

LCC기법을 이용한 신기술 환기시스템의 경제성 분석에 관한 사례연구

A Case Study on the Economic Analysis for a New Technology-Based Ventilation System Using LCC Technique

최 현 근* 황 성 수** 김 용 수***
Choi, Hyun-Keun Hwang, Seong-Su Kim, Yong-Su

Abstract

The purpose of this study is to assess economic effects for a new technology-based ventilation system. The study has been performed using LCC technique for the economic analysis. Data for LCC analysis are collected from estimation and interview of estimators and maintenance experts of buildings. Based on the LCC analysis, the economic effect of a new technology-based ventilation system has been predicted as follows : for the investment during 15 years of study period, (1) return rate for the investment is 9.3 times. (2) 7.3% of LCC saving is predicted.

키워드 : LCC 분석, 환기시스템, 경제성 평가

Keywords : LCC Analysis, Ventilation System, Economic Assessment

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근의 경제위기는 사회 각 분야에서 사람들의 인식과 행동에 큰 변화를 초래하고 있다. 특히, 수많은 기업이 경영규모를 축소하고 경영구조를 변경함에 따라 건물분야에도 변화를 가져오고 있다. 또한, 기존 사무실에서도 시설의 유지관리를 위해 지출되는 비용을 절약하기 위하여 다각적으로 노력하고 있다. 이것은 장기적으로는 국가의 산업 및 경제전반에 관계되는 문제라는 사실을 우리에게 주시시키고 있다. 따라서 이에 대한 체계적이고 효율적인 관리 및 에너지 절약대책의 필요성을 시사하고 있다. 결과적으로 건물에서 소비되는 에너지를 절약시키기 위한 여러 가지 방안을 정립하고, 이를 실제 건물에 적용하여 에너지를 구체적으로 절약함으로써, 건축주 및 임대인에게는 관리비용의 절감, 재실자에게는 쾌적한 작업 환경의 제공, 국가적으로는 경제적, 환경적 이득을 줄 수 있는 활동이 필요하다.

최근 이러한 노력의 일환으로 '에너지 절약 전문기업(ESCO¹⁾)' 제도가 시행되면서 에너지 사용자가 에너지 절약

을 위하여 기존의 에너지 사용시설을 개수하고자 할 때 에너지 절약 전문기업으로 하여금 대행토록 함으로써 기술적, 재정적 부담 없이 사업을 수행할 수 있도록 지원하고 있다. 특히 이러한 에너지 절약사업은 건축물을 설계하는 과정에서 에너지 절약과 관련된 초기 투자규모의 결정에 있어 LCC(Life Cycle Cost) 분석을 통한 대안의 모색이 매우 유용한 것으로 알려져 있다.

에너지 절약과 관계된 기존의 문헌들을 살펴보면 크게 설비 시스템의 경제성 분석과, ESCO사업과 관련된 연구로 구분된다. 설비 시스템의 경제성 분석 연구는 열원방식에 따른 경제성 분석, 대안별 경제성 분석, 건물의 통합적인 시스템에 관한 경제성 분석 연구들이 주류를 이루고 있다. 그러나 상기와 같은 연구들은 여러 대안 중 최적대안을 선정하고자 하는 연구들이 대부분이므로 에너지 절약 설비기기 적용에 따른 에너지 절감량에 대한 경제성 분석 연구는 아직 미진한 상황이다. ESCO사업과 관련된 연구는 ESCO 사업현황, ESCO 사업을 위한 세부기준 및 ESCO 사업의 성과측정 등의 연구들이 대부분이다. 따라서 ESCO 사업과 연관된 설비기기에 대한 경제성 분석에 관한 연구는 부족한 실정이다.

그러므로 실질적인 에너지 절감정도를 파악하기 위한 신기

* 중앙대학교 건설대학원

** 중앙대학교 대학원

*** 중앙대학교 건축공학과 교수

1) ESCO(Energy Service Company) : 에너지 사용자가 에너지절약을 위하여 기존의 에너지 사용시설을 개제 보완하고자하나 기술적·경

제적 부담으로 사업을 시행하지 못하고 있을 때 에너지 절약 전문기업(ESCO)에서 에너지 절약효과를 보증하고 절감시설에 선(先)투자한 후 이 투자시설에서 발생하는 에너지 절감액으로 일정기간 동안 투자비와 이윤을 회수하는 기업을 말한다.

술 설비기기의 경제성 분석에 관한 연구가 필요하며, 초기대안 선정을 위해 건물의 수명주기를 고려한 LCC 기법을 이용한 경제성 평가가 함께 이루어져야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 LCC 기법을 이용하여 신기술 에너지 절약기기 적용에 따른 경제성 분석을 실시하여 수명주기 동안의 에너지 절감량을 정량적으로 분석하고자 한다. 그리고 향후 발주자가 설비 시스템 선정을 위한 의사결정시 유용한 정보를 제공하고자 하며 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 환기시스템에 대한 기존 설비와 특정 신기술 설비를 사례건물에 적용하여 사업 실행 전 LCC 및 사업 실행 후 LCC를 예측한다.
- 2) 사업 실행 전·후의 LCC의 예측된 결과를 바탕으로 성과측정 및 경제성 분석을 실시한다.

1.2 연구의 절차 및 방법

본 연구는 다음 그림 1과 같은 절차 및 방법에 따라 진행한다.

