

# 대도시 혼잡구간의 아스팔트 포장에 대한 경제성 분석 모델 연구

## A Study on the Economical Analysis Model for Asphalt Pavement in Congestion Area of Metropolitan

조병완\* · 태기호\*\* · 김도근\*\*\*

Jo, Byung Wan · Tae, Ghi Ho · Kim, Do Keun

### Abstract

This Study is about the development of LCC Analysis Model and Evaluation of VE. It was carried out to help the person's intention decision about choosing the pavement construction method that can deal with 'Pavement Life Factor' like Area Character and Traffic Volume efficiently, by considering the total life cycle cost of pavement life cycle happens according to the numbers of public use year. For this, we developed the new LCC Analysis Model by using the Data of Seoul city the representative city in Korea, and carried out VE Evaluation that reflects the opinions of specialists. This Analysis Model consists of cost items that affects directly the choice of pavement construction, except for the common cost items of the various pavement construction. And we investigated the propriety by applying our model to the example line that are used for the public at present. About the base data of cost items that are used for our analysis, we enhanced our model's confidence by using the statistics data of Seoul and the standard data of unit cost calculation.

**Keywords :** asphalt pavement, life-cycle cost(LCC), VE evaluation, cost items

### 요 지

본 연구는 대도시 아스팔트 포장에 대한 포장공법에 대한 LCC 분석모델 개발 및 VE 평가에 관한 연구로 대도시 포장의 공용연수 동안에 발생하는 총 생애주기비용을 고려하여, 지역 특성과 교통량 등 포장의 수명에 영향을 주는 인자에 대해 보다 효율적으로 대처할 수 있는 포장공법 선정에 대한 의사 결정을 지원하기 위해 수행되었다. 이를 위해 우리나라의 대표적 대도시라고 할 수 있는 서울시의 관련 자료를 토대로 LCC 분석모델을 개발하였고, 관련 실무자의 의견을 반영하여 VE 평가를 실시하였다. LCC 분석모델 개발은 포장공법별로 공통되는 비용항목을 제외한 포장공법 선정에 직접적으로 영향을 주는 비용항목으로 구성하였으며, 이렇게 개발된 LCC 분석모델을 서울시에 현재 공용중인 사례 대상노선을 선정하여 적용해 그 타당성을 검토하였다. 분석에 사용되는 비용항목의 근거자료는 서울시 통계자료와 단가산출 기준자료 등을 이용하여 분석의 신뢰성을 높였다. 개발된 LCC 분석 모델은 대도시 아스팔트 포장에 국한적으로 사용되고 있는 개질 아스팔트와 재생 아스팔트를 일반아스팔트와 비교 분석하여 대도시의 지역 특성과 교통량 등을 고려한 최적 포장공법의 선정을 지원할 수 있을 것이라 판단된다.

**핵심용어 :** 아스팔트 포장, LCC분석, VE평가, 비용항목

### 1. 서 론

우리나라의 건설산업은 급속한 도시화 · 산업화와 더불어 80년대 이후 주택건설 및 사회간접자본 투자확대 등을 통하여 국가 경제발전과 함께 많은 양적 성장을 이룩하였다. 그러나 이러한 건설산업의 양적 발전은 일련의 건설재해가 보여주듯이 시공 이후의 유지관리 미흡으로 인한 연평균 5조~10조원에 달하는 경제적 손실을 가져왔다. 이에 정부에서는 “공공부문의 개혁” 차원에서 건설사업의 각 단계에 내재된 비효율과 낭비요인을 제거하여 2002년까지 공공 건설사업비

용의 20% 절감을 목표로 “공공건설사업 효율화 종합대책”(건설교통부, 1999)을 마련한 바 있다. 이 대책은 기존 고비용-저효율의 건설 산업구조를 혁신하여 저비용-고효율의 구조로 체질을 개선하는데 목표를 두고 있으며, 이러한 건설사업 효율화 방안의 일환으로 설계 및 공사비 등에 대한 경비 절감 뿐만 아니라 시설물의 경제적 내용연수 동안 발생하는 모든 비용을 절감하는 VE(Value Engineering)/LCC(Life Cycle Cost) 검토의 의무화 방안을 추진하였다. 토목 구조물의 경우 현재 활발히 연구가 진행 중인 교량구조물을 제외한 도로 및 기타 시설물에 대한 LCC/VE 연구가 아직 미

\*정회원 · 교신저자 · 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : joycon@hanmail.net)

\*\*정회원 · 부천대학 토목과 교수 · 공학박사 (E-mail : civilianho@dreamwiz.com)

\*\*\*정회원 · 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정 · 공학석사 (E-mail : kimdokeun@paran.com)

흡한 실정이기 때문에 이에 대한 보다 폭넓은 연구가 과제로 남아있다.

국외에서는 Pringer(1993), Nishikawa(1997), Ehlen(1997, 1999) 등에 의해서 교량 및 도로에 관한 LCC가 활발히 수행되어 왔으며, 최근에는 항만 및 플랜트설비에 관한 LCC 연구도 수행되었다. 그러나 국내의 경우 건축분야에서는 김용수(1994a, 1994b)외 다수, 박태근(1993a, 1993b)외 다수 등에 의해서 LCC에 관한 연구가 수행되었지만 토목분야에는 최근 몇 년 사이 LCC에 관한 연구들이 수행되고 있다. 대표적인 연구들로는 김낙석, 멜페스, 임정순(1996)의 “재래식 도로와 페타이어재활용 도로의 수명주기비용분석”, 김구선(1999)의 “강상형교의 최적 Life Cycle Cost 설계”, 차강석(2000)의 “Life Cycle Cost 기법을 이용한 교량상부구조의 형식에 따른 경제성 분석에 관한 연구”, 안장원, 김용수, 김수삼(2000)의 “Life Cycle Cost 기법을 이용한 교량의 경제성 분석 및 성능평가방법론에 관한 연구” 등이 있다. 그리고 안장원, 김용수, 권석현, 이철규(2001)은 “도로포장형식에 따른 LCC 분석 및 비교에 관한연구”에서 아스팔트포장과 콘크리트 포장에 대한 LCC를 수행하였다. 이상에서 살펴본 바와 같이 기존의 연구는 주로 교량에 대한 LCC 연구가 대부분이며, 김장원의 3인의 연구는 아스팔트포장형식과 콘크리트포장형식에 대한 LCC를 연구한 것이었다. 그러나, 아스팔트 포장 재료에 대한 체계적인 VE/LCC 연구는 아직 수행되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 국내 도로의 86%를 차지하는 아스팔트 포장도로 중 대도시에 시공되는 아스팔트포장 공법별 경제성(LCC & VE) 분석모델을 개발하여 경제성 모델을 통한 합리적이고 효율적인 유지관리 기준을 마련하여 포장설계를 위한 기초적인 자료를 제시함에 그 목적이 있다.

주요 국가 기간 시설물임에도 불구하고 타 구조물과는 달리 상대적으로 짧은 주기로 보수를 해야 하는 특성을 갖고 있는 도로포장의 경우 이들을 종합적이고 효율적으로 관리하기 위해서는 포장의 평가, 보수 기준, 보수 대안 등을 근거로 포장 보수에 대한 경제성을 평가할 수 있는 평가모델의 개발이 무엇보다 필요하다고 하겠다.

## 2. LCC 분석 방법 및 VE평가

### 2.1 LCC 분석 방법

건설공사에서의 LCC(Life Cycle Cost)란 사업수행의 각 단계에서 발생하는 모든 비용의 합을 의미하며 생애주기비용 또는 수명주기비용으로 해석할 수 있다. 즉, LCC 분석이란 총 생애주기비용(LCC)을 최소화할 수 있는 대안의 비교를 통한 의사결정기법을 말한다.

