

〔논문〕

대도시 교통수요관리를 위한 도로건설과 유발수요의 관계성 검증 - 서울시 내부순환도로 사례 연구 -

Testing Relationships between Highway Capacity and Induced Vehicle Travel - Case of Naebu Ringroad in Seoul -

황 기 연* · 김 광 희**

목 차

- | | |
|------------------------|----------------------|
| I. 서론 | IV. 서울시 내부순환도로 사례 연구 |
| II. 관련문헌 고찰 | V. 결론 |
| III. 도로용량/유발수요 관계모형 구축 | |

ABSTRACT

Kee-Yeon Hwang · Kwang-Hee Kim

The purpose of this study is to identify the relationship between highway capacity and induced travel demand using a case of the Naebu express Ringroad opened in 1999 in Seoul. The study reveals that the newly added road capacity induces travel demand as much as 14% in this case. It also identifies, from the three different scenario analyses, that the without-Naebu ringroad scenario is superior to the with-Naebu ringroad scenario in terms of securing more vehicle flows and reducing the traffic delay. The findings suggest that it is likely that highways built for relieving traffic congestion can aggravate network-wise traffic conditions because of the travel demand induced by the highway itself.

With the results of this study, we can conclude that cities with extremely high density like Seoul are required to adopt policies such as TDM and ITS rather than road building in order to improve travel environment on the streets. TDM and ITS are less vulnerable to induced demand compared with road buildings. Lastly, it should be realized that this study has shortcomings in its methodology because it assumes the impact of induced demand remains within the first generation step among the 4 step travel forecasting procedures. Therefore, it is needed more researches for consolidating the conclusions out of this study.

키워드(Key Words): 유발수요, 유발통행, induced vehicle travel, induced demand

* 서울시정개발연구원 도시교통연구부 선임연구위원

** 서울시정개발연구원 도시교통연구부 위촉연구원

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

도로의 혼잡을 완화하기 위해서 기존 도로를 확장하거나 새로운 도로를 건설하는 경우가 많다. 도로 확장이나 건설시 도로완공 후 도로를 이용할 장래수요를 예측하게 된다. 그러나 사업 후 이용하는 교통량을 조사하면 예측보다 더 많은 교통량이 조사되는 경우가 있다. 이 경우 예측보다 많은 교통량이 발생하여 기대했던 만큼 소통개선효과를 얻지 못하게 된다.

이처럼 개선효과가 기대이하로 발생하면 정책결정권자들의 장래수요예측에 대한 신뢰성이 감소하게 되고, 도로를 이용하는 시민들에게 새로운 도로건설에 대한 호응을 얻지 못하게 된다. 또한, 새로운 도로를 건설할 때 환경이 파괴되어 이로 인해 환경론자들의 거센 반발이 일어나기도 한다. Goodwin(1996)은 예측보다 실제 교통량이 많이 발생하게 되는 원인에 대해 연구한 결과 사회·경제의 발전에 의한 교통량 증가도 있지만 새로 건설된 도로에 의해서 유발되는 수요에 의한 영향도 있는 것을 확인했다.

이처럼 외국은 유발수요에 대해 본격적인 연구가 이루어지고 있지만 우리나라의 경우 아직 유발수요에 대한 연구가 미미한 실정이다. 본 연구의 목적은 유발수요에 대한 기존 연구를 바탕으로 유발수요에 대한 이론, 정의, 검증방법 등을 고찰하고, 사례연구를 통해 도로용량 증가에 따른 유발수요가 어느 정도 발생하는지 예측하는 방법을 제시하는 데 있다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구의 목적을 달성하기 위해 우선 도로용량

과 유발수요의 관계를 회기모형을 통해 정립하고 이 분석은 통계패키지인 SAS프로그램을 사용한다.

다음으로 새로 건설된 도로에 의해서 유발수요가 얼마나 발생하는지 검증하기 위해 사례분석을 시행하는데, 지역은 1999년에 완공한 서울시 내부순환로 구간으로 설정하였다. 건설에 따른 유발수요를 분석하기 위해서 교통수요 패키지인 EMME2 프로그램을 이용한다.

본 연구의 구성은 제2장에서는 문헌조사를 통해 유발수요에 대한 이론과 다양한 개념을 소개하고 다음으로 시설건설과 유발수요와의 관계를 정립하기 위한 기존 연구를 검토한다. 제3장에서 도로용량과 유발수요의 관계를 나타내는 모형을 정립하고자 한다. 이를 위해 제1절에서는 본 연구에서 사용하는 유발수요의 정의를 내리고, 제2절에서는 방법론을 제시하고, 제3절에서는 자료를 이용하여 모형의 계수 값을 추정한다. 제4장에서는 모형을 이용하여 서울시 내부순환도로 건설사례를 통해 유발수요가 실제 얼마나 발생하는지 알아보하고자 한다. 제1절에서는 사례지역을 소개하고, 제2절에서는 유발수요를 예측하기 위해 방법을 제시하고, 제3절에서는 사례분석에 대한 결과를 제시하고자 한다. 제5장에서는 본 연구의 결론을 정리한다.

