

경제성 평가를 위한 LCC-LCA 종합분석 모델 개발 및 사례적용

Development of LCC-LCA Integrated Analysis Model for Efficiency

안혜련^{1*}

임진호¹

허영기²

Ahn, Hye-Ryeon^{1*}

Lim Jin Ho¹

Huh, Young-Ki²

Graduate School of Architectural Engineering, Pusan National University, Geumjeong-Gu, Busan, 609-735, Korea ¹
Department of Architectural Engineering, Pusan National University, Geumjeong-Gu, Busan, 609-735, Korea ²

Abstract

For a successful construction project, systematic and objective decision-making is a prerequisite from the planning and designing stages. However, previous LCC analysis methods have focused only on simple cost savings and the accompanying economic efficacy while missing the environmental aspects of a structure. Although recently, a new approach of integrated CO₂ analysis has been introduced, which is more advanced than the existing simple LCC methods, it is difficult to collect all of the data necessary for each evaluation item since the product-specific cost is not presented under the LCC. In this research, cost evaluation items were selected by relatively high weights and items with heavy influence over a decision-making process in order to suggest an LCC-LCA integrated analysis model that is useful in comprehensively assessing the economic cost and environmental cost throughout the whole life cycle of a structure. The developed LCC-LCA integrated analysis model was applied to actual practices and compared with previous methods to test the model's effectiveness.

Keywords : LCC, LCA, LCC-LCA, cost evaluation items

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 프로젝트를 성공적으로 이끌기 위해서는 기획·설계 단계에서부터 체계적이며 객관적인 의사결정이 반드시 필요하다[1]. 이는 주요 의사결정에 따라 건설 프로젝트의 비용, 설비, 품질, 기간 등 여러 요소들이 변하기 때문이다. 건축물이 일단 건설되면 장기간 동안 사용하게 되고 높은 유지관리비가 발생하기 때문에 국내에서는 건축물의 전 생애주기(Life Cycle) 동안의 경제성을 검토하는 '설계의 경

제성 검토'를 법적으로 제도화하였고, 2006년부터는 100억원 이상 공사를 대상으로 생애주기비용(LCC, Life Cycle Cost)분석을 의무화하였다[1,2]. LCC 분석은 일반적으로 기획 및 설계단계에서 보다 효과적인 의사결정을 내리기 위하여 건축물 생애주기 동안 발생하는 비용을 고려하여 경제적 타당성을 분석하는 것을 말한다.

최근에 단순 LCC 분석보다 앞선 CO₂ 및 에너지절감 측면을 고려한 통합 분석 방법이 소개되고 있으나, LCC 분석에서는 방대한 평가항목이 요구되며, 제품별로 제시되는 각 부품별 비용에 따른 정보들이 미비함으로 인하여 각각의 평가항목별로 필요한 자료를 수집하는 데는 한계가 있어 모든 평가항목을 고려하여 분석하는 것은 현실적으로 어려운 실정이다[2]. 그러므로 LCC 종합 모델의 사용성을 높이기 위해서는 비용평가 항목별로 경제성 평가시 영향도가 높은 항목만을 선별하여 단순하나 신뢰성 있는 모델의 개발이 필요

Received : August 19, 2013

Revision received : October 1, 2013

Accepted : October 7, 2013

* Corresponding author : Ahn, Hye-Ryeon

[Tel: 82-51-303-2329, E-mail: keepgoing103@naver.com]

©2013 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

하다.

본 연구에서는 비용평가 항목 중에서 의사결정에 영향도가 높은 항목만을 선별하여, 건축물의 전생애주기 동안의 경제적 비용과 환경적 비용을 종합적이고 합리적으로 평가할 수 있는 LCC-LCA 종합분석 모델을 제안하고자 한다. 또한, 이를 실제사례에 적용하고 기존의 분석방법들과 비교하여 에너지 절감측면이 부가된 본 모델의 유효성을 검증하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

LCC 분석과정에서 방대한 평가항목으로 인해 실질적인 자료 수집 및 평가에 어려움을 보완하고자 가중치 및 영향도 높은 평가항목을 선정하여 경제적 비용과 환경적 비용이 모두 고려된 LCC-LCA 종합분석 모델을 제시하고자 한다. 제시된 모델의 신뢰성을 확인하기 위해 기존 연구에서 가상 건물에 제한된 부분을 보완하여 실제 건물에 적용하여 분석하고자 한다.

본 연구의 방법은 Figure 1과 같다.

첫째, LCC 분석과 LCA 분석에 관한 문헌 및 선행연구들의 고찰을 통하여 기존 연구의 이론적 고찰 및 한계를 파악한다.

둘째, LCC 및 LCA 경제성 평가항목 도출은 전문가 인터뷰와 기존문헌을 바탕으로 산정하고, 평가항목은 가중치와 영향도가 높은 것을 선정하여 종합분석 모델을 구축한다.

