전과정 온실가스 배출량 및 에너지 사용량 분석 -철근콘크리트 주택과의 비교-

Analysis of Life Cycle Greenhouse Gas Emissions and Energy Use of Han-Green House

-Comparison with Reinforced Concrete House-

강경석^{1*}, 차준희¹, 윤여창¹, 박문재², 박주생²
(¹서울대학교 산림과학부, ²국립산림과학원)

1. 연구의 배경 및 목적

지구온난화 및 기후변화 문제는 오늘날 가장 심각한 환경이슈가 되고 있으며 이러한 지구온난화의 주요 원인은 화석연료를 사용하는 인간의 활동이라고 할 수 있다. 화석연료의 연소에 의한 대기 중 온실가스의 농도증가는 지구온난화 현상을 야기하고 가뭄, 홍수, 해수면변화 등 자연재해를 일으켜 인간 및 생태계에 심각한 영향을 미치게 된다.

건축물은 인간의 활동 영역에 속한 대표적인 사례로, 의식주의 한 부분이면서 현대에서 필수불가결한 존재이기도 하다. 건축물을 짓기 위해서는 많은 양의 건설 자재와 엄청난 양의 에너지가 필요하며 이로 인해 발생하는 이산화탄소의 양도 상당하다. 특히 유럽 연합 및 미국에서는 건축 및 빌딩 부문에서 총 환경부하의 약40%를 차지하고 있는 것으로 평가되었다(UNEP, 1999).

본 연구는 전과정 평가를 이용하여 기둥보 구조의 한그린 목조주택과 철근콘크리트 주택의 에너지 사용량과 온실가스 배출량을 전과정에 걸쳐 평가해보고자 하였다.

2. 연구방법 및 연구사

연구방법으로는 지구온난화, 부영양화, 오존층고갈 등 건축물의 전과정에 걸친 환경영향을 알아보는 데 유용한 전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)를 적용하였다.

북미, 유럽, 일본에서는 목조 단독주택 비교 연구가 활발히 진행되고 있다. 미국의 단독주택을 대상으로 한 CORRIM(Consortium for Research on Renewable Industrial Materials)의 연구결과에 따르면 철골조주택과 철근콘크리트주택은 목조주택보다 내재에너지는 17~16%, 온실가스 배출량은 26~31% 많은 것으로 평가되었으며(Lippke et al., 2004), 일본과 유럽에서는 목조 단독주택이 철근이나 콘크리트로 이루어진 단독주택보다 훨씬 적은 이산화탄소를 배출한다고 발표하였다(Asif et al., 2007; Gerilla et al., 2007).

3. 한그린 주택의 개요

한그린 주택은 국산재를 고부가가치 용도로 대량 이용하고, 전통한옥의 목구조를 계승하며, 공업화 건축 부재가공 기술인 프리컷(precut) 공법으로 가격 경쟁력을 가지도록 지향하고 있는 기둥보 구조로 된 한국형 목조건축이다. 한그린 주택은 황토벽지, 황토보드 및 하이브리드 복합패널(SIP; structural insulated panels)를 사용하여 벽체의 경량화와 단열성능을 높임으로서 친환경 건축물의 조건을 만족하고 목조주택의 장점을 극대화 시켰다.

한그린 주택은 기둥보 구조로 되어 있는데 주택을 지지하고 있는 기둥과 기둥 사이를 연결하는 보로 이루어져 있으며 기둥과 보를 연결시키는 접합부분은 요철 모양으로 다듬어 맞물리게 되고, 연결 철물로 더욱더 단단히 고정시켜 건축의 뼈대를 이루고 있다.

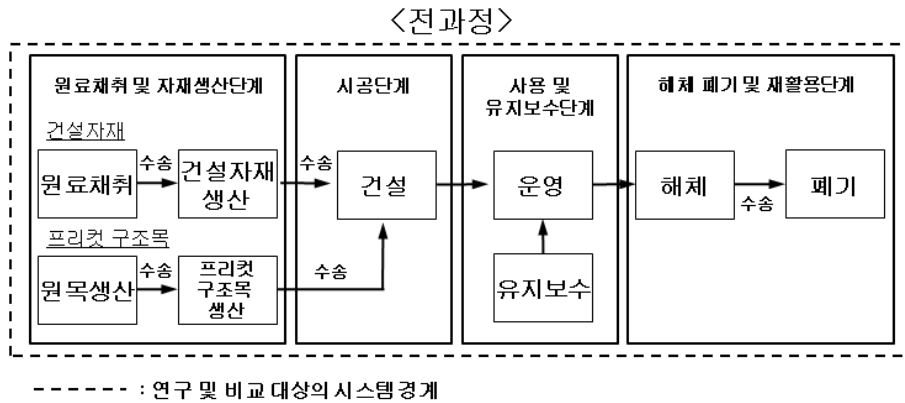
[표 1] 연구대상 주택개요

항목	목조주택	철근콘크리트 주택
대상	연구대상(실제)	비교대상(가상)
위치	경기도 포천시 소흘읍	←
예상 수명	50년	←
연면적	189.65m ² (1층 130.83m ² , 2층 58.82m ²)	←
규모	지상, 1,2층	←
구조	기둥보 구조(Post&Beam)	철근콘크리트 구조(Reinforced concrete)
특징	국산 낙엽송 Precut 부재 사용	-
기초	철근콘크리트	←

