

# 항만배후 운송시스템에 관한 연구

## — 경인지역 배후수송망을 중심으로 —

주재훈, 장영태  
김성귀, 김창곤\*

### 〈目 次〉

- I. 서론
- II. 도로계획 및 용량분석
  - 1. 도로계획
  - 2. 도로용량분석
- III. 교통수요의 추정
  - 1. 교통수요 예측모형
  - 2. 교통수요의 추정
  - 3. 총교통량에 의한 평균통행속도
- IV. 교통량의 배분
  - 1. 교통 배분 모형
  - 2. 도로별 교통량 분담율 전망
- V. 도로별 V/C비 및 평균통행속도
- VI. 결론 및 토의

## I. 서 론

본 논문에서는 2000년대 인천항만 물동량의 증가와 인천남항의 개발로 인한 화물차량 및 버스, 승용차 등의 교통수요를 예측하고, 계획된 인천배후 수송망의 도로용량을 산출하여 미래의 교통시스템의 체증상태를 V/C 분석에 의하여 예측하고자 한다. 본 연구의 궁극적인 목적은 V/C 분석에 의하여 미래의 인천시와 경인지역의 교통시스템에 관한 문제점과 개선방안을 제시하는데 있다.

본 연구에서는 분석의 대상기간을 단기(1996년), 중기(2001년), 장기(2011년)로

\* 부산대학교 경영학과 강사 • 경영학/한국해양연구소 선임연구원 • 경영학/한국해양연구소 선임연구원 • 경영학/한국해양연구소 연구원 • 산업공학.

설정하여 각 기간별 교통수요를 교통수단별로 예측하여 OD분석을 기초로 계획도로별로 교통량/용량(V/C) 분석에 의하여 도로계획별 체증상태를 분석하였다. 이러한 분석의 과정은 그림 1과 같다.

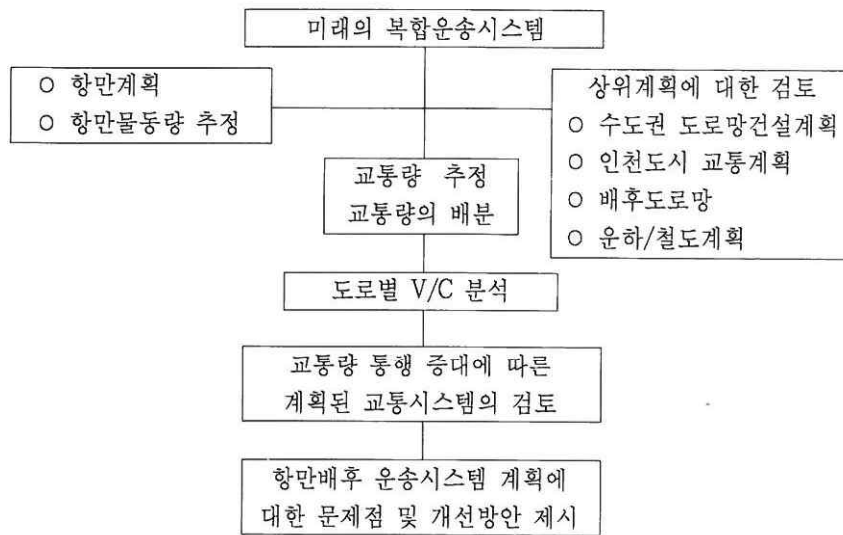


그림 1. 분석 과정

## II. 도로계획 및 용량분석

### 1. 도로계획

인천항을 중심으로 인천항 배후 수도권의 교통망중에서 92년 현재 공사중이거나 계획된 도로의 확장 및 건설현황은 표 1과 같다. 인천항을 중심으로 제1, 제2 경인 고속도로, 서해안 고속도로 등이 연결되고 6번, 42번, 39번 국도가 연결되며 영종도 신공항과 관련하여 신공항로가 계획되어 있으며 한강-김포를 잇는 경인운하의 타당성 검토가 활발히 진행되고 있다. 이러한 도로들은 최근 5년간의 화물급증에 따라 신설·확장이 진행되어 2000년 이전에 대부분 마무리될 것으로 보인다. 본 연구에서는 이러한 교통망에 대하여 현황을 살펴보고 향후 예상교통량과 비교분석하여 향후 인천항 배후 교통망의 문제점과 개선방안을 제시하려고 한다.

표 1. 장기 도로계획안

도 로 명	차 선	완공(예정)	구 간
경인고속도로	4차선	90년	인천-서울
국도6호선	2차선→4차선 확장	93년	인천-서울
국도42호선	4차선	90년	인천-수원
국도39호선	2차선→4차선 확장	92년	인천-의정부
제2경인고속도로	6차선 계획	93년	인천-서울
서해안 고속도로	4차선 계획	97년	인천-목포
서울외곽순환도로	미 정	(인천-안산 93년) 96년	가양-금정
신 공항로	10차선 계획	96년	영종도-서울

## 2. 도로용량분석

도로용량이란 주어진 시간동안 주어진 도로, 교통의 통제조건 및 상대하에서 도로 또는 지점을 차량 또는 보행자가 통행하리라 기대되는 단위시간당 최대량을 의미하며 대부분 용량분석에서 사용되는 단위시간은 15분이다. 여기서 교통류의 운행상태를 설명하는 질적인 정도는 서비스 수준에 의해 결정된다.

일반적으로 도로의 용량산정과정은 미국의 HCM에서 제시하는 절차를 기준으로 시간당 서비스 교통량을 산정하고 이를 년평균 일교통량(AADT)에 해당하는 일교통량으로 환산하게 된다.