셋째, 개선된 LCC-LCA 종합분석 모델을 실제 건물에 적용하여 경제성 평가를 실시하고, 다음과 같이 개선된 LCC-LCA 종합분석을 검증한다.

- 가중치 및 영향도 높은 평가항목으로 구성되는 개선된 LCC 분석과 전체 평가항목으로 구성되는 일반적인 LCC 분석을 실시하여 비교·검증한다.
- 개선된 LCC 분석 및 LCC-LCA 종합분석을 비교하여, 개선된 LCC-LCA 종합분석을 통한 경제성 평가를 검증한다.

2. 예비적 고찰

2.1 LCC 분석

LCC 분석이란 시설물의 생산에서 철거에 이르는 전 과정을 나타내는 용어로 기획·설계, 시공, 운영 및 폐기처분 등에 소요되는 총 비용 뿐만 아니라 이를 분석하는 기법 및 과정을 포함한다[3]. LCC 분석은 기본적으로 경제성 평가를 위한 수단이며 평가대상은 프로젝트의 설계 대안, 시스템, 장비, 자재 등으로 다양할 수 있다. 즉, 다수의 프로젝트 또는 설계 대안 등의 경제성을 평가하고 최적 대안을 결정하는 과정에서 LCC 분석을 통해 각 대안의 총 비용을 산정하고 최종적으로 의사결정시 참조하게 된다.

따라서, 건축에서 LCC 분석이란 목표하는 최소기능을 만족하는 건축물 또는 그 부속물의 기획·설계부터 시공, 유지, 폐기까지 비용을 모두 고려하여 그 수명기간동안 가장 적은 비용이 소요되는 계획안을 선택하는 방법이라 할 수 있다. 특히 유지관리단계의 비용 지출이 상당한 비중을 차지하고 내구연수동안 소요되는 총 유지관리비는 지속적으로 비용이 발생하며 초기건설 공사비를 초과하기 때문에 시설물을 계획하는 단계부터 유지관리비를 고려하면서 총 사업비를 결정하여야 한다[4,5].

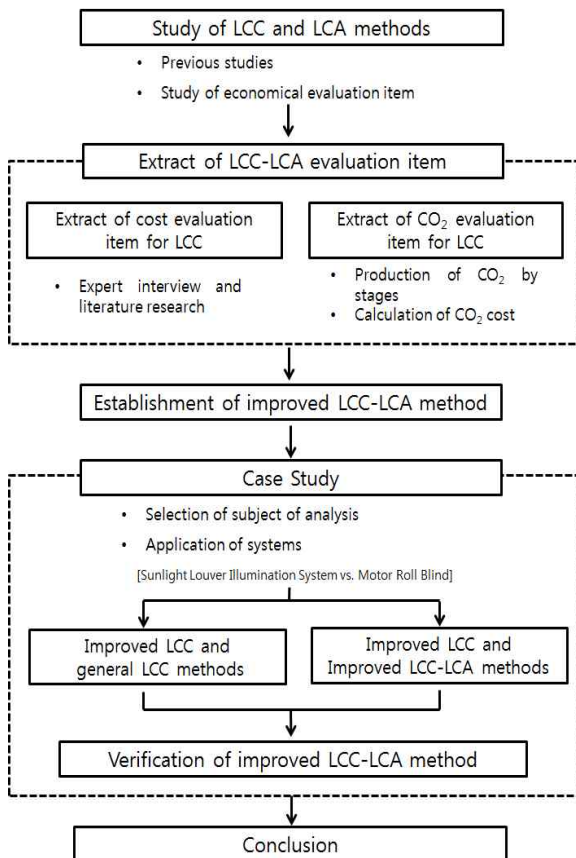


Figure 1. Research process

2.2 LCA 분석

LCA 분석이란 제품 또는 시스템의 전 과정에 걸쳐 필연적으로 발생하는 환경부하를 규명하고, 환경부하가 환경에 미치는 영향을 평가하여 이를 저감, 개선하고자 하는 기법이다[7]. 이 기법의 대상으로는 단순한 제품에서 복잡한 시스템에 이르기까지 목적에 따라 다양하며, 환경에 대한 영향으로는 환경오염물의 배출뿐만 아니라 자원, 에너지의 소비 또는 인간의 건강, 생태학적 영향까지 포함된다. 이 기법의 목적은 인간 활동의 다양한 국면에서 환경부하를 저감하는 방향으로 의사결정을 하기 위한 판단자료를 제공하는 데 있으며, 이러한 측면에서의 평가방법이 지역 환경문제와 동시에 지구환경 문제를 억제하는데 있어 유효하다.

