LCC-LCA 통합 분석에 의한 친환경 건설기술 평가방법

Evaluation Method of Green Construction Technologies Using Integrated LCC and LCA Analysis

김 윤 덕* 차 희 성** 김 경 래*** 신 동 우****

Kim, Yoon-Duk, Cha, Hee-Sung, Kim, Kyung-Ra, Shin, Dong-Woo

요 약

건물의 생애주기 동안 사용되는 자원과 에너지를 절약하기 위한 친환경 기술들의 개발이 점차 확대되고 있다. 이러한 수많은 친환경 기술을 건축물에 무분별하게 적용하는 것은 많은 비용과 시간을 필요로 한다. 따라서 친환경 기술을 선택적으로 건축물에 적용하기 위한 위선순위 선정이 필요하다. 이러한 친환경 기술의 우선순위 선정을 위해선 친환경 기술의 경제적 가치를 정확히 파악하는 것이 중요하지만 현재는 친환경 기술의 정확한 경제적 가치를 분석하지 못하고 있다. 친환경 기술은 건물의 생애주기 동안 CO_2 배출량을 감소시키고 투입되는 비용을 감소시키는데 목적이 있으며, 따라서 이러한 친환경 기술의 가치 평가 시 경제적 요소뿐만이 아닌 환경적 요소도 함께 고려되어야 한다. 본 연구는 친환경 기술의 경제적 가치를 종합적으로 판단할 수 있는 LCC-LCA 통합 경제성 분석방법을 활용하여 친환경 기술의 가치평가를 실시하고, 이를 사례에 적용하여 그 타당성을 검증하고자 하였다. Case study 결과, 친환경 기술은 경제적 요소와 환경적 요소가 함께 고려되어야 더욱 가치가 높아졌다. 그리고 우선순위 분석에서는 친환경 지능형 컴포넌트 기술이 가장 높은 순위로 나타났다.

본 연구의 결과는 발주자가 프로젝트 기획 시 건축물에 적용할 친환경 기술의 선정을 위한 의사결정에 도움을 줄 수 있으며, 향후 개발되는 다른 친환경 기술의 우선순위 도출을 위한 선행연구로 활용될 것이다. 또한 친환경 기술의 평가항목은 본 연구의 평가항목 이외에 추가적인 항목들이 존재할 수 있으므로, 향후 이러한 평가항목들을 선정하여 경제성 평가 시 활용한다면 보다 정확한 평가를 수행할 수 있을 것이다.

키워드 : LCC, LCA, 경제성 평가, 친환경 기술, 통합 비용분석, AHP

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 국내 산업 정책은 에너지와 자원절감, CO_2배출량 저감과 같은 친환경 산업 성장에 대한 의지가 높아지고 있다. 이러한 노력의 일환으로 건물의 생애주기 동안 발생되는 자원과 에너지를 절약하기 위한 친환경 기술들의 개발이 점차 확대되고 있으며, 현재도 건물에 적용할 수 있는 친환경 기술이 매우 다양하게 존재하고 있다. 그러나 이러한 친환경 기술을 건물에 적용하는 것은 과도한 초기 투자비용이 발생하여 친환경 기술의 적용을 꺼려하는 것이 사실이다. 또한 친환경 기술의 건물 적용을 위한 의사결정 시 발주자의 의견이 반영되지 않는다. 이러한 문제는 친환경 기술의 경제적 타당성 분석 시 생애주기 관점에서 접근이 부족하여 친환경 기술의 정확한 가치 분석이 이루어지지 못하기 때문이며,친환경 기술 적용 시 발주자의 의견을 반영하여 의사결정을 도와주는 평가방법이 없기 때문이다. 즉, 건축물에 적용되는 친환경 기술의 가치를 종합적으로 판단하기 위해서는 설치비용을 비롯한 에너지 사용량, CO_2배출량 등을 종합적으로 고려하여야 하며, 또한 각각의 요소에 대한 통합적인 분석이 이루어져야 한다. 또한 발주자의 의견이 반영된 통합 분석의 평가

* 일반회원, 아주대학교 건축학부 석사과정, kydbb@hanmail.net

** 종신회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사(교신저자), hscha@ajou.ac.kr

*** 종신회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사, kyungrai@ajou.ac.kr

**** 종신회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사, dshin@ajou.ac.kr

항목 가중치를 산출함으로써 친환경 기술의 적용을 이한 우선순위를 도출이 이루어질 수 있다. 친환경 기술의 평가 시 고려되어야 할 요소들로는 초기 투자비, 유지관리비, 폐기물 처리비 등의 경제적인 요인뿐 아니라 생애주기 동안에 발생되는 CO_2배출량 등의 환경적인 요인을 포함하여야 한다. 친환경 기술의 건물 적용을 위한 우선순위 도출을 위하여 LCC분석과 LCA분석기법을 접목한 통합분석방법을 활용하고 발주자 의견이 반영된 LCC-LCA 통합 분석의 평가항목 가중치를 산출한다면 특정 건축물에 적용 가능한 친환경 기술의 우선순위를 선정하는데 도움을 주고, 친환경 기술의 확산에 기여할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 친환경 기술의 경제적 가치인 기술의 경제성 평가와 기술의 환경평가의 정량화를 종합적으로 판단할 수 있는 LCC-LCA 통합 경제성 분석방법을 활용하여 현재 개발된 친환경 기술의 경제적 가치를 분석하고 건축물에 적용할 수 있는 도입 우선순위 평가기법을 개발하고자 한다.

1.2 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 친환경 기술의 경제성을 평가하기 위하여 LCC-LCA 통합 경제성 분석방법을 활용하고, 사례조사를 통한 경제성 평가결과를 활용하여 대표 항목별 가중치 선정, 친환경 기술들의 건물적용에 대한 우선순위를 결정하고자 하였다.

본 연구는 다음과 같은 3단계로 나누어 진행하였다. 먼저 1단계에서는 문헌조사를 통하여 LCC-LCA 통합 경제성 평가기법에 활용할 평가항목을 도출하고 각 평가항목별 경제성 평가 프로세스에 대하여 정의하였다. 2단계에서는 평가항목별 가중치를 산출하기 위하여 전문가 인터뷰를 통하여 평가항목별 가중치를 선정하였다. 마지막 3단계는 건물에 친환경 기술을 적용하기 위한 우선순위 도출을 위하여 LCC-LCA 통합 경제성 평가방법을 활용하여 대표 평가항목에 대하여 AHP를 활용한 가중치를 산정한다. 또한 이 단계에서 경제성 평가 결과분석과 가중치를 통하여 친환경 기술 적용을 위한 우선순위를 도출한다. 연구의 절차를 도식화하면 아래 그림1과 같다.

