

■ 論 文 ■

고속도로 영업소간 기·종점통행량으로부터 교통존간 기·종점통행량 추정기법 연구

An Approach for Estimating Traffic-Zonal Origin-Destination Matrices(O-D)
from Toll Collection System's Ones

신 언 교

황 부 연

신 승 원

(한국도로공사 도로연구소 책임연구원) (한국도로공사 도로연구소 연구원) (한국도로공사 도로연구소 연구원)

목 차

- I. 서론
- II. 모형구축
 - 1. 모형개요
 - 2. 교통존 설정
 - 3. 영업소별 이용권 설정
 - 4. 교통존 그룹 설정
- III. 모형 적용 및 평가
 - 1. 통행실태 분석
 - 2. 배정교통량 비교 분석
- IV. 결론 및 제언
- 참고문헌

요 약

우리나라 고속도로 총 연장 1,899km 가운데 74개 영업소 구간 1,046km가 폐쇄식 요금체제방식에 의해 매일 영업소간 O-D가 산출되고 있다. 그러나 이러한 O-D는 통행의 기·종점인 교통존간의 O-D가 아니고 영업소간 O-D인 관계로 그 자료의 정확성에도 불구하고 고속도로 교통분석이나 교통수요예측 등에 거의 활용되지 못하고 있는 실정이다. 이런 상황에서 정확한 영업소간 O-D를 이용하여 교통존간 O-D를 추정할 수 있다면 고속도로 교통운영분석을 효율적으로 수행할 수 있을뿐만 아니라 기존의 4단계 교통수요예측에 의해 추정되는 것보다 정확한 고속도로 O-D를 얻을 수 있고 국도 등을 포함한 전국 지역간 O-D추정도 가능할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 영업소간 O-D를 이용하여 교통존간 O-D를 추정하는 모형을 구축하고자 수행되었다. 본 모형에 의해 산정된 교통존간 O-D 배정결과 고속도로 폐쇄식구간 전구간에 걸쳐 실제 교통량과 17.9%의 오차가 발생하는 것으로 분석되어 본 모형을 이용할 경우 기존 방법들보다 더 정확한 고속도로 이용차량에 대한 교통존간 O-D 산정이 가능하리라 생각된다.

1. 서론

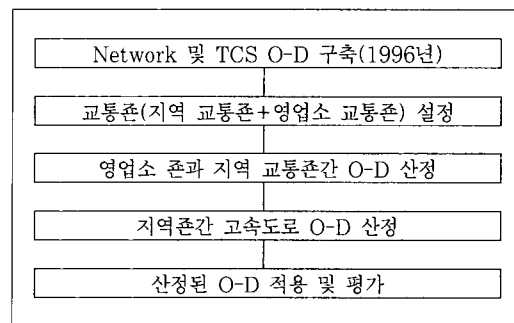
우리나라에서 현재 운영되고 있는 고속도로는 1997년 12월말 현재 20개노선에 총 연장 1,899km 정도에 달하고 있다. 그 중에서 6개노선¹⁾ 1,060km는 74개 영업소로 갖추어진 고속도로망이 구성되어 폐쇄식²⁾으로 운영되고 있으며, 구마선은 폐쇄식구간이 경부선과 연결되지 않은 구간 폐쇄식으로 운영되고 나머지 구간은 개방식³⁾으로 운영되고 있다. 위에서 고속도로망을 형성하고 있는 폐쇄식구간의 경우 매일 영업소(Toll Collecrtion System)간 O-D(TCS O-D)가 산출되고 있으며 그 자료는 매우 정확하다고 할 수 있다. 그러나 이러한 TCS O-D는 통행의 기·종점인 교통존간의 O-D가 아니고 영업소간 O-D인 관계로 그 정확성에도 불구하고 실용성이 떨어지고 있는 실정이다. 대신 전통적인 4단계 교통수요예측방법에 의존하여 O-D를 예측하고 통행실태조사 결과등을 활용하여 O-D를 부분적으로 보정하여 사용하고 있다. 그러나 이러한 예측과정에서는 순차적으로 많은 오차가 누적되어 정확한 O-D를 예측하기 힘들다. 이런 상황에서 정확한 TCS O-D를 보다 적극적으로 활용할 수 있다면 기존의 4단계 교통수요예측에 의해 추정되는 O-D보다 훨씬 더 정확한 고속도로 O-D를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 국도등을 포함한 전국 지역간 O-D추정도 가능할 것으로 사료된다. 즉, 모든 도로를 이용하는 총차량에 대한 O/D는 고속도로를 이용하는 경우와 이용하지 않는 두가지 경우로 나눌 수 있다. 총 O/D에서 '본 연구에서 추정된 고속도로 O/D'를 제외한 양을 가지고 고속도로를 제외한 도로망에서 관측교통량으로 보정하여 이들을 합하면 보다 정확한 총 O/D 추정이 가능하다. 따라서 본 연구는 영업소간 O-D를 토대로 교통존간 O-D를 추정하고 이를 이용하여 장래의 고속도로 이용자들의 O-D를 예측할 수 있는 모형 구축을 목표로 수행되었다. 향후 고속도로의 계속적인 건설로 2004년에는 총연장이 3,500km까지 확장될 전망이고 기

