

■ 論 文 ■

존 체계 구축이 교통수요 추정에 미치는 영향에 관한 연구

Effects of Zoning Structure on Travel Demand Forecasts

한 명 주

(서울대학교 환경대학원 박사과정)

성 흥 모

(서울대학교 환경대학원 박사과정)

백 승 한

(서울대학교 환경대학원 박사과정)

임 용 택

(전남대학교 교통물류학부 부교수)

이 영 인

(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

- | | |
|----------------------|-------------------|
| I. 서론 | 1. F-test |
| II. 이론적 고찰 및 선행연구 고찰 | 2. 상관계수 분석 |
| 1. 이론적 고찰 | 3. 오차율 분석 |
| 2. 선행연구의 고찰 | 4. 대-km 분석 |
| 3. 시사점 | 5. 평균 통행거리 및 통행시간 |
| III. 분석 방법론 설정 | 6. 링크 통행속도 |
| IV. 분석자료 | VI. 결론 및 향후 연구과제 |
| V. 분석 결과 | 참고문헌 |

Key Words : 존 체계, 교통수요 추정, 내부통행 비율, F 검정, 오차율
 zone structure, traffic demand estimation, intrazonal trips, F-test, ratio of estimated volume to AADT count

요 약

본 연구에서는 교통수요분석의 중요한 오차요인 가운데 하나인 존 체계 구축에 따른 교통수요 추정 결과의 영향을 국가교통DB 전국 지역 간 자료를 이용하여 실증적으로 살펴보고 이를 통하여 현재 배포되는 Network 수준 및 해당사업(고속도로, 국도, 국지도 및 지방도 / 차로수)에 따른 적정 존 체계 수준, 내부 통행비율 수준 등에 대한 결과를 비교분석하였다. 더불어, 존 체계 수준에 따라 교통수요 추정 결과의 정확도가 도로위계, 도로용량별로 어떻게 달라지는지를 검토하였다. 마지막으로, 국가교통DB의 전국 지역 간 자료의 적정한 존 체계 수준을 제시해 보았다. 본 연구에서는 사회경제변수를 고려한 적정 Centroid의 위치와 Connector 연결지점 및 개수 등 존 체계를 구축하였으며, 존 체계 구축이 교통수요 추정에 어떤 영향을 미치는지를 살펴보기 위해 F-test와 상관계수 분석, 평균통행거리 및 통행시간분석, 오차율 분석, 총 주행거리 분석 등을 수행하였다.

분석 결과, 도로위계, 도로용량에 따라 적정 존체계 수준이 다양하게 나타났다. 즉, 현재의 시군구 단위 존 수준에서 추가적인 존 세분화를 수행할수록 국도, 국지도 및 지방도 / 편도 1차로 도로의 교통수요 추정 결과 신뢰성이 전반적으로 개선됨을 확인할 수 있었다. 특히, 신뢰성 높은 교통수요 추정 결과를 확보하기 위해서는 되도록 읍면동 단위의 존 수준까지 존 세분화를 수행할 필요가 있음을 확인할 수 있었다.

This paper investigates some critical errors influencing travel demand estimation in Korea Transportation Data Base (KTDB), and through this investigation reasonable traffic analysis zone (TAZ) size and internal trips ratio are analyzed. With varying zone size, the accuracy of travel demand estimation is studied and appropriate level of zone size in KTDB is also presented. For this purpose zonal structure consisting of location of zone centroid, number of centroid connectors has been constructed by social economic index, and then some descriptive statistical analyses such as F-test, coefficient of correlation are performed.

From the results, this paper shows that the optimum levels of zone system were various according to the order and capacity of roads, and also shows that the smaller TAZ, the less error in this research. In conclusion, in order to improve accuracy of traffic demand estimation it is necessary to make zone size smaller.

1. 서론

최근 도로 및 철도 사업의 경제적 타당성을 평가하기 위한 산출물인 교통수요 추정 결과의 신뢰성 확보에 대한 필요성이 제기되고 있다. 따라서 교통수요 추정과정에서의 다양한 오차요인을 완화하기 위한 많은 연구와 노력이 필요한 실정이다.

4단계 교통수요 추정모형상 입력자료 단계, 통행발생 단계, 통행분포 단계, 수단선택 단계, 통행배정 단계 등 각 단계별로 다양한 오차요인을 내포하고 있다. 이러한 오차요인을 완화하기 위한 많은 노력이 통행발생 단계, 통행분포 단계, 수단선택 단계, 통행배정 단계에서는 그동안 지속적으로 이루어져 왔으나, 국내에서 교통수요 추정을 위한 입력자료 관련 연구는 많은 논의가 이루어지지 않은 것이 현실이다.

입력자료 오차요인과 관련하여 존 체계 설정(존의 크기와 밀도)과 도로 Network의 정밀도가 일치되어야 한다는 점은 교통수요 추정 경험이 많은 선진국에서 강조되어왔다. 더불어, 존 체계 설정 시 내부통행량이 15% 또는 5%를 초과해서는 안 된다는 구체적인 가이드라인까지 제공하고 있다.(FHWA, 1997, Crevo, 1991)

그러나 국내 교통수요분석 지침에서는 존 체계 설정과 관련되어지는 구체적인 내용을 언급하고 있지 않으며, 도로 및 철도사업 유형별로 어느 수준의 존 체계 설정이 요구되어지는지 관련 실증적 연구도 미흡한 상황이다. 또한, 국가교통DB의 전국 지역 간 여객 기종점 통행량은 여러 가지 제약으로 인하여 내부통행량을 제공하지 못하고 있다. 따라서 교통수요 추정 시 많은 분석가들이 별도의 내부통행량을 산정하고 있으며 일반적으로 전체통행량 대비 내부통행량비율은 약 60%를 적용하고 있다. 이로 인해 고속국도 및 국도 등 대형사업 뿐만 아니라, 특히 최근 증가하고 있는 지방부 국도, 국지도 및 지방도 등 소형사업의 교통수요 추정 결과의 신뢰성이 쟁점이 되고 있다. 따라서 이들 사업의 교통수요 추정 결과의 신뢰성 제고를 위해서라도 장기적으로 현재 제공하고 있는 시군구 수준(Coarse)에서 보다 세분화한 중간수준(Medium) 이상의 존 체계 구축이 또한 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 앞서 지적한 바와 같이 중요한 오차요인 가운데 하나인 존 체계 구축에 따른 교통수요 추정 결과의 영향을 국가교통DB 전국 지역 간 자료를 이용하여 실증적으로 살펴보기로 한다. 이를 통하여 현재 배포되는 Network 수준 및 해당사업(고속도로, 국도,

