

# 서울대학교 공과대학 교육연구동 LCC 분석 사례 연구

## A Case Study on the LCC Analysis for the Education and Research Building of Seoul National University

박 태 근\*  
Park, Tae-Keun

### 요 약

건설교통부는 건설사업의 경제성 제고와 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 의사결정을 지원하는 LCC예측 기술이 저조하다고 판단하고 건축물의 타당성조사와 기본설계단계에서 LCC 기법이 도입되고 있다. 최저초기비용으로 결정되던 건축물의 계획, 설계단계를 LCC분석절차 및 기법의 도입으로 장래 건물경영적, 유지보전적, 기술평가적, 건물이용자적으로 보다 합리적인 결정을 할 수 있다. 본 연구에서는 분석방법 중에 LCC기법을 이용하여 건축물을 대상으로 건축계획요소와 구조시스템의 계획안 및 비교안을 제시하고, 경과년수에 따른 수명주기비용의 절감을 비교·분석하였다.

키워드 : LCC(life cycle cost), 타당성조사, 의사결정

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

국내외적으로 건축물의 설계와 시공, 유지관리에 있어서 LCC 기법의 중요성이 부각되어 도입되고있다. 건설산업에서의 LCC 기법의 도입으로 최저초기비용에 대한 집착보다는 장래 유지관리비용의 절감과 건축물의 수명주기(life-cycle)를 연장하는데 보다 합리적인 결정을 할 수 있다. 그리고, 국제 정세에 부응하는 에너지 절감면에서도 LCC기법이 중요한 분석기준과 대안제시에 이용되고 있다. 이러한 합리적인 결정을 위한 LCC기법의 도입을 위해서는 과거자료의 DB에 근거한 건축물의 계획과 설계, 그리고 장래 유지관리비용에 관한 LCC 분석이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 건축물의 설계 초기 단계에서 LCC 분석에 의한 최적대안 선정방법을 실증적으로 제시하여 LCC 실무 적용의 가이드 라인을 제공하는 것을 목적으로 한다.

#### 1.2 연구의 범위

본 연구는 철근콘크리트구조인 서울대학교 대학원연구동을 대상으로 하여 LCC기법으로 분석하였다.

본 연구의 LCC분석 범위는 건축구조시스템, 외벽시스템, 외

부차양시스템 및 옥상정원 설치여부 등에 관한 계획안과 비교안을 설정하여 각각 최적대안을 선정하는 것으로 한정한다.

### 2. 분석의 틀

#### 2.1 분석절차

LCC분석 절차는 적정하게 가정된 생애주기동안 서로 다른 시점에서 발생하는 의미있는 비용들을 일정한 기준시점으로 등가환산(等價換算)하는 절차이기 때문에 기존의 DB와 경제지표 등의 통계와 계산을 위한 기준의 설정과정이 필요하다.

연구의 LCC분석절차는 다음 <그림1>과 같다.

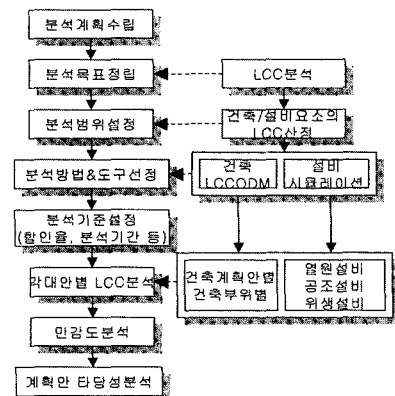


그림 1. 분석 절차

\* 정회원, 목원대학교 건축도시공학부 교수, 공학박사

2.2 분석도구선정

LCC산정시에 적용되는 설비 시뮬레이션의 분석도구는 TRNSYS ver.15(TRAnsient SYstem Simulation)를 선정하여 분석하였다. (<그림 1>참조)

TRNSYS는 미국의 Wisconsin 대학에서 개발되기 시작하여 1975년에 상용프로그램으로 처음 발표된 이래 지속적인 버전업에 이른 프로그램이다. 상기 프로그램은 단순한 동적열부하계산만을 수행하는 것이 아니고, 실제의 설비 및 제어계통을 포함한 시스템의 동적시뮬레이션이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 TRNSYS를 이용하여 분석대상건물의 시스템 변화에 따른 각각의 에너지소비량 산출을 분석하였다.

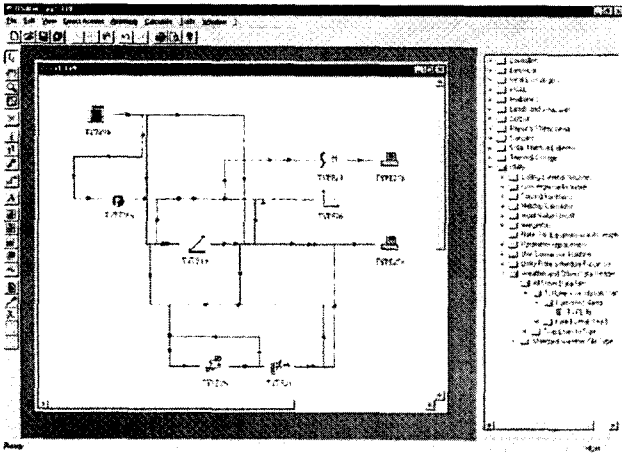


그림 2. TRNSYS

2.3 분석기준설정

LCC분석에서는 미래의 비용을 다루게 되는데 다양하고 불확실한 요소들로 인해 예측에 어려움이 발생한다. 그러므로 합리적인 설정 및 적용을 위하여 부분적인 가정이 필요하며 이런 가정들은 과거의 DB 또는 물리적 정보 등으로 보편적인 개연성을 지니는 방법이 요구된다.