시간당 용량을 기준으로 하여 본 연구에서의 일교통용량의 산출식은 다음과 같다.

$$\text{일교통용량} = C \times f_w \times f_E \times f_d / K$$

여기서, C : 시간당 기본용량

$f_w$  : 차선평 보정계수, 고속도로의 경우 : 1.0

국도의 경우 : 0.85

$f_E$  : 교차로방해 보정계수(0.9)

$f_d$  : 방향별 보정계수, 2차선도로의 경우(0.88)

K : 설계시간계수(1일 교통지속시간 18시간의 경우,  
국도 : 0.1, 고속도로 : 0.08)

표 2. 도로시설별 시간당 서비스 교통량(양방향)

(단위 : pcph)

구 분	고속도로			국 도					
				지 방 부			도 시 부		
차 선 수	2차선	4차선	6차선	2차선	4차선	6차선	2차선	4차선	6차선
기 본 용 량	3,200	8,800	13,200	3,200	8,800	13,200	3,200	8,800	13,200
차 선 폭 보 정	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
교차로방해보정	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60
방 향 별 보 정	0.88	1.00	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2,000	8,800	13,200	2,150	6,700	10,100	1,450	4,500	6,700
증 차 량	평 지	0.74	0.77	0.77	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
	구 룡 지	0.40	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
보 정 산 지		0.25	0.30	0.30	0.30	0.33	0.30	0.33	0.33
차량단위	평 지	2,100	8,800	10,150	1,550	4,000	7,200	1,000	3,200
시 간 당	구 룡 지	1,150	3,950	5,950	800	3,050	4,550	550	2,000
용 량 사 지		700	2,650	3,050	550	2,000	2,000	450	1,000

주 : 50대 단위에서 수치 조정.

자료 : 김영환, 심대영, “교통계획을 위한 도로용량—지역간 도로를 중심으로”, 교통정보, 1991. 6.

1996년 이후 계획도로가 예정대로 완공되는 경우 내륙수송도로의 일교통용량은 1990년 현재 332,226(pcu/일)에서 835,542(pcu/일)으로 503,316(pcu/일)가 증가할 것으로 기대된다.

본 연구에서 도로용량산출에서 고려한 요인외에도 다음과 같은 요인으로 인하여 도로용량은 달라질 수 있다.

① 터널부의 도로용량

긴 터널구간의 교통용량은 터널바깥보다 1시간 교통량이 0.83—0.85배 차이가 난

표 3. 1996년이후 내륙수송도로의 용량

(단위 : pcu/일)

① 경인고속도로	(4차선)	99,000
② 6번 국도	4차선	67,320
③ 46번 국도	6차선	100,980
④ 42번 국도	4차선	67,320
⑤ 제2경인고속도로	6차선	148,500
⑥ 신공항고속도로	10차선	220,000(183,500)
⑦ 서해안고속도로	4차선	99,000
⑧ 305 지방도	6차선	100,980
⑨ 307 지방도	2차선	21,542
계		835,542pcu/일

주 : 도로용량산출시 증차량 혼입율은 고려되지 않았다. 대신 V/C비의 산출시 일교통량은 pcu단위로 환산시 증차량 보정계수를 고려한다.

다. 또한 터널 입구부의 종단구배는 교통용량에 큰 영향을 준다. 터널 내의 밝기, 노면 및 벽면의 조명도와도 관계가 있다.

② 도로의 서크부, 커브구간, 합류부분, 끼어들기 구간이 도로의 병목지점이 된다.

③ 공사등에 의한 차선규제시의 도로용량 도로보수 및 확장공사 등으로 인하여, 차선규제의 운용방법, 교통유도방법에 의하여 교통용량값은 낮아진다.

④ 첨두시간의 도로용량

미국 HCM에 의하면 도시부의 첨두시간대에는 교통용량이 0.8-0.98로 낮아진다.

⑤ 병목구간, 교통신호운영에 따른 교통용량

도로용량은 병목구간개선이나 교통신호 운영 등의 단기 목표사업에서는 상황에 따라 단위시간의 용량이 변화한다.

⑥ 기타 날씨에 따른 교통용량

미국의 경험적 연구에 의하면 날씨가 좋지못한 경우 도로용량은 0-15% 감소한다. 따라서 V. Der Vlist와 B. Van Arem은 환경적 조건, 시간의 변화에 따라 계속적으로 도로용량을 추정하는 On-line 절차를 제시한 바 있다.

### Ⅲ. 교통수요의 추정

#### 1. 교통수요 예측모형

일반적으로 교통수요를 분석하는 접근방법은 크게 두가지로 대별되는데 그 하나는 도시 및 지역의 기본전략에 따라 통행인 수를 추정하는 방법(Persontrip Generation)과 또 다른 하나는 도로망을 중심으로 운행되는 혹은 운행될 차량수를 추정하는 방법(Vehicle Generation)이 있다.

##### 가. 통행발생모형

통행발생모형 정립과정은 모형구조면에서 크게 여객통행과 화물통행으로 구분하여 통행목적별로 정립한다. 그리고 통행분류는 통행단모형(Trip-end Modelling)에 의하여 통행분석(Regression Attraction)으로 구분된다.

여기서 모형정립을 위한 분석방법으로는 유사집단분석(Category Analysis)방법과 회귀분석(Regression Analysis)방법의 두가지가 널리 활용되고 있다.

유사집단분석방법에 의한 통행모형은 대개 편의상 가구의 경제, 사회적 특성을 중심으로 추정하거나, 분석대상지역의 토지이용 특성을 중심으로 추정한다. 그리고 유사집단별 각 단위 특성치에 대한 기존교통발생정도를 산출하고 장래 특성치를 곱하여 장래 교통량 발생을 추정한다. 그러나 이 방법의 큰 단점의 하나로는 상호관계 특성치가 증가함에 따라 일정한 정확도를 추정하기 위한 자료의 수가 기하급수적으로 증가하게 되며, 또한 신뢰도를 평가할 통계적 지수가 만족스럽지 못하다는 것이다.

