

■ 論 文 ■

도로교통의 유발통행수요 추정에 관한 연구

Estimation of Induced Highway Travel Demand

이 규 진

(아주대학교 건설교통공학과 박사과정)

최 기 주

(아주대학교 환경건설교통공학부 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구배경 및 목적
 - 2. 연구내용 및 절차
 - II. 이론적 배경
 - 1. 유발통행수요의 이론
 - 2. 유발통행수요의 정의
 - III. 기존연구의 고찰 및 한계점
 - 1. 기존연구의 고찰
 - IV. 유발통행수요 추정
 - 1. 모형구축
 - 2. 적용프로그램개발
 - 3. 분석자료
 - 4. 분석결과
 - V. 결론 및 향후과제
- 참고문헌

Key Words : 도로개선, 유발통행수요, 수요예측기법, 한계비용, 수요-공급 곡선
 Highway Improvement, Induced Highway Travel Demand, Travel Demand Forecasting Process, Marginal Cost, Demand and Supply Curves

요 약

도로개선사업의 타당성 분석을 위해 장래 수요추정은 필수적이며, 이는 사업 여부를 결정하는데 있어서 핵심적 사안이 되지만 현재 장래 수요추정에 적용되는 4단계 수요예측모형은 장래 고정된 기종점통행량을 이용하여 경로 전환된 통행량에 대해서만 분석할 뿐, 교통시스템의 향상으로 인해 추가로 발생하는 수요(유발통행수요-Induced Highway Travel Demand 또는 잠재수요-Latent Demand)는 충분히 고려되지 않고 있어 정확성에 대한 의심의 여지가 있다. 이에 본 연구는 교통수요가 결정되는 원리와 유사한 경제학 이론을 적용한 유발통행수요 추정모형과 광범위한 분석에 적용할 수 있는 유발통행수요 추정프로그램(I.D.A)을 개발하였다. 본 연구에서 구축된 모형을 통해 서울시 강변북로 일부구간의 도로개선에 따른 유발통행수요를 추정한 결과, 추정된 유발통행수요는 경로전환수요의 15% 정도인 것으로 분석되었다. 본 연구를 통해 유발통행수요가 존재할 것으로 확인되는 사업에 대한 유발통행수요를 계량적으로 추정하여 도로개선의 타당성분석결과에 대한 신뢰성을 보다 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

Travel Demand Forecasting (TDF) is an essential and critical process in the evaluation of the highway improvement project. The four-step TDF process has generally been used to forecast travel demand and analyze the effects of diverted travel demand based on the given Origin-Destination trips in the future. Transportation system improvements, however, generate more travel, Induced Travel Demand (ITD) or latent travel demand, which has not been considered in the project evaluation. The purpose of this study is to develop a model which can forecast the ITD applied theory of economics and the program(I.D.A) which can be widely applied to project evaluation analysis. The Kang-Byun-Book-Ro expansion scenario is used to apply and analyze a real-world situation. The result highlights that as much as 15% of diverted travel demand is generated as ITD. The results of this study are expected to improve reliability of the project evaluation of the highway improvement project.

1. 서론

1. 연구배경 및 목적

도로개선사업의 타당성 분석을 위해 장래 수요추정은 필수적이며, 이는 사업 여부를 결정하는데 있어서 핵심적 사안이 되지만 현재 장래 수요추정에 일반적으로 적용되는 4단계 수요예측모형은 장래 고정된 기종점통행량을 이용하여 경로 전환된 통행량에 대해서만 분석할 뿐, 교통시스템의 변화로 인한 차량의 신규 구입, 목적지의 변경 등 도로개선으로 인해 추가로 발생할 수 있는 수요(유발통행수요-Induced Highway Travel Demand 또는 잠재수요-Latent Demand)는 충분히 고려되지 않고 있어 정확성에 대한 의심의 여지가 있다.

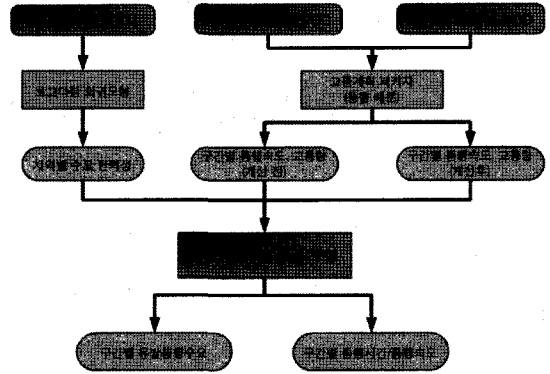
이미 이러한 유발통행수요의 존재는 기존 연구를 통해서도 충분히 증명되었지만, 현재 도로 투자의 타당성 분석 시 이러한 유발통행수요를 전혀 고려하지 않고 있거나, 한국개발연구원(KDI)에서 수행한 「신안군 3개 지역 연육·연도교 건설사업(지도~임자, 신의~하의, 사옥도, 증도)」, 「강화 교동도 연육교 건설사업」 등과 같은 예비타당성 조사에서와 같이 유발수요를 기존수요의 50%일 것으로 가정하는 등 유발통행수요의 계량적인 추정에 대한 명확한 기준이 제시되지 않고 있다.

타당성 분석결과에 반영된 유발통행수요의 정도에 따라 구간별로 산출되는 교통량이 달라지며 그에 따라 사업의 시행 여부가 좌우될 수 있기 때문에 유발통행수요를 계량적으로 추정할 수 있는 연구의 필요성이 대두된다.