국지도 및 지방도 / 차로수)에 따른 적정 존 체계 수준, 내부 통행비율 수준 등에 대한 결과를 고찰해 보기로 한다. 더불어, 존 체계 수준에 따라 교통수요 추정 결과의 정확도가 도로위계별로 어떻게 달라지는지를 검토함으로써 신뢰성 높은 교통수요를 추정하기 위한 적정 존체계 수준에 대해 검토해 보기로 한다. 마지막으로, 국가교통DB의 전국 지역 간 자료의 적정한 존 체계 수준을 제시해 보기로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, 2장에서는 본 연구와 관련된 이론적 고찰 및 선행연구 고찰이 이루어진다. 3장에서는 본 연구에서 설정한 존 체계 구축에 대한 방법론과 적용 과정을 소개한다. 4장에서는 본 연구에서 활용한 자료에 대한 소개와 존 체계별 기초 분석을 통하여 해당 존 체계별 기종점통행량의 특성을 살펴보기로 한다. 5장에서는 다양한 MOE를 통하여 해당 존 체계별 교통수요 추정 결과의 특성을 분석·검증해보기로 한다. 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

II. 이론적 고찰 및 선행연구의 고찰

1. 이론적 고찰

1) 존과 Network의 조화성

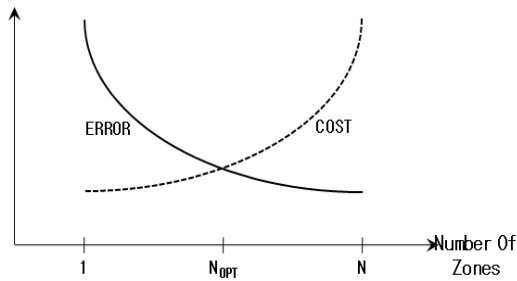
존과 Network의 조화성은 <표 1>에서 살펴보는 바와 같이 존의 규모(크기와 밀도)와 가로망의 정밀도의 일치정도를 의미하며 다음과 같은 (1)과 (2)의 경우에 교통수요가 각각 과소, 과대 추정될 수 있다.

<그림 1>에서 보는 바와 같이 존의 개수가 증가하면 할수록 오차요인은 점차 완화되어지나, 존의 개수가 증가할수록 이를 위한 조사 및 분석을 위한 비용은 점차 증가하는 경향을 보인다. 이에 Baass(1981)는 적정 존 체계 수준을 강조한바 있다.

<표 1> 존과 Network의 조화

존의 개수	가로망	세밀함	개략적임
많음 (1개 존은 소규모인 소 존 체계)		OK	(2)
적음 (1개 존은 대규모인 대/중 존 체계)		(1)	OK

자료 : Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods By Yosep Sheffi 제1장



〈그림 1〉 적정 존 수준과 비용과의 관계

자료 : KARSTEN G. Baass(1981) T.R.R 807

2) 존 설정의 원칙

Martinez, L.M(2007) 연구에서 제시한 존 설정의 원칙은 다음과 같다.

- Homogeneity(균질성) : 다양한 목적통행을 제외하여야 하며, 존 내 통행밀도는 동질적이어야 함.
- Contiguity, convex(연속성) : Centroid 위치 설정, OD 추정에 용이
- Compactness(밀집성)가 있어야 함.
- 독립적인 공간 없도록 함.(섬, 도넛 모양제외)
- Uniqueness, Completeness(독특성, 완결성) : 분석과정에서 중복, 제외되지 않도록 함.
- 행정구역과 동일(센서스 자료 이용)해야 함.
- 철로, 강 등 지리적으로 구분하여야 함.
- 주요 간선도로는 존의 경계가 되지 않도록 조정해야 함.
- 존의 크기가 너무 크지 않도록(Centroid에 모든 활동이 집중되어 있다는 가정에서 발생하는 오차 증가)하여야 함.
- 내부통행을 최소화하여야 함.

2. 선행연구의 고찰

1) 국내 선행연구

본 연구와 관련된 국내 연구는 최근에 활발히 이루어지고 있다. 한국개발연구원(2004)의 연구에서는 토이 네트워크상에서 O/D와 네트워크의 상세성에 대한 실험을 하였다. 존을 세분화할 때 네트워크를 추가하지 않을 시, 존과 네트워크의 조화가 이루어지지 않아 v/c가 높게 나타나고, 이는 편익에도 영향을 주기 때문에 존 세분

화 시 네트워크의 추가 부분을 강조하였다. 임용택(2008)의 연구에서는 존의 수와 Network간의 균형문제를 Sioux-Falls network를 대상으로 존과 Network의 추가/삭제를 통해 교통수요 추정 결과를 분석하였다. 네트워크 상세화에 대하여는 존수의 증감이 크게 반응하지 않는 것으로 나타났으나, 네트워크의 집계 시에는 O/D 존 수를 감소시켜야 한다는 결과를 제시하였다. 또한, 실제 Network에 적용을 향후 연구과제로 제안하였다. 전제호(2009)의 연구에서는 서울시의 존과 Network를 대상으로 존과 Network의 집계 초점을 두어 분석을 실시하였다. 그 결과, 대규모 사업의 분석 시 교통존 및 Network 분석에 집계에 의한 효율성이 더 높음을 강조하였다.

