건설사업의 LCC 분석 기법 및 적용방안

崔敏壽·李義燮

한국건설산업연구원

<차 례>

Ⅰ. 서 론 ····· 1

Ⅱ. LCC의 개요 및 분석의 필요성 ····· 3

1. LCC의 개요 ····· 3

2. LCC의 비용 항목 ····· 5

(1) 기획·설계비용 ····· 5

(2) 건설 비용 ····· 5

(3) 운용관리 비용 ····· 7

(4) 폐기처분 비용 ····· 8

3. LCC 분석의 필요성 ····· 8

Ⅲ. LCC 분석의 기초 이론 ····· 11

1. LCC 분석의 이해 ····· 11

(1) LCC분석의 정의 ····· 11

(2) LCC 분석과 기타 경제성 평가기법의 관계 ····· 12

2. LCC의 분석 방법 ····· 13

(1) LCC 비용분석의 범위 ····· 13

(2) 할인율의 결정 문제 ····· 14

(3) 현재가치법과 대등균일연간비용법 ····· 14

(4) 인플레이션과 특정 품목의 비용 상승 ····· 17

(5) 분석 기간 ····· 17

(6) 불확실성의 문제 ····· 19

(7) 비경제적 요소 ····· 20

3. 자재 및 설비의 LCC분석 ····· 21

(1) 신뢰도와 내용년수 ····· 21

(2) 기초 데이터 ····· 24

(3) 비용 산정을 위한 제조건 ····· 25

Ⅳ. 외국의 LCC 분석의 역사 및 모델개발 사례 ····· 27
1. LCC 분석의 역사 및 적용 사례(미국의 예) ····· 27
2. LCC모델 개발 사례 ····· 30
(1) 전체 LCC의 추정 모델 ····· 30
(2) 자재·설비의 LCC 추정 모델 ····· 32

Ⅴ. LCC 분석의 예 ····· 37
1. LCC 산정방식의 요약 ····· 37
2. 건축물 전체 LCC의 산정 예 ····· 38
(1) 현재가치 및 대등균일연간비용의 산정 ····· 38
(2) 할인율 및 물가변동률에 따른 대등균일연간비용의 경년 비교 ····· 41
3. 자재·설비의 LCC 산정 예 ····· 44
(1) 현재가치법의 적용 예 ····· 44
(2) 대등균일연간비용법의 적용 예 ····· 47

Ⅵ. LCC의 활용 및 정책적 시사점 ····· 51
1. 라이프사이클 단계별 LCC기법의 활용 방안 ····· 51
2. 정책적 시사점 ····· 53
(1) 건설계약에 있어서 LCC분석의 중요성 ····· 53
(2) LCC를 고려한 설계 및 공사 계약방식의 도입 방향 ····· 54

< 참고 문헌 > ····· 57

부 록 ····· 59
<부록-1> Building Layout의 LCC 산정 예 ····· 61
<부록-2> Exterior Wall System Seletion의 LCC산정 예 ····· 63

<표 차 례>

<표 Ⅲ-1> 노통연관보일러의 평균 고장간격 및 신뢰도 ····· 22
<표 Ⅲ-2> 자재 및 설비의 LCC산정을 위한 제 조건 ····· 26
<표 Ⅴ-1> 코스트 산정의 전제조건 ····· 39
<표 Ⅴ-2> 현재가치와 대등균일연간비용의 산정 예 ····· 40
<표 Ⅴ-3> 합성수지 바닥재의 종류별 LCC조건 비교 ····· 44
<표 Ⅴ-4> 보일러 종류별 LCC조건 비교 ····· 47
<표 Ⅵ-1> LCC 각 단계에서의 이용자 ····· 52

<그림 차례>

<그림 Ⅱ-1> LCC와 건설비의 관계 ····· 4
<그림 Ⅱ-2> 건설구조물의 LCC항목의 체계화 ····· 6
<그림 Ⅱ-3> LCC의 경년 지출의 개요 ····· 9
<그림 Ⅱ-4> 기획·설계 단계에서의 성능 및 코스트의 결정 상황 ····· 10
<그림 Ⅲ-1> 기간변화에 따른 1원의 현재가치의 변화 ····· 19
<그림 Ⅲ-2> 고장률의 시간적 변화 ····· 23
<그림 Ⅲ-3> 신뢰도의 시간적 변화 ····· 23
<그림 Ⅲ-4> 내용년수와 유지관리의 관계 ····· 24
<그림 Ⅴ-1> 경년별 대등균일연간비용(할인율 6%의 경우) ····· 43
<그림 Ⅴ-2> 경년별 대등균일연간비용(할인율 10%인 경우) ····· 43
<그림 Ⅴ-3> 쉬트재와 타일재의 경년지출 비교 ····· 44
<그림 Ⅴ-4> 가스보일러와 오일보일러의 경년지출의 비교 ····· 48
<그림 Ⅵ-1> LCC활용의 각 단계 ····· 52
<그림 Ⅵ-2> LCC 분석과 경제성 ····· 54

Ⅰ. 서 론

현재 우리나라에서는 LCC(Life Cycle Cost)라는 용어가 빈번하게 사용되고 있다. 건설산업에서도 LCC라는 용어를 사용하는 사례를 흔히 볼 수 있다. 그러나 아직까지 건설부문의 LCC에 대하여는 구체적인 개념 정립이 이루어지지 못한 상태여서, LCC의 분석에 대한 체계적인 이해가 부족한 것이 현실이다.

선진국에서 LCC분석이 주목을 받게 된 이유는 천연자원의 고갈 및 설비기기의 고도화 등으로 인하여 에너지·노동력·기자재 등의 제 자원을 유효하게 이용하는 것이 가장 중요한 관심사로 대두되었기 때문이다. 예를 들어, 미국에서 LCC에 대한 논의가 활발하게 이루어지고, 다양한 LCC분석 모델이 개발된 것은 무엇보다도 에너지 문제가 가장 큰 원인이었다.

그런데 우리 나라에서는 그 동안 건축물 및 시설구조물의 설계를 담당하는 건축가와 엔지니어들이 자원 및 에너지 문제를 소홀히 다루어 온 경향이 있다. 그러나 에너지 비용은 지속적으로 상승할 것으로 전망되며, 나아가 자원 절약과 연계되어 시설물의 개·증축 혹은 재개발·재건축 등이 많은 제약을 받을 것으로 예상된다. 따라서 앞으로 설계자와 엔지니어들은 자원 및 에너지를 절약하고, 건축물 및 시설구조물의 가치와 수명, 그리고 성능을 증대시키기 위하여 더욱 많은 노력을 경주하여야 할 필요성이 있다.

이와 같은 건설환경의 변화에 대응하기 위하여는 초기 투자액, 에너지 소비량, 유지관리비용, 개체·폐기비용 등의 제 비용을 종합적이고 체계적으로 분석할 수 있는 방법론, 즉, 라이프사이클코스트를 분석할 수 있는 기법이 필요하다.

최근 환경분야에서도 라이프사이클에서의 환경부하를 평가하려는 노력이 활발하게 진행되고 있다. 예를 들어 PLCA(Product Life Cycle Assessment), LCGL(Life Cycle Global Load)[1] 등과 같은 환경오염 평가지표가 제안되고 있으며, 또한, 체화에너지(embodied energy)[2]의 개념도 등장하고 있다.

---

1) PCLA는 제품이 환경에 미치는 부하를 제품의 라이프사이클(원료채취, 생산, 유통, 사용, 리사이클, 폐기) 전체를 고려하여 정량적인 분석·평가를 하는 수법이며, LCGL은 일본건축학회 지구환경특별위원회 에너지소위원회에서 제안한 것으로서, 건축의 라이프사이클을 통하여 지구환경에 미치는 부하를 총칭한 것이다. $LCCO_2$(라이프사이클 CO_2) 은 LCGL의 서브카테고리로서 건물의 건설, 사용, 해체라는 일련의 프로세스에서 발생하는 이산화탄소의 총량을 표현한 개념이다.

이와 같은 건설생산 환경의 변화를 감안할 때, 건설산업 부문에서도 LCC에 관한 기초적인 연구가 필요한 상태이다. 본 연구에서는 건설산업에서 LCC의 개념 및 실체를 명확히 파악하고, LCC분석의 이론적 체계 및 방법론을 고찰하는 한편, 설계 등 용역 및 건설공사 계약에 있어서 LCC를 고려할 수 있는 정책 대안을 제시하고자 한다.

2) 자원의 채취, 원료소재의 제조수송으로부터 완성품인 건축구성재의 제조에 이르기까지 사용된 모든 에너지의 총량

Ⅱ. LCC의 개요 및 분석의 필요성

1. LCC의 개요

LCC(Life Cycle Cost)라는 것은 소위 생애비용(生涯費用)이라고 하며, 이것은 기획·설계비, 건설비, 운용관리비, 폐기처분비에 걸치는 건설구조물의 생애에 필요한 모든 비용을 의미한다. LCC는 어려운 개념은 아니고, 일상생활 중에서도 LCC의 사고방식은 어느 정도 뿌리내려져 있다.[3)]

LCC를 구성하는 비용 항목은 크게 다음과 같이 4개의 범주로 나눌 수 있다.

① 기획·설계비(planning & design cost)

② 건설비(construction cost)

③ 운용관리비(operation and maintenance cost)

④ 폐기처분비(disposal cost)

기획·설계 비용은 기획단계에 드는 비용, 부지매입 비용, 설계비 등이 포함되고, 건설비용은 시공업자의 선정, 입찰도서 작성, 현장설명, 시공 등에 드는 비용을 말한다. 이와 같이 프로젝트의 수행에 수반되는 설계비, 토지대 등의 제 비용과 건설비용을 묶어서 초기투자액(initial cost)이라 부르기도 한다. 여기에는 설비자금을 조달하기 위한 부채코스트인 자본조달비용(financing cost)이 포함된다.

운용관리비는 시설물을 운용하는 데 필요한 노임과 연료비 등의 운용비용(operation cost)과 정기적인 점검·개조·유지관리에 필요한 보전비용(maintenance cost), 스페이스의 기능을 변경할 때 소요되는 개조비용(alteration cost)과 구조물의 기능을 초기 수준으로 복원하기 위한 개체비용(replacement cost) 등이 여기에 해당된다.

---

3) 일례로 전력회사의 송전 철탑은 1960년대부터 바탕이 두꺼운 아연도금을 행함으로써 100년에 가까운 내구성을 지닌 부재로 하였기 때문에 유지보수 비용이 대폭 저감되었다. 또한, 주택이나 빌딩에 있어서 타일마감이나 석재마감이 증가되어 왔는데, 이는 외벽이나 바닥의 내구성을 향상시켜 유지보수 비용을 크게 감소시켜 왔다. 철도청에서는 무인화 개찰설비를 도입하고 있는데, 이는 시스템의 효율성을 향상시켜 운용관리비용을 크게 감소시켰다.

이외에도 LCC에는 세금, 감가상각비, 신용대부(credit), 기능코스트(functional use cost), 기회손실비용(denial-of-use cost), 방범비용(security cost), 보험료 등도 포함하여야 한다. 여기에서 기회손실비용이란 의사결정의 결과로서 발생한 입주의 지연, 또는 생산의 지연에 의하여 발생한 불필요한 비용 또는 수입의 손실분을 말한다.[4)]

폐기처분 비용으로는 해체공사 비용과 해체공사를 수행하기 위한 가설구조물의 건설비 등이 포함된다. 폐기처분비용의 계산에 있어서는 잔존가치(salvage value)를 고려해야 하는데, 잔존가치란 대안의 생애 주기가 다했을 때에 각 설비가 가지고 있는 경제적 가치로서, 경제적 가치가 양(+)이면 LCC평가에서는 음(-)의 비용이 된다.

현재 우리나라에서는 일반적으로 시설물의 비용을 고려할 때 건설비만을 고려하지만, 건설비는 건축물 및 시설구조물의 생애에 소요되는 총 비용(LCC : Life Cycle Cost) 가운데 일부에 불과하다.

예를 들어 LCC중에서 보전비, 수선비, 개선비 및 운용비(광열수비 등)를 포함하는 운용관리비는 일반에서 생각하는 것보다 그 비용이 큰 편인데, 경우에 따라서는 건설비의 5~6배에 달하는 예도 있다. 이것을 빙산을 통하여 설명하면 <그림 Ⅱ-1>과 같다.

<그림 Ⅱ-1> **LCC와 건설비의 관계**

4) 예를 들어 건설비가 동일한 2개의 개조안을 고려할 경우, 제 1안은 6개월 동안 거주인을 다른 장소로 임시 이동시켜야 하나, 또 다른 대안은 근무시간 이외의 시간을 이용하여 개조하는 것이 가능하다고 할 때, 1안과 같이 시설물을 사용하는 것이 불가능함에 따라 발생하는 손실비용도 LCC 분석에 포함되어야 하는데, 이를 기회손실비용(denial-of-use cost)이라고 부른다.

2. LCC의 비용 항목

건축물 및 시설구조물의 라이프 싸이클의 총 비용은 기획·설계비용, 건설 비용, 운용관리 비용, 폐기처분 비용의 4개 항목으로 크게 구분할 수 있다. 이러한 LCC구성요소를 세부 비용항목으로 나누어 체계화하면 <그림 Ⅱ-2>와 같다.

(1) 기획·설계비용

기획·설계비용은 크게 기획비용과 설계비용으로 구분되며, 이 외에 현지조사 비용, 용지취득 비용, 효과분석 비용 등이 있다. 건설기획비용은 기획용 조사, 규모 계획, 메니지먼트 계획 등에 필요한 비용인데, 건설프로젝트의 성과를 크게 좌우하는 비용이다. 설계비용에는 기본설계(basic design), 코스트플래닝(cost planning), 실시설계(detailed design), 적산(estimating) 비용 등이 포함되는데, 건설에 필요한 대부분의 조건이 설계에서 결정된다.

기획·설계 비용은 LCC중에서 극히 일부를 차지하는 수준이나, 라이프사이클코스트의 경제성에 미치는 영향은 매우 크다. 그 이유는 기획·설계의 내용에 의하여 건설비용이나 운용관리 비용, 나아가 폐기처분 비용에 큰 영향을 미치게 되기 때문이다.

따라서 프로젝트의 효용성을 확보하고, 경제성을 높이기 위하여는 기획·설계단계에서의 의사결정이 큰 역할을 하게 되므로 기획·설계비용을 중요한 비용으로 인식하여야 한다. 특히, LCC가 큰 금액으로 되지 않도록 하기 위해서는 이 기획·설계 단계에서 코스트가 약간 증대하더라도 충분히 그리고 분명하게 의사결정을 해 놓는 것이 필요하다.

(2) 건설 비용

건설 비용으로는 우선 시공업자의 선정, 입찰도서 작성, 현장 설명 등을 포함하는 공사계약 비용 등이 있는데, 크게 본 계약과 변경 계약으로 구분할 수 있다. 또, 제 2의 건설비용으로는 건축공사, 전기설비 공사, 기계설비 공사, 특수공사, 그리고 사용의 편의성을 위해서 행하는 부가적인 공사(supplementary works)도 여기에 포함된다.

<그림 Ⅱ-2> 건설구조물의 LCC항목의 체계화

위의 건설공사 비용이 직접적인 건설비용이 된다. 이외에 공사관리 비용, 환경관리 비용, 시공검사 비용 등의 간접비용이 있다.

건설 비용의 합계는 LCC중에서 큰 편이며, 대략 15~20% 정도를 차지하는 것이 일반적이다. 유의할 점은 건설비용과 운용관리비용은 대개 트레이드오프(trade-off)의 관계에 있다는 점이다. 따라서 건설비용을 무리하게 삭감하고자 하면, 운용관리 비용이 증가하게 되고, 결국 라이프사이클에 걸쳐서는 오히려 비용이 상승하게 된다.

그러므로 운용관리 비용을 삭감하여 총 LCC를 줄이려면 에너지 절감, 인력 절감, 자원 절약 등을 도모할 필요가 있고, 이를 위하여는 건설단계에서 부가적인 공사비용이 추가되며, 그것에 의하여 비로소 총 LCC를 감소시키는 것이 가능하게 된다.