일반적인 LCC를 분석하는데는 현재가치법(Present Worth Method)과 연등가액법(Annual Equivalent Cost Method)이 널리 사용된다. 현재가치법은 시설물의 생애주기에 발생하는 모든 비용을 현재시점으로 환산하는 방법이다. 연등가액법은 생애주기에 발생하는 모든 비용이 매년 균일하게 발생한다고 가정할 경우, 이와 대등한 비용은 얼마인가라는 개념을 이용하여 균일한 연가등가로 환산하는 방법이다. 본 연구에서는 LCC분석에 현재가치법을 사용하고자 한다. 다음 두

가지의 방법을 살펴보면 다음과 같다.

#### 2.1.1 현재가치법(Present Worth Method)

현재가치법은 시설물의 총 Life Cycle 동안에 발생하는 모든 비용을 현재시점으로 환산하는 방법이다. 현재시점이란 초기투자가 이루어지는 시점을 일컬으며 기획비, 설계비, 초기공사비 등은 모두 초기투자시점으로 보는 게 일반적이다. 따라서 이들 초기투자비는 이미 현재가치로 산정하기 때문에 별도의 환산작업이 필요없고, 준공 후 발생하는 유지관리비와 해체 및 폐기처분비에 대해서만 환산할 필요가 있다. 매년 동일하게 반복되는 반복비용이 A, 할인율이 i, 분석기간이 n인 경우에 반복비용의 현재가치(P)는 다음 Eq. (1) 같다.

$$P = \frac{A}{(1+i)} + \frac{A}{(1+i)^2} + \frac{A}{(1+i)^3} + \dots + \frac{A}{(1+i)^n} = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \times A \quad (1)$$

여기서,  $\frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$  는 연금현재가치(PWA: Present Worth of Annuity)계수

한편, n년 후에 1회만 발생하는 비반복비용을 F, 할인율이 i라 할 때 이 비용을 현재가치(P)로 환산하는 공식은 다음 Eq. (2)와 같다.

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

여기서,  $1/(1+i)^n$ 는 현재가치(PW: Present Worth)계수

#### 2.1.2 연등가액법(Annual Equivalent Cost Method)

이 방법은 총 Life Cycle동안 비용이 매년 균일하게 발생한다는 가정에서 이와 대등한 비용이 얼마인지를 균일한 연간비용으로 환산하는 방법으로서 어떤 시점의 비용을 매년 균일하게 분할하여 지불한다고 가정한 경우에 이 균일한 비용과 대등한 금액으로 환산하는 방법이다. 이 방법에서는 반복비용이 이미 연등가액으로 표시되어 있기 때문에 환산의 필요가 없으며, 초기비용(P)을 연등가액(A)으로 환산하기 위해서는 다음 Eq. (3)을 이용한다.

$$A = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times P \quad (3)$$

여기서,  $\frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$  는 자본회수(CR: Capital Recovery)계수

## 2.2 LCC분석을 위한 기본가정

### 2.2.1 할인율(Discount Rate)

화폐의 가치는 시간의 흐름에 따라 달라지기 때문에 경제성을 분석하기 위해 수입과 지출에서 발생하는 모든 금액을 일정한 기준시점의 화폐가치로 환산하여야 한다. 일정 시점의 금액을 기준 시점의 화폐가치로 환산하기 위해서 할인율(Discount Rate)을 사용하게 된다. 즉 할인율은 미래의 화폐가치를 현재의 통화가치로 변환시키기 위한 방법이다. 미래 비용을 추정하기 위해서 사용되는 개념은 명목할인율과 실질할인율이 있다. 명목할인율은 인플레이션 효과를 고려하지

표 1. 가치 점수의 개념

구분	산정 방법	비 고
설계기능점수(F)	총가중평가지/10	· 1000점만점의 총가중평가지를 10으로 나누어 100점 환산으로 한 것
상대 생애주기비용 (C)	$\frac{\text{대안의 생애주기비용}}{\text{대안별 최소생애주기비용}}$	· 가치점수는 설계 기능향상도와 요구사항 측정정도를 100점 만점으로 평가
가치점수(F/C)	$\frac{\text{설계기능점수}}{\text{상대생애주기비용}}$	· 가치향상 정도를 정량화 시키기 위해서 100점 만점으로 설계기능점수(F)를 평가하여 각 대안별 생애주기비용(C)의 상대치를 나누어 가치점수 도출 · 생애주기비용의 상대치는 비교대안 중 생애주기비용이 가장 낮은 비용을 1.0으로 함

않은 할인율이며 실질할인율은 인플레이션 효과를 고려한 할인율이다.

2.2.2. 공용연수

LCC 분석을 수행하는데 있어서 반드시 수반되어야 할 첫 번째 작업은 구조물 사용동안에 축적되는 발생 비용을 분석하기 위한 구조물 구성 요소의 수명 결정이라고 할 수 있다. 이러한 구성요소의 수명은 해당요소에 대해 유지관리, 보수 보강 Life Cycle, 유지관리비용 및 보수 보강비용이 각각 합리적으로 반영되어야 하는데, 이는 장기간에 걸친 유지관리 데이터의 축적과 전문가의 판단에 기초할 수밖에 없다. 즉, 전체 시설물의 구성요소별 수명을 실질적으로 고려하여야 한다.

2.3 VE 평가

VE란 소정의 성능, 신뢰성, 및 안정성을 만족하거나 보다 품질을 향상시켜가면서 최소의 생애주기비용(LCC : Life Cycle Cost)으로 필요한 기능을 확보하기 위해 발주처 또는 도급자의 직원에 의해 행해지는 조직적인 개선활동을 말한다. 따라서 VE는 비용의 절감, 생산성의 향상, 품질의 개선을 도모하기 위한 유효한 수단이라고 할 수 있다. VE제도는 국내에서 80년대 중반부터 도입되었지만 가장 효과가 높은 설계·계획단계에서 적용되지 못하고 일부 시공단계에서 적용되어 왔다. 그러나 VE 평가는 공사비 절감을 통한 공공사업의 효율적 추진을 도모하고, 창조적 대안 창출을 통한 설계·계획 단계에서의 부실설계를 방지하여 품질 및 사용자 편익을 최대화함과 동시에 공사비 및 유지관리비 등 생애주기비용의 절감을 가져오는 장점이 있다. 일반적으로 VE에서는 정량적인 분석을 위해 다음 Eq. (4)와 같은 가치에 관한 공식을 사용하며 가치점수는 100점 만점으로 평가되어 대안별 가치향상 척도 및 요구사항 척도를 가늠할 수 있도록 한다.

$$V = \frac{F}{C} \quad (4)$$

3. 대도시 아스팔트 포장 공법에 대한 LCC 분석모델 개발

3.1 개요

대도시 아스팔트 포장은 시공 후 공용 기간 중에 잦은 도로의 굴착복구와 교통 혼잡지역의 교통량 집중 등으로 도로 포장의 수명이 단축되고 노면 불량률의 원인이 되고 있다. 다른 도시기반시설에 비하여 많은 유지 보수가 필요함에도 이

러한 파손에 대한 대응은 유지관리 지원조직의 미비, 인력중심의 한시적이고 경험적인 유지보수 업무가 대부분이기 때문에 이에 대한 적절한 대책이 필요한 실정이다. 또한 대도시 아스팔트 포장은 교통량의 집중으로 포장파손이 심한 구간선도로 및 자동차 전용도로, 일교통량이 극히 작은 소로 등이 고루 분포되어 있기 때문에 기존의 일반 아스팔트 콘크리트 포장으로 모든 도로를 일괄 포장하기에는 구조적, 경제적 관점에서 비효율적이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 대도시 아스팔트 포장 도로의 지역특성 및 교통량 등을 고려하여 현재 시공되고 있는 포장종류인 일반 아스팔트, 개질 아스팔트, 재생 아스팔트에 대해 초기비용에서 해체비용까지의 총 생애주기비용을 최소로 하는 포장설계가 가능하도록 LCC 분석 모델을 개발하고자 하였다.