LCC에 가장 큰 영향을 미치는 이자율은 한국은행에서 발표한 주요경제지표중에서 국내시중은행의 최근 10년간의 정기예금금리 평균인 8.378%를 기준으로 하였고, 소비자물가지수를 이용하여 과거 자료를 통해 미래를 예측하고 분석하는 물가상승률은 4.23%, 시장의 금리와 물가상승율을 조합하여 실질적인 화폐의 가치변화를 나타내는 실질이자율(real interest rates)은 기준식에 근거하여 3.98%를 적용하였고, 보수교체비용은 건설교통부 고시 기준을 설정·적용하였다.

건물의 내용년수는 건물이 본래의 목적으로써 사용할 수 있게 되기까지의 경과년수를 말한다. LCC분석에 있어서 내용년수의 결정은 LCC분석기간의 결정을 의미할 수 있다. 본 분석에서는 분석대상 건축물에 적용된 철근콘크리트조의 법인세법에 의한

내용년수는 40년을 적용한다.

LCC분석에 적용되는 변수는 다음 <표1>과 같다.

표 1. 변수의 적용

기준 항목	적 용
이자율	8.378% 국내은행 최근 10년간 정기예금금리 평균을 적용
물가상승률	4.23% 최근 10년간의 소비자물가상승률의 평균을 적용
실질이자율	3.98% 이자율, 물가상승률을 이용 계산한 실질이자율
내용년수	40년 법인세법에 의한 철근콘크리트조 내용년수 적용
보수교체기준	건설교통부 고시 보수교체 기준

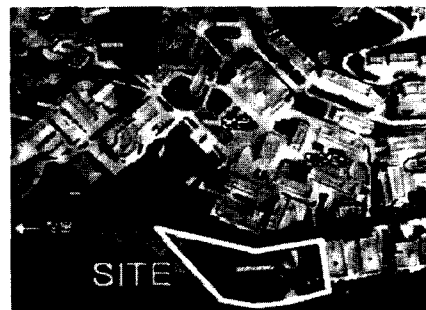
2.4 비용통합

LCC를 분석하는 경우 각 대안에 따라 서로 다른 시점에서 발생하는 비용을 모두 동일시점의 가치로 환산해야 한다. 본 연구에서는 미래에 발생하는 비용을 현재시점의 가치로 환산하여 산정하는 현가법(present-worth method)을 사용하는데 그 이유는 비교하는 2개의 대안의 내용년수가 동일하기 때문이다.

3. LCC 분석

3.1 분석대상건물 개요

- 건물명 : 서울대학교대학원 교육연구동 2단계건설공사
- 대지면적 : 24,050㎡(7,275평)
- 연면적 : 52,890㎡(16,000평)-연구실험실 및 사무공간
- 규모 : 지하1층 지상 7층
- 구조 : 철근콘크리트조(flat slab)
- 용도 : 교육연구시설그림



a) 대지위치 및 주변환경



b) 모형사진

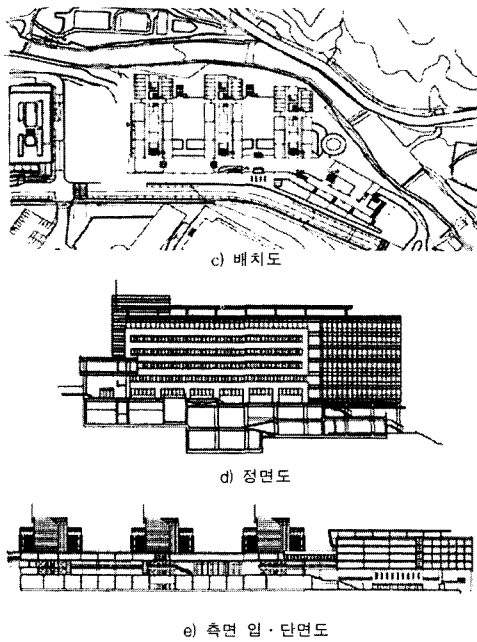


그림 3. 분석대상건축물 기본 설계 도면

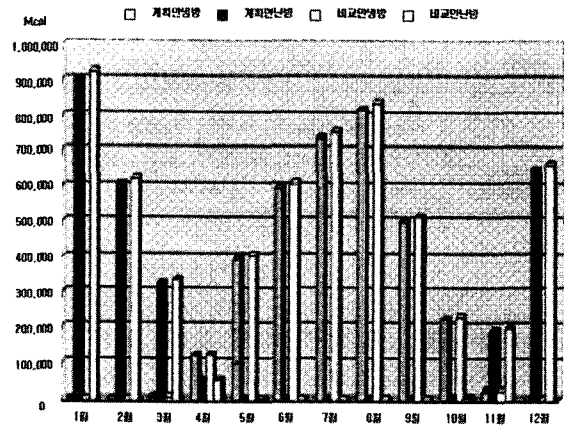


그림 4. 외벽시스템 별 월별 에너지소비량 비교

표 3. 외벽시스템 변화에 따른 LCC 비교

구 분	계획안(적벽돌, Curtain Wall)	비교안 (알루미늄 판넬)	비교 차
연간 에너지소비량	6,220,800Mcal	6,252,095Mcal	31,295Mcal
연간 도시가스사용량	592,457.14m <sup>3</sup>	595,437m <sup>3</sup>	2,980.48m <sup>3</sup>
연간 도시가스사용료	286,133,100원	287,572,553원	1,439,453원
수명주기동안의 도시가스사용료	5,680,262,527원	5,708,838,288원	28,575,761원

### 3. 분석대상건축물 기본 설계 도면

#### 3.2 외벽시스템 변화에 따른 LCC분석

적벽돌과 Curtain Wall로 구성된 본 계획안과 건물의 외벽 전체를 알루미늄 판넬로 설계할 비교안의 경우에 대한 LCC를 비교·분석한다. 적벽돌과 Curtain Wall로 구성된 계획안과 알루미늄 판넬로 구성된 비교안의 에너지 소비량을 분석한 결과는 <표2>, <그림4>와 같으며, 적벽돌과 Curtain Wall로 구성된 계획안이 알루미늄 판넬의 비교안보다 매년 1,439,453원의 에너지비를 절약할 수 있고, 내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용을 계산한 결과 생애주기 40년 동안 28,575,761원을 절감할 수 있다(표 3 참조).

