

# 改補修 對象 建物の 費用 側面에서의 效率性 平價에 관한 研究

## - 바닥 마감재를 중심으로 -

### A Study on the Evaluation of the Efficiency in the Costs of the Remodeling

김 상 용\*                      정 병 우\*\*                      강 경 인\*\*\*  
Kim, Sang-Yong              Jung, Byung-Woo              Kang, Kyung-In

#### Abstract

The purpose of this study is to evaluate efficiency by the Life Cycle Cost(LCC) analysis of floor covering materials for remodeling. This study has been performed as a case study. The LCC analysis is a technique which takes account into both initial-future costs and benefits of an investment over some period of time. LCC is important in commercial decision making because it provides improved assessment of the living-term cost effectiveness of construction projects as well as alternative economic methods that focus on initial costs. For LCC analysis and comparison, the present value technique is used. The results of this study are summarized as follows;

- (1) A LCC analysis model of floor covering materials is suggested through a case study.
- (2) As a result of LCC case study, the type of sheet is analyzed more economical than that of tile in floor covering materials.

키워드 : 개보수, 생애주기비용, 바닥 마감재

Keywords : Remodeling, Life Cycle Cost, Floor Covering Materials

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

지금까지 국내 건설시장은 재건축을 중심으로 양적 팽창을 이루어 왔다. 그러나 현재 국내의 건설 재건축 시장에 한계가 오고 있고, 경제적인 측면과 환경적인 측면으로 볼 때 개보수 시장의 활성화가 예상되고 있다.

향후 국내 건설시장도 선진국처럼 재건축보다는 개보수 중심으로 바뀌어 갈 것으로 전망된다. 그러나 국내에서는 아직 개보수 시장이 정착 초기 단계이고, 이에 따라 건물 개보수를 위한 체계적인 방법론이 아직 정립되어 있지 않아서 효과적인 개보수 계획 수립이 어렵다. 그러므로 개보수 계획 시 초기투자비용만 아니라, 전반적인 Life Cycle Cost(생애주기비용; 이하 LCC라 한다)를 고려하여 효과적인 개보수 방법이 필요하다.

그럼에도 불구하고 우리나라에서는 아직까지 LCC의 개념이 건설업 전반에 보급되어 있다고는 할 수 없다. 발주자·설계자는 물론 건설업자도 아직까지는 건설 구조물의 초기성능 향상과 건설비용의 상대적인 저감 쪽에만 관심이 있으며, 건설구조물의 장기적인 내구성(durability) 및 운용관리의 경제성 등에 관해서는 아직까지 관심이 적은 것이 사실이다.

예를 들어 ALC(Autoclaved-Lightweight Concrete)와 시멘트

벽돌, 합판과 파티클보드, 커튼월(curtain wall)과 타일·석재 등 개별적인 구조재 및 설비·기자재를 선택함에 있어서도 LCC분석이 필요한 사례가 매우 많았다. 그러나 아직까지는 설계자의 경험에 대부분을 의존하는 한계성을 보여왔다. 따라서 장기적으로 시설구조물의 경제성을 확보하기 위해서는 대안을 비교하여 체계적인 LCC분석이 필요하다.

더구나 최근에 에너지 및 자원 부족 현상이 현재화되고 있으며 환경오염에 대한 인식도 높아지고 있는 추세이며, 나아가 신소재 및 설비의 개발이 가속화되고 있는 현실을 고려할 때, 설계단계에서의 LCC분석은 매우 필요한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 LCC에 관한 이론적인 연구를 고찰해 보고 마감의 특정 부위인 바닥 마감재의 실제적인 적용 예를 통해서 비용 측면에서의 효율성을 평가하여 향후 개보수 계획 시 최적의 안을 효과적으로 도출할 수 있도록 하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 절차

건축물의 개보수 방향은 경제성 추구, 미학적 가치 추구, 성능 개선 추구로 대별될 수 있다. 본 연구는 경제성 및 성능 개선 추구를 주된 관점으로 마감재중 바닥 마감재를 대상으로 하여 다음과 같은 흐름으로 연구를 진행하였다.

첫째, 개보수 대상 건물의 기본개념에 부합하는 바닥 마감재 대안을 설정하고 정성적인 방법으로 분석하여 적정 대안을 도출하였다.