3.2 LCC분석 비용항목 구성

건설공사는 계획부터 해체·폐기까지 수많은 비용항목들로 구성된다. 도로의 경우에도 기획 설계비용을 시작으로 현지조사비용, 설계비용, 효과분석비용, 건설공사비용, 건설지원비용, 공사지원비용, 공사관리비용, 용지취득비용, 운영·관리비용, 해체·폐기비용까지 각각의 공중에 부합되는 비용항목으로 구성되어 있다. 하지만 이러한 건설단계별 비용을 고려하여 LCC 분석 유무 판단은 대안과의 관련 유무(Relevancy)와 다른 대안과 비교할 경우에 의미가 있는나의 여부(Significance)에 의해 결정되므로 본 연구에서는 제시한 도로 건설시 비용항목을 모두 고려하지 않고 비용항목을 다

표 2. 아스팔트 포장공법에 대한 LCC분석 비용항목

비용항목		구성항목	본 연구 적용
초기 투자비	설 계 비	설 계 비 (Design Cost)	y
	감 리 비	감 리 비 (Supervision Cost)	y
	포장공사비	재 료 비	y
		직접노무비	y
	경 비	y	
운영 관리비	유지보수비용	일상유지보수비 (Repair cost)	y
		대수선비 (maintenance cost)	y
		개 축 비 (Reconstruction cost)	-
	사용자 비용	차량운행비용	-
시간지체비용		y	
	교통사고비용	-	
해체 / 폐기처리비	해 체 비	-	
	폐기처리비	y	
	재활용비 (잔존가치)	-	

음 표2 와 같이 크게 3가지 항목으로 구성하였다.

표 2를 살펴보면, 초기투자비의 경우 일반적인 도로공사에 사용되는 현지조사비용과 용지취득비용 이외의 비용들이 대안비교 시 공통되므로 비용항목 구성에서 제외하였으며, 또한 운용관리비용의 경우 유지보수비용과 사용자비용으로 나누어 구성하였으며, 현재 대도시 아스팔트 콘크리트 포장에서 현장적용하고 있는 항목들로 구성하였다. 유지보수비용은 서울시의 경우 '96~'98 포장 유지관리 예산의 세부 집행 내역 자료를 참고하여 대수선비에 속하는 덧씌우기, 재포장과 일상유지 보수비용에 속하는 표면처리, 소파보수로 분류하여 적용한다(시정개발연구원, 2002). 사용자 비용은 서울시를 포함한 대도시의 경우 주간 공사로 인한 교통통제가 불가하여 모든 도로포장 공사를 야간작업으로 규정하고 있기 때문에 제외시켜도 무관하나, 부득이한 사정으로 주간공사를 할 경우와 대도시 교통통제로 인해 발생하는 민원을 고려하여 시간지체 비용에 대해서만 고려하였다. 마지막으로 해체/폐기처리비용의 경우는 각각의 공법에 대한 포장해체 비용은 동일하게 소요되는 것으로 보아 고려하지 않고, 폐기 처리비만 고려하였다.

### 3.3 LCC 분석을 위한 기본 가정

LCC 분석은 미래에 대한 생애주기비용의 예측 개념이므로 동일금액이라도 비용이 발생한 시점이 다르면 미래에 대한 화폐가치가 현저히 달라지고, 구조물의 생애주기인 분석기간이 분석결과에 큰 영향을 주기 때문에 이에 대한 기본 가정이 필요하다. 본 연구에서는 할인율의 경우 물가상승율과 이자율을 고려한 다음 Eq. (5)의 실질할인율을 적용하여 미래가치를 현재 가치로 환산하였다.

$$I = \frac{1+i}{1+j} - 1 \quad (5)$$

여기서,  $I$  = 실질할인율,  $i$  = 이자율,  $j$  = 물가상승율

본 연구에서는 IMF로 인해 금리의 불안정을 보인 1998년까지의 지표는 제외하고, 1999년부터 2003년까지의 과거 5년간 주요 경제지표의 산술평균을 이용하여 실질할인율을 산출하였다. 이자율의 경우 LCC 분야의 전문가 의견을 반영하여 시장수익률 지표인 채권금리를 사용하였다. 표3은 통계청에서 제공하는 물가상승율과 한국은행에서 제공하는 이자율(채권금리)을 조사한 것으로, 물가상승율의 평균 2.7%, 이자율의 평균 7.46%로 실질할인율은 4.63%로 계산되어 실질할인율 4.6%를 적용하였다.

표 3. 실질할인율 산출을 위한 경제지표 통계

년도	물가상승율(%)	이자율(%)
1999	0.8	8.9
2000	2.3	9.3
2001	4.1	7.1
2002	2.7	6.6
2003	3.6	5.4
평균	2.7	7.46

통계청, 「한국의 주요경제지표 2003」; 한국은행, 「경제통계연보 2003」

표 4. 아스팔트 포장공법에 따른 공용연수

구분	공용연수(년)	비고
일반아스팔트	25	Leeming(1993)
재생아스팔트	10	Nishikawa(1997)
개질아스팔트	10 10-15	Nishikawa(1997) 한국도로공사(2004)

또한, LCC 분석을 수행하는 데에 있어 구조물의 공용연수의 산정은 구조물의 사용동안에 축적되는 발생비용과 밀접한 관계가 있으므로 이에 대한 신중한 결정이 필요하다. 일반적으로 국도의 경우 설계시에 공용연수 기간을 20년으로 하여 포장두께를 산정하고 있다. 그러나 대도시 아스팔트 포장은 국도와는 달리 교통량이 집중되는 곳이 많고, 잦은 굴착으로 인해 초기에 포장 파손이 진행하므로 일반 아스팔트의 경우에도 공용연수를 다 채우지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 이러한 대도시 아스팔트 포장의 실정을 고려하여 아스팔트 포장의 공용연수를 10년으로 동일하게 적용하였다. 다음 표 4는 문헌에 의한 아스팔트 포장공법에 따른 공용연수를 나타낸 것이다.

### 3.4 대도시 포장의 아스팔트 포장공법에 따른 LCC 분석 모델 개발

앞에서 제시한 비용항목의 구성과 실질할인율 및 공용연수의 가정을 기반으로 대도시 아스팔트 포장공법에 따른 Apm (Asphalt Pavement in Metropolitan) LCC 분석 모델을 제시한다. 본 연구에서 제시한 분석 모델은 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)의 Ehlen, M.A & Marshall, H. E.(1996)의 LCC 분석모델을 참조하였고, 우리나라의 대표적 대도시인 서울시의 관련현황을 반영하였다.

$$ApmLCC = C_{INI} + C_{OMR} + C_{DIS} \quad (6)$$

여기서,  $C_{INI}$  = 초기투자비용 (Initial Investment Cost)

$C_{OMR}$  = 운용관리비용 (Operation & Maintenance & Repair Cost)

$C_{DIS}$  = 해체 · 폐기 비용 (Disposal Cost)

#### 3.4.1 초기투자비용(Initial Investment Cost; $C_{INI}$ )

초기투자비용은 크게 기획 · 설계비와 포장공사비, 감리비의 세 가지 항목으로 구성하였다. 일반적으로 초기 투자비용 중 가장 큰 부분을 차지하는 포장공사비의 경우, 본 연구에서는 직접노무비와 재료비, 경비의 합인 포장 순공사비를 적용시켰으며, 설계비 및 감리비는 공사의 비율에 의한 산출 방식인 엔지니어링기술진흥법 제 10조 제2항의 규정에 의한 엔지니어링사업의 대가의 기준에 의해 산출하였다. 이외의 항목(간접관리비 및 일반관리비, 이윤 등)은 전체공사비 대비 차지하는 비율이 크지 않으므로 제외시켰다.

