

■ 論 文 ■

**도로 혼잡비용 추정 이론과 사례**  
(1999년 설날 연휴 고속도로 경부구간의 경우)

An Estimation of Congestion Cost on the Seoul-Pusan Express Highway

**김 상 태**  
(한국전자통신연구원 연구원)

**이 기 훈**  
(충남대학교 경제학과 교수)

목 차

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| I. 서론                | 1. 추정의 범위와 자료      |
| II. 혼잡비용 이론          | 2. 주행속도 및 소요시간의 추정 |
| III. 명절 고속도로 혼잡의 특수성 | 3. 혼잡비용의 추정        |
| 1. 수요의 비탄력성          | V. 결론 및 정책 시사점     |
| 2. 초혼잡               | 참고문헌               |
| IV. 명절 고속도로 혼잡비용의 추정 |                    |

Key Words : 교통혼잡, 고속도로, 교통혼잡비용, 사회적 비용, congestion cost

요 약

1999년 설날 연휴기간중 고속도로의 교통혼잡비용을 경부구간 한 방향 운행 차량(설날 전의 귀성차량과 설날 이후의 귀경차량)을 대상으로 추정하였다. 추정에 앞서 명절 고속도로 혼잡은 수요의 비탄력성과 초혼잡의 특성을 가지나 전통적인 혼잡비용 추정방법을 적용할 수 있음을 보였다. 추정 결과 연휴 5일 기간 중 평균 주행속도는 귀향 첫날 시속 18.8Km로 가장 느렸고, 경부구간 전체 주행에 총 18시간이 소요된 것으로 나타났다. 정상소통시의 기준속도로 주행할 경우의 소요시간 5.6시간에 비해 무려 12.4시간이 더 걸린 것이다. 연휴 기간에 이 구간 통행 차량의 혼잡비용은 약 448억원으로 추정되었다. 혼잡비용의 내용 면에서는 시간 지체로 인한 시간 비용이 대부분을 차지했으며, 유류 비용이나 환경오염 비용은 상대적으로 적었다.

## I. 서론

우리나라에서도 교통혼잡 비용에 관한 연구가 활발해지고 있다. 교통개발연구원에서는 1992년부터 전국 지역간 도로와 6대 도시의 교통혼잡비용을 산출하기 시작했으며, 이번송(1994)은 서울시 혼잡비용을, 김동효(1997)는 전국을 대상으로 혼잡비용을 추정한 바 있다. 김동효, 안강기(1998)는 경부고속도로와 수원시 내부 간선도로 중의 일부를 대상으로 혼잡비용을 산출하였다.

우리 나라에서 발생하는 교통혼잡 가운데 명절 고속도로의 체증은 매년 발생할 뿐 아니라 그 정도도 갈수록 극심해지고 있다. 정상 소통시 5시간 정도 걸리는 거리를 20시간 소비하는 것은 보통이다. 이에 따른 사회적 비효율은 엄청나다.

따라서, 본 연구는 먼저 명절연휴라는 특수한 시기에 연례적으로 발생하는 고속도로의 교통정체로 인한 혼잡비용을 추정하고자 한다. 고속도로의 혼잡비용은 김동효, 안강기(1998)도 추정한 바 있다. 이 연구는 조사시간에 있어서 실제 조사한 특정일의 교통량을 기초로 연간비용으로 추정하였고, 방법론에 있어서는 교통량이 사회적 적정수준을 상회함에 따른 사회적 비효율을 자중손실(deadweight loss)과 혼잡비용으로 구분하여 추정 결과를 비교하였다. 본 연구는 명절이라는 피크시기(peak-time)를 대상으로 하고 있고, 혼잡비용은 자중손실보다는 혼잡의 외부비용으로 추정된 면에서 선행연구와는 차별성이 있다. 추정은 1999년 설날 연휴기간 경부고속도로에서 발생한 교통혼잡을 대상으로 분석한다. 이로써 명절이나 주말 등에 흔히 발생하는 고속도로의 혼잡비용 추정의 한 대안을 제시하고, 나아가 교통정체를 해소에 기여할 수 있는 정책 마련의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 혼잡비용 이론

교통혼잡으로 인해 발생하는 비용(congestion cost)에 관한 표준 모형은 다음과 같이 정리할 수 있다. 우선 단위시간당 주행 교통량( $V$ )은 차량밀도( $D$ )와 속도( $S$ )의 곱이다. 이것이 이른바 교통량의 기본 방정식(the fundamental equation for traffic volume)이다. 즉,

$$V = DS \quad (1)$$

먼저 비용측면을 본다. 고속도로 통행시 단위거리를 통행하는데 드는 비용은 유류비용, 시간 비용, 환경오염비용, 차량 마모 등이 있다.<sup>1)</sup> 이런 비용은 주행속도의 함수이므로 식(1)의 관계에 의해 다음과 같이 교통량의 함수로 나타낼 수 있다. 즉, 교통비용함수  $C(V)$ 는 유류비용  $C_G(V)$ , 시간비용  $C_T(V)$ , 환경비용  $C_E(V)$  등의 합으로 계산된다.

$$C(V) = C_G(V) + C_T(V) + C_E(V) \quad (2)$$

이때 사회적 한계비용(SMC: social marginal cost)은 다음과 같다.

$$SMC = \frac{d[V \cdot C(V)]}{dV} = C(V) + V \cdot C'(V) \quad (3)$$

교통량이 일정 서비스수준을 만족하는 설계용량 수준( $V_c$ , design capacity) 이하에서는 교통량이 증가하여도 이로 인한 외부비용은 발생하지 않지만 설계용량 이상으로 교통량이 늘어나면 도로사용의 경쟁성(rivalness)이 발생하고 외부비용도 생기게 된다.

$$\begin{aligned} C'(V) &= \frac{dC(V)}{dV} = 0, \quad \text{if } V \leq V_c \\ C'(V) &= \frac{dC(V)}{dV} > 0, \quad \text{if } V > V_c \end{aligned} \quad (4)$$

따라서 교통량이  $V_c$ 에 도달할 때까지는 사회적 한계비용(SMC)이 사회적 평균비용(SAC, social average cost)과 같으나  $V_c$  보다 더 증가하면 사회적 한계비용이 사회적 평균비용을 상회한다.

$$\begin{aligned} SMC &= SAC = PMC = C(V), \quad \text{if } V \leq V_c \\ SMC &> SAC = PMC = C(V), \quad \text{if } V > V_c \end{aligned} \quad (5)$$

이제 고속도로 통행의 수요측면을 보자. 교통량은 여행비용( $P$ : trip price)의 함수이다.

$$V = f(P), \quad \frac{\partial V}{\partial P} < 0 \quad (6)$$

1) 고정비용은 제외하고 가변 비용만 감안하였으며, 가변비용은 모두 교통량의 함수로 간주하였음.

