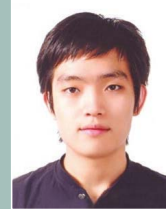


건물에너지 효율성 및 LCC&LCCO₂ 평가 시스템

홍태훈 연세대학교 건축공학과 건축공학전공 교수
 윤강철 PB Korea 전략기획팀 팀장 (Ph.D.)
 구중완 연세대학교 건축공학과 건축공학전공 박사과정
 김지민 연세대학교 건축공학과 건축공학전공 석사과정



1. 서론

1.1 배경 및 목적

무분별한 에너지 사용은 온실가스 (greenhouse gas) 과다 배출을 초래하였고, 이로 인한 기후변화는 전 지구적 차원의 문제로 대두되고 있다. 이에 따라, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)에서는 지속 가능한 개발을 위한 기본 방안을 제시하였고, 이러한 흐름을 반영하여 세계 각국은 해당 국가의 실정에 맞는 기후변화 법안 채택 및 관련 조치를 취하고 있다. 유럽은 2009년 6월 EU climate and energy package 채택을 통해, 20-20-20 targets을 수립하였다. 이는 2020년까지, 1990년의 온실가스 배출량 대비 20% 감축, 전체 에너지 생산량(energy production) 중 신재생에너지(new renewable energy)가 차지하는 비중 20% 달성, 에너지 효율 향상을 통한 에너지 사용량 20% 절감을 목표로 하고 있다(European Commission 2009). 영국은 기후변화 전담 조직인 Department of Energy and Climate Change를 설립하고 Climate Change Act 2008 제정을 통해, 2020년까지, 1990년의 온실가스 배출량 대비 34% 감축, 2050년까지, 80% 감축을 목표로 하고 있다. 미국은 2010년 3월 Clean Air Act 제정을 통해, 2020년까지, 2005년의 온실가스 배출량 대비 17% 감축, 2050년까지, 83% 감축을 목표로 하고 있다(KEMCO 2010).

이러한 배경하에 국내·외적으로 환경에 대한 규제와 관심이 강화되고 있는 사회적 변화에 대한 인식을 바탕으로 하여, 미래 기술수요를 예측하여 친환경 건설 분야의 R&BD 투자를 점차 확대해 나갈 필요가 있다.

1.2 건물에너지 효율성 및 LCC&LCCO₂ 평가 시스템의 필요성

현재 전세계적으로 산업은 에너지와 자원절감, CO₂ 배출량 저감과 같은 친환경 산업 성장에 대한 의지가 높아지고 있다. 이러한 노력의 일환으로 건설분야에서도 에너지 사용량 절감 및 산업에서 발생하는 환경부하량 (environmental impact)을 줄이기 위한 시도가 다각적으로 이루어지고 있다. 그러나 환경부하를 줄이기 위한 다양한 방법 또는 친환경 기술들을 건물에 적용하는 것은 과도한 초기 투자비용이 발생하고, 이러한 기술의 건물 적용을 위한 의사결정 시 발주자의 의견이 반영되지 못하고 있는 것이 현실이다. 이러한 문제는 건설기술에 대한 경제적 타당성 및 환경부하량 (environmental load) 분석 시 생애주기 관점에서 접근이 부족하여 체계적인 분석이 이루어지지 못하기 때문이다. 또한, 발주자의 의견을 반영하여 의사결정을 지원하기 위한 평가시스템이 부재하기 때문이다.

일반적으로, 비용적인 측면에서, 초기 공사비, 유지관리비, 폐기처분비 등의 경제적인 요인을 분석하는 총생애주기 비용(Life Cycle Cost) 평가는 현장에서 어느 정도 이루어지고 있다. 하지만, 탄소배출권 거래제의 활성화 및 탄소배출량 의무감축 대상국가의 확대에 따라 그 필요성 및 중요성이 부각되고 있는 총 생애주기적 환경영향평가 (Life Cycle Assessment)에 대한 현장 적용은 미비한 실정이다. 또한, 국가 또는 도시와 같은 보다 거시적인 관점에서의 접근보다는 개별 건축물을 대상으로 한 미시적인 관점에서의 시스템 도입전략에 대한 연구가 대부분을 차지하고 있다. 일부 정부 기관 및 지방 자치 단체에서 온실가스 관리시스템을 개발·

