

■ 論 文 ■

신호교차로의 차량운행비용 특성을 고려한 경제성분석 모형개발

A Study on the Development of an Economic Efficiency Model Considering Vehicle Operating Cost Properties of Signalized Intersections

변은아

(도로교통공단 교통신호팀 팀장)

김영찬

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

안소영

(도로교통공단 교통신호팀)

고광덕

(도로교통공단 교통신호팀 차장)

윤수영

(도로교통공단 교통신호팀 과장)

목 차

- I. 서론
 - II. 기존 경제성평가 문헌고찰
 - 1. 편익산정
 - 2. 차량운행비용 절감 편익
 - 3. 통행시간 절감 편익
 - III. 경제성 분석 모형 구축
 - 1. 현황 및 문제점
 - 2. 신호교차로에서의 경제성분석 모형
 - 3. 분석 모형의 적용
 - IV. 결어 및 향후과제
- 참고문헌

Key Words : 경제성분석, 신호교차로, 편익, 차량운행비용, 정지지체시간

Economic Analysis, Signalized Intersection, Benefit, Vehicle Operating Cost, Stopped delay time

요 약

교통시설 투자평가에 대한 경제성 분석과 관련하여 일반적인 예비타당성조사 지침 및 투자평가지침에서 적용하는 차량운행 비용 절감편익 중 유류비 산정 자료는 차량운행시 유류소모량과 주행속도와의 관계만을 고려하여 분석하고 있다. 신호로 인한 정지지체가 발생하지 않는 연속류의 경우 주행속도와 통행시간의 변화로 인한 절감편익에 대한 고려가 가능하다. 실제 신호교차로상에 신호체어로 인해 정지가 발생하는 단속류에 대해서는 정지지체시간감소 및 정지율 개선에 대한 고려가 없어 개선 효과분석의 현실반영이 어렵다. 따라서 기존 연구에 정지지체시간감소에 따른 절감편익을 보완하여 차량운행비산정 모형 관계식을 개발함으로써 신호교차로 특성을 반영한 편익을 분석 할 수 있는 기틀을 만드는 데 본 연구의 목적을 두었다. 공회전시 유류소모량 적용으로 정지지체시간을 고려한 차량운행비용을 재정립하였고, 서산시 가로축 2개에 대한 교통신호체계 최적화사업에 적용하여 기존 모형 적용시와 개발모형 적용시 경제적 편익에 대하여 분석하였다. 도로의 혼잡지역 증가로 교통체계관리의 중요성이 부각되는 가운데 신호연동체계 개선 및 혼잡개선 사업등의 효과분석에 있어 신호교차로 특성을 고려한 경제성 분석의 모형제시를 통해 지체도 개선을 반영한 좀 더 현실적 경제성분석에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

In relation with economical efficiency analysis on investment evaluation of transportation system, among vehicle operating cost saving benefit that is applied to general preliminary assessment guidelines and investment evaluation guidelines, oil expense calculated data which concentrated and analyze on the relationship between oil consumption amount on running state and running speed. For uninterrupted flow which does not have stopped delay due to traffic signal, consideration for reduction benefit is possible due to the changes of running speed and travel time however, for interrupted flow which the stopping occurs due to signal control on actual signal intersection has no consideration for stopping delay time reduction and stopping rate improvement thus reflection of reality on improved effect analysis is difficult. Therefore, this research makes a framework to analyze benefits that reflects the features of signalized intersections by benefits associated with decrease of stopping delay time with existing research and developing vehicle operating cost calculation model formula. Vehicle operating cost has been redefined considering the stopping delay time by applying the oil consumption amount at idling and the economical benefit between conventional model and newly developed model when applied for the optimization of traffic signal system on the two roads in Seosan city has been analyzed comparative. While the importance of traffic system maintenance is being emphasized due to the increase of congested areas on roads, it is expected to assist in more realistic economical analysis which reflect the delay improvement through the presentation of an economic analysis model that considers the features of signalized intersections in signal optimization system improvements and effect analysis of congestion improvement projects.

1. 서론

교통시설 투자평가에 대한 경제성 분석과 관련하여 많은 지침과 연구가 있어왔다. 도로투자 사업에 따른 편익 분석항목은 현실적으로 계량화가 가능한 통행시간 감소 편익과 차량운행비용 감소편익이 주요항목이 된다. 일반적인 예비타당성조사 지침 및 투자평가 지침에서 적용하는 차량운행비용 절감편익 중 유류비 산정 자료는 「도로사업 투자분석기법 정립(1999, 한국도로공사)」을 토대로 유류소모량과 주행속도와의 관계만을 고려하여 편익을 산정하고 있다.