표 2. 외벽시스템 변화에 따른 월별 에너지 소비량

월	계획안(적벽돌, Curtain Wall)					비교안(알루미늄 판넬)				
	냉방(Mcal)		난방(Mcal)		합계	냉방(Mcal)		난방(Mcal)		합계
	전기	가스	전기	가스		전기	가스	전기	가스	
1	0	0	74,528	834,820	909,349	0	0	74,903	839,020	913,924
2	0	0	59,523	552,847	612,369	0	0	59,822	555,628	615,450
3	5,200	3,596	54,957	277,533	341,286	5,226	3,614	55,233	278,930	343,003
4	48,760	75,914	25,235	266,43	176,553	49,006	76,296	25,362	26,777	177,441
5	93,461	306,698	1,608	0	401,767	93,931	308,240	1,617	0	403,788
6	108,296	491,414	0	0	599,710	108,841	493,886	0	0	602,727
7	122,609	621,563	0	0	744,172	123,226	624,690	0	0	747,916
8	132,675	688,238	0	0	820,913	133,343	691,700	0	0	825,043
9	98,714	407,406	200	0	506,319	99,210	409,455	201	0	508,866
10	79,029	150,213	7,640	0	236,881	79,427	150,968	7,678	0	238,073
11	14,012	10,749	46,872	148,758	220,391	14,083	10,803	47,108	149,506	221,499
12	0	0	64,940	586,151	651,090	0	0	65,267	589,099	654,366
총	702,756	2,755,790	335,503	2,428,752	6,220,800	706,291	2,769,653	337,191	2,438,960	6,252,095

표 4. 구조별 초기투자비

구 분	계 획 안 (Flat Plate)	비교안 (라멘조)	비교 차
토공사	622,500,000원	1,202,500,000원	580,000,000원
골조 및 마감공사	18,295,580,000원	18,281,250,000원	-14,330,000원
합계	18,918,080,000원	19,483,750,000원	565,670,000원

#### (2) 에너지비

각 구조별 대안의 에너지소비량 및 에너지비는 <표5>, <표6>과 같다. 분석한 결과 계획안이 비교안에 비해 연간 49,299Mcal의 에너지비용인 6,867,189원의 비용을 절약하여 수명주기동안에는 136,326,194원을 절감할 수 있다(<표6>, <그림 5>참조).

표 5. 구조별 월별 에너지소비량

월	계획안(Flat Plate)					비교안(라멘조)				
	냉방(Mcal)		난방(Mcal)		합계	냉방(Mcal)		난방(Mcal)		합계
	전기	가스	전기	가스		전기	가스	전기	가스	
1	0	0	74,528	834,820	909,349	0	0	76,317	854,856	931,173
2	0	0	59,523	552,847	612,369	0	0	60,951	566,115	627,066
3	5,200	3,596	54,957	277,533	341,286	5,325	3,682	56,276	284,194	349,477
4	48,760	75,914	25,235	266,43	176,553	49,930	77,736	25,841	27,283	180,790
5	93,461	306,698	1,608	0	401,767	95,704	314,058	1,647	0	411,409
6	108,296	491,414	0	0	599,710	110,895	503,208	0	0	614,103
7	122,609	621,563	0	0	744,172	125,552	636,481	0	0	762,032
8	132,675	688,238	0	0	820,913	135,859	704,755	0	0	840,615
9	98,714	407,406	200	0	506,319	101,083	417,183	204	0	518,471
10	79,029	150,213	7,640	0	236,881	80,926	153,818	7,823	0	242,566
11	14,012	10,749	46,872	148,758	220,391	14,348	11,007	47,997	152,328	225,680
12	0	0	64,940	586,151	651,090	0	0	66,498	600,218	666,717
총	702,756	2,755,790	335,503	2,426,752	6,220,800	719,622	2,821,929	343,555	2,484,994	6,370,099

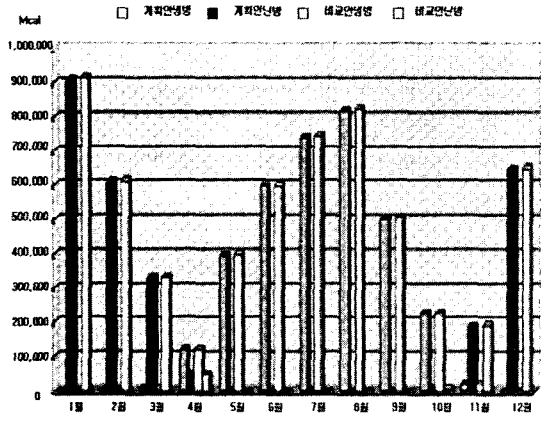


그림 5. 구조별 월별 에너지소비량 비교

표 6. 구조별 에너지비 비교

구 분	계획안(적벽돌, Curtain Wall)	비 교 안 (라멘조)	비 교 차
연간 에너지소비량	6,220,800Mcal	6,370,099Mcal	189,299Mcal
연간 도시가스사용량	592,457.14m³	606,676.10m³	14,218.96m³
연간 도시가스사용료	286,133,100원	293,000,289원	6,867,189원
수명주기동안의 도시가스사용료	5,680,262,527원	5,816,588,721원	136,326,194원

(3) 보수교체비

외장마감공사에서 Curtain Wall 부분을 대상으로 하여 보수 교체비용을 산정한다. 보수교체기준은 수선주기 20년에 수선을 10%, 교체주기 40년으로써 분석기준 설정시 건물의 내용년수를 40년으로 설정하였기 때문에 교체비는 발생하지 않고, 수선비만을 산정한다. Flat plate 슬라브 구조에 비해 라멘조의 경우가 보수물량이 많아 보수비용증가가 불가피하게 발생한다. 구조별 보수교체비를 산정한 결과 계획안이 비교안보다 23,026,409원을 절감할 수 있다. (<표7>참조).

