

도로포장의 수명주기비용(LCC) 분석기법

손원표* · 유인균**

1. 머리말

Life-Cycle Cost (LCC) 분석기법은 1930년대 이후 미국 국방성의 병참지원용 비용평가 수단으로써 이용되면서 개발된 기법으로 1960년대에 『Life-Cycle Cost』라는 용어가 처음 사용되기 시작하였으며, 1964년 미국 국방성에서 『동일기능의 최저가격』이라는 원칙에 따라 항공기의 타이어 조달에 LCC계약을 시범적으로 적용하였고 이 즈음 Logistic Management Institute에서도 이러한 연구에 착수하여 1965년 국방성 관계자들의 필수적인 참고문헌으로 출판되었으며, 여기에서 『시설비의 총 비용을 고려한 예산절감』에 대해서 언급하고 있다.

이러한 LCC 분석이 중요한 관심을 끌게 된 것은 1973년에 발생한 석유파동의 영향으로 미국 연방의회에서는 1975년 『에너지 정책과 보전에 관한 법률』과 『에너지 보전과 생산에 관한 법률』을 제정하여 장기적인 측면에서 경제분석의 필요성을 강조하였으며, 1980년 미국 연방정부의 에너지성(Department of Energy)에서는 LCC 분석을 수행하는 방법과 절차를 정한 규정(Code of Federal Regulations, 10 CFR 436, Subpart[1])을 제정하여 기존의 연방정부 빌딩에 대해서 빌딩체

계를 에너지 절약형으로 대체할 경우의 효과를 추정, 비교하는 방법을 포함하는 등 에너지 시스템에 대한 가장 효율적인 대안을 선택하는 방법과 절차를 제시하고 있다.

미국의 국립표준연구소(NIST)에서도 건축물의 경우 건물의 수명이 경과하면서 성능이 저하되고 이에 따른 유지관리비용의 증가를 고려하여 초기 투자비용-유지관리비용 관계에 대한 경제적인 분석의 도구로서 BLCC(Building Life-Cycle Cost) 프로그램을 개발하여 건축설비시스템의 각 요소별 에너지 절약 가능성과 초기 투자비용을 평가할 뿐만 아니라 건물의 투자비용 및 건물의 운영에 따른 비용부담의 정도를 평가함으로써 각종 의사결정의 수단으로 제공하고 있는 등 LCC 분석을 통하여 시설물 관리의 최적화를 추구하는 노력이 지속적으로 추진되고 있다.

이렇듯 병참분야와 건축설비분야에서 적용되기 시작한 LCC 분석은 1990년대 들어와 우리나라에서 건축과 설비분야에서 연구가 이루어져 왔으나 토목시설물에 있어서는 최근에 교량구조물 분야에 부분적으로 적용되고 있는 등 공공사업에서의 LCC 개념이 본격적으로 적용되고 있지 못한

* 정희원 · 삼안건설기술공사 도로공항부 상무이사(E-mail : wpshon@samaneng.com)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원(ikyoo@kict.re.kr)

실정으로 공공시설물에 있어서 Life-Cycle Cost를 고려한 설계·시공·유지관리체제의 부재로 비경제적인 시설물이 양산되고 있는 상황이 발생되고 있으므로 건설교통부에서는 『공공건설사업 효율화 종합대책(1999년)』에서 LCC 분석제도 도입에 대한 제도적 근거를 마련하여 공공사업에 있어 LCC 분석제도의 시행을 추진하고 있다. 한편, 포장분야에 있어서는 미국에서 1991년 FHWA(Federal Highway Administration)가 ISTEA(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act)에서 LCCA에 관련, 포장에 대해 언급하고 있는데 여기에서는 대도시와 주(State) 주변의 교통계획에 있어 『교량, 터널, 포장 설계에 있어 life-cycle cost의 이용』의 고려사항에 대해 언급하고 있으며, 이후 1995년 NHS(National Highway System)에서는 2천5백만불 이상되는 NHS 사업에 있어 LCCA 관리에 관련된 프로그램을 설치할 것을 요구하고 있고 1998년 FHWA의 『Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design』에서 보다 효율적인 투자를 모색하기 위한 LCCA의 지침을 제시하고 LCCA 과정에서 잠재하고 있는 고유의 불확실성으로 기술되는 발생가능한 접근방법인 Risk Analysis에 대해서 소개하고 있다.

LCCA(Life-Cycle Cost Analysis)는 대상이 되는 사업에 대해 초기건설비 뿐만 아니라 유지관리비, 폐기처분비 등을 포괄적으로 고려하여 분석하는 기법으로서 설계단계에서부터 건설공사비 및 도로의 수명기간 전기간에 걸친 유지관리비용(Maintenance and Rehabilitation Cost)까지 포함하여 포괄적인 개념을 도입한 수명주기비용 분석을 통한 최적대안의 선정이 요구되고 있다. 도로 포장에 있어서 LCC의 구체적인 내용은 앞으로 관련제도의 도입과 기술개발에 따라 보완, 정립되어야 할 것이므로 여기에서는 LCC의 개념과 절차에 대해 기본적인 개념을 소개하고자 한다.