둘째, 정성적인 방법들로 도출된 대안들에 대하여 LCC 분석에 의한 정량적인 기법으로 대상 건물의 요구 조건에 가장

\* 고려대학교 대학원 석사 과정

\*\* 대우건설

\*\*\* 고려대학교 건축공학과 교수, 공학박사

부합하는 대안을 도출하였다.

또한 전 과정에 걸쳐서 대상 건물에 대한 실무적인 방법에 의한 예시적인 검토를 수행하였다.

대안별 LCC의 비교는 한국건설산업연구원(1999)에서 제시한 합성수지 바닥재의 종류별 LCC 조건 비교를 참조하여 초기투자액 및 운용관리비, 내구연수를 산정하였다.

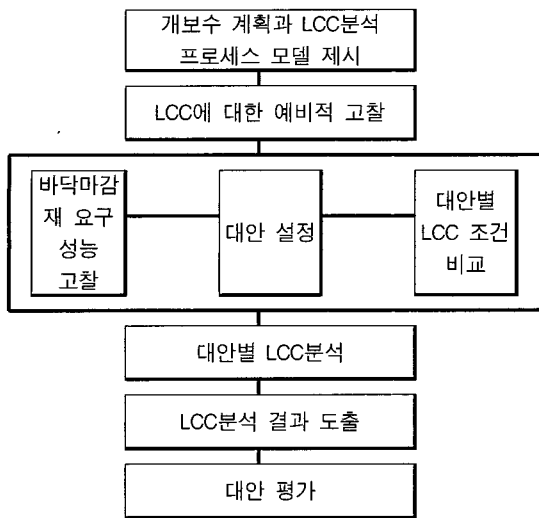


그림 1. 연구의 방법과 절차

## 2. 개보수 계획과 LCC분석 프로세스

개보수의 동기가 발생되어 목표가 설정되면 조사·분석을 통하여 문제를 파악하고, 문제점을 해결하기 위한 개념을 설정하여 초기 대안들을 수립한다.

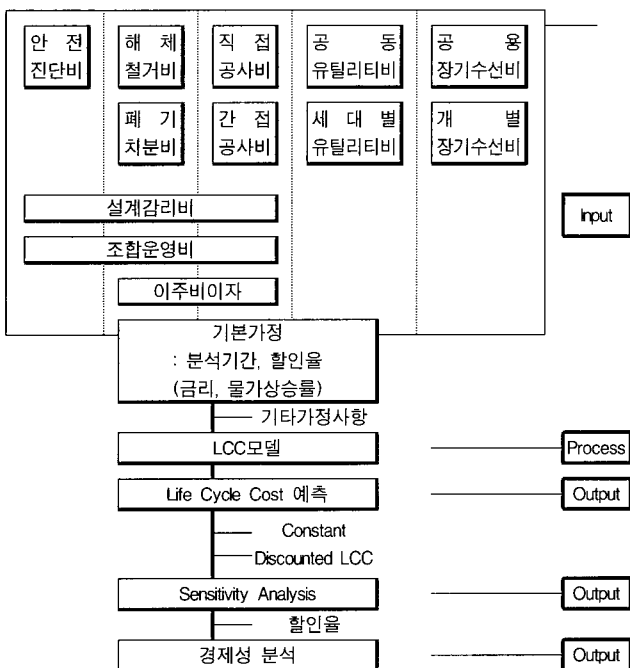


그림 2. 개보수 계획과 LCC분석 프로세스

설정된 초기 대안에 대한 정성적인 평가를 실시하여 기본 개념에 부합하는 현실적인 대안들을 도출하고 시뮬레이션, LCC분석 등의 정량적인 평가를 통하여 최종 시스템을 결정한다.

본 연구에서는 건물 개보수 계획 단계에서의 개념 설정, 자료 수집 및 분석, 정성적 방법에 의한 주요 대안 도출, 도출된 대안에 대한 정량적 방법에 의한 최적 대안 도출 기법의 체계를 건축 바닥 마감재를 중심으로 도식화했으며, 그 프로세스는 그림2와 같다.

