

교통수요분석 기초자료와 통행수요예측 오차의 상관관계 및 원인 분석

장수은(환경대학원 환경계획학과 교수) ·
이상준(환경계획학과 박사과정) · 이상조(환경계획학과 석사과정)

1. 서론

국가교통DB센터는 2003년부터 전국 및 광역권의 기종점 통행행렬과 교통망 자료로 구성된 국가교통DB를 제공해오고 있다. 이 국가교통DB를 이용해 그동안 예비타당성조사(기획재정부)와 타당성조사(국토교통부)가 수백 건이 수행되었다. 이 중 일부 시설이 개통되어 현재 공용 중이다. 본 연구는 이들 사업에 대하여 당시 예측교통수요와 현재의 교통수요를 비교하고 다양한 시사점을 도출하기 위하여 수행되었다. 2010~2011년 개통된 도로/철도 사업들을 대상으로 교통수요, 교통계획, 토지이용계획, 사회경제지표 예측의 오차 현황을 살펴보고 합리적 교통수요분석을 위한 국가교통DB의 구축방향을 제시하고자 한다.

2. 교통수요예측 오차의 유형

교통수요예측 과정에서 발생하는 오차는 매우 복잡하고 다양하기 때문에 오차의 유형구분 또한 간단하지 않다. 또한 어떤 오차는 하나의 유형으로 설명하기 힘든 다차원적 특성을 드러내기도 한다(Mackie and Preston, 1998). 그럼에도 불구하고 체계적 연구수행을 위해 오차를 유형화할 필요가 있으며, 일반적으로 <표 1>와 같이 기초자료의 불확실성, 모형의 한계, 모델링 과정의 오류, 관행·기관문화에 의한 편의로 구분할 수 있다(World Bank, 2005), Committee for Determination of the State of the Practice in Metropolitan Area Travel Forecasting, 2007). 이 중 관련 계획의 불확실성, 인구통계적·사회경제적 자료의 신뢰성이 대표적인 오차 원인으로 보고되고 있다(Flyvbjerg et al., 2006; De Jong et al., 2007). 본 연구에서도 이 두 요인을 중심으로 통행수요예측의 오차 현황과 원인을 살펴보기로 한다.

| 오차 유형 | 오차 원인 | 비고 |
|--------------|---------------------|--|
| 기초자료의 불확실성 | 인구통계적·사회경제적 자료의 신뢰성 | • 인구, 가구 수, 종사자 수, GDP 등 |
| | 관련 계획의 불확실성 | • 토지이용계획, 교통계획 등 |
| | 네트워크의 신뢰성 | • 교통망 코딩, 교통망의 서비스 수준 등 |
| | 교통자료의 신뢰성 | • 교통량, 속도, 교통수요의 변동성, 환산계수 등 |
| 모형의 한계 | 비행태적(집계적)·정적 구조 | <ul style="list-style-type: none"> • 정책 민감성 저하 -혼잡통행료 등 가격정책 -HOV 등 교통수요관리정책 -주차, 근무시간, 화물배송계획 등 특정 시간대에 적용되는 정책 -교통운영개선 정책 -비동력 교통 정책 -시간대별 교통자료(속도 및 교통량, 첨두/비첨두 등 교통망의 혼잡상황) |
| | 결정적 구조 | • 점 추정(불확실성 반영 한계) |
| 모델링 과정 오류 | 부적절한 검증절차 | <ul style="list-style-type: none"> • 자료부족 • 수요분석 단계별 검증 미비 • 정량적 표준지침 미비 |
| | 분석요소의 일관성 결여 | <ul style="list-style-type: none"> • 교통(교통체계 개선, 혼잡 등)과 토지이용(인구통계적·사회경제적 변수 예측)의 분리 • 교통의 일반화 비용을 구성하는 요소(시간, 거리, 통행료 등) 간 비일관성 • 수요분석단계 간 제한적인 피드백 |
| | 모형의 한계를 고려하지 않은 적용 | • 거시적인 지역 간 전략계획 외 무분별한 적용(탄소배출량, 대기오염물질 배출량, 노면전차 탑승객 등) |
| | 전문가 평가 미비 | • 독립적·주기적인 엄격한 전문가 평가(peer review) |
| 관행 및 기관문화 편이 | 낙관적 편이 | • 투자비용, 사업일정, 편이에 대한 낙관적 편향성 |
| | 분석가의 주관적 개입 | • 보정 등의 명분으로 전략적인 허위분석 |