2) 해외 선행연구

본 연구와 관련된 해외 연구는 여러 연구자에 의해서 다양한 연구가 이루어진 상태이다. Bobby(1983) 및 Chang(2002)의 연구에서는 존 수준과 Network수준에 따라 결과가 어떻게 상이한지에 대해서 구체적으로 논의가 이루어졌다. 그 결과, Network의 정밀도 수준이 교통수요 추정 결과에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다. Crevo(1991)의 연구에서는 사회경제적 변화를 반영한 존 세분화의 필요성을 고려하여 현재의 자료를 기반으로 과거의 존 체계를 재구축시 교통수요 추정에 미치는 영향을 살펴보았다. 그 결과, 228개 존 중에서 특정 존을 상세화 시켰기 때문에 그 효과가 미미한 것으로 나타났다. 미국연방도로청(1997)에서는 존과 Network의 조화성은 교통수요 추정 시 우선적으로 검토되어야 할 사항이라고 강조하였다. 또한, 해외선행연구에서는 존 체계 구축 시 적정 내부통행비율을 제시하고 있는데, Baass (1981), Crevo (1991), FHWA (1992)에서는 이상적으로 15%를 제시하고 있으며, FHWA(1997)에서는 5%를 제시하고 있다. 최근 유럽연합에서는 유럽연합의 지역단위 통계자료 단위를 통일하기 위해서 NUTS(The Momenclature of Territorial Units for Statistics)라는 지역구분 체계를 사용하고 있다. 행정정계와 인구단위에 따라 존 수준을 달리하여 유럽연합내에서 도로, 철도 및 항공 정책 결정시 존 수준을 달리 하여 분석을 하고 있으며, 존 수준에 관한 연구는 계속 진행 중에 있다.

3. 시사점

국내연구에서는 내부통행비율에 대한 구체적인 논의와 지역 간 교통수요 추정과 관련된 존 체계 구축에 관한 실증적 분석이 부족하였다. 더불어, 효과 척도로 교통량 검증이 이루어지지 않아 교통수요에 대한 평가가 미흡하였다.

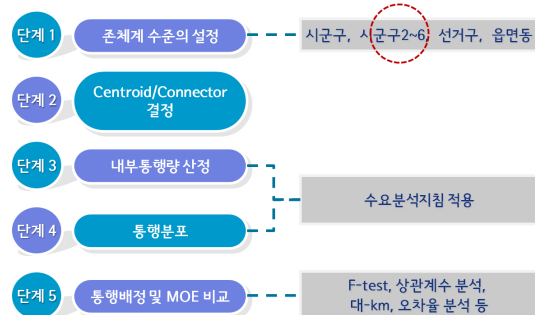
많은 해외연구에서는 적정 내부통행비율을 이상적으로 제시하고 있으나 도로위계별, 도로용량별 효과가 어떻게 나타나는지에 대한 구체적인 논의가 이루어지지 않았다. 더불어, 존의 상세화에 따라 교통수요 추정 결과의 신뢰성이 도로위계별, 도로용량별로 어느 정도 높아지는지에 대한 구체적인 검토가 이루어지지 않았다. 또한 존 세분화시 어떠한 방법론을 적용하여야 하는가에 대한 논의도 구체적으로 이루어지지 않았다.

국내의 선행연구를 종합해 볼 때, 국내 지역 간 교통수요 추정 시에 도로위계별, 도로용량별로 적정 내부통행비율 및 적정수준의 존 체계에 대한 연구가 필요한 실정이다.

III. 분석 방법론 설정

본 연구에서는 인구수 등의 사회경제변수를 고려한 적정 Centroid의 위치와 Connector 연결지점 및 개수 등 존 체계 구축을 위해 <그림 2>와 같은 단계적 방법론을 적용하여 분석을 수행하였다.

단계 1) 우선 존 체계 수준을 설정하였다. 분석가의 주관을 최소화하고 사회경제변수와 원단위의 적용성을



<그림 2> 존 체계에 따른 교통수요 추정 방법

고려하여 현재 국가교통DB에서 제공하는 시군구 존 체계, 선거관리 위원회의 법정 선거구 존 체계, 행정안전부의 읍면동 존 체계를 수용하였다. 추가적으로 중간단계의 존 체계인 선거구 존 체계 및 지역별 생활권 자료를 바탕으로 개별 시군구를 2-6개 존으로 세분화한 존 체계 수준을 추가 설정하였다.

단계 2) 세분화한 존 체계에 따라 Centroid의 위치와 Connector 연결지점 및 개수 또한 교통수요 추정에 미치는 영향이 클 것이다. 그러므로 Centroid의 위치와 Connector 연결지점 및 개수 또한 주관적인 판단에 의해서가 아닌 일정한 방법론을 통하여 결정하는 것이 중요하다. 따라서 Centroid의 위치와 Connector 연결지점 및 개수는 시나리오별로 동일한 방법을 적용하여 GIS프로그램 및 교통수요 분석 프로그램을 통하여 연결하도록 하였다. Centroid는 면적 중심점에 위치하도록 하며, Connector 개수는 Centroid 중심점에서 반경 5km이내에 2개씩 연결하도록 하였다.

단계 3) 국가교통DB에서 전국 지역 간 기종점통행량의 경우 광역권 내부 및 인근 존을 제외하고 나머지 존은 여객 수단의 내부통행량을 포함하고 있지 않다. 따라서 내부통행량을 포함하지 않은 존의 경우 읍·면·동 단위로 존이 구성되어 있는 5개 광역권의 O/D¹⁾를 이용하여 총발생량 대비 내부통행량 비율을 산출한 후 이를 적용하여 내부통행량을 산정하였다.

단계 4) 세분화한 존 내·외부 간의 통행분포는 여객 및 화물의 통행분포는 인구비례배분을 통해 수행하였다.

단계 5) 존 수준에 따라 통행배정을 실시한 후 존 체계 시나리오별 교통수요 추정 결과가 상이한지를 통계적 분석(F-test)을 통하여 살펴보았다. 통행배정은 EMME/2를 이용하였으며, Wardrop의 제1원칙에 따른 결정론적(deterministic) 통행배정기법을 활용한 이용자 균형(user equilibrium) 통행배정에 따라 Frank-Wolf algorithm에 의하여 계산된다. 또한, 관측교통량과 배정교통량 오차를 분석, 상관계수 분석 등을 통해 적정 존 체계 수준을 검토하였다.