## 3. LCC에 대한 예비적 고찰

### 3.1 LCC의 개요

LCC는 건물의 기획, 설계에서 시공, 사용, 폐기처분 등 건물 전생애에 걸쳐 발생하는 비용을 고려한 경제성 평가 도구로 LCC를 수행하기 위해서는 비용항목의 모든 비용을 동일한 가치로 환산하여야 한다.

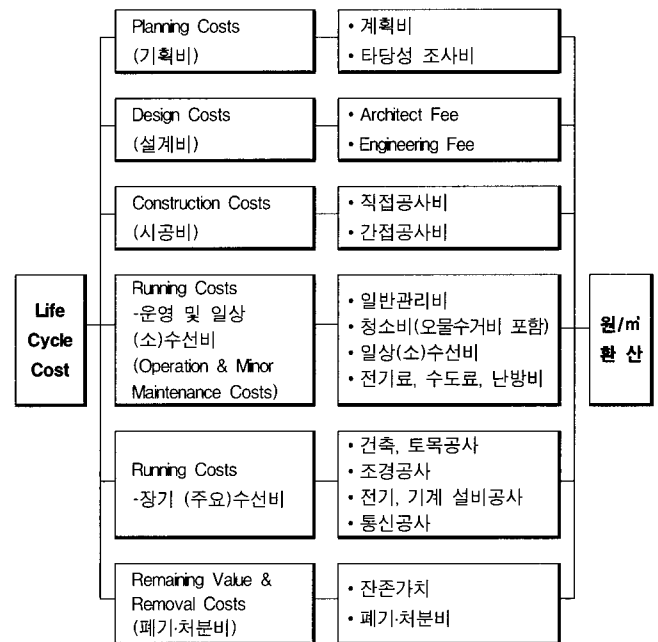


그림 3. Life Cycle Cost 구성요소

### 3.2 LCC의 개념

생애주기비용 분석(Life Cycle Cost Analysis)은 건설 프로젝트의 총 비용(total cost of ownership)을 분석하는 기법 및 과정을 의미하며 총 비용이란 건설사업비와 유지관리비(해체, 철거비 포함)를 의미한다.

모든 건축물은 기획·설계 및 건설공사로 구분되는 초기투자단계를 지나 운용비용, 폐기비용 및 개축단계로 이어지는 일련의 P-D-C-A(Plan-Do-Check-Action; 계획-실시-검토-조치) 과정을 거치게 된다. 이것을 생애주기(Life Cycle)라고 하며 이 기간동안에 투입되는 비용의 합계를 생애주기비용이라 한다. 따라서 LCC분석이란 재료의 구입, 운영, 유지관리, 그리

고 총비용의 관점에서 가장 경제적인 대안을 선택하기 위한 일종의 경제성 평가기법을 의미한다.

LCC는 기본적으로 경제성 평가를 위한 수단이며 평가대상은 프로젝트, 설계 대안, 시스템, 장비, 자재 등으로 다양할 수 있다. 즉, 다수의 프로젝트 또는 설계 대안 등의 경제성을 평가하고 최적 대안을 결정하는 과정에서 LCC를 통해 각 대안의 총 비용을 산정하고 최종안에 대한 의사결정시 참조하게 된다.

또한 LCC는 초기의 높은 건설사업비가 향후 유지관리 비용에 의해 정당화될 수 있는지에 대한 검증에 대해 활용되기도 한다.

### 3.3 LCC의 주요 기대효과

#### 1) 대안들의 경제성 평가

LCC분석은 생애주기비용에 근거한 여러 대안들의 경제성 평가를 가능하게 한다. 임대나 계약에 대한 평가 또한 가능하며, 시장 테스트 절차에도 사용될 수 있다. 사업의 기획과정에서 명확한 경제성 평가는 비용절감뿐만 아니라, 적절한 투자 유도를 가능하게 한다.

#### 2) 총 비용(total cost)에 대한 인식 제고

LCC의 적용은 건설 프로젝트의 자원과 운용비용 요소에 대해 인식을 제고하며 결과적으로 시설물의 건설단계에서부터 생애주기비용이 고려되어 유지관리 비용의 절감을 가져올 수 있다.