적용하고 있으나, 아직 시스템이 불완전할 뿐만 아니라, 민간에서의 접근권한이 제한적이기 때문에 건물 사용자 및 관리자들이 활용하는데 한계를 갖고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 본고에서는 건축물의 초기공사 시점부터 사용, 유지관리단계, 그리고 폐기처분단계에 이르기까지 발생하는 경제적 비용과 환경적 영향을 종합적으로 평가하기 위한 LCC&LCCO₂ 통합 평가 시스템을 개발하고자 한다. 또한, 발주자로 하여금 개발된 시스템을 활용함으로써, 해당 프로젝트에 대한 보다 합리적인 의사결정을 수립할 수 있도록 지원하고자 한다.

2. 본론

2.1 시스템 개발 방법론

건축물은 자재생산단계부터 시작하여 완공 후의 운영 및 유지관리단계 그리고 폐기처분 단계까지 다양한 수준의 비용과 CO₂가 발생한다. 건축물로부터 발생하는 비용과 CO₂ 배출량을 보다 상세히 분석하기 위하여, 비용 및 CO₂의 발생 요인을 기준으로 건축물의 총 생애주기(Life cycle)를 크게 3단계로 분류할 수 있다: 1) 건축물의 시공 (construction) 과정에서 사용되는 건설자재; 2) 유지관리 (maintenance) 과정에서의 건설자재 및 item의 수선 및 교체; 3) 건축물의 운영과정(operation)에서 요구되는 전기와 가스의 사용량

각 단계 별로 소비되는 자재 및 에너지원 등에 의해 비용 및 CO₂가 발생하게 된다. 본 고에서 제시하는 “LCC&LCCO₂ 통합 평가 시스템”은 크게 건설비용 평가와 환경비용 평가로 구성된다. 환경비용의 경우, CO₂ emission을 ETS에서 제공하는 탄소배출권 거래가격을 기준으로 환산함으로써 산출이 가능하다.

건설공사의 초기공사비용부터 유지관리 과정에서 발생하는 비용의 산출에는 Life Cycle Cost Analysis(LCCA)를 적용하였으며, 건축물의 총 생애주기 동안 배출되는 CO₂ emission의 산출은 Life Cycle Assessment(LCA) 기법을 적용하였다. LCCA와 LCA는 건설분야에서 발생하는 비용과 환경부하량의 평가를 위해 대표적으로 활용되는 기법이다. 사용자로 하여금 각 방법론으로부터 해당 건설 프로젝트에 적합한 요소를 선정할 수 있도록 함으로써, 본 “LCC&LCCO₂ 통합 평가 시스템”의 활용성 및 유용성을 향상시키고자 하였다.

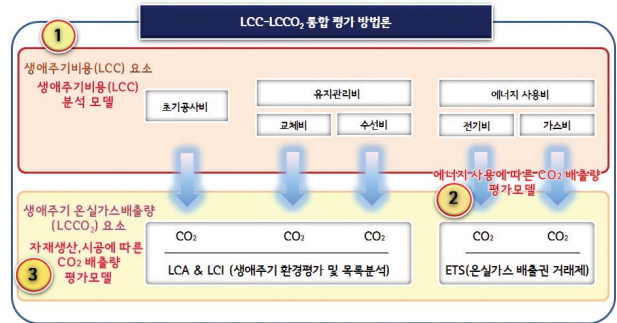


그림 1. 본고에서 제안하는 시스템 방법론

2.2 시스템 구성 및 프로세스

2.2.1 시스템의 구성

본 시스템은 두 가지 형태로 구분된다.

- (1) 건축물 전체를 대상으로 하여, 경제성 및 환경성 평가를 위한 모델로서, 주로, 실시 설계 단계(내역서)에서 활용
- (2) 대안(또는 개선안)에 대하여, 경제성 및 환경성 관점의 최적안 선정 모델로서, 주로, 기본 설계 / 유지관리단계에서 활용



그림 2. 시스템의 구성

2.2.2 시스템의 프로세스

본고에서 제안하는 시스템은 그림3과 같은 프로세스를 거쳐 건축물 전체 및 대안에 대한 평가가 이루어진다.