환경부하란 건축 활동의 라이프 사이클을 통해서 지구환경에 영향을 미치는 인자-온실가스, 오존층파괴가스, 산성비원인가스, 유해폐기물 등에 대한 지구환경 부담정도를 정량화한 것이다[8].

2.3 선행연구의 고찰

LCC 분석에 관한 선행연구들의 경제성 분석이 초기설치와 단순 유지관리 비용적 측면에만 집중되어 있으며 환경적인 측면에서의 경제성 평가는 고려되지 않았다. 최근의 환경문제 인식이 높아짐에 따라 에너지소비량 및 오염물질 배출량에 대한 환경비용과 통합하여 경제성 평가를 할 수 있는 방안이 필요한 실정이다[8-11].

또한 각 선행연구별로 적용한 LCC 비용항목은 LCC 분석 과정에서 평가요소와 기준이 불명확하여 다소 차이가 있었다. 이는 LCC 분석시 적용하고자 한 제품별로 필요한 모든 요소별 평가 자료의 수집이 불가능하고, 방대한 평가항목으로 인해 실질적인 평가가 어려움으로 발생하는 문제이다. 따라서 LCC 경제성 평가 모델의 적용성을 높이고 동시에 효용성을 높이기 위해서는 실제 적용이 가능한 비용항목의 설정이 필요하다.

LCC 및 LCA 분석에 관한 연구들은 현재 초기공사비용, 유지관리비용, 해체 및 폐기비용 등 비용의 측면과 전생애평가를 통한 CO₂ 배출량을 비용으로 정량화 하여 환경적 측면까지 고려하는 평가 방법이 제시되어 왔다. 기존 연구들이 제시한 LCC 및 LCA 경제성 평가방법은 경제성 평가에 에너지절감의 비용적인 절감 측면을 부각시켰다. 그러나 가상건물을 대상으로한 평가는 실제 적용되는 평가항목을 사용하지 않은 이론적 모델을 사용하였다[1, 12, 13]. 따라서 실제 적용

에 활용하기 위해 가중치가 높고 의사결정에 영향도가 높은 항목 효율성과 활용성이 좋은 모델개발이 필요하다.

3. LCC 및 LCA 종합분석 모델

3.1 LCC 분석을 위한 평가항목 선정

이론적으로 LCC 분석은 건물이나 설비의 일생에 필요한 모든 비용을 포함하여야 하지만, 이러한 전체 평가항목들은 매우 방대하여 실제 적용성에 관한 문제가 지속적으로 제기되어왔다[1]. 따라서 합리적이고 실질적인 LCC 분석을 위해서는 가중치 및 영향도가 높은 평가항목들을 선정할 필요성이 있다.

기존 연구문헌을 조사한 결과 최근의 LCC 분석은 평가요소와 기준이 불명확하며 각 연구들에서 사용 또는 주장되는 LCC 평가항목에는 차이가 있었다.

새로운 모델 개발을 위한 LCC 분석 평가항목 선정을 위하여 14개의 문헌연구를 바탕으로 정리된 항목들에 대하여, 총 7명의 LCC 전문가 및 LCC 관련 연구를 수행한 연구자들과 인터뷰를 실시하고 각 평가항목들의 가중치 및 영향도를 산출하였으며 그 결과는 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Extraction of evaluation item for LCC

	Item	Frequency	Weight	Impact
Initial Cost	Plan/Design	1	0.14	VL
	Material	14	2.20	VH
	Installation	14	0.63	H
	Expense	2	0.05	L
	Installation Subsidy	3	0.04	VL
	Energy Management	1	0.76	M
Maintenance Cost	Repair	14	1.07	H
	Replacement	14	1.31	H
	Energy	14	2.57	VH
	General Administrative	4	0.94	L
Waste Disposal Cost	Disposal	4	0.17	VL
	Demolition	4	0.04	L
	Residual Value	5	0.01	M
etc	Acquisition Tax	2	0.01	VL
	Insurance	1	0.01	VL
	Depreciation	1	0.01	VL
	Registration Tax	2	0.03	L

※ Impact Assessment (VH:Very High, H:High, M:Medium, L:Low, VL:Very Low)

평가항목별 가중치는 전문가 7명이 산출한 값의 평균값이며, 각 평가항목의 영향도는 Very High, High, Medium, Low, Very Low로 총 5가지로 구분하여, 최빈값을 적용하였다.

전문가 인터뷰를 통하여 산출된 각 평가항목의 가중치 및 영향도와 기존 연구문헌에서 조사한 평가항목들을 토대로 아래와 같은 기준을 설정하여 합리적이고 실질적인 LCC 분석을 위한 평가항목들을 선정하였다.(Table 2)

첫째, 빈도수가 3회 이하의 경우 그 중요도가 매우 낮음으로 판단하여 제외한다.