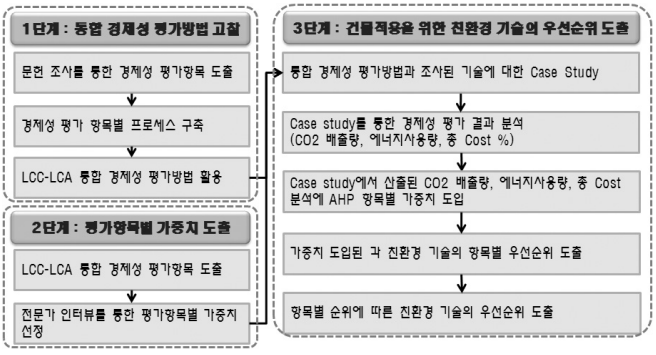


그림 1. 연구의 절차

2. 예비적 고찰

2.1 경제성 평가방법에 관한 이론적 고찰

친환경 기술의 가치를 평가하는 경제성 평가방법에는 화폐의 시간가치를 고려한 방법과 고려하지 않는 방법이 있다. 하지만 건물과 같이 긴 생애주기를 가진 경우에는 화폐의 시간가치를 고려한 방법이 보다 정확한 분석법이라 할 수 있다. 표 1은 각 경제성 평가방법을 비교하여 정리한 것이다.

표 1. 각 경제성 평가방법 비교

경제성 평가 방법	내용
할인회수기간법	기본적인 회수기간 내 현금흐름에 대한 시간적 가치와 회수기간 이후 현금의 흐름 또한 고려하지 않음
순현가법	투자에 대한 의사결정 시 투자액의 시간적 가치를 고려하여 각 대안의 총 현재가치를 비교
편익/비용 비율분석	B/C 비율이 이상의 경우 선택 가능하나 이익발생 시점이후에 대해 고려하지 않음
전생애비용분석법	전생애 기간에 획득할 수 있는 수익과 투자의 총비용 산정 및 산정 비용의 시간가치를 고려함

2.2 LCA에 관한 이론적 고찰

건축물의 생애주기 동안 발생하는 온실가스는 CO_2, CFCs, CH_4, N_2O등이 있다. IPCC(1995)의 "온실가스의 주요 배출원과 온난화 기여도" 자료에 따르면 이 중 CO_2의 배출량이 차지하는 비율이 65%로 가장 크고 주요한 배출 원인으로는 에너지 사용, 산림벌채 등으로 나타났다. 따라서 온실가스 중 CO_2배출량을 정량적으로 분석하여야 하며, 이러한 온실가스 배출량을 정량화하여 분석하고 평가하는 방법으로 LCA (Life-Cycle Assessment)를 사용한다. 여기서 LCA란 건축물의 생애주기에 걸쳐 발생되는 투입물과 산출물을 작성하고 이들이 환경에 미치는 잠재적 영향을 종합적으로 평가하는 방법이다.

본 연구에서는 CO_2배출량을 정량적으로 분석하기 위하여 직접조사법과 산업연관분석법 그리고 혼합법 중 산업연관분석법을 사용하였다. 수많은 자재로 이루어지는 건축산업의 특성상 건축물의 라이프사이클에서 투입되는 자재 등의 원료채굴, 가공, 생산 등의 전 과정을 현장에서 직접 조사하는 직접조사법은 시간과 비용적인 측면에서 적합하지 않기 때문이다.

산업연관분석법은 산업연관분석표를 사용하여 산업 간의 상호관계를 정량적으로 파악하는 방법으로써 산업연관표는 거래관계를 화폐가치 단위로 기술하지만, 이 금액의 흐름과 함께 물자가 이동한다고 가정할 때 산업 간에 흐르는 에너지나 자원의 흐름을 분석할 수 있어 환경분석으로 응용이 가능하다.

2.3 선행연구의 문제점 도출

본 연구를 위한 선행연구는 LCC, LCA, 통합 비용분석의 세가지 Key Word로 나누어 조사를 실시하고 분석하였다.

먼저 LCC 분석에 관한 연구를 살펴보면 현재 많은 연구들이 기술의 시공, 유지, 해체 과정에 걸친 경제성 분석 연구가 이루어지고 있었고 LCA 분석에 관한 연구들을 살펴보면 주로 기술의 CO_2발생량 측정에 관한 연구가 진행되었다. 마지막으로 통합 비용분석에 관한 연구를 살펴보면 LCC와 LCA의 방법을 활용한 통합적 분석에 관한 연구가 진행되고 있었다.

선행연구들의 문제점은 LCC 방법을 활용하거나 LCA 방법을 활용한 가치평가방법은 한 가지 방법만을 사용하고 있기 때문에 친환경 기술의 정확한 가치를 측정하기에는 부족한 연구 결과를 나타내고 있으며, 통합 비용분석의 연구는 간단한 수치 계산의 수준에 머물러 있어 발주자의 친환경 기술의 건물 적용을 위한 의사결정 시 친환경 기술의 우선순위를 도출하고 건축물에 적용하는 것에 대하여 한계를 나타내고 있었다. 따라서 친환경 기술의 경제적 가치를 정확히 판단할 수 있는 LCC-LCA 통합 경제성 평가기법을 활용하고 AHP를 사용하여 평가항목의 가중치를 산정하여 친환경 기술의 건물적용을 위한 우선순위를 도출하여 친환경 기술의 우선순위가 결정될 수 있도록 한다면 건축물에 친환경 기술의 적용을 확대 시킬 수 있을 것이다. 다음의 표 2는 기존 연구문헌의 주요연구내용을 분석한 것이다.

표 2. LCC 분석에 관한 선행연구

구분	저자	주요 연구내용
LCC	배재욱	옥상 도막방수공사의 LCC분석 모델을 개발하고, 각 대안별 생애주기비용을 비교/분석. 또한 각 대안별 비용항목의 민감도 분석을 통하여 가장 경제성이 있는 최적안을 제시.
	박영민	BOX 구조물의 뒷채움 재료인 일반토사와 경량기포 혼합토에 대하여 LCC분석을 실시하고 경제적 측면에서 보다 합리적인 의사결정을 할 수 있도록 경제성 분석을 제시.
LCA	김지혜	건설폐기물의 전과정평가(LCA)를 수행하여 발생되는 이산화탄소 배출량을 측정하고, 이를 통하여 이산화탄소 배출을 줄일수 있는 폐기물 관리방안을 수립.
	전명희	건설 시공단계에서 발생되는 이산화탄소 발생량을 저감시키기 위해 환경영향요인을 도출 및 분석하고 이를 바탕으로 친환경 건설관리방안을 제안.
통합 비용	권석현	환경 시설물에 대한 환경성 및 경제성 평가를 위해 통합비용 분석모델을 제안하고, 제안된 분석모델의 적용성을 검증하기 위하여 사례분석을 실시.
	김기현	노후 공동주택 리모델링 마감공사 시 환경적인 요인, 경제적인 요인을 복합적으로 고려하여 효율적인 실내 마감재료을 선정하는 방안을 제시.