따라서 역수요함수(inverse demand function)는

$$P = P(V) \tag{7}$$

도로 이용의 사회적 편익은 다음과 같다.

$$B = \int_0^V P(V) dV \tag{8}$$

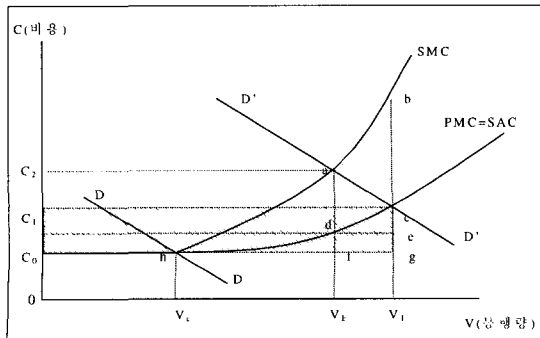
분석의 편의상 하나의 도로만을 대상으로 한다. 이 때 사회적 후생극대화는

$$\begin{aligned} \max W &= B(V) - C(V) \\ &= \int_0^V P(V) dV - V \cdot C(V) \\ \text{st. } V &\geq 0 \end{aligned} \tag{9}$$

라그랑지안으로 풀면 다음과 같은 해를 얻는다.

$$P(V) = C(V) + V \cdot C'(V), \quad V \geq 0 \tag{10}$$

이상을 그림으로 보면 간단히 이해할 수 있다. 혼잡이 발생하지 않는 교통량  $V_c$ 까지는 한계비용이 상승하지 않는다. 교통량이  $V_c$  수준을 넘어서면 한계비용이 평균비용보다 더 빨리 증가하게 된다. 따라서, <그림 1>의 수요곡선 DD로 나타난 비수기(non-peak time)에는 교통혼잡이 없고 혼잡비용도 발생하지 않는다. 그러나, 명절이나 주말과 같이 교통수요가  $D'D'$ 로 증가하면 혼잡비용이 발생한다. 사회적 최적은 수요곡선  $D'D'$ 과 SMC가 만나는 "a"점이다. 그러나, 사회적 최적은 수요곡선  $D'D'$ 과 PMC가 만나는 점 "c"가 된다.



<그림 1> 교통혼잡비용과 사회적 비효율

사회적 최적은 사회적 최적을 상회함에 따라 발생한 사회적 비효율의 크기는  $\triangle abc$ 의 면적이 되고, 이것을 '교통혼잡에 따르는 자중손실(Deadweight Loss)'이라고 한다. 김동효, 안강기(1998)는 이 사회적 비효율을 정체(혼잡)비용으로 간주하고 측정할 바 있다.

Mills 와 Hamilton(1988), 김성수(1998)와 같이 혼잡비용을 '관찰시점의 교통량에 의해 유발되는 혼잡으로 인한 외부효과(Congestion Externalities)의 크기'로 간주할 경우에는 다음의 그림에서 보듯이  $V_1$ 만큼의 교통량이 기준속도 이하로 운행함에 따라 차량 한대당  $C_0C_1$ 만큼의 비용을 추가지불한다. 즉, 빗금친  $\square C_0C_1cg$ 이 혼잡비용에 해당한다. 본 연구에서는 이 혼잡비용의 추정을 시도한다.

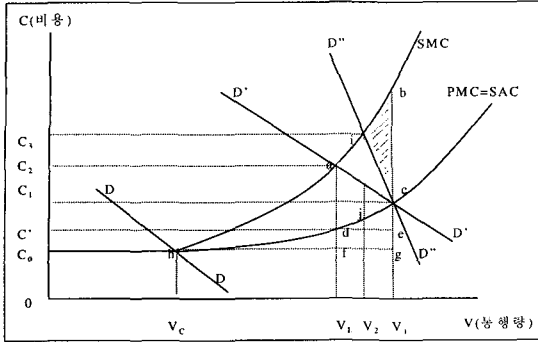
### III. 명절 고속도로 혼잡의 특수성

#### 1. 수요의 비탄력성

명절 혼잡비용의 추정에 앞서 우리 나라의 명절 고속도로 차량 통행 수요의 특성을 분석할 필요가 있다. 명절의 고속도로 차량 통행수요는 대단히 비탄력적이다. 귀향에 대한 욕구가 매우 강한 반면 철도, 항공 등 대체교통수단이 부족하고, 국도의 수용능력도 매우 제한적이기 때문에 다른 어떤 때보다 고속도로 통행 수요가 많기 때문이다. 이광석(1996)의 연구에 따르면 "교통체증으로 인하여 시간이 더 걸린다고 할 경우 다음 명절 때 고향 방문을 포기할 수 있겠는가"라는 질문에 249명의 응답자 가운데 약 71%(176명)가 포기하지 않는다고 대답하였으며, 현재의 소요시간보다 5시간이 더 걸리면 포기할 수 있다는 의사를 나타낸 사람이 70명 중 16명으로 22.9%에 불과한 것으로 나타났다.

이처럼 수요가 비탄력적인 경우 자중손실은 탄력적인 경우보다 크게 줄어든다. <그림 2>에서 보듯이 비탄력적인 경우의 자중손실은  $\triangle ibc$ 로 탄력적인 경우에 비해서도  $\triangle iac$ 만큼 작다. 따라서, 엄연히 많은 차량들이 막대한 혼잡비용을 치르고 있음을 감안할 때 사회적 비효율의 크기로 자중손실을 측정하는 것보다는 외부효과의 크기로 추정하는 것이 의미가 있다.

실제 추정에서도 자중손실의 추정보다는 혼잡비용의 추정이 훨씬 용이하다. 만약 고속도로 혼잡의 사회적 비용을 자중손실로 측정한다면 우선 명절의 교

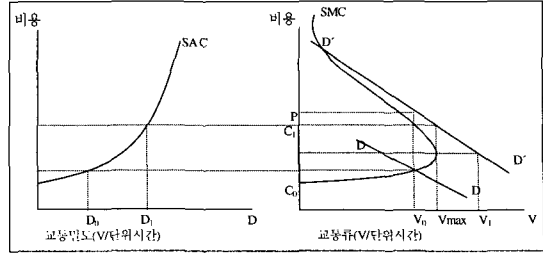


〈그림 2〉 교통수요의 탄력성에 따른 혼잡비용의 비교

통수요곡선과 비용곡선을 먼저 추정하여야 하는 하는데 이는 매우 어려운 일이다. 반면 혼잡비용의 추정 은 이 두 곡선을 모르더라도 실제 통행량 데이터만 있으면 쉽게 추정할 수 있는 만큼 훨씬 간편하면서도 의미는 더 클 것으로 생각한다.