표 1. 오차의 유형 및 원인

3. 오차 현황 및 원인 분석

<표 2>, <표 3>은 철도와 도로사업의 통행량(교통수요), 사회경제지표, 관련 계획의 오차 현황을 정리한 것이다. 이때 기초자료를 KTDB, 공인자료, 비공인자료로 분류하였다. KTDB는 국가교통DB센터에서 배포한 자료를, 공인자료는 국가교통DB센터 설립 전 한국교통연구원(KOTI), 한국개발연구원(KDI), 서울연구원(SDI) 등에서 배포한

자료를, 비공인자료는 교통수요분석사업 분석가가 자체적으로 구축한 자료를 의미한다. 두 표에서 확인할 수 있듯이, 교통수요예측의 오차는 도로사업보다 철도사업에서 더 크게 나타나며, 이는 해외 관련 연구(예컨대, Flyvbjerg et al. (2006))과도 일맥상통하는 결과이다. 사회경제지표의 오차율은 도로/철도사업에서 유사하게 나타났다. 다만, 인구통계자료의 오차율은 매우 낮은 수준이나, 경제활동지표(GRP, 지방세 등)의 오차율은 매

우 높은 수준으로 조사되었다. 한편, 토지이용계획, 교통계획의 오차율은 도로/철도사업 모두 매우 높은 수준을 나타내고 있다. 마지막으로 기초자료(KTDB, 공인자료, 비공인자료) 별 통행량, 사회경제지표, 토지이용계획, 교통계획 측면의 오차

율의 차이는 오차의 절댓값과 표본 수 등을 고려할 때 유의미하지 않은 것으로 판단된다.

| 사업 | 기초자료 | 구분 | 통행량 | | 사회경제지표 | | | | | | | | 관련 계획 | | | |
|--------------------------|-----------|--------------------|------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | | | 인구 | | GRP | | 지방세 | | 차량보유대수 | | 토지이용계획 | | 교통시설계획 | |
| | | | 예측치 (인/일) | 실측치 (인/일) | 예측치 (천인) | 실측치 (천인) | 예측치 (십억원) | 실측치 (십억원) | 예측치 (십억원) | 실측치 (십억원) | 예측치 (천대) | 실측치 (천대) | 계획면적 (천㎡) | 반영면적 (천㎡) | 계획연장 (km) | 실측연장 (km) |
| 경부고속철도 2단계 건설 | KTDB | 비교 | 458,836 | 267,711 | 49,785 | 50,734 | 973,489 | 1,436,772 | - | - | 20,304 | 17,088 | - | - | - | - |
| | | 오차 | -41.65% | | 1.91% | | 47.59% | | - | | -15.84% | | - | | - | |
| 전라선(익산-순천) 전철화 | KTDB | 비교 | 40,180 | 12,684 | 50,976 | 50,734 | 841,877 | 1,464,900 | - | - | 17,926 | 18,251 | - | - | 790.8 | 471.2 |
| | | 오차 | -68.43% | | -0.47% | | 74.00% | | - | | 1.81% | | - | | -40.41% | |
| 평균절대오차 | | 단순평균 | 55.04% | | 1.19% | | 60.80% | | - | | 8.83% | | - | | 40.41% | |
| | | 가중평균 | 43.81%(52.25%) ¹⁾ | | 1.18% | | 59.84% | | - | | 9.26% | | - | | 40.41% | |
| 경전선(삼랑진- 마산)복선전철화 | 공인 자료 | 비교 | 26,080 | 17,992 | 50,976 | 50,734 | 841,877 | 1,464,900 | - | - | 17,926 | 18,251 | 8,298 | 12,000 | 450.5 | 369.8 |
| | | 오차 | -31.01% | | -0.47% | | 74.00% | | - | | 1.81% | | 44.61% | | -17.91% | |
| 신분당선 1단계 건설 | 공인 자료 | 비교 | 204,108 | 78,525 | 24,740 | 24,988 | - | - | - | - | 10,464 | 6,554 | - | - | - | - |
| | | 오차 | -68.43% | | 1.00% | | - | | - | | -37.37% | | - | | - | |
| 경전선 (동순천-광양) 복선전철화 | 공인 자료 | 비교 | 8,331 | 599 | 50,976 | 50,734 | 841,877 | 1,464,900 | - | - | 17,926 | 18,251 | 24,939 | 9,878 | 2037.7 | 1310.8 |
| | | 오차 | -92.81% | | -0.47% | | 74.00% | | - | | 1.81% | | -60.39% | | -35.67% | |
| 서울지하철 3호선 연장 | 공인 자료 | 비교 | 62,518 | 59,792 | 24,472 | 24,988 | - | - | - | - | 6,154 | 6,554 | - | - | 4391.7 | 2486.76 |
| | | 오차 | -4.36% | | 2.11% | | - | | - | | 6.50% | | - | | -43.38% | |
| 평균절대오차 | | 단순평균 | 49.15% | | 1.01% | | 74.00% | | - | | 11.87% | | 52.50% | | 32.32% | |
| | | 가중평균 ¹⁾ | 52.56%(48.62%) | | 0.82% | | 74.00% | | - | | 9.45% | | 56.45% | | 39.43% | |
| 경춘선 복선전철화 | 비공인 자료 | 비교 | 49,550 | 53,812 | - | - | - | - | 2,286 | 5,765 | - | - | - | - | - | - |
| | | 오차 | 8.60% | | - | | - | | 152.30% | | - | | - | | - | |