회귀분석법은 실측되는 자료와 기존의 자료에서 얻어지는 사람통행량 O/D를 이용하여 존별로 추정된 인구, 건물표상면적, 학생수, 고용자수, 차량보유대수 등 주요 설명변수로 장래 통행발생량을 예측한다.

##### 나. 통행분석모형

통행수요를 추정하는 과정중 가장 중요한 부분은 장래 통행분포(Trip Distribution)를 정확하게 예측하는 것이다. 통행분포예측 단계에서 다루어지는 주요과제는

연구 대상지역의 각 교통구역에서 발생(유출)되는 통행량과 타지역의 교통지역에 도착(유입)되는 주어진 통행량의 관계를 맺어주는 것으로 지금까지 개발된 예측을 위한 기법으로 크게 기존의 통행형태를 연장하여 외삽법에 의해 추정하는 유사기법(Analogue Method)과 통행집단의 통행결정과정 및 습성을 고려하여 추정하는 종합적 분배기법(Synthetic Distribution Method)으로 대별된다.

## 2. 교통수요의 추정

앞에서 제시한 교통수요예측모형을 적용하기 위해서 교통수요에 영향을 주는 설명변수를 설정하고, 각 설명변수에 대한 역사적 자료, 그리고 향후 설명변수에 대한 추정치가 필요하다. 따라서 이러한 자료의 부족으로 인하여 본 연구에서는 다음의 두 방법으로 교통수요를 추정하였다.

교통수요 추정방법 1 : 인천시 자동차(승용차, 버스) 보유대수의 변화에 따라 교통수요를 추정한다.

교통수요 추정방법 2 : 교통수단을 승용차, 버스, 화물차로 분류하여 각 교통수단의 연도별 교통량 평균증가율을 구하여 미래의 국민소득과 차량별 보유대수를 추정하여, 향후 교통수단별 교통량의 평균증가율을 예측하여 교통수단별 교통량을 추정한다.

### 가. 자동차 교통량 추정

#### 1) 방법 1 : 자동차 보유대수의 변화에 따른 교통량의 변화

표 4. 자동차 보유대수 전망

(단위 : 대)

연도	승용차	버스	년평균 증가율(%)
1991	121,248	22,442	1991-2001(승용차) : 18.73 (버 스) : 11.20
1996	375,024	50,391	
2001	674,745	64,854	
2006	817,280	68,885	2001-2011(승용차) : 2.61 (버 스) : 0.73
2011	873,263	69,770	

자료 : 교통개발연구원, 인천직할시 지하철 건설 타당성 조사사업, 1992.

일반적으로 자동차 대수는 인구, 소득, 운전면허보유자수, 관련 경제지표 등의 변화에 영향을 받게 된다. 교통개발연구원에서는 1981-1990년 동안의 자동차 보유대수의 자료를 이용하여 Logistic곡선으로 2011년까지의 자동차 보유대수를 표 4와 같이 예측하였다.

1984년에서 1990년까지의 자동차 보유대수와 교통량의 역사적 자료를 이용하여 자동차 보유대수를 설명변수로 하여 다음 식에 의하여 자동차 교통량을 추정하였다.

표 5. 회귀계수 및 통계량

승 용 차		버 스	
b : .69458 (29.951 : t통계량)		b : .58257 (8.034 : t통계량)	
a : 3.80533(15.812 : t통계량)		a : 4.95921(7.524 : t통계량)	
R-Square	.99446	R-Square	.92811
Standard Error	.03789	Standard Error	.10574

표 6. 자동차 보유대수에 의한 교통량 전망

(단위 : pcu/일)

년도	승용차	평균증가율	버스	평균증가율	자동차(계)
1996	334,000	19.0(1990-1996)	93,000	10.2(1990-1996)	427,000
2001	502,000	08.5(1996-2001)	105,000	02.5(1996-2001)	607,000
2006	574,000	02.7(2001-2006)	108,000	0.60(2001-2006)	682,000
2011	601,000	0.09(2006-2011)	109,000	0.20(2006-2011)	710,000

## 2) 방법 2 : 평균증가율에 기초한 교통량 전망

표 7. 승용차 버스 교통량 년평균 증가율 전망

	1990-1996	1996-2001	2001-2011
승용차교통량 년평균증가율	0.10	0.05	0.01
버스 교통량 년평균증가율	0.04	0.02	0.01



표 8. 승용차 및 버스 교통량 예측

(단위 : 대/일, 양방향)

통행수단	1990(실제치)	1996	2001	2006	2011
승용차(택시포함)	127,838	226,528	289,049	303,790	319,283
버 스	38,220	47,895	52,876	54,991	57,795
기 타	650	1,000	1,000	1,000	
계	166,708	275,423	342,925	359,781	378,078
pcu/일	180,321	323,318	395,801	414,772	435,873

#### 나. 화물차 교통량 추정

표 9 및 10의 인천항 년도별 입항화물 예측치를 토대로 하여 화물차 교통량을 추정 한 결과는 표 11과 같다.

표 9. 인천항 년도별 입항화물

(단위 : 천R/T)

구분 년도	외 항		연 안		입항 (%)	출항 (%)	계
	입항	출항	입항	출항			
1981	16006	2298	5715	51	90.2	9.8	24070
1982	15265	2359	8143	82	90.6	9.4	25849
1983	17532	2557	9582	122	91.0	9.0	29793
1984	17414	2248	10372	186	91.9	8.1	30220
1985	18952	1889	10749	270	93.2	6.8	31860
1986	21908	1956	12796	278	94.0	6.0	36938
1987	24522	3744	14363	408	90.4	9.6	43037
1988	26956	4254	18558	584	90.4	9.6	50352
1990	30399	3087	26925		90.0	10.0	60411
1996	36780	7684	32560				77024
2001	48343	10319	40067				98729
2006	58233	11450	48569				118252
2011	69301	11867	57951				139119

자료 : 인천남항 조기개발타당성에 관한 연구, 인천상공회의소, 1992, 4.