표 7. 구조별 보수교체비

구 분	계 획 안 (Flat Plate)	비 교 안 (라멘조)	비 교 차
보수교체비 산식	$340,368,000 \times \frac{1}{(1+0.0398)^{40}}$	$390,628,000 \times \frac{1}{(1+0.0398)^{40}}$	-
보수교체비	155,938,180원	178,964,589원	23,026,409원

(4) 폐기처분비

폐기처분비는 건물을 구성하는 주요 자재를 폐기·처분하기 위한 비용으로 시공시에 사용된 자재량에 폐기단가를 곱하여 비용을 산출한다. 라멘조의 경우가 폐기물량이 많아 비용증대가 발생한다. 구조별 폐기처분비는 계획안이 비교안에 비교하여 19,904,961원을 절감할 수 있다. (<표8>참조).

표 8. 구조별 폐기처분비

구 분	계 획 안 (Flat Plate)	비 교 안 (라멘조)	비 교 차
폐기교체비 산식	$3,371,578,830 \times \frac{1}{(1+0.0398)^{40}}$	$3,276,747,060 \times \frac{1}{(1+0.0398)^{40}}$	-
폐기교체비	707,686,310원	687,781,349원	19,904,961원

(5) 비용통합

<표9>는 계획안과 비교안의 LCC를 현가법과 불변가격으로 산정하여 정리한 표이다. 현가법을 적용하여 LCC 산정을 하였을 때 Flat Plate구조로 설계된 계획안의 수명주기비용은 25,461,967,017원으로 라멘조인 비교안으로 설계할 경우의 수명주기비용 26,167,084,659원과 비교할 때 계획안이 705,117,642원을 절감할 수 있다.(<그림 6>참조)

표 9. 구조별 LCC 비교

구 분	비 용	계 획 안(Flat Plate)		비 교 안(라멘조)	
		금 액 (원)	비 율	금 액 (원)	비 율
원 가	초기투자비	18,918,080,000원	74.3%	19,483,750,000원	74.5%
	에너지비	5,680,262,527원	22.3%	5,816,588,721원	22.2%
	보수교체비	155,938,180원	0.6%	178,964,589원	0.7%
	폐기처분비	707,686,310원	2.8%	687,781,349원	2.6%
	합계	25,461,967,017원	100%	26,167,084,659원	100%
불 변 가	초기투자비	18,918,080,000원	55.5%	19,483,750,000원	55.9%
	에너지비	11,445,324,000원	33.6%	11,720,011,560원	33.6%
	보수교체비	340,368,000원	1.0%	390,628,000원	1.1%
	폐기처분비	3,371,578,830원	9.9%	3,276,747,060원	9.4%
	합계	34,075,350,830원	100%	34,871,136,620원	100%

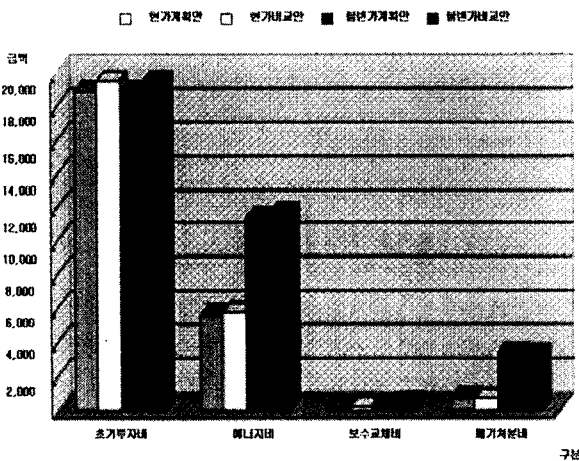


그림 6. 구조별 LCC 비교

표 10. 경과년수별 발생비용

단위 : 원

경과 년수	계 획 안		비 교 안	
	현 가	불 변 가	현 가	불 변 가
0	18,918,080,000	18,918,080,000	19,483,750,000	19,483,750,000
1	275,180,900	286,133,100	281,785,237	293,000,289
2	264,647,913	286,133,100	270,999,458	293,000,289
3	254,518,093	286,133,100	260,626,523	293,000,289
4	244,776,008	286,133,100	250,650,628	293,000,289
5	235,406,817	286,133,100	241,056,576	293,000,289
6	226,396,246	286,133,100	231,829,752	293,000,289
7	217,730,569	286,133,100	222,956,099	293,000,289
8	209,396,585	286,133,100	214,422,099	293,000,289
9	201,381,598	286,133,100	206,214,752	293,000,289
10	193,673,397	286,133,100	198,321,554	293,000,289
11	186,260,239	286,133,100	190,730,481	293,000,289
12	179,130,832	286,133,100	183,429,969	293,000,289
13	172,274,314	286,133,100	176,408,895	293,000,289
14	165,680,241	286,133,100	169,656,563	293,000,289
15	159,338,566	286,133,100	163,162,688	293,000,289
16	153,239,629	286,133,100	156,917,377	293,000,289
17	147,374,138	286,133,100	150,911,114	293,000,289
18	141,733,158	286,133,100	145,134,751	293,000,289
19	136,308,096	286,133,100	139,579,488	293,000,289
20	287,028,867	626,501,100	313,201,450	683,628,289
21	126,072,982	286,133,100	129,098,731	293,000,289
22	121,247,338	286,133,100	124,157,272	293,000,289
23	116,606,403	286,133,100	119,404,955	293,000,289
24	112,143,107	286,133,100	114,834,540	293,000,289
25	107,850,651	286,133,100	110,439,065	293,000,289
26	103,722,496	286,133,100	106,211,834	293,000,289
27	99,752,352	286,133,100	102,146,407	293,000,289
28	95,934,172	286,133,100	98,236,591	293,000,289
29	92,262,139	286,133,100	94,476,429	293,000,289
30	88,730,659	286,133,100	90,860,193	293,000,289
31	85,334,352	286,133,100	87,382,375	293,000,289
32	82,068,044	286,133,100	84,037,675	293,000,289
33	78,926,759	286,133,100	80,820,999	293,000,289
34	75,905,711	286,133,100	77,727,447	293,000,289
35	73,000,299	286,133,100	74,752,305	293,000,289
36	70,206,097	286,133,100	71,891,042	293,000,289
37	67,518,847	286,133,100	69,139,298	293,000,289
38	64,934,455	286,133,100	66,492,881	293,000,289
39	62,448,986	286,133,100	63,947,760	293,000,289
40	767,744,961	3,657,711,930	749,281,407	3,569,747,349
합	25,461,967,017	34,075,350,830	26,167,084,659	34,871,136,620