존 개방식구간도 폐쇄식으로 확장 운영될 계획이어서 본 모형의 적용성은 커질 전망이다.

II. 모형 구축

1. 모형개요

TCS O-D는 통행의 기·종점인 교통존간의 O-D가 아니라 영업소간 O-D이다. 따라서 TCS O-D는 기존 고속도로만을 대상으로 수요예측이나 교통분석에는 사용이 가능할지 몰라도 주변 국도와 의 상호 영향분석이나 고속도로의 신설등으로 고속도로망체계가 변하게되면 활용이 거의 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 영업소간 O-D를 교통존간 O-D까지 확장하고자 2단계로 구성된 고속도로 O-D추정모형을 구축하였는데 연구 흐름은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구 흐름도

2. 교통존 설정

1) 일반 교통존 설정

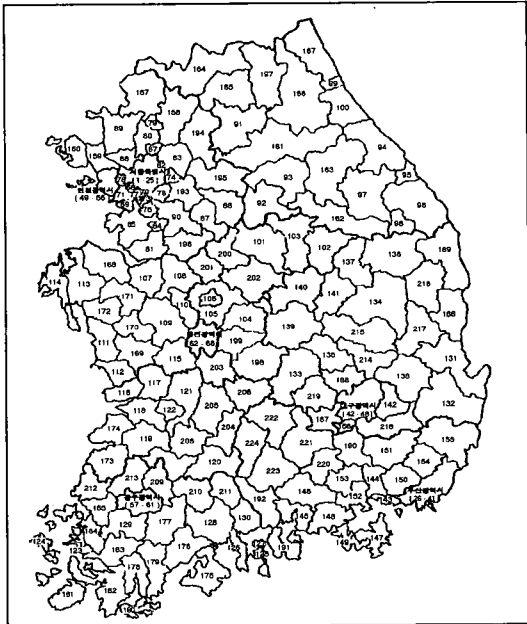
고속도로의 노선현황과 장래 고속도로 건설계획을 고려하고 자료구득을 원활히 하기 위하여 행정구역단위를 기본 단위로 하는 224개 존체계를 설정하였다. 일반시와 군단위는 행정구역별로 존을 설정하였고, 도시내에 여러개의 영업소가 설치되어

1) 경부선, 중부선, 호남선(회덕~광주), 영동선(신갈~새말), 중앙선(금호~서안동, 만중~남원주), 울산선

2) 요금소 진입시에 통행권을 발행하고 진출시에 실 주행거리에 대한 통행료를 징수하는 방식으로 요금소는 시·종점은 본선, 기타는 램프에 설치되어 모든 이용차량에 통행료가 부과되며 요금소간 기·종점자료가 확보됨

3) 해당 요금소를 통과하는 차량으로부터 이용차량의 평균주행거리를 기준으로 산정한 요금을 징수하는 방식으로 요금소는 주로 본선에 설치되어 영업소 통과차량에만 통행료가 부과되며 요금소간 기·종점자료 확보가 불가능함