둘째, 전체 빈도수의 50%(7회)이상은 모두 반영한다.

셋째, 빈도수가 3회 이하이나 그 가중치가 높고(1.0 이상) 영향도가 높은 경우(M이상)는 적용한다.

넷째, 빈도수가 4회 이상 7회 미만의 경우 가중치가 낮고(0.5 미만), 영향도가 낮은 경우(L 이하) 제외한다.

단, 가중치의 합은 10을 기준으로 한다.

Table 2. Selected evaluation item of LCC

Item	Initial Cost		Maintenance Cost		
	Material Cost	Installation Cost	Repair Cost	Replacement Cost	Energy Cost

3.2 LCA 분석을 위한 평가항목 선정

LCA 분석은 건축물의 자재별, 에너지소비량에 따른 CO₂ 배출량을 측정된 환경부하를 정량화하여 환경성능을 평가하며 LCA 분석의 방법론 2단계인 전과정 목록분석단계를 통하여 LCC 분석 단계에 따라 자재별, 에너지 소비량을 종합하여 CO₂ 배출량을 산출한다.

초기투자단계에서 투입되는 자재별 CO₂ 배출량을 정량적으로 분석하기 위하여 산업연관분석법을 사용한다. 산업연관분석법은 결과의 정확성에서는 직접조사법에 비하여 다소 부정확하지만 시간과 비용적 측면에서 우수하고 광범위한 분석대상을 가진 건축 산업의 특성에 적합한 방법이다.

유지관리단계에서 에너지 사용으로 인한 CO₂ 발생량을 산출하기 위해 CO₂ 배출계수를 사용한다. 하지만 국내는 고유한 CO₂ 배출계수를 산정하지 않는 상태로 IPCC의 탄소배출기준으로 한다.

각 단계별로 발생하는 CO₂는 ‘ton’ 등의 발생량으로 나

타나게 되며, LCC 분석과 같이 정량적인 ‘원’ 단위로 산출되는 방법이 아니므로 단위 환산이 필요하다. 따라서 LCA 분석의 단계별 CO₂ 배출량을 유럽기후거래소의 탄소배출권 시세 및 환율을 적용하여 LCC 분석의 단위인 ‘원’ 환산으로 LCC 분석과 LCA 분석의 단위를 통일 시켜 CO₂ 비용을 산출한다.

4. 사례적용을 통한 LCC-LCA 종합분석 모델제시 및 검증

4.1 사례 개요

4.1.1 적용대상 건물

LCC-LCA 종합분석 모델을 적용할 사례로 2010년 건축 심의를 통과한 P센터를 선정하였으며 건물의 개요는 Table 3과 같다. 대상 건축물은 2010년 착공하여 2014년 완공된 초고층 건물이다.

Table 3. Brief description of a case study

Classification	Description
Building	P-Center
Site Area	65,041.0 m ²
Building Area	7,211.3 m ²
Floor Area	196,696.4 m ²
Building Coverage Ratio	11.09 %
Floor Area Ratio	212.28 %
Scale (story)	B4/F63
Maximum Height of Building	289 m ²

일반적으로 초고층 건물은 중저층 건물에 비해 에너지 소비가 많고 환경에 미치는 영향이 큰 것으로 인식되고 있다. 초고층 건물인 경우 중저층 건축물에 비해 건물 외피로 인해 야기되는 에너지 부하가 크고, 공조에 의한 인공환경조절에 의존하게 되는 비중이 커져 냉난방, 공조, 급탕 및 전기설비 등에서 소모되는 에너지양이 크기 때문이다. 최근 많은 건축물이 초고층, 또는 대규모 복합화 되어가는 경향으로 인해 에너지 절약을 위한 기술 적용의 필요성이 크게

요구되고 있는 실정이다.

4.1.2 적용대상 시스템 선택

본 연구에서는 외부 창호로부터 유입되는 직사광을 일부 인공조명 대체를 위한 자연광 간접조명으로 사용하고, 일부는 일사를 차단하는 태양광 루버 조명 시스템(Figure 2, (a))과 일반적으로 실내에서 사용되고 있는 전동 롤 블라인드(Figure 2, (b))를 사례 건물에 적용하여 경제성 분석을 실시하고자 한다.



(a) Sunlight Louver Illumination System

(b) Motor Roll Blind

Figure 2. Practicable system on case study

건물 내에 존재하는 자연광은 조명원으로 국한되지 않고 시각적, 심리적 자극을 통한 실내 환경의 질적 향상에 이르기까지 에너지 절약 및 공간의 쾌적성에 큰 영향을 미친다. 유입되는 자연광량에 비례적으로 연동되는 건물에너지는 전기조명에너지와 난방에너지를 절감시킨다. 여름철에는 전기조명의 소등으로 인한 조명원의 발열량이 감소됨으로써 냉방부하의 감소를 포함하는 포괄적인 영향을 미친다.