$$C_{INI} = C_D + C_{NC} + C_S = C_{NC}(R_D + 1 + R_S) = \sum(C_{NCL} + C_{NCM} + C_{NCP}) \times (R_D + 1 + R_S) \quad (7)$$

여기서,  $C_D$  : 설계비 (Design Cost)

$C_S$  : 감리비 (Supervision Cost)

$C_{NC}$ : 순 공사비 (Net Construction Cost)  
 $C_{NCL}$ : 직접 노무비  
 $C_{NCM}$ : 재료비  
 $C_{NCP}$ : 경비  
 $R_D$ : 설계요율  
 $R_S$ : 감리요율

### 3.4.2 운용관리비용(Operation & Maintenance & Rehabilitation Cost; $C_{OMR}$ )

#### 3.4.2.1 유지보수비용( $C_{OMR1}$ )

서울시의 경우 주간선 도로에 대해 일반아스팔트는 3년의 주기로 덧씌우기를 수행하고 있으며, 주 보수공법은 덧씌우기와 재포장으로 나타났다. 여기서 덧씌우기는 대도시의 경우 차량 제한높이 문제와 도로가 보도 및 건물과의 일정 높이를 유지해야 하므로 절삭(평삭) 후 덧씌우기를 시행하고 있다. 따라서 본 연구에서는 덧씌우기의 경우 절삭 덧씌우기의 단가를 적용한다. 소파보수 및 표면처리의 일상보수공법은 덧씌우기와 재포장에 비해 소량 이루어지기 때문에 별도의 계산법을 이용하지 않고 서울시 통계자료를 이용한 평균 일상유지 보수비용을 적용시켰다.

$$C_{OMR1} = \sum_N \frac{C_{R/S}}{(1+I)^N} + \sum_T \frac{C_{O/L}}{(1+I)^T} + \sum_{k=1}^N \frac{C_{R/P}}{(1+I)^k} \quad (8)$$

여기서,  $C_{R/S}$ : 재포장 비용  
 $C_{O/L}$ : 덧씌우기 비용  
 $C_{R/P}$ : 평균 일상유지 보수비용  
 $T$ : 덧씌우기 시행연도( $n \cdot t_{OL} \leq N$ )  
 $t_{OL}$ : 덧씌우기 주기  
 $n$ : 덧씌우기 횟수  
 $I$ : 실질할인율  
 $N$ : 공용연수

#### 3.4.2.2 사용자비용( $C_{OMR2}$ )

사용자비용( $C_U$ )은 앞서 말한 것 같이 시간지체비용( $C_{TD}$ )만을 고려한다. 시간지체비용 모델은 서울시 관할 서울시정개발연구원(1997)에서 제시한 교통혼잡비용 산정에 포함되는 시간지체 비용 모델과 교통개발 연구원의 교통혼잡비용 예측 모델(1992)을 기본으로 하고, 포장보수 공사 시 차량통제로 인한 시간지체비용에 맞게 수정하였다.

$$C_{OMR2} = \sum_{k=1}^N \frac{C_U}{(1+I)^k} = \sum_{k=1}^N \frac{C_{TD}}{(1+I)^k} \quad (9)$$

$$C_U = C_{TD} = \sum(t_d \times T_{PCU} \times uc_i \times P_{PCU}) \times D_{OMR} \quad (10)$$

여기서,  $t_d$ : 차종별 대당 지연시간(hr/대)  
 $l_{OMR}$ : 일 보수길이(km)  
 $V_{OMR}$ : 보수시 차량속도(km/h)  
 $V_N$ : 정상시 차량속도(km/h)  
 $T_{PCU}$ : 차종별 교통량(대일) = (구간 1시간 지점교통량 × 보수시 통행시간 × 차종별 비율)  
 $uc_i$ : 시간가치(원/hr · 인)  
 $P_{PCU}$ : 차종별 평균 재차인원(인/대)

표 5. 교통수단별 승용차 환산단위

구분	소형화물	버스	대형화물
승용차 환산단위	1.2	1.8	2.0

$D_{OMR}$ : 연평균 보수일

차종별 지연시간을 산정하기 위해서는 각 차종이 교통에 미치는 영향을 비교할 수 있는 표준단위인 승용차 환산단위(PCU: Passenger Car Unit)가 필요하다. 본 연구에서는 한국건설기술연구원(1992)의 「도로용량편람연구조사 : 제3단계 최종보고서」에서 추정된 표 5의 승용차 환산단위 값을 사용하였다.

### 3.4.3 해체/폐기처리비(Demolition/Disposal Cost; $C_{DIS}$ )

해체/폐기처리비는 해체비와 폐기처리비의 합으로 산출하나 해체비의 경우 포장공법별 동일 비용이 소요 된다고 가정하여 본 연구에서는 고려하지 않고, 폐기처리비만 고려하였다.

$$C_{DIS} = \sum_N \frac{C_{DP}}{(1+I)^N} = \sum_N \frac{DPQ \times uc_{DPQ}}{(1+I)^N} \quad (11)$$

여기서,  $C_{DP}$ : 폐기처리비  
 $DPQ$ : 폐기물량  
 $uc_{DPQ}$ : 폐기단가

## 4. LCC 분석 모델의 적용

본 연구에서 개발된 대도시 아스팔트 포장공법에 따른 LCC분석 모델의 적용을 위한 사례적용 대상노선은 다음 표 6과 같다. 사례 대상노선은 우리나라의 대표적 대도시인 서울시의 교통사정과 도로관리정책을 반영하는 곳으로 선정하였으며, 아스팔트 포장공법에 따른 경제성 분석을 통해 지역 특성에 맞는 포장공법을 선정하기 위해 실시하였다.

사례 적용 대상 노선인 왕십리길은 서울시가 지정한 교통혼잡 특별관리구역의 동대문 지구에 속한 노선으로 일평균 교통량이 많고 상습 지체구간이 많은 구역이다. 이로 인해 포장 공용 후 소성변형과 균열 등의 포장 파손이 빈번히 일어나고, 이에 따른 유지보수 비용 또한 적지 않게 소요되고 있다. 본 장에서는 이러한 특징을 가지고 있는 왕십리길에 대한 개발된 아스팔트 포장공법에 따른 LCC 분석 모델을 적용하여 경제성 분석을 수행하였다.

### 4.1 초기투자비용( $C_{INI}$ )

#### 4.1.1 기획·설계비용, 감리비용( $C_D, C_S$ )

기획·설계비용 및 감리비용은 공사비 비율에 의한 산출 방식인 과학기술부공고 제2001-116호의 엔지니어링기술진흥

표 6. 사례적용 대상노선 선정

노선번호	37	노선명	왕십리길
시점	한양 중고교	종점	성동교 남단
폭	20 m	길이	3.75km
차로수	6 차로	교통량	69,631
주요경과지	왕십리 로터리	관할사업소	성동사업소

법 제10조 제2항의 규정에 의한 엔지니어링사업의 대가의 기준에 의해 산출한다. 공사비비율에 의한 방식을 적용하는 건설부문의 요율은 기본설계, 실시설계, 공사감리 업무 단위 별로 각각 구분하여 적용하였다.

