

■ 論 文 ■

## 개방식고속도로 통행특성과 영업체계 전환분석

Analysis of Open Toll Segments in Urban Freeways

남 두 희

(한성대학교 정보시스템공학과 교통시스템전공 교수)

### 목 차

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>I. 서론</li> <li>II. 유료도로 영업체계                         <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 유료도로 정책</li> <li>2. 유료도로 영업체계</li> <li>3. 문헌고찰</li> </ul> </li> <li>III. 개방식고속도로 통행분석                         <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 개방식고속도로 현황</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>2. 구간통행 특성분석</li> <li>IV. 영업체계 전환분석                         <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 영업체계 변경 필요성</li> <li>2. 영업체계방식</li> <li>3. 폐쇄식영업체계 전환시 영향 분석</li> </ul> </li> <li>V. 결론</li> </ul> |
|---|---|

Key Words : 개방식, 폐쇄식, 고속도로영업체계, 외곽순환고속도로, 영업체계전환  
open toll scheme, mainline toll, entry/exit toll, Seoul ring roadway, electronic toll collection

### 요 약

고속도로는 폐쇄식과 개방식 영업체계 두 개의 방식으로 운영되고 있다. 2001년을 기점으로 하여 대부분 폐쇄식으로 전환되었으며, 수도권을 제외하고는 거의 폐쇄식으로 운영되고 있다. 이는 주민들이 개방식에 대한 요금의 불합리성을 민원으로 끊임없이 제기하기 때문이다. 이러한 민원을 발생시키는 개방식 영업체계는 시설비/운영비가 적게 소요되며, 간선기능의 효과 등의 장점이 있어 도시부간선도로와 같이 단거리 통행량이 많은 노선에 적합하나 영업소 통과차량에만 요금이 부과되므로 주행거리와 상관없이 동일 요금이 적용 된다는 점과 영업소를 통과하지 않는 일부 구간에 무료차량을 발생하므로 불공정 문제가 야기 되고 있다. 개방식으로 운영되고 있는 서울외곽순환고속도로의 경우 1992년 개통이후 현재까지 개방식 구간을 이용한 일일 교통량의 연평균 증가율이 10%를 넘고 있다. 이러한 이용대수의 증가에 따라 일부 무료이용 구간에서 교통체증이 발생하고 있어 무료이용자와 유료이용자 간의 형평성 문제가 대두되고 있다. 또한 서울외곽순환고속도로의 경우 민자고속도로인 서울외곽순환고속도로(일산~퇴계원)가 개통됨에 따라 민자고속도로와 한국도로공사 관할 서울외곽순환고속도로 상호간의 영업체계상의 일관성이 없는 문제가 발생한다. 따라서 본 연구는 개방식 고속도로 무료이용구간의 통행특성 분석과 폐쇄식으로의 전환시 영향을 분석하였다.

Two variations of toll roads exist: mainline toll plazas and entry/exit tolls. On a mainline toll system(open toll scheme), all vehicles stop at various locations along the highway to pay a toll. While this may save money from the lack of need to construct tolls at every exit, it can cause lots of traffic congestion, and drivers could evade tolls by going around them. With entry/exit tolls, vehicles collect a ticket when entering the highway, which displays the fares it will pay when it exits, increasing in cost for distance travelled. Upon exit, the driver will pay the amount listed for the given exit. The pressures on the Seoul ring roadway network have been changing over time. In the past, the emphasis was on mobility and maintenance of the road network to provide an efficient transportation network, but recently, road use has outstripped the network's ability to extend and expand the road network and hence the policy emphasis has moved towards reducing free riders rather than mitigating its effects. In addition to this pressure is an incidental pressure, which argues that provision of free ride segments generates further traffic in isolation of other factors. This paper is examining policies to reduce the burden of traffic congestion in Seoul ring roadway which is used open toll scheme for decades. One key mechanism to achieve this policy aim is automatic charging mechanism on freeway, but if a nation-wide electronic toll collection is to be implemented successfully, there are a number of prerequisites which must be place.

## I. 서론

고속도로는 폐쇄식과 개방식 영업체계 두 가지 방식으로 운영되고 있다. 우리나라는 2001년을 기점으로 하여 수도권권을 제외하고 대부분 폐쇄식으로 전환되었다. 개방식 영업체계는 시설비/운영비가 적게 소요되며, 간선기능 효과 등 장점이 있어 도시부간선도로와 같이 단거리 통행량이 많은 노선에 적합하나 영업소 통과차량에만 요금 부과되므로 주행거리와 상관없이 동일 요금이 적용된다는 점과 영업소를 통과하지 않는 일부 구간에 무료차량을 발생하므로 불공정 문제가 야기되고 있다. 개방식으로 운영되고 있는 서울외곽순환고속도로의 경우 1992년 개통이후 현재까지 개방식 구간을 이용한 일일 교통량의 연평균증가율이 10%를 넘고 있다. 이러한 이용대수의 증가에 따라 일부 무료이용 구간에서 교통체증이 발생하고 있어 무료이용자와 유료이용자 간의 형평성 문제가 대두되고 있다. 또한 서울외곽순환고속도로의 경우 민자고속도로인 서울외곽순환고속도로(일산~퇴계원)가 개통됨에 따라 폐쇄식으로 운영되는 민자고속도로와 한국도로공사 관할 서울외곽순환고속도로 상호간 영업체계상의 일관성이 없는 문제가 발생한다. 따라서 본 연구는 현재 개방식으로 운영되고 있는 고속도로가 일부 구간에서 무료차량으로 인한 고속도로의 기능이 저하되는 문제가 있다는 인식하에 구간별 무료통행비용을 조사하였고 이들 구간을 폐쇄식으로 영업체계 전환시의 영향을 분석하였다.