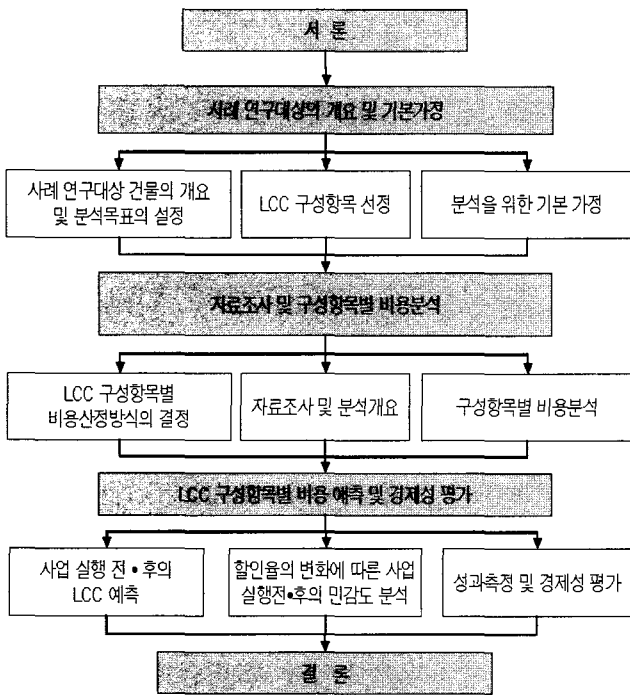


그림 1. 연구 수행 절차

첫째, 사례대상을 선정하고 기본가정을 결정한다. 둘째, 사례대상 건물의 구성항목별 비용 자료 조사 및 분석을 실시한다. 셋째, 구성항목별 LCC 비용예측을 실시하여 사업 실행 전·후의 LCC를 예측한다. 넷째, 사업 실행 전·후의 LCC 비용 예측 결과를 바탕으로 민감도 분석을 실시한다. 다섯째, 사업 실행 전·후의 LCC 예측 결과를 통하여 성과측정 및 경제성 평가를 실시한 후 결론을 도출한다.

2. LCC 분석을 위한 사례연구대상 선정 및 기본가정

2.1 신기술 소개 및 사례 연구대상 건물의 개요

기존의 환기시스템은 실내 환기를 목적으로 팬을 이용한 방식의 환기를 하였다. 이 방식의 단점은 실내와 외기와의 열 환경에 노출되어 있어 여름철에는 외부의 더운 공기가 내부로 유입되어 실내의 차가운 공기가 외부로 빠져나가게 된다. 그래서 적정온도를 유지하기 위해서는 에너지 사용량을 증가시키게 된다. 또한 겨울철에는 차가운 공기가 내부로 유입되어 실내의 따뜻한 공기가 외부로 빠져나가게 된다. 그래서 적정온도를 유지하기 위해서는 에너지 사용량을 증가시키게 된다. 이와 같이 환기는 여름, 겨울뿐만 아니라 봄, 가을의 4계절 동안 실내 환경을 쾌적하게 하기 위하여 필수적으로 요구되어, 환기로 인하여 에너지 사용량을 증가시키는 원인이 되고 있다.

이러한 문제점을 개선한 신기술 제품은 실내를 환기시킬 때 실내의 온도를 유지시키면서 환기를 가능하게 하는 폐열회수형 환기장치가 새로이 부각되고 있다. 폐열회수형 환기장치는 난방 또는 냉방을 하는 장소에서 환기 시 실내공기의 열을 급기 되는 공기에 치환하는 구조장치이다. 결과적으로 별도의 가열이나 냉각원이 없이 온도교환 효율이 난방 시에는 90%이상이며, 엔탈피 효율이 65%이상의 조건을 만족시켜 탁월한 에너지 절약효과가 있다. 그래서 산업자원부 산하 에너지 관리공단에서 고효율 에너지 기자재로 인증을 받은 신기술 환기장치이다.

결과적으로 본 장비의 특징은 환기는 시키면서 실내의 온도는 그대로 유지시킴으로써 에너지를 절약시키는 것이다. 또한 이 제품의 특징은 배기구와 흡기구가 구분되어 있는 양방향 강제 환기방식으로서 환기효과가 탁월하며, 필터기능으로 외부의 미세먼지를 제거하여 실내공기 환경을 쾌적하게 한다. 따라서 실내공기의 재순환이 아닌 여과된 외부의 신선한 공기를 공급하여 건강하고 쾌적한 실내환경을 유지하고, 폐열회수를 통하여 냉·난방 에너지 비용이 줄어들게 하는 장비이다. 이에 본 연구에서는 신기술 에너지 절약제품인 폐열회수형 환기장치에 대해 기존 환기시스템과 상호 비교하여 LCC를 검토하고자 한다.

사례대상은 제품인 폐열회수형 환기장치는 소규모 공간에 사용되는 소형제품과 공조기에 내장형 또는 외장형으로 설치되어 환기 시 폐열회수를 할 수 있게 만든 대형제품으로 구분된다. 하지만 본 연구에서는 대형제품에 대한 사례를 통하여 LCC 분석을 하고자 한다. 대형제품이 적용된 사례 빌딩은 서울시 종로구 세종로에 위치한 B빌딩을 대상으로 조사하였다. 빌딩의 특징은 오피스용도이며, 기존의 환기방식에서 폐열회수형 환기시스템으로 변경하여 설치·사용 중에 있다. 사례대상 빌딩의 건물개요는 다음의 표 1과 같다.

표 1. 사례 빌딩의 건물개요

구분	B빌딩
주소	서울시 종로구 세종로
건축연면적	66,622㎡(20,188평)
환기면적	56,864㎡(17,231평)
상주 재실자 인원	2,200여명
입주자현황	80개사
구조형식	철골철근콘크리트 구조
준공일자	1983년 8월
규모	지상15층, 지하3층
준공 후 경과연수	20년
폐열회수형 환기장치 설치	2000년 9월
설치대수	10대

상기 표 1을 살펴보면, 대형제품이 적용된 B빌딩은 준공 후 20년이 경과했으며, 15층 규모로 된 철골철근콘크리트 구조의 건물이다. B빌딩은 대로변에 위치하였으며, 상주인구가 많고 건물의 규모가 커서 냉·난방비가 많이 소비되어 환기 시 폐열회수를 통한 에너지 절약을 위해 폐열회수형 환기장치를 사용하게 되었다. 상기 건물에는 공조기 37대 중 10대에 부분적으로 설치되었다. 분석하고자하는 환기면적은 전체 연면적에서 주차장 부분의 면적을 제외한 56,864㎡를 대상으로 분석하고자 한다.

2.2 LCC 구성항목 선정

본 연구에서는 사례대상의 Life Cycle 동안의 비용조사를 통하여 LCC 항목을 다음의 표 2와 같이 도출하였다.