아직 국내에서는 유발통행수요 추정에 대한 연구가 미미한 실정이며, 해외에서 진행된 연구에도 분명한 한계점이 나타나고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 기존 수행된 연구를 발전시켜 유발통행수요를 추정할 수 있는 모형을 구축하고, 부수적으로 실제 교통수요예측 시 광범위하게 적용할 수 있는 유발통행수요 추정프로그램을 개발하는데 그 목적이 있다.

2. 연구내용 및 절차

본 연구는 4단계 수요예측모형을 통해 추정되는 수요 외에 도로개선으로 인해 추가로 발생할 수 있는 유발통행수요를 계량적으로 추정할 수 있는 모형의 구축



〈그림 1〉 유발통행수요 추정절차

을 주 내용으로 한다. 즉, 기존 4단계 수요예측모형을 통해 추정된 도로개선사업 영향권의 사업 전·후 교통량과 속도, 지체 자료들을 활용하여 경제학의 효용이론에 근거하여 유발통행수요를 구간별로 추정할 수 있는 모형을 구축하였다.

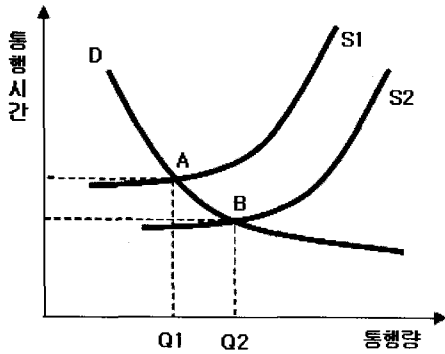
본 연구에서의 유발통행수요 추정모형과 기법은 기존 연구의 한계점인 유발통행수요의 추정이 통행발생단계에서만 적용되었던 과거의 사례를 극복하고, 분석단위를 수요예측의 기본단위인 VKT와 통행속도의 단위인 km/h를 적용하여 분석이 용이하도록 유도하였다. 또한 사회·경제지표가 반영된 지역별 가구통행실태조사를 통해 산출된 지역별 수요탄력성을 본 모형에 적용하여 기존 연구의 문제점인 수요탄력성의 단순가정문제를 극복하여 보다 현실적인 유발통행수요를 추정하도록 하였다.

추가로 본 연구에서 구축한 유발통행수요 추정모형을 반영하여 광범위한 분석지역의 유발통행수요를 추정할 수 있는 유발통행수요 추정프로그램(I.D.A : Induced Demand Analysis Program)을 개발하였다.

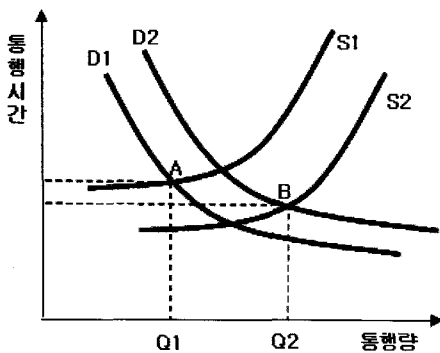
II. 이론적 배경

1. 유발통행수요의 이론

경제학의 고전 원리인 수요-공급 법칙은 어떤 재화의 가격이 내려갈수록 수요자의 구매수량은 증가하고, 판매하려는 공급수량은 감소한다는 원리인데 교통에서의 유발통행수요는 이러한 경제학의 수요-공급 기본원리로부터 파생되었다. 즉, 도로의 개선으로 인해 공급곡선이 이동하게 되며, 이로 인해 수요-공급 곡선의 평형점이 이동하여 통행시간 비용이 감소하고 통행수요가 증가된다.



(그림 2) 도로의 수요공급곡선



(그림 3) 도로의 장기적 수요공급곡선

(그림 2)는 도로개선 전과 도로개선 후의 수요변화를 수요-공급 법칙에 입각하여 나타내주고 있는데, 도로개선 전의 통행량과 통행시간은 A점에서 균형을 이루지만 도로개선 후 B점에서 다시 균형점이 이루어지면서 $Q_2 - Q_1$ 만큼 증가되는 통행량이 발생하게 된다.

(그림 2)와 같이 고정된 시점이 아니라 (그림 3)과 같이 장기적인 관점에서의 수요 패턴의 변화를 고려할 때, 인구, 소득 등의 외생 변수에 의해 수요곡선이 D_1 에서 D_2 로 이동하게 된다.

도로개선 전의 공급곡선을 S_1 개선 후의 공급곡선을 S_2 라 하면, (그림 3)에서와 같이 D_1 과 S_1 의 균형점 A는 D_2 와 S_2 의 균형점 B로 이동하게 되어 수요를 고정하였을 때 보다 통행량이 더 많이 증가하게 된다.

$Q_2 - Q_1$ 에는 사회 규모의 성장에 따라 증가된 통행량, 경로 전환에 따라 증가된 통행량, 새롭게 생성된 통행량 등이 포함되어 있다. 기존 연구에서는 $Q_2 - Q_1$ 에 해당하는 수요를 “유발통행수요”라고 정의하기도 하지만, 본 연구에서 추정하고자 하는 순수한 의미의 유발통행수요가 아닌 “집합적 개념의 유발통행수요”라 할 수 있다. 즉, 일반적으로 정의하는 유발통행수요(집합

적 개념의 유발통행수요)에는 기존 4단계수요예측 모형을 통해 추정되는 수요와 본 연구에서 추정하고자 하는 순수한 의미의 유발통행수요가 포함되어 있다.

2. 유발통행수요의 정의

기존 연구들을 살펴보면 유발통행수요에 대한 정의부터가 명확하지 않음을 알 수 있다.