<표10>은 내용년수 40년동안의 연차별 비용을 정리한 것이다. 1차년도 이후 매년 이자율에 해당하는 비용이 할인되고 있으나, 20년차에는 보수비용의 발생과 40년차에서 폐기비용의 발생으로 비용의 대폭적인 증대가 발생한다.(<그림 7>참조).

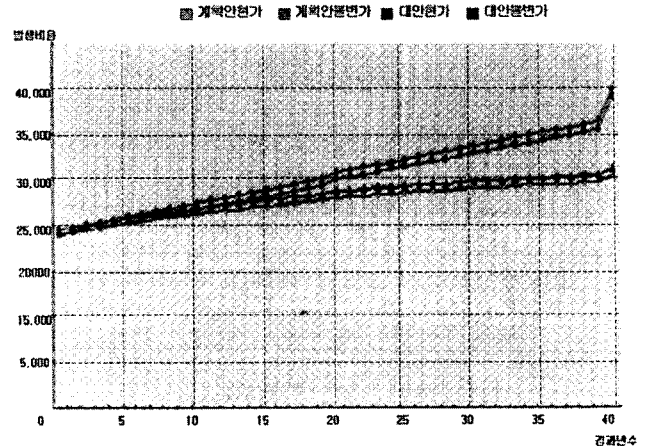


그림 7. 연차별 발생 비용

### 3.4 외부차양설치에 따른 LCC분석

외부차양을 설치한 계획안과 설치하지 않은 비교안의 LCC를 비교·분석한다. 분석한 결과 계획안의 외부차양을 설치함으로써 매년 3,809,072원의 에너지비를 절약할 수 있고, 내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용을 계산한 결과 생애 주기 40년간 75,617,008원을 절감할 수 있다. 에너지소비량 및 에너지비는 <표11>, <표 12>와 같으며, 각 대안의 에너지 소비량은 <표 13>와 같다. 이 분석에 의하면 냉·난방에너지 모두 계획안이 비교안보다 유리하다. 그 차이는 <표13>에서 보는 바와 같이 82,471(Mcal)이다.(<그림 8>참조)

표 11. 외부차양설치 유무에 따른 월별 에너지소비량

월	계획안(외부차양설치)				합계	비교안(외부차양설치)				합계
	냉방(Mcal)		난방(Mcal)			냉방(Mcal)		난방(Mcal)		
	전기	가스	전기	가스		전기	가스	전기	가스	
1	0	0	74,528	834,820	909,349	0	0	75,520	845,931	921,451
2	0	0	59,523	552,847	612,369	0	0	60,315	560,204	620,519
3	5,200	3,596	54,957	277,533	341,286	5,269	3,644	55,688	281,227	345,828
4	48,760	75,914	25,235	266,431	176,553	49,409	76,924	25,571	26,998	178,902
5	93,461	306,698	1,608	0	401,767	94,705	310,779	1,630	0	407,114
6	108,296	491,414	0	0	599,710	109,737	497,954	0	0	607,691
7	122,609	621,563	0	0	744,172	124,241	629,836	0	0	754,076
8	132,675	688,238	0	0	820,913	134,441	697,397	0	0	831,838
9	98,714	407,406	200	0	506,319	100,027	412,828	202	0	513,057
10	79,029	150,213	7,640	0	236,881	80,081	152,212	7,741	0	240,034
11	14,012	10,749	46,872	148,758	220,391	14,199	10,892	47,496	150,738	223,324
12	0	0	64,940	586,151	651,090	0	0	65,804	593,951	659,756
총	702,756	2,755,790	335,503	2,426,752	6,220,800	712,109	2,792,466	339,968	2,459,049	6,303,591

