

도시교통의 적정수단 분담율(구조) 예측 연구 (인천광역시를 중심으로)

한종학, 구석모, 박지훈

1. 서론

서울을 비롯한 각 지자체들은 효율적인 교통인프라 구축을 위해 여러 가지 계획을 세우며 노력해 오고 있다. 기존 지자체가 수립하는 중·장기계획은 이용자 중심의 각 수단별(도로, 버스, 철도)로 수립되고 있어 수단별 중복투자 및 특정수단위주의 집중투자 등 수단간 종합적인 고려가 미흡하고, 구체적인 수송네트워크의 공급없이 목표 수단분담율을 정책지표로 설정하고 있다.

교통정책을 수립하는 입장에서는 개개인의 편의보다는 사회적 비용을 최소화하는데 정책적 관심이 요구된다. 특히 도시교통에서 사회적 비용이 최소가 되기 위해서는 수송효율이 승용차보다 상대적으로 높은 대중교통의 분담율이 높아야 할 것이다. 하지만, 대중교통의 분담율을 어느 선까지 높일 것인가와 각 도시마다 특성이 제각각 다른 점을 감안해야 된다는 점에서 이슈가 될 것이다.

이 연구는 도시의 적정수단 분담율(구조)에 대한 기존연구나 문헌고찰을 통해 적정수단 분담율(구조)의 개념 정립과 방법론을 도출하고 인천광역시를 사례로 장래 지역도시차원에서 적정수단 분담율(구조)를 도출하는 것을 목표로 한다.

인천시의 교통여건은 도로와 승용차중심의 수단분담구조로 변화되어 왔으며, 2005년 기준 수단분담율(도보제외)은 승용차(40.5%), 버스(30.6%), 지하철/전철(11.3%), 택시(9.3%), 기타(8.3%)로 보고되고 있다. 계획된

많은 교통투자사업(도로, 버스, 철도 등)이 인천시 수단분담구조에 어떠한 영향을 미치며, 총사회비용(Generalized Social Cost) 측면에서는 개인교통수단과 대중교통수단간 적정수단 분담율(구조)가 무엇인지를 제시하여 인천시 교통정책의 기본방향을 제시하고자 한다.

〈표 1〉 인천관련(시내간 통행, 시내외유출입) 수단통행량 추이 비교

구분	승용차	버스	지하철 (전철)	택시	기타	도보	총 수단 통행	총 목적 통행	수단/ 목적	1인당 수단 통행	1인당 목적 통행
인천지하철건설 타당성조사연구 (1991년)	548	1,424	475	396	836	652	4,331	2,811	1.54	2.21	1.43
	14.9%	38.7%	12.9%	10.8%	22.7%	-					
서울시 교통센서스 (1996년)	1,607	1,531	323	388	337	1,024	5,209	4,874	1.07	2.21	2.06
	38.4%	36.6%	7.7%	9.3%	8.1%	-					
인천교통정비 계획(1997년)	1,404	1,591	460	475	1,143	892	5,965	4,985	1.20	2.48	2.07
	27.7%	31.4%	9.1%	9.4%	22.5%	-					
인천시 통행실태조사 (2002년)	2,109	1,570	612	487	461	1,385	6,624	5,773	1.14	2.57	2.23
	40.3%	30.0%	11.7%	9.3%	8.8%	-					

자료 : 인천광역시, 2002년 인천시 통행실태조사, 2003

II. 기존연구 및 문헌 고찰

1. 기존연구 : 국가수송분담구조의 적정성 평가모형에 관한 연구¹⁾

기존 연구로는 국토연구원의 '국가수송분담구조의 적정성 평가모형에 관한 연구'가 있었다. 이 연구에는 국내수송에 관하여 전국 단위의 지역간 통행을 분석 범위로 설정하여 통행수단을 도로, 철도부문에 국한하여 여객과 화물의 적정수단 분담율(구조)를 도출하였다.

