

에너지절약형 건축시스템의 경제성분석에 관한 연구

A Study on the Economic Analysis of Energy Conservation Building System

○ 이 관 호* 권 영 철** 이 언 구***
Lee, Gwan-Ho Kwon, Young-Chul Rhee, Eon-ku

Abstract

This study aims to present a method of economic analysis of energy saving building system. The basic principle and method of economic analyses were investigated and total life cycle cost considering environmental costs according to energy consumption and CO₂ generation at each life cycle phase of a building was analyzed.

If the life of the renovated apartment building is 20 years and the discounted rate and the increasing rate of oil price is respectively 5.475% and 6%, the energy saving method that the internal rate of return comes to be 0 can have economic benefit. In the analysis of total life cycle cost considering environmental costs of newly constructed apartment buildings, most environmental cost depends on building material production and running phase. On the basis of discounted cost, as the weight of building material production is increased, special consideration is required in selecting building materials to reduce the environmental costs.

키워드 : 경제성분석, 에너지절약기술, 지속가능한 개발, 환경비용

Keywords : Economic Analysis, Energy Conservation Techniques, Sustainable Development, Environmental Costs

1. 서 론

1.1 연구의 목적

현재 전세계적으로 지구환경과 관련되어 관심

의 초점이 되고 있는 문제는 바로 지속가능한 개발(Sustainable Development)이다. 건축에 있어서 지속가능한 개발이란 '에너지절약형 건축', '자원절약형 건축', '환경오염최소화 건축', '자연친화형 건축' 등 여러 가지 개념이 있을 수 있지만, 이중에서도 가장 중요한 것은 건물의 에너지 소비를 최소화함으로써 자원을 절약하고 생태계와 지구환경을 보전하는 에너지절약형 건축이다. 에너지절약형 건축에서 적용될

* 정회원, 중앙대 대학원 박사과정
** 정회원, 한라대 건축토목공학부 전임강사, 공학박사
*** 정회원, 중앙대 건축학과 교수, 공학박사
이 연구는 1998년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:98-0602-01-01-3

수 있는 각종 에너지절약 방안은 경제성의 확보가 전제되어야 한다. 그러나 일반적으로 연구개발된 기술들은 대부분 에너지절약만을 강조한 나머지 경제적 효용에 대한 고려가 미흡하고, 또한 경제성을 단순한 금적적 가치로만 해석함으로써 환경비용을 도외시하는 경우가 많다. 즉, 에너지절약을 위한 각종 방안의 연구에서는 경제성 이론에 의한 체계적인 접근방법과 환경부하의 경제적 가치에 대한 고려가 필수적이다.

본 연구에서는 경제성분석의 일반적인 이론과 방법을 정리하고, 이를 건축시스템에 적용하여 에너지절약형 건축물의 경제성분석을 위한 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해서는 우리나라의 미시경제 및 거시경제의 상황을 분석 및 예측하고, 에너지수급현황 및 전망을 분석하여, 에너지의 환경적 가치를 분석함으로써 경제성 분석을 위한 전제조건을 설정한다. 에너지 소비비중이 상대적으로 큰 공동주택을 사례로 선정하고, 기존 건물의 경우 에너지절약개보수의 경제성 분석을 위하여 에너지절약량과 투자비에 대한 단순비교 경제성 분석방법을 제시한다. 또한 신축 건물의 경우 건설산업의 각 단계에서의 소비되는 에너지량과 CO₂ 발생량에 따른 환경비용을 고려한 생애 총 비용의 모델링을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법

1) 경제성분석의 이론 및 방법 고찰

각종 참고문헌과 관련자료를 정리하여 경제성 분석의 이론과 방법을 고찰한다. 특히 건축기술의 공학적 측면을 고려하여 경제성공학의 이론을 집중적으로 파악한다.

2) 기존공동주택의 개보수에 대한 경제성 분석

컴퓨터 시뮬레이션 및 경제성분석 기법을 통하여 기존 공동주택의 개보수에 의한 에너지절감방안을 위한 경제성 분석방법을 고찰한다.

3) 환경비용을 고려한 생애총비용의 모델링

신축 공동주택의 자재생산단계, 시공단계, 사

용/주거단계, 해체/폐기단계에서의 생애총에너지비용과 CO₂ 발생에 따른 환경비용을 고려한 생애총비용의 모델링을 통하여 각 단계 및 인자들의 상관성을 분석한다.