## II. 유료도로 영업체계

### 1. 유료도로 정책

도로는 국민의 일상생활과 밀접하게 관련되어 있으며, 국가의 경제 활동을 지배하는 사회기반시설이므로 도로의 건설 및 관리는 국가 및 지방자치단체의 책임에 속하고, 조세 등의 일반 재원을 충당하는 공공사업으로 행하며, 건설된 도로는 무료로 통행 차량에 개방하는 도로 무료 개방주의가 일반적이었다. 즉, 자유로운 유통 및 경쟁을 통하여 경제의 합리적 발전을 추구하는 사상은 중세 국가의 봉건적 규제였던 통행세, 입시세 등을 배척하고 주거의 자유 등과 함께 도로에 대해서도 통행의 자유가 강하게 요구되었으나 한정된 일반 재원에 의한 공공사업 비만으로는 급증하는 도로 교통수요에 대처할 수 없다는

결론에 도달한 많은 나라들이 유료도로 제도를 실시하게 되었다. 고속도로의 건설이나 유지에 필요한 비용의 일부 또는 전액을 고속도로 이용자의 부담으로 운영하는 체계를 도입하고 있는 나라는 일본, 중국, 대만, 프랑스, 이탈리아, 노르웨이, 오스트리아, 포르투갈, 스페인, 멕시코를 포함하여 많은 나라가 있으나 직접세적인 운영체계 외에 간접세 형태로 도로신탁기금을 징수하는 곳도 미국을 포함하여 다수 국가가 있어 유료도로 정책은 그 나라의 특성에 따라 운영되고 있다고 할 수 있다.

도로는 공공시설물이기 때문에 무료로 제공되는 것이 원칙이나 고속도로를 이용하게 되면 통행에 따른 시간과 비용상에 상당한 편익이 발생되며 이러한 편익이 해당 고속도로를 이용하지 않는 다른 사람에 비해 현저히 큰 경우에는 통행한 사람과 통행하지 않는 사람에 구별 없이 일반 국민의 세금으로 고속도로를 건설하는 방법보다는 통행함으로써 편익을 얻는 사람에게 부담시키는 것이 보다 공평하다는 원칙 즉 수익자 부담 원칙이 유료도로 통행료 징수에 대한 전제로 하고 있다. 통행료 수준을 결정하는 원칙으로는 세 가지 원칙이 적용되고 있는데 이는 상환주의 원칙, 공정 타당주의 원칙, 편익주의 원칙이며, 상환주의 원칙이란 도로의 건설 및 관리에 필요한 비용 등을 요금 징수 기간 내에 상환할 수 있도록 요금을 결정하는 것이다. 공정 타당주의 원칙은 다른 교통수단에 의한 운임과의 균형, 이용자의 부담능력, 차종간 비용 등을 종합적으로 감안하여 합리적이고 또 사회적으로 정당한 요금을 결정하는 방법이다. 편익주의 원칙은 도로를 이용함으로써 얻어지는 주행경비의 절약과 주행시간의 단축에 따른 편익에 의해 요금을 결정하는 방법을 말한다.

### 2. 유료도로 영업체계

유료고속도로의 영업체계는 통행료 징수방법에 따라 고속도로 진입·진출로를 통제된 상태에서 요금을 징수하는 폐쇄식과 통제되지 않은 특정 지점에서 요금을 징수하는 개방식 체제가 있으며, 두 영업체계의 특성은 <표 1>과 같다.

개방식 영업체계란 진입 영업소에서 통행권을 뽑고, 진출 영업소에서 요금을 징수하는 폐쇄식 영업체계와는 달리, 일정 지점의 영업소를 지날 때 마다 통행료를 징수하는 형태의 영업체계를 의미하며, 폐쇄식 영업체계와 비교하여 영업 업무가 간편하고 영업소 설치수를 줄일 수 있어 영업비용이 적게 든다는 장점이 있어 기술적으

〈표 1〉 고속도로 통행료 징수체계 비교

구분	폐쇄식	개방식
개념	- 입구에서 통행권을 발부받아 출구에서 요금을 징수	- 통제되지 않은 유료도로의 특정 지점(영업소)에서 요금을 징수
장점	- 전 이용차량에 대하여 주행거리에 따라 부과함으로써 형평성 확보 - 운영주체 측면에선 통제와 단속이 용이하고 수입이 증가 - 장거리 이용객 편리 - OD자료 수집용이	- 시설비/운영비 적음 - 도시부 간선도로 기능의 효과가 있음(도로처리 능력제고)
단점	- 시설비/운영비 과다 소요 - 도심지역 진출입로 차량지체 발생 - 단거리 이용차량의 이용률 저조	- 영업소 통과차량에만 요금이 부과되고, 주행거리와 상관없이 동일 요금이 적용됨에 따른 불공정 문제야기 - 단속/통제가 곤란 - 무료차량 발생(통행료 누수)
적용 기준	- 교통량이 많은 노선 - 진출입 간격이 긴 노선 - 장거리 통행차량이 많은 노선	- I/C영업소 설치불가능 구간 - 진출입 간격이 짧은 노선 - 단거리 통행차량 많은 노선

로 영업소 설치가 불가능한 구간이나, 단거리 통행이 많은 도시부에서 적합한 방법이다. 그러나 톨게이트를 통과하지 않는 일부 구간에서는 무료통행이 가능하여 통행료 부과 형평성을 갖지 못하는 단점이 있다. 폐쇄식 영업체계는 고속도로를 진입할 때 톨게이트 입구에서 통행권을 발급받아 고속도로를 벗어날 때 톨게이트 출구에서 요금을 지불하는 영업방식을 의미하며, 운영적 측면에서는 고속도로의 모든 진출입 시설에 요금징수소를 설치·운영해야 하므로 운영비가 증가하나, 이용자 측면에서는 각자 운행하는 거리에 해당하는 만큼의 요금을 부담하게 되어 통행료 부과에 공평한 이점이 있다.

### 3. 문헌 고찰

개방식 고속도로 운영체계에 대한 연구는 주로 서울외곽순환도로를 중심으로 수행되었다. 서울외곽순환고속도로의 건설은 도시내 통과교통을 우회시키고 서울시내의 교통집중을 해소시키기 위한 것으로 즉, 서울시내의 과도한 교통집중으로 교통체증에 따른 사회비용이 기하급수적으로 늘어남에 따라 효과적인 교통량의 분산처리 및 신도시 건설에 따른 교통 수용에 대처하기 위하여 1983년 12월부터 1984년 11월까지 수도권 종합교통망체계 기본계획을 세웠으며, 세계은행 계열인 국제부흥개발은행(IBRD)의 자금 지원으로 1984년 12월부터 1985년 12

월까지 실시한 경기지역 종합 교통망체계 타당성 조사결과를 검토한 끝에 서울외곽순환고속도로 건설계획이 확정되었다. 1991년 국토연구원 연구보고서인 「서울외곽순환고속도로 타당성분석」에 의하면 “수도권지역의 기능 분산과 신도시 입지 등에 따른 지역개발효과측면과 함께 순환고속도로의 유료화에 따른 영업체계는 개방식체계가 타당할 것으로 보인다.”라고 한 것과 같이 서울외곽순환고속도로는 개방식으로 영업체계가 결정되었다.