연속류의 경우, 주행속도와 통행속도가 동일하여 주행속도에 의한 편익산정이 적합하다 할 수 있으나, 단속류를 대상으로한 평가에 대하여는 주행속도 증가외에도 신호제어에 의한 차량의 정지를 제거함으로써 얻게 되는 차량의 정지지체시간 절감편익에 대한 고려도 필요하다. 실제 신호체계 최적화 및 연동화에 의해 사업 전후의 경제성 분석이 이루어지는 경우 주행시간의 감소폭이 정지지체시간의 감소폭과 동일할 때, 주행속도는 변화가 없는 것으로 나타나, 개선 효과 측정시 차량운행비용 절감 효과는 없는 것으로 평가된다. 주행시간의 변화는 없으나 통행시간 절감으로 인해 발생하는 편익의 제외로 인해 현재의 경제성 분석 모형은 개선효과를 반영하기에는 어려움이 있으므로, 신호교차로의 특성을 고려한 별도의 경제성분석 모형이 요구된다.

본 연구는 기존 적용되어온 경제성 분석 관련 지침의 편익 개념과 산출방식을 일부 개선하여 신호교차로 특성에 맞는 경제성 분석 모형을 제시하는 것을 목적으로 한다.

II. 기존문헌고찰

1. 편익 산정

도로 및 교통시설 투자사업의 편익 산정이란 사업 시행으로 인한 수단선택, 경로선택, 통행시간 등 통행패턴의 변화 영향을 화폐가치로 환산하는 작업을 의미한다.

1) 편익분석 항목

도로 시설 투자 사업이 가져오는 편익은 크게 직접편

〈표 1〉 도로투자사업에 따른 편익분석 항목

구분	편익분석 항목
직접편익	- 통행시간 감소 - 차량운행비 감소 - 교통사고건수 감소 - 환경비용(공해 및 소음) 감소
간접편익	- 지역개발 효과 - 시장권의 확대 - 지역사업구조의 개편 등

자료: 건설교통부(2004), 「공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침」

익과 간접편익으로 구분한다. 투자평가지침(2004)¹⁾에서 도로투자사업에 따른 편익은 〈표 1〉로 제시하고 있으며, 경제성 분석에 반영된 편익은 이 중 직접편익만을 분석 대상으로 한다.

예비타당성조사 지침(2004)²⁾에서는 도로사업 시행에 따른 편익항목으로 환경비용 절감을 간접편익으로 분류하고 있으며, 편익의 구분을 공통편익과 사업특수 편익으로 구분하기도 한다.

2) 편익의 산정

지침에서는 현실적으로 계량화가 가능한 통행시간 감소편익과 차량운행비용 감소편익이 중요 항목이 된다. 통행시간 감소편익은 사업시행으로 인한 통행시간 감소량을 평가기간동안만큼 산출하여 통행시간 가치를 곱하여 산출한다. 통행시간 가치는 차량통행 시간을 생산 활동에 투입했을 때 얻게 되는 생산품 또는 다른 용역의 가치를 따져서 얻는 방식을 통해 산정된다. 차량운행 비용 감소편익은 사업 시행으로 인해 도로조건이 달라지는 것을 반영시켜서 연료, 엔진오일, 감가상각비 등을 고려하여 산정한다.

본 연구에서는 편익 항목중 신호교차로의 특성에 영향을 받을 수 있는 차량운행비용 절감편익에 대해서만 다루도록 한다.

2. 차량운행비용 절감 편익

차량운행비용(Vehicle Operating Cost)은 고정비용과 변동비로 구분되며, 고정비는 차량의 감가상각비, 운전원의 보조원의 임금, 보험료 및 차량검사료를 포함하고, 변동비는 연료비, 엔진오일비, 타이어마모비, 차량유지수

1) 건설교통부(2004), 「공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침」

2) KDI(2004), 「도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)」

선비 등을 포함한다. 예비타당성조사 지침(2004)과 투자평가지침(2004)에서 제시하는 방법론은 한국도로공사(1999)의 '도로사업 투자분석 기법정립'에 제시된 방법론을 바탕으로 개정·발전되어 온 내용을 기반으로 한다.

