

사례분석을 통한 공조설비 LCC분석 개선방안

Life Cycle Costing for HVAC Systems through Case Studies of Domestic Construction Projects

양 희 찬* 이 승 훈** 현 창 택***
Yang, Hee-Chan Lee, Seung-Hoon Hyun, Chang-Taek

요 약

최근 건설사업시장의 개방과 건설사업관리제도(이하CM)의 도입으로 국내 건설업체 및 생산시스템에도 많은 변화가 일어나고 있다. 이에 따라, 건축물의 초기시설비는 물론 유지관리 및 최종 폐기단계까지의 비용을 종합적으로 고려한 건물생애주기비용(이하 LCC)에 대한 중요성이 증대되었으며 특히 기계장치의 유지관리비 중 많은 부분을 차지하는 공기조화시설 부문에서 LCC가 주로 검토되고 있다. 그러나 국내에서는 공기조화 설비의 LCC에 대한 절차 및 기준 등이 미비하여 효과적인 LCC분석이 이루어지지 않고 있다. 본 연구는 최근 수행된 국내 공기조화 설비분야의 LCC분석 사례를 조사하여, 국내 공조설비의 LCC분석의 문제점을 분석하였다. 또한 사례 분석을 중심으로 공조설비의 LCC분석 절차를 제시하고 이 절차에 따라 7개의 사례를 비교분석하였다. 그 결과, LCC측면에서 최적 대안을 선정하는 경우 각 대안 별로 뚜렷한 차이를 보이고 있는 에너지비용과 초기투자비를 주된 비용요소로 고려하는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다.

키워드: 공조설비, LCC, LCC 분석절차, 열원 장치, 에너지비용, 초기 투자비

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설시장이 개방되면서 국내 건설산업의 효율성 확보의 일환으로 건설사업관리(이하 CM)제도와 설계의경제성등검토(Value Engineering:이하 VE) 제도가 도입됨에 따라 국내 건설업체 및 생산시스템에도 많은 변화가 일어나고 있다. 이에 따라, 건축물의 초기시설비는 물론 유지관리 및 최종 폐기단계까지의 비용을 종합적으로 고려한 LCC분석(Life Cycle Costing)에 대한 중요성이 증대되고 있다.

LCC를 고려함에 있어 가장 중요한 분야는 바로 공기조화설비(공조설비)분야이다. 공조설비는 건축물의 전체 유지관리비용 중 가장 많은 유지관리비용을 필요로 하는 분야이기 때문이다. 따라서, 공조설비를 선택할 때에는 기본적인 냉·난방 기능에 대한 검토는 물론, 에너지효율성 등을 고려한 LCC 분석을 수행함으로써 유지관리비용을 최소화할 수 있는 공조 설비를 선택해야 한다.

본 연구에서는 국내 공공발주공사에서 시도된 공조설비에 대한 LCC분석을 조사·검토하여 문제점을 파악한다. 그리고 적절한 공조설비를 선정함에 있어 고려해야할 요소

를 도출하고, 그에 따른 공조설비선정을 위한 LCC분석절차를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 조사·검토한 LCC분석사례들은 설계시공일괄입찰방식으로 발주한 공공공사에서 수립한 것이다. 설계의 경제성등검토의 규정에 따라 500억 이상의 공공입찰공사에서는 의무적으로 VE를 수행하여야 하고 이 때 LCC측면에서의 검토를 적극 권장하고 있어 사례를 수집하기가 용이하였다.

본 연구의 진행 방법은 다음과 같다.

- 1) LCC의 개념 및 LCC 산출 과정을 살펴보고 공조설비의 특징에 대해 고찰한다.
- 2) 설비 운용에 따른 유지관리비용, 특히 에너지 비용을 산출할 수 있는 전산 프로그램에 대하여 조사한다.
- 3) 공공공사의 공조설비 LCC분석 사례를 조사·분석하여 문제점을 도출한다.
- 4) 공기조화 설비의 효과적인 LCC분석을 위한 분석절차 및 개선방안을 제시한다.

2. 이론적 고찰

2.1 LCC 개요

* 일반회원, (주)ECI 기술사 사무소, 기계공조기술사

** 학생회원, 서울시립대학교 대학원 석사과정

*** 종신회원, 서울시립대학교 건축공학과 교수, 공학박사

(1) LCC 및 LCC분석

모든 건축물은 기획, 설계 및 건설공사로 구분되는 초기 투자단계를 지나 운용·관리 단계 및 폐기·처분단계로 이어지는 일련의 과정을 거치게 된다. 이를 건축물의 생애주기(Life Cycle)이라고 하며, 이 기간동안 건축물에 투입되는 비용의 합계를 LCC(Life Cycle Cost)라 한다.²⁾

LCC분석³⁾이란 건축물 혹은 시설구조물의 LCC를 체계적으로 분석/파악하는 것을 말하며, 나아가 각 대안의 경제성을 일정한 기준에 따라 평가 환산한 값으로 평가하여 초기공사비뿐만 아니라 유지관리비까지 고려하여 경제성을 평가하는 수법⁴⁾이다.