#### 4.1.2 포장 공사비용( $C_{MC}$ : 포장 순공사비용)

본 연구는 포장공사비에 대해 직접 노무비와 재료비, 경비의 합인 포장 순공사비를 적용시켰으며, 원가계산을 위한 예정 가격 작성준칙(재경부 회계 예규)과 도로포장설계·시공 지침(건설교통부), 도로공사 표준시방서(건설교통부), 표준품셈, 물가자료('03.03)에 근거하여 산출한다. 아스팔트의 주공종 중 아스팔트 포장공법별로 공통된 항목인 동상방지층, 보조기층, 기층, 중간층의 공사비용은 이번 LCC 분석에서 고려하지 않는 것으로 하며, 표층공사에 대한 공사비용을 산출하여 이를 포장공사비용으로 하였다. 사용된 일반아스팔트는 아스팔트 혼합물 분류(아스팔트포장 설계시공요령, 건설교통부 제정('97))중 현재 표층공사에 가장 많이 사용하고 있는 밀입도 아스팔트 콘크리트(#67 표층용)를 사용하였으며, 개질아스팔트는 현재 서울시에 시공 경험이 있는 CRM 아스콘(갹입도)를 사용하였다. 재생아스팔트의 경우 서울시가 추진하고 있는 재생아스콘 사용계획(도로관리과, 2003)에 따라 고정플랜트 방식을 따르며, 적용대상은 한국표준규격(KS)에서 규정하고 있는 페아스콘 혼합물(표층 30%, 기층 50%)을 적용하였다.

#### 4.2 운용관리비용( $C_{OMR}$ )

##### 4.2.1 유지보수비용( $C_{OMR}^1$ )

덧씌우기(절삭 덧씌우기)와 재포장 비용은 해당주기에 대한 순 공사비용(재료비+직접노무비+경비)의 합으로 산출한다. 각각의 보수공법에 대한 재료 단가 및 덧씌우기 주기는 다음 표 7과 같으며 도로포장설계·시공지침(건설교통부), 도

표 7. 포장공법별 재료 단가 및 덧씌우기 주기

구분	기준단가 원(ton)	덧씌우기 주기	비고
일반아스팔트	38,000	3	일반 아스콘 #67 표층용
개질아스팔트	71,000	7	CRM 아스콘 갹입도
재생아스팔트	31,490	3	고정플랜트 방식

표 8. 포장유지관리 예산집행 현황

구분		계	덧씌우기	표면처리	재포장	소파보수
보수금액 (백만원)	1996년	18,839	6,268	157	11,069	1,345
	1997년	38,304	16,052	3,058	14,909	4,285
	1998년	13,477	710	9,560	1,899	1,308
	계	70,620	23,030	12,775	27,877	6,938
보수면적 ( $m^2$ )	1996년	457,570	60,040	57,500	27,230	312,800
	1997년	1,968,755	1,000,694	178,499	374,834	414,728
	1998년	142,300	14,600	-	68,200	59,500
	계	2,568,625	1,075,334	235,999	470,264	787,028
평균	보수금액(백만원)	23,540	7,677	4,258	9,292	2,313
	보수면적( $m^2$ )	856,208	358,445	78,666	156,755	262,343

서울시 건설안전관리본부 내부자료

표 9. 연간 평균 일상유지 보수비용

연도	보수면적 (a)	일상유지보수비용 (백만원)	2003환산비용 (백만원)
1996	3,703	1,502	2,058
1997	5,932	7,343	9,618
1998	595	10,868	13,608
1999	7,957	13,060	15,634
2000	6,970	20,000	22,889
2001	10,391	19,384	21,208
평균	5,925	12,026	14,169

로공사 표준시방서(건설교통부), 표준품셈, 물가자료('03.03)에 근거하였다. 일상유지보수(소파보수, 표면처리)비용은 다음 표 8의 '96~'98 서울시 포장유지관리 예산집행 현황과 '96~'01의 일상유지보수비용의 통계자료를 평균하여 2003년 기준으로 환산한 금액을 적용하였다. 각 공법에 대한 덧씌우기 주기는 재생아스팔트 포장의 경우 일반아스팔트와 동일한 덧씌우기를 적용하며 개질 아스팔트 포장은 미국 오레곤 주립대 토목공학과 교수인 R.G Hicks가 최근 연구 발표한 "Life Cycle Costs for Asphalt Rubber Paving Materials"에서 제시한 CRM 덧씌우기 주기인 7년을 적용하였다.

평균 일상유지보수 비용은 '96~'01의 일상유지보수비용의 통계자료를 2003년 기준으로 환산한 표 9을 활용하였다. 계산 결과 적용할 연간 평균 일상유지보수 비용은 2,391,392 원/a이다.

##### 4.2.2 사용지비용( $C_{OMR}^2$ )

사용지비용은 시간지체 비용만 고려하며, 서울시 교통량 비율 중 가장 큰 비율을 차지하고 있는 승용차(택시 포함, 시간 가치 승용차와 동일)와 버스에 대해서만 산출하였다. 또한 소파보수 및 표면처리의 경우 소요 작업시간이 덧씌우기 및 재포장에 비해 매우 적게 소요되므로 고려하지 않고 덧씌우기 및 재포장에 대한 시간지체 비용만을 고려하였다. 시간지체비용 산출을 위하여 다음의 서울시 관련 자료를 이용하였다.

표 10와 표 11을 이용하여 차종별 대당 지연시간(hr/대)을 구한다. 1일 평균 보수길이( $l_{OMR}$ )는 표 9의 덧씌우기와 재포장의 전체보수 면적을 일평균 보수면적으로 환산한 후 도로 폭(3.25m)을 나눈 1.86km로 한다. 이 길이를 다음의 계산

표 10. 2003년 도로보수 현황

구분	표면처리	소파보수	덧씌우기	채포장	전체
보수면적(a)	39	1,003	10,707	11,350	23,099
보수비용(백만원)	230	1,368	12,726	15,697	30,021
비율 (%)	0.2	4.3	46.4	49.1	100.0

서울시 건설기획국 도로관리과 업무보고, 2004

표 11. 서울시 지역별 승용차 통행속도 추이

구분	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	평균
전체	23.53	23.18	21.69	20.90	21.06	25.41	25.41	22.92	23.01
도심	19.97	20.04	18.25	16.44	16.85	17.72	21.19	18.54	18.63
외곽	23.79	23.4	21.92	21.23	21.33	25.9	25.68	23.21	23.31

서울시 정기속도조사자료

식에 적용하여 승용차 한 대당의 지연시간을 구하였다. 여기서 보수 공사 시 차량 속도는 13km/h( $V_{OMR}$ )(도로용량 함수와 혼잡비용, 서선덕, 1991)을 사용하였다.

$$t_d = \frac{l_{OMR}}{V_{OMR}} - \frac{l_N}{V_N} = \frac{1.86}{13} - \frac{1.86}{18.63} = 0.043hr/대 \quad (12)$$

승용차 한 대당 지연시간은 0.043hr(약 2분 36초)이고, 여기에 승용차 환산단위(PCU : Passenger Car Unit)값을 곱하여 차종별 대당 지연시간( $t_{db}$ , hr/대)을 구하면 다음 표 11과 같다.

다음 표 13과 표 14은 차종별 교통량( $T_{PCU}$ , 대/일)을 구하기 위한 통계자료이다. 차종별 교통량은 노선1시간 지점교통량 × 보수시통행시간 × 차종별비율로 산출한다. 여기서, 보수시 통행시간은 보수시 차량속도로 대상노선을 통과하는 시간으로( $l/V_{OMR}$ ) 0.29hr(약 17분 20초)를 적용하였다.