이후, 평촌~퇴계원구간에서의 개방식 운영체제로 인한 교통요금의 불공평, 영업소 우회차량 및 무료차량으로 인한 일부 구간의 교통정체, 장거리 이용차량의 잦은 정차에 따른 불평과 진출입시설의 문제로 인한 교통혼잡의 야기, 고속도로와의 연계체계 결여 등의 제반문제점이 제기되어 왔기에 진출입시설의 위치, 형식 등의 재검토를 위해 1996년 처음 연구가 되었다. 서울외곽순환고속도로 영업체계 개선을 위하여 대안별 분석을 수행하였으며, 대안설정기준은 영업체계 형태와 이에 따른 기술적 설치에 준하여 가능한 조합을 도출하는 방법으로 6개 대안을 제시하여 2003년 기준으로 평가를 하였다. 모든 차량의 AVI이용을 전제로 완전 폐쇄식을 추천하였으나 6개 IC에서 램프 미터링의 실시 등 현실적 방안이 제시되었다(교통개발연구원, 1996).

이후 2000년 「고속도로 요금제도 및 영업체계 개선 방안 연구」에서 고속도로 운영방식인 개방식과 폐쇄식에 대한 영업체계에 대한 현황 분석과 통행요금 산정기준, 통행요금 추이 및 차종구분, 요금구조 및 요금수준, 통행요금 조정방식, 통행요금 할인·감면제도 등에 대한 개선방안이 연구 되었다. 기술성 및 경제성을 검토한 결과 현실적으로 전체 영업체계를 바꾸는 것은 불가능한 것으로 판단되었으며, 무료구간을 최소화시키기 위하여 서울외곽순환고속도로에 기존에 계획되어 있던 논곡영업소와 서하남영업소는 도로이용자의 편익을 극대화하고 영업소로 인한 지체를 최소화한다는 측면에서 설치하지 않는 것이 바람직한 것으로 분석하였다. 개방식 요금징수체계 방안 및 통행권 발급방식, 쿠폰제 등을 검토하여 개방식 구간의 영업체계에 대한 부분이 연구되었다.

## III. 개방식고속도로 통행분석

### 1. 개방식고속도로 현황

현 국내 고속도로 구간 중 개방식으로 운영되고 있는

〈표 2〉 개방식 구간 교통량(2000년 ~ 2005년)

영업소	2000년도		2001년도		2002년도		2003년도		2004년도		2005년도	
	이용차량	전년대비										
판교	63,824	113.6	69,796	109.4	74,971	107.4	77,386	103.2	82,260	106.3	77,219	93.9
하남	3,872	123.0	5,420	140.0	10,603	195.6	16,002	150.9	19,547	122.2	22,230	113.7
성남	69,316	111.9	73,928	106.7	87,486	118.3	106,245	121.4	113,458	106.8	110,959	97.8
구리	109,333	106.0	111,904	102.4	119,751	107.0	139,997	116.9	142,279	101.6	147,217	103.5
도평	15,770	127.6	20,030	127.0	23,185	115.8	22,465	96.9	18,001	80.1	17,958	99.8
청계	119,511	155.8	125,047	104.6	141,329	113.0	147,967	104.7	151,545	102.4	145,972	96.3
시흥	84,85	155.1	104,920	123.6	121,219	115.5	125,936	103.9	129,609	102.9	132,985	102.6
김포	80,95	144.7	102,953	127.2	123,142	119.6	127,868	103.8	132,733	103.8	136,126	102.6
남인천	53,014	97.2	52,046	98.2	59,289	113.9	62,011	104.6	63,532	102.5	65,374	102.9
인천	123,342	101.8	124,804	101.2	126,849	101.6	122,424	96.5	121,118	98.9	122,810	101.4
계	723,795		790,848		887,824		948,300		974,081		978,850	

곳은 서울외곽순환고속도로, 경인고속도로, 제2경인고속도로가 있으며, 민간이 운영하는 서울외곽순환고속도로와 연결되는 서울외곽순환고속도로(일산~퇴계원), 서울-춘천고속도로가 개방식과 폐쇄식의 혼합형식으로 운영되고 있다. 현재 개방식으로 운영되고 있는 각 영업소별 이용차량대수는 2000년 이후 연평균증가율 6.2%로 2005년에는 이용차량대수는 978,850(대/일)이고 전년대비 0.5%의 증가율을 보이고 있다. 외곽순환선의 차종별 구성비를 보면, 2004년 기준 승용차는 53.1%, 버스는 8.4%, 화물은 38.5%로 나타나고 있다.

통행요금은 개방식 고속도로 구간을 이용하는 차량대수의 증가에 따라 함께 증가되어 왔으나, 2005년의 경우에는 2004년 통행요금체계 변경으로 교통량은 증대하였으나 총 통행요금 수입은 감소하여 2,484억 원의 통행료가 징수되었다. 개방식 체제로 운영중인 영업소 중 인천, 구리, 청계 영업소 순으로 교통량이 많으며 총 주행거리는 인천, 청계, 시흥 순으로 집계되었다.

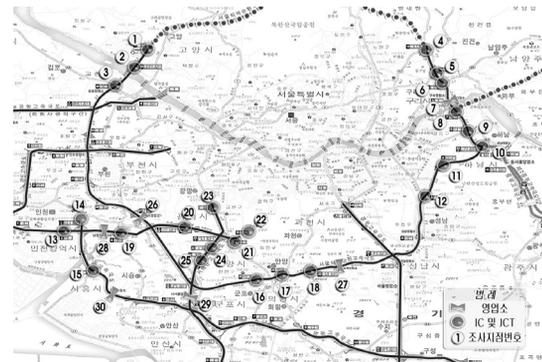
2. 구간통행 특성분석

개방식 영업체계가 존재하는 수도권의 통행특성을 알아보고자 수도권 고속도로의 무료/유료 이용자 조사를 실시하였다. 서울외곽순환고속도로와 경인고속도로의 IC 중 민자도로와 연결되는 곳과 Level of Service가 낮은 일산, 남동, 신천, 광명, 강일, 퇴계원 등 6개의 IC를 선정하였다. 조사는 5개의 권역(일산권, 남동권, 신천·광명권, 강일권, 퇴계원권)으로 구분하여 2005년 10월 평일 오전,오후 각 2시간씩 조사가 이루어졌으며, 방법으로 번호판 조사를 실시하였다. 또한 병행하여 영업소 통

행실태조사 및 IC 접속부 교차로 교통량조사, 본선 IC 및 접속부 교차로 운영현황을 조사하였으며, 조사 지점은 총 30개 지점으로 〈그림 1〉과 같다.