LCC분석은 기본적으로 여러 가지 대안에 대하여 시간의 경과에 따른 경제적 영향을 조사, 평가하는 방법이며, 이때 시간적 가치를 동일하게 하는 방법을 등가환산법이라 한다. 등가환산방식에는 단순합계법, 현가분석법, 연등가액법등 3가지가 있다.

(2) LCC와 기타 경제적 평가기법의 차이점⁵⁾

LCC분석은 경제성을 평가하는 VE(Value Engineering: 이하 VE) 및 비용·편익분석(Cost-Benefit Analysis)등 여타의 기법과 다음과 같은 차이가 있으며 주요 내용은 표 1과 같다.

표 1. LCC분석과 기타 경제성 평가기법과의 차이점

LCC분석	VE	비용·편익분석
· 실현 가능한 대안 중 가장비용이 적은 대안선정	· 기능분석에 맞추어 불필요한 기능을 제거하여 비용절감	· 비용과 편익의 양면을 고려하여 가장 효과적인 대안 선정

(3) LCC분석 수행절차

일반적인 LCC분석의 수행절차는 다음과 같다.

① 대안의 선정

모든 대안은 최소 성능기준을 만족시켜야 하며 성능기준을 초과하는 대안의 경우 추가적인 이익을 고려하여야 한다.

② 가정사항의 설정

분석기간, 가치변동율, 분석시점등 LCC분석을 위한 가정사항을 설정한다.

③ 프로젝트의 요소별 비용산정 및 비용발생시점

LCC분석에서 요구되는 비용의 분류 및 요소별 비용산정을 위한 자료의 출처는 다음 표 2와 같다.

④ 요소별 미래의 발생 비용을 현재가치로 환산

각 요소별 비용을 비교 가능하도록 현재의 가치로 환산한다.

⑤ 각 대안에 대한 LCC계산

각 대안에 대하여 요소별 비용을 총합함으로써 LCC를 산정한다.

2) 오영인, 이상범, 이특구, 1997, "라이프 사이클 코스트 기법을 이용한 공동주택의 경제성 분석", 대한건축학회논문집, 13권3호.

3) Life Cycle Costing 또는 Life Cycle Cost Analysis

4) 오영인, 이상범, 이특구, 전계서

5) 최민수, 1999, 건설사업의 LCC분석 및 기법 적용방안, 건설산업연구원 연구논문

표 2. LCC분석에 요구되는 비용의 분류

· 투자비(Investment-related Costs)	자료출처
- 구입비 (Acquisition Costs)	- 공급자에 가격조회
- 교체비 (Replacement Costs)	- 카탈로그
- 잔여가치 (Residual Value)	- 데이터베이스
· 운영비(Operational Costs)	자료출처
- 운영 및 유지관리비	- 데이터베이스
- 수리비 (Repair Costs)	- 전문가의 경험
- 에너지 비용 (Energy Costs)	- 소비량/가격/가격상승률
· 기타 (Others)	자료출처
- 세금 (Revenue)	
- 유틸리티 환불(Utility Rebates)	- 기타
- 세금보조 (Tax Credits)	
- 기타 (Nonquantifiables)	

⑥ 최소 LCC를 가지는 대안의 선정

⑦ 추정 불가능한 정성적 요소에 대한 고려

AHP또는 매트릭스 평가를 통해 경제외적 요소에 대한 고려

⑧ 입력자료의 불확실성을 검토하기 위한 민감도 분석
할인율, 수명주기등 가정사항을 변동가능 범위에서 변화시켜 LCC의 변동을 검토

⑨ 최상의 대안 선정

2.2 공조설비의 개요

건축물이 대형화, 고층화, 고급화됨에 따라 인위적으로 건물환경을 조절할 필요가 높아지고 이에 따라 공조설비가 건물의 유지관리에 많은 영향을 끼치게 되었다.

(1) 공조설비의 분류

공조설비를 대상에 따라 분류하면 실내의 사람을 대상으로 한 공기조화 즉, 쾌적공조(보건공조)와 생산·저장되는 물건을 대상으로 한 산업공조로 나눌 수 있다. 한편 열매의 종류에 따라 분류할 수도 있는데 이는 표 3과 같다.