#### 3) 사업비에 대한 정확한 예측

LCC는 모든 단계에서 주요 투자결정에 대해 개선된 의사결정을 이끌거나, 미래 비용지출을 현재보다 더 정확하게 예상하고 구매비용에 대한 정확한 평가를 할 수 있도록 해준다.

#### 4) 건설사업비 및 유지관리비 적정화(optimization)

LCC 과정 속에서 유지관리 방법 및 전략에 대한 심층적인 분석이 이루어지며 이를 통해 유지관리 방법 및 전략의 개선을 도모할 수 있고 이를 기반으로 건설사업비 및 유지관리비 적정화를 달성할 수 있다.

### 3.4 LCC의 핵심기술

생애주기비용을 보다 정확하게, 또한 보다 효율적으로 분석하기 위해 요구되는 핵심기술은 다음과 같다.

#### 1) 개산전적 기술(estimating)

LCC의 대안이 발굴되어 이 대안 분석을 위한 가정이 설정되고 나면 각 대안에 대한 총 비용을 검토하기 위해 비용을 건전하게 된다. 이때 비용전적이 정확할수록 정확한 대안분석 및 평가가 가능할 것이다. 비용전적은 LCC의 기본적 업무이면서 동시에 핵심기술이다.

#### 2) 생애주기비용의 계산기법

생애주기비용은 다년간에 걸쳐서 할인율 및 실질할인율이 발생하기 때문에 서로 다른 시점의 비용을 단순 계산하는 것은 바람직하지 않다. 이를 동일한 비교 시점 또는 지출 시점으로 환산하는 방법에는 현가법, 증가법, 연가법 등이 있다. 이러한 기법들은 각 대안을 동일한 조건의 생애주기비용으로 비교하는데 필요한 도구이다.

#### 3) 감도분석

LCC는 미래비용에 대한 예측을 기본으로 하고 있기 때문에 생애주기비용을 산정하는 과정에서 각종 가정변수(assumption variables)를 정하게 된다. 감도분석이란 이러한 각종 가정변수의 조건을 변경하여 그 결과를 비교함으로써 보다 신뢰성 있는 LCC를 가능하게 해주는 기법이다.

#### 4) 리스크 비용 예측

LCC는 미래비용을 예측하여 평가하는 것이므로 리스크 요소가 크다. 따라서 성공적인 LCC를 하기 위해서는 리스크 비용을 평가하고 관리하는 것은 매우 중요하다.

#### 5) 현실적인 가정변수(assumption variables)의 산정

LCC의 미래비용은 가정변수를 기반으로 예측된다. 따라서 각 대안의 생애주기비용 평가시 현실적인 가정변수를 설정하는 것은 중요하다.

## 4. LCC의 적용

### 4.1 비용 계산기법 산정

LCC 환산방법으로는 투자를 행하고자 하는 현재시점의 가치로 환산하는 현재가치법, 1년의 평균 비용으로 환산하는 연등가액법, 사용연수가 끝난 시점의 가치로 환산하는 증가법 등이 있는데, 본 연구에서는 현재가치법에 의해 LCC를 통합·비교하고자 한다.

현재가치법은 시설물의 생애주기에 발생하는 모든 비용을 현재시점으로 환산하는 방법이며, 현재가치법에 의한 현재가치는 식(1)과 식(2)와 같이 표현된다.

매년 동일하게 반복하여 발생하는 반복비용(A)에 대한 현재가치(P)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = \frac{A}{1+i} + \dots + \frac{A}{(1+i)^n} = \frac{\{(1+i)^n - 1\}A}{i(1+i)^n} \quad (1)$$

여기서, i = 할인율, n = 분석기간

한편, n년 후에 1회만 발생하는 비반복비용(F)에 대한 현재가치(P)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = \frac{1}{(1+i)^n} \times F \quad (2)$$

## 4.2 가정 설정

할인율(이자율)은 과거의 도매 및 소매물가지수의 변동추이와 시중은행 예금금리의 변동추이를 동시에 고려하여 미래에 대해 추정하는 것이 일반적이다.

정밀계산을 위해서는 해당비용의 성격에 따라 도매물가지수, 건설공사비지수, 건설자재 도매물가지수, 건설공사비지수, 건설자재 도매물가지수, 건설노임지수 등을 선별하여 고려해야 한다.