2. 수명주기비용(LCC)의 개념 및 분석절차

2.1 Life-Cycle Cost의 개념

Life-Cycle Cost는 일반적으로 제품의 생산, 사용, 폐기·처분 등의 각 단계에서 발생하는 비용을 모두 합한 총비용을 말하며, Life Cycle Costing은 이러한 총비용을 산정하는 방법과 순서를 일컫고 있으므로 일반적으로 『LCC』라 할 경우 전자와 후자가 혼용되고 있으며 이 경우 일본에서는 Life Cycle Cost를 『생애비용』이라고 Life Cycle Costing을 『생애비용산정』이라고 하여 구분하고 있으나 우리 나라에서는 아직 여기에 대한 정확한 용어가 정립되어 있지 않은 상태이다.

LCC는 『생애주기비용』 또는 『수명주기비용』으로 정의되며 이것은 기획·설계비, 건설비, 운용관리비, 폐기처분비 등에 걸쳐 건설구조물의 수명에 필요한 모든 비용을 의미하고 있으며, LCC를 구성하고 있는 비용항목을 크게 구분하면 다음과 같다.

- ① 기획·설계비(Planning and design cost)
- ② 건설비(Construction cost)
- ③ 운용관리비
(Operation and maintenance cost)
- ④ 폐기처분비(Disposal cost)

위에서 구분한 항목 이외에도 LCC에는 세금, 감가상각비, 신용대부, 기능비용(functional use cost), 기회손실비용(denial of use cost), 방법비용(security cost) 등도 포함되며, 여기에서 언급된 기회손실 비용이란 의사결정의 결과로서 발생한 시설물 이용의 지연, 생산시설의 경우 생산지연에 따른 불필요한 비용 또는 수입의 손실분을 의미한다.

현재 우리 나라에서는 일반적으로 시설물의 비용을 고려할 때 초기의 건설비용만을 고려하고 있지만, 실제에 있어 건설단계의 비용은 시설구조물 수명기간에 있어서 소요되는 총비용(Life Cycle Cost) 가운데 차지하는 비율은 일부분에 불과하며(일반적으로 15~20%), 예를 들어 LCC 가운데서 보전비, 수선비, 운용비 등 운용관리비는 일반적으로 생각하는 것보다 그 비율이 크며 경우에 따라서는 건설비용의 5~6배에 이르는 경우도 있다.

2.2 LCC 분석기법의 활용

수명주기비용(Life-Cycle Cost) 분석이란 건설 구조물의 경우 건설, 운영, 유지보수, 최종적인 처분에 이르기까지 대상사업의 전체비용을 포괄적으로 포함하여 분석함으로써 총비용의 관점에서 가장 경제적인 대안을 선정하기 위한 일종의 경제성 평가기법을 의미하며, 일반적으로 초기투자 비용이 적은 대안을 선택하는 경우가 많으나 LCC를 고려할 경우 경제성의 기준은 변화될 수 있다. 초기투자 비용과 운영비를 근거로 LCC를 산정하여 나타내면 다음의 그림과 같으며, 이 그림에서 볼 수 있듯이 초기투자 비용과 운영비용의 합이 가장 적은 지점(Q*)을 선택함으로써 투자자의 경제성을 높이고자 하는 것이 LCC 분석의 기본개념이다.



그림 1. 시설물의 LCC개념

그러므로 LCC 분석은 대상이 되는 사업에 있어 타당성 조사 및 설계단계부터 시설물의 유지 관리 단계에까지 이르는 전체 수명기간의 비용정보를 제공해 주기 때문에 사업의 초기 건설비용만이 아닌 수명기간 전체에 걸쳐 발생하는 사용상 비용(Cost in Use)을 근거로 평가하여 가장 경제적인 대안선정에 기여하는 분석 기법으로 활용되고 있다. 도로설계에 있어 LCC 분석은 각각의 도로설계 대안에 대하여 각종 주요비용을 경제수명 범위에 걸쳐 등가환산한 값으로 각 대안에 대한 경제성을 평가하는 분석기법으로, LCC기법의 중요한 관점은 각 대안의 경제성을 평가할 때 시간적 등가를 환산하는 것이며, 건설 구조물(시설물), 도로포장 이외에 LCC 분석기법이 활용되는 분야를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 공공사업의 합리적인 투자 (Rational Investment)
- ② LCC 기준의 입찰(Life Cycle Cost Bidding)
- ③ 설계대안의 선택 (Selecting a Design Alternative)
- ④ 발주자의 의사결정 지원 (Client Service)
- ⑤ 입찰전략의 일환으로 활용 (Bidding Strategy, 대안입찰)
- ⑥ 최적 부품 및 장비의 선택 (Selection of Optional Element for Facilities)
- ⑦ 시설물의 재개발 또는 보수후 사용에 관한 판단 (Decision Making on Redevelopment or Renovation)
- ⑧ 적정 유지보수 수준에 관한 판단 (Decision Making on Appropriate Maintenance Level)
- ⑨ 수선계획 및 수선충당금의 산정 (Maintenance Planning and Required Sinking Fund Estimation)
- ⑩ 경제수명의 예측 (Economic Life Expectation)