3. 친환경 기술 우선순위 도출을 위한 평가방법 개발

LCC와 LCA의 평가항목은 서로 기준이 다르다. LCC는 정량적인 단위인 '원'으로 나타낼 수 있으나 LCA는 원이 아닌 ton 등의 발생량으로 나타나게 된다. 따라서 LCA의 평가항목인 CO_2 배출량을 탄소배출권 시세를 적용하여 LCC의 단위인 원으로 환산하여 LCC와 LCA의 단위를 통일시켜주는 두었다. 하지만 이렇게 도출된 값들은 발주자 등의 기술을 선택하여 적용하는 의사결정자들의 주관적인 성향을 무시하고 단순히 정량적으로 산출된 값들만 사용하기 때문에 발주자 등의 의사결정 시 발주자의 의견을 정확히 반영하고 있지는 않으며, 따라서 기술을 선택하고 적용하는 의사결정자가 자신들의 의견을 반영한 평가항목의 가중치를 산출하여 객관적인 원단위 결과와 의사결정자의 의견이 반영된 가중치를 통합하여 지수 총합으로 전환하는 것이 의사결정의 신뢰성을 높여줄 것이다. 다음의 그림 2는 친환경 기술의 우선순위 도출을 위한 평가방법을 도식화한 것이다.

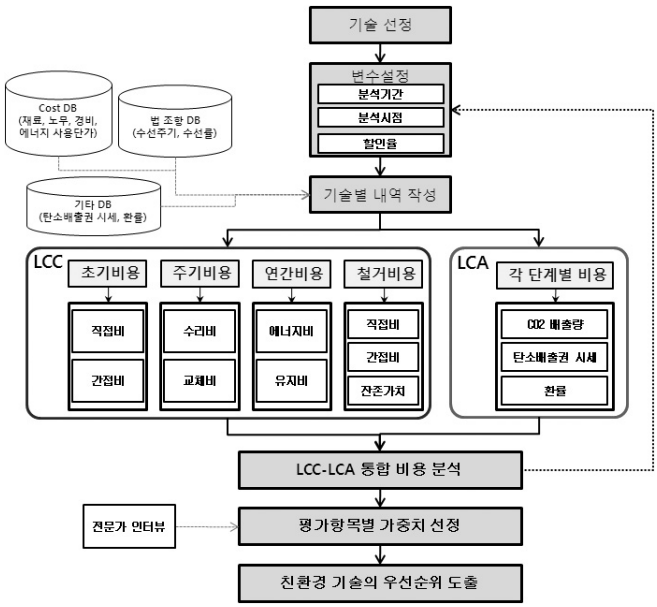


그림 2. 친환경 기술의 우선순위 도출을 위한 평가방법

3.1 경제성 평가기법 평가항목 도출 및 평가방법

친환경 기술의 경제성 평가방법을 위하여 Stephen J.Kirk(1995)의 Life Cycle Costing for Design Professionals을 통하여 LCC 방법을 활용한 경제성 평가항목을 도출하였으며, Seppo Junnila (2006)의 Life-Cycle Assessment of Office Buildings in Europe and the United States에서 LCA 방법을 활용한 경제성 평가항목을 도출하였다.

먼저, LCC 경제성 평가항목을 도출하기 위한 평가 요소로 초기비용, 주기비용, 연간비용, 철거비용으로 도출하였으며, LCA 경제성 평가요소로는 초기단계, 운영단계, 철거단계별 CO_2비용으로 도출하였다. 이렇게 도출된 각 평가요소는 다음과 같은 평

가항목으로 구성된다. 초기비용은 친환경 기술의 설치에 필요한 자재비, 노무비, 경비 등의 초기투자비용을 나타낸다. 다음의 주기비용은 친환경 기술의 수리비용, 교체비용 등이 포함되며, 연간비용 입력은 친환경 기술의 연간 에너지 비용, 유지비용 등의 연간비용으로 나타난다. 또한 친환경 기술의 철거공사비용, 잔존가치 등은 철거비용으로 포함한다. 마지막으로 CO_2비용은 기술의 CO_2배출량으로 나타난다.

3.1.1 각 평가항목과 평가방법

초기비용은 기존 기술과 친환경 기술의 초기공사비용 데이터를 초기비용 내역서에 입력하여 직접비와 간접비를 산출한다. 산출된 직접비와 간접비는 합산되어 경제성 평가 모형의 초기비용으로 산출된다. 주기비용은 기술에 사용된 자재 및 부품들의 수선주기를 파악하여 자재와 부품을 부분수리 또는 전면수리 시 발생하는 비용을 파악하기 위한 항목이다. 기존 기술과 친환경 기술의 주기비용 내역서를 작성한 후 내역서를 통하여 결정된 비용은 현재가로 변환시켜 최종 주기비용의 금액을 결정한다. 연간비용은 기술이 운영되면서 사용되는 에너지 비용과 운영을 위하여 투입되는 유지관리 비용을 파악하기 위한 항목이다. 연간비용은 기존기술과 친환경기술 내역서를 작성하여 연간비용을 확정한다. 철거비용은 철거단계에서 발생하는 비용을 산출한다. 철거공사에 투입되는 자재, 노무비 등의 내역서를 통하여 직접비와 간접비를 산출하고 폐기물 운반과 처리에 발생하는 폐기물 처리비, 폐기물의 재활용과 재사용에 관련된 폐기물 잔존가치 비용이 포함된다. CO_2비용은 기존 기술과 친환경 기술의 CO_2배출량을 입력하고, 탄소배출권 거래시세를 적용하여 CO_2비용을 산출한다. 산출된 CO_2비용은 현재가로 환산되어 경제성 평가 모형의 CO_2비용으로 입력된다. CO_2배출량은 초기, 운영, 철거 단계의 각 단계 별 배출량을 입력한다. 운영 단계의 CO_2배출량의 경우 연간 배출량을 입력한다. CO_2배출량 산정은 자재의 사용으로 인한 이산화탄소 배출량으로 구할 수 있다. 다음의 표 3은 각 평가항목에 따른 평가방법을 나타내는 표이다.