4. 기능단위 및 연구범위 설정

1) 기능단위 및 제품시스템

본 연구에서는 기둥보 구조의 연면적 189.65m²의 목조주택 한 동을 기능 단위로 설정하였고, 시스템 경계는 연구 대상인 건축물 주요 자재의 생산부터 이를 이용한 건축 시공, 사용 및 유지보수, 해체 및 폐기단계를 시스템으로 정하였다. 건축물의 수명은 50년으로 가정하였다.



[그림 1] 연구의 시스템 경계

2) 데이터 범주 및 품질요건

투입물에는 전력, 경유, 휘발유와 같은 에너지 사용과 주요 빌딩 자재, 철근, 콘크리트, 모르타르, 페인트 등이 포함되며, 배출물로는 주요 온실가스들(CO₂, CH₄, N₂O)이 포함된다. 본 연구에서는 에너지 사용량(J)과 온실가스 배출량(CO₂e)만을 포함하기로 한다. 건축시공과 해체 및 폐기에 대한 데이터는 현장 조사를 통하여 이루어졌으며, DB의 경우 투입된 건축 자재 데이터를 기초로 하여 이를 국내 환경부/산자부, 국토해양부, 탄소성적표지등의 국가 LCI DB에 적용하였다. 만약 이를 만족하지 못할 경우에는 Ecoinvent DB(2007)와 해외 문헌자료를 적용하였다.

3) 가정 및 제한 사항

- 에너지 투입량과 온실가스 배출량만을 고려하기 때문에 이외의 환경 영향 범주는 제외함
- 투입된 건축자재 DB는 국내 DB를 우선적으로 적용하였고, 해당 자재의 DB 부재시 국외 DB, 문헌 DB 또는 유사한 자재에 대한 DB를 적용함
- 주택의 사용 단계는 단열 성능 조건에 따라 그 환경 영향이 크게 달라질 수 있지만, 두 건축물의 단열 성능은 동일하다고 가정함

5. 전과정 목록분석

1) 원료 채취 및 자재생산 단계

한그린 주택에 투입된 건축 자재는 물량산출표에 근거하여 콘크리트, 철근, 모르타르, 페인트, 스티코, 석고보드 등으로 총 27개로 분류하고, 선별된 건축자재의 기능단위에 배출계수를 곱하여 에너지 사용량 및 온실가스 배출량을 산정하였다. 한그린 주택은 주요 건축 자재는 프리컷(precut) 구조재로서 국산 낙엽송 제재목의 전과정 목록분석에 프리컷 가공 공정을 추가하여 기능단위당(m³) 배출계수를 구하였다.

2) 시공 단계

한그린 주택 시공단계에서의 환경부하를 산정하기 위해, 굴삭기, 덤프트럭, 펌프카, 믹서트럭, 크레인 등 5종류의 중장비를 선택하여 건축 현장까지 이동하는데 따른 경우 사용량과 현장에서의 중장비 가동에 따른 경우 사용량의 합을 계산한 후 이에 따른 온실가스 배출량과 에너지 사용량을 산정하였다.

3) 사용 및 유지보수 단계

주택의 사용년수는 50년으로 사용단계에서의 에너지 사용은 전력사용 및 난방 에너지를 포함하였고, 이를 평가하기 위해 건축면적을 고려한 우리나라 가구의 평균 에너지 소비량을 산정하여 적용하였다. 유지보수 단계에서는 주택법 시행규칙 제26조(장기수선계획의 수립기준 등, 개정 2008.3.14)에 따라 형태가 다른 두 건물의 유지, 보수에 필요한 추가적인 건축 자재의 종류와 양을 고려하고 수선 횟수를 정하였다.

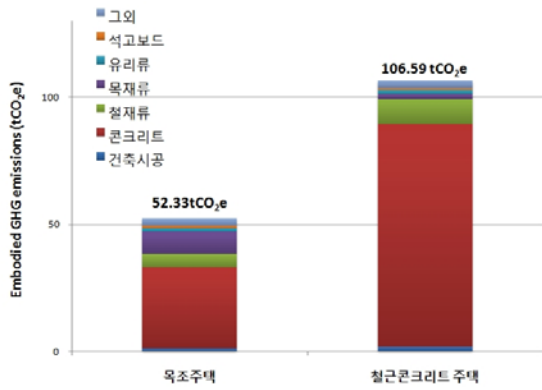
4) 해체 및 폐기단계

건축물의 해체 및 발생하는 건축 폐기물의 처리장까지의 운송을 포함한다. 굴삭기, 브레이커, 덤프트럭 등 해체 및 운반에 소요되는 중장비의 사용에 따른 영향을 평가하였다.