우선 일산권의 이용행태를 보면 일일 교통량은 225,390대/일 이며 무료차량은 69,623대/일로 전체 이용차량 중 30.9%를 차지하며, 무료차량의 대-km 구성비는 17.6%로 나타났다. 일일 총 이용교통량에 대한 무료교통량의 비율은 25.7%~47.7%이며, 무료 이용률이 가장 높은 자유로 IC→일산 IC구간의 경우 일일 교통량 50천대 중 24천대가 무료로 이용하고 있는 것으로 조사되었다.

남동권역의 경우 일일 총 대수 275,551대 중 무료차량은 총 95,830대로 전체 이용차량 중 34.8%이었고, 신천·광명권의 경우 일일 총 대수 521,817대 중 무료차량은 총 130,653대로 전체 이용차량 중 25.0%를 나타내었다. 강일권 일일 총 대수 370,886대 중 무료차량은 총 47,097대로 전체 이용차량 중 12.7%를 차지하며, 무료차량의 대-km 구성비는 8.7%로 나타났다. 퇴



〈그림 1〉 구간 위치와 조사지점

〈표 3〉 권역별 유·무료 차량의 구성비

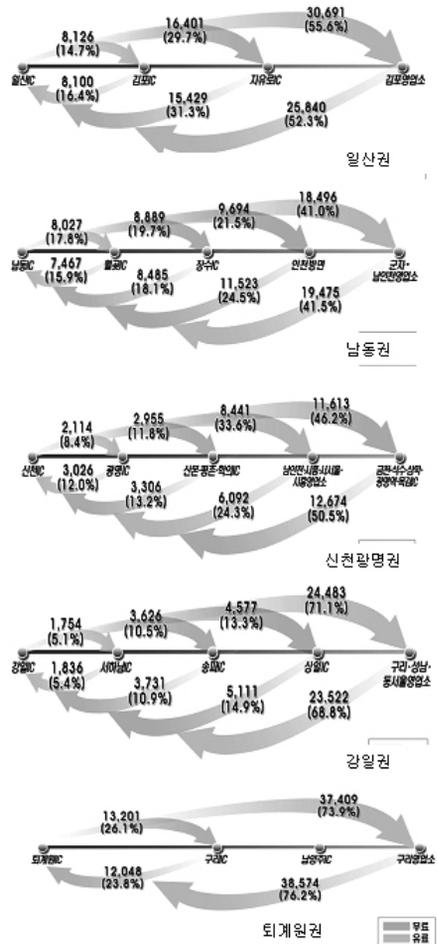
	구분	차량대수 (대/일)	구성비 (%)	대-km (대-km/일)	구성비 (%)	평균주 행거리
일산권	합계	225,390	100	1,263,058	100	5.6
	무료차량	69,623	30.9	222,056	17.6	3.2
	유료차량	155,767	69.1	1,041,002	82.4	6.7
남동권	합계	275,551	100	1,593,974	100	5.78
	무료차량	95,830	34.8	526,656	33.0	5.50
	유료차량	179,721	65.2	1,067,318	67.0	5.94
신천· 광명권	합계	521,817	100	8,641,978	100	16.56
	무료차량	130,653	25.0	1,583,452	18.3	12.12
	유료차량	391,164	75.0	7,058,526	81.7	18.04
강일권	합계	370,886	100	4,345,560	100	11.72
	무료차량	47,097	12.7	378,452	8.7	8.04
	유료차량	323,789	87.3	3,967,108	91.3	12.25
퇴계원 권	합계	185,455	100	927,449	100	5
	무료차량	25,249	13.61	60,345	6.51	2.39
	유료차량	160,206	86.39	867,104	93.49	5.41

계원권역 일일 총 대수 185,455대 중 무료차량은 총 25,249대로 전체 이용차량 중 13.61%를 차지하며, 무료차량의 대-km 구성비는 6.51%로 나타났다.

신천·광명권의 무료이용비율을 자세히 살펴보면 오전 첨두시의 무료교통량 비율은 5.6%~80.1%로 오후 첨두시의 무료교통량 비율은 7.3%~81.2%로 나타났다. 1일 총 이용교통량에 대한 무료교통량의 비율은 5.0%~77.3%로 나타났으며, 무료이용률이 가장 높은 석수 IC→일직 JCT 구간의 경우 1일 교통량 38,760대 중 29,954대가 무료로 이용하고 있는 것으로 조사 분석되었다. 신천·광명권 이용차량의 주행거리별 분포의 경우 15km이하 통행이 59.2%로 매우 높게 나타나며, 25km 이하 통행까지 포함할 경우 85.1%로 대부분 25km이하의 단거리 통행이 이루어지고 있는 것으로 분석되었다. 무료차량

〈표 4〉 신천·광명권 오후 첨두(18시-19시) 통행특성 (대/시,%)