(1) 내역서 불러오기: 건축물 대상 평가와 대안선정 평가를 위하여 내역서 불러오기부터 시작한다. 일반적으로 VE/LCC 용역에서는 건축, 인테리어, 기계, 전기, 토목, 조경 이상 6가지로 내역서가 작성되는데 각 내역서에는 아이 템 별 물량 및 금액이 나와 있다. 본 시스템에서는 이를 바탕으로 건축 전과정의 비용 및 CO₂ emission을 산출 한다.

(2) 기본 입력사항1: LCA 가정사항 및 LCC가정 사항을



그림 3. 시스템 프로세스

입력한다. 건축물 전 단계 중 에너지 사용에 의한 CO₂ emission을 제외한 나머지 사항은 LCA 평가 기법을 이용하는데, 이를 위해 기본적으로 가정사항이 필요하다. 이는 세가지로 나누어져 있는데 i) 에너지 가격, ii) 생산유발계수, iii) CO₂ 환산계수로 나누어진다. 에너지가격의 경우, 실시간으로 업데이트 되기 때문에 분석시점에 맞추어 사용자가 업데이트를 해야 하며, 갱신기간이 긴 생산유발계수(5년) 및 CO₂ 환산계수(계수의 변경 시 갱신)는 시스템 상에서 업데이트 한 값이 고정으로 입력되어 있다. 다음으로 LCC 가정사항을 살펴보면, 총 분석기간을 설정하기 위하여 시작 년도 및 사용 년한을 기입하고 시작 년도를 기준으로 할인율과 에너지 요금 등 관련 사항을 기입한다. 또한 유지관리 단계에서 중요한 수선율, 수선주기를 수정 가능하도록 시스템상에 연동을 시켜, 사용자가 필요 시 변경가능하도록 하였다.

(3) 기본 입력사항 2: 건물 운영단계의 전력 및 가스 에너지 사용량을 입력하는 단계이다. 본 시스템은 에너지 효율성 평가를 위하여 에너지 시뮬레이션 툴을 이용하여 에너지 사용량을 산출한다. 전력에너지는 각 월별 사용량 및 계약전력을 입력하고, 가스에너지는 냉방, 난방 에너지 사용량으로 나누어 월별 사용량에 맞게 입력한다.

(4) 내역서 매칭작업: LCA 와 LCC를 분석하기 위하여 내역서와 매칭함으로써, 매칭된 각 항목은 수선 및 수선주기를 고려하여, 건축물 총 생애주기 동안 발생하는 비용뿐만 아니라 CO₂ emission을 산출한다. LCA 매칭작업에서는 대분류, 중분류, 소 분류 순으로 차례로 선택을 한다. LCC 매칭작업도 비슷한 순서로 이루어 진다. 각 항목은 주택법 시행규칙에 맞추어 그 분류에 맞게 매칭을 수행함으로써 초기 공사비에 수선주기 및 수선율을 적용시킨다.

그림 4. 내역서 매칭작업

(5) 출력 1: 단일 건축물 대상 평가 시스템

모든 매칭작업을 완료하면, 다음과 같은 결과물을 출력하여 확인할 수 있다. 첫 번째로 건축, 인테리어, 기계소방 등 각 부문을 통합하여 총 생애주기비용의 시계열 자료를 한눈에 볼 수 있고, 매년 발생하는 값을 시계열 그래프로 표현함으로써 비용발생의 추세도 알아볼 수 있도록 하였다. 두 번째로, 건축, 인테리어, 기계소방 등 각 공종 별 초기 공사비 및 유지보수 비용을 비교하여 총괄집계 표를 보여준다. 마지막으로, 초기공사비 및 유지관리비를 총괄하여 보여 줌으로써, 건축물 전 생애 동안 발생하는 총괄 집계표를 볼 수 있다.

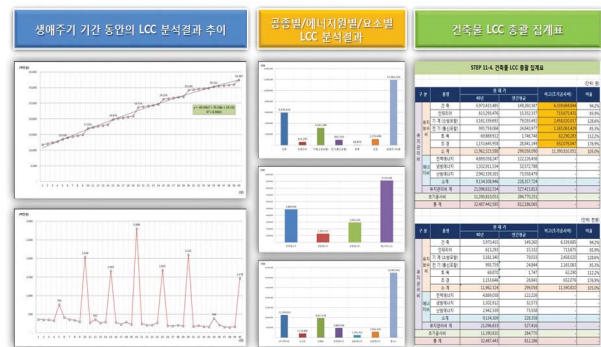


그림 5. 단일 건축물 대상 평가 시스템 출력창

(6) 출력 2: 대안 선정 평가 시스템

대안 별 LCC 비교표는 총 생애주기비용을 LCC 통해 계산되는 경제적 비용 변수와 LCCO₂ 통해 계산되는 환경적 비용 변수 모두를 포함하여 보여 준다. CO₂ emission을 CO₂ 환산가격으로 환산함으로써, 대안 별로 비용의 총 합으로 비교 가능하도록 하였다. 두 번째, LCC 손익분기점 그래