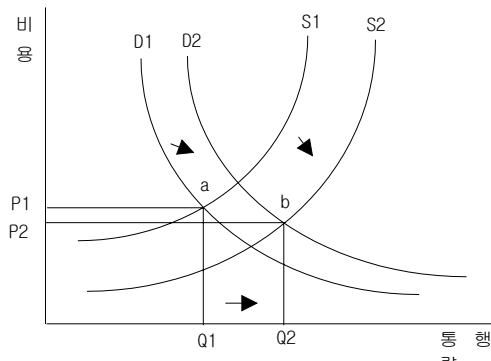
II. 관련문헌 고찰

1. 유발수요이론 및 정의

1) 이론

유발수요이론은 공급과 수요의 관계를 설명하는 경제이론을 기초하고 있다. 어느 도로의 용량을 증가시키면 그 도로의 통행 시간비용은 감소하

게 된다. 통행시간 비용이 감소한 만큼 잠재수요에 의해 통행량이 증가하게 된다. 이를 그림으로 나타내면 아래 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 수요와 공급 곡선

도로건설로 인해 공급곡선이 S1에서 S2로 증가하게 된다. 도로이용의 비용이 감소하여 수요곡선이 D1에서 D2로 증가하게 된다. 수요와 공급이 증가하면서 균형점이 a에서 b로 이동하게 된다. 균형점이 이동하면서 그만큼의 통행량이 Q1에서 Q2로 증가한다. 이 증가량 중 일부분이 도로의 건설에 의해서 발생하는 유발수요이다(Noland, 1999). 한편 수요 증가의 폭에 따라 도로건설에도 불구하고 비용이 오히려 더욱 상승하는 경우도 발생할 수 있다.

2) 개념적 정의

유발수요에 대한 정의는 학자들에 따라 어떤 관점으로 정의를 하느냐에 따라 다르다. 외국문헌에 따르면 Hills(1996)는 유발수요를 도로혼잡 때문에 발생하지 못한 통행들이 혼잡을 개선함으로써 발생하는 통행, DeCorla-Souza(1999)는 도로용량의 증가에 의해 늘어나는 일일 차량 통행거리

(VMT)라고 했다. Barr(2000)는 유발수요를 도로용량을 증가하거나 새로이 건설된 도로에 의해서 새로이 발생하는 통행량의 증가로 정의했으며, Noland(1998)는 유발수요를 도로 용량의 확장으로 인한 차량들의 통행거리의 증가로 정의했다.

위에서 보듯이 유발수요는 어느 관점에서 보느냐에 따라 다양하게 정의하게 된다. 이런 관점들을 정리해보면 다음과 같다(DeCorla-Souza, 2000). 첫째, 통행의 주체를 무엇으로 할 것인가에 따라 통행을 사람통행으로 보는 입장과 차량통행으로 보는 입장으로 나눌 수 있다. 둘째, 측정 단위를 무엇으로 할 것인가에 따라 유발수요를 새로 발생하는 통행으로만 보는 입장과 기존 통행에 추가적으로 증가하는 통행거리를 포함해서 보는 입장으로 나뉜다. 셋째, 통행시간의 이동을 어떻게 잡을 것인가에 따라 통행량 증가에 관계없이 통행시간의 이동에 대해서 어느 시점에서 보느냐에 따라 정의를 다르게 하게 된다. 예로, 하루 통행을 보는 관점에서는 단지 첨두시간의 혼잡을 피하기 위해서 출발시간을 변경할 경우 이 통행을 유발수요로 보지 않는다. 넷째, 연구 대상지역의 기준을 무엇으로 할 것인가에 따라 연구 대상지역을 특정 시설, 특정 구간이나 일부지역의 통행만을 고려하여 보는 입장과 전체 지역에 대한 통행에 대해서 보는 입장에 따라 다르게 정의한다.

2. 유발수요에 관한 기존 사례 연구

Hansen & Huang(1997)은 도로용량 증가에 따른 VMT 증가를 예측하기 위해서 1973년부터 1990년까지 캘리포니아주의 자료를 사용하였다. 사용한 모형을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\log(VMT_{it}) = \alpha_i + \beta_t + \sum_k \lambda^k \log(X_{it}^k) + \sum_{l=0}^L \omega_l \log(SHILM_{it}) + \varepsilon_{it}$$

VMT_{it}: i지역에서 t년 VMT, α_i: i지역에 대한 상수,
β_t: t년에 대한 상수, X_{it}^k: i지역에서 t년의 k에 대한
설명변수들, SHILM_{it}: i지역에서 t년의 차선-마일,
ω_l: 계수값, ε_{it}: i지역에서 t년 에러 값

설명변수(X)로 인구수, 인구밀도, 개인소득, 연
료비용을 사용하였다. 연구결과 차선-마일에 대
한 VMT의 계수를 구한 결과 대도시는 0.9이고
중소도시는 0.6~0.7의 값이 나와 도시규모가 유
발수요의 크기에 영향을 주는 것으로 나타났다.