구간	계	무료	비율	구간	계	무료	비율
남인천TG→신천IC	2,984	0	0.0	신천IC→남인천TG	2,144	0	0.0
신천IC→안현JC	4,475	1,472	32.9	안현JC→신천IC	3,467	1,407	40.6
안현JC→광명IC	2,731	1,019	37.3	광명IC→안현JC	2,598	1,010	38.9
광명IC→일직JC	2,822	1,567	55.5	일직JC→광명IC	3,833	2,075	54.1
일직JC→석수IC	2,707	1,987	73.4	석수IC→일직JC	2,480	2,014	81.2
석수IC→삼막IC	649	439	67.6	삼막IC→석수IC	454	318	70.0
시흥TG→안현JC	4,093	0	0.0	안현JC→시흥TG	5,344	0	0.0
안현JC→조남JC	4,940	453	9.2	조남JC→안현JC	5,426	397	7.3
조남JC→산본IC	6,057	1,774	29.3	산본IC→조남JC	5,460	1,923	35.2
산본IC→평촌IC	6,115	1,602	26.2	평촌IC→산본IC	6,088	1,794	29.5
평촌IC→학의JCT	6,098	1,300	21.3	학의JCT→평촌IC	6,064	1,250	20.6
학의JCT→청계TG	5,594	0	0.0	청계TG→학의JCT	5,935	0	0.0
금천IC→일직JC	3,323	1,521	45.8	일직JC→금천IC	3,132	948	30.3
일직JC→광명IC	3,689	2,204	59.7	광명IC→일직JC	4,719	2,112	44.8
광명IC→목감IC	3,614	2,061	57.0	목감IC→광명IC	4,958	2,193	44.2
목감IC→조남JC	3,365	1,507	44.8	조남JC→목감IC	5,054	1,712	33.9
조남JC→서서울TG	3,469	0	0.0	서서울TG→조남JC	6,131	0	0.0



〈그림 2〉 권역별 O/D(유료/무료)

〈표 5〉 방향별 무료차량비율 (단위: 대/일, %)

구 간	2000년 자료			금번연구			증감
	총교통량	무료 교통량	비율	총교통량	무료 교통량	비율	
자유로IC⇒김포IC	29,774	10,451	35.1	75,121	19,299	25.7	▽
김포IC⇒계양IC	30,809	-	-	77,004	-	-	-
시흥IC⇒안원JCT	33,503	-	-	74,090	-	-	-
안원JCT⇒조남JCT	41,662	2,821	6.8	81,900	4,080	5.0	▽
조남JCT⇒산본IC	54,380	8,672	15.9	86,347	22,055	25.5	▲
산본IC⇒평촌IC	59,821	13,636	22.8	87,726	20,224	23.1	▲
평촌IC⇒학의JCT	57,968	10,222	17.6	86,011	14,530	16.9	▽
학의JCT⇒판교JCT	52,837	-	-	82,619	-	-	-
성남IC⇒송파IC	32,936	-	-	62,079	-	-	-
송파IC⇒서하남IC	37,895	4,826	12.7	72,186	13,554	18.8	▲
서하남IC⇒하남JCT	38,128	4,177	11.0	67,194	10,680	15.9	▲
하남JCT⇒상일IC	57,021	4,177	7.3	90,397	10,680	11.8	▲
상일IC⇒강일IC	55,585	5,502	9.9	91,253	10,678	11.7	▲
강일IC⇒도평IC	53,927	-	-	83,603	-	-	-
도평IC⇒남양주IC	49,906	-	-	80,213	-	-	-
남양주IC⇒구리IC	36,376	-	-	64,290	-	-	-
구리IC⇒퇴계원IC	30,018	6,092	20.3	50,622	12,048	23.8	▲
남동IC⇒서창JCT	41,293	13,526	32.8	75,490	31,124	41.2	▲
서창JCT⇒신천IC	21,405	-	-	37,551	-	-	-
신천IC⇒안원JCT	38,995	16,290	41.8	54,241	16,682	30.8	▽
안원JCT⇒광명IC	28,130	14,419	51.3	35,084	12,602	35.9	▽
광명IC⇒석수IC	31,247	21,960	70.3	41,735	26,133	62.6	▽
서창JCT⇒월곶IC	40,205	8,811	21.9	66,494	21,249	32.0	▲
월곶IC⇒군자	33,707	-	-	53,895	-	-	-
석수IC⇒목감IC	42,575	18,116	42.6	62,265	28,612	46.0	▲
목감IC⇒조남JCT	40,320	6,092	15.1	60,268	20,316	33.7	▲
조남JCT⇒서서울	34,001	-	-	81,342	-	-	-
하남JCT⇒동서울TG	36,035	-	-	61,634	-	-	-
김포IC⇒자유로IC	29,776	10,280	34.5	72,004	18,494	25.7	▽
계양IC⇒김포IC	31,128	-	-	78,763	-	-	-
안원JCT⇒시흥IC	33,063	-	-	73,743	-	-	-
조남JCT⇒안원JCT	41,586	2,907	7.0	77,562	4,522	5.8	▽
산본IC⇒조남JCT	54,517	8,864	16.3	86,362	23,514	27.2	▲
평촌IC⇒산본IC	59,403	13,427	22.6	88,258	19,754	22.4	▽
학의JCT⇒평촌IC	57,852	10,426	18	85,987	13,125	15.3	▽
판교JCT⇒학의JCT	52,160	-	-	82,813	-	-	-
송파IC⇒성남IC	32,873	-	-	60,811	-	-	-
서하남IC⇒송파IC	37,509	4,599	12.3	78,260	17,235	22.0	▲
하남JCT⇒서하남IC	37,714	4,160	11.0	69,240	10,919	15.8	▲
상일IC⇒하남JCT	56,415	4,160	7.4	90,260	10,919	12.1	▲
강일IC⇒상일IC	54,835	5,354	9.8	91,643	9,957	10.9	▲
도평IC⇒강일IC	54,778	-	-	83,753	-	-	-
남양주IC⇒도평IC	50,562	-	-	79,992	-	-	-
구리IC⇒남양주IC	37,312	-	-	65,628	-	-	-
퇴계원IC⇒구리IC	30,391	5,793	19.1	50,610	13,201	26.1	▲
서창JCT⇒남동IC	41,756	13,236	31.7	76,335	28,039	36.7	▲
신천IC⇒서창JCT	22,029	-	-	34,476	-	-	-
안원JCT⇒신천IC	39,431	16,205	41.1	51,536	19,006	36.9	▽
광명IC⇒안원JCT	28,235	14,257	50.5	37,831	14,484	38.3	▽
석수IC⇒광명IC	30,937	21,473	69.4	43,310	27,569	63.7	▽
월곶IC⇒서창JCT	39,273	8,372	21.3	69,875	22,038	31.5	▲
군자⇒월곶IC	33,705	-	-	57,693	-	-	-
목감IC⇒석수IC	44,114	17,917	40.6	68,106	29,354	43.1	▲
조남JCT⇒목감IC	41,966	6,192	14.8	66,664	21,333	32.0	▲
서서울TG⇒조남JCT	35,469	-	-	81,924	-	-	-
동서울TG⇒하남JCT	36,230	-	-	61,687	-	-	-

의 경우는 총 130,653대 모두 25km미만 통행이며, 5~10km 통행이 34.3%로 가장 높은 분포를 보이며, 20km 이상 통행도 19.6%를 보이고 있다. 유료 차량의 경우 10~15km통행이 42.1%로 가장 많으며, 20km 이상 통행도 29.3%를 보이며, 5km 미만통행은 2.1%를 보이고 있다.