Figure 3과 같이 일반적으로 건물의 조명용 에너지는 전체 에너지사용량의 25%로 높은 비율을 보이고 있다. 따라서 조명용 에너지의 삭감은 건물 전체의 에너지 저감면에서 충분한 효과가 있다고 할 수 있다.

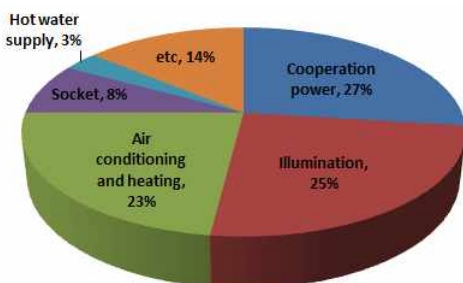


Figure 3. Primary energy supply of building

건물 실내로 유입되는 일사를 차단 혹은 조절하는 장치인 블라인드는 창의 실내측과 실외측에 설치하여 사용되어 지고 있다. 열에 취약한 유리외피를 보완하는 블라인드의 설치 및 운영에 따른 에너지 절감 및 실내 열쾌적을 만족시키는 방안으로써 다양한 특성을 가진 블라인드가 제작되고 있다.

4.1.3 LCC-LCA 종합분석을 위한 변수 설정

사례건축물에 대한 경제성 평가를 실시하기 위해 다음 Table 4와 같이 분석기간, 분석시점, 할인율, 분석항목들의 변수를 설정하였다.

분석기간은 ‘법인세법 시행규칙 제 15조’에 의해 건축물의 내용연수인 40년으로 설정하였으며, 건축물에 에너지 저감 시스템을 설치한 후 운영단계의 시작시점을 분석시점으로 설정하였다. 할인율은 미래가치를 현재가치로 환산할 때 사용하며 국토해양부의 생애주기비용분석 및 평가요령(2008)에서 실질할인율 변화추이를 고려하여 평균값인(1993~2007) 3.2%를 적용하였다.

Table 4. Variable setting for the LCC-LCA method

Classification	Variable Setting
Analysis Periods	40 years
View of Analysis	Start Time in Operational Stage
Discount Rate	3.2 % (Real Rate of Interest)
CO ₂ Value	19.73 EUR/ton
Exchange Rate	1,476.07 won
Analysis Items	Initial Cost, Maintenance Cost, CO ₂ Cost

또한 LCA 분석을 활용한 CO₂ 발생량 산출은 산업연관분석법을 활용하여 건축분야 406개의 기본부분(자재 등)에 대해 ‘에너지 소비량 및 CO₂ 배출 원단위 자료’를 제시한 건설교통부(2004)의 연구결과를 활용하였다. 에너지 저감에 따른 CO₂ 배출 저감량은 IPCC가 산출한 연료별 탄소배출 계수를 이용하여 CO₂ 저감량을 산출하였다. 산출된 CO₂ 발생량 및 저감량은 유럽기후거래소(ECX)에 제시되어 있는 2005년부터 2009년까지 CO₂ 배출권 평균 거래가격인 19.73 EUR/ton을 적용하였으며, EURO(€)를 국내 화폐단

위인 원(₩)으로 환산하기 위해 2012년 연평균 환율인 1,476.07 원을 적용하여 원단위로 환산하였다.

분석대상인 태양광 루버 조명시스템과 전동 롤 블라인드의 설치 계획안은 Table 5와 같다.

Table 5. Plan for installation of the systems

	Sunlight Louver Illumination System	Motor Roll Blind
Area of Installation	13,365 m ²	
Capacity of Facilities	1,980 SET	
Duration of Operation	365 Days	

4.2 개선된 LCC 분석과 일반적인 LCC 분석

태양광 루버 조명시스템과 전동 롤 블라인드의 개선된 LCC 분석 결과, 태양광 루버 조명시스템의 초기투자비용이 약 31 억원으로 전동 롤 블라인드보다 약 19 억원 높게 산출되었다. 하지만 40년간 소요되는 유지관리비용은 전동 롤 블라인드가 약 32 억원으로 태양광 루버 조명시스템과 비교하여 월등히 높은 것으로 분석되었다. 따라서 총 LCC 비용은 전동 롤 블라인드가 태양광 루버 조명시스템보다 약 13 억원이 높음을 알 수 있다(Table 6).