㉠ 가치공학 (Value Engineering : $V = F/C$)

2.3 LCC 분석의 절차

LCC 분석의 수행절차는 분석대상에 따라 그 세부절차가 상이하게 구성될 수 있으며 분석대상이 건축물이거나 교량구조물인가 등에 따라 분석 과정에 차이가 발생할 수 있으나 일반적인 LCC 분석의 절차를 요약하면 그림 3과 같다.

3. 도로포장설계에 있어서 LCC 분석

3.1 개요

도로포장설계에 있어서 LCCA(Life-Cycle Cost Analysis)는 경쟁관계에 있는 여러 대안투자 방안들 중에서 장기간에 걸친 경제효과를 평가하기 위한 경제성 분석을 목적으로 구축된 분석기법이며, 여기에는 초기투자비와 장래의 기능저하, 사용자 그리고 대안투자의 전기간에 걸친 관련비용 등을 포괄하고 있다. 또한, LCCA는 투자비용에 대한 최적가치를 확인하고자 하는 시도로 정의될 수 있다.

이러한 LCCA의 필요성은 1995년 미국의 NHS(The National Highway System)에서 2천 5백만불 이상의 NHS사업에 있어서는 LCCA를 시행할 것을 요구하고 있으며 1996년 4월 19일

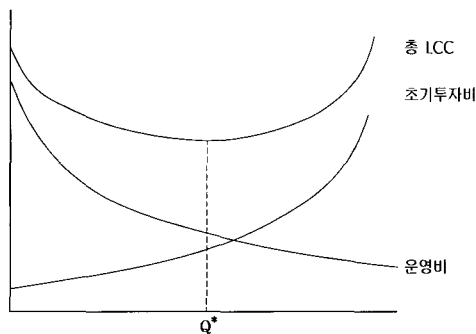


그림 2. LCC분석에 의한 경제성 평가

FHWA의 Executive Director인 Anthony Kane이 FHWA 지역관리자들에게 내린 지침에서 LCCA 수행지침이 제시되었다. 이 수행지침은 특정한 LCCA 절차를 기준으로 제시하고 있지는 않으나 적용하기에 유용하도록 상술하고 있다.

이러하듯 포장설계에 있어서 LCC 분석기법은 최근들어 미국에서 NHS 사업에 대해 적용하고 있는 추세에 있으나 우리나라에서는 분석기법이 소개되고 있는 초보적인 단계에 있으므로 FHWA에서 1998년 9월에 발간한 보다 효율적인 투자결정의 연구를 위한 『Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design』을 기초로 하여 간략히 소개하고자 한다.

위의 보고서는 LCCA에 있어서 기술적인 지침서를 작성하고 포장설계에 있어서 LCCA 수행의 기준이 되는 적절한 기준을 제시하여 LCCA 과정에서 잠재하고 있는 고유한 불확실성으로 기술되는 발생가능한 접근방법인 위험도 분석(Risk Analysis)을 소개하고 있다.

3.2 분석절차

수명주기비용(LCC) 분석을 수행함에 있어 관련되는 절차상의 단계는 다음과 같은 사항들을 포함한다.

- ① 분석기간 동안의 대안 포장설계 방안의 설정
- ② 공용기간과 시행시기의 결정
- ③ 도로관리기관 비용의 산정
(Estimate agency costs)
- ④ 사용자 비용의 산정 (Estimate user costs)
- ⑤ 비용지출경향 도표의 개발
(Develop expenditure stream diagrams)
- ⑥ 순현재가치의 계산
(Compute net present value)
- ⑦ 결과분석 (Analyze results)
- ⑧ 설계방안의 재평가
(Reevaluate design strategies)