이러한 결과는 2000년 수도권 개방식 구간 차량번호판 조사결과와 비교해 볼 때 총 교통량의 경우 25%~150%(평균 약 70%)가 증가한 것으로 나타났으며, 무료이용율의 경우 대부분의 구간에서 비슷하거나 약간 증가하는 것으로 분석되었다.

### IV. 영업체계 전환분석

#### 1. 영업체계 변경 필요성

일부 개방식 구간의 경우 무료 통행자의 급증으로 인접한 대체도로보다 쾌적하고 신속하게 고속으로 주행할 수 있는 고속도로 본래의 기능을 점점 잃어가고 있는 실정이다. 개방식 구간에 무료 통행량의 증가로 통행시간이 증가하게 되면 상류부도 정체현상이 파급되어 대기행렬이 길게 늘어나게 되고 이로 인해 전체 고속도로 이용자들의 편익이 감소하게 되고 더욱이 전체 고속도로 이용자의 편익이 감소하게 되어 전체 고속도로의 기능이 저하된다. 이는 상환주의, 공정타당주의, 편익주의 3대 요금징수원칙에도 어긋난다.

개방식 구간의 통행요금 결정기준인 평균주행거리에 의한 통행료결정은 일부구간의 교통혼잡으로 인해 통행량이 감소되고 이는 통행료 수입의 감소로 이어져 요금을 결정하는 상환주의원칙에 위배되는 불합리성을 가진다. 또한, 이는 평균주행거리에 의한 통행료 산정방법은 이용객들이 고속도로를 이용하는데 있어서 편익을 얻을 것이라는 전제로 산정되는 것으로 고속도로 정체시 요금 부과의 타당성을 갖지 못하게 된다.

#### 2. 영업체계 방식

현 개방식 영업체계 방식에서 전환할 수 있는 영업체계로는 완전무료화, 폐쇄식 전환, 입장료 징수가 있을 수 있다. 완전무료화는 고속도로 통행수요 증가로 연계도로의 혼잡을 더욱 악화시킬 가능성이 있는 대안이며, 국민이 낸 세금을 이용하여 수도권 거주자가 주로 이용하는

〈표 6〉 영업체계 대안별 비교

구분	개방식	완전무료화	폐쇄식화	유출입 요금 부과
개념	본선 일정 지점 에서 요금징수	모든 영업소를 폐 쇄하고 수도권 개 방식 구간을 무료 로 운영	모든 진출입램프 에 영업소를 설치 하여 주행거리별 로 요금을 징수	진출입 램프 에 영업소를 설치하고 입 장료 징수
장점	소요비용 적음	민원발생이 없음	주행거리만큼 요 금 징수가 가능하 므로 형평성 문제 해결	무료차량 배 제가능
단점	무료차량존재 장거리 이용자 의 중복징수 형평성 문제 대 두로 민원소지 가 많음	수입자부담원칙 에 적합하지 않음 고속도로의 통행 량 증가로 도로 혼잡을 더욱 가 중시킴	초기 투자비 및 운 영비 과대 영업소에서 지체 발생 가능성 있음	초기 시설투 자비 과다 유출입 지점 지정체 발생
운영 방식	현재와 동일	모든 영업소 폐쇄	현재의 폐쇄식 구간과 동일하게 운영	폐쇄식과 동 일(요금 구 조에 차이가 있음)
추가 비용	없음	본선 영업시설 해 체비	시설투자비(용지 비, 톨게이트 설치 비 등)	영업시설 설치 타당성 부분
비교	차선대안이나 단기적으로는 유지가 바람직	통행료 보전방안 이 불투명하고 비 현실적임	ETCS 100% 보 급률 전체	실현 불가능

도로에 편중 투자하는 것은 수익자부담 원칙에 적합하지 않음으로 인한 문제를 야기할 소지가 있다. 입장료 징수 대안은 형평성 해소를 위해 진입 또는 진출 램프에 영업소를 설치하는 대안이다.

폐쇄식 전환 대안은 모든 차량에 대하여 주행거리 비례로 요금을 부과함으로써 형평성 문제 해결에는 우수한 대안이나 유출입 램프의 영업소 설치에 곤란한 지역이 많아 이를 보완할 수 있는 ETCS 등 새로운 대안이 필요한 부분으로 판단된다. 다음에서 폐쇄식 전환에 따른 영향 및 편익 그리고 전환시점 선택을 위한 ETCS 보급률 가정을 통한 시뮬레이션을 수행하였다.

### 3. 폐쇄식 영업체계 전환시 영향분석

#### 1) 전환을 검토

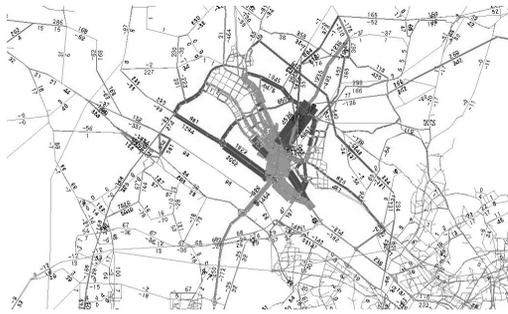
국가교통DB의 수도권 네트워크 및 장래 OD와 권역별 유·무료 차량의 구성비를 근거로 하여 폐쇄식 영업체계에 따른 통행전환 행태를 emme/2를 이용하여 영업시설 설치 전과 후를 비교 검토해 본 결과 다음과 같은 분석결과를 얻었다. 기준연도는 2004년으로 하였고 목

표연도는 2011년과 2026년으로 설정하였다.