표 3. 각 평가항목별 평가방법

평가항목	평가요소	평가방법
초기비용(CI)	직접비, 간접비	CI = Cd + Ci Cd = Qm * Cm + Qm * Ch + Qm * Cc Ci = Cd * 5%
주기비용(CN)	수리비, 교체비	CN = (Cd * Ra * Rp) * Cpc
연간비용(CA)	에너지비, 유지비	CA = Cea * Cpc Cea = Qea * Ce
철거비용(CU)	직접비, 간접비, 잔존가치	CU = (Cd + Ci + Sv) * Cpc
CO_2비용 (QCO_2)	CO_2배출량, 탄소배출권 시세	CCO_2 = QCO_2 * Ct * Er QCO_2 = Qm * Cm * COi
현재가 (Cp)	각 평가비용, 현가계수	Cp = Cn * Cpc Cpc = (1+i)^n

CI : 초기비용, Cd : 직접비, Ci : 간접비, Qm : 자재량, Cm : 자재단가,
Ch : 노무단가, Cc : 경비, CN : 주기비용, Ra : 수선주기, Rp : 수선율,
CA : 연간비용, Cea : 연간 에너지 비용, Cpc : 현가계수, CU : 철거비용,
Sv : 잔존가치, CCO_2 : CO_2비용, QCO_2 : CO_2배출량, Ct : 탄소배출권 시세,
Er : 환율, COi : 자재의 원단위당 CO_2배출량, Cp : 현재가,
Cn : 각 평가항목별 비용, Cpc : 현가계수, i : 이자율, n : 총 생애주기

3.1.2 LCC-LCA 통합 경제성 평가기법 구조

건축물 생애주기의 각 단계별로 초기, 운영, 철거 단계로 나누어 경제성 평가를 실시한다. LCC 기법을 활용한 경제성 평가는 3.1절에서 나타난 LCC 경제성 평가항목과 Data를 활용하였다. LCC 항목의 경제성 평가방법은 각 항목별 비용을 산출하고 산출된 비용을 모두 합하여 LCC 비용을 구한다. LCA 기법을 활용한 CO_2발생량 산출은 산업연관분석법을 활용하여 건축분야 405개의 기본부분(자재 등)에 대해 "에너지 소비량 및 CO_2배출원단위 자료"를 제시한 건설교통부(2004)의 연구결과를 활용하였다. 산출된 CO_2발생량은 유럽에서 사용하는 탄소배출권 시세를 적용하여 비용적인 가치를 측정하고 유럽과 한국의 환율을 적용하여 원단위로 환산한다. 통합 경제성 평가 모델은 앞선 단계에서 입력된 기본 정보, 초기비용, 주기비용, 연간비용, 철거비용, CO_2비용을 합하여 기존 기술과 친환경 기술의 경제성을 비교 분석한다. 표 4는 3.1절에서 계산된 비용들을 모아 기존 기술과 친환경 기술의 경제성을 비교분석하기 위한 표이다.

표 4. 경제성 평가 분석표(예시)

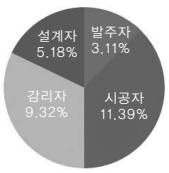
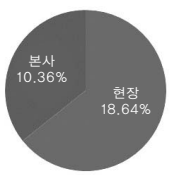
분류	항목	세부항목	세세부항목	기존기술		친환경기술	
				비용 (천원)	현재가 (천원)	비용 (천원)	현재가 (천원)
LCC-LCA	초기단계	초기 비용	직접비	3,514,968	3,514,968	4,600,043	4,600,043
			간접비	175,748	175,748	230,002	230,002
			CO_2	167,552	167,552	79,094	79,094
	운영단계	주기 비용	수리비용	370,995	297,493	373,133	298,160
			교체비용	1,067,299	336,689	1,385,307	371,119
			CO_2	-	-	-	-
		연간 비용	에너지 비용	83,642	1,380,862	69,160	1,141,764
			유지비용	117,296	19,588	76,633	12,798
			CO_2	8,240	136,042	6,331	104,516
	철거단계	철거 비용	직접비	3,209,805	28,888	3,022,022	27,198
			간접비	160,490	1,444	151,101	1,360
			잔존가치	65,625	591	65,625	591
			CO_2	43	0	43	0
	총비용				7,976,698		8,118,967
투자회수기간 (Simple Payback Period)				증가한 초기 투자비 / 연간 절감 비용 =			19.97 년

3.2 항목별 가중치 산정 및 우선순위 도출 방법

친환경 기술의 대표 평가항목에 대한 가중치 산정방법으로 AHP 방법론을 사용하였다. 본 연구에서 사용된 LCC-LCA 통

합 경제성 평가기법의 평가항목에 영향을 주는 요인으로는 CO_2 비용을 제외한 비용인 LCC 와 에너지 소비량, 그리고 CO_2발생량이 그것이다. 이러한 3가지의 주요 영향요인의 중요도에 따라 각 친환경 기술의 경제적인 가치는 변화되며, 이러한 변화는 친환경 기술의 건물 적용에 주요한 영향을 끼치게 되므로 3 가지 주요 영향요인의 가중치를 산정하여 친환경 기술의 우선순위 도출 시 활용해야 한다.

표 5. 평가항목별 가중치 도출을 위한 인터뷰 개요

항목	내용	
목적	친환경 기술의 의사결정을 위한 평가항목별 영향관계 도출	
인터뷰 기간	2010.06.14 ~ 2010.06.21(1주간)	
인터뷰 대상	국내 건설업계 종사자	
참여자 평균 경력	평균 17년	
설문 참여자	소속 	현장 : 본사 

AHP 기법의 가중치 산정을 위하여 총 28명의 전문가와 인터뷰를 통하여 데이터를 수집하였으며, 위의 표 5는 평가항목별 가중치 도출을 위한 인터뷰의 개요를 나타낸 것이다.

항목별 가중치 산정 시 중요도지수는 5점(중요도가 매우 높음), 4점(중요도가 높음), 3점(중요도가 보통), 2점(중요도가 낮음), 1점(중요도가 매우 낮음)의 5점 척도기준을 사용하였다. 표 6은 AHP 기법을 활용하여 가중치를 산정한 것이다.

표 6. AHP 기법을 활용한 가중치 산정

대분류		소분류	
평가항목	가중치	평가항목	가중치
LCC-CO_2비용 제외 (초기비용+주기비용+ 유지비용+철거비용)	0.556	초기비용	0.685
		주기비용	0.132
		철거비용	0.183
에너지 소비량 (에너지 비용)	0.297	전기	0.237
		냉난방	0.763
CO_2 저감량 (CO_2 비용)	0.147	초기단계	0.324
		운영단계	0.538
		철거단계	0.138

LCC-LCA 통합 경제성 평가기법의 항목 중 AHP 기법에서 가중치 산정을 위해 사용한 항목인 CO_2비용을 제외한 LCC, 에너지 소비량, CO_2 배출량에 대하여 각 기존 기술 대비 친환경 기술의 절감량을 백분율로 환산하여 다음의 표 7과 같이 나타낸다.