1) 차량운행비용 산출 방법

차량운행비용은 사업시행 전후 주행조사와 교통량조사 결과로 산출되는 사업구간의 주행속도에 따른 차량운행비 원단위를 적용하여 산출하도록 한다. 또한 차량운행 비용의 차종은 승용차, 버스, 화물차량으로 구분하여 절감편익으로 산출한다.

$$VOCS = VOC^0 - VOC^c \tag{1}$$

단, VOC^0 : 사업 미시행시 차량운행비용

VOC^c : 사업 시행시 차량운행비용

$$VOC = \sum_l \sum_{k=1}^3 (D_{lk} \times VT_k \times 365) \tag{2}$$

D_{lk} : 링크별(l), 차종별(k) 대·km

VT_k : 차종별(k) 해당 링크 주행속도의 km당 차량운행비용

k : 차종(1=승용차, 2=버스, 3=화물차)

(1) 유류비

유류비 산출에 대하여 많은 연구에서 특히, 유류소모량에 관한 연구가 거듭 수행되었다. 경제기획원(1982)의 『투자심사편람』, 『고속도로사업효과 조사(1995)』, 『고속도로 타당성조사 및 기본설계 실무편람(1998)』, 교통개발연구원(1998)의 『차량운행비 산정』등에서 각기 다르게 제시되고 있다. 예비타당성조사 지침(2004)에 제시되는 모형식은 국토연구원(1999)이 『도로사업 투자분석 기법정립』에서 제시한 실험자료를 근거로 하여 제시하였다.

유류소비량과 속도와의 관계식은 다음과 같다.

(단위 : ℓ/Km)

- 승용차 : (3)

$$L_c = 0.02882 + 0.910/V + 0.000003828 \times V^2$$

- 소형버스 : (4)

$$L_{sb} = 0.0336 + 1.153/V + 0.000004312 \times V^2$$

- 대형버스 : (5)

$$L_{lb} = 0.02476 + 3.492/V + 0.00001277 \times V^2$$

- 소(중)형트럭 : (6)

$$L_{st} = 0.01695 + 1.292/V + 0.00001647 \times V^2$$

- 대형트럭 : (7)

$$L_{lt} = 0.06639 + 4.158/V + 0.00002525 \times V^2$$

유류비는 위 관계식에서 도출한 유류소비량과 유류가격의 곱으로 산정한다.

(2) 엔진오일비, 타이어비, 유지정비비, 감가상각비

투자평가지침(2004)에서는 엔진오일비, 타이어비, 유지정비비, 감가상각비 모두 국토연구원(1999)의 『도로사업 투자분석 기법정립』상의 항목별 원단위를 적용하였다. 예비타당성조사 지침(2004)에서도 마찬가지로 엔진오일비, 타이어비, 유지정비비는 동일한 자료를 적용하고 감가상각비만 재산정하였다.

〈표 2〉는 KDI(2004)의 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)』에서 산출된 차량운행비용 원단위이며, 주행속도별 차량운행비용 원단위로 나눌 수 있다.

〈표 2〉 차량운행비용 항목별 원단위 산출결과

(단위 : 원/km)

구분	엔진오일비	타이어 교환비용	유지정비비	감가상각비
승용차	3.82	4.58	16.99	101.30
소형버스	3.66	4.57	15.36	64.99
대형버스	7.07	11.34	29.34	121.35
소형트럭	4.42	5.15	19.26	95.03
중형트럭	5.34	14.28	42.4	174.30
대형트럭	6.21	20.11	58.09	135.32

2) 총차량운행비용

총차량운행비용은 엔진오일비, 타이어비, 유지정비비, 감가상각비의 차량운행비용 항목별 원단위를 Weille(1996)의 속도별 차이에 따라 적용하고, 차량운행비용 산출률과 기준속도 비율을 적용한 후(단, 유류비용의 경우에는 유류소모량에 단위 가격을 곱하여 산출³⁾), 최종적

3) 국토연구원(1999), 『도로사업 투자분석 기법정립』

으로 차종별 차량운행비용은 차종별 비용항목별 자료를 더하여 산출한다.

승용차는 110km/Hr, 소형버스는 100km/Hr, 대형버스는 90km/Hr, 소형트럭은 80km/Hr, 중형트럭 및 대형트럭은 60km/Hr에서 차량운행비가 가장 낮은 것으로 분석된다.4)

3. 통행시간 절감 편익

통행시간 절감 편익은 통행자나 화물이 개선된 시설을 이용함으로써 단축되는 시간을 화폐단위로 계량화한 것으로 통행시간가치(VOT: Value of Time)는 개인이 1단위의 통행시간을 단축하기 위하여 기꺼이 지불할 용의(Willingness to Pay)가 있는 금전액을 의미한다. 차량속도가 향상되면 운전자 및 승객의 통행시간은 절감되어 다른 목적에 시간을 사용할 수 있으며, 업무통행의 경우에는 통행시간 절약은 업무시간의 증가, 곧 생산 활동을 위한 시간의 증가를 가져오며, 비업무통행의 경우에는 여가활동을 위한 시간 증가를 가져온다.