2. 경제성 분석 이론

일반적인 경제성 분석 및 평가방법은 자금의 흐름을 어느 시점의 등가로 환산하여 대안의 경제성을 평가하는 현가 분석법, 연금 분석법, 종가 분석법 및 투입되는 비용과 얻어지는 이익이 등가가 되는 비율을 비교하여 대안의 경제성을 평가하는 수익률 분석법, 편익/비용비율 분석법이 있다. 또한 추정, 위험 및 불확실성을 고려한 분기점 분석법, 민감도 분석법, 위험도 분석법, 시물레이션 등이 있다.

1) 순현재가법(NPV)

현재가액법 또는 순현재가액법이라고도 하는데 각 대안에 대한 미래의 수입과 지출을 이와 등가인 현재가로 계산함으로써 각 대안의 상대적인 우열을 쉽게 구별할 수 있는 방법이다.

2) 내부수익률법(IRR)

내부수익률(內部收益率)이란 단일 투자안에 대하여 표현한다면 일련의 수입과 지출을 현재가로 바꾸어 0 이 되게 하는 이율을 말한다.

3) 편익/비용 비율 분석법(BCR)

B/C 비율을 사용하면 투자액의 단위당(單位當) 순현재가(純現價)를 계산할 수 있어서 서로 규모가 다른 투자안을 쉽게 비교할 수 있다.

4) 분기점 분석법(BEP)

분석대상이 되고 있는 두 개 또는 그 이상의 대안들이 동일한 변수에 의해 이들의 비용이 변화할 때 이들 대안의 비용이 같게 되는 변수의 양을 분기점(Break-Even Point)이라고 한다.

5) 민감도 분석법(Sensitivity Analysis)

하나의 변수가 변화함에 따라 최종 결과가 얼마나 민감하게 변화하는가와 민감 한지의 여부를 나타내는 분석을 민감도분석(sensitivity analysis)이라고 한다.

6) LCC(Life Cycle Cost)

건축물의 Life Cycle 전과정의 모든 비용을 경제수명 범위 안에서 등가 환산한 값으로 각 대안의 경제성을 비교·평가하는 수법이다.

- (1) 초기 건설비 : 직접공사비 + 제압비
- (2) 운용·관리비 : 일반관리비, 청소, 소득비, 유지비, 에너지비, 장기 수선비
- (3) 폐기·처분비 : 견적 또는 문헌자료
- (4) 현재가치 등가 환산
 - 초기 공사비 - 현재
 - 운용·관리비 - 장기수선 외 - 연속 정액형
 - 장기 수선비 - 현재가치 등가환산
 - 폐기·처분비 - 집중정액형

3 에너지개보수의 경제성 분석방법

기존공동주택의 에너지절약개보수에 대한 경제성을 분석하기 위하여 투자비에 대한 에너지 절감액을 순현재가법으로 환산하여 경제적 타당성을 알아보았다.

3.1 에너지절약방안 및 컴퓨터 시뮬레이션

에너지절약을 위한 다양한 개보수 기법중에서 비교적 효과가 크다고 판단되는 이중창 및 단열재를 기존공동주택 북측면의 발코니에 설치한 경우와 기존안에 대하여 DOE2를 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 하였다,

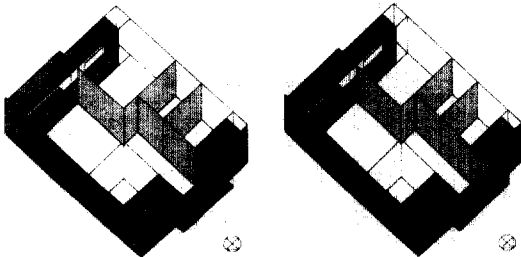


그림 1. 변경전 공동주택 그림 2. 변경후 공동주택

3.2 기존 및 절약방안의 경제성 분석

에너지절약방안의 내구연안을 20년으로 가정하고, 실질할인율을 5.474%, 유가상승율을 6%로 할 때 IRR이 0 또는 B/C Ratio가 1이상인 되는 시점부터는 북측발코니 부분에 이중창 및 단열재를 설치한 에너지개절약개보수 방안이 경제적인 타당성이 있는 것을 알 수 있었다.