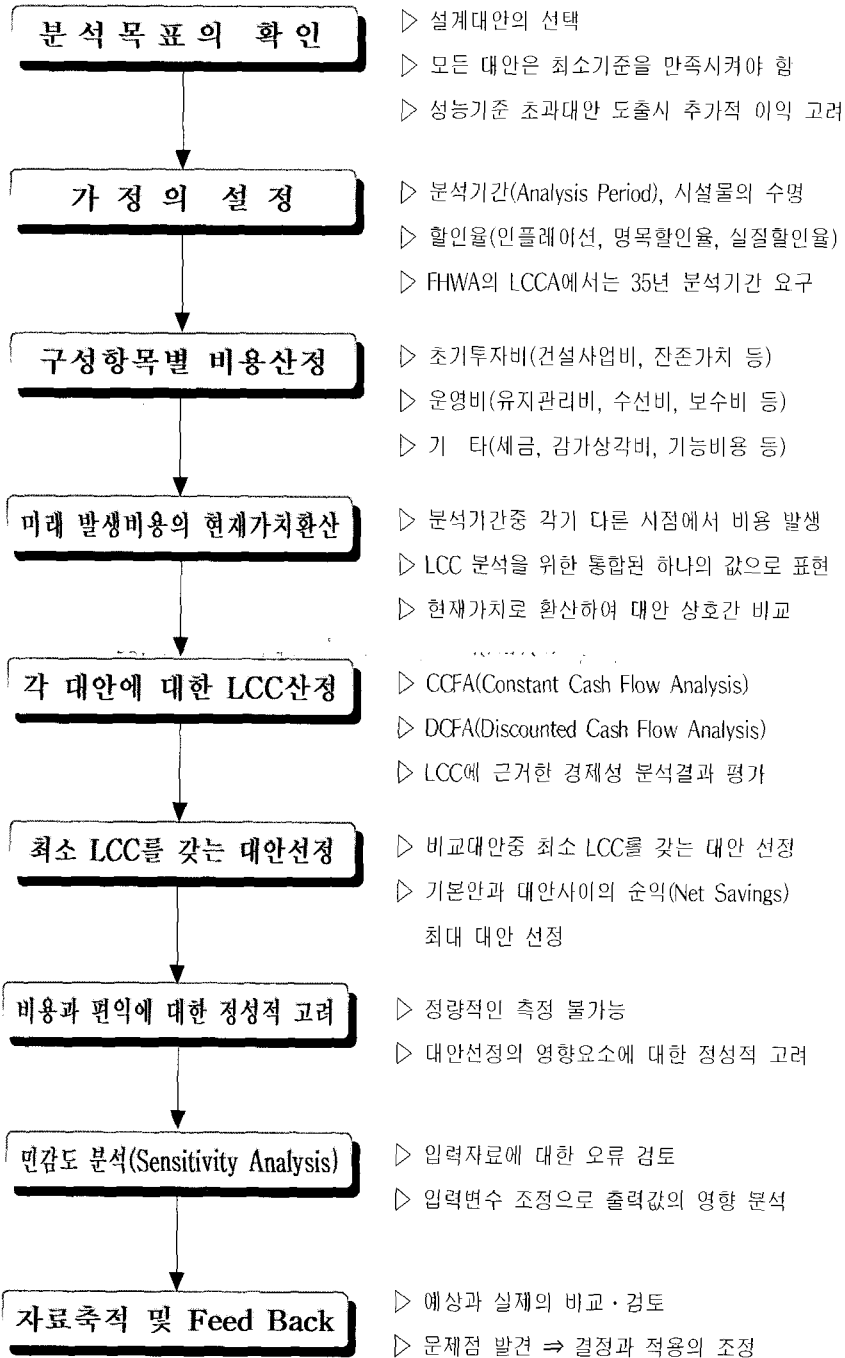


그림 3. LCC 분석의 절차

3.2.1 분석기간 동안의 대안 포장설계방안의 설정

○ 평가기간 (Analysis Period)

LCCA 분석기간은 적절한 설계방안과 관련된 장기간의 비용차를 반영하기 위해 충분한 기간이어야 하며, 분석기간은 특별히 긴 수명을 가진 포장인 경우를 제외하고는 언제나 포장설계 기간보다 길어야 한다. 1996년 9월에 발간된 FHWA의 최종 LCCA 지침은 신설 또는 보수, 복구, 재포장 계획과 같은 재건설계획을 포함하여 모든 포장계획에 대해 최소한 35년의 분석기간을 제시하고 있다. 특히 포장설계 대안들이 전체 재건설까지 주어진 기간(10년으로 볼 경우)에 가까이 진전되었을 때는 보다 짧은 분석기간이 적절할 수도 있을 것이며, 어느정도 짧은 기간이 잔존가치 산정을 단순화할 수 있을 때에는 최소분석 기간으로 기준하고 있는 35년에 어느정도 오차가 있어도 문제가 없을 것이다. 예를 들어 모든 대안들이 만약 공용후 32년에 최종서비스 능력에 도달한다고 할 경우는 32년이라는 분석기간이 매우 적절할 것이다. 설정된 분석기간에 관계없이 분석에 사용되는 분석기간은 모든 대안에 대해 동일하게 적용되어야 하며 다음의 그림은 포장설계 대안에 대한 표준적인 분석기간을 보여주고 있다.