다음 표 15와 표 16은 1인별 시간가치와 서울시 평균 재차 인원을 나타낸 것이다. 시간가치는 노동통계연보(노동부, 2003)에 나온 월평균임금과 월평균 근로시간을 기준으로 하였으며, 택시의 경우 임금수준의 파악이 불가능하여 승용차에 포함시켜 승용차 시간가치를 적용하였다. 여기서, 업무통

표 12. 차종별 대당 지연시간

구분	지연시간	승용차 환산단위 (PCU)
승용차	0.043 hr/대	1
버스	0.077 hr/대	1.8

표 13. 왕십리길의 평균 1시간 지점교통량 (대/hr)

구분	5일평균	7일 평균
유출(상행)	1,506	1,510
유입(하행)	1,476	1,471
평균(전체)	1,491	1,491

서울지방경찰청 교통량 조사자료, 2000

표 14. 차종별 도심유출입 교통량 비율 (대/일)

구분	총계	승용차	택시	버스	기타	
2002년	소계	1,393,940	874,359	331,787	95,270	92,524
	유입	673,880	420,741	165,659	44,674	42,806
	유출	720,060	453,618	166,128	50,596	49,718

'02 서울시 가구통행실태조사 코든·스크린라인 교통량 조사자료

표 15. 교통수단별, 통행목적별 시간가치 산정

차종	월평균 임금 <sup>1)</sup> (원)	월평균 근로시간 <sup>2)</sup> (hr)	시간당 임금(원)	시간가치 (원)	
				업무통행	출근통행
승용차	2,247,041	195.6	11,488	11,488	4,595
버스	1,835,521	208.7	8,795	8,795	3,518

1), 2) : 노동통계연보 (노동부, 2003)

표 16. 각 수단별 평균 재차인원 (명/대)

구분	승용차	버스
평균 재차인원 (명/대)	2	22

서울시 교통정비 중기계획(2000.11)

행의 시간가치는 시간당 임금의 100%, 출근통행은 40%를 적용하였다(서울특별시 교통정비 계획, 2000).

4.3 해체·폐기처리 비용( $C_{Dis}$ )

해체/폐기 처리비용은 해체비와 폐기처리비의 합으로 산출하나 해체비의 경우 포장공법별 동일 비용이 소요된다고 가정하여 본 연구에서는 고려하지 않고, 폐기 처리비만 고려하였다. 폐기처리비의 처리단가는 대한 건설폐기물처리 공제조합에서 제시한(물가정보 2004년 게재) 표17의 처리단가를 적용한다. 재생아스팔트의 경우는 처리비용이 들지 않으므로 이를 고려하지 않는다.

4.4 경제성 분석 결과

4절에서 제시한 사례 대상노선의 근거항목을 이용하여 할인율 4.6%, 공용연수 10년 동안의 포장공법별 LCC 분석을 수행한 결과, 다음 표 18과 같았다.

위의 표 18에서 볼 수 있듯이 전체 생애주기 비용 면에서 개질 아스팔트가 다른 공법에 비해 경제적으로 유리한 것으로 나타났다. 일반 아스팔트나 재생아스팔트의 경우 초기 공사비용면에서는 저렴한 양상을 보였지만 유지보수비용

표 17. 페아스팔트의 처리단가

구분	처리단가 (1톤당)	적용범위
페아스팔트콘크리트(페이स्क)	17,626.15	이물질이 없는 포장도로에서 발생된 페아스팔트

표 18. 아스팔트 포장공법별 LCC 분석 결과

구분	항목	생애 주기비용 (백만원)	구성비 (%)	
일반 아스팔트	초기투자비	포장공사비용	470	18.0
		설계 및 감리비용	33	1.3
	운용관리비	유지보수비용	2,050	78.7
		시간지체비용	45	1.7
	해체/폐기비	폐기처리비	8	0.3
	합계		2,606	100.0
개질 아스팔트	초기투자비	포장공사비용	750	30.1
		설계 및 감리비용	46	1.9
	운용관리비	유지보수비용	1,660	66.7
		시간지체비용	24	1.0
	해체/폐기비	폐기처리비	8	0.3
	합계		2,488	100.0
재생 아스팔트	초기투자비	포장공사비용	453	17.9
		설계 및 감리비용	32	1.2
	운용관리비	유지보수비용	2,001	79.1
		시간지체비용	45	1.8
	해체/폐기비	폐기처리비	-	0.0
	합계		2,531	100.0

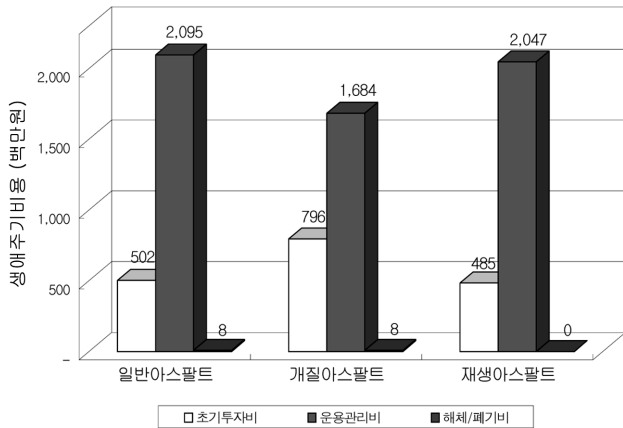


그림 1. LCC 분석결과 비용항목 요약

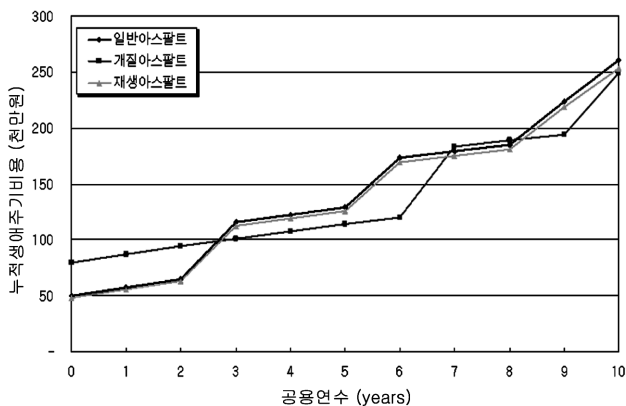


그림 2. 연도별 누적 생애주기비용

면에서 개질 아스팔트보다 높은 금액이 예상되었으며, 보수 횟수 또한 개질 아스팔트에 비해 많이 소요되는 것으로 나타났다. 이에 반해 개질 아스팔트의 경우는 초기건설비의 부

담이 있는 대신 유지보수 비용이 적고 유지보수 횟수가 타 공법에 비해 적기 때문에 교통량이 많고 상습지체구간이 많은 본 사례 대상 노선(왕십리길)에는 개질아스팔트 적용이 경제적이라고 분석 되었다.

## 5. 민감도 분석

### 5.1 할인율에 대한 민감도 분석 결과

할인율은 보통 물가상승율과 이자율에 의해 결정된다. 본 연구에서는 과거 통계자료에 의한 4.6%의 할인율을 적용시켰으나, 민감도 분석에서는 3~12%의 할인율에 대한 각 대안별 생애주기비용의 추이를 살펴본다. 다음 그림3은 할인율 변화에 따른 각 대안별 생애주기비용의 변화를 나타낸 것이다. 결과에서도 알 수 있듯이 개질아스팔트가 할인율의 변화에도 다른 대안에 비해 경제적인 것을 알 수 있으며, 할인율 12%에 근접함에 따라 개질아스팔트와 재생아스팔트의 생애주기비용이 비슷하게 소요됨을 알 수 있다.

### 5.2 공용연수에 대한 민감도 분석 결과

도로의 경우 다른 토목구조물의 비해 짧은 생애주기를 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 8년(보통 서울시 도로포장의 공용연수), 10년(개질아스팔트 및 재생아스팔트 공용연수), 15년, 20년(국도 아스팔트 포장의 공용연수)의 공용연수에 대한 민감도 분석을 수행한다. 그림 4의 결과를 보면 공용연수가 증가함에 따라 각 대안별 생애주기 비용 또한 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 개질 아스팔트의 경우 생애주기 비용의 증감 추세가 작고, 공용연수가 증가함에도 다른 공법에 비해 경제적인 것으로 분석되었다.

