

# S대학교 교육연구동 LCC분석 사례 연구

## A Study of on the Case Study of LCC Analysis for the Education and Reserch Building of S University

서민구<sup>o</sup>                      하한기<sup>”</sup>                      박태근<sup>\*\*\*</sup>  
Seo, Min-Gu                      Ha, Han-Ki                      Park, Tae-Keun

### 요 약

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

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

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

근래까지 건설산업에 있어서 건축물의 설계단계와 시공, 건축물의 자재 선택시에 주로 초기비용에 비중을 두고 결정을 하였다. 이러한 결정방법은 초기비용이 가장 중요한 비용이기 때문에 최저 초기비용이 최저 총비용의 경우라고 할 수 있고, 초기비용을 증가시키는 경우에도 추후에 유지관리비용 감소에 실익이 없다는 의미를 내포하고 있던 것이다. 이러한 최소 초기비용결정법이 건설산업에 있어서 전적으로 잘못된 것은 아닐지라도 유지관리비용 절감에 있어서 더 이상 합리적인 결정법은 아니다. LCC기법(life cycle cost)이 건축물의 운영에 있어서 비용을 발생시키는 분야와 장기적인 비용절감이 가능한 분야를 밝혀낼 수 있다.

건축물의 설계와 시공, 그리고 후에 유지관리에 있어서 LCC기법의 중요성이 부각되고 있다. 건설산업에서의 LCC 기법의 도입으로 최저 초기비용에 대한 집착보다는 장래 유지관리비용의 절감과 건축물의 수명주기(life-cycle)를 연장하는데 보다 합리적인 결정을 할 수 있다. 이러한 합리적인 결정을 위한 LCC기법의 도입을 위해서는 과거자료의 DB에 근거한 건축물의 계획과 설계, 그리고 장래 유지관리 비용에 관한 LCC기법의 분석이 요구되고 있다.

#### 1.2 연구의 범위

본 연구는 철근콘크리트구조인 서울소재의 S대학교 대

학원 연구동을 대상으로 하여 LCC분석으로 분석하였다.

본 연구의 LCC분석범위는 건축구조시스템, 외벽시스템, 외부차량시스템 및 옥상정원 설치여부등에 관한 대안을 선정하여 초기투자비, 보수교체비, 에너지비를 산정한 후 이를 비교·분석하여 계획안의 타당성을 확인한다.

### 2. 분석의 틀

#### 2.1 변수 설정

본 연구에서는 LCC분석에 적용되는 변수를 설정하여 비교·분석하고 있다. 연구에 적용된 변수의 설정은 다음의 <표1>과 같다.

표1. 변수의 적용

| 기준 항목  | 적용                                     |
|--------|--|
| 이자율    | 8.378%<br>국내은행 최근 10년간의 정기예금금리의 평균을 적용 |
| 물가상승률  | 4.23%<br>최근 10년간의 소비자물가상승률의 평균을 적용     |
| 실질이자율  | 3.97%<br>이자율과 물가상승률을 이용하여 계산한 실질이자율    |
| 내용년수   | 40년<br>법인세법에 의한 철근콘크리트조의 내용년수를 적용      |
| 보수교체기준 | 건설부 고시 보수교체 기준                         |

LCC에 가장 큰 영향을 미치는 이자율은 국내은행의 최근 10년간의 정기예금금리 평균인 8.378%를 적용하였고, 물가상승률은 4.23%, 실질이자율은 3.97%를 적용하였고, 보수교체비용은 건설부고시 기준을 적용하였다.

건물의 내용년수는 건물이 본래의 목적으로써 사용할 수 없게 되기까지의 경과년수를 말한다. LCC분석에 있어서 내용년수의 결정은 LCC분석기간의 결정을 의미할 수

\* 학생회원, 목원대학교 건축학과 대학원, 석사과정

\*\* 일반회원, (주)신화엔지니어링 종합건축사사무소, 목원대학교 건축학과 대학원, 박사과정

\*\*\* 중신회원, 목원대학교 건축도시공학부 부교수, 공학박사

있다. 분석기간은 대안의 경제성 분석에 많은 영향을 미치는 요인 중의 하나로서 신중히 결정할 필요가 있다. 본 분석에서는 철근콘크리트조의 내용년수 40년을 적용한다.

## 2.2 비용통합

LCC를 분석하는 경우 각 대안에 따라 서로 다른 시점에서 발생하는 비용을 모두 동일시점의 가치로 환산해야 한다. 본 연구에서는 미래에 발생하는 비용을 현재의 가치로 환산하여 산정하는 현가법(Present Worth)을 사용한다. 이유는 비교하는 2개의 대안의 내용년수를 동일하게 보고 있기 때문이다.