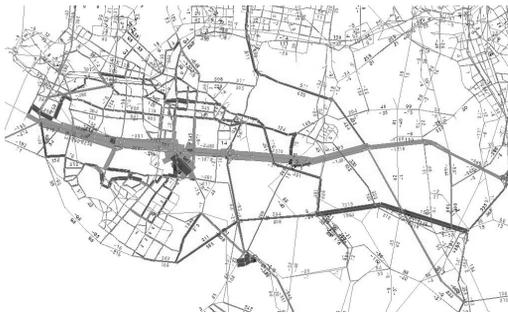
일산 IC에 영업시설을 설치할 경우 본선교통량의 4.2%~18.8%의 교통량이 전환하며, 무료이용구간의 비율은 25.7%~45.9%에서 16.5%로 줄어드는 것으로 분석되었다. 남동 IC에 영업시설을 설치할 경우 본선교통량의 0.8%~8.7%의 교통량이 전환하며, 무료이용구간의 비율은 31.7~46.5%에서 10.5~20.0%로 줄어드는 것으로 분석되었다. 신천 IC와 광명 IC에 영업시설을 설치할 경우 무료이용 구간이 13개 구간에서 9개 구간으로 줄어들며 영업시설을 설치할 경우 본선교통량의 0.6%~10.2%의 교통량이 전환하고, 무료이용구간의 비율은 5.4%~74.8%에서 13.0~42.9%로 줄어드는 것으로 분석되었다. 강일 IC에 영업시설을 설치할 경우 본선교통량의 1.9%~7.1%의 교통량이 전환하며, 무료이용구간의 비율은 11.3%~20.5%에서 4.4%~11.3%로 줄어드는 것으로 분석되었다. 퇴계원권의 경우 장래 무료시에 유료시로 전환할 경우 본선교통량의 6.0%~15.2%가 전환하며, 영업소 미설치시 24.9%의 무료 이용율을 보이던 무료이용구간인 퇴계원~구리구간은 영업소 설치로 무료이용교통량은 없어지는 것으로 나타났다.

〈표 7〉 폐쇄식 전환시 고속도로 장래교통량 (단위: 대/일)

도로명	구간	2011년	2026년	증가율
서해안 고속도로	광명역IC-일직JCT	147,316	142,906	-0.16
	문학IC-남동IC	149,391	167,762	1.11
제2경인 고속도로	남동IC-서창JCT	145,536	170,460	1.66
	서창JCT-신천IC	85,884	112,297	2.88
	신천IC-안현JCT	94,841	114,911	2.32
	안현JCT-광명IC	81,676	115,099	2.10
	광명IC-일직JCT	79,722	126,491	2.98
영동 고속도로	서창JCT-월곶IC	114,265	117,874	0.19
	월곶IC-군자TG	115,440	119,877	0.31
외곽순환 고속도로	일산IC-자유로IC	134,995	127,522	0.19
	자유로IC-김포IC	131,012	132,342	0.47
	조남JCT-산본IC	168,558	125,529	-0.87
	산본IC-평촌IC	166,574	126,238	-0.72
	평촌IC-학의JCT	191,396	148,088	-0.38
	학의JCT-청계TG	197,514	170,928	0.38
	송파IC-서하남IC	121,393	124,914	0.29
	하남JCT-상일IC	151,099	141,557	-1.17
	상일IC-강일IC	119,344	98,418	-0.60
	강일IC-토평IC	124,517	122,505	0.45
	토평IC-남양주IC	131,381	119,915	-0.05
	남양주IC-구리IC	117,000	103,737	-0.19
	구리IC-퇴계원IC	79,787	70,394	-0.24



〈그림 3〉 일산 IC 통행료징수에 따른 교통량 변화(2026년)



〈그림 4〉 남동 IC 통행료 징수에 따른 변화(2026년)

2) 경제적 편익

수도권 고속도로와 같이 교통수요가 많아 잦은 지체 및 정체를 유발하는 노선에서는 영업체계 변경으로 무료 통행량 방지 및 교통수요를 조절하는 기능을 가질 수 있어 전체적으로 고속도로 시스템의 기능을 증대시키므로 사회적 편익이 증가하게 된다. 대상 IC에 영업시설을 설치시 고속도로를 이용함으로써 고속도로 이용자가 얻게 되는 편익을 한국개발원의 지침에 의거 2008년을 기준으로 하여 산출한 결과 일산 IC를 제외한 5개 IC 구간의 편익이 모두 높게 산출되었다.

일산IC의 경우 한강을 통과하는 대안도로의 부재로 오히려 편익이 감소하는 현상을 보이는 것으로 판단된다.

〈표 8〉 폐쇄식 고속도로편익(일부권역 전환시, 2008년 기준) (단위:백만원)

구분	일산IC	남동IC	신천IC	광명IC	강일IC	퇴계원IC
운영비용	-894	1,114	390	287	955	411
통행시간	-2,554	5,763	797	652	4,581	825
교통사고	-77	173	24	18	160	19
환경비용	-105	288	41	36	206	47
합계	-3,630	7,339	1,253	993	5,902	1,303

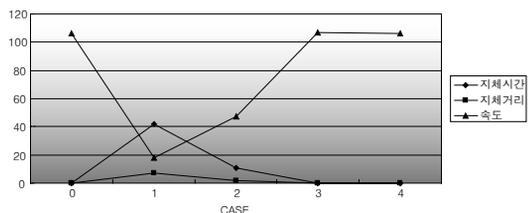
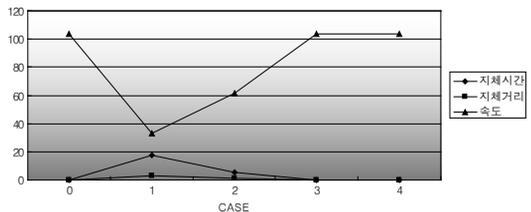
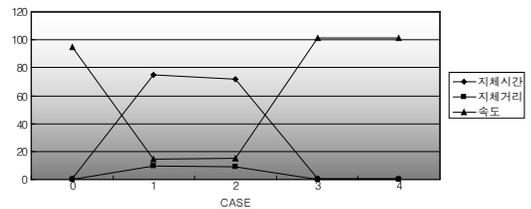
3) ETCS(Electronic Toll Collection)도입 교통영향 분석