표 3. 열매 종류에 따른 공조방식

열 매	종 류
공기방식	· 단일덕트방식 · 이중덕트방식 · 멀티존유니트방식
공기수방식	· 팬코일유니트방식 · 유인유니트방식 · 각층유니트방식 · 복사패널덕트방식
수방식	· 팬코일유니트방식
냉매방식	· 패키지유니트방식

(2) 공조설비의 LCC분석

공조설비의 경제성 분석을 위해 여러 가지 경제적 기법을 비교한 결과, 지속적인 사용이 예상되는 공조설비의 특성상 시간적 가치 및 사용연수를 고려할 수 있고, 계산이 용이한 LCC 분석이 설비 시스템의 경제성 평가에 가장 유용한 방법이라고 판단하였다. (표 4 참조)

표 4. 각 비용분석 방법의 비교

평가방법	초기 투자비	경상비	잔존 가치	시간적 가치	내용 연수	사용 년수	계산
초기투자비법	○	×	×	×	×	×	용이
회수기간법	○	○	○	×	×	×	용이
투자이익율법	○	○	○	○	×	×	어려움
내부수익율법	○	○	○	○	×	×	어려움
LCC분석법	○	○	○	○	○	○	중간

2.3 LCC 관련 전산 프로그램

LCC 분석을 위해 많이 사용되는 전산 프로그램으로는 Visual DOE2.58과 BLCC가 있다.

(1) Visual DOE 2.58

본 프로그램은 미국의 로스알라모스 과학연구소와 로렌스 버클리 연구소가 공동 개발한 건물 에너지 해석프로그램으로 쾌적한 열환경과 효율적인 비용을 유지하면서 에너지 효율을 개선할 수 있는 건물의 변수를 결정하고자 개발된 프로그램이다.

(2) BLCC

본 프로그램은 미국 국립표준연구소(NIST)가 개발한 프로그램으로 신축 건물이나 건물 시스템의 성능개선을 위하여 투자결정 시 LCC분석에 의해 투자경제성을 평가한다. 미국내의 민간 및 공공부문의 프로젝트에 사용되고 있다.

3. 국내 공조설비 LCC분석 적용 사례분석

3.1 사례분석개요

본 연구에서는 3개 공사에 대하여 제출된 총 7개의 입찰서 중 LCC분석 부분을 분석하였다.

표 5. 각 사례별 개요

사업내용	△△구 청사	○○시 문화시설	□□ 시설
대지면적	· 4,959.00m ² (1,500.09평)	· 236,449m ² (71,525평)	· 279,730m ² (약84,618평)
용도	· 문화/집회시설 · 업무시설,운동시설	· 시청사,의회청사 · 보건소등 기타	· 군시설
연면적	· 18,444.86m ²	· 76,214m ²	· 39,906.03m ²
공사기간 (착공일기준)	· 24개월	· 420일	· 620일
제출안 수	5 (A,B,C,D,E)	1(F)	1(G)

3.2 사례조사 및 비교

(1) 각 제출안별 LCC 분석절차

각 제출안별로 LCC분석절차를 비교한 결과는 다음 표 6과 같다.

표 6. 각 제출안별 LCC분석절차 비교

제출사	분석내용
A사	- 에너지/LCC분석도구 선정과정, 시뮬레이션과정 생략 - 비용요소선정,변수적 요소 설정 과정 통합
B사	- 건물배치계획과 창호시스템, 차양시스템 고려
C&D사	- 제시된 절차 없음
E사	- 에너지/LCC분석도구 선정과정 생략 - 평가방식 부적절
F사	- 분석프로그램선정과 변수적 요소, 비용자료, 민감도 분석등 대부분의 자료 포함
G사	- F사와 유사한 절차 제시

(2) 등가환산방법

각 사례별 등가환산방법은 다음 표7과 같다.

표 7. 사례별 등가환산 방법 비교

A사 안	B사 안	C사 안	D사 안	E사 안	F사	G사
현가법	현가법	단순투자비 회수/기간비교	현가법	현가법	현가법	현가법

(3) LCC 비용요소

각 제출안에 대한 LCC비용요소에 대한 분석결과 초기투자비 중 시설(제품)비, 유지관리비 중 에너지비, 일상보수비, 등의 요소는 모두 포함되어 있는 것으로 나타났다. 교체비와 지원비 등은 4개 사가 고려하였으며, 잔존가치 2개사, 기획/설계비와 폐기처분비등은 각각 1개 사가 고려한 것으로 나타났다.