(3) 운용관리 비용

운용관리 비용은 보전비용, 수선비용, 운용비용, 개선비용, 일반관리비용 등으로 크게 구분할 수 있다. 우선 보전비용(maintrnance cost)은 법령에 의한 점검, 정기적인 점검·보수, 운전·일상점검, 청소 등을 포함하는데, 이는 구조물의 사용기간 전체(operational life)에 걸치는 비용이라고 할 수 있다. 수선비용(repair cost)은 방수층의 교환, 창호의 교환, 설비기기류의 경신 등에 소요되는 비용이다. 운용비용(operating cost)은 광열수비, 소모품 등을 포함하는데, 이 비용은 LCC의 각 비용 중에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

이외에 운용관리 비용에는 개선·변경을 위한 개선 비용(alteration & replacement cost)이 있으며, 또한 세금 공과, 보험료, 감가상각비 등을 포함하는 일반관리비용이 포함된다. 이 운용관리 비용의 합계는 LCC중에서 75~85%을 차지하는 수준이며, 건설 비용의 4~5배에 달하는 것이 일반적이다.

그러므로 LCC 측면에서 보면, 라이프사이클코스트의 80% 정도를 차지하는 운용관리 비용을 어떻게 삭감할 수 있는가 하는 것이 중요한 문제이다. 만약, LCC의 관점이 없는 상태에서 검토가 이루어진다면, 건축물 및 시설구조물의 비용에 대해서 중요한 요소를 전혀 고려하지 못하는 것으로 볼 수 있다.

(4) 폐기처분 비용

폐기처분 비용으로는 해체 비용(demolition cost)과 처분 비용(disposal cost)이 포함된다. 건설구조물은 지금까지 철근콘크리트조가 주류를 이루고 있는데, 철근콘크리트조 건축물은 해체 작업시 폭파파쇄 등의 방식이 일반적으로 사용된다. 따라서 환경오염을 저감시키기 위하여 비용이 증가되고, 또한 폐기물의 운반·폐기에도 높은 처분비용이 소요되기 때문에 자원절약 측면에서 볼 때 마이너스 요인이 많다. 반면, 철골조의 건축물은 해체 비용이 비교적 낮고, 해체된 철재는 모두 재이용이 가능하기 때문에 자원절약의 측면에서도 더 우수하다고 할 수 있다.

3. LCC 분석의 필요성

최근 건축물 및 시설구조물의 LCC중에서 운용관리비가 차지하는 비율이 높아지고 있다. 그 이유를 살펴보면 다음과 같다.

① 구조재 및 마감재의 내구성(durability)의 향상으로 인하여 구조물 수명이 점차 장기화하는 경향이 있다.

② 건설구조물의 구성요소 가운데 설비부문이 차지하는 비율이 높아지고 있고, 설비가 점차 고도화되고 있다. 특히, 근년의 인텔리젼트빌딩(intelligent building)의 건설에서는 건축공사 비용에서 설비공사 비용이 차지하는 비율이 40~50%에 달하는 예도 나타나고 있다.

그런데, 이러한 설비류의 내용년수(수명)는 의외로 짧은 15~30년 정도이다. 따라서 건설구조물 전체의 내용년수를 고려하면, 적어도 1회에서 많게는 3회 정도 설비기기가 개체되어야 한다. 또한, 최근에는 설비기기의 고도화에 따라서 운전비용나 광열수비가 상승되는 경향이 있기 때문에 건설구조물 사용년수의 전 기간에 걸치는 운용관리비가 크게 증가하고 있다.

건설구조물은 설계와 시공 방식에 따라 운용비는 물론이고, 수선비 등 관리비용도 크

게 변한다. 건설비와 운용관리비는 서로 상반(trade-off) 관계를 갖는 것이 많고, 또한, 운용관리단계에서 필요한 수선비를 지출하지 않으면 구조물의 내용년수가 단축되고, 감가상각비가 높아지게 된다. 따라서 시설물의 LCC를 고려하지 않았다면, 구조물의 비용을 합리적으로 검토하여 경제성을 분석했다고 보기 어렵다.

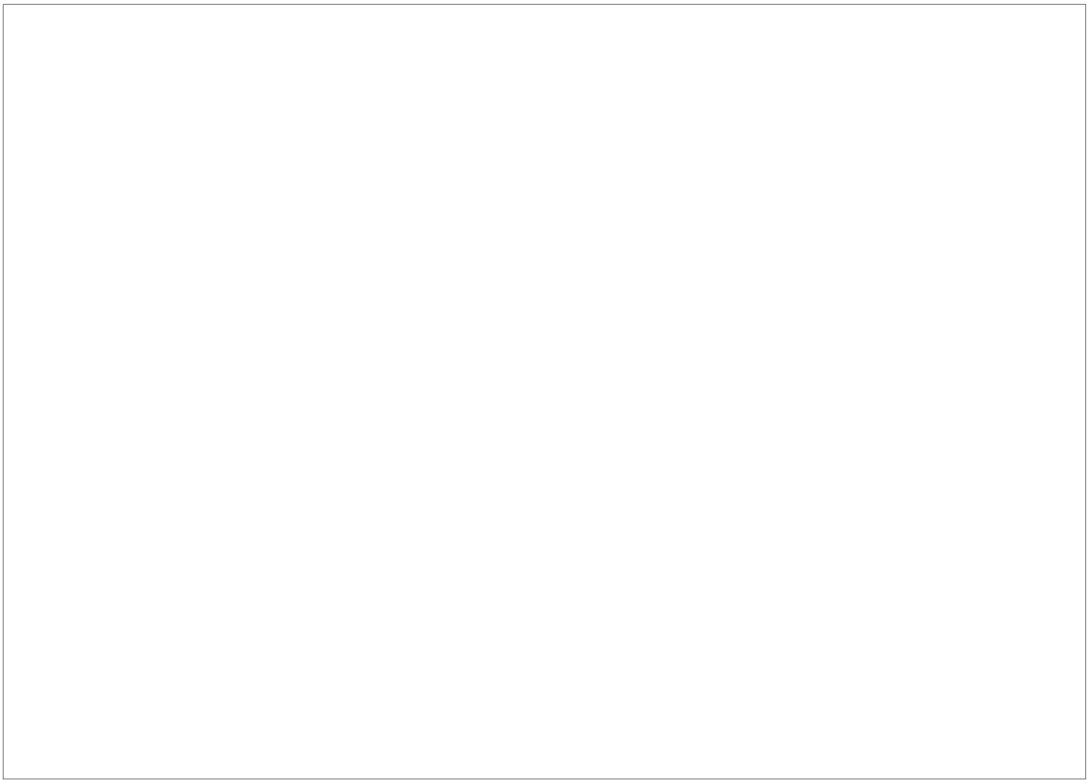
LCC를 기획·설계 단계, 건설 단계, 운용관리 단계, 폐기처분 단계로 나누어 그 지출의 개요를 살펴보면, <그림 Ⅱ-3>에 나타낸 바와 같다.

<그림 Ⅱ-3> **LCC의 경년 지출의 개요**

기존 연구를 토대로 건설과정 단계별로 성능 및 코스트의 결정 상황을 살펴보면, <그림 Ⅱ-4>와 같다. 기획 종료시점에서 성능 및 코스트가 결정된 부분은 66%, 미결정된 부분은 34%이며, 기초설계 종료시점에서 결정된 부분은 85%, 미결정된 부분은 15%이고, 실시설계 종료시점에서 결정된 부분은 96%에 달하나, 미결정된 부분은 4%에 불과하다.

여기서 성능 및 코스트의 미결정 부분이란 결국 코스트의 저감 가능성이 있는 부분을 의미하며, 따라서 기획·설계단계의 종료 시점에서는 코스트 저감 가능성이 극단적으로 작게 된다는 점을 알 수 있다.

<그림 Ⅱ-4> **기획·설계 단계에서의 성능 및 코스트의 결정 상황**



자료 : 石塚義高, *建築經濟のすすめ*、財團法人 經濟調査會, 1994, p.220

Ⅲ. LCC 분석의 기초 이론

1. LCC 분석의 이해

(1) LCC분석의 정의

Ⅱ장에서 살펴본 바와 같이 건설사업의 라이프사이클코스트는 기획, 설계, 건설, 운용관리 및 폐기에 이르는 각각의 단계에서 발생하는 코스트가 있으며, 특히, 운용관리단계의 코스트가 매우 큰 비중을 가지고 있다는 점을 알 수 있었다.

따라서 건설사업 총 코스트의 경제성을 높이기 위하여는 라이프사이클 전체를 통한 코스트 관리가 필요하다. 이와 같이 라이프사이클코스트를 파악하여 투자에 대한 경제성 평가를 하는 수법을 LCC분석(Life Cycle Cost Analysis)[5]이라고 한다.

영국의 경제학자 P. A. Stone은 "Cost-in-use"라는 용어를 경제성 평가에 응용하고, 이 기법의 목적은 주어진 하나의 목적을 달성하기 위한 수단의 선택 혹은 투입자금에서 최선의 가치를 얻는 문제를 취급하는 것이라고 서술한 바 있다.[6]

미국건축가협회(AIA)에서는 LCC분석을 몇 가지 대체안 가운데 하나의 해결안 또는 복수의 선택안을 일정기간(라이프사이클)에 걸쳐 관련된 모든 경제적 결과를 예상하고, 이에 기초하여 그 경제성을 평가하는 수법이라고 정의하고 있다.

결국, 건설분야에서 LCC분석이란 건축물 혹은 시설구조물의 건설에 있어서 하나의 대안 또는 복수의 대안에 대해서 경제적 주기(economic life cycle)에 걸쳐서 발생하는 비용을 체계적으로 결정하기 위해서 구조물의 경제수명 범위 내에서 각 대안(alternatives)의 경제성을 일정한 기준을 정하여 등가환산한 값으로 평가하는 수법이라고 정의할 수 있다.

LCC분석에 있어서 '등가환산(等價換算)'은 매우 중요한데, 이는 현재의 코스트와 미래의 코스트의 가치가 서로 다르기 때문이다. 따라서 환산기법을 이용하여 현재와 미래의

---

5) Life Cycle Cost Analysis를 간단히 Life Cycle Costing이라고도 표현한다.

6) P. A. Stone, Building Design Evaluation: Cost-in-Use, 2nd edition, E&F.N, London, 1975, p.177

코스트 양자를 취급해야 한다는 것이다.

⑵ LCC 분석과 기타 경제성 평가기법의 관계

LCC 분석은 독립적인 연구로서 수행되는 경우도 있고, 종합적인 연구의 일부분으로서 수행되는 경우도 있다. 예를 들어, 가치공학(VE : value engineering)의 일부분으로서 LCC 분석이 수행되는 경우도 있다.

그런데, LCC 분석과 가치공학의 목적은 모두 건설프로젝트의 비용을 절감하기 위한 분석방법이지만, 양자는 강조하는 초점은 다소 상이하다.

우선, LCC 분석은 최소한의 기능과 기술적인 요구조건(minimum functional and technical requirements)을 충족하는 실현 가능한 대안(feasible alternatives) 중에서 가장 비용이 적게 드는 대안을 선택하는 것이 목적이지만, 가치공학은 기능 자체에 초점을 맞추어 필수 불가결한 기능(essential functions)과 그렇지 않는 기능(nonessential functions)을 가려내어, 불필요한 기능을 제거하여 비용을 절감하기 위한 분석 방법이다.

이와 같이 LCC 분석은 비용 측면을 강조하고, 가치공학은 기능적인 측면을 강조하는 상이한 분석 방법이다. 그러나, 두 분석 방법은 보완적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, LCC 분석을 통해서 초기에 예산을 초과하는 높은 초기비용과 낮은 후속 비용 구조를 갖는 대안이 선택되었을 경우, VE 분석으로 불필요한 기능을 제거하여 초기 비용을 절감할 수 있는 대안을 찾을 수 있다.

LCC 분석은 어떤 투자의 타당성 분석을 행하기 위한 비용-편익 분석(cost-benefit analysis) 수법의 일부를 시설물 건설에 대한 비용 비교에 적용한 것이다. 양자 모두 시간 가치(time value of money)를 고려하는 점은 동일하지만, 비용-편익 분석은 명시적으로 비용과 편익의 양면을 다루는 것임에 비해 LCC 분석은 비용만을 다루는 점에 차이가 있다.

또한, LCC 분석은 시설물 건설에 관한 복수의 대안 가운데 최적안을 선택하는 판단기준으로 도움이 되도록 하는 것이 목적이며, 경제적 타당성 분석을 하는 것은 아니다. 예를 들면, 어떤 부지에 건물을 지을 경우, 빌딩과 아파트 중 어느 것이 수익성이 큰 것인가라는 문제는 LCC 분석이 아닌 타당성 분석(feasibility study)의 영역이다.

2. LCC의 분석 방법

LCC 분석의 절차 및 방법은 개념적으로는 매우 간단하다. LCC 분석은 각각의 대안에 대해서 (1) 전체 생애에 걸쳐서 발생하는 의미있는 비용을 항목별로 선정하여 화폐가치로 평가하는(evaluate) 절차와 (2) 각 비용이 발생하는 시점이 상이하기 때문에 각 비용을 일정한 기준 시점을 정하여 환산하는 절차가 요구된다.

즉, 어떤 대안의 전체 생애(life cycle)에 대한 비용 항목을 연도별로 찾아내어(identify) 이를 합산하고, 이 합산한 금액을 다시 일정한 기준을 정하여 환산하고 합산하여, 가장 비용이 적게 드는 대안(alternative)을 선정하는 절차가 필요하다. 이하에서는 LCC 분석에서 개념적으로 이슈가 되는 것을 살펴보기로 한다.

(1) LCC 비용분석의 범위

어떤 비용을 LCC 분석에 포함시킬 것인가의 판단은 고려하고 있는 대안과 관련이 있느냐의 여부(relevancy)와 다른 대안과 비교할 경우의 규모가 의미가 있느냐의 여부(significance)[7]에 의하여 결정된다.

LCC 분석의 목적이 복수의 대안(alternatives)을 비교하여 최적의 대안을 선택하는 것일 경우에는 각각의 대안에 공통적이고 금액이 통일되어 있는 공통비용(common cost)은 LCC 분석에서 제외한다. 그러나 공통된 비용 항목이더라도 금액이 다른 경우에는 LCC 분석에 포함시켜야 한다.

LCC 분석이 시작되기 전에 이미 지출한 비용, 즉 매몰비용(sunk cost)은 LCC 분석에 포함시키면 안 된다. 왜냐하면, 이미 지출된 비용은 향후 어떤 대안을 선택하든지 간에 이미 매몰비용으로 인한 편익 또는 손실이 이미 실현되었기 때문이다.

예를 들어, 어떤 HVAC[8] 시스템에 대한 설계를 완료한 이후, 만약 다른 대안과 비교하여 최적의 또 다른 대안을 선택하고자 할 경우, 설계 비용을 아무리 많이 지출하였을 경우에도 이미 설계에 지출한 비용은 포함시키면 안 된다. 그러나, 새로운 대안을 설계하는데 지출되는 비용은 포함시켜야 한다.

---

7) 전체 LCC에 거의 영향을 미치지 않을 정도로 비용이 낮은 항목은 LCC분석에서 제외할 수 있다는 것이다.
8) 공기조화설비, Heating, Ventilating, Air Conditioning System

⑵ 할인율의 결정 문제

LCC 분석에서는 비용이 발생한 시점이 다르기 때문에 일정한 기준을 정하여 환산하여야 하므로, 적정한 할인율(discount rate)을 결정하여야 한다. 할인율이란 시간의 가치(time value of money)를 나타내는 개념으로서, 할인율을 결정할 경우에는 프로젝트로 말미암아 포기하여야 할 투자의 수익률, 즉, 기회수익률(opportunity rate of return)로 할인율을 결정하여야 한다. 예를 들어, 프로제트 대신 다른 데에 투자하여 20%의 수익을 올릴 수 있다면, 할인율은 20%가 된다.

민간부문에서는 자금을 차입할 경우의 지불해야 하는 이자율을 기회수익율로 보아 아무런 수정없이 할인율로 사용할 수 있다, 그러나, 공공부문에서는 사회적인 관점에서 평가된 기간당 기회비용이 할인율 산출의 기준이 되어야 한다.[9)]

한편, LCC 분석의 목적이 대안(alternatives)을 비교하는 것인 경우에는 비용을 실질가격(real price)[10)]으로 계산하는 경우가 있다. 이 경우에 할인율은 물가상승률을 차감한 할인율(after-inflation discount rate)을 적용한다. 인플레이션을 차감한 할인율은 민간부문에서의 실질 수익률이다.