IV. 분석자료

본 연구에서는 2008년 8월 배포한 국가교통DB 전국 지역 간 O/D 및 Network(2006년 기준)를 기초 자료

1) 『2007년 국가교통DB사업: 광역권 여객 기종점통행량 전수화』(KOTI, 2008)를 활용하였다.



〈그림 3〉 분석대상 지역

로 사용하였다. 또한, 교통량 검증을 위한 현황 교통량 자료는 건설기술연구원에서 제공하는 도로교통량 통계연보를 사용하였다.

본 연구의 분석 기준년도는 2006년이고, 분석 대상의 공간적 범위는 충청권(대전광역시, 충청남도, 충청북도)로 정하였다. 따라서 전국 지역 간 O/D 및 Network를 가지고 Counting Station 처리 및 Sub-area O/D 추출을 하였다. 이는 Emme/2 프로그램을 이용하여 수행하였으며, Counting Station 처리후 sub-net 구축 내역은 〈그림 3〉과 같다.

본 연구의 기본 존 체계(Z1 : KTDB 시군구 기반)는 충청권 34개(대전광역시 5개, 충청북도 13개, 충청남도 16개) 및 Counting Station을 통해 구축한 외부존 72개 등 총 106개 존 체계로 구성되어 있다. 기본 존 체계(Z1)에서 세분화한 존 체계는 충청남북도내의 29개 시군구(대전광역시 제외)만을 세분화 대상으로 하여 다음과 같은 방법으로 구축하였다. 개별 시군구를 2-6개 존으로 세분화한 존 체계(Z2-Z6)는 기본 존 체계를 대상으로 클러스터 분석 및 지역분할기법을 이용하여 구축하였다. 선거구 존 체계(Z7)와 읍면동 존 체계(Z8)는 각각 선거관리위원회의 법정 선거구와 행정안전부의 행정구역 분류 자료의 읍면동 자료를 적용하여 구축하였다(〈표 2〉 참조).

따라서 본 연구에서 구축한 존 체계는 시나리오별로 Z1은 106개, Z2는 135개, Z3은 163개, Z4는 191개, Z5는 218개, Z6는 245개, Z7은 182개, Z8은 441개

〈표 2〉 분석 시나리오 설정

구분	존 체계	비고
Z1(시군구)	KTDB 시군구 기반	-
Z2(시군구×2)	개별 시군구를 2개로 분할	인근지역 인구수를 기반으로 함
Z3(시군구×3)	개별 시군구를 3개로 분할	
Z4(시군구×4)	개별 시군구를 4개로 분할	
Z5(시군구×5)	개별 시군구를 5개로 분할	
Z6(시군구×6)	개별 시군구를 6개로 분할	
Z7(선거구)	개별 시군구를 선거구 존 체계로 분할	
Z8(읍면동)	개별 시군구를 읍면동 존 체계로 분할	행정안전부의 행정구역 분류 자료

〈표 3〉 분석대상 존 체계

존 체계	충청남도	충청북도	대전광역시	외부 존	전체 존
Z1(시군구)	16	13	5	72	106
Z2(시군구×2)	32	26	5	72	135
Z3(시군구×3)	48	38	5	72	163
Z4(시군구×4)	64	50	5	72	191
Z5(시군구×5)	79	62	5	72	218
Z6(시군구×6)	94	74	5	72	245
Z7(선거구)	60	45	5	72	182
Z8(읍면동)	211	153	5	72	441

〈표 4〉 존 체계별 내부 및 외부 통행비율

존 체계	충청남도		충청북도		충청남북도	
	충남 내부	충남 외부	충북 내부	충북 외부	충남북 내부	충남북 외부
Z1(시군구)	50.9%	49.1%	46.6%	53.4%	48.8%	51.2%
Z2(시군구×2)	26.8%	73.2%	25.0%	75.0%	25.9%	74.1%
Z3(시군구×3)	20.3%	79.7%	16.9%	83.1%	18.6%	81.4%
Z4(시군구×4)	15.2%	84.8%	13.2%	86.8%	14.2%	85.8%
Z5(시군구×5)	13.2%	86.8%	11.2%	88.8%	12.2%	87.8%
Z6(시군구×6)	11.4%	88.6%	9.7%	90.3%	10.6%	89.4%
Z7(선거구)	14.2%	85.8%	12.8%	87.2%	13.5%	86.5%
Z8(읍면동)	6.4%	93.6%	6.3%	93.7%	6.3%	93.7%

로 이루어졌다. 그리고 실제 분할이 이루어진 충청남북도의 존의 수는 Z1은 29개, Z2는 58개, Z3은 86개, Z4는 114개, Z5는 141개, Z6는 168개, Z7은 105개, Z8은 364개이다(〈표 3〉 참조).

존 체계 시나리오별 충남북 내부 통행비율을 살펴보면 Z1은 48.8%, Z2는 25.9%, Z3은 18.6%, Z4는 14.2%, Z5는 12.2%, Z6는 10.6%, Z7은 13.5%, Z8은 6.3%로 분석되었다. Baass (1981), Crevo (1991), FHWA (1992)의 연구에서는 이상적으로 15%를 제시하고 있는 내부통행비율은 선거구 존 체계와, FHWA(1997)에서 제시하는 5%는 읍면동 존 체계와 유사한 것으로 분석되었다.

〈표 5〉 분석대상 네트워크 체계

도로위계	연장(km)
고속도로	1,525
국도	4,953
국지도&지방도	6,252
시군도	3,657
전체	16,386
도로용량(차로수)	연장(km)
편도 1차로	11,198
편도 2차로	4,245
편도 3차로 이상	943
전체	16,386

분석을 위해 사용되어진 교통 분석용 네트워크의 현황은 〈표 5〉와 같다. 도로위계별로 살펴보면 시 국지도 및 지방도의 연장이 가장 높았으며, 국도, 시군도, 고속도로의 순으로 나타났다. 또한 차로수별로 살펴본 결과, 편도 1차로 도로가 가장 높고, 편도2차로, 편도 3차로 이상 순이었다.