표 2. 철도사업의 오차율 분석

1) 괄호 속은 노선연장 가중평균을 산정한 것임.

| 사업 | 기초자료 | 구분 | 통행량 | | 사회경제지표 | | | | | | | | 관련 계획 | | | |
|----------------------|----------|------|------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|------------------|
| | | | | | 통계청인구 | | GRP | | 차량보유대수 | | 토지이용계획 | | 교통시설계획 | | | |
| | | | 예측치 (인/일) | 실측치 (인/일) | 예측치 (천인) | 실측치 (천인) | 예측치 (십억원) | 실측치 (십억원) | 예측치 (천대) | 실측치 (천대) | 계획면적 (천㎡) | 실측면적 (천㎡) | 계획인구 (세대) | 실측인구 (세대) | 계획연장 (km-차로수) | 실측연장 (km-차로수) |
| 랑정지방산단 진입도로 건설 | KTDB | 비교 | 27,556 | 21,077 | 49,785 | 50,734 | 973,489 | 1,436,772 | 20,304 | 17,088 | 63,828 | 9,547 | - | - | 777.7 | 274.8 |
| | | 오차 | -23.51% | | 1.91% | | 47.59% | | -15.84% | | -85.04% | | - | | -64.66% | |
| 남해고속도로 (진주-마산) 확장 | KTDB | 비교 | 887,843 | 576,319 | 49,785 | 50,734 | 973,489 | 1,436,772 | 20,304 | 17,088 | 10,104 | 9,779 | - | - | 2,288.3 | 1,207.6 |
| | | 오차 | -35.09% | | 1.91% | | 47.59% | | -15.84% | | -3.22% | | - | | -47.23% | |
| 평균절대오차 | | 단순평균 | 29.30% | | 1.91% | | 47.59% | | 15.84% | | 44.13% | | - | | 55.95% | |
| | | 가중평균 | 34.74%(33.37%) ¹⁾ | | 1.91% | | 47.59% | | 15.84% | | 73.86% | | - | | 51.65% | |
| 아산-천안 국도 확장 | 공인 자료 | 비교 | 55,011 | 52,222 | - | - | - | - | - | - | 3,771 | 3,627 | - | - | - | - |
| | | 오차 | -7.09% | | - | | - | | - | | -3.82% | | - | | - | |
| 영동고속도로 (신갈-호법) 확장 | 공인 자료 | 비교 | 441,153 | 564,303 | 24,740 | 24,988 | - | - | 10,464 | 6,554 | - | - | 567,619 | 428,254 | 1,817.1 | 464.3 |
| | | 오차 | 27.92% | | 1.00% | | - | | -37.37% | | - | | -24.55% | | -74.40% | |
| 호남고속도로 (논산-삼례) 확장 | 공인 자료 | 비교 | 205,749 | 218,959 | - | - | - | - | - | - | 40,620 | 18,998 | - | - | 2,134.4 | 1,813.0 |
| | | 오차 | 6.42% | | - | | - | | - | | -53.23% | | - | | -15.06% | |
| 거가대교 건설 | 공인 자료 | 비교 | 23,403 | 21,281 | - | - | - | - | - | - | 8,298 | 12,000 | - | - | 380.4 | 241 |
| | | 오차 | -9.07% | | - | | - | | - | | 44.61% | | - | | -42.07% | |
| 평균절대오차 | | 단순평균 | 12.63% | | 1.00% | | - | | 37.37% | | 33.89% | | 24.55% | | 42.07% | |
| | | 가중평균 | 19.63%(17.61%) ¹⁾ | | 1.00% | | - | | 37.37% | | 48.34% | | 24.55% | | 41.86% | |

표 3. 도로사업의 오차율 분석

1) 괄호 속은 노선연장 가중평균을 산정한 것임.