⑶ 현재가치법과 대등균일연간비용법

LCC기법에 있어 중요한 논점은 각 대체안의 경제성을 평가함에 있어 시간적 등가환산을 행한다는 것이다. 그 이유는 어떠한 형태로든지 투자되는 돈은 이자를 없애거나 혹은 다른 곳에서 이익을 얻을 기회를 잃게 되기 때문이다.

예를 들면, 연이율 10%의 복리로 계산된다면, 현재 투자된 1억원은 30년 동안에 17.4억원이 된다.[11)] 즉, 투자자가 연간 10% 이상의 이율을 얻을 수 있다면, 현재의 1억원은 30년후의 17.4억원과 같다는 것이다.

다른 예로서 A, B, C 세 사람이 있는데, A는 현재 1억원을 수중에 갖고 있고, B는 10년후에 1억원에 수중에 들어오며, C는 10년에 걸쳐 매년 1,000만원씩 들어온다고 가정해

9) 공공부문의 할인율 결정에 관한 개념적인 논의는 이준구(1994) pp.321-324 참조.
10) 여기서 실질가격이란 일정시점을 기준으로 한 불변가격(constant price)의 의미이다.
11) 1억원×$(1+0.1)^{20}$ = 17.4억원

보자. 세 사람 모두 결과적으로는 1억원의 자금을 갖게 되지만, 자금 구매력의 입장에서 볼 때, 이러한 금액을 모두 같다고는 할 수 없다.

따라서 LCC분석에 있어서 계획한 대체안을 비교하려면, 우선 동일한 베이스라인(base-line)으로 되는 시점을 정하고, 각 대체안에 의하여 발생하는 현재 코스트와 미래 코스트를 공통의 시점(base-line)으로 환산해야 한다.

이와 같이 비용이 발생한 시점이 상이한 비용을 일정한 기준을 정하여 환산하는 방법에는 현재가치법(present worth method)과 대등균일연간비용법(equivalent uniform annual cost method 또는 간단히 annualized method)이 있다.[12)]

우선, 현재가치법(present worth method)이란 시설물의 생애 주기에 발생하는 모든 비용을 일정한 시점을 기준으로 환산하는 방법이다. 기준 시점은 통상적으로 처음 비용이 발생한 시점을 기준으로 한다.

현재가치로 환산하는 방법을 초년도 비용(initial cost), 반복 비용(recurring cost), 비반복 비용(nonrecurring cost)으로 구분하여 설명하기로 한다.

우선, 초년도 비용은 이미 현재가치로 표시되어 있기 때문에 환산할 필요가 없다.

다음으로 매년 동일하게 반복하는 반복 비용이 A, 할인율이 i, 분석기간이 n이면, 이 반복비용의 현재가치(P)는 다음과 같다.

$$P = \frac{A}{(1+i)} + \frac{A}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{A}{(1+i)^n}$$

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

여기서, $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$ 를 연금현재가치(PWA: Present Worth of Annuity)계수라고 한다.

한편, n 년 후에 1회만 발생하는 비반복 비용이 F, 할인율이 i이면 이 비용을 현재가치(P)로 환산하는 공식은 다음과 같다.

---

12) 현재가치를 현가(現價), 대등균일연간비용을 연가(年價)로 줄여서 표현하기도 한다.

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

여기서, $\frac{1}{(1+i)^n}$ 를 현재가치(PW : Present Worth)계수라고 한다.

대등균일연간비용법(equivalent uniform annual cost method)이란 생애 주기에 발생하는 모든 비용이 매년 균일하게(uniform) 발생한다고 가정할 경우, 이와 대등한(equivalent) 비용은 얼마인가라는 개념을 이용하여, 균일한 연간 비용으로 환산하는 방법이다. 즉, 어떤 시점의 비용을 매년 균일하게 분할하여 지불한다고 가정할 경우에 이 균일한 비용과 대등한 금액으로 환산하는 방법이다.

대등균일연간비용법으로 환산하는 방법을 초년도 비용, 반복 비용, 비반복 비용으로 구분하여 설명하기로 한다.

우선, 반복 비용(recurring cost)은 이미 대등균일연간비용으로 표시되어 있기 때문에 환산을 필요로 하지 않는다.

초년도 비용을 대등균일연간비용법으로 환산하는 방법은 초년도 비용을 P라고 하고, 구하고자 하는 대등균일연간비용을 A라고 할 때, 앞에서 $P = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \times A$ 이므로 대등균일연간비용(A)은 다음과 같이 구할 수 있다.

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

여기서, $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$ 를 자본회수계수(CR : Capital Recovery) 또는 정기지불(Periodic Payment)계수라고 한다.

만약 일정한 시점에서 발생하는 비반복 비용을 대등균일연간비용으로 환산하기 위하여는 먼저 비반복 비용을 현재가치로 환산하는 공식에 의해서 그 비용을 현재가치(P)로 환산하고, 이것을 다시 위에서 설명한 초년도 비용을 대등균일연간비용으로 환산하는 공식에 의해서 대등균일연간비용으로 환산하면 된다.

(4) 인플레이션과 특정 품목의 비용 상승

LCC 분석이 의미를 갖기 위해서는 물가 상승(inflation)과 특정 품목의 비용 상승(cost growth)을 고려하여야 한다. 인플레이션 경제에서는 인플레이션이 모든 대안의 비용에 영향을 미친다. 특히, 후에 발생하는 비용이 더 큰 비중을 가지고 있는 대안에 더욱 큰 영향을 미친다.[13)]

LCC 분석을 하기 위해서는 물가상승률을 고려하여 비용을 예측하여야 한다. 그러나, 물가상승률을 예측하는 것은 매우 어렵다. 따라서, 일정 시점의 가격으로 장래의 비용을 예측하는 방법, 즉, 실질가격으로 장래의 비용을 예측하는 방안을 사용할 수 있다. 이 경우에도 특정한 품목의 비용이 물가상승률보다 더 인상되었을 경우에는 이 비용 인상(differential escalation)은 고려해야 한다.

(5) 분석 기간

시설물 생애의 개념은 다음과 같이 3가지로 구분할 수 있는데, 이 가운데 경제 분석에서 유용한 개념은 경제적 생애 개념이다.

① 기술적 생애(technological life) : 이 개념은 시설물이 기술적인 문제로서 쓸모가 없었질 때까지를 시설물의 생애로 보는 개념

② 유용 생애(useful life) : 시설물의 성능이 확립된 성능 기준을 만족시킬 때까지를 생애로 보는 개념

③ 경제적 생애(economic life) : 시설물이 다른 대안에 비해서 경제적으로 가장 효율적인(가장 비용이 적게 드는) 방법으로 기능할 수 있는 때까지를 생애로 보는 개념

LCC 분석을 하기 위해서는 분석 기간을 어떻게 결정하여야 하는 것이 하나의 문제이다. 분석 기간은 발주자가 처해 있는 상황과 발주자의 정책, 목적, 관점 등을 고려하여야 하는 데, 다음과 같은 판단 기준이 있다.

---

13) 그런데, 특정한 품목의 비용 증가는 위와 같이 일률적으로 말할 수 없다. 예를 들면, 에너지 비용의 증가는 에너지 효율이 가장 낮은 대안에 가장 큰 영향을 미친다.

① 대안의 경제적 생애 : 고려하고 있는 대안의 경제적 생애가 동일한 경우에는 그 경제적 생애를 분석 기간으로 한다.

② 대안들의 경제적 생애의 배수 : 대안의 경제적 생애가 상이한 경우에는 그것들의 공배수를 분석기간으로 정한다.

③ 시설물의 기술적 생애(technological life) 또는 유용 생애(useful life)를 분석 기간으로 정하는 방법은 시설물의 전체 생애에 발생하는 비용을 고려한다는 장점이 있다. 그러나 다음에 설명하는 임무 생애(mission life)를 고려하지 못한다.

④ 임무 생애(mission life) : 시설물의 임무가 수행될 기간 즉, 발주자의 목적을 수행하는 기간까지를 분석 기간으로 정하는 방법이다. 예를 들면, 발주자가 어떤 시설물을 건축하여 판매하고자 하는 경우에는 분석기간이 짧고, 건축한 후에 임대하고자 하는 경우는 분석기간이 길어진다.

⑤ 임의 기간(arbitrary life) : 보통 시설물을 영구히 유지해야 되는 경우에는 분석기간을 임의로 정한다. 이 경우는 보통 25년에서 40년으로 분석 기간을 정하는 데, 그 이유는 25년이 지난 다음에 발생하는 비용은 LCC 분석에 별로 큰 영향을 미치지 않기 때문이다.

<그림 Ⅲ-1>은 할인율이 10%인 경우, 기간의 변화에 따라 1원의 현재가치의 변화를 나타낸 것이다. 매년 1원씩 비용이 발생하는 경우, 이것의 현재가치는 쌍곡선 아래의 면적이다. 따라서, 40년이 지난 다음에 지출되는 비용은 이 면적에 별로 영향을 미치지 않는다. 할인율이 높아지면, 25년만 지나도 이후에 발생하는 비용은 현재가치를 나타내는 면적에 별로 영향을 미치지 않는다.

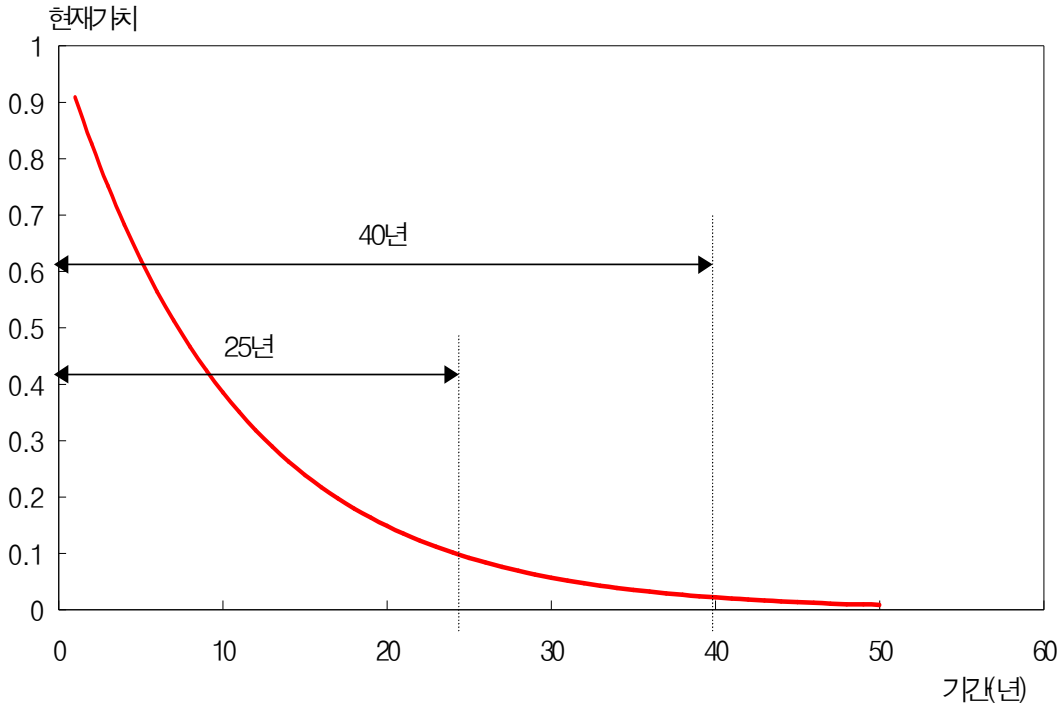
실제로 100년간 계속되는 매년의 코스트를 25년밖에 계속되지 않는다고 가정하고 현가(現價)를 계산하더라도 전체 현가의 91%는 파악되며, 40년 계속된다고 가정하고 계산하면 98%를 파악할 수 있다.[14](<그림 Ⅲ-1> 참조)

즉, 만약 건설구조물의 내구년수가 반영구적이라고 생각된다면, 주요 코스트를 파악하기 위한 목적을 위해서는 라이프사이클의 분석기간을 25년에서 40년으로 생각하면 충분하다.

14) 오차는 2%에 지나지 않는다.

<그림 Ⅲ-1> **기간변화에 따른 1원의 현재가치의 변화**

(할인율 10%인 경우)



(6) 불확실성의 문제

LCC 분석에서는 예측치를 사용하기 때문에 항상 불확실성(uncertainty)의 문제가 발생한다. 즉, 대안에 포함되는 품목의 수량[15]과 품목의 단가, 비용 발생 시점을 LCC 분석시에 정확히 알 수 없기 때문에 불확실성의 문제가 발생한다.

이와 같은 불확실성의 문제를 해결하는 방법은 신뢰지수 접근법(confidence index approach)과 민감도 접근법(sensitivity approach)이 있다. 신뢰지수 접근법이란 통계학의 검증 이론(testing theory)을 응용한 접근법으로서, 최적 추정치(best estimate)로 추정한 비용으로 비교했을 때, 최소 비용을 갖는 대안이 실질적으로 최소비용을 갖는 대안이 될 확률이 어느 정도인가라는 개념을 응용한 것이다. 민감도 접근법이란 어떤 비용 항목의 추정치가 변할 경우, 대안들의 LCC가 어떻게 변하는가를 응용한 접근법이다.

15) 예를 들어, 철근의 필요량 등.

나아가 불확실성을 분석할 때 중요한 것은 이론보다 기교이다. 설계자가 간편하게 이용할 수 있는 몇 가지 수법이 있는데, 이 가운데 고급 수법으로서 오퍼레이션 리써어치(operation research)와 델파이법(delphi techniques)이 불확실성을 다루는 실용적인 수법으로 발전해 왔다.

한편, 고객의 요구가 있다던가 혹은 대체안을 이해하기 위해 특별히 필요가 있을 때에는 기타의 경제성 분석기법을 라이프싸이클 분석에 사용할 수 있다. 예를 들면 회수기간을 산정해 본다거나, 대체안의 우열분기점 찾기, 대체안의 이익률과 차액투자이익율의 산정, 손익분기점 분석, 캐쉬플로우(cash-flow) 분석을 행하여 이익과 코스트를 평가할 수 있다.

(7) 비경제적 요소

LCC를 고려한 최소 비용의 대안이 항상 최적의 대안은 아니다. 경제적 요인 외에 시설물의 미적 요소(aesthetics), 안전 요소(safety), 확장가능성(expansion potential), 환경적 지속가능성(environmental sustainability) 등의 비경제적 요소를 고려하여 다시 검토하는 작업을 수행하여 최적의 대안을 선택하여야 한다.

민간부문에서는 비경제적 요소를 고려하는 것이 일반적이나, 공공부문에서는 각 대안의 비경제적 요소가 최소한의 기능과 기술적인 요구 조건을 충족시키면 비경제적 요인을 고려하지 않는 것이 일반적이다. 그러나, 공공부문에서도 2개의 대안의 LCC가 동일하거나, 불확실성의 정도가 커 명확하게 최적의 대안을 결정할 수 없을 시에는 비경제적 요소를 고려하여 최적의 대안을 선택한다.

비경제적 요인을 고려하는 방법은 가중평가법(weighted evaluation technique)을 사용한다. 가중평가법이란 비경제적 요소별로 각각의 대안에 대해서 점수를 주고[16], 각 요소들의 중요도에 따라 가중치를 부여하여 각 대안별로 가중치를 고려한 점수의 합계를 산출하여 점수가 높은 것을 최적 대안으로 선택하는 방법이다.

16) 예를 들면, excellent(5), very good(4), good(3), fair(2), poor(1).

3. 자재 및 설비의 LCC분석

전체 LCC 대체안을 비교·검토하는 경우에는 비용의 상대적 비교가 가능할 수 있기 때문에, 상세한 기초데이터이나 LCC를 산정하기 위한 특수한 조건을 필요로 하지 않는다. 그러나 특정한 자재 및 설비의 LCC를 보다 정확하게 검토할 경우에는 상세한 기초데이터가 필요하게 되며, LCC 산정을 위한 사전적인 조건 설정 등이 요구된다.

(1) 신뢰도와 내용년수

자재 및 설비의 수선 주기를 알아내기 위하여는 자재 및 설비의 내용년수(durable years)를 추정하여야 한다. 이하에서는 내용년수를 추정하는 방법에 대해서 설명하기로 한다.