LCC분석에서는 물가상승률과 이자율을 동시에 고려하여 하나의 실질할인율로 나타내고, 이 실질할인율을 이용하여 미래에 발생하는 금액을 현재의 가치로, 또는 현재의 금액을 미래의 가치로 등가 환산한다. 이때 물가상승률과 이자율에 의한 실질할인율을 산출하는 방법은 다음 식(3)과 같다.

$$i = \frac{1+i'}{1+j} - 1 \quad (3)$$

여기서,  $i$  = 실질할인율,  $i'$  = 이자율,  $j$  = 물가상승률

### 1) 이자율

본 연구에서는 한국은행에서 발표한 주요 경제지표 중에서 국내 시중은행의 최근 10년간 평균 일반대출금리인 11.69%를 이자율로 적용하였다.

### 2) 물가상승률

일반적으로 물가상승률은 소비자 물가지수를 적용하며, 본 연구에서는 한국은행에서 발표한 최근 10년간의 소비자 물가상승률인 5%를 적용하였다.

### 3) 할인율(실질이자율)

서로 다른 시점에서 발생하는 비용을 기준이 되는 동일한 시점에서 비교할 수 있도록 조정하기 위하여 할인율을 적용하는데 이와 유사한 용어가 실질이자율이며, 구하는 공식은 전술한 것과 같다. 한국은행에서 발표한 이자율과 물가상승률을 이용하여 계산한 할인율은 6.24%가 된다.

### 4) 교체 주기

본 LCC 검토시 적용되는 바닥 마감재의 내구연수는 쉬트재를 12년, 타일재는 8년을 적용하여 산정한다.

## 5. 대안 설정 및 LCC 평가

### 5.1 바닥마감

바닥마감은 방의 목적, 용도 등에 따라서 여러 가지가 있고 표면재료나 바탕의 종류에 의하여 다양한 마감방식이 있으며 요구되는 성능은 내구성, 방화성능, 거주성능, 유지관리성능이 공통적이다.

내구성은 사람의 활동, 가구의 이동 등을 고려하여 초기의 상태를 유지하는 문제이며, 거주성능은 색조, 질감, 표면평활도 등의 감각적 요소를 무시할 수 없다. 유지관리는 보수의

편리성, 교체의 용이성, 표면의 청결성, 줄눈 부위의 처리 등을 고려해야 한다.

### 5.2 대안 설정

전항에서 설정한 개념에 의하여 개보수 대상 건물의 요구 조건에 부합하는 바닥 마감재의 초기 대안을 아래와 같이 설정한다.

- 1) 제1안 : 쉬트재(sheet)
- 2) 제2안 : 타일재(tile)

### 5.3 대안별 LCC분석 결과

#### 1) 인플레이션을 무시한 경우

여기서는 생애주기 연수가 24년이고, 연리를 6.24%로 가정한 상태에서, 쉬트재와 타일재 2종류의 합성수지 바닥재의 LCC를 비교·검토하고자 한다. 먼저 인플레이션을 무시한 경우를 살펴본다. 2종류의 합성수지 바닥재의 LCC분석 조건은 표 1과 같다. 따라서 24년간에 걸쳐 필요한 비용의 지출은 그림 4, 5와 같이 나타낼 수 있다.