V. 분석 결과

존 체계 구축이 교통수요 추정에 어떤 영향을 미치는지를 살펴보기 위해 F-test와 상관계수 분석, 평균통행거리 및 통행시간분석, 오차율 분석, 총 주행거리 분석 등을 수행하였다.²⁾

1. F-test

존 체계 시나리오별 교통수요 추정 결과의 차이를 검증하기 위해 두 집단 간 차이를 검증하기 위하여 주로 사용되어지는 F-test를 실시하였다. 본 연구에서는 유의

〈표 6〉 전체도로 F-test 분석 결과

전체	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
Z1(시군구)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Z2(시군구×2)			0.370	0.461	0.516	0.475	0.450	0.188
Z3(시군구×3)				0.873	0.805	0.855	0.888	0.675
Z4(시군구×4)					0.931	0.982	0.985	0.562
Z5(시군구×5)						0.948	0.916	0.505
Z6(시군구×6)							0.967	0.547
Z7(선거구)								0.575
Z8(읍면동)								

수준은 0.05로 설정하여 존 체계별 및 도로위계/ 도로용량별로, 분석대상 공간적 범위내의 전체 링크를 대상으로 교통량을 비교하는 F-test를 수행하였다. 전체 도로 대상으로 분석을 수행한 결과, Z1-Z8간을 제외한 모든 존 체계 간 통계적으로 유의하지 않은 결과를 보였다(〈표 6〉 참조).

1) 도로 기능을 고려한 위계별 분석

고속도로 통행배정량 분석 결과, 전체 도로를 대상으로 분석한 결과와 유사한 결과를 나타내었으며, 이는 Z1-Z8간을 제외한 모든 존 체계 간 통계적으로 유의하지 않은 결과를 보였다. 즉, 존 세분화에 대한 효과는 없는 것으로 나타났다. 국도, 국지도 및 지방도, 시군도의 경우 Z1(시군구)과 대부분의 존 체계 간 통계적으로 유의하게 나왔다. 따라서 국도, 국지도 및 지방도, 시군도 사업인 경우 존 세분화의 효과가 확실하게 나타난다는 것을 의미한다(〈표 7〉, 〈표 8〉, 〈표 9〉, 〈표 10〉 참조).

그러나 통계적으로 살펴보았을 때, 국도, 국지도 및 지방도, 시군도 분석 결과, 선거구 존 체계와 읍면동체계는 통계적으로 유의하지 않아, 존 세분화의 효과가 미미한 것으로 나타났다.

〈표 7〉 고속도로 F-test 분석 결과

고속도로	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
Z1(시군구)		0.117	0.112	0.065	0.080	0.065	0.069	0.019
Z2(시군구×2)			0.982	0.783	0.854	0.781	0.802	0.434
Z3(시군구×3)				0.801	0.872	0.799	0.819	0.448
Z4(시군구×4)					0.927	0.998	0.981	0.612
Z5(시군구×5)						0.925	0.946	0.549
Z6(시군구×6)							0.979	0.614
Z7(선거구)								0.595
Z8(읍면동)								

〈표 8〉 국도 F-test 분석 결과

국도	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
Z1(시군구)		0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Z2(시군구×2)			0.000	0.013	0.033	0.001	0.002	0.000
Z3(시군구×3)				0.099	0.045	0.345	0.295	0.766
Z4(시군구×4)					0.722	0.481	0.547	0.177
Z5(시군구×5)						0.289	0.338	0.088
Z6(시군구×6)							0.918	0.518
Z7(선거구)								0.454
Z8(읍면동)								

2) 본 연구에서는 포함하지 못하였으나 스크린 라인 또는 코든 라인 검토가 추가로 이루어질 경우 분석 결과의 적정성을 보다 명확히 확인할 수 있을 것이라 판단된다.

〈표 9〉 국지도 및 지방도 F-test 분석 결과

국지도 및 지방도	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
Z1(시군구)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
Z2(시군구×2)			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Z3(시군구×3)				0.149	0.501	0.006	0.090	0.000
Z4(시군구×4)					0.441	0.194	0.804	0.033
Z5(시군구×5)						0.038	0.308	0.004
Z6(시군구×6)							0.293	0.406
Z7(선거구)								0.060
Z8(읍면동)								

〈표 10〉 시군도 F-test 분석 결과

시군도	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
Z1(시군구)		0.839	0.943	0.297	0.036	0.005	0.038	0.000
Z2(시군구×2)			0.895	0.212	0.021	0.003	0.023	0.000
Z3(시군구×3)				0.265	0.030	0.004	0.032	0.000
Z4(시군구×4)					0.292	0.077	0.303	0.003
Z5(시군구×5)						0.473	0.982	0.055
Z6(시군구×6)							0.459	0.230
Z7(선거구)								0.052
Z8(읍면동)								

2) 도로 용량을 고려한 차로수별 분석

도로용량을 고려하여 차로수에 따른 분석결과, 편도 1차로 도로의 경우 Z1(시군구)과 대부분의 존 체계 간 통계적으로 유의미하게 분석되어, 존 세분화의 효과가 나타나는 것으로 판단되며, 편도 3차로 이상 도로의 경우 대부분의 존 체계간 통계적으로 유의하지 않은 결과를 나타냈다(〈표 11〉, 〈표 12〉, 〈표 13〉 참조).