표 7. 기존기술 대비 친환경 기술의 대표항목별 절감량

친환경 기술	LCC (CO_2비용 제외)	에너지소비량	CO_2발생량
기술명	기존 기술 대비 친환경 기술의 절감량(%)	기존 기술 대비 친환경 기술의 절감량(%)	기존 기술 대비 친환경 기술의 절감량(%)

친환경 기술의 우선순위를 도출하기 위하여 기존 기술 대비 친환경 기술의 대표항목별 절감량과 3.2절의 평가항목별 가중치를 활용하여 기술의 우선순위 점수를 산출한다. 우선순위 점수 산정은 기술의 대표항목별 절감량과 가중치를 곱하여 중요도를 산출하고 각 항목별 중요도의 총합을 통하여 값이 높은 순으로 높은 순위를 나타낸다. 다음의 표 8은 우선순위 도출을 위한 중요도와 우선순위 산정 결과를 나타내는 표이다.

표 8. 친환경 기술의 중요도 및 우선순위 산정 표(예시)

친환경 기술	순위	중요지수 총합 (a+b+c)	LCC (CO_2비용 제외)	에너지소비량	CO_2발생량
			중요도(a)	중요도(b)	중요도(c)
친환경 지능형 컴포넌트 기술	1	24.27	15.01	0	9.26
다기능 이중외피 시스템	2	-1.32	-13.90	8.32	4.26

4. 친환경 기술의 적용 우선순위 도출을 위한 Case Study

4.1 Case Study 개요

4.1.1 Case Study에 활용할 친환경 기술

친환경 기술들을 본 경제성 평가모델에 적용하여 친환경 기술들의 우선순위 도출을 위한 경제성 평가를 실시하였다. 먼저 친환경 지능형 컴포넌트 기술의 Case study를 통하여 자세한 분석을 실시하고 이후의 Case study에서는 친환경 기술의 소개와 경제성 평가분석표만 나타내었다.

4.1.2 적용대상 건축물

친환경 기술을 적용하는 건축물로는 다양한 건축물들이 있으나 현재 우리나라의 건축산업에서 가장 많이 건축되고 있는 건축물인 공동주택을 대상으로 하는 것이 친환경 기술의 목적에 가장 부합된다. 따라서 Case Study를 위하여 적용대상 건축물로 경기도 성남시에 위치한 공동주택을 대상으로 하였다. 대상 건축물은 2001년 착공하여 2004년에 준공된 초고층 주상복합 건축물 단지이며, 전체 13개 동 중 1개 동을 대상으로 실시하였다. 다음의 표 9는 Case Study 대상 건축물의 개요를 나타낸 것이다.

표 9. 대상 건축물 개요

구분	내용
대지위치	경기도 성남시
지역지구	중심상업지구, 도시설계지구
대지면적	99,744m²
용도	공동주택, 판매시설
건축규모	지상 35층, 지하 3층
건축면적	59,061m²
건폐율	59.21%
연면적	437,729m²
용적율	355.99%
조경면적	29,109m²
세대수	1,829 세대

4.1.3 친환경 기술의 Case Study를 위한 기본 가정 설정

친환경 기술의 Case Study를 위하여 LCC-LCA 통합 경제성 평가를 위한 분석기간, 분석시점, 할인율에 대하여 설정하였다.

분석기간은 친환경 기술이 공동주택에 적용되어 건물의 사용이 완료되는 기간인 건물의 내구연한으로 분석기간을 결정할 수 있다. 공동주택 재건축을 위한 법적 기준연도가 20년에서 30년으로 확대하기로 되어 분석기간은 30년으로 설정하였다. LCC-LCA 통합 경제성 평가에서는 친환경 기술의 설치를 통한 운영, 철거 단계까지를 분석하기 위해 친환경 기술의 설치가 끝나고 사용하는 단계인 준공 후 운영단계의 시작지점을 분석 시점으로 설정하였다. 마지막 할인율은 미래가치가 현재가치로 환산될 때 사용하는 것으로써 현재의 이자율을 사용하였다. 다음의 표 10은 기본 가정으로 설정한 분석기간, 분석시점, 할인율을 정리한 것이다.

표 10. Case Study를 위한 기본 가정설정

구분	가정 내용
분석기간	30년 (법인세법의 최소 내구연한)
분석시점	건축물 운영단계의 시작시점
할인율	은행이자율 6.54% (2000년 ~ 2009년의 평균 은행 이자율)

4.2 친환경 기술의 경제성 평가

4.2.1 친환경 지능형 컴포넌트 기술

친환경 지능형 건축 컴포넌트 기술은 건축물 내부공간의 기능성, 건축프로세스의 효율화와 친환경화, 건축물 생애주기비용 최소화라는 목적을 가지고 있다. 벽체 컴포넌트의 구성자재는 유로폼, 서포트와 같은 재사용이 가능한 자재는 포함시키지 않았으며, 습식벽체와 가변형 벽체 컴포넌트의 구성자재별 소요물량 및 단가를 분석하면 다음의 표 11과 같다.

표 11. 습식 벽체 컴포넌트 구성 자재

(1 세대당)

구분	자재	단위	소요물량	소요가격(원)	비율(%)
습식벽체	레미콘	m3	0.571	39,822	67.85
	철근	kg	29.77	17,595	29.98
	박리재	l	0.408	612	1.04
	spacer	EA	23	276	0.47
	못	kg	0.34	225	0.38
	결속선	kg	0.1993	162	0.28
가변형 벽체	MDF	m2	10.44	30,589	74.45
	각재	m	14.04	3,510	8.54
	폴리에스터 흡음단열재	m2	1.326	6,558	15.96
	볼트	EA	8	432	1.05

표 12. 습식 벽체 컴포넌트 에너지 소비량과 CO_2 배출량

(1 세대당)

구분	자재	에너지소비량(MJ)	CO_2 배출량(kg-CO_2)
습식벽체	레미콘	591.99	41.94
	가변형 벽체	743.93	71.19
	박리재	7.28	0.54
	spacer	4.30	0.31
	못	3.47	0.29
	결속선	2.27	0.18
가변형 벽체	MDF	475.78	32.82
	각재	13.48	0.95
	폴리에스터 흡음단열재	113.17	8.01
	볼트	6.67	0.56

표 12는 각 자재별 최종 소요량을 활용하여 산업연관표에서 에너지 소비량과 CO_2배출량을 산출한 것이다. 초기비용은 표 14의 Data를 활용하여 비용분석을 실시하였으며, 표 13은 각 기술의 초기비용에 대한 분석표이다.