### (1) 비반복비용의 환산

$$P_f = F \frac{1}{(1+i)^n}$$

$P_f$ : 비반복비용의 현재가치의 합  
 $F$ : 미래가  
 $i$ : 실질이자율  
 $N$ : 분석기간

### (2) 반복비용의 환산

$$P_A = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$A$ : 년간등가발생비용  
 $P_A$ : 반복비용의 현재가치의 합

### (3) 비용의 환산

$$P = P_f + P_A$$

## 3. LCC 분석

### 3.1 대상건물 개요



그림1. 대상건물 입면

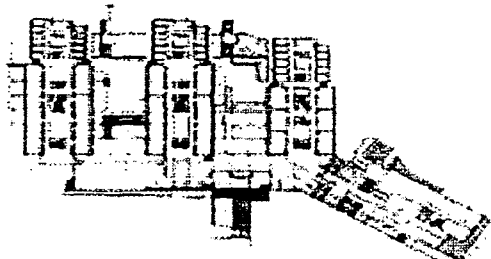


그림2. 대상건물 기준층 평면

- 건물명 : S대학교 대학원 교육연구동 2단계 건설공사
- 대지면적 : 24,050m<sup>2</sup>(7,275평)
- 연면적 : 52,890m<sup>2</sup>(16,000평)-연구실�험실 및 사무공간
- 규모 : 지하1층 지상 7층
- 구조 : 철근콘크리트조(flat slab)

### 3.2 외벽시스템 변화에 따른 LCC분석

적벽돌과 Curtain Wall로 구성된 본 계획안과 건물의 외벽 전체를 알루미늄 판넬로 설계할 경우에 대한 LCC를 비교·분석한다. 적벽돌과 Curtain Wall로 구성된 계획안과 알루미늄판넬로 구성된 대안을 분석한 결과 매년 1,439,453

원의 에너지비를 절약할 수 있고, 내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용을 계산한 결과 생애주기 40년간 28,575,761원을 절감할 수 있다.

표2. 외벽시스템 변화에 따른 LCC비교

| 구분              | 계획안(적벽돌, Curtain Wall)   | 대안(알루미늄 판넬)           | 비교차                    |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| 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            |

### 3.3 Flat Plate구조시스템 도입에 따른 LCC분석

Flat Plate구조인 계획안과 라멘조로 설계한 대안과의 LCC를 비교·분석한다. Flat Plate구조인 계획안과 라멘조인 대안을 현가법을 사용하여 분석한 결과 초기투자비 항목에서 565,670,000원을 절약할 수 있고, 연간 6,867,189원의 에너지비를 절약하여 수명주기동안에는 136,326,194원을 절감할 수 있다. 외장마감공사에서 Curtain Wall부분을 대상으로 하여 보수교체비용을 산정한다. 보수교체비용은 수선주기 20년에 수선을 10%, 교체주기 40년으로써 분석기준 설정시 내용년수를 40년으로 설정하였으므로 수선비만을 산정한다. 구조별 보수교체비를 산정한 결과 계획안이 대안보다 23,026,409원을 절감할 수 있다. 폐기처분비는 건물을 구성하는 주요자재를 폐기처분하기 위한 비용으로 시공시에 사용된 자재량을 이용하여 비용을 산출한다. 구조별 폐기처분비는 계획안이 대안에 비교하여 19,904,961원을 절감할 수 있다.

현가법을 적용한 LCC분석을 하여 비용통합을 했을 때 Flat Plate구조로 설계된 계획안의 수명주기비용은 25,461,967,017원으로 라멘조로 설계할 경우의 수명주기비용 26,167,084,659원과 비교할 때 705,117,642원을 절감할 수 있다.

표3. 구조별 LCC비교

| 구분  | 비용    | 계획안 (Flat Plate) |       | 대안 (라멘조)        |       |
|-----|-------|------------------|-------|-----------------|-------|
|     |       | 금액 (원)           | 비율    | 금액 (원)          | 비율    |
| 현가  | 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%  |
| 분변가 | 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%  |

### 3.4 외부차양설치에 따른 LCC분석

외부차양을 설치한 계획안과 설치하지 않은 대안의 LCC를 비교·분석한다. 분석한 결과 외부차양을 설치함으

로써 매년 3,809,072원의 에너지비를 절약할 수 있고, 내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용을 계산한 결과 생애주기 40년간 75,617,008원을 절감할 수 있다.