표 2. 사례대상 LCC 구성항목 및 세부항목

대분류	중분류	소분류	기존 시스템	신기술 시스템
초기 투자비	시설 투자비	재료비	○	○
		노무비	○	○
		경비	○	○
유지 관리비	일반 관리비	인건비	○	○
		일상점검비	○	○
	유지 보수비	보수비	○	○
		교체비	○	○
	에너지비	○	○	
해체·폐기비	해체·폐기 처분비	해체비	○	○
		폐기처분비	○	○
	잔존가치	폐기물 재활용비(수익)	○	○

상기 표 2와 같이 본 연구에서는 LCC 구성항목을 크게 초기투자비, 유지관리비, 해체·폐기비로 대분류 하였고, 초기투자비는 시설투자비로 나타냈으며, 유지관리비에는 일반관리비, 유지보수비, 에너지비로 구분하였다. 그리고 해체·폐기비에서는 해체·폐기처분비와 잔존가치로 세분해서 나타냈으며, 상기 표 2의 구성항목을 통하여 LCC를 분석하고자 한다.

2.3 분석을 위한 기본가정

LCC 분석은 설비 및 시설물의 미래를 대상으로 하므로, 미래의 예측을 위한 가정이 필수적이다. 따라서 LCC 분석을 위해서는 분석기간, 할인율에 대한 가정이 선행된다.

1) 분석기간

분석기간은 수명주기를 얼마동안으로 산정할 것인가에 대한 가정이다. 본 연구에서는 LCC 분석기간을 가정하고자 한국감정원의 유형고정자산 내용연수표 및 주요 장비의 내용연수 등에 의거하여 산정하고자 한다. 냉·난방 시설의 수명주기에 대해 한국감정원(유형고정자산 내용연수표, 2003)은 10~20년으로 규정되어 있다. 그리고 주요 공조관련장비의 내용연수는 공조기는 13~15년, 터보냉동기 15년, 보일러 12~15년 등으로 조사되었다¹⁾. 그리고 폐열회수형 환기장치의 내용연수는 제품 제작회사 전문가의 의견에 따르면 15년 정도는 충분한 것으로 조사되었다. 따라서 상기장비에 대하여 설비전문가들의 견해를 조사해 본 결과 적절한 수선유지를 할 경우에는 15년 정도는 사용할 수 있다고 조사되었다. 결과적으로 본 연구에서는 분석기간을 한국감정원의 내용연수, 기존문헌, 설비 전문가의 견해를 종합적으로 고려해서 15년으로 산정하고자 한다.

2) 실질할인율

LCC 분석에는 미래의 발생비용을 현재의 가치로 환산하는 과정을 포함한다. 그런데 화폐는 시간이 지나면 그 가치도 변화하는 특성을 가지고 있다. 따라서 발생시점이 다른 화폐의 객관적 비교를 위해서는 특정 시점으로 화폐의 시간가치를 환산해야 하며 이때 환산을 하기 위해서는 할인율이 이용된다²⁾. 따라서 한국은행의 정기예금 금리 및 소비자 물가지수를 바탕으로 실질할인율을 계산하였다. 그 결과 본 연구에서는 1993년 금리자유화 이후에서 2002년까지 실질할인율의 평균값인 4.17%를 사용하고자한다³⁾.

3) 기타가정사항

분석을 위한 기본단위는 환기면적의 기본 단위인 ㎡를 기준으로 하였으며, 모든 발생비용은 ㎡당 발생비용으로 산출한다. 또한 비용분석은 2003년 3월 현재가격으로 산정한다. 그리고 본 연구에서는 사업을 실행한 시점을 기준으로 기존의 시스템을 계속 유지할 경우의 비용총합을 사업 실행 전 LCC, 신기술 폐열회수형 환기장치를 설치 후 운영할 때의 비용총합을 사업 실행 후 LCC로 가정한다. 또한 실적자료는 실제 사용된 비용자료를 말하며, 견적자료는 해당 전문가에 의해 추정하여 산정한 비용자료를 말한다.

- 1) 이대우, 건축설비의 전과정평가(LCA), 설비저널 제29권 제8호 2000. 10. p.32.
- 2) 김용수, 시뮬레이션 모델을 이용한 근린 사무소 건물의 Life Cycle Cost 예측 및 교체수선 전략에 관한 사례연구(I), 대한건축학회 논문집, 1994. 12.
- 3) 황성수, "LCC 기법을 이용한 신기술 에너지 절약기기의 적용 사례에 대한 경제성 평가", 대한건축학회 추계학술발표논문집, 2003. 10.

3. 자료조사 및 구성항목별 비용분석

3.1 LCC 구성항목별 비용 산정방식의 결정

본 연구에서는 2.2절에서 도출된 구성항목을 바탕으로 사업 실행 전·후의 구성항목별 비용 산정방식은 다음의 표 3과 같다.

표 3. LCC 구성항목별 사업 실행 전·후의 비용 산정방식

대분류	중분류	사업 실행 전(기존시스템사용)	사업 실행 후(신기술시스템사용)
초기 투자비	시설 투자비	사례 건물의 시설투자비 실적자료 활용	사례 건물의 시설투자비 실적자료 활용
유지 관리비	일반 관리비	사례 건물의 설비운영자와 면담을 통한 실적자료 활용	사례 건물의 설비운영자와 면담을 통한 실적자료 활용
	유지 보수비	사례건물에 설치된 제품에 대한 견적자료와 유사한 사업으로부터 자료조사에 의한 추정	사례건물에 설치된 제품에 대한 견적자료와 유사한 사업으로부터 자료조사에 의한 추정
	에너지비	사례건물의 설치전 에너지 비용의 실적자료 활용	사례건물의 설치후 에너지 비용의 실적자료 활용
해체·폐기비	해체·폐기 처분비	해체·폐기전문회사의 제품 자료조사에 의한 추정	해체·폐기전문회사의 제품 자료조사에 의한 추정
	잔존 가치	폐기물 재활용 전문업체로부터 자료조사에 의한 추정	폐기물 재활용 전문업체로부터 자료조사에 의한 추정

상기의 표 3에서 살펴본 바와 같이, 실행 전·후의 비용 모두 시설투자비, 일반관리비 및 에너지 비용은 실적자료를 이용하고, 유지보수비는 사례대상 건물을 관리하는 설비운영자나, 유지보수 전문가를 통하여 견적자료를 이용하여 산정한다. 그리고 해체·폐기비와 잔존가치는 해체·폐기 전문회사나 폐기물 재활용 전문업체로부터의 내부자료나 견적자료에 의해 산정한다.