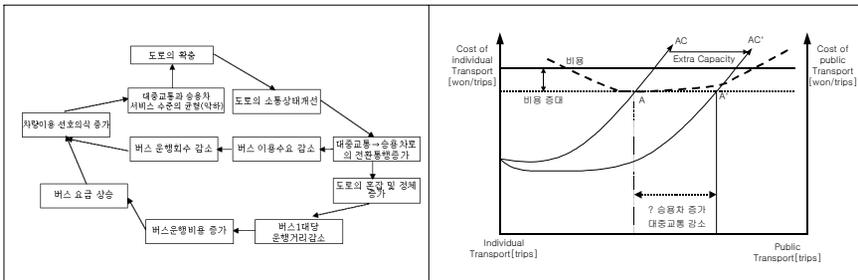
분석대상 SOC 사업으로 2019년을 목표로 추진 중인 국가기간교통망 구축계획과 경부·호남고속전철노선으로 설정하였으며 각 사업시행의 시나리오 설정을 위해 전국을 수도권 북부, 수도권 남부 및 충청권, 영남권, 호남권, 내륙권의 5대 교통권역으로 구분하여 권역별 간선도로 및 철도의 검토

1) 국토연구원, 국가수송분담구조의 적정성 평가모형에 관한 연구 : 네트워크 구조를 중심으로, 2000.

대상사업을 각각 하나의 그룹으로 묶어 총 10개의 프로젝트로 구성하였다. 이 후 시행 예산을 총 프로젝트예산의 80%(오차범위 5%)로 설정하여 총 23개의 시나리오를 구성하였다. 하지만 프로젝트를 설정하는 과정 중 각 권역에 포함된 모든 사업을 하나로 설정함으로써 실제 각 개별사업의 특성에 대해서는 평가가 불가능하다는 문제점이 지적되었다. 또한 각 수단간 연계성, 중복성 등이 평가될 수 없는 한계점을 나타냈다.

2. 문헌의 고찰 : DOWNS-THOMSON PARADOX

승용차의 통행이 많아지면 승용차 평균비용이 증가하고, 이러한 상황에서 도로용량이 확장됨에 따라 수단간의 상호 통행비용이 서로 같아지는 방향으로 사람들의 교통수단이용 행태가 바뀐다는 것이다. 이 이론에 의하면, 대도시권 등에서 나타나고 있는 승용차에서 대중교통으로의 교통수단 전환은 도로교통과 대중교통의 서비스 수준이 동일한 균형을 이룰때까지 계속된다는 것이다.



〈그림 1〉 DOWNS-THOMSON PARADOX

결론적으로 Downs-Thomson의 역설은 기본적으로 승용차와 대중교통 수단간의 통행비용 곡선이 다르고 통행량 변화에 따른 비용의 증감에 승용차 이용자들이 더욱 민감하게 반응하여 결국 대중교통수단의 서비스 수준에서 균형이 이루어진다는 것이다. 이는 곧 수단간 균형을 설명하는 수단별 통행시간이나 속도의 균형의 원인은 통행수요의 수단간 전환을 통해 이루어진다는 것을 시사하고 있다.

Downs-Thomson Paradox 이론은 대중교통과 개인교통수단과의 관계를 설명하는 이론으로서 본 연구에서는 이를 바탕으로 적정 수단분담구조의 개념을 정립하고자한다.

Ⅲ. 적정수단 분담율(구조) 개념 정립 및 분석 방법론

1. 적정수단 분담율(구조)의 개념 정립

국토연구원의 “국가수송분담구조의 적정성 평가모형에 관한 연구”에서는 “주어진 도로, 철도, 항공 등 교통인프라 시설 하에서 직·간접적인 총사회비용(Total Social Costs)을 최소화 시키는 수송분담구조를 적정 수송분담구조”라고 정의 하였다. 이러한 정의는 교통인프라를 사용함으로 발생하는 여러항목을 계량화하여 그 총사회비용이 최소화되는 수송분담구조를 적정수송분담구조라고 정의한 것이라 할 수 있다. 이러한 정의는 각 수단을 이용함에 따라 발생하는 비용항목을 계량화하여 비교할 수 있는 장점이 있는 방법이라고 할 수 있다. 하지만, 계량화 할 수 없는 항목인 편리함, 서비스 항목에 대해서는 분석을 할 수 없는 단점이 있다.