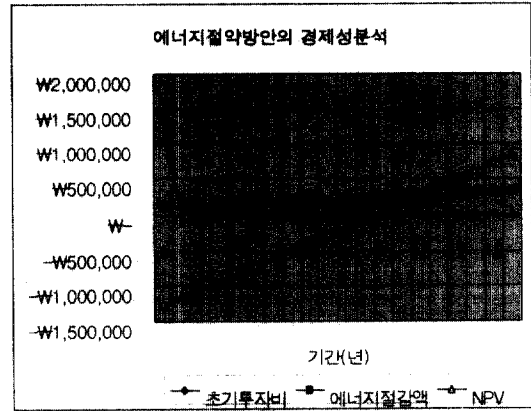


그림 3. 에너지절약방안의 경제성분석

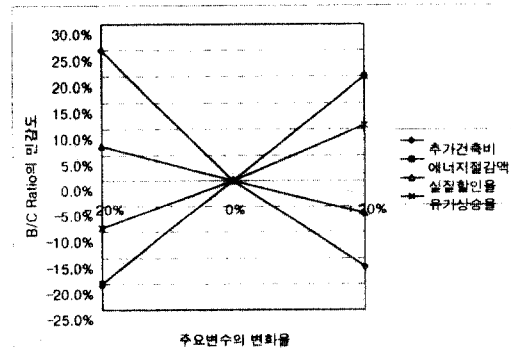


그림 4. 주요변수의 변화율에 따른 B/C Ratio의 민감도

기존공동주택의 에너지개절약보수에 대한 주요변수의 민감도를 분석하기 위하여 추가건축비, 에너지절감액, 실질할인율 및 유가상승율을 대상으로 변화율을 -20%에서 +20%로 할 때 B/C Ratio에 가장 큰 영향을 미치는 요소와 범위를 알 수 있었다.

4. 환경비용을 고려한 생애총비용의 모델링

신축공동주택의 경제성분석을 위하여 자재생산단계, 시공단계, 사용/주거단계, 해체/폐기단계에서의 생애 총 에너지비용과 CO₂ 발생에 따른 환경비용을 고려한 생애총비용의 모델을 만들고, 철근콘크리트 공동주택에 적용하여 환경비용을 고려한 생애총비용과 생애총비용을 불변비용과 할인비용으로 예측하고, 각 항목별 비용을 분석·비교하였다.

4.1 단계별 비용

1) 자재생산단계

자재생산단계에서는 환경비용(에너지 소비비용, CO₂ 처리비용, 부수 폐기 처리비용)만이 고려되었고, 자재생산비는 시공단계에 포함되어 계상되었다.

2) 시공단계

시공단계의 항목은 환경비용(에너지 소비비용, CO₂ 처리비용, 부수 폐기물 처리비용)과 초기 공사비로 나눌 수 있다.

3) 사용·주거단계

수명주기(60년) 동안에 발생하는 사용·주거단계의 운영·관리비용은 불변비용과 할인비용으로 산출하였고, 할인비용을 산출하기 위해서 사용된 실질할인율은 5.474%, 모든 비용의 시간적 기준은 1998년 말로 적용하였다.

4) 해체·폐기단계

해체·폐기단계는 환경비용(에너지 소비비용, CO₂ 처리비용), 해체·폐기 처리비용으로 나눌 수 있으며, 건물의 수명이 끝나는 시점에서 이루어진다.

4.2 환경비용을 고려한 생애총비용 및 LCC

생애총비용 모델 및 자료조사 내용을 바탕으로 철근콘크리트 공동주택의 환경비용을 고려한 생애총비용 및 LCC에 대한 예측과 비용항목의 상호비교를 통해 경제성에 대한 정보를 제공하고자 한다.

1) 생애총비용의 항목별 비교

불변 및 할인비용 기준에 따른 환경비용을 고려한 생애총비용은 그림 5.와 같다.

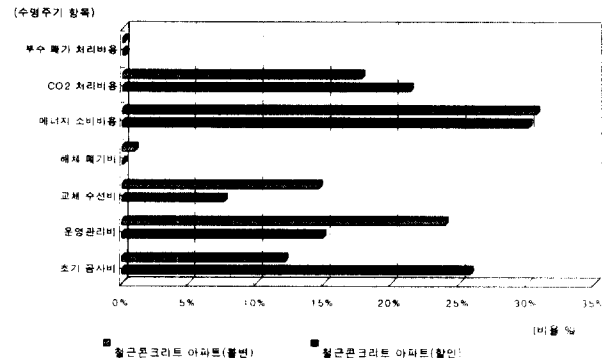


그림 5. 생애총비용의 항목별 구성비율

철근콘크리트 공동주택의 불변 및 할인비용에 대한 항목별 비율은 각각, 초기 공사비는 12.1%, 25.8%, 운영·관리비는 24.0%, 14.9%, 교체·수선비는 14.6%, 7.6%, 해체·폐기비는 0.9%, 0.1%, 그리고 환경비용은 48.4%, 51.5%로 나타났다. 여기서 할인비용 기준시 초기공사비의 비중이 증가되는데 반하여 운영·관리비, 교체·수선비, 해체·폐기비는 감소하였고 환경비용은 변화가 미비하였다.