〈표 11〉 편도 1차로 F-test 분석 결과

편도 1차로	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
Z1(시군구)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Z2(시군구×2)			0.105	0.096	0.191	0.017	0.078	0.000
Z3(시군구×3)				0.966	0.754	0.449	0.888	0.000
Z4(시군구×4)					0.722	0.475	0.921	0.000
Z5(시군구×5)						0.285	0.649	0.000
Z6(시군구×6)							0.539	0.000
Z7(선거구)								0.000
Z8(읍면동)								

〈표 12〉 편도 2차로 F-test 분석 결과

편도 2차로	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
Z1(시군구)		0.000	0.002	0.001	0.000	0.002	0.003	0.015
Z2(시군구×2)			0.219	0.242	0.512	0.206	0.174	0.054
Z3(시군구×3)				0.953	0.566	0.971	0.896	0.487
Z4(시군구×4)					0.607	0.923	0.849	0.451
Z5(시군구×5)						0.541	0.481	0.204
Z6(시군구×6)							0.925	0.510
Z7(선거구)								0.573
Z8(읍면동)								

〈표 13〉 편도 3차로 이상 F-test 분석 결과

편도 3차로	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
Z1(시군구)		0.281	0.038	0.072	0.094	0.055	0.069	0.146
Z2(시군구×2)			0.316	0.470	0.552	0.400	0.460	0.706
Z3(시군구×3)				0.780	0.684	0.873	0.791	0.532
Z4(시군구×4)					0.899	0.905	0.988	0.730
Z5(시군구×5)						0.805	0.886	0.827
Z6(시군구×6)							0.917	0.642
Z7(선거구)								0.718
Z8(읍면동)								

2. 상관계수 분석

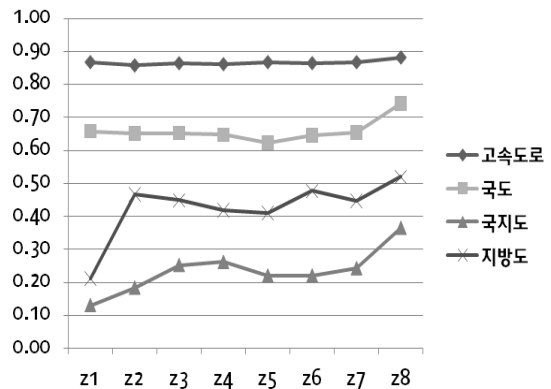
1) 도로 기능을 고려한 위계별 분석

상관계수 분석 결과, 고속도로의 경우 존 세분화에 따른 효과가 미미하게 분석되었으나, 국도, 국지도, 지방도의 경우 존 세분화의 효과가 확연하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 국도, 국지도, 지방도의 경우에는 내부통행비율이 15%이하 수준일 때 즉, 존을 세분화할수록 교통수요 추정의 정확도가 점차 증가하는 것을 알 수 있다.

존 개수에 따른 도로 위계별 상관계수 분석 결과는 〈그림 4〉, 〈표 14〉와 같다. 선거구 존 체계(Z7)는 Z3과 Z4사이의 존 개수를 가진다.

〈표 14〉 상관계수 분석 결과(도로위계)

도로위계	지점수	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
고속도로	130	0.87	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.87	0.88
국도	620	0.66	0.65	0.65	0.65	0.62	0.65	0.65	0.74
국지도	124	0.13	0.18	0.25	0.26	0.22	0.22	0.24	0.37
지방도	466	0.21	0.47	0.45	0.42	0.41	0.48	0.45	0.52
전체	1340	0.87	0.86	0.87	0.87	0.86	0.87	0.87	0.90



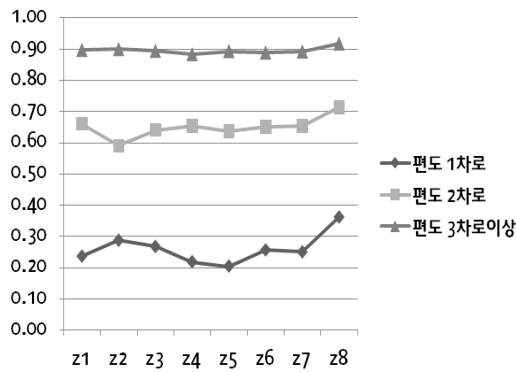
〈그림 4〉 존 체계에 따른 도로위계별 상관계수 분석 결과

2) 도로 용량을 고려한 차로수별 분석

도로 위계와 동일하게 도로용량을 고려하여 차로수별 분석을 수행한 결과, 준이 세분화 될수록 편도 1차로 도로의 정확성이 급격히 높아지는 것을 확인할 수 있다.

〈표 15〉 상관계수 분석 결과(도로용량)

도로위계	지점수	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
편도 1차로	849	0.24	0.29	0.27	0.22	0.20	0.26	0.25	0.36
편도 2차로	446	0.66	0.59	0.64	0.65	0.64	0.65	0.65	0.71
편도 3차로 이상	45	0.90	0.90	0.89	0.88	0.89	0.89	0.89	0.92
전체	1340	0.87	0.86	0.87	0.87	0.86	0.87	0.87	0.90



〈그림 5〉 준 체계에 따른 도로용량별 상관계수 분석 결과

3. 오차율 분석

1) 도로 기능을 고려한 위계별 분석

오차율 분석 결과, F-test 결과 및 상관계수 분석 결과와 유사함을 확인할 수 있다. 고속도로를 제외한 국도, 국지도 및 지방도에서 준을 세분화할수록 오차율이 향상되는 것을 알 수 있다. 또한, 준을 세분화 할수록 도로위계별로 살펴보았을 시 통행배정량이 0인 지점수도 점차 감소하는 현상을 살펴 볼 수 있었다.

〈표 16〉 오차율 분석 결과 ±30% 이내 지점수

도로위계	지점수	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
고속도로	130	84	82	79	79	82	79	79	82
국도	620	255	234	213	216	206	209	213	243
국지도	124	28	37	36	36	35	39	36	43
지방도	466	63	89	82	87	101	108	86	113
전체	1340	430	442	410	418	424	435	414	481

〈표 17〉 오차율 분석 결과 ±15% 이내 지점수

도로위계	지점수	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
고속도로	130	42	45	46	51	50	49	51	45
국도	620	143	115	108	108	101	107	111	145
국지도	124	18	21	12	15	14	14	16	24
지방도	466	31	47	46	50	60	51	44	60
전체	1340	234	228	212	224	225	221	222	274

〈표 18〉 통행배정량이 0인 지점수

도로위계	지점수	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
고속도로	130	0	0	0	0	0	0	0	0
국도	620	41	11	7	8	4	4	8	4
국지도	124	22	13	11	9	8	9	9	4
지방도	466	175	137	119	112	89	85	112	50
전체	1340	238	161	137	129	101	98	129	58

2) 도로 용량을 고려한 차로수별 분석

차로수별 오차율 분석결과 도 위계별 분석결과와 유사하게 나타났다. 편도 1차로 도로의 오차율이 준을 세분화할수록 향상되는 것으로 분석되었다.