Noland(1999)는, 유발수요는 도로의 폭원, 도
로가 건설된 지역에 따라 영향을 받는다고 했다.
Goodwin(1996)은 건설한 도로에 대해서 장래 예
측 교통량과 관측 교통량을 비교·분석하여 차이
가 발생하는 이유로, 경제 발전과 더불어 유발수
요가 10.4%~16.4% 영향을 준다는 점도 제시했
다. Barr(2000)는 도로용량과 통행형태의 관계를
회귀모형을 사용하여 설명하였다. 설명변수들은
통행속도, 인구밀도, 연(年) 가구수입, 가족당 개
인수입, 가족 수, 가족중 노동자 수, 조사지역당
평균가구수입을 사용하였다. 연구결과 도로 용
량의 증가로 인해 통행시간이 감소하지만 가계
수입이 많을수록 더욱 많은 통행을 하게 된다는
사실을 발견했다.

Ⅲ. 도로용량/유발수요 관계모형 구축

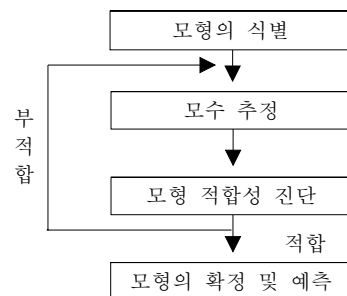
본 장에서는 도로의 용량과 유발수요의 관련성
을 도출하기 위해서 서울시 자료를 이용하여 회귀

분석모형을 구축하였다. 사용된 자료는 1987년부
터 1999년까지 13년 동안 조사된 서울시의 사회·
경제자료이다.

1. 모형구축 방법론

본 연구에서 유발수요를 예측하기 위해서 회귀
모형방법을 채택하였다. 이 분석방법을 사용한 이
유는 변수로 사용하는 자료들이 횡단자료이고, 변
수들간의 관계를 정립할 수 있기 때문이다. 또한,
전장(前章)의 외국문헌에서 분석할 때 주로 회귀
모형을 많이 사용했기 때문이다.

회귀분석방법은 관찰된 자료가 어떤 확률적 성
질을 가지고 있으며 어떤 모형이 적합한가를 찾기
위한 모형 식별, 모수 추정 그리고 모형의 적합성
진단 세 단계과정을 거친다(오광우 외, 2000). 이
분석 단계를 도식화하면 아래 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 분석 단계 모형

선정된 모형은 하나 이상의 모수를 포함하고 있
는데, 이 모수는 관찰된 자료로부터 추정할 수 있
다. 모수를 추정하는 방법에는 최소제곱 추정법,
최우 추정법, 적률 추정법 등이 있다. 최우 추정법
으로 추정된 결과 다른 방법들에 비해 추정결과가
논리적으로 설명력이 높기 때문에 최우 추정법을

사용하고자 한다.

모형이 선정되고 나면 이것이 원래의 자료를 얼마나 잘 표현하는가를 검토해야 한다. 이를 모형 적합성 진단이라고 한다. 모형 적합성을 진단하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 결정계수에 의한 적합도 검정과 t-검정 방법을 사용한다.

2. 모형의 구성

우리나라의 경우 매년 차량의 통행거리에 대한 자료가 구축되어 있지 않아 외국문헌과 같이 유발수요를 나타내는 종속변수를 차량통행거리의 증가로 할 경우 자료확보에 문제가 있다. 이러한 문제 때문에 본 연구에서는 매년 자료가 구축되어 있는 통행량을 종속변수로 하되, 통행량 증가분 중에서 토지이용의 증가로 인한 부분을 제외하고 도로건설에 의해서 증가된 통행량을 유발수요로 정의하고자 한다.