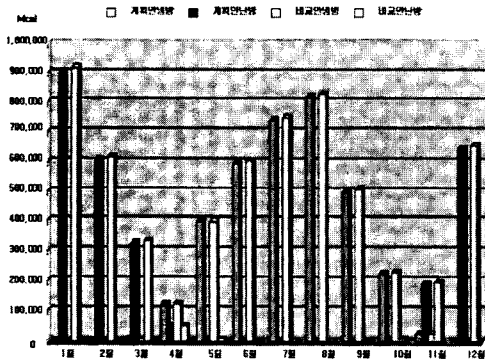


그림 8. 외부차양설치 유무에 따른 월별 에너지소비량 비교

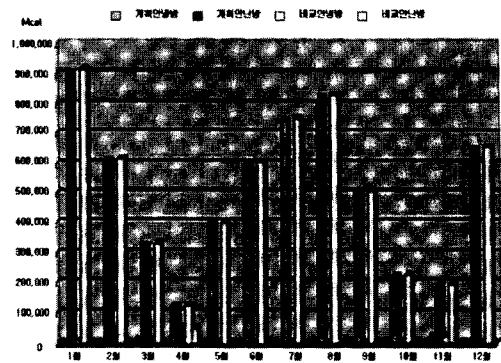


그림 9. 옥상녹화 적용에 따른 월별 에너지소비량 비교

표 12. 외부차양설치 유무에 따른 에너지비 비교

구 분	계 획 안 (차양설치 유)	비 교 안 (차양설치 무)	비 교 차
연간 에너지소비량	6,220,800Mcal	6,303,591Mcal	82,791Mcal
연간 도시가스사용량	592,457.14m³	600,342.00m³	7,884m³
연간 도시가스사용료	286,133,100원	289,942,172원	3,809,072원
수명주기동안의 도시가스사용료	5,680,262,527원	5,755,879,535원	75,617,008원

표 15. 옥상녹화 적용에 따른 에너지비 비교

구 분	계 획 안 (옥상녹화 적용)	비 교 안 (옥상녹화비적용)	비 교 차
연간 에너지소비량	6,220,800Mcal	6,296,056Mcal	75,256Mcal
연간 도시가스사용량	592,457.14m³	599,624.38m³	7,167.24m³
연간 도시가스사용료	286,133,100원	289,594,591원	3,461,491원
수명주기동안의 도시가스사용료	5,680,262,527원	5,748,979,420원	68,716,893원

표 13. 각 대안의 냉난방 에너지비 비교

구 분	계 획 안	비 교 안	계획안-비교안
냉방에너지	3,458,546	3,504,575	- 46,029
난방에너지	2,762,575	2,799,017	- 36,442
합계	6,220,801원	6,303,591원	- 82,471원

3.5 옥상녹화 적용에 따른 LCC분석

옥상녹화를 실시한 계획안과 적용하지 않은 비교안의 LCC를 비교·분석한다. 분석한 결과 옥상녹화를 실시한 계획안이 매년 3,461,491원의 에너지비를 절약할 수 있고, 내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용을 계산한 결과 생애주기 40년간 비교안보다 75,617,008원을 절감할 수 있다. (<표14>, <그림 9>, <표 15>참조).

표 14. 옥상녹화 적용에 따른 월별 에너지소비량

월	계획안(옥상녹화 적용)					대안(옥상녹화 미적용)				
	냉방(Mcal)		난방(Mcal)		합계	냉방(Mcal)		난방(Mcal)		합계
	전기	가스	전기	가스		전기	가스	전기	가스	
1	0	0	74,528	834,820	909,349	0	0	75,430	844,920	920,350
2	0	0	59,523	552,847	612,369	0	0	60,243	559,535	619,777
3	5,200	3,596	54,957	277,533	341,286	5,263	3,639	55,622	280,891	345,415
4	48,760	75,914	25,235	266,431	176,553	49,350	76,832	25,540	26,966	178,689
5	93,461	306,698	1,608	0	401,767	94,591	310,408	1,628	0	406,627
6	108,296	491,414	0	0	599,710	109,606	497,359	0	0	606,965
7	122,609	621,563	0	0	744,172	124,092	629,083	0	0	753,175
8	132,675	688,238	0	0	820,913	134,280	696,564	0	0	830,844
9	98,714	407,406	200	0	506,319	99,908	412,334	202	0	512,444
10	79,029	150,213	7,640	0	236,881	79,985	152,030	7,732	0	239,747
11	14,012	10,749	46,872	148,758	220,391	14,182	10,879	47,439	150,557	223,057
12	0	0	64,940	586,151	651,090	0	0	65,726	593,241	658,967
총	702,756	2,755,790	335,503	2,426,752	6,220,800	711,257	2,789,128	339,562	2,456,110	6,296,056

4. 분석결과와 종합

4.1 민감도분석(Sensitivity Analysis)

LCC 분석은 미래에 발생이 예상되는 비용 등에 관한 것을 예측하여 비용을 산정하기 때문에 불확실성이 내재한다. 이를 보완하기 위한 방법으로서 민감도 분석을 실시한다. 본 연구에서는 Flat Plate구조인 계획안과 라멘조인 비교안에 대하여 실질이자율과 내용년수의 변화에 따른 민감도분석을 실시한다.

(1) 실질이자율에 따른 변화

<표16>은 실질이자율을 2%~6%까지 변화시켰을 경우에 대한 비용의 변화이다. 실질이자율의 변화에 따른 비용변화를 분석한 결과 내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용을 계산한 바에 의하면 계획안(Flat Plate)과 비교안(라멘조)은 705,117,642원의 차액을 나타낸다 (<그림10>참조).