(4) LCC 분석 변수적 요소

LCC은 분석에 사용된 변수로는 대부분의 사례에서 내용연수, 물가상승률, 에너지비상승률 등을 설정하였으며 그 외에 보험료 상승률, 상하수도비 상승률, 세금 상승률, 일상수선비를 반영한 사례도 있다.

(5) 에너지 요금

B안과 D안은 에너지 요금을 적용하지 않았으나 다른 대부분의 사례들이 일반용 전기와 심야 전기를 구분하여 적용하였고, 계절별/월별 전기도 차등 적용하였다. 도시가스로 단가를 선정함에 있어서도 냉방용과 난방용을 따로 적용(4개사)하였으나 그렇지 않은 사례(2개사)도 있다.

(6) 에너지 사용량/LCC 산출 프로그램

공조방식의 LCC 중에서 가장 많은 부분을 차지하는 에너지 비용을 산정하기 위해 다음 표 8과 같은 프로그램을 사용하였다.

표 8. 각 사례별 에너지사용량/LCC 산출 프로그램 비교

제출사	프로그램	제출사	프로그램
A사	Carrier Hourly Analysis Program	E사	BLCC(ver.4.9)
B사	DOE2.1E	F사	BLCC(ver.4.9), VisualDOE-2.58
C사	-	G사	BLCC(ver.4.9), VisualDOE-2.58
D사	Power LCC		

(7) 민감도 분석요소

공조설비의 LCC분석에 있어서는 에너지 가격 변동률, 에너지 사용량의 변화, 물가변동률, 할인율, 내구연수등에 민감도 분석을 실시한 것으로 나타났다.

4. 공조설비의 LCC분석 문제점 및 개선방안

4.1 공조설비 LCC 분석 문제점

첫째, 동일한 프로젝트에 대하여 각 회사별로 비용요소의 종류와 상세 수준이 상이하다. 그러므로 각 사례별 LCC분석 결과가 상이하고, 공조방식 선정을 위한 충분한 자료가 되지 못한다. 특히 에너지 비용 산출에 있어 에너지 소비량 산출이 각각 다를 뿐만 아니라 에너지 단가 적용에도 큰 차이가 있다.

둘째, 변수적 요소를 설정함에 있어서도 역시 많은 차이가 있었다. 몇몇 사례는 해당 수치가 나오게 된 논리적 근거를 아예 명시하지 않았을 뿐 아니라 LCC분석에 물가상승률, 이자율, 할인율 등이 반영되지 않아 그 결과의 신뢰도에 큰 결함을 가지고 있었다.

셋째, LCC분석과정에 있어서도 에너지비(전력비/연료비)의 상승률을 전혀 고려하지 않고 단순환산법에 의해 LCC를 산출한 경우가 있었다. 결과적으로 비용의 시간적 가치를 고려하는 방법인 현가법이나 연가법 등이 적용되지 않았다.

넷째, LCC분석에 있어 대안을 창출하는 과정에 있어서도 적용안을 먼저 선정된 후 이를 뒷받침하기 위해 부적절한 대안을 덧붙이고 데이터를 임의 수정, 변경하는 경우가 많았다. 따라서 최적대안 선정 수단으로서의 LCC분석은 이루어지지 못했다.

4.2 공조설비의 LCC 분석절차 및 개선방안

상기의 분석결과를 바탕으로 다음과 같은 LCC분석절차와 개선방안을 제시하였다.

(1) 공조설비의 LCC 분석절차

공조설비의 LCC분석 절차는 LCC 중 가장 비중이 큰 항목을 중점적으로 검토할 수 있도록 한다. 사례 분석 결과에 의하면 공조설비의 LCC에 있어서는 에너지 비용이 절대적 요소로 70~80%를 차지하고 있었다. 또한 이론적 고찰을 통해 공조설비에서 에너지 비용에 가장 큰 영향을 주는 요인은 공조방식과 열원장치임을 알 수 있었다.

이 같은 내용을 바탕으로 본 연구에서 제시하는 공조설비의 LCC분석절차는 다음 그림 1과 같다.