1) 신뢰도의 분류

설비의 신뢰도(reliability)란 규정된 조건에 따라 사용하는 동안 성공적으로 성능을 발휘할 수 있는 확률이다.

고장율이 일정할 경우, 어떠한 자재 및 설비의 고장율(constant failure rate)을 λ, 시간을 t, 평균 고장 간격을 MTBF[17]라고 하면, 설비 또는 자재의 신뢰도 R(t)는

$$R(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{t}{MTBF}}$$

만약, 자재 및 설비의 내용년수를 T, 평균 운전간격을 2,700시간으로 하면

$R(t) = e^{-\frac{2700\,T}{MTBF}}$ 로 된다.[18]

---

17) Mean Time Between Failures.

18) 이하, 이와 관련된 상세한 내용은 Dhillon, B. S.의 Life Cycle Costing(1989)를 참조하기 바란다.

어떠한 형식의 노통연관보일러를 예로 들어 자재 및 설비의 MTBF(평균 고장간격)에 의거하여, 내용년수 T와 신뢰도 R(t)를 구해 보면, <표 Ⅲ-1>과 같이 된다.

<표 Ⅲ-1> **노통연관보일러의 평균 고장간격 및 신뢰도**

부위 명칭	T(년)	MTBF(h)	R(t)
보일러 본체	15	279,000	0.93244
프로텍트릴레이	5	31,750	0.65366
컨트롤모터	2	17,350	0.73256
압력제한기	4	138,600	0.92504
급수가감기	5	33,010	0.66435
버너 본체	10	69,120	0.67663
압력조정기	4	24,550	0.64411

자료 : 石塚義高, 建築經濟のすすめ、재단법인 경제조사회, 1994, p.264

<표 Ⅲ-1>을 보면, R(t)가 2개의 그룹으로 갈라져 있는 것을 알 수 있다. 보일러 본체와 같이 대부분 고정 부분의 구성재의 신뢰도는 보일러 본체와 압력 제한기의 평균을 하면, R(t) = 0.92874 = 0.9~0.95 정도가 된다.

그러나 버너 본체와 같이 가동 부분을 가진 구성재의 신뢰도는 버너본체, 프로텍트릴레이, 컨트롤모터, 급수가감기, 압력 조정기의 평균을 통하여 볼 때, R(t) = 0.67426 = 0.6~0.7 정도가 된다.

2) 고장율의 분류

고장율의 운전 누적시간에 의한 변화를 구하면, 설비기기의 경우 초기와 말기에 고장이 잦아지는 U자 형태의 커브(bathtub curve)를 그리는 것이 많고, 내용년수와의 관계에 대해서는 <그림 Ⅲ-2>와 같이 표현하는 것이 일반적이다. 노통연관보일러의 본체에서는 t_1=1년, t_2= 8~12년, t_3 = 13~15년 정도가 된다.

고장율은 일반적으로 다음과 같이 3개의 유형으로 구분할 수 있다.

① DFR형(Decreasing Failure Rate) : 고장율이 시간과 함께 감소하며, 초기 고장이 큰 빈도로 나타난다.

② CFR형(Constant Failure Rate) : 고장율이 시간적으로 일정하게 랜덤한 고장이 나타난다.

③ IFR형(Increasing Failure Rate) : 고장율이 시간과 함께 증가하며, 마모단계에서 고장이 집중하여 나타난다.

신뢰도의 운전누적 시간에 의한 변화를 구하면 <그림 Ⅲ-3>에 나타내었다.

<그림 Ⅲ-2> **고장률의 시간적 변화**

<그림 Ⅲ-3> **신뢰도의 시간적 변화**

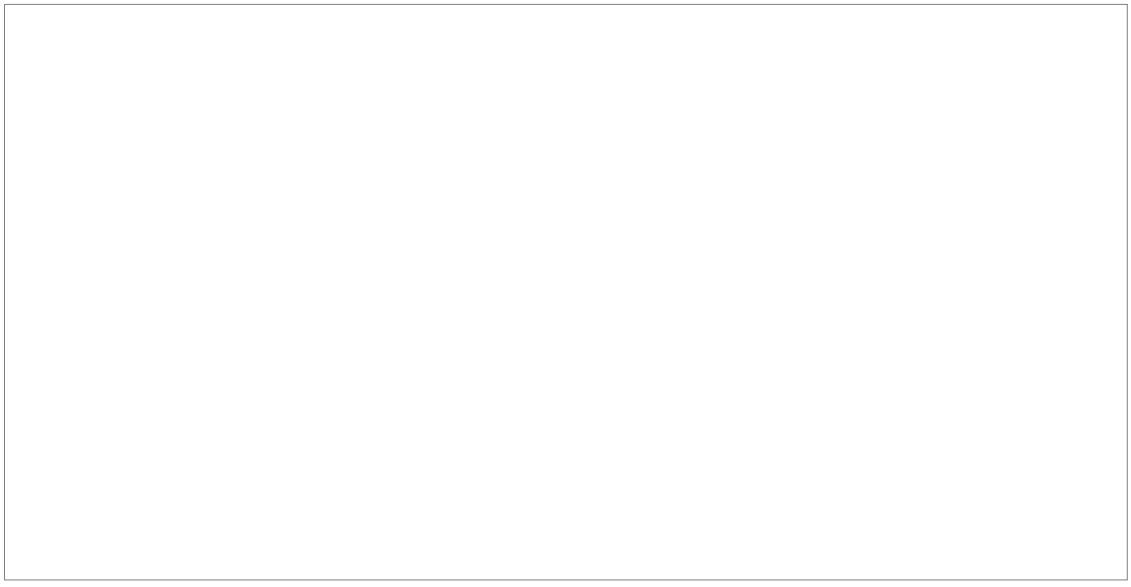
⑵ 기초 데이터

자재 및 설비의 수선 주기를 알기 위하여는 내용년수(durable years)를 알아야 한다. 내용년수를 계산해내는 첫 번째 방법은 평균 고장간격(MTBF)과 신뢰도 R(t)로부터 구하는 방법이다. 즉, 일정 수준의 신뢰도를 확보할 수 있는 기간을 그 설비의 내용년수로 보는 방법이다.

이 경우, 일정 수준의 신뢰도란 가동 부분이 거의 없는 단순한 자재 및 설비부분의 경우 0.9~0.95, 가동 부분이 있는 복잡한 자재 및 설비의 경우 0.6~0.7 정도로 하는 것이 적정하다고 할 수 있다.

또 다른 방식으로서 내용년수를 구하는 방법으로는 경제적으로 비용·편익분석(cost-benefit analysis)에 의해 산출하는 방식이 있다. 이는 수선 또는 경신이 이루어질 경우, 고액의 경비를 필요하게 되는 주요 부품의 내용년수를 가지고 자재 및 설비의 내용년수라고 한다. 이 경우, 어떤 부품이 주요 부품인가에 대해서는 경제 계산에서 확인할 필요가 있다. 내용년수과 유지보수의 관계는 일반적으로 <그림 Ⅲ-4>와 같다.

<그림 Ⅲ-4> **내용년수와 유지관리의 관계**



A : 양호한 보전을 실시하여 그 수준을 확보하는 경우(이른바 예방보전)

B : 어느 정도 양호한 보전을 실시하는 경우

C : 고장나면 수선한다고 하는 불량한 보전을 실시하는 경우(이른바 사후보전)

<그림 Ⅲ-4>에서 A, B, C 모두 보전·수선·경신에 대하여 소요 비용과 내용년수의 관계를 검토하는 것이 필요하다. 경제 계산에 의하면 일반적으로 양호한 예방보전을 실시하는 A가 바람직하고, C는 바람직하지 않은 것이 된다.

(3) 비용 산정을 위한 제조건

전체 LCC의 대체안을 비교·검토하는 경우에는 여기에서 기술하는 상세한 조건 설정이 필요하지 않다. 그러나 독립적인 하나의 자재 또는 설비의 계획안에 대하여 LCC를 검토할 경우에는 LCC를 산정하기 위한 상세한 조건 설정 등이 필요하게 된다.

건축물 혹은 시설구조물이 놓여있는 환경 조건, 사용 조건, 보전 내용 등은 천차만별이고, 이러한 조건에 의해 자재 및 설비의 LCC는 크게 변화할 수도 있다. 따라서, 시공을 위하여 설계도와 시방서가 있는 것과 마찬가지로 LCC를 산정하는 경우에도 그 조건을 정해 놓을 필요가 있다. 특히, 운용관리 비용은 LCC 중에서 가장 큰 비율을 차지하기 때문에, 상세한 조건이 부가될 필요가 있다.

그러한 비용 산정을 위한 전제 조건으로서 미리 정해 놓아야 하는 각 사항을 <표 Ⅲ-2>에 정리하였다.

<표 Ⅲ-2> **자재 및 설비의 LCC산정을 위한 제 조건**

대상 부재명			
항목 분류	세부 항목	주체	조 건
1. 건물 명칭		○	정부 ××청사 등
2. 소재지		○	서울특별시 ××구 ××동 등
3. 건물 규모		○	RC 지상 5층, 지하 1층, 옥탑 1층, 연면적 6,050m^2 등
4. 건물 용도		○	사무청사 등
4. 설치 위치		○	옥상 등
6. 사 양	용도	○	
	명칭 또는 형식	○	
	수량	○	
	지정규격 등	○	KS, 건축공사표준시방서, 도로공사표준시방서 등
	제어방식 등	○	직류제어, 비례제어, 공기제어, 전기착화방식 등
	기타	◉	부속기기, 부속장치 등
7. 성능 조건	초기성능	○	열출력, 압력, 열교환율, 속도 등
	성능	◉	사용기간중의 초기 성능에 대한 허용범위, 고장율 등
	기타	◉	사용 전력, 사용 수량(水量) 등
8. 사용 조건	옥내 환경	○	온습도, CO, CO_2 등
	옥외 환경	○	온습도, CO, CO_2, NO_2, SO_2, 염해도 등
	사용 조건	○	운전패턴, 운전시간 등
	기타	◉	
9. 시공 조건	인도 장소	○	
	반입 조건	○	반입로 조건, 양중 조건 등
	설치 공사	○	유무, 지도원 등의 필요 여부
	조정	○	측정, 계측 등의 종류 및 방법, 시운전
	예비품	◉	메인터넌스 서비스상 필요하다고 생각되는 것
	기타	◉	
10. 보전 조건	점검보수	●	기술적 내용과 주기
	수선·경신	●	내용과 시기 및 방법
	운전체제	●	운전 또는 취급자의 자격, 기술적 내용, 주의 사항 등
11. 보증 조건	내용성(內用性)	◉	내용년수 등
	부품 보급	◉	부품 보급 보증년수 등
	내공해성	◉	소음, 진동, 배기가스, 배수, 분진 등
	기타	◉	
12. 기타 특기 사항		◉	

주 : ○표는 발주자, ●표는 수주자, ◉표는 양자중 누군가가 각각 정한다.

Ⅳ. 외국의 LCC 분석의 역사 및 모델개발 사례

1. LCC 분석의 역사 및 적용 사례(미국의 예)[19]

LCC기법은 미국에서 개발된 것으로서, VE기법(Value Engineering : 가치 공학)으로부터 발전한 기법이다. 1960년대에 Life Cycle Costing이라는 용어가 처음 사용되기 시작하였고, 1964년에 국방성에서 '동일 기능의 최저 가격'이라는 원칙에 따라 항공기의 타이어 조달에 LCC계약을 시범적으로 적용하였다.

이어 1970년에는 국방성에서 「LCC Guide Book」이 발행되었고, 1973년에는 연방 조달청 공공 공급국(GSA·FSS : General Services Administration, Federal Supply Service)에서도 LCC가 도입되었다. 그 후, 연방정부의 각 부처 및 각 주의 정부에서 Life Cycle Cost 분석기법을 건축물의 영역에까지 확대해 오고 있다.

LCC분석에 관한 미국 정부의 첫 번째 보고서는 1933년 미연방 회계감사원장(Comptroller General of the United States) 명의로 발행되었다. 이 보고서는 트랙터 조달에 관하여 운용비(maintenance cost)를 포함한 총 비용으로 입찰가격을 결정하는 것을 권고하는 내용이다.

미국에서 LCC 분석에 대한 관심은 미연방 회계감사원(General Accounting Office)에서 1973년 LCC 조달에 관한 보고서를 발행함으로써 절정에 달했다.

국방성에서는 LCC 조달에 관한 3가지 지침서를 발간하였다. 1970년에 발간한 첫 번째 지침서(Life Cycle Costing Procurement Guide)는 특정한 품목[20]을 구매할 경우, 교체비용(replacement cost)을 고려해야 한다는 내용이다.

1971년에 두번째 지침서(Life Cycle Costing in Equipment Procurement Guide-Case Book)에서는 이러한 지침이 모든 중요한 품목으로 확대되었다. 그리고 1973년에 발간한 세번째 지침서(Life Cycle Costing Guide for System Acquisition)에는 LCC 분석의 절차를 규정하였다.

---

19) 이 부분은 Kirk, Stephen J. & Alphone J. Dell'isola의 The Life Cycle Costing for Design Professionals, 2nd Edition의 pp. 6-8 부분을 참고해서 정리한 것이다.

20) 예를 들면, 주택의 판자벽, 15-megaherts oscilloscope, 컴퓨터 등.

또한, 국방성은 1971년 주요한 방위시스템 구매에 LCC 분석을 위한 요구조건을 규정한 Department of Defence Directory 5000.1(Acquisition of Major Defence Systems)를 발행하였다.

시설물과 관련한 LCC 분석에 관한 미국 정부의 간행물은 미국 육군성의 엔지니어국(Department of the Army, Office of Chief of Engineers)에서 1971년에 발간하였다. 이 간행물에는 막사, 창고 등 34개 종류의 시설물에 관한 장기적인 경제 분석을 하는 일반 절차와 특정한 품목에 관한 특별 절차에 관한 내용이 포함되어 있다.

1972년 11월 미 연방 회계감사원장은 미 병원시설의 LCC에 관한 보고서 「보건 시설의 건축비용애 관한 연구(Study of Health Facilities Construction Cost)」를 발간하였다. Westinghouse 연구진들이 수행한 이 보고서에서는 병원을 건설하는 프로젝트를 기획하고 설계하는 경우에는 LCC 분석이 필수 불가결하다는 결론을 내리고 있다. 또한, 병원시설의 운용관리비(operation and maintenance cost)는 3년까지의 초기투자 비용과 같다는 것을 증명하고 있다.

이 보고서의 요청에 의하여 미연방 보건·교육·후생성(Department of Health, Education, and Welfare)에서는「병원시설의 건축과정의 평가(Evaluation of Health Facilities Building Process)」라는 보고서를 발간하였다. 이 보고서는 연방 기금의 보조를 받는 병원시설의 구매에 관한 절차를 평가하는 것이 목적인데, LCC 분석이 조달과정에 미치는 영향을 분석하는 것이 주된 목적이었다. 이와 같은 노력은 이 당시 미국 경제의 인플레이션의 영향과 빌딩과 시설의 기술이 고도화된 것에 영향을 받은 결과이다.

LCC 분석이 관심을 끈 또 하나의 이유는 1973년 석유파동의 영향이다. 미 연방 의회에서는 1975년 「에너지 정책과 보전에 관한 법률(Energy Policy and Conservation Act)」과 「에너지 보전과 생산에 관한 법률(Energy Conservation and Product)」을 제정하였는데, 이 법률들은 모두 장기적인 경제 분석의 필요성을 강조하고 있다.

또한, 주(state)차원에서는 플로리다 주가 첫 번째로 5,000평방피트(feet) 이상의 건물 설계의 판단 기준으로서 초기 비용, 에너지 비용, 운용비, 관리비용을 포함한 LCC 분석을 의무화하는 입법을 하였다. 또한, 플로리다주의 「교통 및 공공시설성(State Department of Transportation and Public Facilities)」에서는 공공시설의 LCC 개발을 의무화하여야 한다는 법률을 제정하였다.

한편, 일리노이주의 자본개발위원회(Capital Development Board)에서는 설계 대안의 개념(concept)을 마련하는 가치 공학에 LCC 분석을 의무화하였다(Life Cycle Cost Analysis Manual).