이 연구에서 또한 총사회비용을 이용하여 수단분담구조를 논의하지만 비계량화 항목인 편리한 서비스 항목은 반영하기에는 아직 이에 대한 연구가 기초 단계에 머물러있어 분석 항목으로 설정하지 않고, 지역도시차원에서 총사회비용을 최소화시키는 승용차, 철도, 버스의 수단분담구조를 적정 수단분담구조라 정의하였다.

2. 적정 수단분담구조 분석 방법론

분석의 기본개념은 기존 교통사업에 대한 정책결정이 주로 개별사업의 타당성을 중심으로 이용자 측면의 경제적 효율성만을 기반으로 이루어져 왔으나 국가 또는 지역도시차원에서 부담해야할 사회적 비용을 최소화하는 수송 네트워크 구조와 대중교통부문의 적정수단 분담율(구조)를 제안하는 것이다.

인천시의 장래 적정수단 분담율(구조)를 구하기 위해서는 우선 장래 개

발 계획을 바탕으로 장래 적정 네트워크 구조가 무엇인가를 알아보기 위한 모형이 필요하다. 이러한 모형 구축을 위하여 인천시와 관련된 장래 개발계획을 검토하였는데, 현재 인천시의 SOC에 투입되는 예산 개념을 도입하여 장래네트워크변화에 대한 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있도록 하였으며 각 수단별 네트워크의 적정성이 평가될 수 있도록 총사회적 비용을 이용하여 각 네트워크간의 중복성 평가를 통한 장래 대중교통부문이 가질 수 있는 적정수단 분담율(구조)를 구하였다.

적정수단 분담율(구조) 개발 모형은 크게 4개의 모듈로 구성되어 있으며, 다음은 각 모듈별로 구체적인 수행과정을 나타낸 것이다.

1) 모듈 1 : 분석대상 개발계획 설정

인천시와 관련된 장래 개발계획을 토지개발계획과 네트워크부문으로 분류하여 토지개발계획은 현재 개발예정인 계획에 반영하여 토지이용변화와 각 존별 수요변화를 반영하였다. 네트워크 부문에 있어서는 도로·철도·버스 각 부문별 계획을 분류하여 예산범위 또한 정책결정과정을 검토하여 본 분석에서 분석범위로 적절치 못한 사업이나 다른 사업과의 연계성 측면이 떨어지는 사업에 대해서는 분석대상에서 제외하여 각 부문별 분석대안을 설정하는 과정이다.

2) 모듈 2 : 수단별 시나리오 구성 및 분석

수단별로 분석하게 될 개발계획의 시나리오 구성 및 분석을 수행하는 단계이다. 시나리오 구성을 위하여 예산제약조건을 고려하여 각 수단별로 시나리오를 구성하고 이를 상용 프로그램인 EMME/2를 활용하여 사회적 비용을 계산함으로써 각 수단별 최적 시나리오를 도출하는 단계이다.

3) 모듈 3 : 수단간 시나리오 구성 및 분석

수단간 시나리오 구성 및 분석 단계이다. 모듈2에서 분석한 각 부문별 최적 시나리오를 다시 수단간 통합(재조합)하여 분석을 수행하는 단계이다. 이러한 수단간 단계에서 중복성 평가를 수행하여 중복 사업의 분석 및 제거

를 수행한다. 이 모듈에서 또한 상용 프로그램인 EMME/2를 활용하여 분석을 수행한다.

4) 모듈 4 : 최적 수단분담구조 도출

모듈3을 통해 도출된 결과를 토대로 목표에 가장 부합하는 시나리오를 선정하여 이를 적정네트워크 구조라고 판단하고 그 구조에서의 수단분담구조를 도출한다.



〈그림 2〉 적정 수단분담구조 분석모형

Ⅳ. 인천광역시 수단별 관련계획 검토 및 시나리오 설정

1. 관련계획 반영

장래 수단분담율의 변화는 각 수단별 개발계획의 시행여부에 의해 크게 변화하게 된다. 본 연구에서는 인천시의 장래교통계획을 도로부문, 철도부문, 버스부문(BRT: 간선급행버스체계)으로 구분하여 검토를 수행하였다. 이는 각 부문별 사업비 및 사업의 성격이 상이하므로 관련계획의 검토 단계에서부터 구분하여 반영될 수 있도록 하였다.