표 4. 자료 수집내용 및 자료출처

구분	사업 실행 전 (기존시스템사용)	사업 실행 후 (신기술시스템사용)	
각 시스템의 장비(대수)	기존공조기(37), 터보냉동기(3), 수관식보일러(3),	기존시스템의 장비 + 공조기에 폐열회수형 환기장치(10) 추가설치	
초기 투자비	시설 투자비 장비투자비용의 실적자료 (설비견적전문가 작성)	장비투자비용의 실적자료 (설비견적전문가 작성)	
유지 관리비	일반 관리비	관리인건비 및 부대비용에 대한 실적자료 (설비운영자에게 인터뷰)	관리인건비 및 부대비용에 대한 실적자료 (설비운영자에게 인터뷰)
	유지 보수비	보수 및 교체비용에 대한 견적자료 (유지보수전문가에게 인터뷰)	보수 및 교체비용에 대한 견적자료 (유지보수전문가에게 인터뷰)
	에너지비	전력, 수도, 도시가스 비용에 대한 실적자료 (설비 운영자에게 조사)	전력, 수도, 도시가스 비용에 대한 실적자료 (설비 운영자에게 조사)
해체·폐기비	해체·폐기 처분비	장비철거비 및 폐기물 운반비용에 대한 견적자료(해체폐기업체 견적전문가 작성)	장비철거비 및 폐기물 운반비용에 대한 견적자료(해체폐기업체 견적전문가 작성)
	잔존 가치	장비무게에 따른 재활용비용의 견적자료(재활용 전문업체 견적전문가 작성)	장비무게에 따른 재활용 비용의 견적자료 (재활용 전문업체 견적전문가 작성)

3.2 자료조사 및 분석개요

본 연구의 대한 자료조사는 사례 B빌딩에 대하여 먼저 문헌연구와 현장조사를 통해 필요한 자료 및 수집 가능한 자료의 종류를 선정한 뒤, 관련 내부자료와 실적 및 견적자료를 통해 정보를 수집하였다. 자료 조사기간은 2003년 4월~5월의 2개월 동안 조사하였다. LCC 구성항목별 실행 전(기존 시스템)과 실행 후(신기술 시스템)의 자료 수집내용은 다음의 표 4와 같다.

상기 표 4에서 보는 바와 같이 자료는 견적전문가, 설비운영자, 유지보수 전문가를 통해 조사하였으며, 시설투자비, 일반관리비, 에너지비에 대한 자료는 시공회사의 공사비나 설비운영자를 통해 실적자료를 조사하였다. 그리고 유지보수비, 해체·폐기처분비와 잔존가치는 해당 전문가에 의해 견적자료를 수집하였다. 특히 실행 후 비용은 폐열회수형 환기장치가 기존 공조기에 추가 설치되는 형태이다. 자료수집방법은 인터뷰나 내부자료를 통해 자료를 수집하였다.

3.3 구성항목별 비용분석

1) 초기투자비

표 5. 시설투자비 비용분석

품명	수량	규격	단위	단가(원)	금액(원)
보일러 (수관식)	1	5ton	대	48,940,000	48,940,000
	1	4ton	대	48,340,000	48,340,000
	1	2ton	대	40,340,000	40,340,000
원심식 터보냉동기	1	632RT	대	216,390,000	216,390,000
	1	550RT	대	216,390,000	216,390,000
	1	432RT	대	216,390,000	216,390,000
공조기	37	-	대	40,100,000	1,483,700,000
합 계				-	2,270,490,000
㎡당 비용(총 공조면적 : 56,864 ㎡)				-	39,928

(a) 실행 전(기존열원장비) 시설투자비

품명	수량	규격(CMH)	단위	단가(원)	금액(원)
폐열회수형 환기장치(RP-02)	3	1,500~2,500	EA	3,300,000	9,900,000
폐열회수형 환기장치(RP-03)	2	2,000~4,000	EA	3,900,000	7,800,000
폐열회수형 환기장치(RP-05)	4	3,500~7,000	EA	5,400,000	21,600,000
폐열회수형 환기장치(RP-08)	1	6,500~9,500	EA	8,300,000	8,300,000
소 계					47,600,000
간접노무비	1	-	식	1,142,400	1,142,400
일반관리비 및 이윤	1	-	식	7,140,000	7,140,000
합 계(B)					55,882,400
㎡당 비용(총 공조면적 : 56,864 ㎡)					983
기존 열원장비의 설치비(A)				2,270,490,000원 (39,928원/㎡)	
실행 후 시설투자비용 (기존열원장비(A) + 폐열회수형 환기장치(B))				2,326,372,400원 (40,911원/㎡)	

(b) 실행 후(기존열원장비+신기술장비) 시설투자비

초기투자비는 보통 에너지 관리 진단비용과 시설투자비로 구분되지만, 본 연구에서는 자체적인 사업 요구에 의해 에너지 관리 진단비용은 없으며 시설투자비만 존재한다. 이 빌딩에 폐열회수형 환기장치를 설치하는 이유는 실내 공기의 쾌적도 향상, 환기시의 폐열회수를 위해서이다. 따라서 공조와 관련된 열원 장비도 함께 검토할 필요가 있다. 결과적으로 실행 전 초기투자비용은 열원장비의 시설투자비이며, 실행 후

초기투자비용은 열원장비의 시설투자비와 폐열회수형 환기장치
의 시설투자비의 합으로 산정한다. 다음의 표 5는 사례 B
빌딩의 실행 전 시설투자비이다.

상기의 표 5를 살펴보면 사례 빌딩은 보일러 3대, 원심식
터보냉동기 3대, 공조기 37대가 설치되어 있었다. 실행 전 시
설투자비용은 열원장비의 시설투자비용으로서 2,270,490,000
원이며, 단위면적당 비용은 39,928원/㎡이다.

그리고 실행 후 시설투자비의 특징은 공조기 37대중 10대
에 공조기 내장형으로 폐열회수형 환기장치가 설치되어 환기
및 폐열회수를 담당하고 있다. 따라서 폐열회수형 환기장치
시설투자비용은 55,882,400원이며, 단위면적당 비용은 983원/
㎡이다. 따라서 실행 후 시설투자비용은 2,326,372,400원이며,
단위면적당 비용은 40,911원/㎡이다.