표 13. 컴포넌트별 초기비용 분석

구분	습식벽체 컴포넌트	가변형 벽체 컴포넌트
소요비용	58,692 원	41,089 원
1세대당 비용	2,065,958.4 원	1,446,332.8 원
공사비 비교	가변형 벽체 컴포넌트 사용시 619,625.6원 감소	
대상	1세대 당 면적 = 단위면적 * 1세대 내부벽체 길이(35.2m)	

기존 기술인 습식벽체 컴포넌트는 초기 시공 후 교체나 수리되는 자재들이 추가적으로 없기 때문에 비용을 고려하지 않았으며, 친환경 기술인 가변형 벽체 컴포넌트는 MDF 자재의 수리가 포함되어 비용 산정을 실시하였다. CO_2발생량은 MDF 자재의 수리에 들어가는 부분이 발생되나 너무 작은 값이기 때문에 삭제하였다. 또한 벽채 컴포넌트는 초기 설치 이후 운영단계에서 사용되는 에너지와 유지비용이 추가적으로 소요되지 않기 때문

에 비용 산정에서 제외하였다. 각 기술의 철거단계에서 발생되는 비용은 기존 기술이 친환경 기술보다 약 2배 정도 소요가 되며, 향후 30년 뒤에 기술의 철거 시 발생되는 비용이기 때문에 현가계수를 적용하여 비용을 산정하였다.

습식벽체 컴포넌트와 가변형 벽체 컴포넌트의 Case study 결과, 총 비용은 각각 124,955,400원과 59,706,000원으로 산출되었다. 기존 기술보다 친환경 기술이 약 53%의 비용 절감 효과를 나타내었다. 또한 배출되는 CO_2발생량은 친환경 기술이 기존 기술에 비하여 약 66% 적게 배출하였다. 다음의 표 14는 산출된 경제성 평가분석표이다.

표 14. 친환경 지능형 컴포넌트 기술의 경제성 평가

분류	항목	세부항목	세세부 항목	기존기술		친환경기술	
				비용(천원)	현재가(천원)	비용(천원)	현재가(천원)
LCC-LCA	초기단계	초기 비용	직접비	3,578,400	3,578,400	1,647,792	1,647,792
			간접비	178,920	178,920	82,390	82,390
			CO2	5,211	5,211	1,927	1,927
	철거단계	철거 비용	직접비	10,735	1,869	53,676	9,346
			간접비	53,6.76	93.46	26,83.8	46,7.28
			잔존가치	N/A	N/A	N/A	N/A
			CO2	N/A	N/A	N/A	N/A
	총비용				3,764,507		2,352,482
투자회수기간 (Simple Payback Period)				증가한 초기 투자비 / 연간 절감 비용 = 0			

4.2.2 다기능 이중외피 시스템

건물의 외피는 실내 · 외 공간을 구분 짓고 다양한 외부환경의 영향이 실내로 유입되는 것을 조절하는 경계면으로서 실내환경 조절부하를 결정짓는 아주 중요한 부분이다. 에너지 절약형 다기능 외피시스템은 건물외피의 기본적인 역할인 단열, 환기, 채광, 일사차단 등 건축의 환경조절 기능을 보다 적극적으로 수행할 수 있는 외피시스템이다. 다기능 이중외피시스템의 도입과 효과적인 운영을 통해 건물 유지 · 관리비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 재실자에게 쾌적하고 건강한 삶을 영위할 수 있도록 하며 에너지 사용량과 CO_2발생량을 효과적으로 저감할 수 있다.

단일외피 시스템과 다기능 이중외피 시스템의 초기비용은 1,133,424,000원과 12,794,040,000원으로 다기능 이중외피 시스템이 단일외피 시스템에 비하여 약 1129% 증가한 금액이었다. 그러나 에너지 사용요금은 각각 연간 258,840,000원과 186,192,000원으로 다기능 이중외피 시스템 적용시 연간 72,648,000원을 절감할 수 있었다. 철거비용에서는 단일외피 시스템이 172,932,581,000원, 다기능 이중외피 시스템이 155,898,623,000원이 발생되었다. 총 비용 분석 결과, 다기능 이중외피 시스템이 11,894,793,000원 절감되는 것으로 분석되었다. 그러나 투자회수기간에서는 과도한 초기투자비용이 발생하였음에도 불구하고 연간 사용되는 에너지량의 감소로 인하여 7.74년의 투자회수기간이 산정되었다. 이는 친환경 기술의 적용 시 초기 투자비용이 과다하게 투입되지만 향후 운영단계에서의 에너지 저감으로 인하여 친환경 기술의 적용이 이익을 준다는 것을 보여준다. 표 15는 다기능 이중외피 시스템의 경제성 분석 결과를 나타낸 것이다.

표 15. 다기능 이중외피 시스템의 경제성 평가

분류	항목	세부항목	세세부 항목	기존기술		친환경기술	
				비용(천원)	현재가(천원)	비용(천원)	현재가(천원)
LCC-LCA	초기단계	초기 비용	직접비	1,133,424	1,133,424	12,794,040	12,794,040
			간접비	56,671	56,671	639,702	639,702
			CO_2	N/A	N/A	N/A	N/A
	운영단계	주기 비용	수리비용	763,200	610,560	763,200	610,560
			교체비용	54,792	43,834	24,408	19,526
			CO_2	5,227,200	71,951,525	3,719,088	51,192,618
		연간 비용	에너지 비용	258,840	3,562,889	186,192	2,562,901
			유지비용	N/A	N/A	N/A	N/A
			CO_2	5,227,200	71,951,525	3,719,088	51,192,618
	철거단계	철거 비용	직접비	164,502,936	28,641,628	148,349,448	25,829,142
			간접비	8,225,147	1,432,081	7,417,472	1,291,457
			잔존가치	204,498	35,605	131,703	22,931
			CO_2	N/A	N/A	N/A	N/A
	총비용				106,857,671		94,962,878
투자회수기간 (Simple Payback Period)				증가한 초기 투자비 / 연간 절감 비용 = 7.74 년			