1977년 4월 「미건축가협회(American Institute of Architects)」에서는 추가적인 서비스로서 LCC를 제공하는 설계자와 엔지니어 컨설턴트를 위한 일련의 지침서를 발간하였다. 이 지침서에서는 LCC를 현재가치법과 대등균일연간비용법으로 환산하는 방법을 제시하고 있다. 또한, MASTERFORMAT라는 것을 제시하고 있는데, 이것은 필요한 데이터와 분석을 조직하는 매뉴얼로서 사용자가 모든 비용과 성능에 관한 데이터를 제공하게 되어 있고, 그 결과를 의사결정과 결합시키는 방법을 제시하고 있다.

1978년 9월 미국 연방정부는 「전국 에너지 보전정책에 관한 법률(National Energy Conservation Policy Act)」을 제정하였다. 이 법률에서는 신축하는 모든 연방정부 빌딩을 설계하는 경우에는 LCC 분석을 하여야 하고, LCC를 고려하여 가장 효율적인(LCC effective) 설계안을 선택하여야 하며, 기존의 빌딩도 에너지 효율을 높이는 조치를 취하여 LCC를 최소화해야 한다는 점을 규정하고 있다.

1980년 1월 23일 미국 연방 에너지성(Department of Energy)에서는 LCC 분석을 수행하는 방법과 절차를 정한 규정을 제정하였다. 이 규정에는 기존의 연방정부 빌딩에 대해서 빌딩체계(building system)를 에너지 절약형으로 대체할 경우의 효과를 추정·비교하는 방법이 포함되어 있고, 신축하는 연방정부 빌딩에 대해서 서로 상이한 에너지 이용 시스템을 포함하고 있는 설계안 중에서 가장 효율적인 대안을 선택하는 방법과 절차가 포함되어 있다.

한편, 1970년대 미 연방조달청(General Service Administration)에서는 효과적인 비용관리(cost management)와 LCC에 관한 몇 개의 기본적인 프로젝트를 수행하였다. 1975년 연방조달청은 「미건축가협회(American Institute of Architects)」의 MASTERCOST라는 것을 발전시켜, 초기 비용을 분석하는 UNIFORMAT를 발간하였다.

미 연방조달청은 시설물에 관한 2가지 LCC 시스템을 완성하였다. 첫 번째는 「라이프싸이클 기획 및 예산 모형(Life Cycle Planning and Budgeting Model)」인데, 이것은 1974년 서비스를 시작했다. 이 모형은 사용자의 공간 요구에 대한 리스안, 신축안, 개조안에 대해서 각각의 대안을 평가하기 위한 시스템이며, 미숙련자도 간단하게 부지면적,

기능, 요구를 입력할 수 있는 포괄적이고 자동적인 모형이다. 이것에 의해 연방 기준, 일련의 준공학적(quasi-engineering) 가정 및 그 외의 가정에 입각하여 건물의 윤곽(configuration)을 구성하고, 그 윤곽를 UNIFORMAT의 카테고리로 전환하여 자본비용, 유지비용, 운용비용을 계산해낸다. 두 번째 시스템은 LCC 개념을 이용한 독특한 입찰제도(unique bid package arrangement)로 구성된 시스템으로서 1975년에 완성되었다.

장비의 구매와 관련해서는 「연방조달청 공공공급국(General Services Administration, Federal Supply Service)」이 국방성에서 사용하고 있는 것과 유사한 LCC 구매 기법을 채용하였다. 전체적인 절차는 1977년 발간된 매뉴얼(Life Cycle Workbook: A Guide for the Implementation of Life Cycle Costing in the Federal Services)에 설명되어 있다.

2. LCC모델 개발 사례

(1) 전체 LCC의 추정 모델

1) 미연방 조달청 공공 공급국(GSA:FSS)[21]의 모델

미연방 조달청 공공 공급국에서 사용하는 LCC 분석기법은 FSS에서 취급하는 비수선 품목에 대하여 LCC를 산출할 수 있도록 1976년에서 1977년에 걸쳐 개발한 것이다.

설비의 수명 및 보수에 대하여 필요하다고 예상되는 사항을 계약자가 제출하도록 되어 있고, 수순과 설명문으로 구성되어 있다.

LCC는 취득가격(acquisition cost), 초기 설치비용(initial logistics cost), 반복비용(recurring cost)으로 구성되어 있고, LCC는 현재 가치(present worth)로서 산출한다. 반복비용을 계산하는 모형은 다음과 같다.

---

21) General Services Administration, Federal Supply service

RCL(고장수선 노무비용) $= \sum_{i=1}^{n} LT_i \times LR_i \times \%R_i$

LT_i : i번째의 보수 노무 시간

LR_i : i번째의 보수 노무비용

$\%R_i$: i번째의 보수 수선 점유율(%)

RCM(고장수선의 재료비용) $= \sum_{i=1}^{n} MCS_i \times \%R_i$

MCS_i : i번째의 보수 재료비용

TC(수송비용) $= W \times LRP \times MRP + ASR \times PW/UW \times (1-\%R)$

W : 중량

LRP : 표준적인 포장 및 상차의 노무비율

MRP : 표준적인 포장 및 상차의 재료비율

ASR : 평균적인 수송비용

PW : 포장한 중량

UW : 포장하지 않은 중량

PM(예방보전의 노무량(인·일)) $= \sum_{i=1}^{n} F_i \times R_i$

F_i : I번째의 예방보전의 노무량(인·일)

R_i : I번째의 예방 보전 횟수

N(고장율(필요수선횟수)) $= EU/MTBF$

EU : 설정 사용 시간

$MTBF$: 평균 고장 간격(Mean Time Between Failures)

2) 미연방 조달청 공공건축국(GSA:PBS)의 모델

미연방 조달청 공공 건축국의 Life Cycle Costing System은 연방정부의 각 기관의 사무실 요구를 만족시키기 위하여 사무실 공급에 있어서의 총 코스트를 평가하기 위한 System Process로서 1975년부터 1976년에 걸쳐 개발되었다.

이 시스템은 수순, 코스트모델, 데이터폼 등으로 구성되고, 건축물의 라이프사이클코스트를 컴퓨터로 계산할 수 있도록 한 것이다. 모델식은 다음과 같으며, 코스트는 현재가치 또는 대등균일연간비용으로 산출한다.

$$EUAC = FR \times [\sum_{j=1}^{n} Ci_j \times Fp_j + \sum_{j=1}^{n} Fp_j (CR_j + Co_j \times Io_j = Cm_j) + S \times Fp]$$

$EUAC$: 대등균일 연간비용
FR : 자본회수계수 ($i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1]$)
i : 할인율
n : 설정수명
Ci_j : j년차의 기획·설계·건설단계의 초기 코스트
Fp_j : j년차의 현재가치율 ($1/(1+i)^j$)
$\sum_{j=1}^{n}$: 사용개시를 1로 하여 건축물의 설정수명 n년까지의 j에 의한 계
CR_j : j년차의 건축물의 설정수명내의 수선비·개선비(기준년 환산)
Co_j : j년차의 연간유지비(기준년 환산)
Io_j : 연방금리보다 금리가 높게되는 경우에 j년차의 코스트를 조정하는 차분상승율
Cm_j : 기준년으로 환산한 j년차의 연간 유지비
S : 건축물의 설정 수명 종말기에서의 건축물과 부지의 폐기 또는 잔존가치

(2) 자재·설비의 LCC 추정 모델

1) I. Turiel의 모델

I. Turiel 등은 기기류(appliances)의 라이프사이클코스트를 추정하기 위한 모델을 개발하였는데,[22] 어떠한 기기의 라이프사이클코스트는 다음과 같이 표현된다.

$$L_{CCA} = ACA + \sum_{j=1}^{LY} CEN_j [\frac{FC(1+R_f)^j}{(1+i)^j}]$$

L_{CCA} : 기기의 라이프사이클코스트
LY : 기기의 내용수명(useful life, 년)
i : 할인율(%)
ACA : 기기의 취득코스트(달러)
CEN_j : j년차의 에너지소비(백만BTUs)
R_f : 연료의 연간 에스컬레이션율(%)
FC : 연간 연료 코스트(달러/백만BTUs)

22) I. Turiel, H. Estrada, M. Levine, Life Cycle Cost Analysis of Major Appliances, Energy, Vol. 6, 1981, pp.945-970. 이 모델은 냉동기, 전기드라이어, 온수기, 공기조화기, 레인지(ranges), 오븐(ovens), 냉장고, 가스드라이어 등의 기기류의 라이프사이클코스트를 추정하는데 사용될 수 있다.

기기의 내용년수 동안 매년의 에너지소비 CEN_j, 연료의 에스컬레이션율 R_f 가 일정하다면, 위의 식은 다음과 같이 간략화할 수 있다.

$$L_{CCA} = ACA + (CEN)(FC)\sum_{j=1}^{LY}\left[\frac{(1+R_f)}{(1+i)}\right]^j$$

2) E. Andrew의 모델

이 LCC 모델은 비행기의 기대(機隊)에 대하여 항공전자공학(avionics) 시스템의 적합성을 고려하여 개선하는 것과 관련된 모델이다.[23] LCC는 다음과 같다.

$$L_{cc} = \left[\sum_{j=1}^{k}(CSR_j + CM_j)\right] + CHP + RFC$$

여기서

L_{cc} : 라이프사이클코스트
CM_j : j년차의 운용관리와 관련된 비용
CHP : 하드웨어의 조달 비용
CSR_j : j년차의 예비품(spares)의 개체와 관련된 비용
k : 라이프사이클 년수
RFC : 개선 비용(retrofit cost)[24]

만약 개선을 위하여 재설비하는 모든 항공전자장비(avionic retrofit equipment)가 라인대체유닛(line-replaceable units)으로 구성되었다면, 예비품코스트(spares cost)는 다음 관계로부터 추정할 수가 있다.

$$CSR = \sum_{j=1}^{m} F_j EOH_j A$$

$$A = \sum_{p=1}^{M}\left[\frac{(1-AM_p)Q_p FL_p CL_p}{TBMA_p}\right]$$

---

23) E. Andrew, et al, Microwave Landing System Integration Study, Report No. GSE-SE-74-1, 1974, Air Force Institute of Technology, Wright Patterson Air Force Base,
Ohio. T. L. Regulinski, Y. P. Gupta, Reliability Cost Estimation : Managerial Perspectives, IEEE Transactions on Reliability, Vol. 32, 1983, pp.276-281

24) 이 비용에는 검사(inspection), 가설(installation), 엔지니어링(engineering), 시험(testing), 설계도안(drafting) 등의 비용요소가 속하는 것으로 가정할 수 있다.

여기서

$TBMA_p$: 유지관리행위 사이의 라인대체유닛(LRU) p의 평균 가동시간(=유지관리주기)
CL_p : p번째 LRU 단위 코스트
m : 라이프사이클 년수
M : 시스템에서 라인대체유닛의 량
AM_p : 라인대체유닛 p가 수리될 수 있는 유지관리행위의 기대율
EOH_j : j년도의 예상 가동시간
FL_p : 라인대체유닛을 수리하는 것이 불가능하게 되는 고장율
Q_p : 시스템에서 p번째 LRU의 갯수
F_j : j년도의 할인율

다음 산식은 운용관리비(maintenance cost)를 추정하는데 사용될 수 있다.[25]

$$CM = \sum_{j=1}^{m} F_j EOH_j B$$

$$B = \sum_{p=1}^{M} Z_p [OW_p((CL_p)(OWF_p)+(OT_p)(R_{ow}))+B_p]$$

$$B_p = [(MC_p)(CL_p)+(MT_p)(R_m)]MF_p$$

$$Z_p = \frac{(1-AM_p)Q_p}{TBMA_p}$$

여기서

MF_p : 라인대체유닛 p를 수리한 제조자의 숙련도
R_m : 제조자의 평균노동율(dollars/man-hours)
R_{ow} : 사용자의 평균노동율(dollars/man-hours)
OW_p : 라인대체유닛 p를 수리한 사용자의 숙련도
OWF_p : 사용자가 부담하는 유지관리 행위마다의 재료코스트[26]
MT_p : 라인대체유닛 p를 수리하는데 부과되는 제조자의 평균 man-hours
MC_p : 제조자가 부담하는 유지관리행위 마다의 재료코스트[12]
OT_p : 라인대체유닛 p를 수리하는데 부과되는 사용자의 평균 man-hours

25) 이 모델과 연계된 가정(assumptions)은 각주 23의 문헌을 참조하기 바란다.
26) 이 코스트는 라인대체유닛 p와 연관된 단위 코스트의 비율로서 주어진다.

3) V. Ganapathy의 모델

V. Ganapathy는 전기모터의 LCC를 추정하는 모델을 개발하였는데,[27] LCC는 다음과 같이 표현된다.

L_{mcc}(모터의 라이프사이클코스트)= $MAC+MOC$

MAC : 모터의 취득코스트

MOC : 모터의 가동 코스트

위 산식에서 모터의 운용관리비는 무시해도 좋은 것으로 가정한다. j년차의 모터의 가동코스트의 현재가치, 즉 MOC_j는 다음과 같다.

$$PW_j = MOC_j[\frac{1}{1+i}]^j$$

PW_j : MOC_j의 현재가치

i : 할인율

만약 모터의 가동년수(operational life)가 n년이라고 하면, 모터의 총 가동코스트의 현재가치는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$TPW = MOC_1(\frac{1}{1+i})+MOC_2(\frac{1}{1+i})^2+MOC_3(\frac{1}{1+i})^3+\cdots+MOC_n(\frac{1}{1+i})^n$$

TPW : 모터의 총 가동코스트의 현재가치

MOC_j : j년차의 모터의 가동코스트, j=1, 2, 3,····

만약, 모터의 가동코스트 MOC_j가 모터의 생애동안 크게 변하지 않는다고 가정하고, 일정한 에스컬레이션율을 고려할 경우, 총 가동코스트의 현재가치는 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$TPW = MOC[(\frac{1+ESF}{1+i})+(\frac{1+ESF}{1+i})^2+(\frac{1+ESF}{1+i})^3+\cdots+(\frac{1+ESF}{1+i})^n]$$

---

27) V. Ganapathy, Life Cycle Costing Applied to Motor Selection, Process Engineering, July 1983, pp.51-52

여기서

$MOC = MOC_1 = MOC_2 = \cdots = MOC_n$: 모터의 가동코스트

ESF : 에스컬레이션율

위의 식을 간단히 하면

$$TPW = (MOC)P[\frac{1-P^n}{1-P}]$$

여기서 $P = (\frac{1+ESF}{1+i})$

한편, 매년의 모터의 가동코스트(MOC)는 아래의 관계식으로부터 추정할 수 있다.

$$MOC = \frac{(THY)(hp)(0.746)(CE)}{(EF)(1,000)}$$

여기서

THY : 1년 동안의 모터의 가동시간
hp : 모터의 크기(마력)
CE : 전기비용(달러/MWh)
EF : 모터의 효율
MOC : 연간 모터의 가동코스트(달러)

V. LCC 분석의 예

1. LCC 산정방식의 요약

LCC의 구성요소인 기획·설계비, 건설비, 운용관리비, 폐기처분비 등의 각 비용은 지불해야 하는 시기가 상이하기 때문에, 이것을 총합적으로 평가하려면, 할인율로 조정을 행하여 공통적인 척도로 측정할 필요가 있다.[28] 그 이론적 사항은 앞서 Ⅲ장에서 살펴보았는데, 간략하게 정리하면, 다음과 같다.

① 반복 비용(recurring cost)의 현재가치 산정

매년 동일하게 반복하는 반복 비용이 A, 할인율이 i, 분석기간이 n이면, 이 반복비용의 현재가치(P)는 다음과 같이 산정한다.

$P = A \times F_{pwa}$,

여기서 F_{pwa}: 연금현가계수$(= \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n})$ i: 할인율

② 비반복 비용(nonrecurring cost)의 현재가치 산정

초년도 비용(initial cost)은 이미 현재가치로 표시되어 있다. 계약 또는 구입후 n년째에 발생하여 지불해야 하는 비용(F_n)를 계약 또는 구입시점에서의 비용로 변환하여 일괄하여 지불하는 비용(P_n)으로 하면

$P_n = F_n \times F_{pw}$,

여기서 F_{pw} : 현가계수$(= \frac{1}{(1+i)^n})$, i : 할인율

28) 또한, 내용년수 또는 사용년수가 다른 것을 비교·검토하는 경우에도 마찬가지로서 공통적인 척도로 측정할 필요가 있다.