현재 인천시에서 수립한 장래 교통관련 계획 중 최신 자료를 기준으로 관련계획의 반영여부를 판단하였으며, 계획 중 인천시 수단분담율 변화에 영향을 미치는 개발계획을 중심으로 검토를 하였다. 최종적으로 검토한 관련 계획은 다음과 같다.

- 도로부문 : 「인천시 교통정비 중기계획」
- 철도부문 : 「도시철도계획」, 「광역철도계획」
- 버스부문 : 「인천시 버스교통체계 개편사업 실행계획」

현재 본 연구는 Network와 O/D를 사용하여 사업의 시행 유·무에 따른 전체의 총사회적비용 분석을 통하여 적정한 인천시 장래 네트워크 구조 및 수단분담율(구조)를 도출하고자 함이 목적이므로 본 연구에서 분석대상으로 적합하지 않은 사업(예, 버스부문의 공영차고지 건설, 도로부문의 교차로 개선 등)을 제외하였다.

앞에서 살펴본 관련계획을 중심으로 분석대안을 정리하면 다음과 같다.

구분		사업명	사업 배치도
도로 사업	광역 간선	① 동서축고속도로	
		② 남북보조축 고속도로	
	간선	③ 용일사거리~용현사거리	
		④ 검단~효성동	
		⑤ 제2외곽순환도로~국지도98호선	
		⑥ 남항~옹암사거리	
철도 사업	① 인천지하철 3호선		
	② 도시철도 송도지선		
	③ 제2공항철도		
	④ 1호선 연장		
버스 사업	① 인주로		
	② 미추홀길		
	③ 장제로		
	④ 호구포길		
	⑤ 경인고속도로		
	⑥ 길주로		
	⑦ 경인로		
	⑧ 봉수대길~아암로		

〈그림 3〉 부문별 분석대안

2. 수단별 시나리오 구성 및 분석

1) 시나리오의 구성

앞에서 선정한 각 부문별 대안을 근간으로 하여 각 부문별 총예산의 80%(오차범위 10%) 예산제약 상황이 발생한 경우를 가정하여 시나리오를 설정하였다. 철도사업의 경우 한 개 사업만 빠지더라도 범위 내에 들지 않는 경우가 발생할 수 있으므로 이러한 경우 1개 사업을 뺀 3개 사업만을 시행한다는 가정 하에 시나리오를 설정하였다.

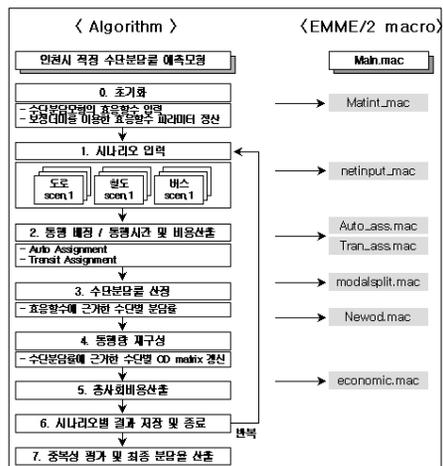
위의 조건들을 반영하여 도로부문 12개, 철도부문 4개, 버스부문 23개로 총 39개 시나리오를 설정하였다.

〈표 2〉 시나리오의 구성

구분	도로	철도	버스
분석대안	6개	4개	8개
시나리오	12개	4개	23개
비고	예산제약조건 반영 : 총예산의 70% ~ 80%		

2) 시나리오 분석모형 구축

각 시나리오에 대해서 개별적으로 분석하여 결과를 산출하기에는 그 과정이 복잡하고 분석 도중에 오류가 발생할 수 있으므로 분석을 위한 모형을 구축하였다. 분석 모형은 교통수요 프로그램인 EMME/2의 매크로 기능을 활용하였으며 시나리오별로 분석결과를 저장하여 최종적으로 결과를 분석한다.