Goodwin(1996)은 전량 통행량을 제외하고 증가된 통행량을 “Induced Traffic”이라고 정의하였으며, DeCorla-Souza(1999)는 단기(1년 이내)와 장기(1년 이후)별로 전환된 차량통행거리를 제외한 새롭게 생성된 차량통행거리를 “Induced Travel”(Other Induced VMT)로 정의하였다. 그리고 Barr(2000)는 인구성장과 수입증가와 같이 교통공급 측면과 관계없는 차량통행거리는 제외하고 새롭게 생성된 차량통행거리를 “Induced Highway Travel Demand”로 정의하였다.

이와 같이 유발통행수요를 연구한 학자들에 따라서도 그 개념과 용어가 조금씩 차이가 있는데 이는 통행의 주체, 단위, 분석 범위의 차이에서 발생한다. 따라서 유발통행수요에 대한 구체적인 연구를 위해서는 그 범위와 개념부터 명확히 할 필요가 있으며 고려하여야 할 항목은 다음과 같다.

- 통행의 주체: 사람, 차량
- 통행의 단위: Trips, 대, Km, VKT
- 시간적 범위: 첨두시간, 비 첨두시간, 하루
- 공간적 범위: 전지역, 개선도로

본 연구에서 분석하고자 하는 유발통행수요는 기존 수요예측기법을 통해 추정된 경로 전환수요를 제외한 도로의 개선으로 인해 순수하게 증가한 수요이기 때문에 분석의 공간적 범위는 전 지역이며, 통행의 주체는 차량, 시간적 범위는 첨두/비첨두시간, 통행의 단위는 차량의 증가 뿐 아니라 통행거리의 증가도 포함하는 VKT이다.

III. 기존연구의 고찰 및 한계점

1. 기존연구의 고찰

황기연, 김광휘(2003)는 도로용량 증가에 따라 유발수요가 어느 정도 발생하는지 예측하는 방법을 소개

하였으며 이를 검증하기 위해 서울시 내부순환도로 구간에 대한 사례분석을 시행하였다.

도로용량으로 인해 추가될 수 있는 수요를 추정하기 위해 서울시 사회경제지표 및 교통량 조사 자료를 이용하였으며, 구축된 모형은 다음과 같다.

$$\log(\text{교통량}) = -74.86 + 1.61\log(\text{대로용량}) - 0.041\log(\text{연평균회발유가격}) + 3.341\log(\text{인구밀도}) + 6.131\log(15\text{세이상인구수}) - 1.29\log(\text{운전면허소지자})$$

구축된 모형에 의해 추정된 수요를 통행발생단계에 적용하여 단일 승용차 OD(유발수요가 반영된 OD)를 작성하였으며, 해당 OD를 통행 배정한 결과와 4단계 예측모형에 의한 OD를 통행 배정한 결과를 비교하였다. 비교결과 유발수요를 고려한 경우가 그렇지 않은 경우보다 13.89% 정도의 수요가 추가 발생하였으며 이로 인한 평균속도는 5.61% 감소하는 것으로 나타났다.

Patrick and Harry(1999)는 기존 4단계예측모형에서 예측되지 못하는 유발통행수요를 추정할 수 있는 모형을 소개하였으며, 고속도로 확장에 대해 사례분석을 시행하였다.

고속도로와 간선도로 두 경로에 모형을 적용하여 유발통행수요를 추정한 결과 도로의 개선으로 인해 발생할 수 있는 유발통행수요는 적용한 수요탄력성에 따라 5%~10% 정도인 것으로 분석되었으며, 고속도로 확장으로 유발되어지는 교통량은 확장전의 초기 혼잡수준 정도로 엄청나게 증가할 수 있다고 했다.

2. 기존연구의 한계점

황기연, 김광휘(2003)의 경우 도로개선으로 인해 발생할 수 있는 유발수요를 추정하기 위해 대로용량과 교통량과의 회귀모형을 구축하였으며, 구축된 모형에 의한 수요를 통행발생 단계에 적용하여 유발수요를 추정하였다. 이와 같은 절차를 통해 추정된 유발수요는 발생단계에서만 고려된 수요이며, 모형을 통해 산출된 교통량을 통행발생 단계에 적용하기 위해 발생량으로 단위를 변경하는 과정에서 오차가 발생할 가능성이 있었다. 또한 국내의 연구를 통해 유발수요에는 도로용량뿐 아니라 각종 사회·경제지표들도 많은 영향을 미치는 것이 발견되었지만 이를 충분히 반영하지 못한 한계가 있었다.

Patrick and Harry(1999)의 경우 유발통행수요를 추정하기 위한 SMITE(Spreadsheet Model for Infuced Travel Estimation)를 개발하였다. 그러나 해당 모형식에 적용되는 수요탄력성에 따라 추정되는 유발통행수요는 많은 차이를 보임에도 불구하고 수요탄력성을 단순 가정하여 적용하였다. 또한 HCM기준으로 산정할 수 있는 지체도가 모형식에 적용되어졌기 때문에 모형식의 이해가 어려우며, 우리나라의 도로개선 분석에 적용하기에는 어려움이 있었다. 또한 소개된 SMITE는 두 대안 경로에만 적용할 수 있어 실질적인 분석에 활용되기에 한계가 있었다.

N. 유발통행수요 추정

1. 모형구축

본 연구에서 유발통행수요를 추정하기 위한 모형은 경제학의 한계비용과 수요탄력성, 공급탄력성 이론을 바탕으로 한다.