Table 6. Results of Improved LCCs of systems

	Sunlight Louver Illumination System	Motor Roll Blind
Initial Cost	3,095,201	1,188,000
Maintenance Cost	5,264	3,222,155
Total	3,100,465	4,410,155

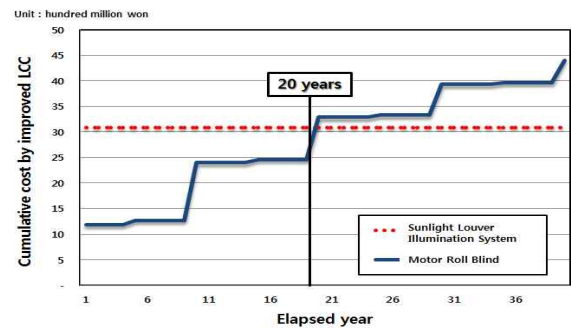
태양광 루버 조명시스템과 전동 롤 블라인드 시스템에 일반적인 LCC 분석을 적용한 결과 태양광 루버 조명시스템의 LCC 총 비용은 3.85 억원이며, 전동 롤 블라인드는 4.8 억원으로 다음 Table 7과 같다. 일반적인 LCC 분석을 통한 각 대안별 총 LCC 비용의 차이가 약 10 억원으로 개선된 LCC 분석을 통한 대안간의 총 비용과 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

Table 7. Results of General LCCs of systems

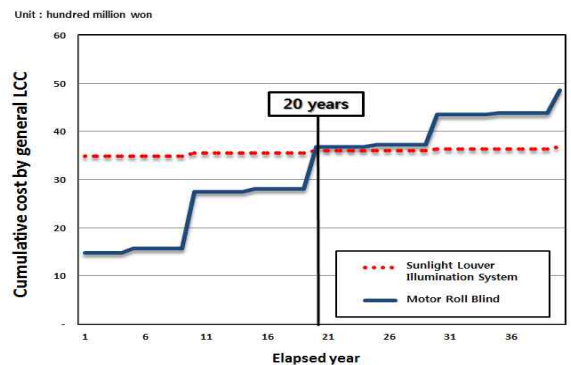
	Sunlight Louver Illumination System	Motor Roll Blind
Initial Cost	3,232,200	1,283,339
Maintenance Cost	438,887	3,556,997
Waste Disposal Cost etc	176,338	27,518
Total	3,847,425	4,867,853

각 대안의 소요되는 누적비용을 개선된 LCC 분석을 통하여 산출한 결과 건축물 운영단계의 시작예정시점으로부터 경과년수 20년을 기점으로 Figure 4의 (a)와 같이 손익분기점이 발생하였다. 이는, 태양광 루버 조명시스템이 해당 기점을 기준으로 전동 롤 블라인드 보다 낮은 비용이 소요되어 경제적인 대안임을 알 수 있다.

또한 모든 평가항목을 고려하는 일반적인 LCC 분석을 통해 각 대안별 소요되는 누적비용을 산출한 결과 Figure 4의 (b)와 같이 경과년수 20년을 기점으로 손익분기점이 발생하였다.



(a) Improved LCC method



(b) General LCC method

Figure 4 Comparison of Improved LCC with General LCC

가중치 및 영향도가 높은 평가항목만을 적용한 개선된 LCC 분석방법을 적용하여 산출한 결과도 일반적인 LCC 분석과 동일하게 경과년수 20년을 기점으로 손익분기점이 발생함을 알 수 있다.

따라서 LCC 분석의 모든 평가항목을 적용하지 않고 가중치 및 영향도가 높은 평가항목들을 선별하여 경제성 평가를 수행하는 것이 보다 효율적임을 알 수 있다.

4.3 개선된 LCC-LCA 종합분석

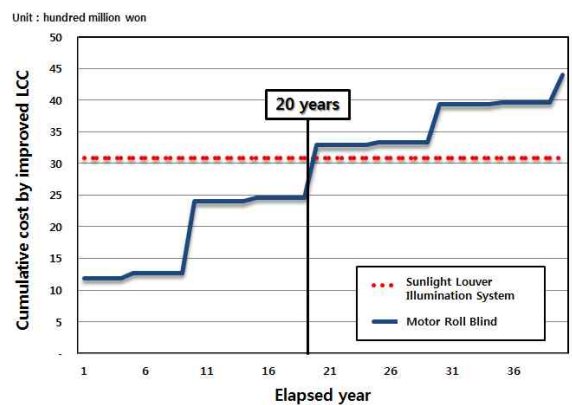
개선된 LCC-LCA 종합분석을 통해 경제성 평가를 실시한 결과는 Table 8과 같다. 태양광 루버 조명시스템은 전동 롤 블라인드에 비해 저감되는 CO₂ 및 에너지 비용이 약 36 억원으로 각 대안의 비용차이가 크게 발생했다. 이에 따라, LCC-LCA 총 비용은 태양광 루버 조명시스템이 -5.5 억원이며 전동 롤 블라인드는 44.2 억원으로 개선된 LCC 분석 결과에 비해 두 대안의 총 비용차이가 약 49 억원으로 전동 롤 블라인드의 LCC-LCA 총 비용이 월등히 높음을 알 수 있다.