## 〈화물과 교통량의 추정방법과 과정〉

- 인천항 입항화물 →  $\left[ \begin{array}{l} \text{인천시내공단에 유입} \\ \text{인천시외부로 유출} \end{array} \right.$
- 인천항에서 내륙수송망을 통해 수도권 등으로 유출된 화물은 인천시교  
통과 내륙수송도로에 직접 영향을 미친다.
- 인천시내공단에 유입되는 화물은 일차적으로 인천시내교통에 영향을 미  
치나 직접 시배후도로에는 영향을 미치지 않는다.
- 인천항 물동량의 증대로 인한 인천시 외부로 직접 유출되는 화물에 의  
한 교통량은 인천항 물동량 예측치로부터 산출된다. 그러나 인천시내에  
유입된 화물은 시내 공단에서 재가공되어 인천시외부로 유출되거나 인  
천시에서 소비되므로 2차적인 교통량 증가 현상을 초래한다.
- 인천항 입항화물이 인천공단에 유입되어 재가공후 시배후도로에 유발하  
는 교통량을 추정하기 위하여 인천시내 유입물량 단위당 교통량을 추정  
한다(표 10 참조).

표 10. 공단에 유입된 화물 대 인천시에서 유출된 화물차량 비율

(단위 : pcu/일)

년도	인천시 유출 화물차량 (A)	입항화물 일교통량 (B)	입항화물로 시내 에 유입된 차량 (C=B*0.74)	입항화물로 시외 로 직접 유출된 차량 (D=B*0.26)	인천항 입항화물 의 재가공 혹은 기타 인천시 화 물로 인천시에서 유출된 차량 (E=A-D)	입항화물중 인 천시 공단에 유 입된 화물 단위 당 인천시 총 유출 차량비 (F=E/C)
84	33128	8716	6450	2266	30862	4.785
85	35017	9318	6895	2423	32594	4.727
86	38956	10888	8057	2830	36126	4.484
87	47770	12200	9028	3172	44598	4.940
88	51890	14280	10567	3713	48177	4.559
89	56374	15628	11564	4063	52311	4.524
90	55547	17730	13120	4610	50937	3.882

- 1990년의 경우를 제외하고 인천시 공단유입물량 단위당(PCU) 화물차량 교통량(PCU)에 미치는 가중치는 4.2-4.9로 거의 일정하다. 이들 6년간 가중치의 단순평균은 4.5인데, 이는 인천항의 입항화물이 인천시내에서 유출되는 화물차량(PCU단위)에 4.5배의 영향을 준다는 것을 의미한다.
- 이 수치가 인천시내에서 재가공된 화물의 교통량에 미치는 영향만을 의미하지 않는다는 점에 유의해야 한다. 왜냐하면 인천시내에서 유출되는 화물차량에는 공트럭, 1톤미만의 트럭에서 모든 트럭이 포함되어 있기 때문이다. 따라서 이 수치는 인천항 물동량중 인천시 공단에 유입된 화물량에 의하여 인천시에서 유출되는 교통량과의 상관관계를 가정하고 있다.

표 11. 화물차 교통량 전망

(단위 : pcu/일, 양방향)

년 도	화물차 <sup>1)</sup>	화물차 <sup>2)</sup>
1996	153622	137790
2001	202970	182052
2006	245604	220292
2011	293030	262830

- 1) 화물차 교통량은 시내공단유입량에 환산계수 4.5를 사용하여 양방향 교통량으로 계산된 것임.
- 2) 화물차 교통량은 시내공단유입량에 환산계수 4.0을 사용하여 양방향 교통량으로 계산된 것임.

### 3. 총교통량에 의한 평균통행속도

V/C에 의한 평균통행속도를 구한 BPR(Bureau of Public Road)공식이 널리 사용되어 왔다.

BPR 공식 :

$$S = S_0 / \{1 + 0.15(V/C)^4\}$$

여기서, S = 교통량 V일 때의 통행속도

$S_0$  = 자유류하에서의 통행속도(기준속도)

$V$  = 교통량

$C$  = 용량

교통개발연구원에서는 BPR공식을 수정한 다음의 두 공식을 제의한 바 있다.

$$S = S_0 / \{1 + 0.25(V/C)^{4.1}\}$$

$$S = S_0 / \{1 + 0.91(V/C)^3\}$$

위의 두 공식중에서 첫번째 공식이 우리나라의 상황에 보다 잘 적용될 수 있는 것으로 알려져 있다.

표 12에서는 위 두 공식 각각을 사용하여 향후 인천시 배후도로망에 대한 다음 네가지의 총교통량 예측치로 평균통행속도를 전망하고 있다.

		자동차 교통량 예측	
		평균증가율에 의한 예측	보유대수에 의한 예측
화물차 교통량	환산계수 4.5	1안	3안
	4.0	2안	4안

표 12. 배후도로망의 평균통행속도

(단위 : km/h)

	1996			2001			2006			2011		
	V/C	평균통행속도		V/C	평균통행속도		V/C	평균통행속도		V/C	평균통행속도	
		A	B		A	B		A	B		A	B
1안	0.737	74.65	58.64	0.926	67.66	46.44	1.021	62.88	40.65	1.127	56.81	34.75
2안	0.713	75.29	60.15	0.893	69.13	48.54	0.982	64.93	42.97	1.080	59.57	32.27
3안	0.898	68.91	48.22	1.252	49.13	28.72	1.434	38.17	21.72	1.550	31.90	18.23
4안	0.873	69.98	49.83	1.220	51.12	30.16	1.395	41.01	23.05	1.504	34.30	19.53
평균	0.80	63.3		1.07	48.9		1.21	41.9		1.32	36.5	