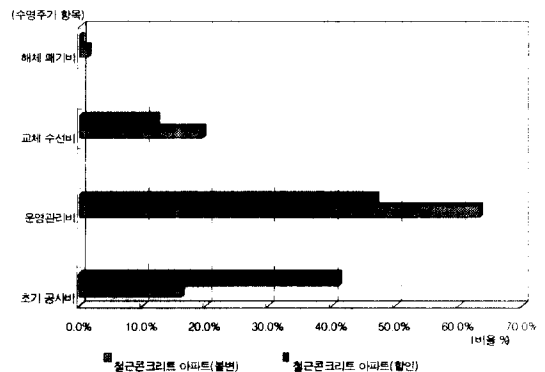


그림 6. LCC 항목별 구성비율

2) LCC의 항목별 비교

LCC에 대한 항목별 구성비율을 불변 및 할인비용 기준으로 비교하면 그림 6.과 같다.

불변 및 할인비용에 대한 항목별 비율은 각각, 초기 공사비는 16.1%, 41.0%, 운영·관리비는 63.1%, 46.8%, 교체·수선비는 19.5%, 12.0%, 해체·폐기비는 1.2%, 0.1%로 나타났다. 여기서 할인비용 기준시 초기공사비의 비중이 증가되는데 반하여 운영·관리비, 교체·수선비, 해체·폐기비는 감소하였다.

3) 생애총비용 및 LCC간의 비교

환경비용을 고려한 생애총비용 및 LCC간의 비교는 그림 7.과 같다.

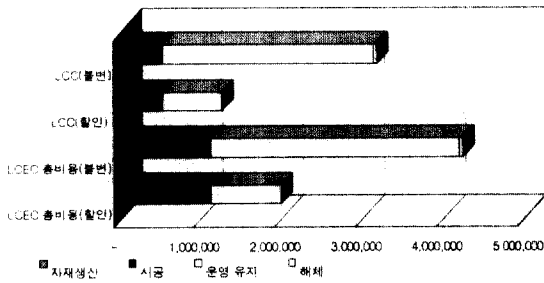


그림 7. 환경비용을 고려한 생애총비용 및 LCC간의 비교

할인비용 기준시 시공 및 해체단계의 비용은 유사하지만 운영유지단계의 비용은 불변비용 기준시와 비교하여 반으로 축소되었다. 또한 환경비용을 고려한 생애총비용의 항목에는 자재생산단계의 비용이 추가되었다.

5) 수명주기에 대한 환경비용의 구성

환경비용이 수명주기 각 단계별로 발생하는 비용을 불변 및 할인비용 기준으로 살펴보면 그림 8.와 같다.

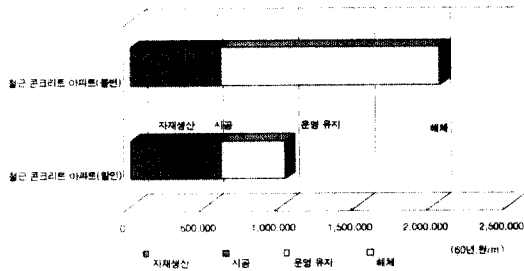


그림 8. 수명주기에 대한 환경비용의 구성

수명주기에 대한 불변비용과 할인비용의 환경비용은 운영유지단계에서 71%, 41%, 자재생산단계에서 29%, 58%로 변화하였다. 즉, 대부분의 환경비용은 자재생산과 운영유지단계에서 발생하며, 할인비용 기준 시에 수명주기가 길수록 자재생산단계의 비중이 증가됨을 알 수 있었다. 따라서 운영유지단계의 환경비용을 줄이기 위하여 건축자재의 선택 시 각별한 주의가 요청된다.

4) 초기 공사비와 생애총비용의 비교

초기 투입된 공사비와 미래에 투입될 환경비용을 고려한 생애총비용의 항목별 비용의 비교는 그림 9.와 같다.