도로의 개선으로 향상된 통행시간에 대한 유발통행수요로부터 상쇄된 통행시간의 초기 감소비율을 F로 정의한다면, 수요-공급 곡선 상에서 $F = \frac{DC}{AB}$ 로 표현된다.

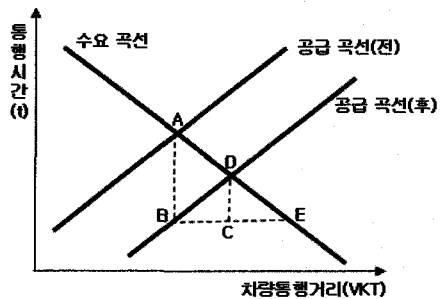
F를 수요곡선과 공급곡선의 기울기로 변환하게 되면 식(1)과 같이 유도된다.

$$BE = \frac{AB}{G_d} \tag{1}$$

$$BE = \frac{DC}{G_s} - \frac{DC}{G_d}$$

$$\frac{AB}{G_d} = DC \times \left(\frac{1}{G_s} - \frac{1}{G_d} \right)$$

$$\frac{DC}{AB} = \frac{1}{1 - \frac{G_s}{G_d}} = F$$



〈그림 4〉 수요/공급곡선

그리고 식(1)에서 기울기(G)를 탄력성(E)으로 변환하게 되면 식(2)와 같이 유도된다.

$$\frac{DC}{AB} = \frac{1}{1 - \frac{G_s}{G_d}} = \frac{1}{1 - \frac{1}{E_s \times E_d}} \cdot \begin{pmatrix} E_s = G_s \times \frac{VKT}{t} \\ E_d = \frac{1}{G_d} \times \frac{t}{VKT} \end{pmatrix}$$

$$\therefore F = \frac{DC}{AB} = \frac{1}{1 - \frac{1}{E_s \times E_d}} \quad (2)$$

- 여기서, G_d : 수요곡선의 기울기
- G_s : 공급곡선의 기울기
- E_d : 수요탄력성
- E_s : 공급탄력성

그리고 도로의 개선으로 향상된 통행시간에 대한 유발통행 수요로부터 상쇄된 통행시간의 초기 감소비율로 정의된 F 는 식(3)과 같이 한계비용의 개념을 적용하여 수식을 풀 수 있다.

이는, 도로의 개선으로 향상된 통행시간(AB)은 도로 개선에 따른 현재 이용자들의 통행시간 절감분(H_0)으로, 유발통행수요로부터 상쇄된 통행시간(DC)은 유발통행수요로 인한 현재 이용자들의 통행시간 증가분(H_i)으로 설명될 수 있기 때문이다.

$$F = \frac{H_i}{H_0} = \frac{V_i \times M}{\frac{VKT_{iu}}{S_{be}} - \frac{VKT_{iu}}{S_{af}}} \quad (3)$$

- 여기서, H_0 : 개선에 따른 현재 이용자들의 초기 통행시간 절감분
- H_i : 유발통행수요로 인한 현재 이용자들의 통행시간 증가분
- V_i : 유발통행수요
- M : 한계비용
- VKT_{iu} : 기존 이용자의 차량통행거리
- S_{be} : 개선전 속도
- S_{af} : 개선후 속도

수요/공급탄력성으로 표현된 식(2)와 한계비용으로 표현된 식(3)에 따라 유발통행수요(V_i)는 식(4)와 같이 정리할 수 있다.

$$V_i = \frac{H_0}{M} \times \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{M \times S_{av} \times E_d}} \right) \quad (4)$$

식(4)에 대한 전개과정은 다음과 같다.

$$F = \frac{DC}{AB} = \frac{H_i}{H_0}$$

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{E_s \times E_d}} = \frac{V_i \times M_i}{H_0} (\because H_i = V_i \times M)$$

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{M \times S_{av} \times E_d}} = \frac{V_i \times M}{H_0} (\because E_s = M \times S_{av})$$

$$\therefore V_i = \frac{H_0}{M} \times \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{M \times S_{av} \times E_d}} \right)$$

그런데 도로 개선에 따른 현재 이용자들의 통행시간 절감분(H_0)은 $\frac{VKT_{iu}}{S_{be}} - \frac{VKT_{iu}}{S_{af}}$ 으로 계산될 수 있으며,

한계비용(M)은 $\frac{\frac{VKT_{iu}}{S_{af}} - \frac{VKT_{iu}}{S_{af(wodu)}}}{\Delta VKT_{du}}$ 으로 계산될 수 있기 때문에 식(5)를 유도할 수 있다.

$$\therefore V_i = \frac{\left(\frac{VKT_{iu}}{S_{be}} - \frac{VKT_{iu}}{S_{af}} \right)}{\left(\frac{\frac{VKT_{iu}}{S_{af}} - \frac{VKT_{iu}}{S_{af(wodu)}}}{\Delta VKT_{du}} \right) \frac{1}{S_{av} \times E_d}} \quad (5)$$

- 여기서, V_i : 유발통행수요
- VKT_{iu} : 기존 이용자의 차량통행거리
- VKT_{du} : 전환 이용자의 차량통행거리
- S_{be} : 개선전 속도
- S_{af} : 개선후 속도
- $S_{af(wodu)}$: 개선후 속도(전환미반영)
- M : 한계비용
- S_{av} : 평균통행속도
- E_d : 수요탄력성

기존 유발통행수요 추정모형¹⁾에는 본 모형에 적용된 통행속도 대신 HCM 기준의 지체식에 의한 지체도가 적용되어 있으나, 본 연구에서는 지체도보다 현실적이고 분석이 용이한 통행속도를 반영하여 모형을 구축

1) SMITE(Patrick Decarla-souza and Harry Cohen, 1999)

했다는 점에서 큰 차이점이 있다.