〈그림 4〉 분석 모형

3) 총사회적 비용 설정

총사회적비용의 적용은 사용자, 비사용자, 운영자로 구분하여 적용여부를 검토하였다. 이들 세부항목들 중 계량화 가능한 것을 위주로 분석을 수행하였다.

이러한 사회적 비용의 계량화 가능여부를 검토하여 본 연구에서 적용한 항목은 다음(표 3)과 같다.

〈표 3〉 총 사회적 비용

구분			적용여부	구분		적용여부	
사 용 자	차량 운행 비용	변동	유류비	○	비 사용자	교통사고비용	○
			엔진오일비	○		대기오염비용	○
			타이어비	○		소음피해비용	○
		고정 비	유지 관리비	○		주차편익	×
			임금	×		공사로 인한 혼잡의 (-)편익	×
			보험료	×		공사비(SOC 비용)	○
	감가상각비			○	운영자	유지관리비용	×
	통행시간비용			○			

주 : 공사비(SOC 비용)은 예산제약을 통하여 반영함.

4) 수단별 최적 시나리오 도출

분석모형을 사용하여 각 시나리오별 총 사회적 비용을 도출하였다. 도출된 사회적 비용을 바탕으로 순위를 정하였으며, 최종적으로 각 수단별 상위 2개 시나리오를 수단간 시나리오 분석의 대안으로 사용하여 분석하였다.

3. 수단간 시나리오 구성 및 분석

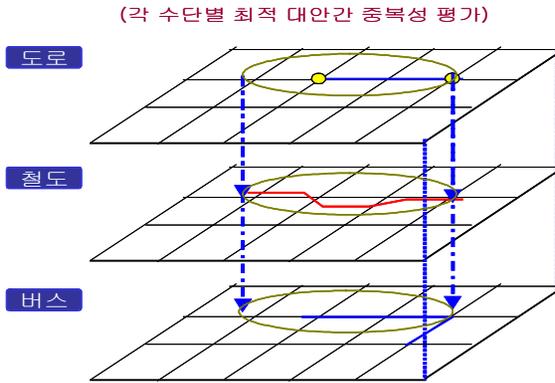
1) 수단간 시나리오 구성

수단별 상위 2개 시나리오를 기준으로 중복성 평가를 통하여 수단간 시나리오를 구성한다.

수단간 시나리오 A	:	도로1위		철도1위		버스1위
수단간 시나리오 B	:	도로1위		철도1위		버스2위
수단간 시나리오 C	:	도로1위		철도2위		버스1위
수단간 시나리오 D	:	도로1위		철도2위		버스2위
수단간 시나리오 E	:	도로2위		철도1위		버스1위
수단간 시나리오 F	:	도로2위		철도1위		버스2위
수단간 시나리오 G	:	도로2위		철도2위		버스1위
수단간 시나리오 H	:	도로2위		철도2위		버스2위

공간 분석을 통한 중복성 평가

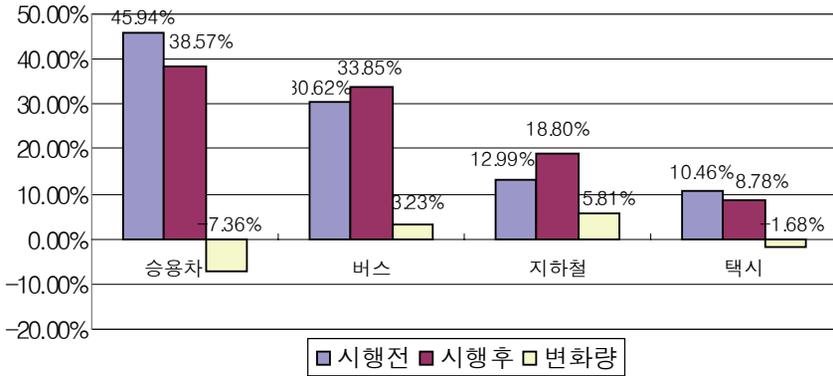
<그림 5> 수단간 시나리오의 구성



<그림 6> 공간분석을 통한 중복성 평가

2) 수단간 시나리오 분석 결과 및 해석

수단간 시나리오 분석을 통하여 최적 시나리오를 선정하였다. 이러한 최적 시나리오를 바탕으로 도출된 수단부담구조를 보면 승용차 38.57%, 버스 33.85%, 지하철 18.8%, 택시 8.78%로 나타났다. 이 부담율을 나타내는 적정수송네트워크 구조를 지역도시교통차원의 정책목표가 될 수 있다. 지금까지 기존 국가 및 지역도시 교통계획에서 간혹 보듯이 구체적인 수송네트워크의 공급없는 목표 수단부담율(구조)의 설정은 무의미할 수 있다.