③ 대등균일연간비용의 산정

구성재의 사용 년수를 T년으로 하고, 계약 또는 구입한 시점의 현재가치로 변환된 각 비용의 합계를 T년 사이에 매년 균등하게 배분하여 지불하는 것으로 하면, 이것을 대등균일 연간비용이라 하고, A_n으로 나타내면

$$A_n = (C_o + \sum_{n=1}^{T} P_n + S \times F_{pw}) \times F_{cr}$$

C_o : 기획·설계비, 건설비의 합계

S : 사용년수 말기에서의 폐기처분비 또는 잔존가치

F_{cr} : 자본회수계수(= $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$)

2. 건축물 전체 LCC의 산정 예

(1) 현재가치 및 대등균일연간비용의 산정

여기서는 할인율 6%, 물가변동율 5%로 가정한 상태에서, 어느 특정한 건축물을 대상으로 현재가치법 및 대등균일연간비용법에 의하여 LCC를 산출하는 방식에 대해서 살펴본다. 여기서 경과년수의 기산점은 건축물의 1회 완성년도로 하였다.

먼저 <표 V-1>은 어느 특정한 건축물을 대상으로 LCC를 산정함에 있어 전제가 되는 비용 조건을 나타낸 것이다. <표 V-2>는 <표 V-1>의 전제조건에 의거, 경년 △2년부터 60년까지의 LCC를 현재가치 및 대등균일연간비용(equivalent uniform annual cost)으로 산출한 결과를 예시한 것이다.[29]

29) 현재가치 누계에서는 사용년수가 길게 되는 만큼 고액의 현재가치를 갖게 되어 비교가 어려워지기 때문에, 사용년수의 장단의 영향을 직접 받는 것을 피할 수 있도록 대등균일연간비용(equivalent uniform annual cost)을 산정해 본 것이다.

<표 V-1> **코스트 산정의 전제조건**

구 분	전제 조건	구 분		전제 조건
할인율	6%	운용관리 코스트	1~5년	1,169백만원
물가변동율	5%		6~10년	1,288백만원
기획·설계비	696백만원		11~15년	1,309백만원
건설비	17,069백만원		16~20년	1,434백만원
가설구조물(1년차)	2,861백만원		21~15년	1,490백만원
폐기처분비(1년차)	505백만원		26~30년	1,752백만원
운용관리비(1,2년차)	600백만원		31~35년	1,687백만원
			36~40년	1,552백만원
			41~45년	1,562백만원
			46~50년	1,378백만원
			51~55년	1,382백만원
			56~60년	1,204백만원

LCC의 산출 과정을 요약하면, 다음과 같다.

① 기획·설계 비용은 경과년수 기산점의 2년전에 행해지는 것으로 한다. 기획·설계 비용은 696백만원÷1.05÷1.05 = 483백만원이며, <표 V-2>에서는 △2년도에 게재하고 있다. 여기서 1.05는 물가변동율을 의미한다.

② 건설비용은 경과년수 기산점의 1년 전에 40%가 실시되고, 기산점이 되는 해에 나머지 60%가 실시되는 것으로 한다. 따라서 다음과 같이 산정하여 <표 V-2>의 △1년과 0년에 게재하였다.

17,069백만원 × 0.4÷1.05 = 8,074백만원

17,069백만원 × 0.6 = 10,241백만원

③ 운용관리 비용은 경과년수 기산점으로부터 1년째부터 행해지는 것으로 한다.

1년차 : 1,169백만원 × 1.05 = 1,403백만원

2년차 : 1,169백만원 × 1.05 × 1.05 = 1,683백만원

3년차 : 1,169백만원 × 1.05 × 1.05 × 1.05 = 2,020백만원이며, 4년차 이후도 마찬가지로 산정하여 <표 V-2>에 게재하였다.

<표 V-2> **현재가치와 대등균일연간비용의 산정 예**

(단위 : 백만원)

년수	기획 설계비	건설비	운용 관리비	폐기 처분비	계	현가 계수	현재 가치	현가 누계	자본회수 계수	대등균일 연간비용
-2	631				631	1.124	709	709		
-1		9,227	571	505	10,304	1.060	10,922	11,631		
0		10,241	600		10,841	1.000	10,841	22,472		
1			1,227		1,227	0.943	1,158	23,630	1.060	25,048
2			1,289		1,289	0.890	1,147	24,777	0.545	13,514
3			1,353		1,353	0.840	1,136	25,913	0.374	9,694
4			1,421		1,421	0.792	1,125	27,038	0.289	7,803
5			1,492		1,492	0.747	1,115	28,153	0.237	6,684
6			1,726		1,726	0.705	1,216	29,370	0.203	5,973
7			1,812		1,812	0.665	1,205	30,575	0.179	5,477
8			1,902		1,902	0.627	1,194	31,768	0.161	5,116
9			1,997		1,997	0.592	1,182	32,951	0.147	4,844
10			2,097		2,097	0.558	1,171	34,122	0.136	4,636
11			2,239		2,239	0.527	1,180	35,301	0.127	4,476
12			2,351		2,351	0.497	1,169	36,470	0.119	4,350
13			2,469		2,469	0.469	1,157	37,627	0.113	4,250
14			2,592		2,592	0.442	1,146	38,774	0.108	4,171
15			2,722		2,722	0.417	1,136	39,909	0.103	4,109
16			3,130		3,130	0.394	1,232	41,141	0.099	4,071
17			3,287		3,287	0.371	1,221	42,362	0.095	4,043
18			3,451		3,451	0.350	1,209	43,571	0.092	4,024
19			3,624		3,624	0.331	1,198	44,769	0.090	4,012
20			3,805		3,805	0.312	1,186	45,955	0.087	4,006
21			4,152		4,152	0.294	1,222	47,177	0.085	4,010
22			4,360		4,360	0.278	1,210	48,386	0.083	4,018
23			4,578		4,578	0.262	1,198	49,585	0.081	4,030
24			4,807		4,807	0.247	1,187	50,772	0.080	4,046
25			5,047		5,047	0.233	1,176	51,948	0.078	4,064
26			6,230		6,230	0.220	1,369	53,317	0.077	4,100
27			6,541		6,541	0.207	1,357	54,674	0.076	4,139
28			6,868		6,868	0.196	1,343	56,017	0.075	4,178
29			7,211		7,211	0.185	1,331	57,349	0.074	4,220
30			7,572		7,572	0.174	1,318	58,667	0.073	4,262
31			7,657		7,657	0.164	1,258	59,925	0.072	4,302
32			8,039		8,039	0.155	1,246	61,171	0.071	4,343
33			8,441		8,441	0.146	1,234	62,405	0.070	4,385
34			8,863		8,863	0.138	1,222	63,627	0.070	4,428
35			9,307		9,307	0.130	1,211	64,838	0.069	4,472
36			8,987		8,987	0.123	1,103	65,941	0.068	4,510
37			9,436		9,436	0.116	1,093	67,034	0.068	4,549
38			9,908		9,908	0.109	1,082	68,115	0.067	4,588
39			10,403		10,403	0.103	1,073	69,188	0.067	4,628
40			10,923		10,923	0.097	1,062	70,250	0.066	4,669
41			11,549		11,549	0.092	1,059	71,309	0.066	4,711
42			12,127		12,127	0.087	1,049	72,358	0.066	4,752
43			12,733		12,733	0.082	1,039	73,397	0.065	4,795
44			13,370		13,370	0.077	1,029	74,426	0.065	4,838
45			14,038		14,038	0.073	1,021	75,447	0.065	4,881
46			12,997		12,997	0.069	890	76,337	0.064	4,917
47			13,646		13,646	0.065	883	77,220	0.064	4,954
48			14,329		14,329	0.061	874	78,094	0.064	4,990
49			15,045		15,045	0.058	865	78,959	0.064	5,027
50			15,797		15,797	0.054	858	79,817	0.063	5,064
51			16,645		16,645	0.051	852	80,669	0.063	5,102
52			17,477		17,477	0.048	844	81,513	0.063	5,139
53			18,351		18,351	0.046	837	82,350	0.063	5,177
54			19,269		19,269	0.043	829	83,179	0.063	5,215
55			20,232		20,232	0.041	821	84,000	0.063	5,253
56			18,496		18,496	0.038	708	84,709	0.062	5,285
57			19,421		19,421	0.036	701	85,410	0.062	5,317
58			20,392		20,392	0.034	695	86,105	0.062	5,349
59			21,412		21,412	0.032	687	86,792	0.062	5,380
60			22,482		22,482	0.030	681	87,474	0.062	5,413

⑵ 할인율 및 물가변동률에 따른 대등균일연간비용의 경년 비교

(1)절에서 어느 특정한 건축물을 대상으로 할인율을 6%, 물가변동율을 5%로 가정한 상태에서 현재가치 및 대등균일연간비용을 산출해 보았다. 여기서는 동일한 조건하에서 할인율과 물가변동율이 변화될 경우, 대등균일연간비용의 경년 비교에 대하여 살펴 본다. 할인율은 6%와 10%의 두 가지 조건을 두었고, 물가변동율은 0, 5, 10, 15, 20%의 5단계로 구분하였다.

1) 할인율이 상대적으로 낮은 경우(6%)

<그림 Ⅴ-1>은 할인율이 6% 정도로서 상대적으로 낮은 경우를 가정한 상태에서, 대등균일연간비용의 경년 변화를 나타낸 것이다.

① 물가변동율이 매우 낮은 경우 : 대등균일연간비용은 사용년수의 경과와 함께 저하하고, 건축물 각부의 물리적 손모나 기능적 손모에 의한 영향을 별도로 할 때, 건축물을 장기간 사용할 수록 경제적이 된다.

② 물가변동율이 5% 정도로 비교적 낮은 경우 : 대등균일연간비용이 극소가 되는 Ts가 경년의 18년 전후에 존재하고, 그 후로는 대등균일연간비용이 약간 상승하지만, 현재가치 누계의 계산결과로 볼 때, 장기간 사용이 경제적이라고 할 수 있다.

③ 물가변동율이 10% 정도로 비교적 높은 경우 : 대등균일연간비용이 극소가 되는 Ts가 경년의 12년 전후에 존재하고, 그 후로는 대등균일연간비용의 상승이 현저하고, 건축물을 장기간 사용하는 것은 경제적이 아니다. 그렇지만 개·보수를 하는 경우에는 별도 비용이 소요되기 때문에 그것을 포함시켜 총합적으로 검토할 필요가 있다.

④ 물가변동율이 15% 이상인 경우 : 물가변동율이 15% 정도인 경우에는 대등균일연간비용이 극소가 되는 Ts가 경년의 9년 전후에 존재하고, 물가변동율이 20%인 경우에는 Ts 가 경년의 8년 전후에 존재한다. 그 후로는 대등균일연간비용이 현저하게 상승하기 때문에, 건축물을 장기간 사용하는 것은 경제적이 아니다.

2) 할인율이 상대적으로 높은 경우(10%)

<그림 Ⅴ-2>는 할인율이 10% 정도로서 상대적으로 높을 경우의 대등균일연간비용의 경년 변화를 나타낸 것이다.

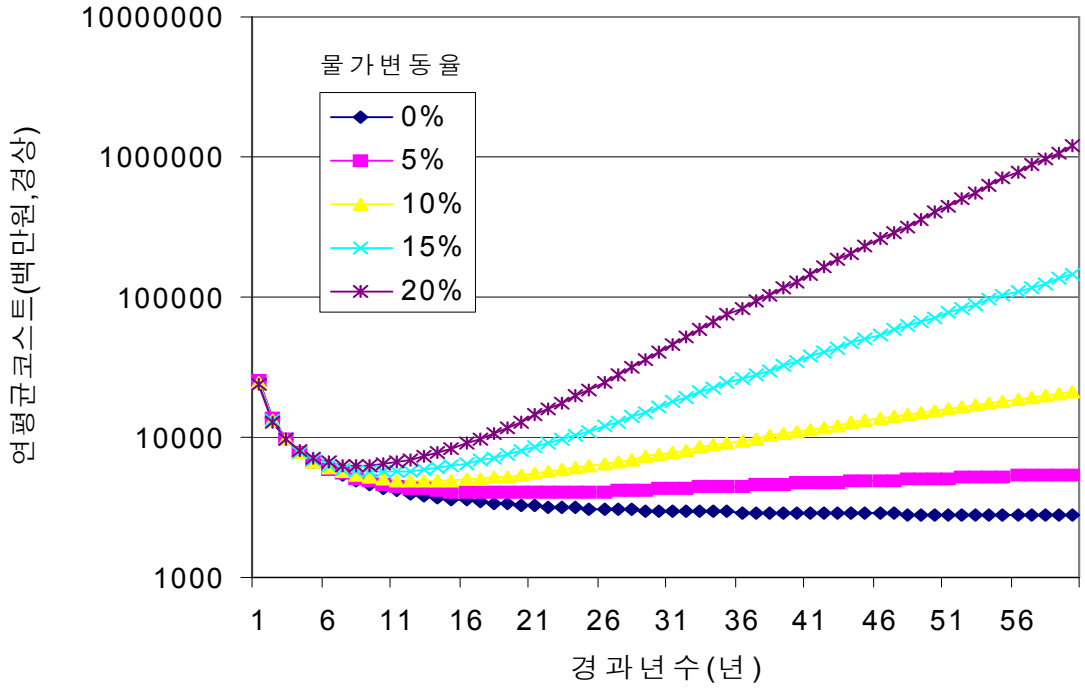
① 물가변동율이 매우 낮은 경우 : 대등균일연간비용은 사용년수의 경과와 함께 낮아지고, 건축물 각부의 물리적 손모나 기능적 손모에 의한 영향은 별도로 할 경우, 건축물을 장기간 사용할 수록 경제적이 된다.

② 물가변동율이 5% 정도로 비교적 낮은 경우 : 대등균일연간비용이 극소가 되는 Ts가 경년의 20년 전후에 존재하고, 그 후의 경년에서는 대등균일연간비용의 상승이 거의 없기 때문에 현재가치 누계의 계산결과로 볼 때, 건축물을 장기간 사용하는 것은 경제적이라고 할 수 있다.

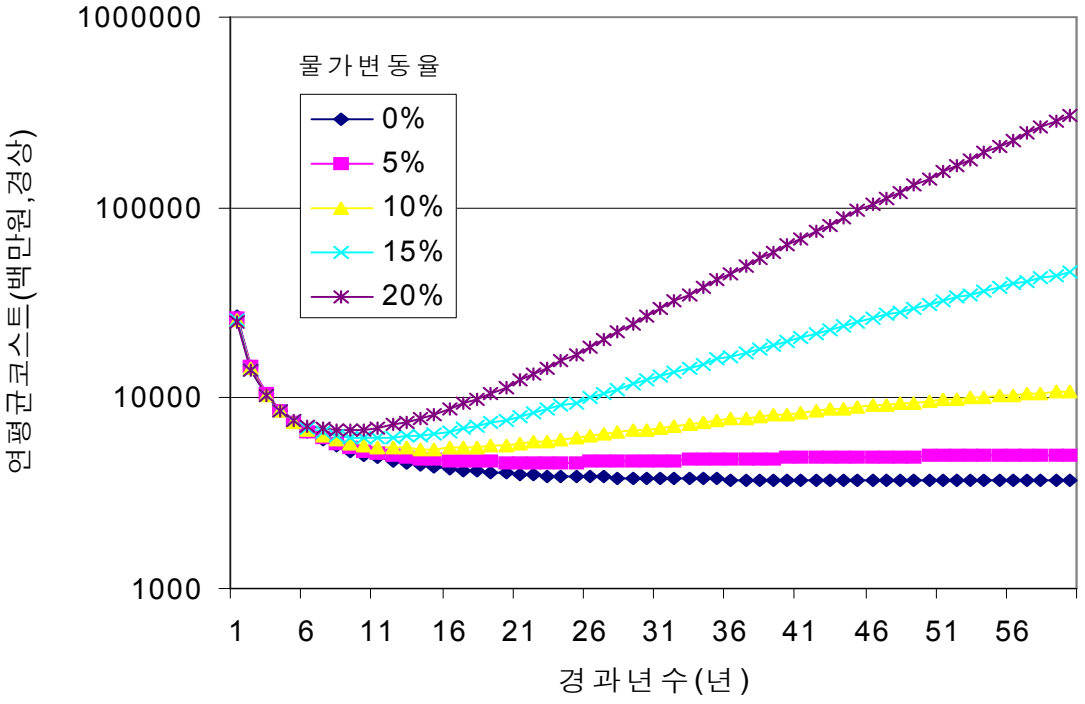
③ 물가변동율이 10% 정도로 비교적 높은 경우 : 대등균일연간비용의 극소가 되는 Ts가 경년의 13년 전후에 존재하고, 그 후의 경년에서는 어느 정도 대등균일연간비용이 상승하게 된다. 이 경우는 할인율과 물가변동율이 동율이며, 현재가치 누계가 높게 되지 않기 때문에 초장기를 별도로 할 때, 건축물을 장기간 사용하는 것이 경제적이 된다.