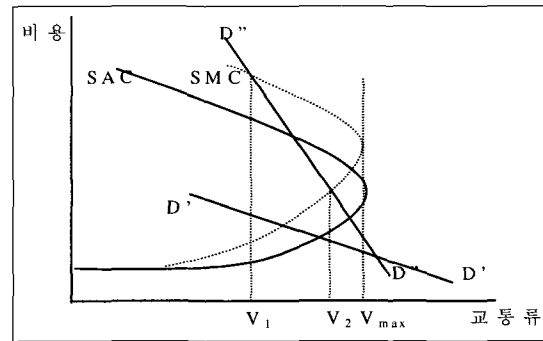
2. 초혼잡(hyper congestion)

우리 나라 명절의 고속도로 정체는 비용곡선이 후방굴절(backward bending)하는 영역까지 교통량이 증가하는 이른바 초혼잡(hyper congestion)의 특성을 갖는다고 볼 수 있다. 초혼잡에 관해서는 전통적인 이론과 이에 대한 Else와 Nash의 이론 및 서울시정개발연구원 이 제시한 SDI(Stochastic Dynamic Incremental)이론을 검토할 필요가 있다. 전통이론은 비용곡선이 후방굴절하는 초혼잡의 경우에도 사회적 한계비용과 사적 한계비용의 차이만큼을 혼잡비용으로 부과하면 사회적 최적 이 달성된다고 본다. 이에 대해 Else는 전통이론은 사회적 한계비용곡선을 잘못된 정의함으로써 교통량이 최대치에 달하지 못한 상태에서 혼잡세(congestion tax)의 크기를 과대 계산하였고, 교통의 흐름이 항상 일정하다고 가정함으로써 첨두시 도로상의 교통량 증가가 혼잡상황을 더욱 촉진시키고 비첨두시 교통량의 흐름까지도 촉진시킨다는 사실을 간과하고 있음을 지적하였다. 사회적 한계비용은 한계교통량 증가에 관련된 비용이 아니고 한계 밀도의 증가에 관련된 비용이고 사회적 한계비용곡선의 후방굴절 지점으로 교통수요가 상향 이동하는 것은 도로상에 차량밀도의 증가를 의미한다는 것이다. 첨두시 교통수요가 많아 한계교통량의 후방굴절 지점과 만날 때 혼잡세를 부과함으로써 도로이용의 편익이



자료 : 김현수(1995).

〈그림 3〉 Else의 혼잡이론



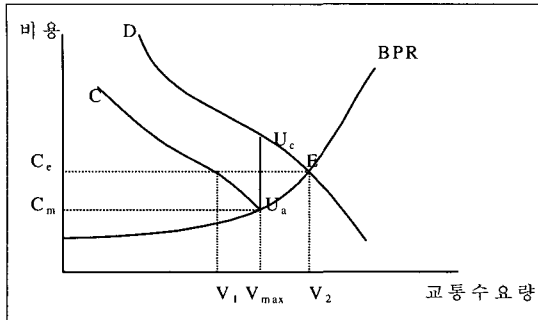
자료 : 정재한(1999).

〈그림 4〉 Nash의 혼잡모형

비용보다 클 수 있다고 본다.

이를 〈그림 3〉을 통해 살펴보면 도로에 대한 첨두 교통수요가 비용교통량 곡선의 후방굴절 지점에서 만날 때 교통량을 비첨두시 사회적 최적 교통량  $V_0$ 와 같은 수준으로 조정하기 위해서 혼잡세(PC<sub>0</sub>)를 부과하면 일시적으로 도로의 흐름이 개선되고 그 결과 교통수요는  $V_{max}$ 으로 증가한다. 교통수요의 증가에 따라 교통밀도는  $D_0$ 에서  $D_1$ 으로 증가하고 여행비용도  $C_1$ 으로 증가해 교통수요는  $V_1$ 수준에서  $V_0$ 수준으로 감소한다. 이런 균형상태에서 시간당 통과 교통량은 같지만 교통밀도는 비첨두시에 비해 2배 이상 높아진다. 이경우 혼잡세의 부과로 더 많은 교통수요가 일시적으로 도로를 이용할 수 있지만, 통행당 교통비용은 점차 증가하게되어 결국 사회적 비용도 증가한다.

그러나, Nash의 혼잡모형은 Else와는 달리 비용 교통량 곡선의 후방굴절하는 초혼잡의 경우에 최적균형의 달성이 어려움을 보여주고 있다. 〈그림 4〉에서 보듯이 수요곡선의 기울기가 가파를 때는 Else의 경우와는 달리 수요곡선과 한계비용곡선이 만나는 점이 두 곳에서 생긴다. 또한 비용곡선은 교통밀도가 아니라 시간당 통과교통량의 함수이므로, 교통량이 최대



자료 : 정재한(1999).

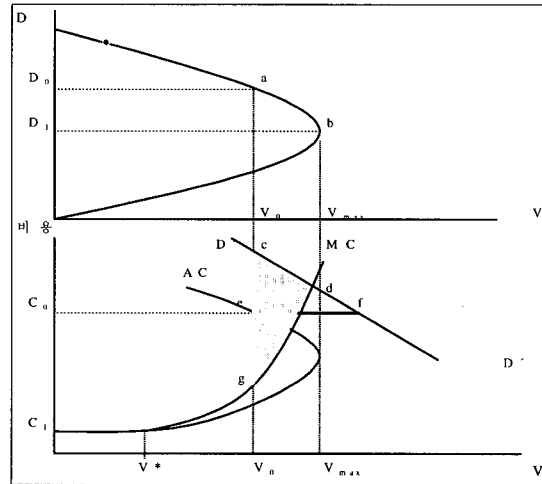
〈그림 5〉 SDI 이론

로 접근함에 따라 한계비용이 급격히 증가하여 한계 편익보다 더 크게 된다. 따라서, 혼잡세로는 사회적 최적을 달성하기 어렵다는 것이다.

우리나라에서는 서울시정개발연구원이 서울시의 극심한 교통혼잡을 설명하는 이론으로 SDI 모델(Stochastic Incremental Dynamic Model)을 개발하였다. 이 모델은 비용-교통량 곡선은 최대점을 지난 뒤 후방굴절 되지만 BPR(Bureau Public Roads) 곡선은 최대유출교통량의 크기에 상관없이 도로상의 진입교통량의 증가에 따라 계속 우상향한다는 점이다. 그것은 비용-교통량 곡선은 시간당 교통량의 함수로 간주하지만 BPR 곡선은 교통량 대비 교통용량( $V/K$ )의 함수로 본 때문이다.

〈그림 5〉에서 보면 사회적 최적은 교통비용곡선(BPR)이 교통수요량에 따라 계속 증가하므로 한계비용곡선과 수요곡선이 만나는 E점이다. 이 때 교통수요  $V_2$ 는 최대교통량  $V_{max}$ 보다 더 많다. 따라서,  $V_{max}V_2$ 만큼의 차량이 도로에 진입을 못하므로 대기행렬로 남을 수 밖에 없고 도로는 더욱 혼잡해진다. 이때 혼잡을 개선하려면  $U_cU_a$ 만큼의 혼잡비용을 부과하면 된다. 그러나, 이 경우도 여전히 사회적 비효율을 완전히 제거할 수 없는 한계가 존재한다.

그러나, 우리나라 명절 고속도로 초혼잡은 위의 경우와 다소 다르다. 무엇보다도 교통수요곡선이 최대 교통량 우측에 존재하는 경우에 해당한다. 이때 후방굴절하는 부분에서의 균형은 사회적으로 최적해가 되지 않는다. 수요곡선이  $D'D'$ 일 때 사회적 최적해는 한계비용곡선과 수요곡선이 만나는 점 d에서 결정된다. 이 경우  $\Delta cdg$ 만큼의 자중손실이 발생하게 된다. 명절교통량은  $V_0$  수준에서 수요곡선과  $D'D'$ 만큼의 차이 즉  $\overline{ef}$ 만큼의 초과 교통수요가 발생하게 된다.