A :  $S = S_0 / \{1 + 0.25(V/C)^{4.1}\}$

B :  $S = S_0 / \{1 + 0.91(V/C)^3\}$ , 단,  $S_0 = 80\text{km/h}$

- 인천배후도로(경인고속도로, 국도 6호선, 국도 46호선, 제2경인고속도로, 국도 42호선, 서해안고속도로)의 일일교통지속시간 18시간에 대한 총교통용량(582,120pcu/일)에 의한 V/C이다. 여기서는 신공항로는 고려대상에서 제외하였다.
- 전반적으로 계획된 도로가 확장·완공되는 경우에는 1996년을 전후하여서는 V/C가 1이하로 평균통행속도가 60km/h를 유지할 것으로 전망된다. 그러나 2001년부터 V/C가 1을 초과하여 평균통행속도는 49km/h를 유지하다가 2011년에는 V/C=1.32로 평균통행속도가 36km/h로 떨어질 것으로 전망된다.
- 특히 1990~1996의 기간에 승용차 교통량의 평균증가율이 18%를 초과하는 경우에는 2001년도에 평균통행속도가 40km/h를 유지하다가 2011년도에는 25km/h로 하락할 것으로 전망된다.
- 전철망의 확장 등으로 1990~1996년까지의 승용차 평균 증가율이 10%를 유지하는 경우에는 2011년까지 평균통행속도가 46km/h를 유지할 것으로 전망된다.

## IV. 교통량의 배분

### 1. 교통 배분 모형

통행배분 모형은 기종점별 수단별 통행량을 실제 도로망에 부하시켜 대안별·구간별 통과량을 추정하는 모형으로 많이 사용되는데, 이들 기법으로는 최소비용경로에 전량을 배분하는 All-or-Nothing 배분기법과 확률론적 입장에 기초한 확률배분기법(Stochastic Assignment), 다중경로배분법(Multi-Path Assignment) 및 균형배분기법(Equilibrium Assignment) 등이 있다. 이들 기법 가운데 균형배분기법이 가장 정교한 것으로 알려져 있다. 균형배분기법은 그 이론적 배경을 크게 시스템 전체의 통행비용이 최소가 되도록 도로망 통행량을 추정하는 체계평균이론(System optimal)과 최소비용원리와 통행비용원리를 기초로 하여 경제학에서의 균형이론에 입각하여 발전된 사용자 최적이론(User optimal)으로 대별된다. 또 다른 교통량배분

모델로는 경유수송모델(Transshipment Model)을 들 수 있다.

인천시에서 유출되는 교통량을 공로수송네트워크의 각 도로에 배분하는 경유수송모델을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{Min } f(x) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_j X_{ij} = S_i, i=1, \dots, m \dots\dots\dots (2)$$

$$\sum_i X_{ik} - \sum_i X_{ki} = 0, k=1, \dots, I \dots\dots\dots (3)$$

$$\sum_i X_{ij} = D_j, j=1, \dots, n \dots\dots\dots (4)$$

$$X_{ij} \geq 0, \text{ for all } i, j$$

단,  $m$ : 공급마디의 수

$n$ : 수요마디의 수

$k$ : 중간마디의 수

$S_i$ : 마디  $i$ 의 공급량

$D_j$ : 마디  $j$ 의 수요량

$X_{ij}$ : 마디  $i$ 와 마디  $j$ 를 잇는 가지(구간)의 교통량

(식 1)의 목적함수는 마디(node)를 잇는 가지(arc)의 교통량의 함수로 주어지는 비용이거나 통행시간을 의미한다.

수송네트워크의 각 구간에서의 용량은 초과하지 않는 범위내에서 교통량은 배분하고자 하는 경우 (식 1)의 목적함수는 다음과 같이 설정된다.

$$f(X) = \sum_i \sum_j C_{ij} \cdot X_{ij}$$

단,  $C_{ij}$ : 마디  $i$ 와  $j$ 를 잇는 구간의 단위당 비용, 이 비용의 추정은 거리와 통행료에 의하여 가능하다.

이 선형모델에서 교통량이 도로용량을 초과하는 경우에는 수송네트워크에 가상의 가지(Dummy arc)를 부과하여 용량을 초과하는 교통량을 배분할 수 있다.

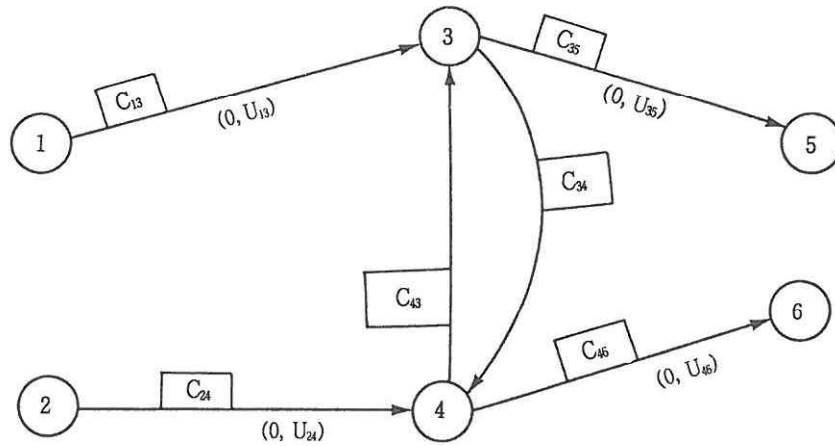


그림 2. 경유수송모델의 예

그림 2의 경유수송문제에서 도로용량을 초과하는 교통량을 배분하기 위하여 가상의 가치를 추가할 경우의 모델로 그림 3과 같다.