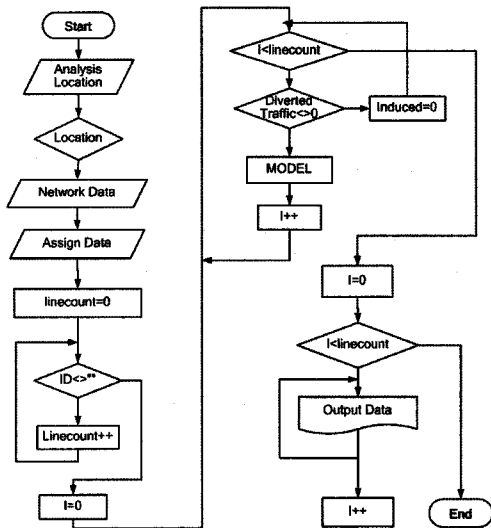
또한 기존 4단계 수요예측모형에서도 지체도 대신 통행속도가 반영되기 때문에 기존 수요예측모형과 연계하여 유발통행수요를 추정할 수 있다는 점에서 본 모형의 장점이 있다.

2. 적용프로그램개발

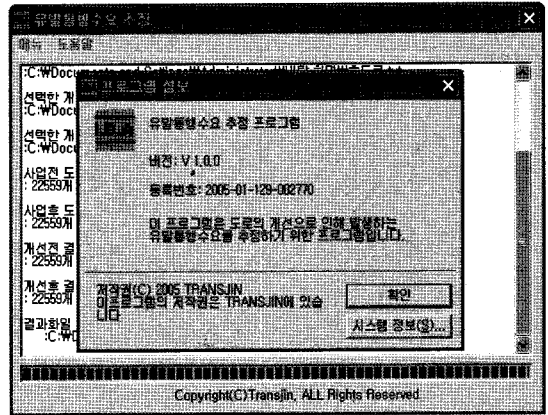
도로개선으로 인해 추가로 발생할 수 있는 유발통행수요를 각 구간별로 해당 모형에 적용하여 추정할 수 있지만, 분석구간이 많을 경우 많은 시간을 필요로 한다. 따라서 교통계획 패키지와 연계하여 광범위한 지역의 구간별 유발통행수요와 통행시간을 추정할 수 있는 프로그램(I.D.A.)²⁾을 개발하였다.

교통계획자는 일반적으로 수요분석을 위해 TransCAD, EMME/2, Ufosnet 등 교통계획 패키지를 이용하여 분석 네트워크에 수단 OD를 통행 배분하여 각 구간별 통행량과 통행시간, 통행속도 등을 추정하게 된다.

이와 같이 기존 교통계획 패키지에서 분석된 결과(개선전·후 차량통행거리, 개선전·후 통행속도)를 본 연구에서 구축한 유발통행수요 추정모형을 프로그래밍한 I.D.A에 입력하여 광범위하고 용이하게 유발통행수요를 분석할 수 있도록 하였다.



〈그림 5〉 I.D.A 프로그램 순서도



〈그림 6〉 I.D.A 프로그램 실행화면

3. 분석자료

1) 분석가정

다양한 교통체계 중에서 본 연구는 도로의 개선에 따른 유발통행수요 추정을 목적으로 하기 때문에 도로교통에 대해서 분석하며, 그 중 승용차 통행에 대해서만 분석하기로 한다. 대중교통수단도 유발통행수요가 발생할 것으로 예상되지만 그 정도가 미미할 것으로 판단되고 대중교통의 경우 고려하여야 할 요소가 많아 분석이 복잡하기 때문에 분석의 범위를 승용차로 한정하였다.

그리고 각 구간별로 추정된 승용차 유발통행수요의 비교·분석을 용이하게 하기 위해 대중교통수요가 도로용량을 차지하는 비중은 30%라고 단순가정하고 통합배정이 아닌 승용차 수요에 대해서만 통행 배분하였다.

그리고 도로의 개선은 신규건설과 확장으로 구분할 수 있지만 개발모형의 한계로 본 연구에서는 도로확장에 대해서만 분석하기로 한다. 본 논문에 적용된 유발통행수요추정 모형은 기존 이용자의 통행을 바탕으로 적용되기 때문에 기존 이용자의 통행이 없는 신규도로의 건설에 대해서는 모형의 적용이 어렵기 때문이다.

2) 분석범위

서울시 도로 중 정체구간이면서 우회도로(올림픽대로)가 있는 강변북로 일부구간(성산대교 북단~천호대교 북단)을 본 연구의 주요 분석범위로 하였다. 해

2) 프로그램심의조정위원회 저작권 등록(2005-01-129-002770)

당 개선구간 뿐 아니라 개선구간과 연계되는 구간과 경쟁되는 구간에 대해서도 부가적인 분석범위로 설정하였다.

3) 분석자료

분석자료는 서울시정개발연구원에서 구축한 2002년 수도권 네트워크와 OD자료를 활용하였다.

해당 네트워크는 교통개발연구원에서 구축한 NGIS를 기본으로 구축되어 있으며 링크 22,559개, 노드 17,050개로 구성되어 있으며 링크에는 도로 유형, 용량, 길이 등의 자료가 포함되어 있다. 네트워크의 Centroid와 OD자료의 기종점은 2002 수도권 가구통행실태조사의 소존 1,142개 중 제주도를 제외한 1,141개로 설정되어 있다.