Table 8. Results of Improved LCC-LCAs of the systems

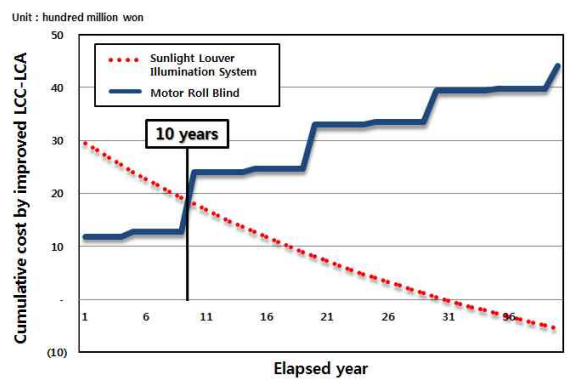
		Unit : thousand won		
		Sunlight Louver Illumination System	Motor Roll Blind	
LCC	Initial Cost	3,095,201	1,188,000	
	Maintenance Cost	5,264	3,222,155	
	Total Cost by LCC	3,100,465	4,410,155	
LCA	Initial Stage	CO ₂ Incurred Cost	3,554	5,474
		CO ₂ Cost Reduction	-603,647	0
	Maintenance Stage	Energy Cost Reduction	-3,051,984	0
		CO ₂ Incurred Cost	725	414
	Total Cost by LCA		-3,651,352	5,888
Total Cost by LCC-LCA		-550,886	4,416,044	

단순 비용적 측면만 고려하는 개선된 LCC 분석을 통해 각 대안별 소요되는 누적비용을 산출한 결과 경과년수 20

년을 기점으로 손익분기점이 발생하였으며, 비용적 측면과 환경적 측면을 모두 고려하는 방법인 개선된 LCC-LCA 종합분석을 적용하여 각 대안별 소요되는 누적비용을 산출한 결과는 경과년수 10년을 기점으로 손익분기점이 발생하였다. 즉, Figure 5의 (b)와 같이 개선된 LCC-LCA 종합분석을 적용한 경우 개선된 LCC 분석 결과에 비해 Figure 5의 (a)와 같이 손익분기점이 10년이 단축되었다. 이는 최근 환경문제 인식이 높아짐에 따라 단순 비용과 에너지소비량 및 오염물질 배출량에 대한 환경비용과 종합하여 경제성 분석을 실시하는 것이 보다 객관적인 대안의 선택을 가능하게 하는 것을 알 수 있다.



(a) Improved LCC method



(b) Improved LCC-LCA method

Figure 5. Comparison of Improved LCC with Improved LCC-LCA

5. 결 론

비용평가 항목 중에서 가중치가 높고 의사결정에 영향도가 높은 항목만을 선별하여, 건축물의 전생애주기 동안의

경제적 비용과 환경적 비용을 합리적이고 종합적으로 평가할 수 있는 효용성 높은 LCC-LCA 종합분석 모델을 제안하였다. 또한, 이를 실제사례에 적용하고 기존의 분석방법들과 비교하여 본 모델의 유효성을 검증하였다.

- 1) 기존 문헌연구에서 LCC 분석을 위해 적용한 평가항목을 바탕으로 전문가 인터뷰 실시하였으며, 가중치 및 영향도가 높은 항목은 초기투자비용에서는 자재비와 설치비, 유지관리비용은 교체비, 보수비, 에너지비로 선정되었다.
- 2) 일반적인 LCC 분석에서 문제점으로 지적되어온 제품의 모든 평가항목 적용에 따른 분석 결과와 본 연구에서 제시된 선택적 항목의 적용에 따른 분석 결과, 경과년수에 따른 누적비용 그래프의 형태가 동일하며, 경제적인 시스템을 선별하기 위한 의사결정 측면에서 일반적인 LCC 분석과 개선된 LCC 분석 모두 동일한 손익분기점이 나타났다. 따라서 개선된 LCC 분석 모델은 신뢰도가 있으면서, 활용성과 효용성이 높음을 알 수 있었다.
- 3) 비용적 측면과 환경적 측면을 모두 고려하는 개선된 LCC-LCA 종합분석을 통해 태양광 루버 조명시스템과 전동 롤 블라인드의 연간 소요되는 누적비용을 산출한 결과 경과년수 10년을 기점으로 하여 손익분기점이 나타났다. 각 대안별 소요되는 LCC-LCA 누적비용은 개선된 LCC 분석과 비교하여 손익분기점이 10년 단축되었다. 이는 비용적 측면과 환경적 측면을 모두 고려함으로써 보다 객관적인 대안의 선택이 가능한 것으로 나타났다.
- 4) 비용적 측면과 환경적 측면을 모두 고려한 LCC-LCA 종합분석 모델을 실제건물에 적용한 결과 객관적인 대안의 선택을 위한 경제성 평가방법으로 적용 가능하다는 것을 알 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 건축물의 전생애주기 동안의 경제적 비용과 환경적 비용을 합리적이고 종합적으로 평가할 수 있는 효용성 높은 LCC-LCA 종합분석 모델을 제안하고, 이를 실제사례에 적용하고 기존의 분석방법들과 비교하여 에너지 절감측면이 부가된 본 모델의 유효성을 검증하고자 한다.