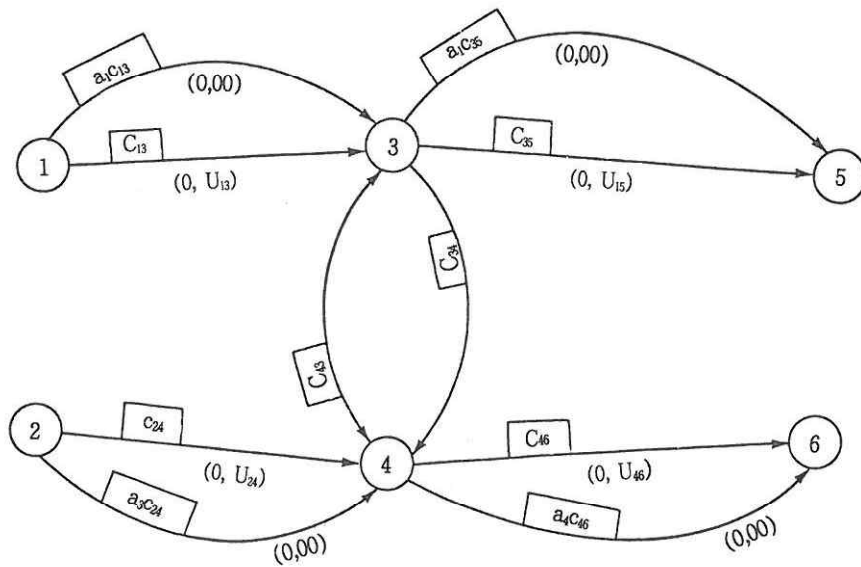
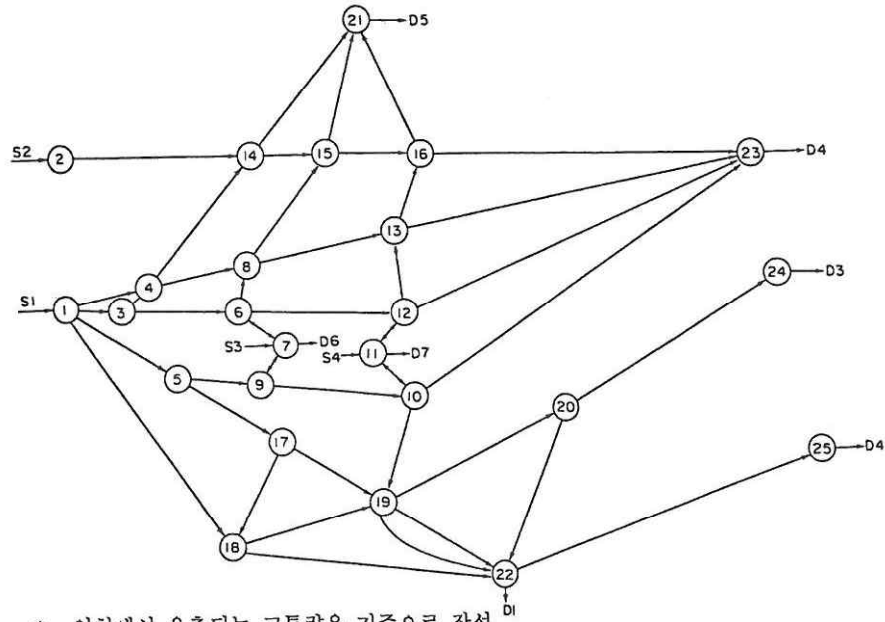


그림 3. Dummy arc을 추가한 경유수송모델

그림 3에서 비용계수  $C_{ij}$ 에 곱해지는 매개변수의 값,  $a_i > 1$ 이고 구간별로 추정 가능하다고 가정한다.



\* 인천에서 유출되는 교통량을 기준으로 작성

그림 4. 경인지역 공로수송네트워크

마디(node)

마디(1) : 인천(공급마디, 공급량  $S_1$ )

마디(2) : 영종도(공급마디, 공급량  $S_2$ )

마디(7) : 부평(공급 및 수요마디, 공급량  $S_3$ , 수요량  $D_6$ )

마디(11) : 부천(공급 및 수요마디, 공급량  $S_4$ , 수요량  $D_7$ )

마디(21) : 경기북부지역(수요마디, 수요량  $D_5$ )

마디(22) : 안산, 수원, 중부, 영·호남(수요마디, 수요량  $D_1$ )

마디(23) : 서울지역(수요마디, 수요량  $D_4$ )

마디(24) : 서울강남, 성남지역(수요마디, 수요량  $D_3$ )

마디(25) : 강원도(수요마디, 수요량  $D_2$ )

기타마디 : 중간마디(IC)

가지(arc)

(1)-(3)-(6)-(12)-(23) : 경인고속도로



- (1)-(4)-(8)-(13)-(23): 국도 6호선  
 (1)-(5)-(9)-(10)-(23): 국도 4호선  
 (2)-(14)-(15)-(16)-(23): 신공항로  
 (1)-(5)-(17)-(19)-(24): 국도 42호선  
 (1)-(5)-(9)-(10)-(19)-(22) : 제2경인고속도로  
 (17)-(18)-(22) : 서해안고속도로  
 (1)-(18)-(19)-(20)-(22) : 제2경인고속도로  
 (3)-(4)-(14)-(21) : 305 지방도  
 (9)-(7)-(6)-(8)-(15)-(21) : 307 지방도  
 (19)-(10)-(11)-(12)-(13)-(16)-(21): 국도 39호선  
 (22)-(25) : 신갈-안산간 고속도로

## 2. 도로별 교통량 분담율 전망

본 연구에서는 자료의 제한으로 1988~1990년 동안의 도로별 교통량 분담율, 도로별 화물차 교통량 분담율, 시외유출입 화물 물동량 예측치 자료, 화물별 OD분석 결과 등을 토대로 도로별 교통량 분담율을 표 13과 같이 추정하였다.