1) 통행시간비용 산출 방법

사업미시행시와 사업시행시에 대해 수단별로 산출된 총통행시간에 통행목적별로 각각 다른 시간가치를 적용하여 총통행시간 비용을 산출하고 차액을 통행시간 절감 편익으로 산출한다.

$$VOT = VOT^0 - VOT^c \tag{8}$$

단, VOT^0 : 사업 미시행시 통행시간비용

VOT^c : 사업 시행시 통행시간비용

$$VOT = \left\{ \sum_l \sum_{k=1}^3 [T_{kl} \times P_k \times Q_{kl}] \right\} \times 365 \tag{9}$$

T_{kl} : 링크 1의 차종별 통행시간

P_k : 차종별 시간가치

Q_{kl} : 링크 1의 차종별 통행량

k : 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차)

2) 통행목적에 따른 시간가치

통행시간 절감은 통행 목적이 무엇이냐에 따라 구분될

〈표 3〉 차량1대당 승용차와 버스 평균통행시간 가치 산정 예 (2003년 기준)

구분	승용차		버스(대당)	
	업무	비업무	업무	비업무
재차인원 (인)	0.39	1.61	3.6	18.4
시간가치 (원)	13,257	4,335	9,325(1인) 13,257(2.6인)	2,160
시간가치 (원/대·시)	5,170	6,979	35,839	39,744
평균시간 가치(원/대)	12,150		75,583	

수 있으며, 우리나라의 경우 업무통행과 비업무통행으로 구분하여 각 통행목적에 따라 상이한 시간가치가 적용되도록 하고 있다. 예비타당성조사 지침을 보면 1999년 지침에서는 승용차의 업무통행을 25%로 가정하였으며, 2000년, 2001년, 2004년 지침에서는 국토연구원(1999)의 『도로사업 투자분석편람』을 토대로 업무통행의 비율을 19.5%로 설정하였다. 또한 버스의 업무통행도 마찬가지로 1999년 지침에서는 업무통행을 25%로 가정하였고, 이후 지침에서는 국토연구원(1999)의 『도로사업 투자분석편람』을 토대로 16.4%로 설정하였다.

이를 기준으로 예비타당성조사 지침(2004)에서 제시하는 평균통행시간 가치 산정의 예는 〈표 3〉과 같다.

3) 차량당 평균시간가치 추정

현행 투자평가지침과 예비타당성 조사지침에서 평균재차인원은 승용차 2.0명, 버스 22.0명을 적용하고 있다. 각 지침들에서 추정하는 차량당 평균통행시간 가치 추정결과는 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉 지침별 차량당 평균통행시간가치 추정결과 (단위: 원/시간)

구분	승용차	버스	트럭	비고
도로사업 투자분석 편람 (1999)	9,413	50,562	7,420	(1)
투자평가지침(2004)	9,697	72,717	9,948	(2)
예비타당성조사 지침(2004)	12,150	75,583	11,670	(3)
공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침 전면 개정연구(2006)	14,192	99,712	11,913	(4)

주: (1)1998년 기준가격
 (2)2000년 기준가격 - 예비타당성조사지침(3판,2001)과 동일
 (3)2003년 기준가격 - 상이한 기초자료 이용(트럭운전자의 시간가치만 고려)
 (4)2005년 기준가격

4) KDI(2004), 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)』

III. 경제성 분석 모형 구축

1. 현황 및 문제점

위 기존 지침에 따른 경제성 분석에서 알 수 있듯, 경제성 분석에 필요한 지표는 사업 전후의 통행시간과 사업 전후의 주행속도이다. 이는 신호교차로상에 신호운영으로 정지가 발생하는 단속류에 대해서는 정지지체시간 감소 및 정지율 개선에 대한 고려가 없어 개선 효과분석의 현실반영이 어려운 실정이다.

실제 신호교차로 운영개선 사업의 효과로, 주행속도의 증가와 통행시간의 감소가 이루어진 경우, 기존 지침에서 제시하는 기준식에 의해 차량운행비용과 통행시간 절감 비용을 도출할 수 있다. 총 통행시간이란 주행시간과 정지지체시간의 합으로 정의되는데⁵⁾, 정지지체시간이란 순수하게 차량이 정지해있는 시간을 말한다. 이때 주행속도는 구간거리/주행시간(여기서, 주행시간은 총통행시간-정지지체시간)으로 순수 차량이 주행시에만 소요되는 차량운행비용만이 산출된다.