4) 서울시 수요탄력성

본 연구에서 구축한 유발통행수요 추정모형에는 수요탄력성이 민감하게 적용되며, 해당 수요탄력성에 따라 추정된 유발통행수요는 가변적이다.

이규진(2006)은 2002년 수도권 가구통행 실태조사 자료를 이용하여 서울시의 수요탄력성을 -0.582로 추정한 바 있기 때문에, 해당 계수를 본 모형에 직접 적

〈표 1〉 서울시 수요탄력성 추정모형 요약

구분	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률
	B	표준오차	베타		
(상수)	0.212	0.072		2.93	.003
log(단위통행시간)	-1.037	0.011	-0.582	-94.73	.000
log(소득)	0.076	0.011	0.042	-6.78	.000

〈표 2〉 유발통행수요 추정결과

구분		사업전	경로 전환수요	사업후(유발 통행수요 미반영)	유발통행수요	사업후(유발 통행수요반영)	비교 1 (%)	비교 2 (%)
개선 구간	교통량(대/시)	288,657	83,581	372,238	13,478	385,716	3.6	16.1
	VKT(대·km)	90,349	25,799	116,148	3,872	120,020	3.3	15
	평균통행속도(km/h)	46.8	-	51.6	-	49.3	-4.5	-
연계 구간	교통량(대/시)	5,110,359	162,023	5,272,382	-24,201	5,248,181	-0.5	-14.9
	VKT(대·km)	2,159,412	82,423	2,241,835	-8,428	2,233,407	-0.4	-10.2
	평균통행속도(km/h)	49.8	-	49.3	-	49.4	+0.2	-
경쟁 구간	교통량(대/시)	6,447,528	-216,659	6,230,869	30,444	6,261,313	0.5	-14.1
	VKT(대·km)	2,735,524	-92,179	2,643,345	11,080	2,654,425	0.4	-12
	평균통행속도(km/h)	50.0	-	50.6	-	50.5	-0.2	-

주 : 비교 1) 사업전수요 대비 유발통행수요 비율
비교 2) 경로전환수요 대비 유발통행수요 비율

용하여 현실적인 추정이 가능하도록 하였다.

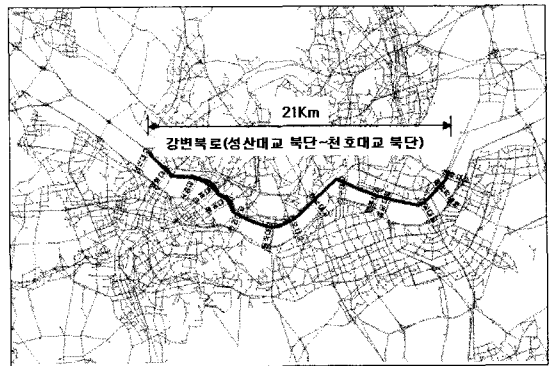
$$\text{Log}(VKT) = 0.212 - 0.582 \text{Log}(\text{단위 통행시간}) + 0.042 \text{Log}(\text{소득})$$

4. 분석결과

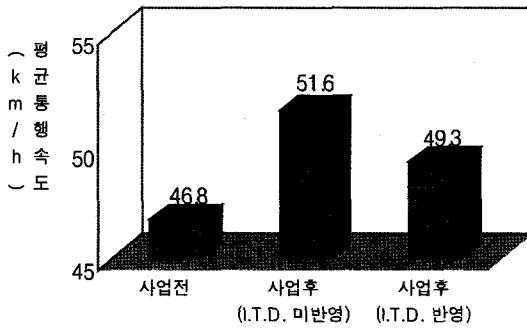
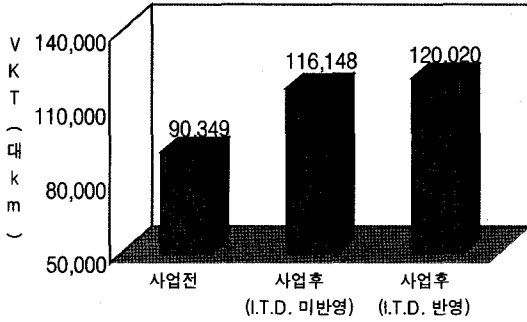
강변북로 일부구간(성산대교 북단~천호대교 북단)의 용량을 30% 확장한다는 시나리오를 바탕으로, 개선 전·후의 구간별 통행량과 통행속도를 추정하기 위해 교통계획 프로그램인 TransCAD를 활용하였다.

그리고 본 연구에서 구축한 유발통행수요 추정모형이 반영된 유발통행수요 추정프로그램에 개선 전·후 네트워크 입력자료, 개선 전·후 통행배정 결과자료를 입력하여 유발통행수요를 추정하였다.