표 13. 도로별 교통량 배분율

	1996	2001	2006	2011
경인고속도로	16.7	17.8	17.9	17.9
국도 6호선	11.9	12.7	12.8	12.8
국도 46호선	17.6	18.8	19.1	19.0
제2경인고속도로	23.8	25.4	25.6	25.6
국도 42호선	11.7	9.9	9.6	9.6
서해안고속도로	18.3	15.5	14.9	14.9

## V. 도로별 V/C비 및 평균통행속도

표 14는 1안(1990~1996년 동안의 승용차 교통량 평균증가율 10%, 인천시내공단에 유입된 입항화물 차량당 유출화물차 환산계수 4.5로 교통량을 예측)과 2안

표 14. 도로별 V/C전망(일일 18시간 : 05 : 00—23 : 00, 1안의 경우)

도로/년도	1996		2001		2006		2011	
경인고속도로	71,512 ( 69,305)	0.722 (0.700)	95,679 ( 92,572)	0.966 (0.935)	106,798 (102,309)	1.079 (1.033)	117,880 (112,561)	1.191 (1.137)
용량	99,000		99,000		99,000		99,000	
국도 6호선	51,080 ( 49,358)	0.759 (0.734)	68,342 ( 66,048)	1.015 (0.981)	76,283 ( 73,159)	1.133 (1.087)	84,200 ( 80,490)	1.251 (1.196)
용량	67,320		67,320		67,320		67,320	
국도 46호선	75,719 ( 73,039)	0.75 (0.723)	101,308 ( 97,772)	1.033 (0.968)	113,079 (109,167)	1.120 (1.081)	124,814 (119,478)	1.236 (1.183)
용량	100,980		100,980		100,980		100,980	
제2경인고속도로	102,161 ( 98,769)	0.688 (0.665)	136,684 (132,097)	0.92 (0.89)	152,150 (146,319)	1.025 (0.985)	168,400 (160,981)	1.134 (1.084)
용량	148,500		148,500		148,500		148,500	
국도 42호선	50,222 ( 49,555)	0.746 (0.721)	53,383 ( 51,487)	0.793 (0.765)	56,789 ( 54,869)	0.844 (0.815)	62,683 ( 60,368)	0.931 (0.897)
용량	67,320		67,320		67,320		67,320	
서해안고속도로	78,552 ( 75,944)	0.793 (0.767)	83,497 ( 80,610)	0.843 (0.814)	88,244 ( 85,162)	0.897 (0.860)	98,041 ( 93,696)	0.99 (0.954)
용량	99,000		99,000		99,000		99,000	
교통량(용량)계	429,246 (414,997)	0.737 (0.713)	538,893 (520,066)	0.926 (0.893)	594,338 (571,557)	1.021 (0.982)	656,012 (628,831)	1.127 (1.080)
용량	582,120		582,120		582,120		582,120	

\* 화물차의 공단유입물동량에 대한 환산계수 4.5를 사용(1안).

\*\* 화물차의 공장유입물동량에 대한 환산계수 4.0을 사용(2안).

(승용차 교통량 평균 증가율 10%, 환산계수 4.0)에 의한 교통량을 도로별로 분담한 경우의 V/C이다.

- 1996년 이후에 완공될 신공항로의 교통량 분담을 고려하지 않을 경우 2006년부터 V/C가 1을 초과할 것이다.
- 특히 인천-서울을 연결하는 도로, 즉 국도 6호선, 국도 46호선과 경인고속도로의 V/C가 높을 것으로 전망된다.

1안의 교통량 예측치에 의한 평균통행속도는 표 15와 같다.

표 15. 도로별 평균통행속도(1안의 경우)

도 로	1996			2001			2006			2011		
	V/C	평균통행속도		V/C	평균통행속도		V/C	평균통행속도		V/C	평균통행속도	
		A	B		A	B		A	B		A	B
경인고속도로	0.722	75.06	59.59	0.966	65.74	43.95	1.079	59.64	37.33	1.191	52.91	31.53
국도 6호선	0.759	74.00	57.23	1.015	63.20	40.99	1.133	56.45	34.44	1.251	49.19	28.76
국도 46호선	0.750	74.29	57.80	1.033	63.85	41.71	1.120	57.24	35.11	1.236	50.13	29.43
제2경인고속도로	0.688	75.90	61.71	0.920	67.94	46.82	1.025	62.66	40.40	1.134	56.39	34.38
국도 42호선	0.746	74.40	58.06	0.793	72.95	55.03	0.844	71.13	41.89	0.931	67.42	46.13
서해안고속도로	0.793	72.95	55.13	0.843	71.17	51.78	0.897	68.96	41.89	0.990	64.52	42.49
계	0.797	74.65	58.64	0.926	67.66	46.44	1.021	62.88	40.65	1.127	56.81	34.75

A :  $S = S_0 / \{1 + 0.25(V/C)^{4.1}\}$

B :  $S = S_0 / \{1 + 0.91(V/C)^3\}$ , 단,  $S_0 = 80\text{km/h}$

- 1안~4안의 교통량예측치의 평균에 의하면, 2001년부터 인천~서울간 도로의 V/C가 1을 초과한다. 2006년부터는 국도 42호선과 서해안고속도로의 V/C도 1을 초과할 것으로 전망된다.

인천배후도로망의 V/C는 2001년부터 1을 초과한다. 특히 인천서울간 도로는 2000년 이전에 V/C가 1을 초과하여 평균통행속도 45km/h수준을 유지할 것으로 전망된다.

국도 42호선과 서해안고속도로의 V/C는 2006년부터 1을 초과하여 통행속도는 각각 52km/h, 49km/h를 유지할 것으로 전망된다.