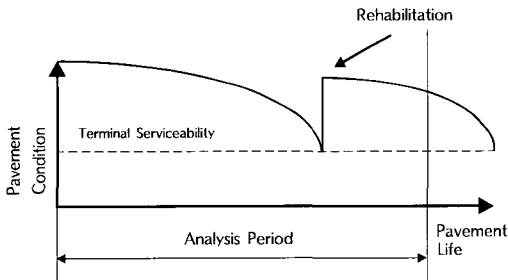


그림 4. 포장설계 대안에 대한 분석기간

○ 포장설계 방안 (Pavement Design Strategies)

전형적으로 각각의 설계대안은 예상되는 초기

설계수명, 주기적인 유지관리, 지속적인 보수작업 등을 예상하고 있을 것이며, 이러한 작업들의 범위와 시기, 비용 등을 확인하는 것은 매우 중요하다. SHA는 기능상태를 발휘하는 도로시설물들을 유지하기 위한 다양한 방식의 보수방법을 채택하

표 1. 신설포장, 재포장, 비접착 덧씌우기에 대한 펜실베이니아주 DOT의 설계방법

공용년수	처 리 방 법
5 년	<ul style="list-style-type: none"> • 세로줄눈의 25%에 대한 청소 및 채움작업 • 가로줄눈의 50%에 대한 청소 및 채움작업, 합성수지 채움의 0% • Type1 포장노건의 경우 노건 표면처리
10 년	<ul style="list-style-type: none"> • 공용 5년시와 같음
15 년	<ul style="list-style-type: none"> • 세로줄눈의 25%에 대한 청소 및 채움작업 • 가로줄눈의 10%에 대한 청소 및 채움작업, 합성수지 채움의 5% • Type1 포장노건의 경우 노건 표면처리
20 년	<ul style="list-style-type: none"> • 포장면적 5%에 대한 콘크리트 소파수선 (Patch) • 가로줄눈의 1%에 대한 박리수선(Spall repair) / (5ft²/줄눈면적) • Slab Stabilization : 가로줄눈의 최소 25% • 포장면적 100%에 대한 Diamond grind • 노건을 포함한 전체 세로줄눈에 대한 청소 및 채움작업 • 전체 가로 줄눈에 대한 청소 및 채움작업, 합성수지 채움의 7% • Type1 포장노건의 경우 노건 표면처리 • 유지관리 및 교통하중에 대한 보호 • 사용자 지체
25 년	<ul style="list-style-type: none"> • 세로줄눈의 25%에 대한 청소 및 채움작업 • 가로줄눈의 10%에 대한 청소 및 채움작업, 합성수지 채움의 10% • Type1 포장노건의 경우 노건 표면처리
30 년	<ul style="list-style-type: none"> • 포장면적 2%에 대한 콘크리트 소파수선 (Patch) • 섬유질 아스팔트 피막 줄눈 전체에 대한 청소 및 채움작업 • 조질층 (60#/sy) • 3.5 inch ID-2 또는 4.0 inch ID-3 / ID-2 덧씌우기 • 절단 및 줄눈채움 • Type7 포장노건 • 전체 가드레일과 배수구조물에 대한 조정 • 유지관리 및 교통하중에 대한 보호 • 사용자 지체
35 년	<ul style="list-style-type: none"> • 노건 표면처리

였으며, 예를 들어 표 1은 펜실베이니아주 DOT (Department of Transportation)의 LCCA 절차를 포함한 신설포장, 재포장, 비부착 포틀랜드시멘트 콘크리트 포장에 대한 표준적인 유지관리와 보수 방법을 나타내고 있다. 펜실베이니아주 DOT의 LCCA 절차는 또한 신설 또는 재포장 아스팔트 콘크리트 포장에 대한 표준적인 유지방법을 포함하고 있으며 사용자 비용의 필요성 또한 동시에 요구된다는 것을 지적하고 있다.

3.2.2 공용기간과 작업시점의 결정

초기 포장설계에 대한 공용기간과 공용중에 시행되는 보수작업은 LCCA 결과에 중요한 영향을 미치며 그것은 또한 건설기간과 유지관리기간 동안 사용자 비용 뿐만 아니라 도로관리기관 비용에도 영향을 미치는 도로시설에 대한 도로관리기관의 관심빈도에 직접적으로 영향을 미친다. SHA는 포장유지관리와 축적된 경험의 분석을 통하여 다양한 포장방안에 대한 상세한 포장공용관련 정보를 결정할 수 있다. 조직적인 포장 유지관리시스템은 장·단기 예산계획과 유지관리 프로그램에 대한 효율적인 방안을 확인하는데 필요한 포장조건과 공용성, 교통량 등을 평가하는 자료와 분석기법을 제공할 수 있다. 몇몇 SHA는 고급기술자들의 축적된 경험에 근거한 새로운 공용성을 개발하고 있으며 최근, SHRP(Strategic Highway Research Program)와 LTPP (Long-Term Pavement Performance Program)의 일부로서 수집된 포장공용성 자료분석에 대한 FHWA의 노력이 SHA에 후속적으로 유용한 자료를 만들어 내고 있다.

3.2.3 도로관리기관 비용의 산정

건설규모와 비용은 초기 설계와 후속적으로 시행되는 보수작업에 직접적으로 관련되며, 도로관리기관 비용을 산정함에 있어서 첫 단계는 건설

단가를 산정하는 것이다. 단가는 비교될 수 있는 규모인 이전에 입찰되었던 공사에 축적된 SHA 자료로부터 결정되어질 수 있으며 SHA에 의해 사용되었다면 다른 자료의 출처는 BAMS(Bid Analysis Management System)에 보유하고 있을 것이다.