표4. 외부차양설치 유무에 따른 에너지비 비교

| 구분                 | 계획안<br>(차양설치 유)          | 대안<br>(차양설치 무)           | 비교차                 |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| 연간 에너지소비량          | 6,220,800Mcal            | 6,303,591Mcal            | 82,791Mcal          |
| 연간 도시가스사용량         | 592,457.14m <sup>3</sup> | 600,342.00m <sup>3</sup> | 7,884m <sup>3</sup> |
| 연간 도시가스사용료         | 286,133,100원             | 289,942,172원             | 3,809,072원          |
| 수명주기동안의<br>도시가스사용료 | 5,680,262,527원           | 5,755,879,535원           | 75,617,008원         |

### 3.5 옥상녹화 적용에 따른 LCC분석

옥상녹화를 실시한 계획안과 적용하지 않은 대안의 LCC를 비교·분석한다. 분석한 결과 옥상녹화를 실시함으로써 매년 3,461,491원의 에너지비를 절약할 수 있고, 내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용을 계산한 결과 생애주기 40년간 75,617,008원을 절감할 수 있다.

표5. 옥상녹화 적용에 따른 에너지비 비교

| 구분                 | 계획안<br>(옥상녹화 적용)         | 대안<br>(옥상녹화비적용)          | 비교차                    |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 연간 에너지소비량          | 6,220,800Mcal            | 6,296,056Mcal            | 75,256Mcal             |
| 연간 도시가스사용량         | 592,457.14m <sup>3</sup> | 599,624.38m <sup>3</sup> | 7,167.24m <sup>3</sup> |
| 연간 도시가스사용료         | 286,133,100원             | 289,594,591원             | 3,461,491원             |
| 수명주기동안의<br>도시가스사용료 | 5,680,262,527원           | 5,748,979,420원           | 68,716,893원            |

## 4. 분석결과의 종합

### 4.1 민감도분석(Sensitivity Analysis)

미래에 발생하는 사항에 대한 불확실성을 제거하여 의사결정의 타당성을 높일 수 있도록 하여주는 방법으로 민감도분석을 사용한다. 본 연구에서는 Flat Plate구조인 계획안과 라멘조인 대안에 대하여 실질이자율과 내용년수의 변화에 따른 민감도분석을 실시한다.

#### 4.1.1 실질이자율에 따른 변화

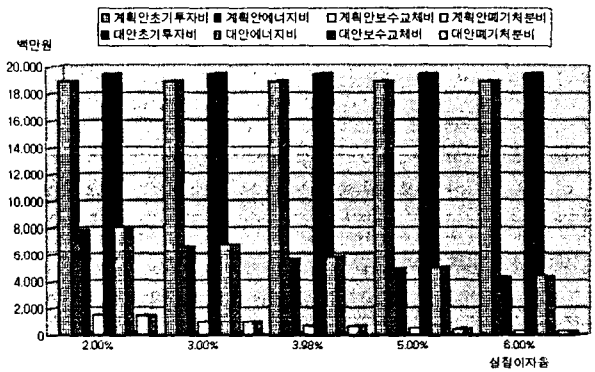
다음 표는 실질이자율을 2~6%까지 변화시켰을 경우에 대한 비용의 변화이다.

표6. 실질이자율의 변화와 LCC

| 구분          | 실질<br>이자 | 초기<br>투자비      | 에너지비           | 보수<br>교체비     | 폐기<br>처분비     | 합계             |
|-------------|----------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 계<br>획<br>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 |
|             | 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   | 23,637,244,189 |
|             | 대<br>안   | 2.0            | 19,483,750,000 | 8,015,163,323 | 262,881,446   | 1,484,007,336  |
| 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 |
| 6.0         |          | 19,483,750,000 | 4,408,569,332  | 121,799,657   | 318,572,518   | 24,332,691,506 |

실질이자율의 변화에 따른 비용변화를 분석한 결과 내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용을 계산한 결과 계획안(Flat Plate)과 대안(라멘조)은 705,117,642원의 차액을 나타낸다.