표 16. 도로별 V/C전망(일일 18시간 : 05 : 00~23 : 00, 1~4안의 평균)

도로/년도	1996		2001		2006		2011	
경인고속도로	77,771	0.786	110,870	1.120	126,081	1.274	137,534	1.389
용량	99,000		99,000		99,000		99,000	
국도 6호선	55,418	0.823	79,104	1.175	90,159	1.339	98,355	1.461
용량	67,320		67,320		67,320		67,320	
국도 46호선	81,962	0.812	117,099	1.159	134,534	1.332	145,995	1.446
용량	100,980		100,980		100,980		100,980	
제2경인고속도로	110,835	0.746	158,208	1.065	180,317	1.214	196,709	1.324
용량	148,500		148,500		148,500		148,500	
국도 42호선	54,486	0.809	61,664	0.916	67,619	1.004	73,766	1.096
용량	67,320		67,320		67,320		67,320	
서해안고속도로	85,222	0.860	96,545	0.975	104,950	1.060	114,491	1.156
용량	99,000		99,000		99,000		99,000	
교통량 총계	465,696	0.800	622,868	1.070	704,365	1.210	768,398	1.320
용량	582,120		582,120		582,120		582,120	

표 17. 도로별 평균통행속도(1~4안의 평균의 경우)

	1996		2001		2006		2011	
	V/C	평균통행속도	V/C	평균통행속도	V/C	평균통행속도	V/C	평균통행속도
경인고속도로	0.78	65	1.12	46	1.27	38	1.39	32
국도 6호선	0.82	62	1.18	43	1.34	34	1.46	29
국도 46호선	0.81	63	1.16	45	1.33	35	1.45	29
제2경인고속도로	0.75	66	1.07	50	1.21	41	1.32	35
국도 42호선	0.81	63	0.92	57	1.01	52	1.10	47
서해안고속도로	0.86	61	0.98	54	1.06	49	1.16	44
계	0.80	63	1.07	49	1.21	42	1.32	36

## VI. 결론 및 토의

인천배후도로망에 대한 장기대책안으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

1. 1996년 이전에 인천~서울간의 배후도로망에 대한 확장계획이 수립되어 2000년 이전에 계획도로가 완공되어야 한다.
2. 인천~중부권(수원, 안산 등을 포함)을 연결하는 도로망에 대하여는 2000년까지 도로확장계획이 수립되어 2006년 이전에 완공되어야 한다.
3. 교통량 증가의 가장 큰 비중을 차지하는 것은 승용차 통행량의 증가에 있다. 따라서 1996년까지 승용차 교통량이 10% 이하로 억제되는 경우에는 2000년대까지는 현 계획된 도로에 의하여 원활한 수송(55km/h)이 가능할 것으로 전망된다.
4. 승용차 통행량을 억제하는 한 방안으로 전철망의 확장과 대중교통 수단인 버스의 이용율을 확대하는 정책을 수립해야 할 것이다.
5. 본 연구에서의 V/C나 평균통행속도는 일일 교통지속시간 18시간의 평균이다. 따라서 첨두시간대의 평균통행속도 V/C는 예측치보다 악화될 것으로 전망해야 한다. 또한 도로시설에 대한 보수공사 등으로 인한 교통흐름의 장애요인을 고려하는 경우 평균치보다 악화될 것으로 전망된다.
6. 본 연구에서는 화물차량에 대한 교통량은 향후 연안해운 및 철도에 의한 입항화물의 부담율을 6~10% 수준으로 전망하고 예측되었다. 따라서 화물차량의 공로분담율을 감소시키기 위해서는 해운수송과 철도수송의 부담을 증가에 대한 방안도 고려해 보아야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 김영찬, 심대영, “교통계획을 위한 도로용량 -지역간 도로를 중심으로-”, 교통정보, 1991. 6, pp.30~37.
2. 교통개발연구원, 도로교통용량편람, 1992.
3. 교통부, 교통통계연보, 1991.
4. 이영혁, 김세영, 우리나라 수출입화물의 수송체증비용 추정, 해운산업연구원, 1991. 12.

5. 이재길, “일본의 장기 교통수요추정모델에 관하여”, 교통정보, 교통개발연구원, 1992. 1, pp.72~83.
6. 이재훈, 백호중, “지역간 화물수송 수요분석방법에 관한 소고”, 교통정보, 교통개발연구원, 1992. 4.
7. 인천상공회의소, 인천항만이 인천지역경제에 미치는 영향, 1991. 9.
8. 인천상공회의소, 인천남항의 조기개발 타당성에 관한 연구, 1992. 6.
9. 인천상공회의소, 인천항 교통량 조사, 1990. 12.
10. 인천지방해운항만청, 인천항 북항개발 기본계획 및 준설토 투척장설시 설계 용역 보고서 제4권 교통영향편, 1990. 11.
11. 인천직할시, 인천도시교통정비 기본계획(안), 1988. 2.
12. 임강원, 도시교통계획 -이론과 모형-, 서울대학교출판부, 1986.
13. 오영태, 장세봉, 심대영, “경인간 교통개선 방안”, 교통정보, 교통개발연구원, 1990. 5.
14. 오영태, “도시부 신호교차로에서의 대형차와 승용차 환산계수에 관한 연구”, 교통연구, 제2권, 제2호, 1991, pp.97~119.
15. 한국도로공사, 고속도로 교통량 조사, 1984~1991.
16. 해운산업연구원, 대량화물유통체제 개선에 관한 연구, 1992. 6.
17. 해운항만청, 부산항 광역개발 기본계획 보고서, 제2권 기본조사편, 1989. 7.
18. 한국도로공사, '90 고속도로 교통량 통계, 1991. 6.
19. 한국자료정보사, '92 6대도시 교통량 통계, 1992.
20. 片倉正言, “일본의 도로교통용량 Manual”, 교통정보, 교통개발연구원, 1992. 4.
21. M. J. M. Van der Vlist, B. Ven Arem, and S. A. Smulders, “An On-line Procedure for Estimating Capacity under Prevailing Roadway and Traffic Conditions”, 6th World Conference on Transport Research, Lyon, 1992. 7.
22. H. Matsui and M. Fujita, “Development of Time-of-Day Traffic Equilibrium Assignment over a Congested Network”, 6th World Conference on Transport Research, Lyon, 1992. 7.