〈그림 6〉 명절연휴 초혼잡(hyper-congestion)의 경우

이는 일종의 선착순 할당제(rationing)로 먼저 진입한 차량만 도로를 이용할 수 있고 나머지 차량은 대기행렬을 이루는 것을 나타낸다. 이때  $\overline{cg}$ 만큼 혼잡비용을 혼잡세로 부과하면 적정 수준이 된다. 따라서, 수요의 비탄력성이나 초혼잡과 같은 통행 수요의 특수성을 감안하면 우리 나라 명절 고속도로상의 혼잡비용은 그 시점의 교통량으로 인한 외부효과의 크기로 추정하는 것이 현실성이 큰 것으로 판단된다.

## IV. 명절 고속도로 혼잡비용의 추정

### 1. 추정의 범위와 자료

지난 1999년 설날 연휴 기간 중 경부고속도로 서울~부산 구간을 대상으로 혼잡비용을 추정한다. 혼잡의 강도에 따라서 2월 14~16일은 서울에서 부산으로 가는 귀성차량을 기준으로 하였고, 설날인 17일부터 18일은 반대로 서울로 돌아오는 귀경차량을 대상으로 분석하였다.

분석에 사용된 자료는 연휴기간중 일별 구간별 단면교통량으로 한국도로공사 자료를 이용하였다. 교통혼잡비용 산정에 사용된 차량은 〈표 1〉의 분류기준에 따라서 분류했는데 1종은 승용차, 2, 3종은 버스, 4, 5종은 트럭이라고 단순화하고 추정했다. 구간별 교통용량을 적용할 때 경부고속도로는 서울~대전간 4차선이지만 서초 IC~신탄진 IC 구간 137km는 버스 전용차로제가 실시되는 점을 감안해 승용차는 3차선만

〈표 1〉 고속도로 주행 차량 분류

구분 차종	분류 기준
1종	· 2축, 율폭 279.4mm 이하 - 승용차, 16인승이하 승합차 - 2.5톤 미만 화물차
2종	· 2축, 율폭 279.48mm 초과, 윤거 1,800mm 이하 - 17인승이상~32인 승이하 승합차 - 2.5톤 이상 5.5톤 이하 화물차
3종	· 2축, 율폭 279.4mm 초과, 윤거 1,800mm 초과 - 33인승이상 승합차 - 5.5톤 초과 10톤 미만 화물차
4종	· 3축 차량 (10톤이상 30톤 미만 화물차)
5종	· 4축 이상 차량 (20톤이상 화물차)

자료 : 건설부, 도로용량편람, 1992.

운행하고 9인승 이상의 밴, 지프, 승합차와 버스 등은 전용차로를 이용하는 것으로 가정하였다. 다만 한국도로공사 자료에서는 이를 정확하게 구분할 수 없어 2종, 3종 차량 중 80%는 전용차로를 이용한 차량으로 간주한다. 그러나 실제 교통량 통계에서 1, 2, 3종 차량에는 트럭이 일부 포함되어 있다.

교통혼잡에 따른 비용은 유류비용, 시간비용, 환경비용, 고속도로 유지보수비용, 경찰행정비용, 차량운행에 따른 감가상각비 등 여러 가지가 있으나 여기서는 유류비용, 시간비용, 환경비용으로 한정하였다.

## 2. 주행속도 및 소요시간의 추정

혼잡기준속도를 설정할 때 객관성을 유지하기 위해서 교통개발연구원의 교통혼잡비용예측에 사용한 자료를 기준으로 사용한다. 교통개발연구원에서 설정한 혼잡기준속도는 서비스수준 C일 때 이상적인 조건<sup>2)</sup>하에서 설계속도가 100km/h인 고속도로 기본구간의 교통혼잡 기준속도는 82km/h이지만 엇갈림 구간과 연결로 접속부 등을 고려해 전체적으로 80km/h를 교통혼잡 기준속도로 설정했다. 일방향 2차선 고속도로는 4차선 고속도로에 비해 낮은 70km/h를 혼잡 기준속도로 설정했다.

먼저 대상 기간의 구간별 차량 주행속도를 서선덕(1991)의 추정식을 이용해 추정한다. 주행속도는 식  $S = S_0 / (1 + 0.91(V/K)^3)$ 에 고속도로의 구간별 교통

〈표 2〉 혼잡기준 속도

구분	4차선 고속도로	2차선 고속도로
혼잡기준 속도	80km/h	70km/h

〈표 3〉 주요구간별 날짜별 평균 주행속도

(단위:km/h)

차선	주요구간	T-2	T-1	T0	T1	T2
4	서울-신갈	22.35	30.74	27.15	29.48	26.56
	신갈-수원	13.48	20.78	24.25	20.89	16.39
	수원-기흥	13.98	22.49	26.99	19.28	19.72
	안성-천안	16.32	27.55	38.70	18.65	24.93
3	천안-목천	9.54	16.37	24.42	12.24	11.24
	청주-남이	10.25	18.50	30.40	14.75	12.82
4	청원-신탄진	17.82	25.45	37.00	19.56	18.74
	신탄진-회덕	21.78	26.64	40.03	18.74	21.26
3	회덕-대전	27.34	36.87	47.96	27.92	29.33
2	영동-황간	24.25	49.72	57.85	21.56	42.13
	황간-추풍령	24.63	50.46	56.51	21.91	42.44
	김천-구미	34.94	59.11	55.50	30.10	47.93
	남구미-왜관	27.85	47.87	46.91	22.09	36.02
	동대구-경산	39.43	50.58	31.81	30.39	43.88
	양산-부산	61.10	65.63	42.88	49.70	57.37

주 : T<sub>0</sub>는 1999년 2월 16일 설날, T<sub>2</sub>는 설날 2일전을 의미함.

용량과 실제 교통량 데이터를 대입해서 교통용량비율을 이용하여 추정하였다. 주요 구간별 차량 추정 속도는 〈표 3〉과 같다. 연휴기간 중 14일이 가장 정체가 심했고, 구간별로는 신갈, 수원에서 남이 구간의 정체가 심해서 주행속도가 매우 느렸다. 특히 4차선에서 3차선으로 차선이 줄어드는 천안, 목천, 남이 구간이 가장 정체가 심한 것으로 나타났다. 차량의 정체는 연휴 시작일, 귀경일에 특히 심하게 나타났음을 알 수 있다. 그렇지만 부산~양산 구간은 14일과 18일의 정체가 심하지 않고 오히려 설날 당일의 속도가 낮게 추정되었다.

명절연휴에 경부고속도로를 운행한 차량들의 구간별 평균주행속도는 모든 구간별 통행차량의 총주행거리를 추정 총소요시간으로 나누어 구할 수 있다. 여기서 추정 총소요시간은 해당 구간을 통과하는데 소요된 시간이다 구간별 차량대수를 곱해서 구하고, 총주행거리는 구간거리에 구간별 차량대수를 곱해서 구할 수 있다. 이것을 간단히 정리하면 다음과 같다.

2) 이상적인 조건이란 도로조건, 교통조건이나 기타 조건이 차량의 통행에 지장을 주지 않는 조건을 말하는데 설계속도:100km/h이상, 차선 폭 : 3.5m이상, 측방여유폭 : 1.5m이상, 승용차만으로 구성된 교통류, 평지와 같은 조건일 때를 말한다.