〈표 19〉 오차율 분석 결과 ±30% 이내 지점수

도로용량	지점수	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
편도 1차로	849	199	197	168	176	187	206	186	230
편도 2차로	446	198	208	206	209	202	193	192	216
편도 3차로 이상	45	33	37	36	33	35	36	36	35
전체	1340	234	228	212	224	225	221	222	274

〈표 20〉 오차율 분석 결과 ±15% 이내 지점수

도로용량	지점수	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
편도 1차로	849	102	97	80	91	90	92	86	129
편도 2차로	446	109	107	111	113	111	109	112	122
편도 3차로 이상	45	23	24	21	20	24	20	24	23
전체	1340	234	228	212	224	225	221	222	274

〈표 21〉 통행배정량이 0인 지점수

도로용량	지점수	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
편도 1차로	849	215	153	132	120	96	94	120	58
편도 2차로	446	23	8	5	9	5	4	9	0
편도 3차로 이상	45	0	0	0	0	0	0	0	0
전체	1340	234	228	212	224	225	221	222	274

4. 대-km 분석

1) 도로 기능을 고려한 위계별 분석

존 체계, 도로위계에 따른 대-km의 변화추이는 다음과 같다. 존을 세분화할수록 위계가 낮은 시군도, 국지도 및 지방도에 통행이 배정되면서 해당도로의 대-km가 크게 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 존세분화에 따른 intra-zonal trip이 inter-zonal trip으로 된 통행이 증가함에 따라 네트워크 링크에 노선배정 교통량이 증가함에 따라 대-Km가 증가하고, intra-zonal tip과 같은 단거리 통행이 분석에 반영이 되면서 평균적 통행거리가 짧아지는 것으로 분석되었다.

〈표 22〉 도로 연장 및 대-Km분석

도로위계	(Pcu-1,000km)			
	z1	z2	z3	z4
고속도로	26,769	29,454	29,430	29,907
국도	32,328	39,251	40,693	41,188
국지도 및 지방도	6,563	8,205	8,086	8,033
시군도	7,218	7,908	8,072	8,471
전체	72,877	84,817	86,281	87,599
도로위계	(Pcu-1,000km)			
	z5	z6	z7	z8
고속도로	29,935	29,688	29,757	29,576
국도	41,401	41,305	41,018	42,063
국지도 및 지방도	8,125	8,226	8,055	8,018
시군도	8,726	9,048	8,921	10,189
전체	88,187	88,266	87,750	89,846

2) 도로 용량을 고려한 차로수별 분석

위와 유사하게 존을 세분화 할수록 용량이 작은 편도 1차로 도로의 대-km가 크게 증가하였다.

〈표 23〉 도로 연장 및 대-Km분석

도로용량	(Pcu-1,000km)			
	z1	z2	z3	z4
편도 1차로	10,041	12,590	12,856	13,413
편도 2차로	38,222	44,838	45,313	45,830
편도 3차로 이상	24,614	27,389	28,111	28,356
전체	72,877	84,817	86,281	87,599
도로위계	(Pcu-1,000km)			
	z5	z6	z7	z8
편도 1차로	13,872	14,043	13,448	13,420
편도 2차로	46,087	45,543	45,798	46,367
편도 3차로 이상	28,227	28,681	28,504	30,059
전체	88,187	88,266	87,750	89,846

5. 평균 통행거리 및 통행시간

존 체계에 따른 존간 평균통행거리 및 평균통행시간의 변화추이는 다음과 같다. 존 세분화로 인해 존 간 평균 통행거리는 점차 감소하는 경향을 보이며, 평균 통행시간 또한 점차 평균 통행거리와 유사한 경향을 보이고 있다.

〈표 24〉 평균 통행거리 및 평균통행시간

존 체계	존간 평균 통행거리(Km)	존간 평균 통행시간(분)
z1	117.45	98.08
z2	117.99	106.89
z3	115.88	103.48
z4	114.38	102.22
z5	113.25	102.78
z6	110.44	100.12
z7	112.49	101.43
z8	102.67	93.37

6. 링크 통행속도

링크 통행속도는 교통부문 사업의 편익 산정 시 중요한 변수 중에 하나이다. 지나치게 낮은 링크 통행속도가 산출될 경우 교통수요 추정 결과뿐만 아니라 편익 산정 결과를 왜곡할 수 있다. 따라서 적절한 존 체계 수준을 결정함에 있어 이에 대한 검토가 필요하다.

존 체계에 따른 링크 통행속도의 변화추이는 다음과

〈표 25〉 링크 통행속도

링크 통행속도	z1	z2	z3	z4
100km/h 초과	448	393	384	368
80~100km/h	672	633	654	657
60~80km/h	2,834	2,752	2,686	2,634
40~60km/h	3,264	3,331	3,356	3,395
30~40km/h	1,426	1,410	1,401	1,429
20~30km/h	112	171	203	202
10~20km/h	86	118	124	131
10km/h 미만	41	75	75	67
링크 통행속도	z5	z6	z7	z8
100km/h 초과	367	387	368	382
80~100km/h	659	628	640	615
60~80km/h	2,598	2,659	2,670	2,707
40~60km/h	3,425	3,376	3,372	3,341
30~40km/h	1,430	1,423	1,408	1,420
20~30km/h	184	200	205	230
10~20km/h	139	132	145	120
10km/h 미만	81	78	75	68

같다. 존 세분화로 인해 전체 네트워크 용량은 그대로인데 노선배정 되는 교통량이 증가함에 따라 링크에 부하가 더 추가되어 통행속도가 느려지며, 특히 20km/h 미만인 링크가 다소 증가함을 확인할 수 있다. 이는 국가교통DB 전국 지역 간 Network 자료에 일부 시군도까지 반영되어 있으나, 존 세분화에 상응하는 추가적인 Network 상세화가 이루어지지 않았기 때문에 이는 본 연구의 한계 중에 하나로 볼 수 있다.