④ 물가변동율이 15% 이상인 경우 : 물가변동율이 15%인 경우에는 대등균일연간비용이 극소가 되는 Ts가 경년의 10년 전후에 존재하고, 물가변동율이 20% 정도로서 높은 경우에는 Ts가 경년의 9년 전후에 존재한다. 그 후의 경년에서는 대등균일연간비용이 현저하게 상승하고, 따라서 건축물을 장기간 사용하는 것은 경제적이 아니다.

<그림 V-1> 경년별 대등균일연간비용(할인율 6%의 경우)



<그림 V-2> 경년별 대등균일연간비용(할인율이 10%인 경우)



3. 자재·설비의 LCC 산정 예

(1) 현재가치법의 적용 예

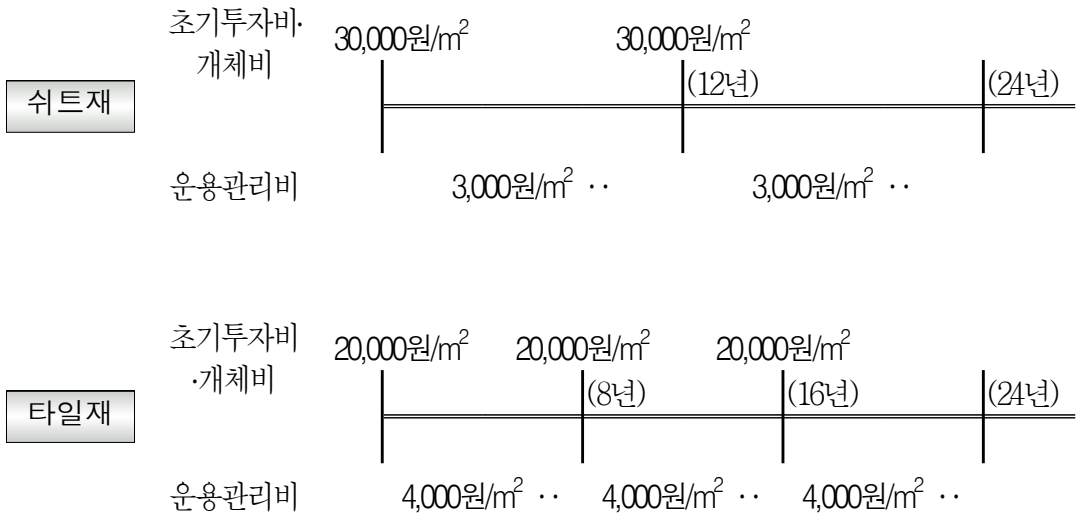
1) 인플레이션을 무시한 경우

여기서는 라이프싸이클 년수가 24년이고, 연리를 10%로 가정한 상태에서, 쉬트재와 타일재 2종류의 합성수지 바닥재의 LCC를 비교·검토하고자 한다. 먼저 인플레이션을 무시한 경우를 살펴본다. 2종류의 합성수지 바닥재의 LCC 분석 조건은 <표 V-3>과 같다. 따라서 24년간에 걸쳐 필요한 비용의 지출은 <그림 V-3>과 같이 나타낼 수 있다.

<표 V-3> **합성수지 바닥재의 종류별 LCC조건 비교**

	쉬트재	타일재
초기 투자액 및 개체비	30,000원/m^2	20,000원/m^2
운용관리비(매년)	3,000원/m^2	4,000원/m^2
내용 년수	12년	6년

<그림 V-3> **쉬트재와 타일재의 경년지출 비교**



24년간에 걸쳐 쉬트재와 타일재의 1m^{2}당 코스트를 계산해 보면, 다음과 같다. 우선 쉬트재의 반복코스트(운용관리비)는 매년 3,000원씩 24년간에 걸쳐 비용이 소요되므로 연금현가계수를 사용해 현재가치(이하 현가라고 한다)로 고칠 수 있다. 즉

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

$$= ₩3,000 \times \frac{(1+0.1)^{24}-1}{0.1(1+0.1)^{24}}$$

$$= ₩3,000 \times 8.9847 = ₩26,954$$

다음으로 쉬트재의 비반복코스트(합성수지 바닥재를 교체하는 비용)를 현가로 고친다. 초년도의 비용 30,000원은 현가 자체이므로 환산할 필요가 없다. 12년후의 교체비용은 현가계수를 사용하여 현가로 고칠 필요가 있다. 즉,

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

$$= ₩30,000 \times \frac{1}{(1+0.1)^{12}}$$

$$= ₩30,000 \times 0.3186 = ₩9,558$$

위에서 쉬트재의 모든 현가를 알았기 때문에, 쉬트재의 라이프사이클코스트의 합계인 TP_{sheet}를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$TP_{sheet} = ₩26,594 + ₩30,000 + ₩9,558 = ₩66,152$$

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

$$P_{tile} = ₩4,000 \times \frac{(1+0.1)^{24}-1}{0.1(1+0.1)^{24}} = ₩4,000 \times 8.9847 = ₩35,939$$

비반복 코스트는 초기설치비 이외에, 8년후의 교체비용, 16년후의 교체비용이 필요한데, 이를 각각 $P_{tile(0)}$, $P_{tile}(8)$, $P_{tile}(16)$ 으로 정의하고, 다음과 같이 계산할 수 있다.

$P_{tile}(0)$ = ₩20,000

$P_{tile}(8)$ = ₩20,000 × $\frac{1}{(1+0.1)^8}$ = ₩20,000 × 0.4665 = ₩9,330

$P_{tile}(16)$ = ₩20,000 × $\frac{1}{(1+0.1)^{16}}$ = ₩20,000 × 0.2176 = ₩4,352

따라서 타일재의 라이프사이클코스트의 현가 합계 TP_{tile}는 다음과 같다.

TP_{tile} = ₩35,939 + ₩20,000 + ₩9,330 + ₩4,532 = ₩69,621

위에서 계산한 바와 같이 2종의 합성수지바닥재의 현가의 합계를 비교하면, 쉬트재는 라이프사이클코스트가 6만 6,152원/m^2, 타일재는 6만 9,621원/m^2로서 쉬트재 쪽이 라이프사이클코스트 측면에서 유리하다는 것을 알 수 있다.

2) 특정 품목의 에스컬레이션만을 고려한 경우

다음으로 운용관리비가 매년 2%의 에스컬레이션율로 상승한다고 가정한 상태에서 라이프싸이클코스트를 계산해 본다. 운용관리비 이외의 비용 상승은 무시하고, 교체비용은 당초의 비용과 같다고 본다. 운용관리비를 현가 P로 나타내면

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

단, A : 연간 운용관리비(원/m^2)

e : 에스컬레이션율

i : 할인율

n : 내구년수

위 식에 $e = 0.02$, $i = 0.1$, $n = 24$를 대입하여 연금현가계수를 계산하면, $P = A \times 10.668$로 된다. 따라서 쉬트재의 운용관리비의 현가 P_{sheet}와 타일재의 운용관리비의 현가 P_{tile}는 다음과 같이 계산할 수 있다.

P_{sheet} = ₩3,000 × 10.668 = ₩32,004

P_{tile} = ₩4,000 × 10.668 = ₩42,672

합성수지 바닥재의 교체 비용은 앞에서 구한 값과 동일하므로 매년 2%의 인플레이션율을 상정한 상태에서 쉬트재와 타일재의 현가 합계를 구하면 다음과 같다.

TP_{sheet} = ₩32,004 + ₩30,000 + ₩9,558 = ₩71,562

TP_{tile} = ₩42,672 + ₩20,000 + ₩9,330 + ₩4,532 = ₩76,534

이상에서 계산한 바와 같이, 매년 2%의 인플레이션율을 상정한 상태에서 쉬트재의 라이프사이클코스트는 연간 7만 1,562원/m^2, 타일재는 7만 6,534원/m^2로서, 역시 인플레이션을 고려한 경우에도 쉬트재 쪽이 라이프싸이클코스트가 저렴한 것으로 나타나고 있다.

(2) 대등균일연간비용법의 적용 예

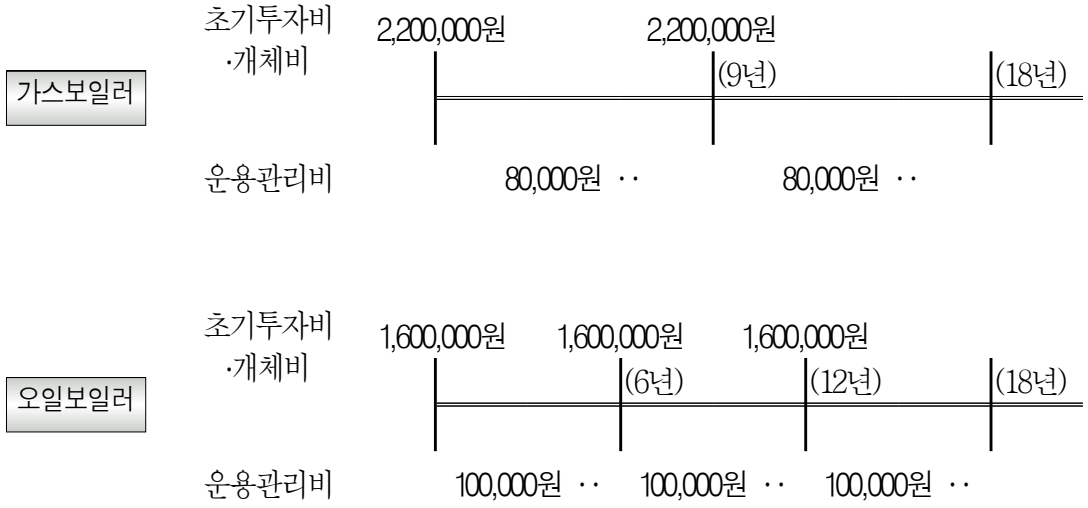
여기서는 할인율 8%, 라이프싸이클 기간이 18년일 경우를 가정하고, 보일러의 기종을 선택할 경우, 라이프사이클코스트를 대등균일연간비용법(equivalent uniform annual cost method)으로 산정하는 사례를 살펴본다. 여기서 인플레이션의 영향은 무시하는 것으로 한다.

보일러는 오일보일러(oil boiler)와 가스보일러(gas boiler)를 대상으로 하였으며, 양자의 LCC 분석조건은 <표 V-4>와 같다. 따라서 18년간에 걸쳐 필요한 비용의 지출은 <그림 V-4>와 같이 나타낼 수 있다.

<표 V-4> **보일러 종류별 LCC조건 비교**

	오일보일러	가스보일러
초기 투자비 및 개체비	1,600,000원	2,200,000원
내구 기간	6년	9년
연간 운용관리비	100,000원/년	80,000원/년

<그림 Ⅴ-4> **가스보일러와 오일보일러의 경년지출의 비교**



먼저 오일보일러의 대등균일연간비용(이하 년가라고 한다)를 구해보면 다음과 같다. 운용관리 코스트는 그 자체가 연가로 나타나 있기 때문에 환산할 필요가 없다. 초기투자비 1,600,000원을 년가로 고치기 위하여는 자본회수계수를 사용한다. 오일보일러의 초기투자비의 연가(equivalent uniform annual cost)를 $A_{oil}(0)$로 표기하면

$$A_{oil}(0) = ₩1,600,000 \times \frac{0.08(1+0.08)^{18}}{(1+0.08)^{18}-1} = ₩1,600,000 \times 0.1067 = ₩170,720$$

그런데, 오일보일러의 내구기간이 6년이기 때문에 6년 후에 다시 1,600,000원을 투자하여 교체해야 한다. 따라서 그 개체비용을 현재가치로 고치고, 그 값에 자본회수계수를 곱하여 다시 연가로 환산해야 한다. 즉, 6년 후의 오일보일러의 개체비용을 $A_{oil}(6)$이라고 하면

$$A_{oil}(6) = ₩1,600,000 \times \frac{1}{(1+0.08)^{6}} \times \frac{0.08(1+0.08)^{18}}{(1+0.08)^{18}-1}$$

$$= ₩1,600,000 \times 0.6302 \times 0.1067 = ₩107,588$$

또한, 12년후에 오일보일러를 개체하는 비용을 연가로 환산한 것을 $A_{oil}(12)$라 하면

$$A_{oil}(12) = ₩1,600,000 \times \frac{1}{(1+0.08)^{12}} \times \frac{0.08(1+0.08)^{18}}{(1+0.08)^{18}-1}$$

$$= ₩1,600,000 \times 0.3971 \times 0.1067 = ₩67,793$$

와 같다. 이 비용을 합계하여 오일보일러의 라이프사이클코스트를 연가로 환산한 합계 TA_{oil}를 구하면, 다음과 같다.

$$TA_{oil} = ₩100,000 + ₩170,720 + ₩107,588 + ₩67,793 = ₩446,101$$

한편, 가스보일러의 연가를 구해보면, 우선 운용관리 코스트는 그 자체가 연가로 나타나 있으므로 환산할 필요가 없다. 초기투자비 2,200,000원은 자본회수계수를 사용하여 연가로 환산한다. 즉, 가스보일러의 초기투자비를 연가로 환산한 것을 $A_{gas}(0)$라 하면

$$A_{oil}(0) = ₩2,200,000 \times \frac{0.08(1+0.08)^{18}}{(1+0.08)^{18}-1}$$

$$= ₩2,200,000 \times 0.1067 = ₩234,740$$

가스보일러는 내구기간이 9년이므로 9년 후에 다시 2,200,000원을 투자하여 개체해야 한다. 따라서 그 개체비용을 현재가치로 고치고 여기에 자본회수계수를 곱하여 연가로 환산할 수 있다. 9년 후의 개체비용을 연가로 환산한 것을 $A_{gas}(9)$라 하면

$$A_{gas}(9) = ₩2,200,000 \times \frac{1}{(1+0.08)^{9}} \times \frac{0.08(1+0.08)^{18}}{(1+0.08)^{18}-1}$$

$$= ₩2,200,000 \times 0.5002 \times 0.1067 = ₩117,417$$

따라서 가스보일러의 라이프사이클코스트의 연가의 합계 TA_{gas}를 구하면 다음과 같다.

$$TA_{gas} = ₩80,000 + ₩234,740 + ₩117,417 = ₩432,157$$

또 하나 고려해야 할 것은 각각의 대체안의 잔존가치(salvage value)인데, 오일보일러와 가스보일러 모두 교체주기가 경제 수명의 시점에서 끝나고 있기 때문에 잔존가치는 제로라고 볼 수 있다. 이상의 계산결과에서 볼 수 있듯이 연가로 환산한 가스보일러의 라이프사이클코스는 43만 2,157원으로서 오일보일러(44만 6,101원)보다 라이프사이클코스트가 저렴하다는 것을 알 수 있다.

한편, 대등균일연간비용법을 사용할 때는 위와 같이 복잡한 방법이 아니라, 아래와 같이 각각 1싸이클의 연가를 구하는 방식을 사용할 수도 있다.[30]

$$A_{oil} = ₩1,600,000\frac{0.08(1+0.08)^6}{(1+0.08)^6-1}+₩100,000$$

$$= ₩1,600,000(0.2163)+₩100,000 = ₩446,080$$

$$A_{gas} = ₩2,200,000\frac{0.08(1+0.08)^9}{(1+0.08)^9-1}+₩80,000$$

$$= ₩2,200,000(0.1601)+₩80,000 = ₩432,220$$

30) 단, 사사오입의 오차는 생긴다.