예를 들어, 통행시간의 변화가 60분에서 50분으로 단축되었다고 가정할 때, 정지지체시간의 변화가 10분에서 0분으로 단축되었다면, 주행시간은 사업전후 50분으로 동일하므로 주행속도 또한 동일하여, 개선 효과 측정을 위한 경제성 분석에서 차량운행비용 절감효과는 없는 것으로 평가되는 결과를 초래한다. 통행시간절감편익에서 총통행시간 감소에 대한 절감효과는 구할 수는 있으나, 차량운행비용에서는 차량이 60분을 운행한 경우와 50분을 운행한 경우 동일한 차량운행비용이 소모된 것으로 산정되어, 개선효과가 없는 것으로 나타나 신호교차로에서의 특성을 반영하지 못하고 효과 분석을 과소평가하게 되는 경제성 분석의 한계를 보이고 있다.

2. 신호교차로에서의 경제성분석 모형

신호교차로에서 대기시 발생하는 정지지체를 반영하기 위해, 차량이 신호대기로 인해 시동을 켜 채 정지하고 있는 상태의 유류소모량을 적용하여, 정지지체시간에 대한 차량운행비용 반영이 가능하도록 할 수 있다. 차량이 신호대기로 인해 정지한 상태에 소요되는 소모량과 차량

이 공회전시 소모되는 유류소모량을 동일하다고 가정하고 공회전시 소모되는 유류소모량은 다음과 같다.

1) 공회전시 소비되는 유류소모량

자동차 공회전의 일반적인 개념은 “원동기가 운전 중으로 사용되지 아니하면서 작동되고, 가속페달의 미작동 및 부하가 없는 상태에서 엔진 또는 자동차 제작사에 의해 지정된 매분 회전속도(RPM)에서 엔진이 작동하는 현상”을 의미한다. 이것은 마찰토크나 마찰마력이 같아져서 평형을 이루면서 회전하고 있는 상태이다. 즉, 자동차 공회전은 자동차 운행패턴이 연속적으로 나타나지 않고 주·정차시 엔진이 계속 가동되는 상태로 표현된다. 공회전시 소요되는 차종별 유류소모량은 <표 5>와 같다.

<표 5> 차종별 공회전시 유류소모량⁶⁾

차종	유류소모량	
승용차	13cc/분	0.000216667 ℓ/초
소형버스	13cc/분	0.000216667 ℓ/초
대형버스	33cc/분	0.00055 ℓ/초
소(중)형트럭	13cc/분	0.000216667 ℓ/초
대형트럭	30cc/분	0.0005 ℓ/초

공회전으로 소요되는 추가적인 유류소모량을 보완한 차량운행비의 연료절감비용의 관계식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{○ 승용차} & \quad (10) \\ OT_c &= \{(L_c^0 - L_c^c) \times \text{구간거리} + (T^0 - T^c) \\ & \quad \times 0.000216667\} \times \text{교통량} \times \text{차종별유류비} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{○ 소형버스} & \quad (11) \\ OT_{sb} &= \{(L_{sb}^0 - L_{sb}^c) \times \text{구간거리} + (T^0 - T^c) \\ & \quad \times 0.000216667\} \times \text{교통량} \times \text{차종별유류비} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{○ 대형버스} & \quad (12) \\ OT_b &= \{(L_b^0 - L_b^c) \times \text{구간거리} + (T^0 - T^c) \\ & \quad \times 0.00055\} \times \text{교통량} \times \text{차종별유류비} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{○ 소(중)형트럭} & \quad (13) \\ OT_{st} &= \{(L_{st}^0 - L_{st}^c) \times \text{구간거리} + (T^0 - T^c) \\ & \quad \times 0.000216667\} \times \text{교통량} \times \text{차종별유류비} \end{aligned}$$

5) 도철웅(2001), 『교통공학원론 上』, p281

6) 에너지관리공단 제공

○ 대형트럭 (14)

$$OT_{tt} = \{(L_{tt}^0 - L_{tt}^c) \times \text{구간거리} + (T^0 - T^c) \times 0.0005\} \times \text{교통량} \times \text{차종별유류비}$$

- 단, L^0 : 사업미시행 주행중 연료소모량
- L^c : 사업시행 주행중 연료소모
- T^0 : 사업미시행 정지지체시간
- T^c : 사업시행 정지지체시간

이와같이 기존 유류소모량에 정지지체시간 차이와 공회전시 유류소모량의 곱을 합산하여, 신호교차로에서의 정지지체시간 절감효과를 반영한 차량운행비용을 산정할 수 있다.