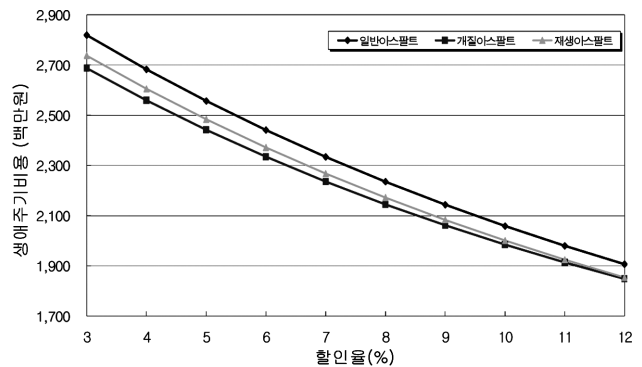


그림 3. 할인율에 대한 민감도 분석

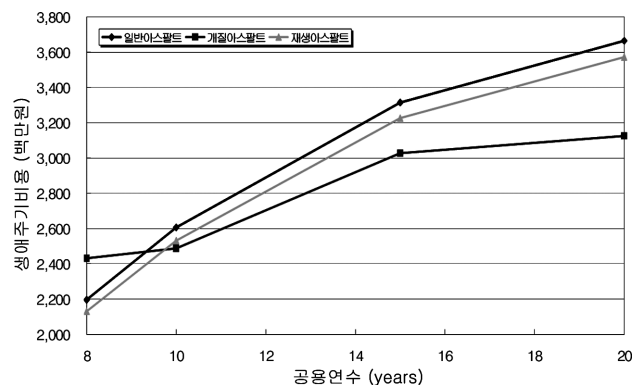


그림 4. 공용연수에 대한 민감도 분석



## 6. 사례 적용노선의 VE평가

본 연구에서는 사례 대상 노선의 LCC 분석과 동시에 VE평가를 함께 수행한다. VE평가는 LCC 분석의 경제적 측면뿐만 아니라 사회, 환경 등 비경제적 요소를 종합적으로 평가하여 최적대안을 선정하는 기법이다. 즉, 최소한의 비용(생애주기비용)에 의한 최대한의 기능 향상으로 최적대안을 도출하는 평가 기법이라고 할 수 있겠다. 설계 VE를 위해서는 FAST 다이어그램에 의한 기능정의, 기능분석, 아이디어 발상 등의 활동을 하여야 하나 본 연구는 포장공법 선정에 대한 검토이므로 앞서 선행되었던 사례 대상노선의 LCC 분석결과를 이용하여 다음의 과정을 통해 아스팔트 포장공법에 따른 VE평가를 실시한다. 평가방법은 Caltrans(미 캘리포니아주(州) 교통국 기준)의 『Value Analysis Report Guide』에서 제시한 기준 matrix 평가법을 이용한다.

### 6.1 대안별 평가항목 선정 및 가중치 결정

대도시 아스팔트 포장도로에 대한 VE 평가를 위한 항목은 관련 실무자의 의견과 각 공법의 특성을 고려하여 5가지 항목으로 결정하였으며, 표 19는 각 항목에 대한 포장공법의 장단점 및 특성을 구체화시킨 것이다.

본 VE평가에 사용될 가중치는 1차적으로 표 19의 평가기준 Matrix(Caltrans 1999)에 의해 결정한다.

위 표 20의 평가기준 Matrix는 평가항목들을 서로 쌍으로 비교 평가하여 각 항목에 대한 가중치를 산정하는 방법이다. 각 평가항목이 만나는 박스 내에서 두 개의 항목을 비교하여 중요성이 높은 평가항목을 기록하고(비슷하게 평가되

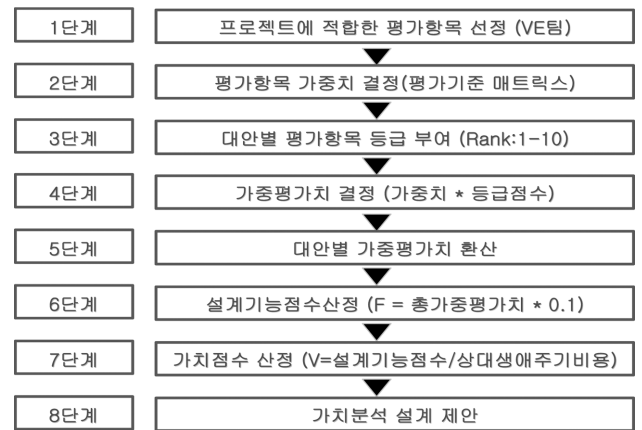


그림 5. 최적인 선정을 위한 VE평가 절차

었을 때 A/B 식으로 기록) 중요성이 높다고 기록된 항목은 1점, 비슷하게 평가 기록된 것은 0.5점으로 계산하여 모든 항목별 점수를 취합하여 가중치를 결정하게 된다(Caltrans 「Value Analysis Report Guide, 1999」의 추천방법). 이렇게 합산된 가중치를 보정하여 최종 확정 가중치를 결정하게 된다. 본 VE 평가에 사용될 최종 가중치는 10년 이상 도로 관련 분야에 재직 중인 실무자 10명의 설문을 고려하여 다음 표 21과 같이 최종 선정하였다.

### 6.2 대안별 평가항목 등급결정

가중 평가치 계산을 위해 아래와 같은 기준으로 각 대안 별로 평가항목에 대해 등급(Rank)을 부여한다. 본 평가에서 는 관련 실무자의 설문조사를 통한 대안별 등급 평균을 고

표 19. 각 포장공법별 구체화

구분	원안	비교1안	비교2안
	일반아스팔트	개질아스팔트	재생아스팔트
구조안정성	포장도로 구조상 양호한 안정성	포장도로 구조상 우수한 안정성	포장도로 구조상 다소 불안정
시공성	유리 (시공실적 많음)	양호(시공 도입단계)	불리(플랜트 설치)
유지관리성	유지관리 양호	유지관리 유리	유지관리 다소 불리
경제성	초기공사비 양호 지관리비 다소 고가	초기공사비 고가 유지관리비 저렴	초기공사비 저렴 유지관리비 다소 고가
교통처리 및 민원	주간 공사 시 교통통제 및 민원발생	주간 공사 시 교통통제 및 민원발생	주간 공사 시 교통통제 및 민원발생

표 20. 평가기준 Matrix (Caltrans 1999)

항목	평가				Total		가중치(%)
	a	a/c	a/d	a			
A. 구조안정성	a	a/c	a/d	a	3	→	30
B. 시공성		c	b/d	b/e	1	→	10
C. 유지관리성			c/d	c	3	→	30
D. 경제성				d	2.5	→	25
E. 교통처리 및 민원					0.5	→	5
Total					10		100

표 21. 최종가중치 결정

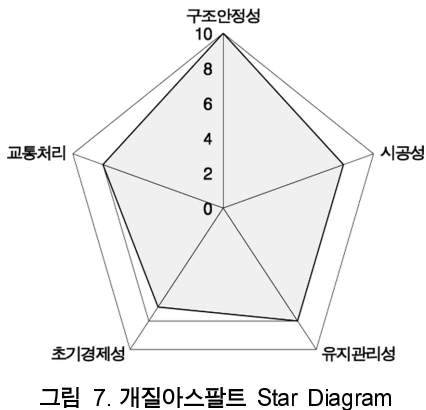
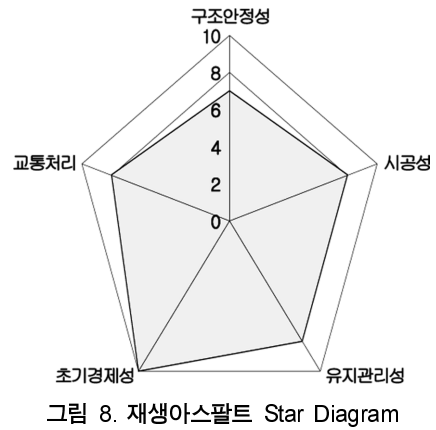
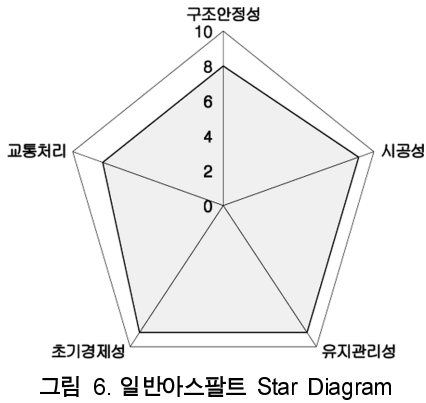
구분	구조안정성	시공성	유지관리성	초기경제성	교통처리 및 민원	합계
평가기준 Matrix를 이용한 1차 가중치	30	10	30	25	5	100
설문조사를 통한 가중치 평균	26.5	16	29.5	17.5	10.5	100
최종 가중치	30	15	30	20	5	100