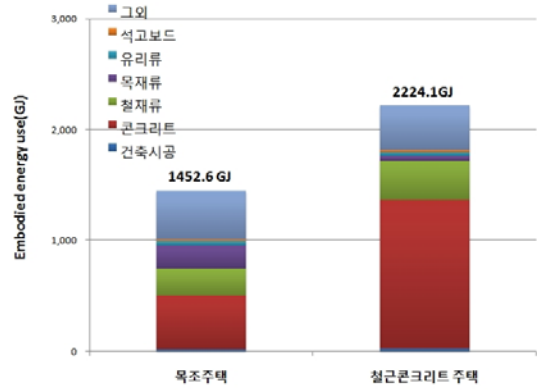
6. 결과 및 고찰

기동보 구조의 한그린 주택과 철근콘크리트 주택의 전과정에 걸친 에너지 사용량과 온실가스 배출량의 결과는 다음과 같다. 콘크리트 주택에 투입된 총 자재의 무게는 499.7ton으로 목조주택 209.6ton의 약 2.4배 높은 것으로 나타났다. 특히 콘크리트 주택에서 콘크리트 무게는 총 자재 무게의 93.1%를 차지하고 있고, 이것은 전체 내재 온실가스 배출량의 83.7%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

[그림 2, 3]는 한그린 주택과 철근 콘크리트주택 두 건물 사이에 시공 단계까지의 내재 에너지와 내재 온실가스 배출량의 차이를 보여주고 있다. 한그린 주택은 철근 콘크리트주택 대비 내재 온실가스 배출량이 50.9%(54.26tCO₂e 대체효과) 감소하는 것으로 나타났다. 주택의 내재 에너지는 철근 콘크리트주택이 목조주택보다 34.7%(771.5GJ 대체효과) 높은 것으로 나타났다. 콘크리트는 가장 큰 환경영향을 가진 건축자재로서, 목조주택과 철근콘크리트주택의 온실가스배출량의 61.4%와 82.2%[그림 2], 에너지사용량의 33.6%와 60.2%를 차지하는 것으로 분석되었다[그림 3].

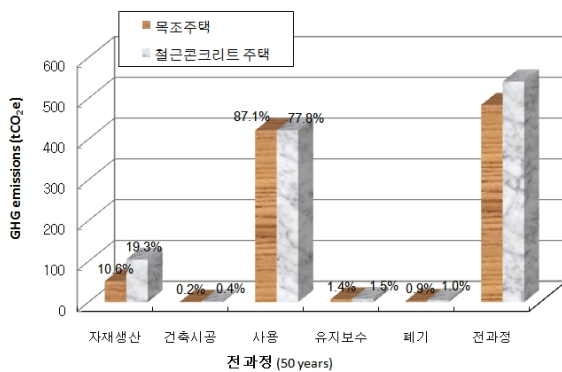


[그림 2] 시공단계까지의 내재 온실가스 배출량

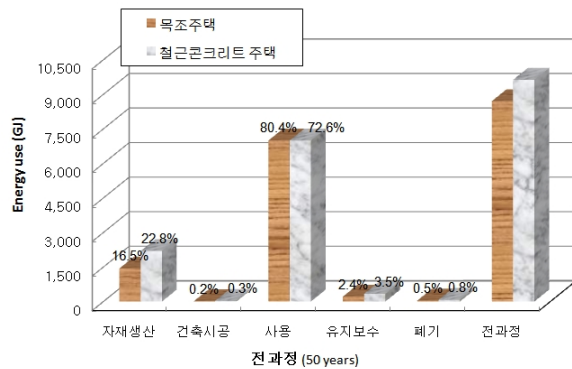


[그림 3] 시공단계까지의 내재 에너지

두 건축물을 전과정 측면에서 보았을 경우에도 상대적으로 한그린 주택이 더 적은 에너지 사용과 온실가스 배출량을 보이는 것으로 분석되었다. 전과정 온실가스 배출량의 경우, 한그린 주택과 콘크리트 주택 간의 배출량 차이는 57.62tCO₂e로 목조주택이 10.6% 적게 온실가스를 배출하는 것으로 나타났다[그림 4]. 전과정 에너지 사용량 또한 온실가스 배출량과 비슷한 양상을 보였는데, 한그린 주택이 콘크리트 주택에 비해 926.2GJ(9.6% 저감효과) 적은 것으로 분석되었다[그림 5]. 이러한 결과를 통해, 한그린 주택이 온실가스 저감측면에서 철근 콘크리트주택 보다 우수하다는 것을 알 수 있었다.



[그림 4] 전과정 온실가스 배출량



[그림 5] 전과정 에너지 사용량

건축물의 사용기간을 50년으로 가정하였기 때문에 전과정 측면에서는 가장 큰 환경부하를 갖고 있는 것으로 나타났는데, 만약 사용단계의 에너지를 태양광발전, 목재 펠릿보일러 등의 신재생에너지로 대체할 경우 상당량의 전과정 온실가스 배출량 및 에너지 사용량 저감 효과를 가져 올 것이다.