〈표 4〉 추정 속도와 정체시간

구분	총주행거리 (A, km)	추정총소요시간 (B, 시)	추정속도 (A/B, km/h)	기준속도 (km/h)	추정소요 시간(D, 시)	정상소요 시간(E, 시)	정체시간 (D-E, 시)
T-2	23,156,245	1,232,917	18.78	73.95	18	5.6	12.40
T-1	18,242,724	606,677	30.07	73.95	11.24	5.6	5.64
T0	18,763,725	540,701	34.70	73.95	10.98	5.6	5.38
T1	23,444,905	1,070,672	21.90	73.95	17.07	5.6	11.47
T2	20,365,946	845,304	24.09	73.95	13.88	5.6	8.28

주 : 기준속도는 정체기준속도를 가장 평균한 것임.  
T<sub>0</sub>는 1999년 2월 16일 설날, T<sub>-2</sub>는 설날 2일전을 의미함.

$$\text{평균속도} = \frac{\text{총주행거리}}{\text{총소요시간}} = \frac{\sum_i \sum_j (L_i \times V_{ij})}{\sum_i \sum_j (\frac{L_i}{S_{ij}}) \times V_{ij}} \quad (11)$$

이렇게 연휴기간 평균 주행속도와 정체시간을 추정 한 결과 〈표 4〉와 같다. 〈표 4〉에서 혼잡 기준속도는 3차선 시속 80km, 2차선 시속 70km를 적용하였고, 이를 거리에 따라서 가장 평균한 값을 이용하였다. 추정결과 설날 연휴 첫날은 추정 평균시속이 18.78km/h로 경부 구간을 승용차로 주행할 경우 총 18 시간이 걸려 기준속도로 주행할 때 걸리는 5.6 시간 보다 12.40 시간이 더 걸린 것으로 나타났다. 연휴 마지막 날은 추정 평균시속이 24.09km/h로 부산에서 서울 까지 13.88시간이 소요되었다. 추정속도와 정체 시간을 살펴본 결과 추석 당일은 정체로 인한 추가 소요 시간이 5.38 시간으로 가장 적게 추정되었다.

### 3. 혼잡비용의 추정

혼잡비용은 앞서 정의한 대로 〈그림 1〉과 〈그림 2〉에서의 □C<sub>0</sub>C<sub>1cg</sub>에 해당한다. 실제 추정에 이용된 식은 정체시 추가로 소요되는 비용에서 기준속도에서 소요되는 비용을 감한 후 여기에 구간별 거리와 차량 수를 곱해서 혼잡비용을 추정한다.

$$CC = \sum_i \sum_j L_i V_{ijk} [ \sum_k C_{G_s} \{ G(V_{ij})_j - G(V_{ij}^0)_j \} + M_j C_T (T_i - T_i^0) + \sum_m C_{P_m} \{ P(V_{ij})_m - P(V_{ij}^0)_m \} ] \quad (12)$$

i : 구간(Km)  
j : 차종

- k : 유종
- m : 오염 물질
- L<sub>i</sub> : 구간별 거리(Km)
- V<sub>ij</sub> : 구간별 차종별 교통량(대/일)
- C<sub>G<sub>s</sub></sub> : 유종별 연료단가(원/ℓ)
- G(V<sub>ij</sub>) : 추정 속도시 연료소비량(ℓ/km, 대)
- G(V<sub>ij</sub><sup>0</sup>) : 기준 속도시 연료소비량(ℓ/km, 대)
- M<sub>j</sub> : 차종별 재차인원(명/대)
- C<sub>T</sub> : 시간가치 (원/시간, 명)
- T<sub>i</sub> : 추정 속도시 소요시간(시간/Km, 대)
- T<sub>i</sub><sup>0</sup> : 기준 속도시 소요시간(시간/Km, 대)
- C<sub>P<sub>m</sub></sub> : 오염물질별 환경오염비용(원/톤)
- P(V<sub>ij</sub>) : 추정 속도 주행시 오염물질 배출량(톤)
- P(V<sub>ij</sub><sup>0</sup>) : 기준 속도 주행시 오염물질 배출량(톤)

#### 1) 유류비용

차종별 속도별 단위거리 주행시의 연료 소비량은 〈표 5〉와 같다. 승용차의 경우 시속 60km 정도일 때 연료 소비량이 가장 적고, 시속 20km 이하로 떨어지면 연료소비량이 그보다 50% 가까이 증가하는 것으로 나타났다. 버스와 트럭의 기름소비가 승용차보다 훨씬 더 많은 것으로 나타났다.

유류 소비량의 추정에 사용된 모형은 경기개발연구원(2000)을 따랐다.

$$\begin{aligned} \text{승용차 연료소비량}(\ell/\text{km}) &= 0.02938 + 1.5310 S^{-1} + 0.0000038 S^2 \\ \text{버스 연료소비량}(\ell/\text{km}) &= 0.1805 + 2.9114 S^{-1} + 0.0000085 S^2 \\ \text{트럭 연료소비량}(\ell/\text{km}) &= 0.1223 + 1.7173 S^{-1} + 0.0000076 S^2 \end{aligned}$$

〈표 5〉 차종별 차량속도별 연료 소비량 (단위: ℓ/km)

속도(km/h) \ 차종	승용차	버스	트럭
10	0.18286	0.47249	0.29479
20	0.10745	0.32947	0.21121
30	0.08383	0.28520	0.18638
40	0.07374	0.26689	0.17739
50	0.06950	0.25998	0.17565
60	0.06858	0.25962	0.17828
70	0.06987	0.26374	0.18407
80	0.07284	0.27129	0.19241
90	0.07717	0.28170	0.20294
100	0.08269	0.29461	0.21547
110	0.08928	0.30982	0.22987
120	0.09686	0.32716	0.24605

정체로 인한 유류비용 증가분은 서선덕의 식  $S = S_0 / (1 + 0.91(V/K)^3)$ 에서 추정된 주행속도를 근거로 〈표 5〉의 속도별 연료 소비량을 구하고, 이 값에다 차량대수, 구간거리, 유종별 가격 등을 곱하여 얻어진다. 추정결과는 아래 〈표 6〉에 정리하였다.

99년 설날 연휴에 정체로 인해 추가로 소비된 연료는 휘발유 244만 ℓ, 경유 약 6만 ℓ로 총 250만 ℓ가 정체로 인해 추가로 소비되었다. 날짜별로는 정체가 가장 심한 연휴 첫날인 14일에 94만 ℓ로 가장 많았고, 다음이 귀경 전쟁이 벌어지는 17일에 약 68만 ℓ로 나타났다. 설날 당일인 16일은 추가 소비량이 적었다. 〈표 6〉에서 유류 소비량이 마이너스로 나타난 것은 차종에 따라 기준속도보다 연료소비량이 적은

경우를 의미한다.

추가 유류 소비량을 금액으로 환산하면 휘발유는 약 6억원이고, 경유는 약 0.14억원으로 약 6억 2천만원의 기름이 추가로 소비되었다. 유류가격은 대한석유협회의 1999년 통계를 바탕으로 소비자 가격이 아닌 실질 가격을 사용했다. 계산에 사용된 휘발유, 경유 가격은 각각 247.28원/ℓ, 243.40원/ℓ를 적용하였다.