개선된 LCC 분석과 일반적인 LCC 분석을 실시하여, 각 대안의 연간 소요되는 누적비용을 산출한 결과 모두 동일하게 경과년수 20년을 기점으로 손익분기점이 발생하였다. LCC 분석의 모든 평가항목을 적용하지 않고 가중치 및 영향도가 높은 평가항목들을 선별하여 경제성 평가를 수행하는 것이 보다 효율적임을 알 수 있다.

개선된 LCC 분석을 통해 각 대안별 소요되는 누적비용을 산출한 결과 경과년수 20년을 기점으로 손익분기점이 발생하였으며, 개선된 LCC-LCA 종합분석을 적용한 경우 개선된 LCC 분석 결과에 비해 손익분기점이 10년이 단축되었다. 이는 비용적 측면과 환경적 측면을 모두 고려하는 것이 보다 객관적인 대안의 선택이 가능한 것으로 나타났다.

실제 건축물에 활용하기 위한 개선된 LCC-LCA 종합분석의 평가항목은 경제성 평가 시 영향도 및 가중치가 높은 평가항목의 선별을 통해 일반적인 LCC 분석의 모든 평가항목을 적용하지 않고 선별한 평가항목들을 비용 산출하여 경제성 평가를 실시하는 것이 합리적인 평가 방법으로 사료된다.

키워드 : LCC 분석, LCA 분석, LCC-LCA 종합분석, 평가항목

Acknowledgement

This research was supported by a grant from Long Term Dispatch funded for Professor by Pusan National University.

References

1. Seol JH. An Evaluation on Cost-efficiency and Environmental Load for Heat Exchanger and Thermal Storage Type Slab Ventilation Systems by LCC and LCCO2 Analysis Technique [Dissertation]. [Seongnam (Korea)]: Kyungwon University; 2008. 57 p.
2. Kim OK, Kim TH. A Study on the Life Cycle Cost Evaluation Model. Journal of Architectural Institute of Korea, 2008 Feb;52(2):32-5.
3. LEE BW. An Estimation of Life Cycle Cost of Roof Waterproofing Methods, including LCCO2 Costs [Dissertation]. [Su-Won (Korea)]: Kyonggi University; 2010. 66 p.

-
4. Jeon KN. A Study on Economic Analysis of Insulation Wall System Based on Life Cycle Cost(LCC) Method [Dissertation]. [Chongju (Korea)]: Chongju University; 2011. 99 p.
 5. Sim BH. The Economic Evaluation of UDPSC Bridges based on Life Cycle Cost Analysis [Dissertation]. [Incheon (Korea)]: Inha University; 2007. 67 p.
 6. Kim YD. Development of Priority Assessment Method for Green Construction Technologies by Integrating LCC and LCA Methods [Dissertation]. [Suwon (Korea)]: Ajou University; 2011. 67 p.
 7. Kuk EM. A Study on Eco-friendly Ship Recycling based on Life Cycle Assessment [Dissertation]. [Busan (Korea)]: Korea Maritime University; 2011. 62 p.
 8. Kim JT, Kim G. A Feasibility Study on the Benefit of Daylighting by LCC Analysis, *Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 2006 Mar;6(1):3-10.
 9. Kim TH, KU BH, Kim OK, Park TG, LEE HS. The Development of Life Cycle Cost Evaluation Index for Public Facilities, *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*, 2008 Dec;9(6):216-24.
 10. Kim, HK, Ahn, GH, Choi YS. LCC Analysis for Optimized Application of Renewable Energy of Eco-friendly School, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 2011 Nov;27(11):83-90.
 11. Jeon SH, Ahn JW, Kim WW, Cho SY. Life Cycle Cost Analysis about Renewable Energy Facilities Combination of Photovoltaic system, Solar thermal system and Geothermal system, *Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 2012 Feb;12(1):105-112.
 12. Kim YD, Cha HS, Kim KR, Shin DW. Evaluation Method of Green Construction Technologies Using Integrated LCC and LCA Analysis, *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*, 2011 May;12(3):91-100.
 13. LEE BW. An Estimation of Life Cycle Cost of Roof Waterproofing Methods, including LCCO₂ Costs [Dissertation]. [Suwon (Korea)]: Kyonggi University; 2010. 64 p.