본 연구에서 사용할 모형의 형태는 Noland (1999), Barr(2000) 등이 사용한 각 변수에 로그를 취한 형태로 보편적으로 많이 사용하고 있는 모형의 형태이다. 공식은 아래와 같다.

$$\ln(Q_t) = \alpha_t + \lambda \ln(LT_t) + \sum_k \beta_k \ln(X_{kt}) + \varepsilon_t$$

여기서,

Qt: t년의 총 통행량, α_t : t년의 상수값
 LTt: t년의 도로별 용량, β_k : 각각 변수 k의 상관계수,
 Xkt: t년의 k 설명변수들,
 λ : 도로별 통행량의 상관계수, ε_t : 오류

유발수요에 영향을 미치는 독립변수는 상당히 많다. 예로서 ① 지역형태변수가 있는데, 이는 지역을 도심과 부도심으로 분류하든지, 도시지역과 비도시지역으로 구분한다. 다음으로 ② 도로형태변수가 있는데, 이는 도로의 형태를 주간선도로, 간선도로, 국지도도로로 구분한다. 다음으로 ③ 지역의 인구 수와 인구밀도변수, ④ 도로혼잡변수 등이 있다. 또한 ⑤ 가구소득, ⑥ 연료비용, ⑦ 직업여성비율, ⑧ 분석기간 등도 영향을 주는 변수이다(Hansen and Huang, 1997). 본 연구에서는 자료의 구득이 가능하다면 이러한 변수들을 최대한 모형을 구성하는 데 반영하고자 한다.

3. 모형정산

1) 자료

정산을 위해 1986년부터 1999년까지 '서울시 통계연보'에 수록된 자료들을 사용하였다. 여기서 인구밀도, 교통량, 도로, 운전면허 소지자, 월평균 가구소득, 월 개인 교통비용, 15세 이상 인구 수의 자료들을 사용하였다. 연평균 휘발유 가격은 한국석유공사와 대한석유회사의 자료를 사용하였고, 1993년 이후의 시간대별 교통량은 서울시 지방경찰청에서 2000년에 발간한 '서울시 교통량 조사자료'에 수록된 자료를 참고하였다.

종속변수인 통행량자료로 서울시 21개의 도심지점별 교통량을 사용하였다. 조사시간이 1993년 전후로 다르다. 1992년까지는 06:00~22:00시까지 조사했고, 1993년 이후에는 전일조사하였다. 이로 인해 1993년 이전 교통량과 이후 교통량이 많은 차이가 발생하여 조사시간을 동일하도록 했다.

도로는 서울시에서 광로, 대로, 중로, 소로 합으

로 구분한 조사를 사용하였다. 인구밀도는 내·외 국민을 포함한 인구 수를 서울시 면적으로 나누었다. 휘발유 가격은 승용차에서 가장 많이 사용하고 있는 무연 가격을 연평균 휘발유 가격으로 사용하였다. 그리고 인구 수는 15세 이상으로 비경제 활동인구를 제외한 취업자와 실업자의 인구 수를 합한 것을 사용하였다. 한편, 운전면허 소지자는 남녀 구분 없이 1종, 2종 대형, 보통, 소형운전면허 소지자들만 사용하였다. 소득은 가구당 월평균소득 몇 가구만을 표본 추출하여 가구에 수입이 되는 경상소득과 기타수입을 합한 것을 사용하였다. 마지막으로 월 개인 교통비용은 개인들이 월 소득에서 교통에 지출하는 비용을 합한 것을 사용하였다.

본 연구에서 사용한 자료들이 유발수요와 관련된 모든 자료라고 할 수 없으며, 또한 여기서 사용하지 않는 자료들이 유발수요와 관련이 없는 자료라고 할 수 없다. 단지 매년 조사된 자료들 중 모형예측에 적합하고 다른 자료들을 대표할 수 있다고 판단되는 것을 선택하였다.

모형정산에 사용될 자료의 특성을 분석해 보면 다음과 같다. 인구밀도는 1993년 이후 감소추세를 보이고 있다. 이는 사람들이 서울외곽으로 이주한 결과로 판단된다. 연평균 휘발유 가격은 매년 큰 폭으로 변화한다. 이는 휘발유 가격 결정이 일반 상품의 가격 결정과 많이 다르기 때문이다. 일반 가격들은 시장경제의 원리에 의해 결정되지만 휘발유 가격은 세계 원유가격과 정부의 정책에 의해서 결정되기 때문이다. 운전면허 소지자는 매년 계속적으로 증가하고 있다. 이는 여성운전자의 증가 때문이라고 판단된다. 가구당 월평균소득, 개인 교통비용은 매년 꾸준한 증가율을 보이고 있지

만, 1998년 증가율이 큰 폭으로 하락하였다. 이는 IMF에 의한 영향으로 예측된다. 15세 이상 인구 수는 1997년에 증가율이 큰 폭으로 감소하고 이후 계속적으로 증가율이 하락하고 있다. 이는 IMF의 영향도 있지만, 서울시의 인구 수 감소에 의한 영향도 있는 것으로 판단된다.

변수들간의 상관분석 결과 관련성이 큰 변수들은 한 모형 안에서 동시에 사용하지 않기로 했다.