2) 유지관리비 분석

(1) 일반관리비

일반관리비는 폐열회수형 환기장치 및 기타 열원장비를 유
지관리하는데 소요되는 관리비용이다. 설비운영자를 대상
으로 인터뷰를 통한 조사 결과에 의하면 일반관리비용은
대부분이 열원장비의 유지관리 및 점검을 위하여 상주하는
직원에게 지출되는 관리인건비가 대부분을 차지한다고 조
사되었다. 그리고 운영에 소요되는 각종 부대비용은 관리인
건비의 10%정도 소요된다고 조사되었다. 따라서 일반관리
비는 관리인건비와 부대비용을 함께 고려하도록 하며 다음
의 표 6과 같다.

표 6. 사업 실행 전·후의 일반관리비 비용분석

구 분	소요인원 (명)	관리인건비 (원/년)	부대비용(원/년) (관리인건비의10%)	합 계 (원/년)	㎡당 비용 (원/㎡/년)
실행전(A)	5명	119,952,000	11,995,200	131,947,200	2,320
폐열회수형 환기장치 대형제품 (10대) (B)	제품회사 직영관리	4,500,000	-	4,500,000	80
실행 후 (실행전(A) +대형제품(B))	5명	124,452,000	11,995,200	136,447,200	2,400

상기 표 6의 폐열회수형 환기장치 일반관리비는 제품 설치
회사에서 정기적으로 방문하여 점검해 주는 비용으로서 대
형 폐열회수형 환기장치는 년 4회, 대당 450,000원/년의 일
반관리비가 필요한 것으로 조사되었다. 따라서 대형 폐열회
수형 환기장치는 실행 전 일반관리비는 131,947,200원/년,
단위면적당 비용은 2,320원/㎡/년이며, 실행 후 일반관리비
는 136,447, 200원/년, 단위면적당 비용은 2,400원/㎡/년이
소요되는 것으로 분석되었다.

(2) 유지보수비

본 연구에서 사업 실행 전·후의 유지보수비 자료 분석은 빌
딩 설비관리자와 제품 제작회사 담당자와의 인터뷰를 바탕

으로 교체, 보수의 주기 및 비용 그리고 보수율을 조사하였
다. 이를 바탕으로 사례 빌딩의 실행 전 1회 유지보수비용
과 실행 후 1회 유지보수비용을 조사해 본 결과는 다음의
표 7과 같다.

표 7. 유지보수비 비용분석

구 분	설치금액		교체(R)		보수(M)	
	설치비(원)	(원/㎡)	교체비(원)	(원/㎡)	보수비(원)	(원/㎡)
보일러5톤	48,940,000	861	18,570,000	327	1,585,0000	28
보일러4톤	48,340,000	850	17,970,000	316	1,563,0000	27
보일러2톤	40,340,000	709	14,970,000	263	1,307,000	23
냉동기3대	649,170,000	11,416	100,200,000	1,762	23,391,000	411
공조기37대	1,483,700,000	26,092	1,369,000,000	24,075	58,275,000	1,025
합 계	2,270,490,000	39,928	1,520,710,000	26,743	86,121,000	1,515

(a) 실행 전 1회 유지보수비 비용 종합

구 분	설치금액		교체(R)		보수(M)	
	설치비(원)	(원/㎡)	교체비(원)	(원/㎡)	보수비(원)	(원/㎡)
실행 전 총합계	2,270,490,000	39,928	1,520,710,000	26,743	86,121,000	1,515
대형제품 모터	2,700,000	48	2,700,000	48	-	-
대형제품프리필터	90,000	2	90,000	2	-	-
실행 후 총합계	2,273,280,000	39,978	1,523,500,000	26,793	86,121,000	1,515

(b) 실행 후 1회 유지보수비 비용 종합

구 분		1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년
실행 전	연도별 유지보 수비용	24	247	787	485	8,579	1,703	1,425	1,511
	누적 합계	24	272	1,058	1,543	10,122	11,825	13,251	14,762
실행 후	연도별 유지보 수비용	31	253	793	491	8,586	1,709	1,432	1,517
	누적 합계	31	284	1,077	1,568	10,154	11,863	13,295	14,812

(c) 실행 전·후의 연도별 유지보수 비용 및 누적비용

구 분		9년	10년	11년	12년	13년	14년	15년	합계
실행 전	연도별 유지보 수비용	1,710	9,947	1,518	1,703	1,416	1,520	1,460	34,037
	누적 합계	16,472	26,419	27,937	29,640	31,057	32,577	34,037	-
실행 후	연도별 유지보 수비용	1,717	10,001	1,525	1,709	1,423	1,526	1,467	34,180
	누적 합계	16,529	26,530	28,054	29,764	31,187	32,713	34,180	-

(c) 실행 전·후의 연도별 유지보수 비용 및 누적비용(계속)

상기의 표 7의 (b)를 살펴보면 대형제품의 모터는 10년 정
도 사용 후 교체를 실시하며, 프리필터는 년 4회에 걸쳐 정
기적인 교체가 필요하다. 따라서 폐열회수형 환기장치는 특
별한 보수 없이 정기적인 교체만 해도 15년 정도는 충분히
사용가능하다고 조사되었다. 따라서 실행 전 1회 유지보수
비용 교체 시에는 26,743원/㎡, 보수시에는 1,515원/㎡이고,
실행 후 1회 유지보수비용 교체 시에는 26,793원/㎡, 보수
시에는 1,515원/㎡이다. 하지만 상기비용은 매년 일정하게

발생하는 비용이 아니므로 상기 표 7의 (c)와 같이 유지보수 주기별로 산정하여야 하며, 연도별 유지보수 비용과 누적비용을 산정하였다. 따라서 분석기간 15년 동안 불변비용일 때 실행 전 유지보수 비용은 34,037원/㎡이며, 실행 후 유지보수 비용은 34,180원/㎡으로 분석되었다.

(3) 에너지비

에너지 사용에 따른 비용은 유지관리비에서 차지하는 비용 중 가장 큰 비중을 차지하는 부분이다. 에너지 형태는 크게 전기, 도시가스, 수도(냉각탑에서의 비산하는 물에 대한 비용 때문에 고려)등으로 크게 분류된다. 하지만 대부분 빌딩에서는 에너지 비용이 건물 전체로 통합 계산되어 청구되기 때문에 폐열회수형 환기장치와 연관된 에너지 비용이 따로 계산되지 않는다. 따라서 설비운영자와의 인터뷰를 한 결과 열원장비의 에너지 사용량을 조사하여 단가를 곱하는 방식으로 비용을 산출하는 것이 실행 전·후의 에너지 사용 절감량을 구하는데 적절한 방법으로 제시되었다. 그래서 본 연구에서는 에너지 사용량을 조사한 후 단가를 적용하여 비용을 산출하였다. 따라서 냉동기와 폐열회수형 환기장치는 전력, 공조기는 전력과 수도, 보일러는 도시가스의 사용량을 가지고 비용을 산출하였다. 이를 바탕으로 실행 전 에너지 비용과 실행 후 에너지 비용을 상호 비교하였다.