표 16. 실질이자율의 변화와 LCC

구 분	실질 이자	초기 투자비	에너지비	보수 교체비	폐기 처분비	합 계
계 획 안	2.0	18,918,080,000	7,827,308,077	229,057,907	1,526,955,736	28,501,401,720
	3.0	18,918,080,000	6,613,901,361	188,453,509	1,033,580,555	26,754,015,424
	3.98	18,918,080,000	5,680,262,527	155,938,180	707,686,310	25,461,967,017
비 교 안	5.0	18,918,080,000	4,909,782,572	128,281,120	478,918,215	24,435,061,906
	6.0	18,918,080,000	4,305,243,567	106,128,351	327,792,270	23,657,244,189
	2.0	19,483,750,000	8,015,163,323	262,881,446	1,484,007,336	29,245,802,106
비 교	3.0	19,483,750,000	6,772,634,869	216,281,253	1,004,509,227	27,477,175,348
	3.98	19,483,750,000	5,816,588,721	178,964,589	687,781,349	26,167,084,659
	5.0	19,483,750,000	5,027,617,261	147,223,585	465,447,772	25,124,038,617
안	6.0	19,483,750,000	4,408,569,332	121,799,657	318,572,518	24,332,691,506

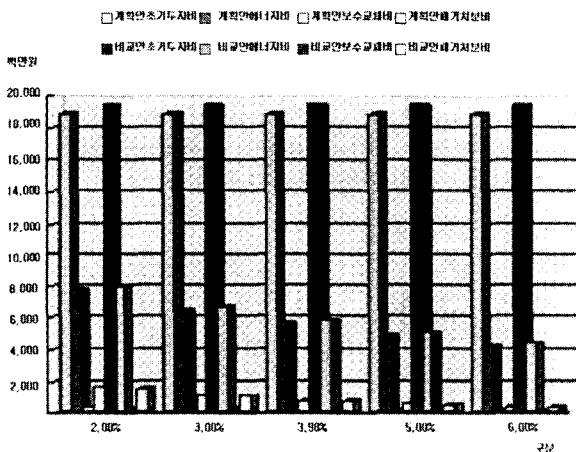


그림 10. 실질이자율에 대한 민감도 분석

(2) 내용년수에 따른 변화

다음 <표17>은 내용년수를 20년~60년까지 변화시켰을 경우에 대한 비용의 변화이다.

내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용분석을 실시한 결과를 보면, 계획안(Flat Plate)과 비교안(라멘조)은 705,117,642원의 차액을 보이고 있다. (<그림 11>참조).

표 17. 내용년수의 변화와 LCC

구분	실질 이자	초기 투자비	에너지비	보수 교체비	폐기 처분비	합 계
계획안	20	18,918,080,000	3,895,538,025	0	1,544,674,782	24,358,292,807
	30	18,918,080,000	4,959,860,326	155,938,180	1,045,535,842	25,079,414,348
	40	18,918,080,000	5,680,262,527	155,938,180	707,686,310	25,461,967,017
	50	18,918,080,000	6,167,877,351	227,380,607	479,007,886	25,792,345,844
	60	18,918,080,000	6,497,926,615	227,308,607	324,223,532	25,967,610,754
비교안	20	19,483,750,000	3,989,030,864	0	1,501,228,002	24,974,008,866
	30	19,483,750,000	5,078,896,880	178,964,589	1,016,128,250	25,757,739,719
	40	19,483,750,000	5,816,588,721	178,964,589	687,781,349	26,167,084,659
	50	19,483,750,000	6,315,906,291	260,956,470	465,534,920	26,526,147,681
	60	19,483,750,000	6,653,876,732	260,956,470	315,104,157	26,713,687,358

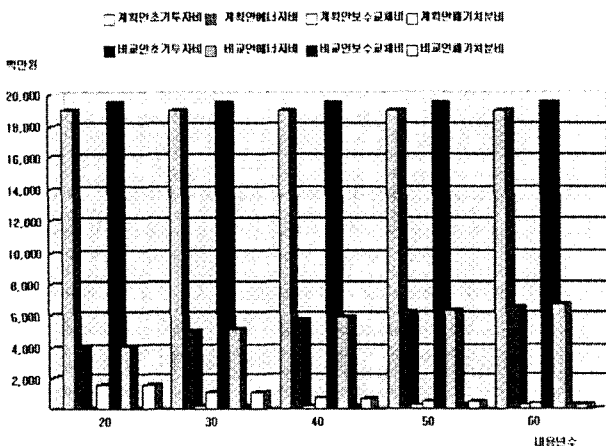


그림 11. 내용년수에 대한 민감도 분석

(3) 민감도 분석결과

시공 후 유지관리, 폐기·처분단계에서 발생하는 미래의 비용인 에너지비, 보수교체비, 폐기처분비는 이자율과 내용년수가 달라질 경우 그 비용이 크게 변화하게 된다. 계획안과 비교안에 대한 민감도 분석결과로서 폐기·처분단계에서는 비교안인 라멘조의 비용이 계획안인 Flat Plate구조보다 LCC가 적다. 그러나, 상대적으로 비율이 큰 초기투자비, 에너지비, 보수교체비는 계획안인 Flat Plate의 LCC가 적어 결과적으로 계획안인 Flat Plate구조가 비교안보다 경제적으로 유리한 대안으로 평가된다.

4.2 종합 분석

(1) 건축계획요소의 LCC분석대상 및 결과

분석결과와 같이 분석대상의 건축계획요소 중에서 에너지비용의 절감효과가 가장 큰 항목은 외부차양을 설치하는 경우이며 외벽시스템에서 알루미늄판넬과 적벽돌+Curtain Wall의 차이는 생각보다 그 절감액의 차이가 크지 않았다.

LCC분석에 의한 건축계획요소의 결과는 다음의 <표18>과 같다

표 18. 건축계획요소와 LCC

분석 대상	분석 조건		연간에너지 절감액(원/년)	수명주기에너지 절감액(원)
	계획안	비교안		
외부차양	외부차양설치	외부차양미설치	3,809,072	75,617,008원
옥상녹화	옥상녹화적용	옥상녹화미적용	3,461,491	68,716,893원
외벽시스템	적벽돌 Curtain Wall	알루미늄 판넬	1,439,453	28,575,761원

(2) Flat Plate 구조시스템 LCC분석 결과

분석결과와 같이 Flat Plate구조와 라멘조의 차이는 약 7억원으로서 초기투자비에서 약 5,6억원의 차이를 보이고 있고, 폐기처분비에서는 비교안인 라멘조가 유리한 것으로 분석되었다.