2) 도로용량/유발수요 관계모형 정산결과

위에서 제시한 모형을 가지고 도로를 구분하여 구한 결과는 아래의 <표 1>에 정리한 바와 같다. 통행량과 개별변수와의 관계를 보면 광로의 경우 대로용량의 증대가 통행량 증가에 가장 많은 영향을 주고 타변수의 영향은 적은 것으로 나타났다. 그러나 대로의 경우에는 대로용량뿐 아니라 기타 변수들의 영향도 통행량 증대에 이바지한 것으로

<표 1> 회귀모형 분석 결과

	광로	대로	중로	도로합
도로길이	1.9119 (2.10)	1.6045 (1.81)	0.4775 (0.20)	0.9715 (0.47)
인구밀도	0.0728 (0.09)	3.3383 (2.05)	0.047 (0.04)	1.2212 (0.75)
휘발유가격	-0.119 (-0.81)	-0.0413 (-0.17)	-0.1683 (-1.40)	-0.125 (-1.03)
운전면허소지자수	-0.4757 (-0.94)	-1.2924 (-2.98)	-0.3062 (-0.42)	-0.5742 (-0.78)
가구당 월평균소득			0.2704 (0.86)	
개인 교통비용	0.0681 (0.75)			
15세 이상 인구수		6.1293 (2.94)		3.3866 (1.34)
상수	-3.0139 (-0.27)	-74.863 (-3.15)	9.0039 (0.33)	-32.5275 (-0.75)
R ²	0.734	0.8838	0.6134	0.6565

() t값

나타났다. 중로나 도로용량의 합의 경우에는 전반적으로 변수들의 설명력이 통계적으로 신뢰하기 어려운 것으로 분석되었다.

분석결과를 요약하면 교통량에 대한 도로별 계수 값들은 광로는 1.91, 대로는 1.60, 중로는 0.48이 나왔다. 광로와 대로 차이는 0.3 정도 나지만 광로와 중로는 약 4배 정도의 차이가 난다. 따라서 서울시의 경우 도로 유형별 용량 변화가 통행량의 변화에 영향을 끼치며 특히 도로폭원이 커질수록 그 영향은 더욱 커진다고 할 수 있다.

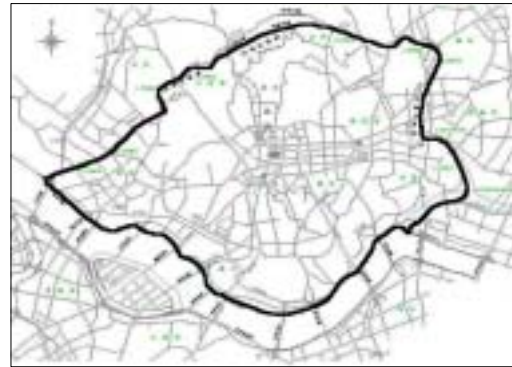
IV. 서울시 내부순환도로 사례 연구

새로운 도로를 건설하게 되면 이 도로에 의해서 유발수요가 얼마나 발생하는지 사례분석을 통해서 알아보고자 한다. 연구의 사례지역은 1999년에 완공한 내부순환로를 선택하였다. 내부순환로는 서울에서 가장 최근에 완공한 도시고속도로로서 대로로 분류되며 서울 강북의 교통흐름에 많은 영향을 주는 도로다.

1. 사례지역 현황

내부순환로는 <그림 3>에 나타난 것처럼 서울 강북구간인 성산대교북단, 홍은동, 월곡동, 사근동, 강변북로를 타원형으로 연결하는 도시내 고속도로이며 강북지역의 방사형 간선도로와 도시고속도로를 도심 중심으로 반경 약 5km로 연결하는 왕복 4~8차로 총 연장 40.1km의 환상형 도시고속도로이다.

내부순환로는 북부간선도로, 정릉천 간선도로, 강변북로로 구성되어 있다. 내부순환로를 건설한



<그림 4> 내부순환로 현황

목적은 서울시 도심으로 집중되는 통과교통량을 외곽으로 우회 분산 처리함으로써 도시교통난을 완화하고 서울시내 지역간 통행을 고속화로 유도하여 물류비용 절감 및 경제활성화에 도움을 주기 위해서이다(www.metro.seoul.kr).

2. 유발수요 영향분석방법

1) 자료 설명

사례지역의 네트워크를 구성하고 있는 도로의 길이, 차선 수 등은 현실에 맞도록 하였고, 도로별 함수, 교차로 회전금지 및 가중치 등을 설정하였다. 이러한 자료들은 서울시정개발연구원에서 1998년에도 구축한 서울시 교통혼잡관리모형(SECOMM)에 수록된 것들을 사용하였다(서울시정개발연구원, 1998). O/D는 서울시에서 1997년에 발간한 ‘서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축’에 수록된 자료들을 사용하였다. 사회·경제지표 자료들은 앞 장에서 사용한 자료들을 사용하였다.