비용을 산출하기 위해서 B빌딩은 사업 실행 전 2년, 사업 실행 후 3년 동안의 월별 에너지 사용량을 도시가스, 전기, 수도의 실적자료를 조사하였으며, 사용량을 근거로 비용을 환산하였다. 그리고 분석하고자 하는 B빌딩의 공조면적은 56,864㎡이다.

그런데 설비전문가와 설비운영자에 인터뷰한 결과 폐열회수형 환기장치 설치로 인한 공조기의 설치 전·후의 전력사용량은 가동시간이 다소 줄어들지만, 전력사용량의 변화가 크지않다고 조사되었다. 그래서 본 연구에서는 폐열회수형 환기장치의 설치로 인한 공조기의 전력비용은 고려하지 않기로 한다. 그리고 보일러의 특성상 가동시간이 한달내내 가동되는 1월, 2월, 3월, 11월, 12월의 5개월 동안의 비용을 연간비용으로 산정하였다. 그리고 냉동기도 계절적 요인에 의해 가동시간이 5월~10월의 6개월 동안의 비용을 연간비용으로 산정하였다. 수도는 1월~12월 동안의 연간 사용량에 대한 비용을 구하였다. 그리하여 도시가스, 전력 및 수도에 대한 에너지 비용을 합산한 금액을 실행 전·후의 에너지 비용으로 산정하였다. 사례 B빌딩의 보일러, 냉동기, 공조기, 폐열회수형 환기장치에 대한 연간 에너지 비용을 종합한 것이다.

표 8. 에너지 비용의 종합

구 분	도시가스	전력	수도	합계(원)	합계(원/㎡)
실행전비용	84,141,774	101,142,677	48,204,860	185,284,451	3,258
실행후비용	61,890,680	65,247,834	46,848,713	127,138,514	2,236
절감비용	22,251,094	35,894,843	1,356,147	58,145,937	1,023

상기 표 8를 살펴보면 사례 B빌딩의 폐열회수형 환기장치의 실행 전 에너지 비용은 연간 185,284,451원, 단위면적당

비용은 3,258원/㎡이다. 실행 후 에너지 비용은 연간 127,138,514원, 단위면적당 비용은 2,236원/㎡이다. 결과적으로 폐열회수형 환기장치 설치한 사업 실행 후 비용이 연간 58,145,937원, 단위면적당 비용은 1,023원/㎡이 절감되며, 연간 약 25.5%가 절감되는 것으로 분석되었다.

3) 해체·폐기비

해체·폐기비는 해체·폐기처분비용과 잔존가치로 구분된다.

(1) 해체·폐기처분비

해체 전문업체와 제품 제작업체의 전문가와 면담한 결과는 폐열회수형 환기장치의 내용연수는 15년이고, 실행 전 비용은 기존 열원장비의 해체·폐기처분비용으로 산정하며, 실행 후 비용은 기존 열원장비와 폐열회수형 환기장치의 해체·폐기처분비용을 합한 금액으로 산정한다고 조사되었다. 해체·폐기비용은 해체·폐기업체 전직전문가의 도움으로 산출되었고 다음의 표 9와 같다.

표 9. 열원장비의 해체·폐기처분비용

구 분	수량(대수)	설치비용(원)	해체·폐기처분비 단가(원)	해체·폐기처분비(원)	해체·폐기처분비 당 금액(원)	
실행 전	보일러(5톤)	1	48,940,000	3,000,000	3,000,000	53
	보일러(4톤)	1	48,340,000	2,400,000	2,400,000	42
	보일러(2톤)	1	40,340,000	1,200,000	1,200,000	21
	냉동기(632RT)	1	216,390,000	5,000,000	5,000,000	88
	냉동기(550RT)	1	216,390,000	5,000,000	5,000,000	88
	냉동기(432RT)	1	216,390,000	4,000,000	4,000,000	70
	공조기	37	1,483,700,000	500,000	18,500,000	326
합계(총공조면적:56,864㎡)		2,270,490,000		39,100,000	688	
실행 후	폐열회수형환기장치	10	55,882,400	1,400,000	14,000,000	246
	실행 전		2,270,490,000		39,100,000	688
	합계(총공조면적:56,864㎡)		2,326,372,400		53,100,000	934

상기의 표 9를 살펴보면 사례 B빌딩의 실행 전 해체·폐기처분비용은 39,100,000원이며, 단위면적당 금액은 688원/㎡이다. 그리고 실행 후 해체·폐기처분비용은 53,100,000원이며, 단위면적당 금액은 934원/㎡이다.

(2) 잔존가치

폐열회수형 환기장치의 잔존가치는 대부분이 재활용이 가능하므로 고철의 재활용 이익을 바탕으로 산출되며, 잔존가치는 물가자료의 품목별 단가를 바탕으로 산출하고자 한다. 그리고 잔존가치는 수익(-)으로 표시된다. 본 연구에서 장비의 재활용에 관한 사항은 폐기물 재활용 전문업체의 전문가와 인터뷰를 통해 조사해 본 결과는 다음의 표 10과 같다.

표 10. 열원장비의 잔존가치

구분	수량 (대수)	1대당 무게(kg)	고철매입비 (원/kg)	잔존가치		
				(원)	㎡당 금액(원)	
실 행 전	보일러(5톤)	1	19,000	90	-1,710,000	-30
	보일러(4톤)	1	18,000	90	-1,620,000	-28
	보일러(2톤)	1	12,000	90	-1,080,000	-19
	냉동기(632RT)	1	13,000	90	-1,170,000	-21
	냉동기(550RT)	1	12,000	90	-1,080,000	-19
	냉동기(432RT)	1	8,000	90	-720,000	-13
	공조기	37	3,378	90	-11,248,740	-198
합계 (56,864㎡)		206,986		-18,628,740	-328	
실 행 후	폐열회수형 환기장치 (RP-02)	3	195	90	-52,650	-1
	폐열회수형 환기장치 (RP-03)	2	295	90	-53,100	-1
	폐열회수형 환기장치 (RP-05)	4	415	90	-149,400	-3
	폐열회수형 환기장치 (RP-08)	1	513	90	-46,170	-1
	실행전 잔존가치	43	206,986		-18,628,740	-328
	합계 (56,864㎡)		210,334		-18,930,060	-333

상기의 표 10을 살펴보면 실행 전 잔존가치는 -18,628,740 원이며, 단위면적당 비용은 -328원/㎡이다. 실행 후 잔존가치는 -18,930,060원이며, 단위면적당 비용은 -333원/㎡이다.