신호교차로에서의 경제성분석은 정지지체시간으로 인한 차량운행비용의 증가가 이루어지지만, 통행시간절감 편익에서는 통행시간내에 정지지체시간이 포함되어 있으므로, 신호교차로에서나 연속류에서 동일한 적용이 이루어 진다하겠다.

3. 분석모형의 적용

앞 절에서 제시된 분석 모형을 적용하여, 실제 교통신호 연동화 D/B구축사업을 시행한 서산시 가로축의 사업 전후 주행분석 결과를 대상으로 하여 경제성 분석을 실시하였다. 교통신호 연동화 D/B구축사업은 교통신호체계 운영을 위한 최적의 데이터베이스를 구축, 효율적인 운영 및 유지관리의 적정으로 도시내의 교통정체요인을 해소하고 교통소통을 원활하게 하는데 그 목적을 둔 사업으로 총 3개축에 대하여 가로축 개선사업이 시행되었다. 그중 2개의 가로축 데이터를 기초로 지침에서 제시하는 경제성분

석 모형과 신호교차로 특성을 고려한 경제성분석 모형을 각각 적용하여 비교분석하였다. 사업 전후 교통량을 동일하다고 가정하며, GPS시보장치를 통한 신호연동값 및 신호시간을 재설정하고 연동효과 제고를 위한 신호현시 조정 및 현장상황에 적합한 데이터베이스를 구축한 후 구간에 대한 주행속도를 측정하였다.

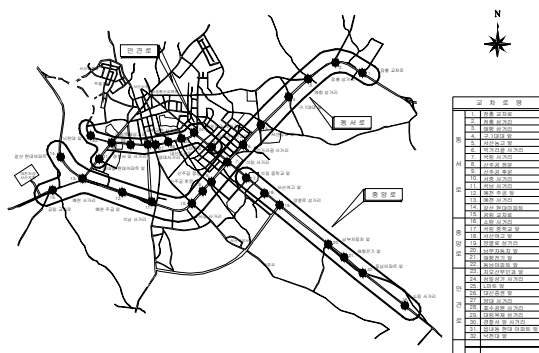
1) 조사 수집 내용

분석 대상지는 <그림 1>의 서산시 관내 동서로(잠룡교차로~공림교차로)구간과 안전로(자모산부인과 ~갈산교차로)구간의 2개 가로축이며, 조사시간은 평일 첨두시간(아침 출근시간(07:30-09:30), 낮시간(12:00-14:00), 저녁 퇴근시간(17:30-19:30)에 이루어졌다.

교통량수집은 승용, 버스, 트럭으로 구분하여 조사하였으며, 버스는 17인승이상의 대형버스, 트럭은 8톤이상의 화물차로 차종구분하여 측정하였다. 유류소모량의 경우 차종을 총5종으로 분류하여 각각 산정할 수 있지만, 본 조사에서는 분석의 편의를 위해 소형버스와 소(중)형트럭을 승용차와 동일하다 가정하고 승용차 교통량에 포함하였다.

주행조사는 여러 가지 측정방법이 있으나 가장 신뢰도가 높은 시험차량방법(Test Car Method)중 조사차량이 차량군의 평균주행속도와 비슷하게 주행하면서 조사하는 방법인 Average speed method를 이용하여 조사하였다. 조사자는 2개의 Stop Watch를 사용하여 출발지점에서 시작하여 조사대상 경로를 주행하면서 각 교차로에서의 도착 및 통과시간 그리고 지체시간, 지체원인, 정지회수 등을 조사하였고 대상구간에 대해 왕복6회의 주행조사를 시행하여 평균값을 구하였다. 주행조사는 교통류 변화가 일정한 평일에 실시하였고, 대체로 비나 눈으로 인한 일기에 영향이 없는 시간대에 이루어졌다. 신호연동화(최적화) 사업전 주행조사는 2007년 5월에 시행되었으며, 신호연동화(최적화) 사업후 주행조사는 2007년 6월에 시행된 자료이다. 경제성분석을 위해 필요한 지표 및 주행분석 효과는 <표 6>과 <표 7>과 같다.