LCCA 비교는 항상 상호 배타적 관계에 있는 경쟁 대안들 사이에서 이루어져야 하며 LCCA 필요성은 대안들 사이의 차등비용을 반드시 고려하여야 하고 모든 대안들의 일반비용은 서로 상쇄되며 비용요소들은 일반적으로 LCCA 산정에서 제외된다.

도로관리기관 비용은 교통비용의 유지관리를 포함하며 펌프장의 에너지 비용, 터널조명, 환기 등과 같은 운영비용을 포함할 수 있다. 또한 분석기간 마지막에 있어서의 잔존가치, 잔여가치 등이 Negative Cost로 포함된다.

- 잔존가치(Salvage Value)

- 분석기간의 마지막 단계에서 투자대안의 가치로 나타내어지며 잔존가치와 관련된 두 가지 기본 구성요소는 잔류가치(Residual value)와 공용수명(Serviceable life)이다.

- 잔류가치(Residual Value)

- 포장재생에 관련된 순가치이며, 포장설계방안 사이에 있어서 각기 다른 잔류가치는 일반적으로 그다지 크지 않으며 35년 이상 할인될 때 LCCA 결과에 미치는 효과는 미미하다.

- 공용수명(Serviceable Life)

- 잔존가치(Salvage value)의 보다 중요한 요소로서 나타나며, 분석기간의 최종단계에 있어 대안 포장에 있어서의 잔존수명이다. 분석기간의 최종단계에 있어 대안 포장설계 방안과 원설계 사이의 잔존 포장수명의 차이를 산정하는데 우선적으로 사용되며, 예를 들어 35년 이상 분석에서 『대안A』는 35년에 최종서비스 능력에 도달하는 반

면 『대안 B』는 30년 기간에 있는 10년 주기의 설계보수 작업을 필요로 할 경우 『대안 A』의 공용수명은 35년째에 있어서 최종 서비스 능력에 도달하는 것과 같이 "0"이 될 것이다. 반대로 『대안 B』가 30년에 10년주기 보수가 필요하다면 분석이 완료되는 연도인 35년째에 가서는 5년의 서비스 기간을 가질 것이다. 35년째에 있어 『대안 B』의 공용수명가치는 30년에 있어 『대안 B』의 보수비용에 의해 증가되는 분석기간(10년중 5년 또는 50%)의 최종단계에서 설계잔존수명의 비율로 산정되어질 것이다.

○매몰비용(Sunk Costs)

- 가까운 장래에 부적절한 결정에 특별한 범위의 비용으로 나타내어지며 분석자들은 LCCA에 있어 그러한 것들을 포함하지 않도록 유의하여야 한다. 다음의 예는 그러한 개념의 이해에 있어 도움을 줄 것이다.

예 : 어느 특정지역에서 『Store A』에 100\$짜리 사진기에 반환될 수 없는 10\$이 묶여 있는 경우, 사진기를 선택하기 전에 『Store B』에서 80\$에 판매하고 있는 사진기를 찾았다. 경제효과 측면에서 볼 때 어느 가게에서 사진기를 구입해야 할 것인가? 결정에 있어 묶여있는 10\$을 만회할 수 있는 것은 무엇인가?

- 반환될 수 없는 10\$은 매몰비용이며 구매결정에 부적절한 요소로 작용하게 된다. 『Store A』에서 \$90을 주고 사진기를 구입하느냐 아니면 『Store B』에서 비슷한 사진기를 \$80주고 구입하는가의 결정을 해야한다. 모든 경우에 있어 매몰비용은 해결되지 않고 되풀이 되며, 분석자들은 LCCA에 있어 그러한 요소들을 포함하는 것에 대해 주의할 필요가 있다.

3.2.4 사용자 비용의 산정

단순하게 고려하여 사용자 비용은 계획기간 전

체에 걸쳐 도로 이용자에 의해 초래되는 비용이며, LCCA에 있어 관련되는 도로이용자 비용은 분석기간 전체에 걸쳐 대안으로 계산된 도로개량과 관련된 유지관리와 보수방법 사이에서 초래되는 서로 상이한 비용이다. 포장설계에 있어서 흥미있는 사용자 비용은 장기 포장설계 결정과 유지관리 지원, 보수관련 사항들에 있어서 서로 다른 요소들로부터 나온 사용자 비용에 있어 서로 상이한 것을 더욱 제한한다. 사용자 비용은 차량 운행비용(VOC), 사용자 지체비용, 교통사고비용(crash cost)등 3가지 비용의 조합으로 구성된다.