유출입 램프의 영업시설 설치가 곤란한 지역이 많아 이를 보완할 수 있는 ETCS의 효과를 분석하기 위해 TSIS v5.1을 사용하였으며, 시뮬레이션에 사용된 시나리오는 영업소를 설치하지 않은 상태와 영업소를 설치하되 운영방식을 TCS, ETCS 두 가지 방식에서 ETCS 보급률에 따른 4가지 시나리오로 총 5가지 시나리오에 대해 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션에 사용된 평균 서비스 시간은 구간별요금제의 경우 적용되는 입구 6초, 출구 14초를 적용하였다. 교통량은 각 IC별 현장조사에 따른 오전 침두 교통량을

〈표 9〉 시뮬레이션 수행 시나리오

시나리오	내용
CASE 0	영업소 설치를 하지 않은 상태(현재)
CASE 1	영업소가 설치되었고 운영방식은 TCS 100%로 운영
CASE 2	영업소가 설치되었고 운영방식은 TCS 90%, ETCS 10%로 운영
CASE 3	영업소가 설치되었고 운영방식은 TCS 50%, ETCS 50%로 운영
CASE 4	영업소가 설치되었고 운영방식은 TCS 30%, ETCS 70%로 운영



〈그림 5〉 일산, 신천, 광명 IC 시뮬레이션 결과

기준으로 하며, 영업소 설치 전후의 전환 교통량을 대비로 접근로별 교통량을 산출하였으며, 영업소의 설치 전후의 효과를 비교 평가하기 위한 척도로는 대상구간의 지체시간(sec/veh), 지체거리(veh-km), 속도(km/h) 세 개로 하였다. 대상구간은 고속도로 본선에서 영업소로 빠져나가는 램프가 분기되는 지점(노드)의 이전 본선구간(링크)과 고속도로 본선으로 진입하는 접근도로의 링크를 대상구간으로 선정하였다. 단, 영업소의 차로수는 한국도로공사의 영업소 설치기준에 따라 차선을 배치하였다.

시뮬레이션 결과를 보면, 대상 IC 6개 모두 일산 IC와 유사한 형태를 보였으며 영업소 설치로 인해 본선으로 유입되는 교통량의 감소로 본선의 서비스 수준은 개선될 것으로 보인다.

현재 대부분의 고속도로 영업소 운영방식인 TCS로만 운영시에는 주변 도로의 정체뿐만 아니라 고속도로 본선에 영향을 주어 고속도로를 유료로 사용하는 사용자들에게도 서비스 질의 하락을 가져다 줄 것으로 판단된다.

영업소 서비스 시간의 변동에 따른 미시적 교통영향만을 분석하여 정확한 수치를 제시하지는 못하나 영업소를 운영하는 방식에 있어 일산IC의 시뮬레이션 결과에서 보듯이 ETCS 이용률이 50% 이상이 될 경우 영업소를 설치하지 않은 상황과 동일한 상황이 유추되므로 영업소를 설치하여도 무관한 것으로 판단된다.

## V. 결론

개방식 구간은 고속도로 건설 후 초기에 무료통행을 권장하여 고속도로 통행처리 능력을 제고하고 고속도로의 공공성을 제공하는 측면도 있으나 고속도로를 이용하는 무료통행으로 인해 증가된 교통수요가 용량을 초과하게 되면 고속도로의 처리능력이 저하되고 고속도로 전체 시스템의 효율성을 떨어뜨리는 결과를 초래한다. 개방식 구간의 무료통행 허용은 교통수요가 용량보다 적어서 고속도로 본선의 교통흐름이 원활하게 통행되어 이용자의 편익이 지속적으로 유지되고 고속도로의 본래 기능인 쾌적하고 신속한 처리능력을 가진 경우에만 적용되어야 하며, 만일 개방식 구간에서 무료통행으로 인해 고속도로 본선이 영향을 받아 지정체가 발생되어 고속도로가 비효율적으로 운영된다면 정체가 발생하는 개방식 구간을 대상으로 폐쇄식 영업체계 도입을 검토하여야 한다. 본 연구에서 나타났듯이 많은 구간에서 무료이용비율이 높게 나타나고 있어 고속도로의 서비스 수준을 저해시키고 있음을 알 수 있어 폐쇄식으로 전환이 필요할 것으로 판단된다.

다만, 일부 영업소 설치가 곤란한 지점이 많으므로 ETCS의 보급에 맞추어 폐쇄식으로의 전환을 장기안으로 염두에 두는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 현재 활발히 보급되고 있는 ETCS 보급을 감안할 때 폐쇄식으로의 전환은 요금소 주변에 대한 지체 및 정체 없이 가능할 것이며, 또한 통행요금에 대한 저항감도 완화할 수 있다는 점과 일부 구간에서의 요금징수에 대한 민원해소에도 도움이 될 것으로 판단된다.

본 연구는 6개 일부 구간에 대한 조사 분석만이 이루어져 수도권 개방식구간 전부를 대상으로 통행태분석은 이루어지 못하였다. 따라서 효율적인 고속도로 운영을 위한 영업체계 개선에 관한 보다 심도 있는 후속 연구가 필요하다.

## 참고문헌

1. 외곽순환고속도로 타당성조사, 국토개발연구원, 1991.3.
2. 서울외곽순환고속도로 진출입시설과 시가지도로와의 효율적인 연계방안검토 및 영업체계 개선방안, 교통개발연구원, 1996.5.
3. 고속도로 요금제도 및 영업체계 개선방안 연구, 교통개발연구원, 2000.11.
4. 통행요금 원가분석 및 차등요금 부과방안 연구보고서, 교통개발연구원, 2004.12.
5. 도로설계요령 1권, 한국도로공사 2001.
6. 도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판), 한국개발연구원, 2003.12.
7. Emme/2 매뉴얼, INRO, 2002.
8. TSIS 5.0 Manual, FHWA, 2002.
9. 유료도로의 통행시간가치 산정에 관한 연구-수도권 지역을 중심으로, 국토연구원, 2003.
10. 통행요금 원가산정을 위한 수요예측 연구, 한국교통연구원, 2005.9.

- ✉ 주 작 성 자 : 남두희
- ✉ 교 신 저 자 : 남두희
- ✉ 논문투고일 : 2007. 7. 13
- ✉ 논문심사일 : 2007. 8. 2 (1차)  
2007. 8. 27 (2차)  
2007. 9. 18 (3차)  
2007. 10. 10 (4차)
- ✉ 심사판정일 : 2007. 10. 10
- ✉ 반론접수기한 : 2008. 2. 29