안전로의 경우, 통행시간 절감폭과 정지지체시간 감소폭이 동일하여, 주행시간(통행시간-지체시간)이 사업 전후 모두 124초로 동일하여 주행속도가 동일하게 분석되었다. 이는 신호시스템의 최적화 및 연동구축을 통해 차량의 신호대기로 인한 불필요한 정지를 개선하여 주행시간은 동일하지만 지체시간을 절감한 경우로, 동일거리에 대한 동일 주행시간을 적용할 경우 주행속도는 사업



<그림 1> 서산시 가로망도

〈표 6〉 도시 현황에 따른 지표

구분	가로축	동서로	안건로
	교차로(개)		16
거리(Km)		5.55	1.4
일교 통량	승용차(대/일)	13,185	8,523
	버스(대/일)	137	40
	화물차(대/일)	1,321	389

〈표 7〉 주행효과 분석

구분	가로축	동서로		안건로	
		사업전	사업후	사업전	사업후
통행시간(초)		691	471	264	211
지체시간(초)		277	110	140	87
통행속도(km/h)		29.3	43.0	19.6	24.0
주행속도(km/h)		48.4	55.4	40.7	40.7
정지율(%)		30.0	18.9	33.3	14.3

전후 변화가 없는 것으로 나타날 수밖에 없다. 종합적으로 평균 통행속도는 24.5km/h에서 33.5km/h로 36.7% 향상되었으며, 정지지체시간은 150.1초/km에서 81.8초/km로 45.5%의 개선율을 보였다.

2) 경제성 평가 적용 비교분석

1차로 예비타당성조사 지침(2004)에서 제시하는 방법으로 경제성 분석을 시행하였으며, 각 지표값은 2007년 소비자물가지수를 이용하여 편의 보정치수로 보정하였고 유류비는 2007년 평균 실질가격인 휘발유 749.86원/ℓ, 경유 790.57원/ℓ를 적용하였다.

기존 지침에 따른 경제성 분석 결과 차량운행절감비용은 연간 2억 1천8백만원으로, 연간 57억 4천4백9십만원의 총절감액이 발생한다. 이 때 안건로는 통행속도

〈표 8〉 기존지침에 따른 경제성 분석결과 (단위 : 백만원/년)

가로축 \ 절감비용	차량운행 절감비용	통행시간 절감비용	총절감비용
동서로	218.0	4,830.6	5,048.6
안건로	0.0	696.3	696.3
합계	218.0	5,526.9	5,744.9

〈표 9〉 동서로의 차량운행절감비용 (단위 : 백만원/년)

가로축 \ 절감비용	공회전시 유류비용	주행시 유류비용	기타차량 운행비용	총차량운행 절감비용
승용차	130.5	-8.4	206.7	328.8
버스+화물차	35.5	-15.7	35.4	55.2
합계	166.0	-24.1	242.1	384.0

〈표 10〉 신호교차로에서의 경제성 분석결과

(단위 : 백만원/년)

가로축 \ 절감비용	차량운행 절감비용	통행시간 절감비용	총절감비용
동서로	384.0	4,830.6	5,214.6
안건로	31.0	696.3	727.3
합계	415.0	5,526.9	5,941.9

의 향상과 통행시간 단축에도 불구하고 차량운행절감비용이 0원으로 산정되는 비현실적인 평가가 이루어졌다.

신호교차로에서의 경제성 분석결과 동서로의 차량운행절감비용을 항목별로 구분하여 보면, 〈표 9〉와 같다. 주행시 유류비용은 차량속도 향상으로 증가하는 것으로 나타나며, 기타차량운행비용은 엔진오일비, 타이어비, 유지정비비, 감가상각비를 차종별·속도별 차량운행비용에 해당하는 값을 적용하였다. 동서로의 경우, 총차량운행 절감비용은 연간 3억8천4백만원의 절감비용이 발생하는 것으로 평가되었다. 안건로의 경우는 주행속도의 변화가 없어 주행속도가 지표로 이루어지는 주행시 유류비용과 기타 차량운행비용은 모두 0원으로 산정되었고, 공회전시 유류비용만 차량운행절감비용에 평가되었다.

신호교차로에서의 경제성분석 모형을 적용하여, 정지지체시간에 대한 연료비용 부가를 위해 경제성 분석을 재산정하여 산출한 결과값은 〈표 10〉과 같다.