4.2.3 고강도-고성능 콘크리트 개발

고강도 콘크리트는 고층화에 따른 친환경 생산기술로써, 재료절감에 의한 경제성과 횡방향 진동 등에 대한 사용성 및 안전성 확보가 가능하므로, 환경부하의 저감의 대안으로 계속 확대될 가능성이 있다. 고강도 콘크리트의 이점은 환경 부하와 삶의 질의 두가지 측면으로 나누어 볼 수 있다. 환경 부하 측면에서의 고강도는, 고강도화에 따른 단면의 축소로 철근 및 철판류, 시멘트류, 레미콘, 철근, 가설자재(방진망, 비계, 동바리, 합판), 시멘트, 레미콘, 시멘트벽돌 및 블록, 타일콘크리트 제품 등과 같이 자재 생산 시 단위 이산화탄소 배출량이 많은 자재의 투입량이 감소한다. 이는 곧 CO_2 방출량의 감소로 직결되며, 투입된 자재량의 감소로 인해 폐기물의 량도 줄어든다. 이와 같이 고강도 콘크리트는 자원절감, 폐기물 절감, 내구성 향상 등으로 인하여 지구환경부하를 저감하면서, 거주환경성능을 향상시키는 효과적인 친환경 건축생산기술로 적합한 것으로 판단된다.

기존 설계에서의 콘크리트 압축강도는 24, 27, 30, 35MPa로 구분하였다. 자원절감의 정량적인 평가를 위하여 현재 국내에서

콘크리트 제조방법과 시공기술이 입증되어 있는 70MPa의 고강도 콘크리트를 대상 건축물에 적용하였으며, 이를 최대값으로 하여 기존 4단계로 나누어진 강도에 따라 70, 60, 50, 40MPa으로 강도조닝을 하여 재설계 하였다. 이 해석결과를 토대로 콘크리트 및 철근물량을 산출하고 기존설계와 비교검토를 통하여 다음의 표 16과 같이 물량산출을 하였다.

표 16. 고강도 Con'c 적용 설계 시 기존 설계와의 물량 비교

	기존 설계(ton)	고강도 Con'c 적용 설계(ton)	증감량(ton)
Con'c 물량	11,377.30	10,260.10	1,117.2 감소
철근 물량	545.33	351.21	194.12 감소

콘크리트 물량은 위의 표와 같이 기존설계가 11,377.30 ton이며 고강도콘크리트 적용 시 10,260.10 ton으로 1,117.2ton (9.82%) 감소하였으며, 철근 물량은 전체적으로 194.12ton (35.60%) 감소하였다.

초기비용 산출은 표16에 나타난 물량에 단가를 적용하여 초기비용을 산출하였다. 기존설계의 Con'c 와 철근의 단가는 대상 건축물의 내역을 적용하였으며, 고강도 Con'c 적용 설계에서 Con'c 단가는 일반적인 레미콘 업체의 평균단가를 적용하였으며, 철근 단가는 기존과 동일하게 적용하였다. 그리고 레미콘의 단가는 m^3 기준으로 하고 있어 이를 ton으로 변경하였으며 $1m^3$ 당 2.4 ton으로 환산하였다. 주기비용은 Con'c구조물의 특성상 초기 공사완료 후 지속적인 유지를 위하여 추가적으로 투입되는 자재들이 없기 때문에 산출하지 않았다. 또한 연간비용도 초기 설치 이후 운영단계에서 사용되는 에너지와 유지비용이 추가적으로 소요되지 않기 때문에 비용 산정에서 제외하였다. 철거비용은 각 기술의 철거단계에서 발생되는 비용으로써 기존 기술이 친환경 기술의 물량보다 Con'c는 9.82%, 철근 물량은 35.60% 감소하여 기존 기술의 철거비용 산정 후 물량의 비율을 적용하여 산출하였다. 다음의 표 17은 고강도-고성능 콘크리트 기술의 경제성 분석 결과를 나타낸 것이다.

표 17. 고강도-고성능 콘크리트 기술의 경제성 평가

분류	항목	세부항목	세세부 항목	기존기술		친환경기술	
				비용(천원)	현재가(천원)	비용(천원)	현재가(천원)
LCC-LCA	초기단계	초기 비용	직접비	1671313	1671313	2511178	2511178
			간접비	83566	83566	125559	125559
			CO_2	478072	478072	469208	469208
	철거단계	철거 비용	직접비	2284763	397800	2060409	358738
			간접비	114238	19890	103020	17936
			잔존가치	204498	35605	131703	22930
			CO_2	N/A	N/A	N/A	N/A
	총비용				2686246		3505549
투자회수기간 (Simple Payback Period)			증가한 초기 투자비 / 연간 절감 비용 = 0				

4.2.4 Case study를 통한 각 친환경 기술의 경제성 분석

본 연구에서는 친환경 기술에 대하여 Case study를 실시하였다. LCC-LCA 통합 경제성 평가기법의 대표항목으로 각 항목의 특징을 나타내주는 CO_2비용을 제외한 LCC, 에너지 소비량, CO_2배출량을 정하였다. 표 18는 각 기존 기술 대비 친환경 기술의 항목별 절감량을 백분율로 환산한 결과이다.

LCC 항목에서는 친환경 지능형 컴포넌트 기술의 절감이 많았으며, 에너지 소비량에서는 다기능 이중외피 시스템, CO_2발생량에서도 CO_2 비용을 제외한 LCC 항목과 마찬가지로 친환경 지능형 컴포넌트 기술이 많이 절감하는 것으로 나타났다.

표 18. 친환경 기술의 대표항목별 백분위

친환경 기술	LCC(CO_2비용 제외)	에너지소비량	CO_2 발생량
친환경 지능형 컴포넌트 기술	27%	0	63%
다기능 이중외피 시스템	-25%	28%	29%
고강도-고성능 콘크리트 기술	-38%	0	2%

4.3 평가항목별 가중치를 활용한 친환경 기술 우선순위

건물에 적용 가능한 친환경 기술의 우선순위를 도출하기 위하여 표 18의 친환경 기술의 대표항목별 백분위와 표 6의 평가항목별 가중치를 활용하였다. 기존 기술 대비 친환경 기술의 대표항목별 절감량에 산정된 가중치를 곱하면 다음의 표 19와 같이 정리할 수 있고, 중요지수의 총합을 활용하여 각 기술의 우선순위를 도출하였다.

표 19. 친환경 기술의 중요도 및 우선순위 산정

친환경 기술	순위	중요지수 총합 (a+b+c)	LCC (CO_2비용 제외)	에너지 소비량	CO_2 발생량
			중요지수 (a)	중요지수 (b)	중요지수 (c)
친환경 지능형 컴포넌트 기술	1	24.27	15.01	0	9.26
다기능 이중외피 시스템	2	-1.32	-13.9	8.32	4.26
고강도-고성능 콘크리트 기술	3	-21.43	-21.13	0	0.3

친환경 기술의 각 항목별 점수를 합하여 가장 높은 점수별로 나열하면 친환경 지능형 컴포넌트 기술, 다기능 이중외피 시스템, 고강도-고성능 콘크리트 기술 순으로 나타났다. 따라서 건물에 적용을 위한 친환경 기술의 우선순위는 친환경 지능형 컴포넌트 기술, 다기능 이중외피 시스템, 고강도-고성능 콘크리트 기술 순으로 도출되었다.