프 및 표를 볼 수 있다. 그래프는 대안 별로, CO₂ emission 을 비용으로 환산한 값을 포함한 LCC 값을 시계열로 보여 줌으로서 손익 분기점이 보이도록 하였다.

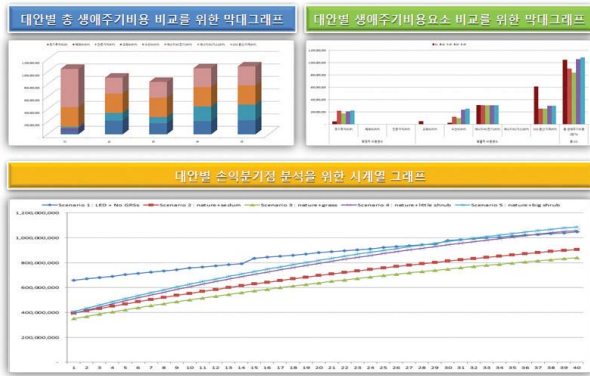


그림 6. 대안선정 평가시스템 출력 창

3. 결론

본 연구진은 건축물의 총 생애주기 비용평가와 총 생애주기 환경평가를 보다 수월하게 수행할 수 있는 “LCC&LCCO₂ 통합 평가 시스템”을 개발하였다.

대안선정 LCC&LCCO₂ 평가부문에서는 건축물의 설계단계 또는 시공단계에서 대안분석을 위한 목적으로 유용하게 활용될 수 있으며, 경제성 및 환경성 관점에서 동시에 우수한 대안을 선정할 수 있다. 각각의 대안에 대한 분석결과를 총체적으로 제시하는 그래프와 표를 활용함으로써, 최종 의사결정자는 직관적인 의사결정을 수행할 수 있다.

건축물 LCC&LCCO₂ 평가부문에서는 대안선정 과정에서 확정된 요소들을 건축물에 적용하였을 때의 결과를 제시할 수 있다. 다시 말해서, 생애주기 동안의 비용흐름 및 온실가스 배출량, 그리고 총 생애주기 비용 등을 한 눈에 파악할 수 있게 한다.

본 연구에서 개발한 시스템을 이용하여 다음과 같은 사항을 기대할 수 있다. 1) 주택법과 한국전력공사에서 제공하는 단가 등, 국내에서 실제적으로 반영해야 하는 신뢰성 있는 기준을 기반으로 개발되었기 때문에, 일정규모 이상의 사업에서 행해지는 LCC 용역에서 경제적 가치뿐만 아니라 환경적 가치를 포함한 발주자의 의사결정을 지원하는 평가 시스템으로 활용할 수 있다. 2) 친환경 인증제도에서 요구하는 에너지 절감 및 CO₂ 감축량, 그리고 이들에 대한 총체적인

금액을 총체적으로 평가할 수 있다. 다만, 엑셀기반의 모델은 사용자 개별적으로 활용하기에 큰 문제는 없지만, 국가 또는 도시 차원에서의 외연을 확대하기에는 무리가 있고, 사용자의 편의성 관점에서 다소 미비할 수 있다. 따라서 엑셀기반의 모델을 확장하여 웹 기반 시스템으로 개발할 필요가 있다.

궁극적으로 발주자 관점에서 건축물의 생애주기 동안 발생하는 수많은 활동들에 대하여, 경제성 및 환경성 관점에서 통합적인 평가를 수행함으로써, 친환경적인 의사결정의 기반을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

- 홍태훈 e-mail : hong7@yonsei.ac.kr
- 윤강철 e-mail : yun,william@pbworld.com
cmbuilder@lycos.co.kr
- 구충완 e-mail : cwkoo@yonsei.ac.kr
- 김지민 e-mail : cookie6249@yonsei.ac.kr