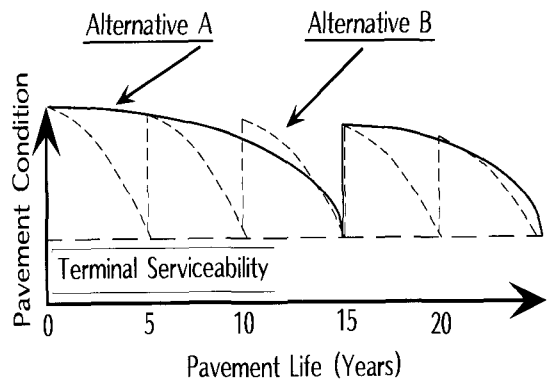


그림 5. 공용곡선과 보수방안

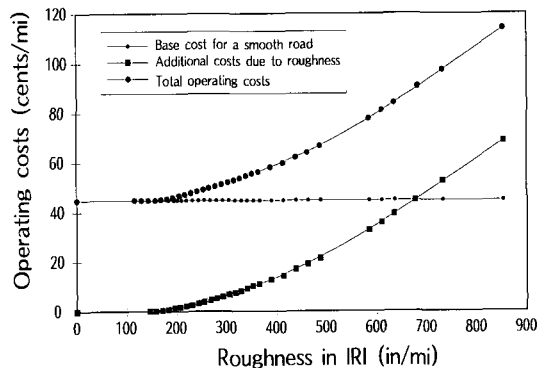


그림 6. 도로사용자 비용에 있어 거침의 효과 (뉴질랜드의 경우)

3.2.5 비용지출경향 도표의 개발

비용지출경향 도표는 시간에 걸쳐서 도표로 표시되며, 일반적으로 지출의 증가와 시기를 시각적으로 나타내는 각각의 포장설계방안에 대해서 개발되었으며 다음의 그림은 표준적인 비용지출경향 도표를 보여주고 있다.

일반적으로 비용은 적절한 시점에서 위방향 화살표로 나타내어지고 분석기간동안 발생되며, 편익은 네가티브 비용 또는 아랫방향 화살표로 나타내어진다.

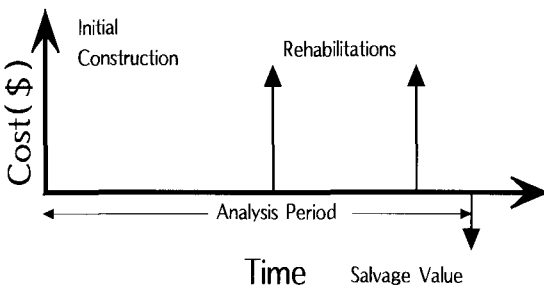


그림 7. 포장설계 대안에 대한 표준 비용지출경향 도표

3.2.6 순현재가치의 계산

넓은 의미에서 LCCA는 여러가지 대안투자방안 사이에서 장기적인 경제성 효과를 평가하는데 이용되는 경제성 분석 형식의 하나이며, 경제성 분석은 비용, 비용의 발생시기, 채택된 할인율 사이의 상호관계에 주안점을 두어 분석해야 한다. 모든 비용과 시기가 일단 결정되면 장래비용은 기준 연도에 대해 할인되어야 하며 LCCA 대안에 대한 NPV를 결정하는데 초기비용을 더하여야 한다. 앞에서 지적된 바와 같이 NPV는 선택의 경제적 지표이며, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$NPV = \text{Initial Cost} + 110$$

$$\sum_{k=1}^N \text{RehabCost}_k \left[\frac{1}{(1+i)^{n_k}} \right]$$

여기서, i : 할인율, n : 지출년도

3.2.7 결과분석

한번 계산된 모든 LCCA는 최소한 민감도 분석에 지배를 받아야 하며, 민감도 분석은 LCCA 결과에 있어 주요 LCCA 입력가정, 계획, 계산 등에 미치는 영향을 결정하는데 사용되는 하나의 방법이 된다. 민감도 분석에 있어서 주요 입력 값들은 변하지만(초기값의 일정범위 이내이거나 약간 벗어나는 정도) 모든 다른 입력값들은 일정하게 남게되며, 결과에 있어서 변화되는 양은 나타나게 된다. 많은 경우에 있어 민감도 분석은 돌출된 결과에 있어 최상의 경우와 최악의 경우에 초점을 맞추며 대부분의 LCC 민감도 분석은 최소한 LCCA 결과에 사용된 할인율의 영향을 평가하는 것이다.

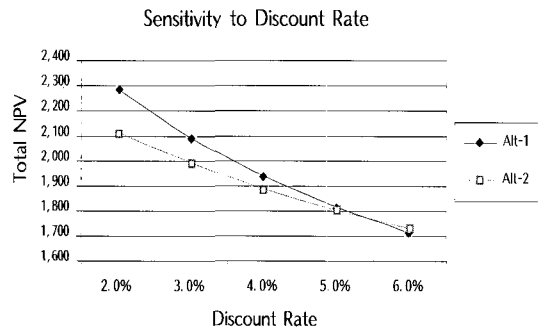


그림 8. 할인율에 대한 NPV의 민감도

3.2.8 설계방안의 재평가

NPV는 각각의 대안에 대해 계산되어지고 민감도 분석 수행을 제한시키므로 분석가는 경쟁이 되는 설계방안을 재평가 하고 다시 점검할 필요

성을 갖게 된다. 앞서에서도 지적된 바와 같이 LCCA에 관련된 모든 편익은 LCCA 결과 자체로는 필요하지 않지만 설계자는 수정 제시된 대안들과 보다 효과적인 방안에 대한 분석으로부터의 자료결과를 이용할 수 있다.