표 1. 합성수지 바닥재의 종류별 LCC 조건 비교

	쉬트재	타일재
초기 투자액 및 개체비	30,000원/㎡	20,000원/㎡
운용관리비(매년)	3,000원/㎡	4,000원/㎡
내구연수	12년	8년

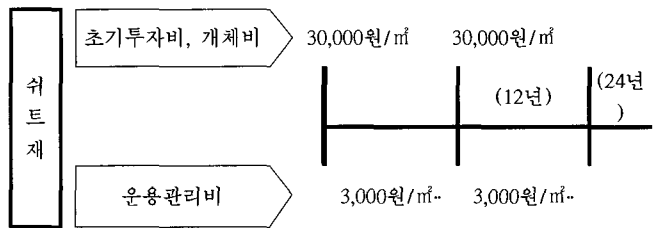


그림 4. 쉬트재의 경년지출

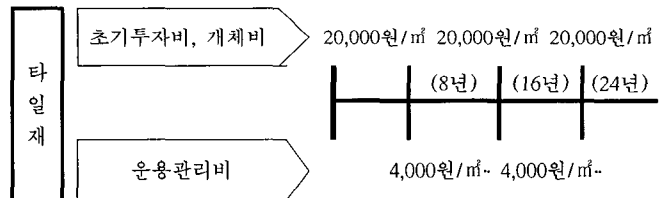


그림 5. 타일재의 경년지출

24년간에 걸쳐 쉬트재와 타일재의 1㎡당 비용을 계산해 보면, 다음과 같다. 우선 쉬트재의 반복비용(운용관리비)은 매년 3,000원씩 24년간에 걸쳐 비용이 소요되므로 연금현재가계수를 사용해 현재가치(이하 현가라 한다)로 고칠 수 있다. 즉 식(1)에 의해,

$$P_{\text{sheet}} = \text{₩}3,000 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \text{₩}22,982$$

다음으로 쉬트재의 비반복비용(합성수지 바닥재를 교체하는 비용)을 현가로 고친다. 초년도의 비용 30,000원은 현가 자체이므로 환산할 필요가 없다. 12년 후의 교체비용은 현가 계수를 사용하여 현가로 고칠 필요가 있다. 즉, 식(2)에 의해,

$$P_{\text{sheet}(12)} = \text{₩}30,000 \times \frac{1}{(1+i)^n} = \text{₩}14,511$$

위에서 쉬트재의 모든 현가를 알았기 때문에, 쉬트재의 생애주기비용의 합계인  $TP_{\text{sheet}}$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$TP_{\text{sheet}} = \text{₩}30,000 + \text{₩}22,982 + \text{₩}14,511 = \text{₩}67,493$$

위의 방식과 마찬가지로 타일재의 현가를 구한다. 우선 반복코스트(운용관리비)  $P_{\text{tile}}$ 는 다음과 같다.

$$P_{\text{tile}} = \text{₩}4,000 \times \frac{(1+0.0624)^{24}-1}{0.1(1+0.0624)^{24}} = \text{₩}30,642$$

비반복비용은 초기설치비 이외에, 8년 후의 교체비용, 16년 후의 교체비용이 필요한데, 이를  $P_{\text{tile}(0)}$ ,  $P_{\text{tile}(8)}$ ,  $P_{\text{tile}(16)}$ 으로 정의하고, 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$P_{\text{tile}(0)} = \text{₩}20,000$$

$$P_{\text{tile}(8)} = \text{₩}20,000 \times \frac{1}{(1+0.0624)^8} = \text{₩}12,324$$

$$P_{\text{tile}(16)} = \text{₩}20,000 \times \frac{1}{(1+0.1)^{16}} = \text{₩}7,594$$

따라서 타일재의 생애주기비용의 현가 합계인  $TP_{\text{tile}}$ 는 다음과 같다.

$$TP_{\text{tile}} = \text{₩}30,642 + \text{₩}20,000 + \text{₩}12,324 + \text{₩}7,594 = \text{₩}70,560$$

위에서 계산한 바와 같이 2종의 합성수지 바닥재의 현가의 합계를 비교하면, 쉬트재는 생애주기비용이 67,493원/㎡, 타일재는 70,560원/㎡로서 쉬트재 쪽이 생애주기비용 측면에서 유리하다는 것을 알 수 있다.

## 2) 특정 품목의 에스컬레이션만을 고려한 경우

다음으로 운용관리비가 매년 5%의 에스컬레이션율로 상승한다고 가정한 상태에서 생애주기비용을 계산해 본다.