〈그림 7〉 적정 수단분담 시나리오 시행전과 시행후의 변화량

Ⅵ. 결론

이 연구에서는 적정수단 분담율(구조)의 이론적 고찰을 통해 개념 정립과 인천광역시의 사례를 들어 도시교통의 적정수단 분담율(구조)을 도출하여 보았다.

국가교통정책도 그러하겠지만, 지역교통정책은 무수한 이해관계가 얽혀 있고, 도시,토목,환경,경제 등 시정의 다양한 부문과 직·간접적으로 연관된 행정이다. 지금까지 계획된 많은 교통투자사업(도로,버스,철도 등)이 인천광역시 수단분담구조에 어떠한 영향을 미치며, 총사회비용(Generalized Social Cost)측면에서는 개인교통수단과 대중교통수단간 적정 수단분담구조가 무엇인지를 제시하여 인천광역시 교통정책의 기본방향을 제시해 보았다. 이러한 측면에서 인천광역시는 향후 5~10년은 교통체계측면에서 매우 중요한 시기이며, 증가하는 통행인구와 높아진 경제수준에 따라 교통시설과 교통서비스를 어떻게 가져할 것인지에 대해서 가장 최적의 교통체계가 무엇인지에 대한 최적조합을 결정해야하는 시기이다. 넘쳐나는 교통수요를 도로 위주의 교통정책으로 개인교통수단을 이용하는 수요자의 수준을 어느 수준까지 받아들일 것인지, 대중교통을 철도(지하철)위주로 가져가야할 것인지, 버스위주로 가져가야할 것인지에 대해서 정책방향을 결정해야 한다. 물론, 결과로 도출된 적정수단 분담율(구조)은 사회비용측면에서 계량화가 가능한 항목만을 고려하여 분석한 결과이며, 과연 이 결과가 정말 인천시의 사회적 비용을 최소화하는 적정수단 분담율(구조)인지는 고민이 필요할 것이

며 분명 분석의 한계가 있으리라 판단된다.

하지만, 교통 인프라가 어느 정도 갖추어진 현 시점에서 인천시를 비롯한 타 도시들도 각 수단별로 계획도 중요하지만 이들 계획이 통합 되어질 때 어떠한 조합이 이상적이며 최대한의 중복투자를 막기 위한 노력을 해야 될 때라고 판단되어 진다.

참고문헌

1. 국가교통DB센터(2006), “국가교통DB동향정보”, 2006년 제1호(통권 제3호).
2. 국가교통DB센터(2006), “국가교통DB동향정보”, 2006년 제2호(통권 제4호).
3. 김종형(2005), “인천시 교통수요 예측”, 인천발전연구원.
4. 서울시정개발연구원(1996), “서울시교통센서스”.
5. 서울시(2000), “서울시 교통정비 중기계획”.
6. 서울시정개발연구원(2002), “서울과 세계대도시 도시여건과 기반시설 비교”.
7. 이상건·임영태·김병중·김원규(2000), “국가수송분담구조의 적정성 평가모형에 관한 연구”, 국토연구원.
8. 인천광역시(2002), “2002년 인천시 통행실태조사”.
9. 인천광역시(2006), “인천통계연보”.
10. 인천광역시(2006), “인천광역시 교통정비중기계획”.
11. 한국개발연구원(2004), “도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침연구(제4판)”.
12. 한국교통연구원(1992), “인천지하철건설 타당성연구”.
13. 한종학·권혁민(2006), “인천광역시 대중교통 적정수송분담구조 전망”, 인천발전연구원.



한종학



구석모



박지훈