3.3 위험도 분석

위험도 분석은 위험에 대한 다음의 3가지 기본적인 질문과 관련된다.

- ① What can happen?
- ② How likely is it to happen?
- ③ What are the consequences of its happening?

위험도 분석은 장래에 돌출될 수 있는 사항들에 관련된 위험의 특성에 컴퓨터 시뮬레이션을 적용한 불확실한 입력변수들의 복합적으로 발생할 수 있는 조건에 의해 그러한 질문들에 답하게 된다. 전형적으로 결정적인 것에 감추어진 불확실성의 드러난 부분이 LCCA에 근접하게 되며, 그것은 실제로 발생하는 가능성을 결정하는 역할을 허용하고 있다.

Combine Variability of Inputs to Generate a Probability Distribution of Results

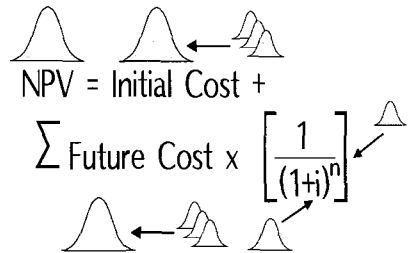


그림 9. Computation of NPV using probability and simulation

4. 맺음말

지금까지 도로포장설계에 있어서 수명주기비용(LCC) 분석기법에 대해서 일반적인 LCC의 개념 및 절차와 함께 간략하게 살펴보았다. 선진국에서는 이미 오래전부터 다양한 분야에서 LCC 분석이 활용되고 있으나 우리나라에서는 활용정도가

표 2. LCCA 입력 변수

LCCA Component	Input Variable	Source
Initial and Future Agency Costs	Preliminary Engineering	Estimate
	Construction Management	Estimate
	Construction	Estimate
	Maintenance	Assumption
Timing of Costs	Pavement Performance	Projection
User Costs	Current Traffic	Estimate
	Future Traffic	Projection
	Hourly Demand	Estimate
	Vehicle Distributions	Estimate
	Dollar Value of Delay Time	Assumption
	Work Zone Configuration	Assumption
	Work Zone Hours of Operation	Assumption
	Work Zone Duration	Assumption
	Work Zone Activity Years	Projection
	Crash Rates	Estimate
	Crash Cost Rates	Assumption
NPV	Discount Rate	Assumption

미미함으로써 자칫 잘못된 투자결정으로 인하여 효율적인 투자가 이루어지지 못하는 경우가 많았을 것으로 사료된다.

우리나라에서도 앞으로 LCC에 대한 인식을 제고시키고 특히 공공건설사업분야에서 LCC 분석이 활성화되기 위해서는 기초적인 관련자료의 구축 및 LCC분석 전문인력의 확보와 더불어 재화로 환산되는 부분의 계량화와 토지이용 등 주변여건과 환경적 요인, 교통사고, 경제적 파급효과 등 재화로 환산되지 못하는 부분의 계량화에 대한 개발 등이 이루어져야 할 것이며, 특히 도로포장분야에서도 LCC 분석기법을 적용한 최적의 포장공법 선정으로 투자의 효율화와 경제성을 제고시켜야 할 것이다.

참고문헌

1. Federal Highway Administration. Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design. U.S. Department of Transportation. 1998
2. Stephen J. Kirk & Alphonse J. Dell'Isola. Life Cycle Costing for Design Professionals, 2nd Edition. McGraw-Hill, Inc., 1995
3. John W. Bull. Life Cycle Costing for Construction. Blakie Academic & Professional. 1993
4. 이의섭, 최민수, 건설구조물의 체계적인 LCC분석, 대한토목학회지, 제48권 제1호, 2000
5. 박태근. Life Cycle Cost 분석에 의한 공동주택의 최적설계 방법론에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문. 1992
6. 국토연구원. 시설안전관리체계 선진화 방안을 위한 토론회 자료집. 2000
7. 건설교통부. 공공건설사업 효율화 종합대책(1999~2002) 정책보고서. 1999

학회지 투고안내

한국도로포장공학회에서는 여러 회원의 원고를 모집하고 있습니다. 도로 및 공항포장과 관련된 사항(설계, 시공, 현장체험, 신기술 등) 및 수필, 시, 여행체험기 등 회원 여러분이 보고, 듣고, 느끼신 귀중한 체험을 학회지에 투고하여 주시기 바랍니다.

투고요령 : 원문 및 디스켓 1부 송부

접수처 : 한국도로포장공학회 편집위원회