4. LCC 구성항목별 비용 예측 및 경제성 평가

본 연구에서는 LCC 예측을 장비의 수명주기에 따라 15년을 분석기간으로 가정하였으며, 실질할인율은 4.17%로 가정하였다. 기존 환기시스템으로 운영하는 것을 실행전 LCC, 신기술 환기시스템(폐열회수형 환기장치)을 설치·운영하는 것을 실행 후 LCC로 가정하였다. LCC 분석은 현재가치법으로 분석하였으며, 2003년 기준으로 비용을 산정하였다. 이를 바탕으로 사업 실행 전·후 LCC 예측 결과 및 민감도를 분석하면 다음과 같다.

4.1 사업 실행 전·후의 LCC예측

1) 사업 실행 전 LCC예측

3장의 수집된 비용자료의 분석결과를 바탕으로 사례대상 B빌딩의 LCC, 구성항목별 비용을 예측하면 다음의 표 11과 같다.

표 11. 사례대상 B빌딩의 사업 실행 전 LCC

LCC 구성항목	B빌딩 (실행전)				
	불변비용		할인비용		
	금액(원/㎡)	비율(%)	금액(원/㎡)	비율(%)	
초기투자비	39,928	25.27	39,928	31.80	
유지 관리비	일반관리비	34,800	22.03	25,491	20.30
	유지보수비	34,037	21.54	24,135	19.22
	에너지비	48,870	30.93	35,797	28.51
해체· 폐기비	해체·폐기처분비	688	0.44	373	0.30
	잔존가치	-328	-0.21	-178	-0.14
합 계	157,995	100.00	125,546	100.00	
실행 전/후의 LCC 비율	100%		100%		

사업 실행전 LCC는 불변비용으로는 157,995원/㎡이며, 할인비용으로는 125,546원/㎡으로 예측되었다.

2) 사업 실행 후 LCC예측

사업 실행 전 LCC를 예측한 방법으로 사업 실행 후 LCC를 예측하면 다음의 표 12와 같다.

표 12. 사례대상 B빌딩의 사업 실행 후 LCC

LCC 구성항목	B빌딩 (실행후)				
	불변비용		할인비용		
	금액(원/㎡)	비율(%)	금액(원/㎡)	비율(%)	
초기투자비	40,911	28.17	40,911	35.14	
유지 관리비	일반관리비	36,000	24.79	26,370	22.65
	유지보수비	34,180	23.53	24,236	20.82
	에너지비	33,540	23.09	24,568	21.10
해체· 폐기비	해체·폐기처분비	934	0.64	506	0.43
	잔존가치	-333	-0.23	-180	-0.15
합 계	145,232	100.00	116,411	100.00	
실행 전/후의 LCC 비율	91.9%		92.7%		

사업 실행 후 LCC는 불변비용으로는 145,232원/㎡이며, 할인비용으로는 116,411원/㎡으로 예측되었다. 상기의 내용을 바탕으로 사업 실행 전·후의 LCC 누적분포를 도식화하면 다음의 그림 2와 같다.

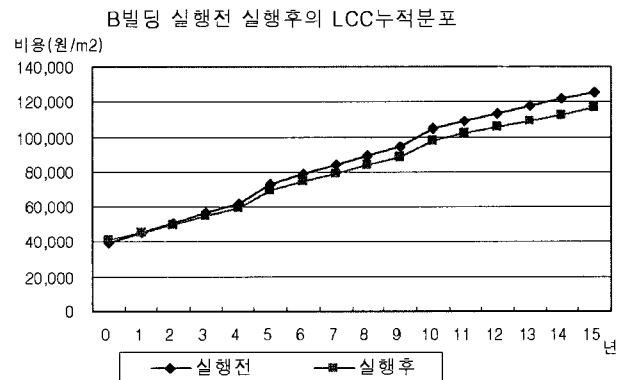


그림 2. 사업 실행 전·후의 LCC 누적분포(할인비용)

상기의 그림 2를 살펴보면 초기에는 실행 후 LCC가 많으나, 사업 실행 후 2년부터는 실행 후 LCC가 적어지는 것을 알 수 있다. 즉 폐열회수형 환기장치를 설치할 경우가 LCC가 적다는 것을 알 수 있다.

4.2 할인율의 변화에 따른 사업 실행전·후의 민감도분석

할인율은 분석기간 동안에 발생하는 비용을 예측함에 있어 그 영향이 매우 큰 요소중의 하나이며, 물가 및 금리의 변동을 고려하여 산정되는 할인율은 미래에 대한 예측이다. 따라서 정확한 값을 산정하기란 거의 불가능하며, 할인율에 따른 LCC의 변화를 예측하여 의사결정에 있어 보다 종합적인 정보를 제공해 줄 수 있다. 본 연구에서는 실질할인율인 4.17%를 중심으로 1.17%~7.17%까지 1%씩 할인율을 증가시켜 LCC 변화를 예측하였고 다음의 표 13과 같다.

표 13. 할인율의 변화에 따른 B빌딩 사업 실행전·후의 LCC

할인율 (B빌딩)	1.17%	2.17%	3.17%	4.17%	5.17%	6.17%	7.17%
실행전	147,371	139,310	132,067	125,546	119,661	114,339	109,516
실행후	135,795	128,635	122,202	116,410	111,184	106,459	102,176

이러한 할인율의 변화에 따른 사례대상 LCC값의 변화를 그래프로 나타내면 그림 3과 같다.