2) 가정 설정

사례분석과정에 있어서 연구의 목적을 달성하

기 위해서 몇 가지 가정해야 할 것들이 있다. 우선, 본 연구에서 사용하는 O/D자료는 목적별 O/D가 아닌 수단별 O/D이다. 본 연구에서 유발 수요는 목적별 통행량 증가가 아닌 수단통행량 자체의 증가만을 고려하기 때문에 수단별 O/D를 사용하였다. 둘째, 수단은 승용차만 고려한 단일 수단으로 하였다. 도로의 건설에 의해 대중교통이 증가한다고 볼 수 없기 때문에 대중교통 수단은 제외하였다. 셋째, 유발수요의 영향에 대한 고려는 수요예측 모형인 4단계 모형 중 통행발생 단계에만 하였다. 따라서 나머지 단계들에서는 유발수요에 의한 별도의 보정이 없는 것으로 가정하였다.

3) 분석 범위

내부순환로는 강북지역을 순환하는 도로로 강남지역에 미치는 영향이 그다지 크지 않을 것으로 판단하여 강북지역만을 선택하는 것이 바람직할 것으로 보고 분석의 공간적 범위를 강북지역만으로 설정하였다. 분석대상 지역은 아래 <표 2>와 같다.

<표 2> 연구범위

내부 범위	중구, 종로구, 서대문구, 성북구, 동대문구, 용산구, 성동구, 마포구
외부 범위	고양시, 은평구, 강북구, 도봉구, 노원구, 중랑구, 광 진구, 강남구, 서초구, 동작구, 영등포구, 강서구

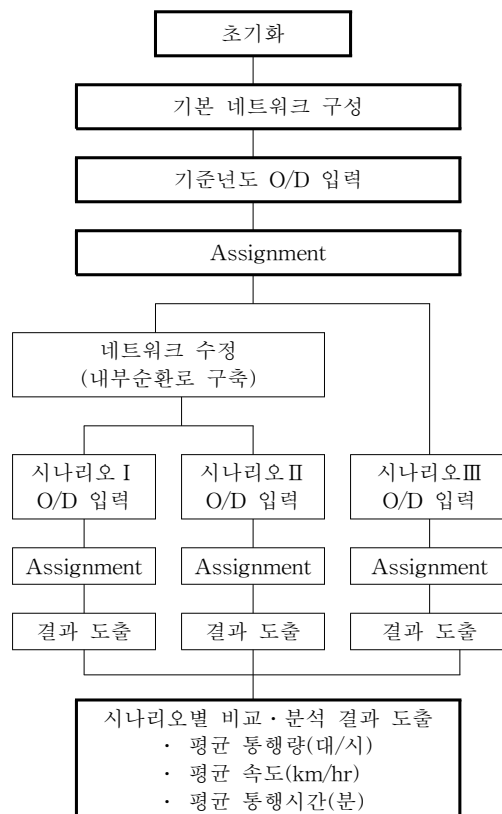
센서스 조사는 1996년 O/D를 기준으로 구축되었다. 이에 본 연구의 시간적 범위를, 1996년도를 기준년도로 하고 목표년도는 내부순환로가 완공한 1999년으로 설정했다. 분석기간은 3년으로 하는 단기 수요예측을 하였다.

4) 분석 방법

도로 건설 후 유발수요가 얼마나 발생하는지 검증하기 위해서 3가지 시나리오를 작성하였다. 첫째 시나리오는 내부순환로 건설에 따른 장래 수요 예측시 유발수요를 고려한다. 두 번째는 내부순환로 건설에 따른 미래통행을 예측할 때 유발수요를 고려하지 않는다. 마지막 세 번째 시나리오는 내부순환로를 건설하지 않는다고 가정하고 장래수요를 예측한다.

대안별 비교시 비교척도로, 평균 교통량(대/시), 평균 속도(km/hr), 평균 통행시간(분)으로 하였다.

EMME2 분석 방법은 아래 <그림 4>와 같다.



<그림 4> EMME2 흐름도

(1) 내부순환로를 건설할 경우 유발수요를 고려하여 장래수요 예측

장래 교통수요를 예측할 때 사회·경제지표와 도로건설에 따른 유발수요 계수를 같이 고려하여 장래 통행발생을 예측하여 장래의 교통수요를 추출한다. 한편, 분석기간인 3년 사이에 내부순환로 이외의 대로유형의 도로 건설은 없었다. 장래 수요를 예측할 때 사용할 수식은 <표 1>에서 내부순환도로의 도로유형에 속하는 대로에 해당하는 함수식을 사용하였다. 이를 표현하면

$$\ln(\text{교통량}) = -74.86 + 1.6 \times \ln(\text{대로용량}) - 0.04 \times \ln(\text{연평균 휘발유 가격}) + 3.34 \times \ln(\text{인구밀도}) + 6.13 \times \ln(\text{15세 이상 인구 수}) - 1.29 \times \ln(\text{면허소지자})$$

이다.