2) 시간비용

통행시간의 시간가치는 통상 시간당 임금보다 낮은 것으로 추정된다. 김동효(1998)는 고속도로 통행시 시간가치를 업무인 경우 승용차는 14,224원이고 버스는 7,055원으로 추정했으나, 비업무용인 경우는 그보다 훨씬 작은 1,764원으로 추정했다. 다른 연구에서도 대부분 도로 통행의 시간가치는 업무 시간 가치보다 낮게 추정되는 것이 보통이다.

본고에서는 별도로 통행시간을 추정하는 대신 자료의 객관성을 유지하기 위해 기존의 연구결과를 활용한다. 가장 최근의 연구결과인 경기개발연구원(2000)의 연구를 참조하여 비업무용 시간가치 비업무용 시간가치를 통상의 관례에 따라 업무용시간가치비용의 25% 수준으로 하였다.<sup>3)</sup> 승용차와 버스의 1인당 비업무용 시간가치로 1828원, 트럭은 1622원으로 나타났다. 명절에는 통상 임금의 1.5배의 시간의 근무수당보다도 귀항을 선택할 정도로 귀항욕구가 강한 점을 고려하여 비업무용시간의 1.5배를 적용하여 승용차와 버스는 2742원, 트럭은 2433원을 적용한다.

〈표 6〉 정체시 추가 유류 소비량과 비용추정 결과

구분		T-2	T-1	T0	T1	T2	계
유류손실 (단위: 리터)	소형차	916,665	246,172	142,175	664,017	470,349	2,439,379
	중형차	23,501	5,410	2,062	13,856	11,188	56,017
	대형차	4,051	-193	-142	676	3,328	7,719
	계	944,217	251,388	144,095	678,550	484,864	2,503,115
유류비용 (단위: 천원)	소형차	226,673	60,873	35,157	164,198	116,308	603,210
	중형차	5,720	1,317	502	3,373	2,723	13,635
	대형차	986	-47	-35	165	810	1,879
	계	233,379	62,143	35,624	167,735	119,841	618,723

주 : 소형차는 1종 차량으로 휘발유, 중형차와 대형차는 경유를 사용.  
T<sub>0</sub>는 1999년 2월 16일 설날, T<sub>2</sub>는 설날 2일전을 의미함.

3) "경기도 지역의 혼잡비용 산정에 관한 연구", 경기개발연구원, 2000. p.50. 〈표 3〉~〈표 16〉 참고. 시간가치는 오전을 기준으로 함.



〈표 7〉 차종별 평균재차인원 (단위:인/대)

구분	손의영	김수철, 배춘봉	본 연구
승용차	1.5	1.89	3
고속버스	24.8	28.19	45
시외버스	16.5	21.20	33
트럭	-	-	1.5

자료 : 손의영 외(1992), 김수철·배춘봉(1997).

기간중 운행 차량의 차종별 재차 인원은 명절연휴의 재차인원을 조사하거나 추정할 자료가 없어서 “교통혼잡비용 예측연구(KOTI, 1992)”의 평일 재차 인원과 “고속도로 전용차로제 실시효과 및 개선방안(1997)”의 주말 재차 인원의 추정치를 이용하였다. 명절연휴에는 많은 사람들이 이동하는 것을 감안하여 “교통혼잡비용 예측연구(1992)”보다 2배로 늘려 잡았다. 〈표 7〉에 나타나 있듯이 차종별 재차 인원은 승용차의 경우 3명, 고속버스는 45명, 시외버스는 33명으로 계산했다. 고속버스는 정원으로 운행하는 것으로 가정했다.

정체로 인한 추가 소요 시간과 시간 비용의 추정결과는 〈표 8〉에 정리하였다. 앞의 식(13)에 나타나 있듯이, 먼저 구간거리를 기준속도와 추정된 차종별 속도로 각각 나누어 소요시간을 추정하고, 그 차이를 정체시간으로 간주하였다. 이 정체시간에다 시간비용과 차량대수를 곱해서 혼잡으로 인한 시간비용을 계산한다.

추정 결과 연휴 기간 중 차량 한대 당 최소 5.38 시간에서 최대 12.40 시간을 추가로 소비하였으며, 이를 화폐로 환산하면 시간비용은 총 436억원으로 나타났다. 혼잡으로 인한 비용 가운데 가장 크게 나타났다. 정체가 극심한 설날 2일전의 시간비용이 가장 크게 나타났으며, 귀경이 시작되는 설날 다음날도 정체가 심해 시간비용이 큰 것으로 분석되었다.

3) 환경비용

환경비용은 단위거리 당 오염물질의 배출량을 구하고 여기에다 오염물질별 환경비용과 교통량 및 구간거리

를 곱하여 산출된다. 환경비용 추정의 대상 오염물질은 차량운행에 따른 대표적 오염물질인 먼지, CO, HC, NOx, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>이다. 이 가운데 먼지, CO, HC, NOx의 배출량은 조강래 et. al(1990)의 연구를 이용하였다. 차량 1대의 단위거리 당 차종별 속도별 배출가스를 추정하고 톤 단위 비용으로 환산하였다. 이때 1종 차량은 무연휘발유 승용차로, 2종, 3종 차량은 88년 이후 모델인 소형 버스로, 4종, 5종차량은 88년 이후 모델인 소형 트럭으로 간주하여 오염물질 발생량을 추정하였다. 이 연구도 조강래 et. al.(1990)처럼 휘발유나 LPG를 사용하는 승용차에서는 먼지 배출은 없는 것으로 본다. LPG를 이용하는 차량이 많이 증가하고 있지만 자료의 부족으로 이 차량은 모두 휘발유를 이용하는 것으로 간주하여 계산한다.

CO<sub>2</sub> 배출량은 IPCC의 배출계수를 이용하였다. 휘발유 연소시 탄소배출계수는 0.783 TC/TOE이고, 경유는 0.837 TC/TOE이다. 휘발유 1ℓ의 무게는 0.0007421톤, 경유는 0.0008364톤이다. 이를 이용하여 연료소비량에 따른 이산화탄소 총배출량을 구하는 식은 식(13)와 같다.

$$\begin{aligned}
 &CO_2 \text{ 배출량}(TC/km) \\
 &= 연료소비량(\ell / km) \times 연료무게(톤/\ell) \\
 &\quad \times \text{배출계수}(TC/TOE) \times 0.99(\text{연소율}) \times \frac{44}{12} \quad (13)
 \end{aligned}$$

SO<sub>2</sub> 배출량 계산은 국립환경연구원의 계산공식을 이용하였다. 연료별 황함량은 휘발유가 0.001%, 경유가 0.08% 이다. SO<sub>2</sub>의 배출량은 기본적으로 연료소비량의 함수로 속도의 증감에 따라 좌우된다. 기준 속도 이하로 운행하게 되면 기준속도로 운행할 때 보다 배출량이 증가하게 된다. 이를 이용하여 황산화물의 총배출량을 구하는 식은 식(14)와 같다.

$$\begin{aligned}
 &SO_2 \text{ 배출량}(톤/km) \\
 &= 연료소비량(\ell / km) \times 연료무게(톤/\ell) \\
 &\quad \times 0.75(\text{연료비중}) \times \text{연료별황함량}/100 \times 2 \quad (14)
 \end{aligned}$$

〈표 8〉 추정 시간비용

구분	T-2	T-1	T0	T1	T2	계
정체시간(시간/대)	12.40	5.64	5.38	11.47	8.28	
총시간비용(천원)	14,634,907	5,433,641	3,919,364	10,859,930	8,772,462	43,620,304

주 : T<sub>0</sub>는 1999년 2월 16일 설날, T<sub>2</sub>는 설날 2일전을 의미함.