VI. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 지역 간 교통수요 추정 시 해당사업별로 적합한 존 체계 수준에 대한 실증적 영향을 살펴보았다. 분석 결과, 분석대상 교통시설 성격에 따라 존세분화의 영향이 각기 다른 것으로 분석되었다. 즉, 현재의 시군구 단위 존 수준에서 추가적인 존 세분화를 수행할수록 국도, 국지도 및 지방도 교통수요 추정 결과의 신뢰성이 전반적으로 개선됨을 확인할 수 있었다. 특히, 신뢰성 높은 교통수요 추정 결과를 확보하기 위해서는 되도록 읍면동 단위의 존 수준까지 존 세분화를 수행할 필요가 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 도로위계에 따라 일정 수준의 존 체계 이상에서는 추가적인 존 세분화의 효과가 미미하다는 것을 확인할 수 있었다.

존 체계 구축에 따른 교통수요 추정에 관한 연구가 미흡한 상황에서 본 연구는 이에 대한 기초 연구라는 점에서 의의가 있다고 할 수 있다. 그러나 한편으로는 기초 연구라는 측면에서 연구 결과에 대한 견해적 차이가 존재할 수도 있으므로 다음과 같은 연구의 한계와 향후 과제를 제시하고자 한다.

본 연구는 존 체계 구축에 따른 교통수요 추정의 결과를 지역 간 교통수요 추정에 초점을 맞추어 분석을 실시하였으나, 수도권 존 체계 및 광역권 존 체계에 대한 분석을 향후과제로 제시하고자 한다. 그리고 Network의 상세화에 따라 교통수요 추정 결과가 미미하다는 많은 해외연구가 있으나, 이에 대한 실증적인 국내연구도 필요할 것이다. 더불어, 존 체계에 따라 경제성 분석 결과가 어떻게 달라지는지에 대한 구체적인 검토도 이루어질 필요성이 있고, 적정 Centroid의 위치와 Connector 연결지점 및 개수에 대한 실증적인 연구도 필요할 것이다.

또한, 본 연구의 경우 분석가의 주관을 최소화하고 사회경제변수와 원단위의 적용성을 고려하여 시군구 존 체계, 법정 선거구 존 체계, 읍면동 존 체계를 수용하여 분

석을 수행하였다. 그러나 이와 같은 존 체계는 존 설정의 원칙과는 일부 부합하지 않는 측면이 있다. 따라서 외국 사례와 같이 국내에서도 행정구역단위의 존 체계와 달리 교통 분석존 설정을 방법론 개발이 필요로 할 것이다. 더불어 읍면동이하의 세밀한 존체계에 대한 고려가 없어 통행 배정 상에 현실과 다르게 0이 배정되는 문제점 또한 연구의 한계라 할 수 있다.

마지막으로 본 연구는 존 체계 수준에 따른 교통수요 추정 결과의 영향에 초점을 맞춘 만큼 존 세분화를 위한 내부통행량의 산정 및 통행분포에 있어서 연구의 한계가 있으며, 이에 대한 보다 심도 있는 연구도 향후과제로 제시하고자 한다.

참고문헌

1. 국토해양부(2008), 도로교통량 통계연보.
2. 임용택·강민구·이창훈(2008), “교통수요예측시 O/D존 및 네트워크 집계수준에 따른 영향 분석”, 대한교통학회지, 제26권 제2호, 대한교통학회, pp.147~156.
3. 전제호·고승영·김동규(2009), “공간적 집계수준에 따른 교통수요 예측의 영향 분석 (서울시 네트워크를 중심으로)”, 제60회 학술발표회, 대한교통학회, pp.267~272.
4. 한국개발연구원(2004), 예비타당성조사 수행을 위한 표준지침 수정·보완 연구(제4판).
5. 한국교통연구원(2008), 2007년 국가교통DB사업; 광역권 여객 기종점통행량 전수화, 한국.
6. Barton-Aschman Associates Inc. and Cambridge Systematics Inc.(1997), Model Validation and Reasonableness Checking Manual, Federal Highway Administration.
7. Baass, K. G.(1981), “Design of zonal systems for aggregate transportation planning models.” Transp. Res. Rec. 807, Transportation Research Board, Washington, D.C.
8. Boby, P. H. L., and G. R. M. Jansen.(1983), ‘Network aggregation effects upon equilibrium assignment outcomes: An empirical investigation.’ Transportation Science. Vol.

17, No. 3, pp.240~262.

9. Chang, K. T., Z. Khatib, and Y. M. Ou.(2002), Effects of Zoning Structure and Network Detail on Traffic Demand Modeling. Environment and Planning B-Planning & Design, Vol. 29, No. 1, pp.37~52.

10. Crevo, C. C.(1991), "Impacts of zonal reconfigurations on travel demand forecasts." Transp. Res. Rec. 1305, Transportation Research Board, Washington, D.C.

11. Ding, C.(1994), Impact analysis of spatial data aggregation on transportation forested demand: A GIS approach, Urban and Regional Information Association, pp.362~375.

12. European commission, Euro stat, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>.

13. Horn MET.(1995), Solution techniques for large regional partitioning problems. Geographical Analysis, 27, pp.230~248.

14. L. Miguel Martínez, José Manuel Viegas, Elisabete A. Silva.(2007), "Zoning Decisions in Transport Planning and Their Impact on the Precision of Results." Transp. Res. Rec., pp.58~65.

15. Openshaw, S.(1977), "Optimal zoning systems for spatial interaction models." Envir. and Plng. A, 9, pp.169~184.

✉ 주 작성 자 : 한명주
 ✉ 교 신 저 자 : 성홍모
 ✉ 논문투고일 : 2009. 12. 7
 ✉ 논문심사일 : 2010. 2. 7 (1차)
 2010. 11. 18 (2차)
 2011. 2. 28 (3차)
 ✉ 심사판정일 : 2011. 2. 28
 ✉ 반론접수기한 : 2011. 6. 30
 ✉ 3인 익명 심사필
 ✉ 1인 abstract 교정필