(2) 내부순환로를 건설할 때 유발수요를 고려하지 않고 장래수요 예측

장래 교통수요를 예측할 때 사회·경제지표만 가지고 장래 통행발생을 예측하여 장래의 교통수요를 예측한다. <표 1>의 대로함수식에서 도로변수를 제외하고 다시 회기모형을 정산한 값을 사용할 경우 도로건설에 따른 유발수요를 고려하지 않은 함수식의 값이 결정된다. 이를 표현하면

$$\ln(\text{교통량}) = -0.98 - 0.17 \times \ln(\text{연평균 휘발유 가격}) + 0.04 \times \ln(\text{인구밀도}) - 0.05 \times \ln(\text{면허소지자}) + 1.95 \times \ln(\text{15세 이상 인구 수})$$

이다.

(3) 내부순환로를 건설하지 않을 경우 장래수요 예측

이 경우 함수식은 (2)의 함수식과 같고 도로망 구조는 기준년도와 목표년도가 동일하게 하여 장래수요를 예측한다. 이 분석은 내부순환로를 건설

후 장래 수요를 예측할 때 유발수요를 고려한 경우와 유발수요를 고려하지 않는 경우의 장래수요 예측 결과와 상호 비교·분석하여 유발수요가 도심내부의 통행에 얼마나 영향을 미치는지 비교분석하기 위해서다.

장래 수요를 예측할 때 사용할 수식은 3장에서 나온 결과인 모형을 가지고 사용하였다. 이를 표현하면

$$\ln(\text{교통량}) = -0.98 - 0.17 \times \ln(\text{연평균 휘발유 가격}) + 0.04 \times \ln(\text{인구밀도}) - 0.05 \times \ln(\text{면허소지자}) + 1.95 \times \ln(\text{15세 이상 인구 수})$$

이다.

3. 분석결과

시나리오별로 EMME2 분석 결과는 <표 3>에 정리한 바와 같다. 분석결과 실측치와는 다소 차이가 있지만 이는 네트워크 및 통행수단에서 설정한 가정 때문에 발생한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 결과의 수치보다는 각각의 시나리오를 상호 비교·분석하는 것이 목적이므로 추정치와 실측치와의 차이에 대해서는 큰 의미를 부여하지 않고자 한다.

우선 내부순환로를 건설하되 유발수요를 고려한 경우와 고려하지 않은 경우의 수요예측치의 차이를 나타낸 시나리오 I 과 시나리오 II를 비교·분석한 결과 내부순환로의 평균 통행량을 보면 유발수요를 고려한 경우가 유발수요를 고려하지 않는 경우보다 차량이 348대가 더 많아서 약 13.89%의 교통량이 추가로 발생하는 것으로 추정되었다. 평균 속도는 유발수요를 고려한 경우가

〈표 3〉 emme2 결과

		내부순환로 건설할 경우		시나리오3: 내부순환도로 건설하지 않을 경우	실측값
		시나리오1:유발 수요를 고려한 경우	시나리오2:유발수요를 고려하지 않을 경우		
내부 순환로	평균 교통량 (대/시)	2505	2157	-	
	평균 속도 (km/hr)	65.86	69.52	-	59.08
	평균 통행시간 (분)	1.81	1.69	-	
도심 도로	평균 교통량 (대/시)	1624	1403	1509	
	평균 속도 (km/hr)	42.45	45.63	44.29	25.41
	평균 통행시간 (분)	16.06	14.32	14.27	

유발수요를 고려하지 않는 경우보다 3.66km/hr 약 5.61% 감소하는 것으로 나왔다. 도심 전체도로의 경우 평균통행량은 유발수요를 고려한 경우가 유발수요를 고려하지 않는 경우보다 221대인 약 13.61% 정도 많이 발생하고 속도는 유발수요를 고려한 경우가 유발수요를 고려하지 않는 경우보다 3.18km/hr인 7.49% 정도 감소하는 것으로 나왔다. 비교결과 내부순환로를 건설한 후 내부순환로 자체에 의해서 파생되는 유발수요가 13.89%가 되고 교통량의 증가로 인한 속도나 통행시간이 악화된다.

다음으로 내부순환로를 건설할 경우 유발수요를 고려한 예측통행량과 건설하지 않은 경우인 시나리오 I 과 시나리오 III을 비교·분석한 결과 도심도로에서 평균교통량은 유발수요를 고려한 경우가 내부순환로를 건설하는 경우보다 115대, 약 7.62% 더 많은 것으로 추정되었다.