표 22. 대안별 평가항목에 대한 등급 결정

구분	구조안정성	시공성	유지관리성	초기경제성	교통처리 및 민원	합계
일반아스팔트	8	9	9	9	8	43
개질아스팔트	10	8	8	7	8	41
재생아스팔트	7	8	8	10	8	41

표 23. 대안별 VE 평가

구분		원안 (일반아스팔트)		비교1안 (개질아스팔트)		비교2안 (재생아스팔트)	
평가항목	가중치	등급	점수	등급	점수	등급	점수
구조안정성	30	8	240	10	300	7	210
시공성	15	9	135	8	120	8	120
유지관리성	30	9	270	8	240	8	240
경제성	20	9	180	7	140	10	200
교통처리 및 민원	5	8	40	8	40	8	40
Total		865		840		810	
설계기능점수(F)		86.5		84		81	
LCC 분석결과 (백만원) (할인율 4.6%)	초기투자비	502		796		485	
	운영관리비	2,095		1,684		2,047	
	해체/폐기비	8		8		-	
	LCC	2,606		2,488		2,531	
	상대LCC(C)	1.05		1		1.02	
가치 점수 (V=F/C)		82.4		84		79.4	



아스팔트 포장의 포장공법별 VE 평가를 수행하였으며, 그 결과를 다음 표 23에 나타내었다.

본 사례 대상 노선의 아스팔트 포장공법별 VE 평가를 수행한 결과, 표 22에서 보는 바와 같이 원 설계안인 일반아스팔트 포장보다 개질 아스팔트의 가치 점수가 높게 산정된 것을 알 수 있다. 개질 아스팔트의 경우 골재 맞물림 효과를 극대화 하여 고온 및 중차량 조건에서 소성변형에 대한 저항성이 크며, 일반 아스팔트 혼합물 대비 생산비가 고가이나 수명연장효과로 보수 주기가 감소되어 전체적으로 경제적인 것으로 나타났다.

려하여 결정하였다. 표 22은 본 평가에 적용할 대안별 평가항목에 대한 등급을 나타낸 것이다.

### 6.3 대안별 VE평가

본 절에서는 6.3~6.4의 가중치와 등급을 반영하여 대도시

## 7. 결 론

본 연구는 대도시 아스팔트 포장에 따른 포장공법에 대한 LCC 분석모델 개발 및 VE 평가에 관한 연구로 대도시 포장의 공용연수 동안에 발생하는 총 생애주기비용을 고려하

여, 지역 특성과 교통량 등 포장의 수명에 영향을 주는 인자에 대해 보다 효율적으로 대처할 수 있는 포장공법 선정에 대한 의사 결정을 지원하기 위해 수행 되었으며, 이에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 현재 대도시 아스팔트 포장에 소규모 적용중인 개질 아스팔트와 재생아스팔트를 일반아스팔트와 비교하여 지역특성 및 교통량 등을 고려한 보다 효율적인 공법결정을 지원하기 위해 포장공법에 대한 LCC 분석 모델을 제안하였다.
2. 개발 된 LCC 분석모델을 현재 공용중인 사례적용 대상노선을 선정하여 적용한 결과, 교통량이 많고 상습 지체구간이 많은 특성을 지닌 본 사례노선에 대해 공용연수 10년 동안 일반 아스팔트는 2,606 백만원, 개질아스팔트 2,488 백만원, 재생아스팔트 2,531 백만원으로 개질아스팔트가 다른 공법에 비해 저렴하게 소요되는 것으로 예측되었다.
3. 사례대상노선에 대해 LCC 분석결과와 관련 실무자의 의견을 반영하여 VE평가를 수행한 결과 개질아스팔트의 가치점수가 84점으로 원안인 일반아스팔트의 82.4보다 1.6 점(2%) 향상된 것을 알 수 있다.
4. 대도시 아스팔트의 경우 국도 아스팔트에 비해 통계자료가 체계적이고 일관성 있게 이루어지지 않고 보고서 형식의 자료분산이 되어 있기 때문에 본 연구에 가장 큰 영향을 주는 운용관리비용의 선정자료에 대한 보다 체계적이고 구체적인 자료 축적이 선행되어야 할 것이다.
5. 본 논문은 일부 지역의 특성만을 반영한 것으로 보다 효율적인 의사결정 지원을 위해 많은 자료축적과 더불어 연구를 통해 모델의 개선이 필요하다.

### 참고문헌

건설교통부(2002) 교량의 LCC 분석모델 개발 및 DB 구축방안 연구.

- 건설교통부(1999) 공공건설사업 효율화 종합대책.  
 건설교통부(2002) 도로포장설계·시공지침.  
 교통개발연구원(1992) 교통혼잡비용 예측 모델.  
 권석현(2000) LCC 기법에 의한 도로포장형식의 경제성 분석에 관한 연구, 석사학위논문, 중앙대학교.  
 박현(1997) 서울시정개발연구원, 1화물차량 도심통행진입제한의 타당성 분석.  
 서선덕(1991) 도로용량 함수와 혼잡비용.  
 서울시정개발연구원(2002) 교통혼잡 특별관리 구역 시범사업 계획 수립.  
 서울시정개발연구원(1997) 교통혼잡비용 산정에 포함되는 시간지체 비용 모델.  
 서울지방경찰청(2001) 서울시 교통량 조사자료.  
 서울특별시(2002) 서울시 도로정비 기본계획.  
 서울특별시 교통관리실(2001) 서울시 차량통행 속도 통계자료.  
 임중권(1999) 구조수명간 최소기대비용에 기초한 교량의 최적 내진 안전수준의 결정을 위한 신뢰성 해석기법, 박사학위논문, 한양대학교.  
 재경부(2000) 원가계산을 위한 예정 가격 작성준칙(재경부 회계예규).  
 조효남 외 3인(2001) Latex Modified Concrete 교면공법을 이용한 포장공법의 Life Cycle Cost 분석.  
 지성욱(2000) 효율적인 건설사업 추진을 위한 설계 VE 제도 도입기반 구축.  
 한국건설기술연구원(1992) 도로용량편람연구조사 : 제3단계 최종 보고서.  
 한국도로공사(2004) 유지보수 측면에서의 포장형식별 비교분석.  
 한국시설안전기술공단(2004) 시설물의 LCC 분석기법.  
 Caltrans (1999) Value Analysis Report Guide.  
 Ehlen, M. A. and Marshall, H. E. (1996) *The Economics of New-Technology Materials: A Case Study of FRP Bridge Decking*, Office of Applied Economics, NIST.  
 FHWA (1998) *Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design-In Search of Better Investment Decisions* (Nishikawa,k, "A Concept of Minimized maintenance Bridges", 橋梁의 基礎, 97-8月, pp. 64-72 (in Japanese), 1997).

(접수일: 2005.5.3/심사일: 2005.9.7/심사완료일: 2006.8.14)