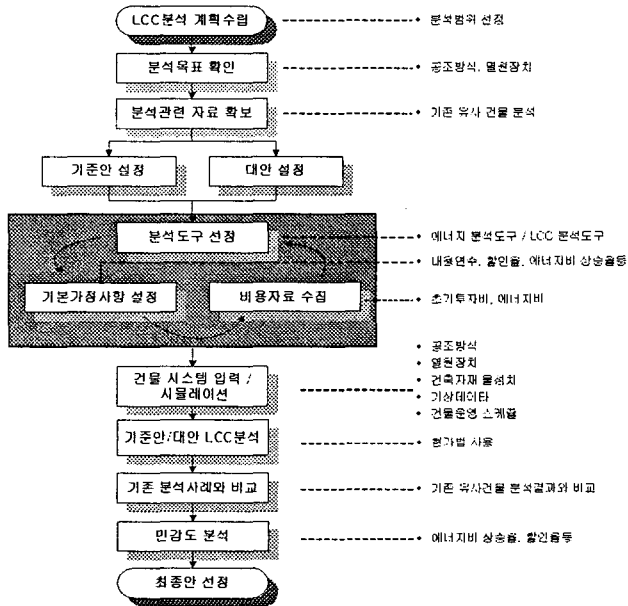


그림 1. 공조설비 LCC분석절차

(2) 공조설비의 LCC 분석 개선방안

공조설비의 LCC 비용요소에 대한 사례 분석 결과, 대체적으로 초기투자비(공사비를 포함한 시설비), 정부지원금(세금공제), 에너지비, 일상보수비, 교체비의 5개 항목을 중점적으로 반영했음을 알 수 있다.

공조설비의 LCC분석에 필요한 비용요소 중에서 가장 큰 영향을 미치는 요소 및 항목은 에너지 비용과 초기투자비로 나타났다. 공조설비의 LCC에 영향을 미칠 수 있는 변수적 요소는 건물과 설비 각각의 내용연수, 물가상승율, 에너지비 상승율(전력비, 연료비), 이자율, 할인율로 압축할 수 있다.

등가환산 방법의 비교에 있어서는 LCC 산정기간을 건물의 내용연수로 하여 기준안과 대안에 동일하게 적용하고 분석 결과 대부분 현가법을 적용하는 것으로 나타났다.

프로젝트의 성격에 따라 어떤 프로그램을 사용해도 무방

하나, 에너지 사용량과 LCC를 모두 산출할 수 있도록 해야 하며 정확한 입력 데이터를 바탕으로 같은 결과 값을 얻어야 한다.

내용연수와 초기투자비는 비교적 정확한 예측이 가능하므로 민감도 분석을 하지 않아도 무방하다. 그러나 물가변동률, 실질할인율, 특히 에너지비 변동률에 대한 정부의 에너지 정책에 대하여서는 민감도 분석을 수행하여야 한다.

5. 결론

본 연구는 공기조화 설비 분야에서 최근에 수행된 LCC 분석의 적용사례를 분석함으로써 보다 간편하고 효과적으로 LCC분석을 수행할 수 있도록 그 절차와 개선방안을 찾자 하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 공기조화 설비에 LCC분석이 적용된 7개의 사례를 분석절차, 비용 요소, 변수적 요소, 평가방법, 에너지 비용요금, 에너지 사용량/LCC산출 프로그램, 민감도 분석 측면에서 분석하였다. 그 결과, 비용요소를 산정함에 있어 그 종류와 상세정도의 편차가 크고, 변수적 요소를 설정함에 있어서도 많은 차이를 보이며, 선정대안을 미리 선정하는 등 적절한 평가가 이루어지지 않고 있었다.

둘째, 이에 따라 에너지 소비량과 에너지비 산출을 중심으로 하여 공조방식과 열원장치에 대한 기준안과 대안을 비교, 최적안을 선정하는 공조설비의 LCC 분석절차를 제시하였다.

셋째, 공조설비의 LCC분석의 효율화를 위한 개선방안을 모색하였다. 이를 위하여 비용요소, 변수적 요소, 평가방법, 에너지 요금, LCC산출 프로그램, 민감도 분석 등의 측면에서 기준을 제시하였다.

넷째, 여러 대안 중 LCC 측면에서 최적 대안을 선정하는 경우 에너지비와 초기투자비만을 비용요소로 고려하는 것이 보다 효과적으로 대안을 선정하는 방법임을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 LCC 분석절차와 개선방안은 향후 실무에 지속적으로 적용하여 보완 발전시킴으로써 보다 향상된 LCC분석을 수행할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김용수, "건축물의 라이프사이클 코스팅", 대한건축학회지 42권 8호, 1998,
2. 류시홍, 2002, "설계VE에서 파트너링을 이용한 LCC 분석절차 개발", 서울시립대학교 석사학위 논문
3. 최민수, 이의섭, 건설산업의 LCC분석 기법 및 적용방안, 한국건설산업연구원 Working Paper No.18,1999
4. 현창택, 1992, "건설산업에서 Life Cycle Cost를 고려한 원가절감 방법론의 개발에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 8권9호
5. Bull, J.W., 1993, "Life Cycle Costing for Construction", Chapman & Hall
6. Flanagan and Norman, 1983, "Life Cycle Costing for the Construction", RICS