Ⅵ. LCC의 활용 및 정책적 시사점

1. 라이프사이클 단계별 LCC기법의 활용 방안

LCC분석의 활용방식으로는 우선 건설구조물의 라이프사이클의 각 단계에 있어서 복수의 LCC 대체안을 비교·검토하여[31] 가장 바람직한 안을 선택하는 방식과, 하나의 계획안에 대하여 전체 LCC의 산정 결과를 토대로 전체 안을 검토하는 활용방식이 있다. 또한, LCC대체안의 검토는 전체 LCC대체안을 검토하는 방식과 자재·설비별로 행하는 개별 LCC대체안의 검토로 나눌 수 있다.

LCC의 검토는 건설과정에 따라 개산(槪算) 시스템, 약산(略算) 시스템, 정산(精算) 시스템 등으로 구분하여 사용할 수도 있다. 예를 들어 신축의 경우, 기획 단계(planning phase)의 LCC 검토는 개산시스템에 의해, 기본설계 단계(basic design phase)에서는 약산시스템에 의해, 실시설계 단계(detailed design phase)에서는 정산시스템에 의하여 검토한다.

각 항목의 LCC는 상세 도면이나 시방서(specifications)에 기초하여 상세하게 산정하는데, 항목별로 기술 수준에 따라 인·일(man·day)을 산출하고, 경비를 포함시켜 산정한다. 여기에 지역별 공사비가 차이가 날 수 있으므로 지역별 보전비 지수를 곱하여 LCC를 산출한다.

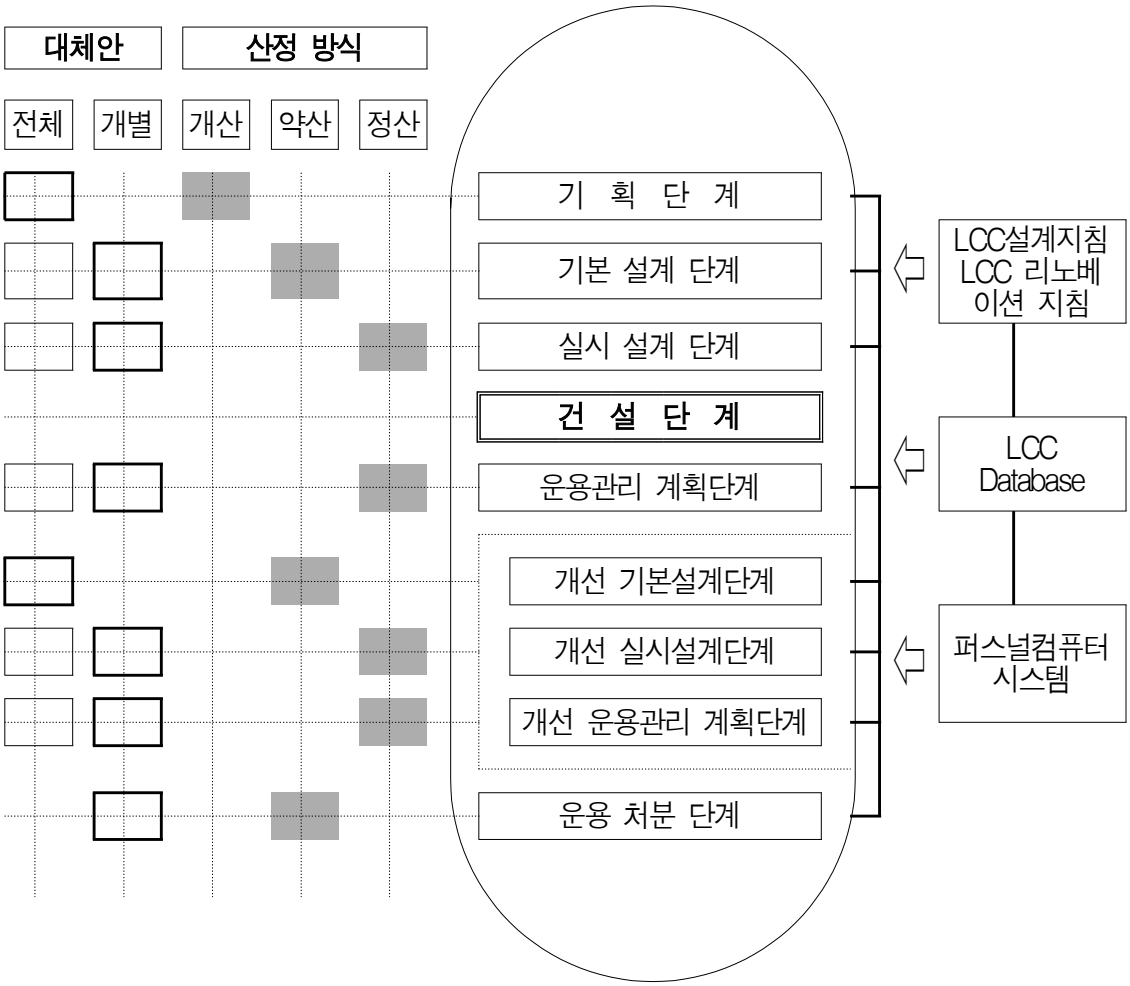
LCC활용의 각 단계는 <그림 Ⅵ-1>에 나타낸 바와 같다. 그리고 각 단계에서 LCC의 이용자는 <표 Ⅵ-1>에 나타낸 바와 같다.

LCC의 활용은 기획·설계 단계에서 가장 활용도가 높고, 또한 LCC의 이용 효과가 크게 된다. 앞서 설명한 바와 같이 기획단계에서는 전체 LCC대체안을 약산에 의하여 개별적인 검토를 행하고, 실시설계 단계에서는 개별 LCC대체안을 정산(精算)에 의하여 개별적으로 검토[32]하는 것이 바람직하다.

---

31) 이하 검토라는 것은 산정·평가를 포함하는 의미로 사용한다.
32) 필요한 경우에는 전체 LCC산정을 행한다.

<그림 VI-1> LCC활용의 각 단계



<표 VI-1> LCC 각 단계에서의 이용자

		건물 소유자	건물 관리자	개발자	기획자	설계자	시공 업자	유지관리 업자	안전 진단자
신축	기획 단계			●	●	●			
	기본설계 단계					●			
	실시설계 단계					●			
	운용관리계획단계	●	●					●	
개선	기본설계 단계				●	●	●	●	●
	실시설계 단계					●	●	●	●
	운용관리계획단계	●	●					●	
운용·처분 단계		●			●				

2. 정책적 시사점

(1) 건설계약에 있어서 LCC분석의 중요성

이상에서 건설구조물의 LCC를 고찰해 본 결과, 건축물 및 시설구조물에 대해서 기획·설계비 및 건설비만을 고려하여 어떠한 경제성 평가를 행하였다면, 건축물 혹은 시설구조물의 경제성을 합리적으로 검토했다고 할 수 없을 것이다.

따라서 건축물 및 시설구조물의 비용을 평가하여 어떠한 의사 결정을 행할 경우에는 해당 구조물의 전체 생애에 걸쳐 지출되는 총 비용, 즉, 라이프사이클코스트 전체를 검토하여 의사결정을 행하여야 할 것이다.

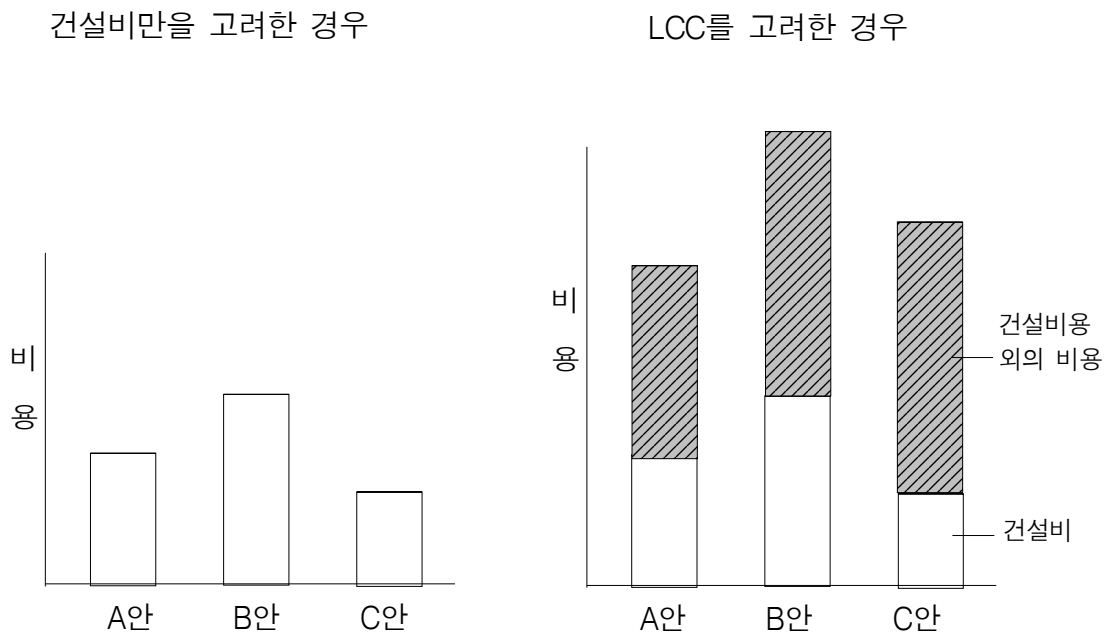
외국의 예를 보면, 미국에서는 에너지 절약, 자원절약 문제와 유지관리비의 앙등을 배경으로 하여 라이프사이클코스트가 클로즈업(close-up)되면서 많은 주에서 공공사업의 설계에 LCC분석을 의무화하고 있으며, 현재 라이프사이클코스트를 채택한 설계수법이 실용화되고 있다. 또한, LCC이용의 보급과 고도화와 연계되어 다양한 LCC분석기법의 개발과 데이터베이스의 정비가 이루어지고 있다.

최근 일본에서도 라이프사이클코스트를 채택한 설계수법이 각광을 받고 있다. 그 하나의 성과로 기존 빌딩에 대해 그 실적 수치를 토대로 라이프사이클코스트를 계산한 예가 몇 가지 발표된 바 있다.

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

설계용역 및 건설공사의 계약 측면에서 건설비만을 고려할 경우, 합리적인 결정이 되지 못한다는 것은 <그림 Ⅵ-2>의 개념도로서 설명할 수 있다. <그림 Ⅵ-2>에서 볼 수 있듯이 건설비용만을 놓고 볼 때는 C안이 최소이나, 라이프사이클 코스트를 고려하면, 실제로는 A안이 최소가 된다. 그러나 현재의 입찰·계약 방식 하에서는 A안이 채택될 확률은 거의 없다고 할 수 있다.

<그림 Ⅵ-2> LCC 분석과 경제성



(2) LCC를 고려한 설계 및 공사 계약방식의 도입 방향

1) 설계측면의 LCC 도입 방향

건축물 및 시설구조물의 설계에 있어서 LCC가 구체적으로 고려되지 않았다는 것은 앞에서 언급하였다. 그런데 건축물 및 시설구조물을 계획·설계함에 있어 단·장기적으로 경제성을 확보하기 위하여는 LCC분석기법의 개발 및 보급이 매우 필요하다.

예를 들어 현재 도로건설에 있어서 아스팔트콘크리트포장을 할 것인가, 혹은 시멘트콘크리트포장을 할 것인가에 대한 논란이 많다. 아스팔트콘크리트포장은 건설비가 낮으나, 유지관리 및 수선 코스트가 높으며, 반대로 시멘트콘크리트포장은 건설비가 높은 반면, 유지관리비가 낮고, 내용년수(durable years)가 길다는 장점이 있다. 그런데, 현재 도로포장공법의 선택에 있어서는 LCC에 대한 분석 혹은 구체적인 비용·편익에 대한 분석이 없이 발주자와 설계자가 경험에 근거하여 임의로 결정하는 사례가 많다.

또한, ALC(autoclaved-lightweight concrete)와 시멘트벽돌, 합판과 파티클보드, 철근콘

크리트조와 철골조, 커튼월(curtain wall)과 타일·석재 등 개별적인 구조재 및 설비·기자재를 선택함에 있어서도 LCC분석이 필요한 사례가 매우 많으나, 아직까지는 설계자의 경험에 의존하는 경향이 강하다.

그러나 장기적으로 도로건설 등 시설구조물의 경제성을 확보하기 위하여는 대체안을 비교하여 체계적인 LCC 분석이 필요하다. 더구나 최근 에너지 및 자원 부족 현상이 현재화되고 있으며, 환경오염에 대한 인식도 높아지고 있는 추세이고, 나아가 신자재 및 설비의 개발이 가속화되고 있는 현실을 고려할 때, 설계단계에서 LCC분석은 매우 필요한 상태이다.

1998년도 이후 정부에서는 '공공사업효율화추진단'을 구성하여 공공사업의 수행 비용을 20% 이상 절감한다는 목표아래 각종 대안을 강구하고 있는데, 근본적으로 LCC분석기법의 개발과 보급을 통하여 시설구조물의 장기적인 경제성을 확보하는 것이 가장 시급한 과제라고 할 수 있다.

2) 건설공사 계약 측면의 LCC 도입 방향

LCC분석은 건설단계에서 수행할 경우, 그 효과가 크게 저감되며, 비록 LCC가 더욱 낮은 대체안을 발견했다고 하더라도 설계(design)→입찰(bid)→시공(build)의 전통적인 발주체제하에서는 설계를 변경해야 하는 어려움이 있다. 따라서 기획·설계단계에서 LCC를 고려하는 것이 가장 합리적이다.

그런데, 현재 우리나라에서 시행하고 있는 건설공사 발주방식 가운데 턴키 발주, 설계·시공일괄입찰, 대안 입찰 등에서는 설계 과정을 포함하여 시공자를 선정하고 있으므로 이러한 발주방식을 도입할 경우에는 LCC 분석을 통하여 낙찰자를 결정하는 것이 가능할 것이다.

특히, 시공업체 측면에서 LCC분석기법의 보급과 고도화를 위하여는 대안입찰(代案入札)에 있어서 LCC분석을 통하여 낙찰자를 결정할 필요성이 크다고 할 수 있다. 나아가 턴키(turn-key) 혹은 디자인빌드(design-build) 방식의 공사 발주가 더욱 확대될 필요성이 있다.

이와 같이 LCC평가의 보급·확대를 위하여는 무엇보다도 발주처의 노력이 긴요하다고 할 수 있다. 우선 발주처별로 LCC평가기법 및 모델을 개발하는 것이 필요하다고 할

수 있으며, 자재 및 설비의 LCC를 평가하기 위하여는 설비기기 및 기자재의 초기 코스트, 내용년수, 유지관리 비용 등에 대하여 방대한 데이터베이스의 구축이 선행될 필요성이 있다.

특히, 현재 정부의 시설공사의 조달을 담당하고 있는 조달청에서는 설계 등 용역 및 건설공사의 계약에 있어서 LCC를 고려할 수 있도록 LCC분석기법의 개발과 보급에 적극 노력해야 할 것으로 판단된다.

< 참고 문헌 >

1. Kirk, Stephen J. & Alphone J. Dell'isola, *The Life Cycle Costing for Design Professionals*, 2nd Edition, McGraw-Hill, Inc., 1995
2. D. S. Dhillon, *Life Cycle costing*, Gordon and Breach Science Publishers, 1989
3. John W. Bull, *Life Cycle Costing for Construction*, Blackie Academic & Professional, 1993
4. Wolter J. Fabrycky, & Benjamin, S. Blanchard, *Life-Cycle Cost and Economic Analysis*, Prentice Hall, 1991
5. Michael Snell, *Cost-Benefit Analysis ; for engineers and planners*, Thomas Telford, 1997
6. 石塚義高, *建築經濟のすすめ*、財團法人 經濟調査會, 1994
7. 石塚義高, *建築物のライプサイクルコスト算定に關する研究(Ⅰ)*, 日本建築學會論文報告集356호, 1985. 10
8. 石塚義高, *官廳建物における建築修繕費とライプサイクルコストに關する研究*, 東京工業大學工學博士論文, 1990. 11
9. 大韓住宅公社 住宅研究所, *건물의 라이프사이클·코스트 분석*, 1989. 10
10. 이준구, *재정학*, 다산출판사, 1995

부 록

1. Building Layout의 LCC 산정 예

2. Exterior Wall System Seletion의 LCC산정 예.

<부록-1> Building Layout의 LCC 산정 예

<부록-2> Exterior Wall System Seletion의 LCC산정 예