운용관리비 이외의 비용 상승은 무시하고, 교체비용은 당초의 비용과 같다고 본다. 운용관리비를 현가 P로 나타내면,

$$P = \frac{A \{ (1+e)/(1+i) \} \times \{ \{ (1+e)/(1+i) \}^n - 1 \}}{\{ (1+e)/(1+i) \} - 1} \quad (4)$$

여기서, A = 연간 운용관리비(원/㎡)

e = 에스컬레이션율

i = 할인율

n = 내구연수

위 식에 e = 0.05, i = 0.0624, n = 24를 대입하여 연금현가계수를 계산하면,  $P = A \times 20.793$ 가 된다. 따라서 쉬트재의 운용관리비의 현가  $P_{\text{sheet}}$ 와 타일재의 운용관리비의 현가  $P_{\text{tile}}$ 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$P_{\text{sheet}} = \text{₩}3,000 \times 20.793 = \text{₩}62,379$$

$$P_{\text{tile}} = \text{₩}4,000 \times 20.793 = \text{₩}83,172$$

합성수지 바닥재의 교체 비용은 앞에서 구한 값과 동일하므로 매년 5%의 인플레이션을 상정한 상태에서 쉬트재와 타일재의 현가 합계를 구하면 다음과 같다.

$$TP_{\text{sheet}} = \text{₩}62,379 + \text{₩}30,000 + \text{₩}14,511 = \text{₩}106,890$$

$$TP_{\text{tile}} = \text{₩}83,172 + \text{₩}20,000 + \text{₩}12,324 + \text{₩}7,594 = \text{₩}123,090$$

이상에서 계산한 바와 같이, 매년 5%의 인플레이션을 적용한 상태에서 쉬트재의 생애주기비용은 연간 10만 6,890원/㎡, 타일재는 12만 3,090원/㎡로서, 역시 인플레이션을 고려한 경우에도 쉬트재 쪽이 생애주기비용이 더 저렴한 것으로 나타나고 있다.

## 6. 결 론

본 연구는 개보수 계획시 검토 대상인 바닥 마감재의 한 부위에 대하여 공용연수 동안 발생하는 생애주기비용을 개발된 LCC모델을 사례대상에 적용하는 사례연구를 실시하여 LCC를 근거로 한 경제성을 비교하였다.

또한 바닥 마감재에 대한 총 소요비용의 경제성을 LCC 차원에서 정량적으로 비교함으로써 두 대안의 초기투자비와 유지관리비에 대한 LCC 산정방법을 얻을 수 있었다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 바닥 마감재 중 쉬트재와 타일재의 생애주기 전 단계를 고려한 분석모델을 제시하였으며, 이러한 LCC 분석모델은 다른 부위 또는 건물 전체의 개보수 비용의 경제성 판단에도 적용 및 응용이 가능할 것으로 사료된다.

둘째, 실질할인율을 6.24%, 물가상승률 5%로 가정하여 쉬트재와 타일재의 LCC를 예측한 결과, 쉬트재가 타일재보다 경제적인 것으로 나타났다.

본 연구의 한계는 개보수 후의 효과와 주거만족도에 대한 고려가 필요하나, 정량화의 한계로 기능성에 대한 연구가 부

족하였다. 또한 LCC분석에 있어서, 미래의 비용을 예측하기 위해 분석기간 및 할인율의 변화에 관한 추가적인 연구가 진행된다면 보다 더 신뢰성이 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. 김경업, 박태근, Life Cycle Cost 분석 방법론의 전산화에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), 18(5), p.p. 97-104, 2002.
2. 김용수, 김성수, 신현식, 시뮬레이션 모델을 이용한 근린 사무소 건물의 Life Cycle Cost 예측 및 수선교체 전략에 관한 사례연구, 대한건축학회 논문집, 10(3), p.p. 195-205, 1994.
3. 김한수, 이재은, LCC 성공사례 분석을 통한 주요 성공요인 및 Best Practice발굴에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), 19(2), p.p. 115-122, 2003.
4. 류시홍, 김양택, 현창택, 설계VE에서 파트너링을 이용한 LCC분석 절차 개발, 대한건축학회 논문집(구조계), 18(8), p.p. 83-90, 2002.
5. 윤대중, 김상철, 백준홍, 리모델링 공사에서의 최적 사업진행방식에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), 19(1), p.p. 119-128, 2003.
6. 이양호 외 3인, 사례분석을 통한 기계설비 리모델링 프로세스에 관한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, p.p. 669-675, 2003.
7. 정용식, 서치호, 고층공동주택 재건축과 리모델링의 경제성 비교를 위한 LCC분석연구, 대한건축학회 논문집(구조계), 18(12), p.p. 115-124, 2002.
8. 최민수, 건설사업의 LCC분석기법 및 적용방안, 한국건설산업연구원, 1999.