이와 같이 유발통행수요를 추정한 결과, 〈표 2〉와 같이 71개 개선구간에서 발생한 유발통행수요는 3,872 VKT(대·km)로 분석되었는데, 이는 경로전환수요 25,799



〈그림 7〉 개선구간



〈그림 8〉 개선구간의 유발통행수요 추정결과

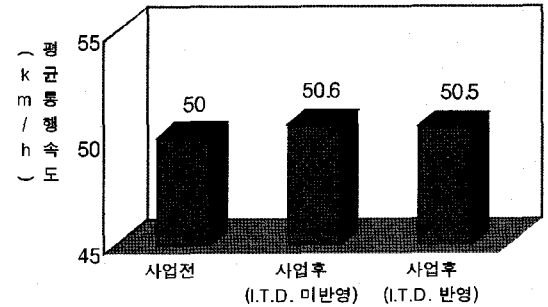
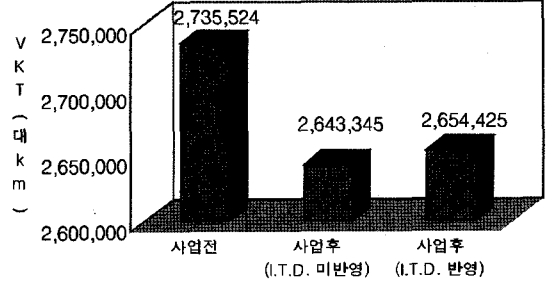
VKT(대·km)의 15%에 해당하며 사업전수요 90,349 VKT(대·km)의 3.3%에 해당하는 수요이다.

그리고 해당 유발통행수요를 고려할 경우 개선구간의 평균통행속도는 유발통행수요를 고려하지 않을 경우보다 2.3km/h 감소되는 것으로 분석되었다. 최초 분석구간의 개선으로 인한 통행속도 개선효과가 4.5km/h 정도인 것을 감안하면 유발통행수요로 인한 통행속도의 변화는 무시할 수 없는 것으로 판단된다.

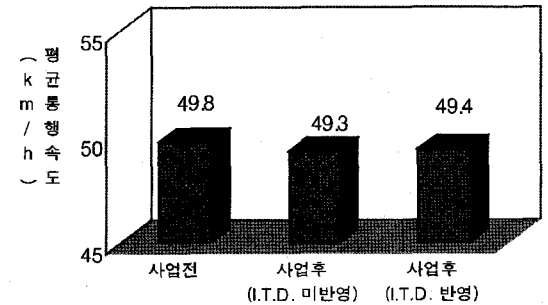
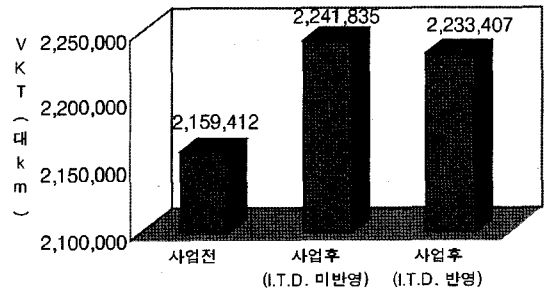
이와 같이 도로가 직접적으로 개선되는 구간뿐 아니라, 개선된 구간과 연계되는 구간(연계구간) 그리고 개선된 구간과 경쟁되는 구간(경쟁구간)에서도 경제학의 이론(수요탄력성)에 따라 통행시간의 변화가 있기 때문에 유발통행수요가 개선구간과 마찬가지로 발생될 것이다.

연계구간과 경쟁구간을 설정함에 있어 그 분류 기준이 물리적인 특성인지, 통행량의 증감인지에 따라 해당 구간에서 발생될 것으로 추정되는 유발통행수요는 달리 산정되기 때문에 본 연구에서는 실제 통행배정을 통한 통행량의 증감을 기준으로 연계구간과 경쟁구간을 설정하였다.

즉, 연계구간은 개선된 도로구간과 연계되는 구간으로 도로의 개선으로 인해 수요가 증가하는 구간으로 설정하며, 경쟁구간은 개선된 도로구간과 경쟁되는 구간



〈그림 9〉 경쟁구간의 유발통행수요 추정결과



〈그림 10〉 연계구간의 유발통행수요 추정결과

으로 도로의 개선으로 인해 수요가 감소되는 구간으로 설정하였다.

따라서 경쟁구간의 경우, 개선구간으로 전환된 수요로 인해 도로개선 전보다 혼잡이 경감되고 이에 따라

평균통행속도가 증가되기 때문에 개선구간과 마찬가지로 유발통행수요가 발생될 것이다.

마찬가지로 연계구간의 경우, 개선구간으로 전환된 수요로 인해 개선 전보다 혼잡이 가중되고 이에 따라 평균통행속도가 낮아져 오히려 감소되는 유발통행수요가 발생될 것이다.

이와 같이 각 구간에서 발생될 것으로 예측되는 유발통행수요를 본 연구에서 구축한 모형을 통해 추정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

경쟁구간으로 설정된 구간에서는 92,179 VKT(대·km)에 해당하는 통행수요가 개선구간으로 전환되는 것으로 추정되었으며, 이에 따라 경쟁구간의 평균통행속도는 도로개선 전보다 향상되었다. 이러한 통행속도의 향상으로 인해 추가로 발생하는 유발통행수요는 경로전환수요 92,179 VKT(대·km)의 12%에 해당하는 11,080 VKT(대·km)로 추정되었다.

연계구간으로 설정된 구간은 개선구간의 수요가 증가함에 따라 연계구간의 수요도 도로개선 전보다 82,423 VKT(대·km)증가하는 것으로 추정되었다.

이러한 수요의 증가로 인해 연계구간은 도로개선 후 평균통행속도가 도로개선 전 평균통행속도보다 감소되었으며, 이에 따라 연계구간은 도로개선 전보다 오히려 혼잡이 가중되어 전환수요 82,423 VKT(대·km)의 10%에 해당하는 감소되는 유발통행수요 8,428 VKT(대·km)가 발생되는 것으로 추정되었다.