〈표 9〉 먼지, CO, HC, NOx의 차종별 배출량 추정식 (단위:g/km)

차종	연료	배출 가스	추정식	배출계수			
				a	b	c	d
승용차	무연 휘발유	CO	$aS^b$	15.9853	-0.314275		
		HC	$aS^b$	15.6065	-1.04228		
		NOx	$aS^3 + bS^2 + cS + d$	-7.13665E-5	0.00635478	-0.173834	2.16327
소형 버스	경유	CO	$aS^b$	4.49487	-0.381945		
		HC	$aS^b$	0.546357	-0.47332		
		NOx	$aS^3 + bS^2 + cS + d$	-5.2655-E5	0.0056	-2.20242	3.5378
		먼지	$aS^b$	0.599913	-0.329425		
소형 트럭	경유	CO	$aS^b$	12.6145	-0.691569		
		HC	$aS^b$	1.17083	-0.662448		
		NOx	$aS^3 + bS^2 + cS + d$	-4.00437E-5	0.004705	-0.1866	3.51259
		먼지	$aS^b$	0.811736	-0.407143		

자료 : 조강래 외(1990).

〈표 10〉 오염원별 환경비용 (단위:원/톤)

오염물질	CO	NOx	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	먼지
먼지피해	-	-	-	-	1,462,941
시정거리피해	-	10,682	-	11,924	146,203
농업생산피해	-	-	-	61,181	-
사망위험	366,023	83,897	-	171,285	685,196
질병위험	-	646,034	-	17,550	629,402
지구온난화	-	-	24,000	-	-
계	366,023	742,176	24,000	261,940	2,923,742

주 : 이산화탄소 비용은 배출권 예상가격으로 대체했음.  
 자료 : 유승훈, 광승준, 김태유(1999).

오염물질별 환경비용은 유승훈, 광승준, 김태유(1999)의 추정치를 이용하였다. 이때 오염원별 환경비용은 추정치의 중간값을 취하였다. 다만 CO<sub>2</sub> 비용 추정액 2,548원/톤은 너무 과소 평가한 것으로 보고 20\$/톤을 적용하여 추정하였다. 이는 기후변화협약상 이산화탄소 배출권 거래제가 시행될 경우 예상되는 이산화탄소 1톤 배출권의 가격이다(Elzen and Moor, 2001). 환율은 \$당 1,200원을 적용하였다. HC는 단위당 환경비용의 계산자료가 불충분하여 발생량만 추정하였고, 환경비용의 계산에서는 제외되었다. 추정에 사용된 대기오염물질의 환경비용은 〈표 10〉과 같다.

가장 많이 배출된 오염물질은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)로 명절연휴 5일간 배출가스 총량의 81%에 달하는 3,457톤이 배출되었고, 다음이 질소산화물(NOx)로 배출가스 총량의 13.8%에 달하는 584톤이 배출되었다. 오염물질 배출량을 금액으로 환산하면 약 5억 7천만원에 달한다. 환경비용만 하루에 1억원 이상을 지출한

셈이다. 질소산화물의 환경비용이 전체의 75%수준인 4억 3천만원이고, 이산화탄소는 14% 수준인 8천 만 원으로 추정되었다. 이산화황(SO<sub>2</sub>)과 먼지의 피해에 따른 환경비용은 1%내로 매우 낮게 나타났다. 환경비용을 〈표 11〉에 날짜별로 정리하였다.

4) 총 혼잡비용

총 혼잡비용은 유류비용과 시간비용, 환경비용을 합해서 구한다. 총 혼잡비용은 〈표 12〉와 같다. 유류 비용은 6억 2천만원, 시간비용은 436억원, 환경비용은 5억2천만원으로 총 혼잡비용은 약 448억원으로 추정되었다. 명절 연휴의 교통혼잡비용은 귀향/귀성 인구의 시간비용이 98%로 거의 대부분을 차지했다. 시간비용 중 약 3분의 1인 146억원이 본격적인 귀향이 시작된 T-2(14일)일에 발생했고, 연휴 마지막인 18일은 약 9억원의 혼잡비용이 발생했다. 하루동안 발생한 총 혼잡비용은 14일에 최대 146억원에서 16일

〈표 11〉 추정 환경비용

구 분		T-2	T-1	T0	T1	T2	계
배출가스량 (단위:톤)	CO	46.6	22.3	19.9	42.8	31.3	163.0
	HC	12.8	5.0	3.9	10.4	7.8	39.8
	Nox	132.5	100.3	105.2	132.4	114.1	584.6
	CO <sub>2</sub>	1,495.4	256.8	3.2	909.2	793.4	3,457.9
	SO <sub>2</sub>	0.13	0.03	0.01	0.06	0.10	0.3
	먼지	0.07	0.02	0.01	0.03	0.07	0.2
	계	1,687.5	384.4	132.2	1,094.9	946.8	4,245.8
화폐환산액 (단위:천원)	CO	17,065	8,177	7,282	15,663	11,465	59,651
	Nox	98,359	74,446	78,067	98,279	84,711	433,862
	CO <sub>2</sub>	35,889	6,162	77	21,820	19,041	82,989
	SO <sub>2</sub>	33	8	4	17	27	89
	먼지	193	46	25	78	216	559
	계	151,539	88,839	85,455	135,857	115,460	577,150

주 : T<sub>0</sub>는 1999년 2월 16일 설날, T<sub>2</sub>는 설날 2일전을 의미함.

〈표 12〉 총 혼잡비용

(단위:천원)

	T-2	T-1	T0	T1	T2	계
유류비용	233,379	62,143	35,624	167,735	119,841	618,723
시간비용	14,634,907	5,433,641	3,919,364	10,859,930	8,772,462	43,620,304
공해비용	126,995	84,715	84,792	121,676	101,543	519,721
계	14,995,281	5,580,499	4,039,780	11,149,342	8,993,846	44,758,748

주 : T<sub>0</sub>는 1999년 2월 16일 설날, T<sub>2</sub>는 설날 2일전을 의미함.

에 최소 4억원의 편차를 보였다.

### V. 결론 및 정책 시사점

본 연구는 갈수록 더 심해지고 있는 우리 나라의 명절 고속도로 교통 혼잡의 사회적 비용을 추정하였다. 지난 1999년 설날 연휴기간중 경부구간을 대상으로 하였고, 유류비용, 시간비용 환경비용으로 구분하여 추정한 뒤 이를 모두 합해서 총 혼잡비용을 구하였다. 정체 때와 정상소통때의 기름 소비량, 시간소모, 공해 발생량 차이에 각각 화폐 환산액을 곱하는 방식으로 혼잡비용을 추정했다. 유류비용은 6억 2천만원, 시간비용은 436억원, 환경비용은 5억2천만원으로 총 혼잡비용은 약 448억원으로 추정되었다. 하루 평균 약 90억원의 사회적 순비용이 발생한 셈이다.