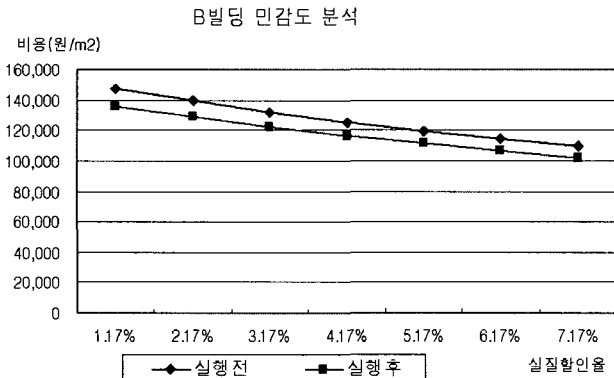


그림 3. 할인율의 변화에 따른 사업 실행 전·후의 민감도 분석

상기의 그림 3을 살펴보면 전체적으로 할인율이 증가할수록 점차적으로 LCC가 낮게 나타나고 있다. 그리고 할인율이 증가할수록 LCC 곡선의 간격이 좁아지는데 이것은 할인율이 증가할수록 투자효과는 감소한다는 뜻이다. 반대로 할인율이 낮아질수록 투자효과는 높아지는 것을 알 수 있다.

4.3 성과측정 및 경제성 평가

본 연구에서는 4.1절에서 제시한 사업 실행 전·후의 LCC 예측값을 상호 비교하여 성과측정 및 경제성 평가를 하고자 하며, 다음의 표 14와 같다.

아래의 표 14를 살펴보면 폐열회수형 환기장치의 설치로 인한 성과측정은 투자대비 회수배율⁴⁾로서 할인비용 시 회수배율은 9.3배(분석기간 15년간)의 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 그리고 폐열회수형 환기장치의 설치로 인해 할인비용 시 7.3%(100% - 92.7% = 7.3%)의 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 이를 금액으로 환산하면 할인비용 시 분석기간 15년 동안 약 5억 2천만원이 절감되며, 이를 연간비용으로 환산하면 47,300,000원이 절감되는 것으로 분석되었다.

표 14. 사업 실행전·후의 성과측정 및 경제성 평가

구분	비용분석 및 경제성 평가 결과 (대형제철을 추가하여 설치할 경우)	
	불변비용	할인비용
경제성 평가 내용 및 출처		
사업 실행전 LCC(원/m²) (A) : 기존시스템인 경우	157,995	125,546
사업 실행후 LCC(원/m²) (B) : 신규시스템인 경우	145,232	116,411
LCC의 차(원/m²) (A-B)	12,763	9,135
초기투자비(기존시스템) (원/m²) (C)	39,928	39,928
초기투자비(신규시스템) (원/m²) (D)	40,911	40,911
회수배율 (초기투자비의 차 대비) =(LCC의 차(A-B)) / (초기투자비의 차(D-C))	13.0	9.3
경제성평가(%) =100-(실행후LCC/실행전LCC) x 100%	8.1%	7.3%

4) 성과측정이란 투자대비 회수배율로서 사업 실행전·후의 LCC 차이를 초기투자비로 나눠준 것을 성과측정이라 한다. 특히 건물을 신축할 경우에는 회수배율 1안이 해당되며, 건물을 개보수 할 경우에는 회수배율 2안이 해당된다.

4. 결 론

본 연구는 사례 B빌딩을 대상으로 LCC 기법을 이용한 기존 환기시스템과 신기술 폐열회수형 환기장치의 적용에 따른 경제성 평가를 하고자 하였다. 경제성 평가를 위해 사례 B빌딩에 대한 비용자료를 수집·분석하고, 분석기간 15년 동안의 사업 실행 전·후의 LCC를 예측하여 경제성 평가를 실시하였다. 이와 같은 목적과 방법에 따라 진행된 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 사업 실행 전·후의 LCC를 예측한 결과 실행 전 LCC는 불변비용으로는 157,995원/m²이며, 할인비용으로는 125,546원/m²으로 예측되었다. 그리고 실행 후 LCC는 불변비용으로는 145,232원/m²이며, 할인비용으로는 116,411원/m²으로 예측되었다. 따라서 실행 후 LCC가 실행 전 LCC보다 불변비용일 때 12,763원/m², 할인비용일 때 9,135원/m²의 비용절감이 되었으며, 연간 47,000,000원의 경제적 이득이 발생하는 것으로 분석되었다.
- 2) 성과측정은 투자대비 회수배율로서 할인비용 시 회수배율은 9.3배(분석기간 15년간)의 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 그리고 폐열회수형 환기장치의 설치로 인해 할인비용 시 7.3%의 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 폐열회수형 환기장치가 신기술 설비로서 실제 적용된 사례대상이 부족하여 사례 B빌딩에 대해서만 경제성 분석을 실시하였다. 그래서 분석결과를 일반화하기에는 어려움을 내포하고 있다. 그리고 에너지 사용량과 비용은 기온의 변화에 따라 민감하게 반응하지만 본 연구에서는 고려하지 못하였다. 향후 연구에 있어서는 보다 다양하고 많은 사례를 대상으로 조사하여야 할 것이며, 기온의 변화에 따른 사용량과 비용, 그리고 에너지 가격 상승률을 고려한 분석이 함께 진행될 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. 강창희, LCC 기법을 이용한 ESCO 사업의 성과측정에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 2002.
2. 김남규외1인, 경제성 분석을 위한 사무소 건물의 설비 시스템별 초기투자비 비교, 건축설비 제3권 제3호, 2000.
3. 김용수, 아파트 건물의 수명주기비용 예측을 위한 운영관리비 분석 및 예측모델의 개발, 대한건축학회논문집 구조계 제14권10호, 1998.
4. 김용수, 아파트 건물의 수명주기비용 예측을 위한 운영관리비 분석 및 예측모델의 개발, 대한건축학회논문집 구조계 제14권 10호, 1998.
5. 박민용, 라이프 사이클 코스트 기법을 이용한 냉열원 방식의 경제성 평가, 대한건축학회 논문집 계획계, 1998, 10.
6. 송국섭외1인, LCC법에 의한 K청사 건물의 에너지 절약 설계 사례, 건축설비 제3권 제3호, 2000.
7. 유승일, LCC 기법을 이용한 고층아파트 건물의 총 소요비용 예측 및 손실비용 추정에 관한 연구, 중앙대학교, 2000.
8. 정종립, LCC 분석에 의한 고층건물 설비시스템의 대안평가, 대한건축학회 논문집 계획계, 2003. 1.