그림3. 실질이자율에 대한 민감도 분석



#### 4.1.2 내용년수에 따른 변화

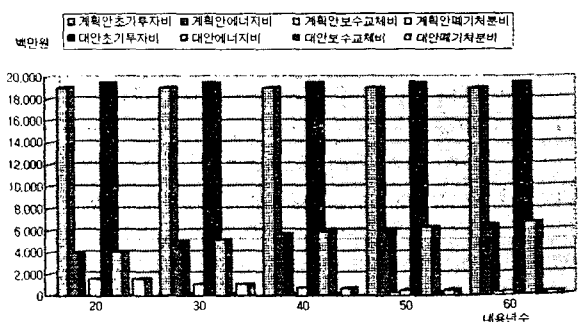
다음 <표7>은 내용년수를 20~60년까지 변화시켰을 경우에 대한 비용의 변화이다.

표7. 내용년수의 변화와 LCC

| 구분          | 내용<br>년수 | 초기<br>투자비      | 에너지비           | 보수<br>교체비     | 폐기<br>처분비     | 합계             |
|-------------|----------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 계<br>획<br>안 | 20       | 18,918,080,000 | 3,885,538,025  | 0             | 1,544,674,782 | 24,358,292,807 |
|             | 30       | 18,918,080,000 | 4,969,860,326  | 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  | 227,380,607   | 324,223,532   | 25,967,610,754 |
|             | 대<br>안   | 20             | 19,483,750,000 | 3,989,030,864 | 0             | 1,501,228,002  |
| 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 |

내용년수의 변화에 따른 비용변화를 분석한 결과 내용년수 40년, 실질이자율 3.98%를 적용하여 비용을 계산한 결과 계획안(Flat Plate)과 대안(라멘조)은 705,117,642원의 차액을 나타낸다.

그림4 내용년수에 대한 민감도 분석



### 4.1.3 분석 결과

시공 후 유지관리, 해체단계에서 발생하는 미래의 비용인 에너지비, 보수교체비, 해체처분비는 이자율과 내용년수가 달라질 경우 그 비용이 변화하여 LCC에 영향을 미치게 된다. 계획안과 대안에 대한 민감도 분석결과 해체단계에서 대안인 라멘조의 비용이 Flat Plate구조인 계획안보다 적게 산출되어진다. 그러나, 상대적으로 절감액이 큰 초기투자비, 에너지비, 보수교체비를 가진 계획안의 LCC에는 영향을 미치지 못하여 Flat Plate구조가 경제적으로 유리한 안으로 평가된다.

### 4.2 종합 분석

이상으로 살펴본 바와 같이 분석대상의 건축계획요소 중에서 에너지비용 절감효과가 가장 큰 항목은 외부차양을 설치하는 경우이며 외벽시스템에서 알루미늄판넬과 적벽돌+Curian Wall의 차이는 생각보다 그 차이가 심하지 않았다. LCC분석에 의한 건축계획요소의 결과는 다음의 <표8>와 같다

표8. 건축계획요소와 LCC

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

Flat Plate구조와 라멘조의 차이는 약 7억원으로서 초기 투자비에서 약 5.6억원의 차이를 보이고 있고, 폐기처분비에서는 라멘조가 유리한 것으로 분석되었다. LCC분석에 의한 구조시스템의 결과는 다음의 <표9>와 같다

표9 구조시스템 변화와 LCC

| 구분          | 비 용   | 계획안(Flat Plate) |       | 대안(라멘조)        |       | 수명주기<br>비용절감액(원) |
|-------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|------------------|
|             |       | 금 액 (원)         | 비 율   | 금 액 (원)        | 비 율   |                  |
| 연<br>가      | 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     |
|             | 합 계   | 25,461,967,017  | 100%  | 26,167,084,659 | 100%  | 705,117,642원     |
| 분<br>년<br>가 | 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     |
|             | 합 계   | 34,075,350,830  | 100%  | 34,871,136,620 | 100%  | 795,785,790원     |

## 5. 결 론

본 연구에서 한 건축물을 대상으로 LCC기법을 통해 건축계획요소와 구조시스템을 계획안과 대안을 예로 들어 비교·분석하였다.

연구의 결론으로서 LCC분석을 도입하여 건설산업에서 기획단계, 설계단계 그리고 장애에 유지관리단계에 운영비용면이나 건축물의 생애수명연장에 효과가 크다는 것을 알게 되었다. 앞으로 국내 건설산업은 LCC기법을 적극 도입하고 개발한다면 경제성과 관련면, 그리고 에너지 절약에 많은 이바지가 될 것이라고 생각한다.

## 참 고 문 헌

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 설계방법론에 관한 연구, 서울대학교 박사학위 논문, 1992
5. 이덕찬 외 2명, 공동주택의 LCC검토서 작성 및 평가 지침 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 safty 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), a feasibility, decision-making