4. 결론 및 토의

본 연구는 최근(2010, 2011) 개통된 도로/철도사업을 대상으로 교통량과 교통수요 추정에 적용된 인구통계적·사회경제적 지표, 토지이용계획, 교통계획 자료의 오차율을 분석하고 시사점을 도출하기 위하여 진행되었다. 이를 위하여 선행연구 등 관련 이론을 검토하고, 교통수요분석 당시의 보고서 등 관련 자료를 수집하여 교통량 등의 예측치와 실측치의 비교분석을 실시하였다.

본 연구의 주요 결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 교통수요분석의 오차율은 도로사업보다 철도사업에서 더 크게 나타났다. 둘째, 교통수요예측에 적용되는 독립변수 중 인구통계자료를 제외한 사회경제지표, 토지이용계획, 교통계획 예측치의 오차율은 매우 큰 것으로 분석되었으며, 이러한 독립변수 예측의 오차가 교통수요분석 오차의 직접적 원인으로 판단된다. 셋째, 기초자료에 따른 교통수요예측의 오차율은 오차의 절댓값과 표본 수 등을 고려할 때 유의미하지 않았다.

이를 바탕으로 본 연구의 주요 시사점을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 단기적으로 KTDB 구축을 위한 독립변수의 선정과 적용에서 전략적 판단이 필요해 보인다. 인구통계자료의 오차율은 매우 낮은 반면, GRP 등 경제활동 지표의 오차율이 매우 큰 것으로 분석되어, 향후 통행발생 모형 구축 시 인구나 가구 수 등 인구통계자료의 적용을 우선적으로 고려해야 할 것으로 판단된다. 경제활동 변수의 경우 큰 오차율을 보이고 있는 GRP를 대체·보완할 수 있는 새로운 변수의 발굴이 필요할 것이며, 이때 선진국에서 일반적으로 적용하는 국제유가 자료를 고려할 수 있을 것이다. 아울러 토지이용계획, 교통계획 등 관련 계획의 오차율이 도

로/철도사업에서 공통적으로 매우 크게 나타나므로, KTDB 구축 시 보다 보수적으로 적용해야 하며 관련 계획의 유형, 규모, 반영시기에 따른 적절한 반영기준을 제시할 필요가 있을 것이다. 둘째, 중장기적으로 유사연구의 계속 수행을 통한 시사점 도출과 본 연구에서 제시한 4대 오차유형의 근본적 해결을 위한 연구가 필요할 것이다. 본 연구와 유사한 연구를 지속적으로 수행하여 충분한 표본 수를 확보한다면 보다 신뢰성 높은 시사점을 도출할 수 있을 것이며, 필요할 경우 사후평가 보고서 등의 1차 자료를 심층 검토하여 보다 합리적인 전략적 방향을 도출할 필요도 있다.

비록 본 연구에서는 시간/예산의 제약으로 교통수요예측에 가장 큰 영향을 미치고 또한 정량적 분석이 가능한 기초자료를 중심으로 교통수요분석의 오차를 분석하였으나, 중장기적으로는 4대 유형별/유형 간 오차원인분석과 오차의 근본적 해결을 위한 KTDB의 발전방향을 도출할 필요가 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgement

이 내용은 한국교통연구원의 발주로 수행된 “국가교통DB 구축 전후 교통시설 타당성평가의 신뢰도 연구”의 일부를 발췌한 것입니다.

〈참고문헌〉

- Committee for Determination of the State of the Practice in Metropolitan Area Travel Forecasting(2007), “Metropolitan Travel Forecasting: Current Practice and Future Direction“, Special Report 288, Transportation Research Board.
- De Jong, G., Daly, A., Pieters, M., Miller, S., Plasmeijer, R. and Hofman, F.(2007), “Uncertainty in traffic forecasts: literature review and new results for The Netherlands”, *Transportation*, 34, 375-395.
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M.K. and Buhl, S.L.(2006), “Inaccuracy in traffic forecasts”, *Transport Reviews*, 26, 1-24.
- Mackie, P. and Preston, J.(1998), “Twenty-one sources of error and bias in transport project appraisal”, *Transport Policy*, 5, 1-7.
- World Bank(2005), “Treatment of induced traffic”. Transport Notes, Transport Economics, Policy and Poverty Thematic Group.