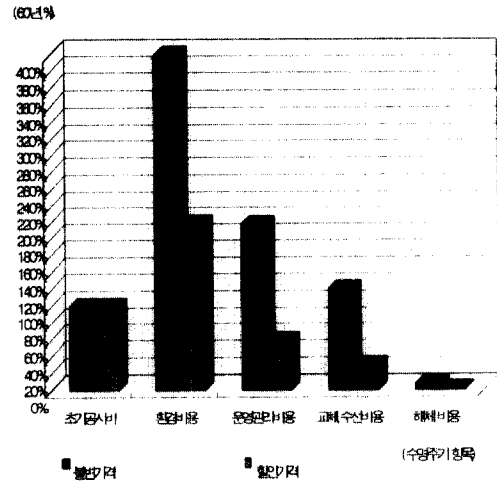


그림 9. 초기 공사비와 생애총비용의 비교

초기 공사비에 대한 불변비용과 할인비용의 환경비용은 각각 400%, 199%이며, 운영 관리비는 198%, 58%, 교체·수선비는 121%, 29% 그리고 해체비는 7.7%, 0.3%로 분석되었다.

5. 결론

본 연구는 에너지절약형 건축시스템의 경제성 분석에 대한 체계적인 방법론을 제안하기 위한 종합적 연구의 일부를 정리한 것으로, 기존 공동주택의 에너지절약개보수에 대한 경제성 분석 방법과 신축 공동주택의 환경비용을 고려한 총생애비용 산정방법을 제시하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 기존공동주택의 에너지절약방안의 내구연안을 20년, 실질할인율을 5.474%, 그리고 유가상승율을 6%로 가정할 때, 내부 수익율이 0이 되는 시점부터는 북측발코니 부분에 이중창 및 단열재를 설치한 에너지개보수 방안이 경제적인 타당성이 있는 것을 알 수 있었다.
- 2) 기존공동주택의 에너지개보수의 중요변수에 대해 B/C Ratio의 민감도 분석을 한 결과 가장 큰 영향을 미치는 요소와 범위를 알 수 있었다.
- 3) 신축공동주택의 불변비용과 할인비용에 대하여 초기 투입된 공사비를 100%로 가정할 때 환경비용은 각각 401%, 219%이며, 운영 관리비는 198%, 58%, 교체·수선비는 121%, 29% 그리고 해체비는 7.7%, 0.3%이었다.
- 4) 환경비용을 고려한 생애총비용의 모델을 신축공동주택에 적용할 때 대부분의 환경비용은 자재생산과 운영유지단계에서 발생하며, 할인비용 기준 시에 자재생산단계의 비중이 증가되므로 환경비용을 줄이기 위하여 건축자재의 선택시 각별한 주의가 필요하다.

참고문헌

1. 이명호 외, "자연형 태양열 시스템을 이용한 기존 공동주택의 에너지 개수방안에 관한 연구", 동력자원부 보고서, 1991. 2
2. 이언구 외, "대우전자 전자연구소 건립계획에 대한 연구", 중앙대학교 생산공학연구소, 1998
3. 김동현, "철골 및 철근콘크리트 고층 아파트 건물의 환경비용을 고려한 라이프사이클코스트 분석에 관한 연구", 중앙대 건축설계학과 석사학위논문, 1999
4. 송국섭 외, "그린빌딩의 에너지 소모량 평가 및 환경 성능 분석", 부천대학 산업기술연구소 보고서, 1998.5
5. 함효준, *경제성공학*, 동현출판사, 서울, 1998.
6. 이상용, *경제성공학*, 영설출판사, 서울, 1993.
7. 조성옥, "환경원가회계에 관한 연구 : 전과정 평가와 지속가능성을 중심으로", 서울대 경영학과 석사학위논문, 1998
8. 광명석, "우리나라 공동주택의 라이프 사이클 코스트 모델에 관한 연구", 서울대 석사학위논문, 1991
9. 대한건축사협회, *에너지 절약형 건축설계 핸드북(5. 공동주택)*, 1996.
10. 박상동 외, "초에너지 절약형 건물기술개발 및 시범화사업", 한국건축설비학회, 1998.4.
11. 정현철 외, "시뮬레이션에 의한 고단열 경량외피시스템의 에너지절약효과 평가에 관한 연구", 건축학회 논문집 17권 2호, 1997
12. Yong-Su Kim and Göran Runeson, "The Theory and Practice of Investment Evaluation", School of Building, University of New South Wales, 1995