LCC분석에 의한 구조시스템의 결과는 다음의 <표19>와 같다.

표 19. 구조시스템 변화와 LCC

구분	비용	계획안(Flat Plate)		비교안(라멘조)		수명주기 비용절감액(원)
		금액 (원)	비율	금액 (원)	비율	
원가	초기투자비	18,918,080,000	74.3%	19,483,750,000	74.5%	565,670,000원
	에너지비	5,680,262,527	22.3%	5,816,588,721	22.2%	136,326,194원
	보수교체비	155,938,180	0.6%	178,964,589	0.7%	23,026,409원
	폐기처분비	707,686,310	2.8%	687,781,349	2.6%	-19,904,961원
	합계	25,461,967,017	100%	26,167,084,659	100%	705,117,642원
불변	초기투자비	18,918,080,000	55.5%	19,483,750,000	55.9%	565,670,000원
	에너지비	11,445,324,000	33.6%	11,720,011,560	33.6%	274,687,560원
	보수교체비	340,368,000	1.0%	390,628,000	1.1%	50,260,000원
	폐기처분비	3,371,578,830	9.9%	3,276,747,060	9.4%	-94,831,770원
	합계	34,075,350,830	100%	34,871,136,620	100%	795,785,790원

〈그림 12〉는 내용년수와 이자율의 변화에 대한 LCC 변화를 그래프로 나타낸 것인 바, 이 그래프에 의하면 내용년수에 의한 LCC 변화의 차이는 적으나 이자율에 의한 LCC 변화는 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

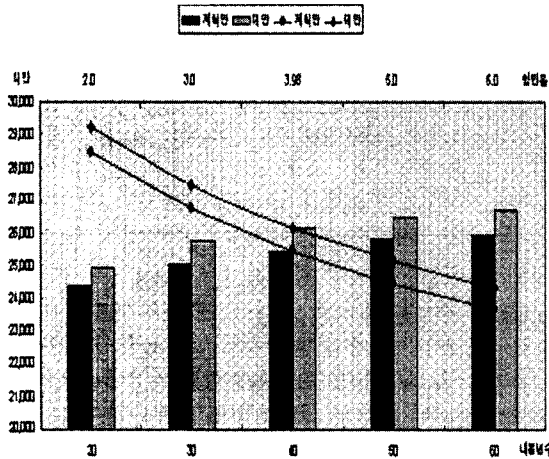


그림 12. 민감도분석 (천원)

## 5. 결론

본 연구에서 한 건축물을 대상으로 LCC기법을 통해 건축계획 요소와 구조시스템의 계획안과 비교안을 선정하여 예를 들어 비교·분석하였다. 본 연구의 분석결과는 전체적으로는 계획안이 비교안보다 LCC가 약 8억원 정도 유리한 것으로 분석되었다. 외부차양효과와 옥상녹화에 의한 LCC 절감효과가 비교요소 중에 비용차가 가장 큰 것으로 나타났으나, LCC의 차이가 매우 클 것으로 예측되었던 외벽시스템 요소에 대한 분석은 LCC의 절감효과가 생각보다는 크지 않아 정성적 요인인 성능적 측면도 고려될 경우 대안의 LCC 분석은 무의미하게 될 가능성도 있다. 따라서 외벽재료의 선택은 비용적인 측면보다는 설계디자인단계에서 그 효과적인 측면이 중요하다고 생각될 경우 디자인 효과에 비중을 두어 재료를 선정해도 큰 무리는 없을 것으로 판단된

다.

본 연구는 설비 시뮬레이션을 통한 에너지소비량을 근거로 하여 주로 건축물의 LCC를 중심으로 연구되었으나 실제로 건축을 신축할 경우에는 추가연구로서 국내여건에 맞는 시뮬레이션분야와 추가적으로 LCA분석과, 본 연구에서 다루지 못한 건축물의 수명에 영향을 미치는 다른 부분도 포함하고 사회적 여건도 분석되어 유지관리의 의사결정에 참고되는 것이 바람직 할 것이다.

## 참고 문헌

1. 건물의 라이프사이클 코스트 분석, 대한주택공사, 1989
2. 김우영, 건축물 벽체 마감재료의 최적 보수교체비 산정 방법에 관한 연구, 서울대학교 석사학위 논문, 1992
3. 건축철골공사 원가산정방법, 포스코개발주식회사, 1995
4. 박태근, Life Cycle Cost 분석에 의한 공동주택의 최적 설계 방법론에 관한 연구, 서울대학교 박사학위 논문, 1992
5. 이덕찬 외 2명, 공동주택의 LCC검토서 작성 및 평가지침 개발, 주택공사 주택연구소, 2000
6. 철골조 아파트의 LCC분석모델 개발, 대한건축학회, 2000
7. 한국은행, 주요경제지표, 2001
8. Dell'Isola, Kirk, Life Cycle Costing for Design Professionals, McGraw-Hill, 1981
9. Donald S. Barrie, Boyd C. Paulson, Professional Construction Management - 3rd ed., McGraw-Hill, 1992
10. Mark A. Ehlen, 「BridgeLCC 1.0 Users Manual」, National Institute of Standards and Technology, 1999
11. <http://www.lcckorea.co.kr>

## Abstract

The Ministry of Construction and Transportation has estimated the reconsideration of economy in construction and the dullness of LCC forecast method which supports decision-marking in safety and maintenance of buildings.

So, they have introduced LCC analysis method in steps of a feasibility study and design. Because of the introduction of LCC analysis process and method, it would be possible to make a logical decision from management, maintenance, estimation, user point of view. In this study, it would be possible to show a plan and alternative of design factors and structure in one building by using LCC analysis method and to compare and analyze the reduction of life cycle cost by the elapsed time

**Keywords** :LCC(Life cycle cost), feasibility, decision-making