분석 결과 차량운행절감비용은 연간 4억 1천5백만원으로, 기존 정지지체시간에 대한 고려가 없는 경제성 분석 모형보다 1억 9천7백만원의 추가 절감효과를 보였다. 안건로의 경우에도 기존 주행속도의 동일 산정에 의해 차량운행절감비용효과가 무시되었던 것과는 달리 정지지체시간 절감에 따른 편익비용이 발생하여 평가의 신뢰성이 높아졌다 하겠다. 또한 분석을 시행한 서산시 구간은 도로연장, 정지지체절감시간과 교통량이 소규모임을 감안할 때 대규모에 대한 평가 시행시 그 효과는 더욱 클 것으로 기대된다.

IV. 결어 및 향후과제

기존 지침에서 적용하는 경제성 분석 모형을 비교하여 총차량운행비용과 통행시간절감 편익이 제시하는 내용을 검토하였다. 신호교차로의 경우 발생하는 정지지체시간에 대한 비용분석 고려가 없어, 사업의 경제성 분석시 개선효과 적용신뢰도가 떨어진다. 위 연구에서는 차량의 정지지체시간이 소모되는 유류소모량을 차종별 공회전시 유류소모량을 적용하여, 유류비용을 재산정하고 정지지체시간

을 반영한 차량운행비용 산정을 모색하였다.

적용 사례에서도 알 수 있듯 기존 경제성 분석모형은 신호교차로의 특성을 반영하지 못하여 편익분석시 개선 효과가 무시될 수 있으며, 개선된 경제성 분석 모형을 적용하여 정지지체시간절감에 대한 현실반영이 이루어져 지체감소를 목적으로 하는 신호교차로에서의 교통체계 개선사업의 경제성 분석시 이를 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

차량의 증가와 도로건설의 한계로 교통체계관리의 중요성이 부각되는 가운데 신호연동체계 개선 및 혼잡개선 사업등의 효과분석에 있어 신호교차로 특성을 고려한 경제성 분석의 모형제시를 통해 정지지체시간 개선을 반영한 좀 더 현실적 경제성분석에 도움을 줄 수 있을 것이라는 점에서 본 연구에 의의가 있다 하겠다.

본 연구에서 제시하는 경제성 분석모형의 적용으로 편익분석에 있어, 차량운행비용은 통행시간절감비용에 비해 큰 비중을 차지하지는 않으나, 신호운영으로 인해 발생하는 정지지체시간 절감에 대한 운행비용을 적용하여 현실에 맞는 평가를 시행할 수 있을 것이다. 경제성 분석에 있어 비용과 편익에 대한 분석이 모두 이루어져야 하겠지만, 도로사업에서 기존 신호시스템의 최적화 및 연동구축에 들어가는 별도의 비용 산정이 정립된바가 없기에 본 연구에서는 편익부분을 대상으로 이루어졌고, 비용에 대한 고려는 추후에 세밀한 검토 및 연구가 있어야 할 것이다. 향후, 일반국도에 대한 고속도로의 연비향 상율에 의한 유류소모량 반영 및 보정되어야 할 기타 차량운행비용, 그밖에도 여가통행수요를 반영한 통행시간 절감편익 산정등 많은 항목들에 대한 연구가 이루어져, 현실에 더 적절한 평가가 가능할 수 있기를 기대해 본다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제59회 학술발표회(2008. 10.24)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2004), “공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침”
2. 경제기획원(1982), “투자심사편람”
3. 교통개발연구원(1998), “차량운행비 산정”
4. 교통개발연구원(2005), “2004 전국교통혼잡비용 산출 및 추이분석”
5. 국토연구원(2006), “공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침 전면개정 연구 -도로부문- ”
6. 국토연구원(1999), “도로사업 투자분석 기법 정립”
7. 도로교통공단(2007), “서산시 교통신호운영자료 및 효율성 평가보고서”
8. 도로교통기술원(2006), “교통의 LCC분석을 위한 사용자 비용 산정 연구”
9. 서울시정개발연구원(2002), “서울시 자동차 공회전의 효과적 억제방안 연구”
10. 서울시정개발연구원(2003), “서울시 교통혼잡비용 산정의 개선방향에 관한 연구”
11. 한국개발연구원(2004), “도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)”
12. 한국개발연구원(2004), “군산(장항)산업단지 호안 도로 건설사업”
13. KDI(2006), “예비타당성조사 쟁점 연구(I)”

✉ 주 작성자 : 변은아

✉ 교신저자 : 변은아

✉ 논문투고일 : 2008. 12. 12

✉ 논문심사일 : 2009. 2. 3 (1차)

2009. 3. 10 (2차)

2009. 3. 24 (3차)

✉ 심사관정일 : 2009. 3. 24

✉ 반론접수기한 : 2009. 8. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필