이번 추정은 적잖은 한계를 갖고 있다. 우선, 비용추정에 있어서 차량의 마모나 교통사고, 도로의 파손 등 많은 고정 비용이나 가변 비용 요소들을 다 포함시키지 못하였다는 점이다. 자료의 불충분으로 전용차선 구간과

비구간에서의 혼잡을 구분하지 못했고, 교통량 통계상의 제약으로 시간 단위가 아닌 일 단위의 교통량을 사용한다는 점도 추정의 정확도를 낮추는 요인이라고 할 수 있다.

도로를 운행하는 차량은 교통용량수준에 관계없이 개인의 한계비용과 교통수요곡선이 만나는 최적점까지 교통수요를 증가시키므로 다른 운전자의 운행시간을 증가시키게 된다. 하지만 개인은 이에 대해 어떤 대가도 지불하지 않으며, 교통의 초과수요를 해결해 주는 자발적인 경제 메카니즘도 없다. 따라서 도로사용의 최적을 달성하기 위해서는 자유시장 경제의 원리가 아닌 정책 당국의 개입이 필요하게 된다. 특히 본 연구에서 보았듯이 매년 명절마다 혹은 주말마다 엄청난 사회적 비용이 지출되고 있고, 그 혼잡도는 갈수록 더 심각해지고 있는 만큼 정책 당국의 적극적인 개입이 타당성을 갖는다.

명절의 고속도로 혼잡을 해결하기 위한 방안으로는 도로의 신규 건설, 직접규제, 혼잡통행료등의 방안이 있을 수 있다. 도로의 신규건설은 막대한 건설비용과 건설기간이 장기간이라는 점과 명절연휴의 교통수요를 해결하기 위해 고속도로를 신규 건설하게 되

면 비수기에는 사용량이 적으므로 비효율적인 자원의 배분이 발생한다. 직접규제 또한 비효율적이며 국민들의 불편과 반발의 소지가 커 좋은 대안이 되기 어렵다. 현재 시행중인 톨게이트 폐쇄 및 화물차 진입 규제 등의 보완책으로는 큰 시행효과를 기대할 수 없다.

단순한 혼잡통행료는 명절에는 대체 교통수단이 없기 때문에 교통수요가 대단히 비탄력적이므로 혼잡통행료는 탄력적인 교통수요에 비해 혼잡통행료는 훨씬 비싸진 반면 통행량 감소는 매우 적게 나타나므로 명절 교통수요 감소에 적절한 방안이 되지 못한다. 그러나, 혼잡통행료를 부과하고 그 수입으로 고속버스 운영을 지원하는 방안은 자가용 운행 수요를 줄이는 대신 값싸고 편리한 대체교통수단을 제공한다는 측면에서 비효율을 줄일 수 있는 현실적인 대안으로서 적극 검토할 여지가 있다고 본다.

다른 대안으로는 환경, 자원부분에서 최근 도입이 크게 늘고 있는 배출권 거래제를 교통부분에 도입한 통행권 거래제를 생각해 볼 수 있다. 명절에는 고속도로를 통행할 수 있는 통행권을 교통체증을 일으키지 않는 최대수준까지만 발행한 뒤, 시민들에게 판매하고, 서로 거래할 수 있게 하는 제도이다. 이 때 정부는 통행권을 판매한 수입으로 고속버스 운영을 지원한다. 따라서, 통행권을 사지 못한 사람은 승용차 이용을 포기하고 정부가 운행비를 지원하는 고속버스를 이용해 고향을 갈 수 있다. 물론, 정치적, 기술적 측면을 고려하면 통행권 거래제는 결코 쉽지 않은 대안이다. 날로 심각해지는 명절, 주말 고속도로 정체로 인한 사회적 손실을 감안할 때 혼잡통행료나 통행권 거래제의 도입 타당성은 면밀히 검토해 볼 가치가 있다고 생각된다.

## 참고문헌

1. 김동효·안강기(1998), "교통혼잡비용의 이론적 정립과 사례연구", 교통정책연구, 제5권 제1호, pp. 88~108.
2. 김동효·안강기·정광복(1999), "'98 전국 교통혼잡비용 산출과 추이 분석", 교통정책, pp.99~111.
3. 김성수(1999), "교통혼잡비용의 이론적 정립과 사례연구에 대한 소견", 교통정책연구, 제5권 제1호, pp.109~110.
4. 김현수(1995), "혼잡통행료 징수를 위한 제방안의 비교·분석에 관한 연구", 홍익대학교 석사학위 논문.
5. 서선덕(1991), "도로용량함수와 혼잡비용", 교통정보.
6. 유승훈·곽승준·김태유(1999), "서울시 대기질 속성의 가치측정", 한국환경학회지, 제7권 제2호, pp.243~270.
7. 이광석(1996), "농촌방문의 경제적 편익추정", 농업경제연구, 제37권.
8. 장영채(1997), "교통혼잡요금 결정에 관한 연구-서울시 경우를 중심으로-", 중앙대학교 박사학위논문.
9. 정재한(1998), "교통혼잡비용의 감소방안에 관한 연구-창원,마산 지역을 중심으로-", 동아대학교 석사학위 논문.
10. 조강래 외(1990), "도시지역 대기질 개선에 관한 연구(II)-이동배출원의 오염물질 부하량 산정을 중심으로", 국립환경연구원보, 제12권, pp.55~69.
11. 건설부(1992), "도로용량편람".
12. 건설교통부(1999), "교통통계연람".
13. 경기개발연구원(2000), "경기도 지역의 혼잡비용산정에 관한 연구".
14. 교통개발연구원(1992), "차량운행비의 산정".
15. 교통개발연구원(1992), "교통혼잡비용 예측연구".
16. 원제무(1998), "도시교통론", 박영사.
17. 서울시정개발연구원(1992), "서울시 교통정비기본계획 협력연구".
18. 한국도로공사(1999), "'99 고속도로 교통량 통계".
19. 한국건설기술연구원(1993), "도로용량편람 교육교재".
20. 환경부(1997), "대기오염물질배출량(97)".
21. E. Mills and B. Hamilton, Urban Economics, Scott, Foresman and Company, 4th ed., 1988.
22. J. McDonald, E. d'Ouille and L. Liu, Economics of Urban Highway Congestion and Pricing, Kluwer Academic Publishers, 1999.
23. M.G.J. Elzen and A.P.G. Moor, The Bonn Agreement and Marrakesh Accords : an updated analysis, RIVM report 728001017/2001, Bilthoven, Netherland 2001.

✉ 주 작 성 자 : 김상태

✉ 논문투고일 : 2001. 12. 3

논문심사일 : 2002. 1. 16 (1차)

2002. 3. 18 (2차)

2002. 4. 11 (3차)

심사판정일 : 2002. 4. 11

✉ 반론접수기간 : 2002. 8. 30