평균 속도는 내부순환로를 건설한 경우가 내부순환로를 건설하지 않는 경우보다 1.84km/hr, 4.15%의 평균속도가 악화되는 것으로 결과가 나왔다. 분석 결과 내부순환로를 건설해서 전체 통행량은 늘어나지만 속도면에서 도심내부도로의

교통환경을 개선하지 못할 가능성이 있는 것으로 추정된다.

마지막으로 내부순환로를 건설하되 유발수요를 고려하지 않은 경우와 건설하지 않을 경우인 시나리오 II와 시나리오 III을 비교·분석한 결과 평균교통량은 건설하되 유발수요를 고려하지 않는 경우가 내부순환로를 건설하지 않는 경우보다 106대, 약 7.56% 교통량이 적고, 평균속도는 유발수요를 고려하지 않는 경우가 내부순환로를 건설하지 않는 경우보다 1.34km/hr인 약 2.94% 속도가 향상되는 것으로 추정되었다. 분석한 결과 유발수요 문제가 없다면 내부순환로를 건설하는 것이 도심의 통행속도를 개선하는 데 더 바람직하다는 결과를 도출할 수 있다.

V. 결론

본 연구의 목적은 도로용량과 유발수요의 관계를 정립하고, 사례분석을 통해 새로 건설된 도로에서 유발수요가 얼마나 발생하는지 알아보는 데 있다. 사례연구를 위해 1999년에 완공한 서울시의 내부순환로를 선정하였다.

도로용량과 유발수요의 관계를 정립한 결과 도로의 규모와 많은 관련이 있는 것으로 나타났다. 유발교통량에 대해 광로는 1.9, 대로는 1.6, 중로는 0.48의 계수 값이 나왔다. 외국의 경우에는 도로의 구분이 본 연구와는 다르지만 비슷한 결과를 보여주고 있다.

내부순환로에 대한 사례분석 결과 도로건설에 의한 유발수요가 약 14% 정도 발생하는 것으로 추정되었다. Goodwin은 단기분석인 경우 유발수요가 약 10% 정도 발생한다고 하여 본 연구와 비슷한 결과치를 확인할 수 있다.

내부순환로를 건설하지 않는 경우가 건설하되 유발수요를 고려한 경우 보다 교통량이 많고 속도가 저하된다는 사실은 교통소통을 개선하기 위한 목적으로 건설된 도로가 추가적인 도로교통량을 유인함으로써 교통소통을 오히려 악화시킬 수 있다는 가능성을 암시하고 있다.

결론적으로 서울시와 같은 개발밀도가 높은 도시에서는 교통환경을 개선하기 위해서 도로 건설에만 집착하지 말고 수요관리나 ITS와 같은 관리 중심의 정책을 통해 유발수요에 대해 적절한 대응이 필요하다고 판단된다.

그러나 본 연구는 실측이 아닌 예측을 통해 유발수요의 존재에 대해 추정을 했고, 또한 4단계 예측 중 유발수요의 영향을 1단계에 국한시켰다는 방법론적인 한계를 갖고 있다. 따라서 향후 이러한 한계를 극복할 때 본 연구에서 제시한 결론은 좀더 보편적인 신뢰를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 서울시정개발연구원, 1998, 『서울시 교통혼잡관리프로그램 실행을 위한 교통수요관리 효과분석체계의 구축』
- 서울특별시, 1997, 『서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축』
- 서울특별시, 1988~2000, 『서울시 통계연보』
- 서울특별시 지방경찰청, 2000, 『서울시 교통량 조사자료』
- 오광우 외 2인, 2000, 『시계열분석: 입문 및 응용』, 도서출판 탐진
- EMME2 User's Manual, Release 9, INRO
- Lawrence C. Barr., 2000, "Testing for the Significance of Induced Highway Travel Demand in Metropolitan Areas", *TRB*, 79th, January 2000
- Mark Hansen & Yuanlin Huang., 1997, "Road Supply and Traffic in California Urban Areas", *Transportation Research Part A*, Vol. 31, No. 3, 1997
- Norman L. Marsall., 2000, "Evidence of Induced Demand in the Texas Transportation Institute's Urban Roadway Congestion Study Data Set", *TRB*, 79th, January 2000
- Patrick DeCorla-Souza., 2000, "Induced Highway Travel: Transportation Policy Implications for Congested Metropolitan Areas", *Transportation Quarterly*, Vol. 54, No. 2, Spring 2000
- Phil B. Goodwin, 1996, "Empirical Evidence on Induced Traffic: A review and synthesis", *Transportation*, 23, 1996
- Robert B. Noland(1999) "Relationships between highway capacity and induced vehicle travel" *TRB*, 78th, January 1999
- www.metro.seoul.kr