5. 결론

본 연구는 건물의 생애주기 동안 건축물에 적용되는 친환경 기술의 우선순위를 파악하여 건축물 기획 시 친환경 기술 선정의 의사결정을 위한 방법을 제시하고자 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 친환경 기술의 경제성 평가를 위하여 LCC-LCA 통합 경제성 평가기법을 활용하여 Case Study를 실시하여 도출된 친환경 기술의 경제성 평가 결과와 AHP 기법을 활용한 평가항목별 가중치 산정 결과를 활용하여 친환경 기술 적용에 대한 친환경 기술의 우선순위를 결정하였다. 먼저, LCC-LCA 통합 경제성 평가기법을 활용한 친환경 기술의 경제성 평가 시 CO_2발생량을 제외한 Cost만을 고려하였을 때 친환경 기술에서 기존기술과 비교하여 경제성이 낮은 것으로 나타났다. 하지만 환경적 요인인 CO_2발생량을 비용으로 환산하여 평가항목으로 추가되면서 CO_2발생량을 제외했을 때 경제성보다 높게 나타났으며, 이는 환경적 요인을 평가항목에 포함하여 경제성을 분석하는 것이 친환경 기술의 경제성 평가에 신뢰도를 높여줄 수 있다는 것을 보여주는 것이다.

마지막에는 분석된 경제성 평가기법의 결과와 산정된 평가항목의 가중치를 활용하여 도출된 중요도를 통하여 친환경 기술의 우선순위를 평가하였다. 여기서 AHP 기법을 활용하여 가중치를 산정한 것은 친환경 기술의 건축물 적용을 위한 발주자 의사결정 시 발주자가 중요하다고 생각하는 평가요소의 중요도를 선정함으로써 보다 의사결정의 신뢰성을 높여줄 것이다. 친환경 지능형 컴포넌트 기술과 다기능 이중외피 시스템, 고강도-고성능 콘크리트 기술 중 친환경 지능형 컴포넌트 기술이 높은 순위를 나타냈다.

본 연구의 결과는 발주자가 프로젝트 기획 시 건축물에 적용할 친환경 기술의 선정을 위한 의사결정에 도움을 줄 수 있으며, 향후 개발되는 다른 친환경 기술의 우선순위 도출을 위한 선행연구로 활용될 것이다. 또한 본 연구의 LCC-LCA 통합 경제성 평가 시 환경적인 요소인 CO_2발생량을 경제적인 요인으로 환원하여 경제성 평가항목으로 포함시켰기 때문에 향후 다른 환경적인 요인들도 경제성 평가 항목으로 포함 시키는 선행 연구가 될 것이다. 하지만 친환경 기술의 평가항목은 본 연구의 평가항목 이외에 더 많은 항목들이 존재하며 향후 이러한 평가항목들을 추가적으로 선정하여 경제성 평가 시 활용해야 할 것이며, AHP 기법을 활용한 가중치 산정 시 다른 요인을 선정하여 더욱 세분화된 가중치 산정이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 우수연구센터 운영사업인 한양대학교 친환경 건축 연구센터의 지원으로 수행되었음. 과제번호 R11-2005-056 -03004-0.

참고문헌

건설교통부 한국건설교통기술평가원, "건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구"

권석현(2009), "환경시설물의 환경성 및 경제성 통합비용 분석에 관한 연구", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.376-382

김기현(2008), "노후 공동주택 리모델링의 경제성을 고려한 친환경 실내 마감재료 선정 방안", 한국건설관리학회 논문집, 제9권, 제4호, pp.84-92

김재원(2006), "건축공종 및 내부자재별 친환경평가 분석을 통한 Smart Component 개발에 관한 연구", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.619-624

김지혜(2007), "CO_2 배출특성을 고려한 건설폐기물 관리방안 수립기준 : 고층 주거건물 건설 프로젝트를 대상으로 한 사례조사", 한국건설관리학회 논문집, 제8권, 제6호, pp.150~158

박영민(2009), "LCC를 고려한 BOX구조물 뒷채움 재료의 경제성 분석", 한국건설관리학회 논문집, 제10권, 제6호,, pp.40-48

배재욱(2008), "건축공사 옥상 도막방수 공법의 LCC분석", 한국건설관리학회 논문집, 제9권, 제4호, pp.57-66

전명희(2009), "건설 프로젝트 시공단계의 온실가스 배출 영향요인 분석", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.260-266

IPCC(1995), "온실가스의 주요 배출원과 온난화 기여도"

Seppo Junnila., et al., 2006, "Life-Cycle Assessment of Office Buildings in Europe and the United States", JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS, Vol. 12, No. 1, pp. 10-17

Stephen J.Kirk, et al., 1995, "Life Cycle Costing for Design Professionals", McGraw-Hill

논문제출일: 2010.11.23
논문심사일: 2010.11.26
심사완료일: 2011.03.10

Abstract

Green technologies of buildings are spreading for saving resource and energy consumption during life cycle of buildings. However, selection of optimized the technologies for applying projects is needed a lot of time and costs. Therefore prioritization is necessary to apply the technologies for buildings. An evaluation of economic value for the technologies is significant for prioritization of the technologies, however, the current evaluation system of economic value for technologies is not reflected the accurate features of the technologies. Green technologies have the objectives for reducing the emission of CO2 and saving the cost during the whole lifecycle of buildings. Thus the evaluation of economic feasibility for green technologies is needed to include the economic value from improving the environment. This paper developed the economic evaluation method integrated with LCC and LCA to accurately analyze the economic value for green technologies. Moreover, this paper drew the priority of the technologies by conducting case studies with the integrated method and analyzing the results with AHP. The conclusion of case studies, Green technologies is worth more if to include the economic value from improving the environment. Then in analysis of priority, Green intelligent component technologies were rated the highest.

The conclusion of the study is able to utilize the supporting tool for making decision to select the optimized technologies for the projects and precedence study for developing future research of prioritization for green technologies. The future study for improving the developed method will supplement the various evaluation factors and apply the detailed weight to analyze the priority of green technologies.

Keywords : *LCC, LCA, Economical Evaluation Method, Green Technologies, Integrated Method, AHP*