V. 결론 및 향후과제

기존 연구를 통해 유발통행수요의 존재는 충분히 증명되었지만 아직 이를 계량적으로 추정할 수 있는 모형과 기법에 대한 연구가 미미한 바, 본 연구는 기존 4단계 수요예측모형을 통해 충분히 추정되지 못하는 유발통행수요를 추정할 수 있는 모형과 이러한 모형을 적용하여 광범위한 분석에 적용할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

해당 모형과 프로그램을 통해 서울시 일부구간의 개선에 따른 유발통행수요를 추정한 결과, 도로의 개선으로 인해 개선구간에서 발생하는 유발통행수요는 경로전환수요의 약 15% 정도인 것으로 분석되었으며, 연계구간과 경쟁구간에서 발생한 유발통행수요는 경로전환수요의 약 10%~12% 정도인 것으로 분석되었다.

본 연구를 통해 도로의 개선으로 인해 발생될 수 있

는 유발통행수요를 교통수요가 결정되는 원리와 유사한 경제학의 한계비용과 수요탄력성, 공급탄력성 법칙을 응용하여 계량적으로 추정하였기 때문에, 기존에 연구된 타 모형과 기법보다 현실적인 추정이 가능하여 도로 개선의 타당성 분석결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대한다. 또한 기존 교통계획 패키지와 연계하여 사용할 수 있는 유발통행수요 추정프로그램의 개발로 신속·용이하게 유발통행수요를 추정할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구에서는 기존 수요예측기법을 통해 최종 통행배분된 통행량과 통행시간을 바탕으로 추가로 발생할 수 있는 유발통행수요를 추정하였지만, 4단계 수요예측 모형의 각 단계별로 발생할 수 있는 유발통행수요의 근원요인분석 및 각 단계별 유발통행수요 추정에 대한 연구가 추가로 필요한 것으로 판단된다.

또한 본 분석결과와 같이 각 구간별로 추정된 유발통행수요로 인해 구간별 교통량이 증가되거나 감소되었으며 이에 따라 통행속도도 일부 변화하였다. 이와 같이 변화된 교통량과 통행속도는 편익분석 시 서로 상쇄되기 때문에 유발통행수요를 반영할 경우 편익에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구도 추가로 필요할 것이다.

참고문헌

1. 권오철(1993), "경제학원론", 박영사.
2. 노정현(2001), "교통경제학", 나남출판.
3. 박원규, 강정모, 이상규(2003), "미시경제학", 시그마프레스.
4. 이규진·최기주·심상우·김상수(2006), "도로환경 개선과 집합적 개념의 유발통행수요와의 관련성 규명 및 수요탄력성 추정 (수도권을 중심으로)", 대한교통학회지, 제24권 제4호, 대한교통학회, pp.7~17.
5. 주경민, 박성환(1998), "Visual Basic Programming Bible", 영진출판사.
6. 황기연, 엄진기(2001), "교통수요관리론-정책 및 분석 실무", 청문각.
7. 황기연, 김광희(2003), "대도시 교통수요관리를 위한 도로건설과 유발수요의 관계성 검증", 서울도시연구.
8. Denvil Coombe(1996), "Induced Traffic: What do Transportation Models tell us?", Transportation 23.

9. Douglass B. Lee(1999), "Induced Traffic and Induced Demand", TRR.
10. Herbert Mohring(1976), "Transportation Economics", Ballinger Publishing Company.
11. Kenvin Heanue(1998), "Highway Capacity and Induced Travel: Issues, Evidence and Implications", Transportation Research Circular.
12. Lawrence C. Barr(2000), "Testing for the Significance of Induced Highway Travel Demand in Metropolitan Areas", TRB 79th.
13. Lewis M. Fulton and Robert B. Noland (2000), "A Statistical Analysis of Induced Travel Effects in the use U.S. Mid-Atlantic Region", Journal of Transportation and Statistics.
14. Mark Hansen and Yuanlin Huang(1997), "Road Supply and Traffic in California Urban Areas", Transportation Research Part A, Vol, 31, NO 3.
15. Mark Hansen(1998), "The Traffic Inducement Effect: Its Meaning and Measurement", Transportation Research Circular.
16. Norman L. Marshall(2000), "Evidence of Induced Demand in th texas Transportation Institute`s Urban Roadway Congestion Study Data Set", TRB 79th.
17. Patrick Decorla-souza and Harry Cohen (1999), "Estimation Induced Travel for Evaluation of Metropolitan Highway Expansion", Transportation 23.
18. Peter Bonsall(1996), "Can Induced Traffic be Measured by Surveys?", Transportation 23.
19. Peter J. Hills(1996), "What is Induced Traffic?", transportation 23.
20. Phil B. Goodwin(1996), "Empirical Evidence on Induced Traffic: A review and synthesis", Transportation.
21. Richard G. Dowling and Steven B. Colman (1998), "Effects of Increased Highway Capacity: Results of a Household Travel Behavior Survey", Transportation Research Circular.
22. Robert B. Noland(1999), "Relationships between Highway Capacity and Induced Vehicle Travel", TRB 78th.
23. Robert T. Dunphy(1998), "Widening the Roads: Data Gaps and Philosophical Problems", Transportation Research Circular.
24. Todd Litman(2004), "Generated Traffic and Induced Travel", Victoria Transport Policy Institute.

✉ 주 작 성 자 : 이규진

✉ 교 신 저 자 : 이규진

✉ 논문투고일 : 2006. 5. 11

✉ 논문심사일 : 2006. 9. 12 (1차)

2006. 11. 29 (2차)

2006. 12. 1 (3차)

✉ 심사판정일 : 2006. 12. 1

✉ 반론접수기한 : 2007. 4. 30