운영되고 있는 서울특별시 및 부산, 대구, 광주, 인천, 대전 등 5대광역시의 경우는 구단위로 하여 존을 설정하였다. 그 결과 서울시 25개존, 부산시 16개존, 대구시 7개존, 인천시 8개존, 광주시와 대전시가 각각 5개존으로 구성되었다. 그리고 본 연구에서는 고속도로 이용차량에 대한 O-D이므로 울릉군과 옹진군 등 육상도로로 접근이 이루어지지 못하는 도서지역은 제외하였는데 존 분할도는 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 존 분할도

2) 영업소 교통존 설정

현재 폐쇄식으로 운영되고 있는 74개 영업소간의 O-D를 전절에서 설정된 224개 교통존까지 확대하기 위해서 1차적으로 각 영업소를 교통존으로 설정하여 각 영업소에서 진출입되는 교통량을 각 존으로 배분되게 하였다. 따라서 일반 교통존 224개, 고속도로 영업소 74개 존으로 구성된 298개 존체계를 구축하였는데 이들에 대한 O-D표는 <표 1>과 같다. <표 1>에서 $T_{lg, lg}$ 는 i 영업소로 유입하여 j 영업소로 진출하는 통행량으로 TCS O-D를 나타낸다.

3. 영업소별 이용권 설정

앞에서 설정된 일반 교통존과 영업소 교통존을 연결하기 위해서는 각 교통존에서 이용가능한 영업소들이 설정되어야 한다. 본 연구에서는 고속도로망 및 고속도로 진출입지점에 대한 접근성 등을 고려하여 <표 2>와 같은 이용권을 설정하였다. 그리고 개방식 고속도로가 연결되는 지점은 개방식구간을 이용할 수 있는 지역도 가능한 포함되도록 하였다. 이들 이용권을 영업소별로 살펴보면 광주영업소가 36개 시·군, 서대구영업소가 35개 시·군, 대동영업소가 28개 시·군, 서울영업소가 18개시군, 동서울영업소가 18개 시·군이 포함되어 많은 이용권들이 포함되었다. 이들은 대부분 폐쇄식 고속도로 종점부에 있는 영업소나 개방식고속도로가 연결되는 영업소에 해당된다. 동수원영업소의 경우도 12개 시·군, 새말영업소도 9개 시·군이 포함되어 이러한 특성을 반영해주고 있다. 그리고 여러개의 영업소로 접근이 가능한 존은 복수 이용권에 포함되도록 하였다. 이들 결과를 살펴보면 2개 영업소를 이용하는 존이 99개소로 가장 많고 1개 영업소 이용존 56개소, 4개 영업소 이용존 9개소, 5개 영업소 이용존이 4개소로 나타났다. 그리고 고속도로에 대한 접근성이 아주 나쁜 10개 군지역⁴⁾은 모형의 신뢰도를 제고하기 위하여 영향권에서 제외시켰다.

<표 1> 영업소와 교통존 연계를 위한 교통존체계

출발존	도착존					도착존				
	1	2	...	223	224	1	2	...	73	74
1						$T_{lg, lg}$ (TCS O-D)				
2										
⋮										
223										
224										
1						$T_{lg, lg}$ (TCS O-D)				
2										
⋮										
73										
74										

4) 연천군, 철원군, 화천군, 인제군, 영덕군, 울진군, 양구군, 청송군, 고성군(강원도), 완도군

<표 2> 영업소별 영향권

번호	영업소	영향권 지역
1	서울	서울시, 의정부시, 과천시, 의왕시, 하남시, 성남시, 안양시, 동두천시, 양주군, 구리시, 남양주시, 파주시, 포천군, 광명시, 부천시, 고양시, 김포군, 강화군
2	수원	안산시, 군포시, 의왕시, 수원시, 안양시, 용인시
3	기흥	오산시, 화성군
4	오산	오산시, 화성군, 수원시
5	안성	안성군, 평택시, 당진군, 서산시, 태안군
6	천안	아산시, 천안시, 보령시, 예산군, 홍성군, 당진군, 청양군, 서산시, 태안군, 공주시
7	목천	천안시
8	청주	청원군, 청주시, 공주시, 연기군
9	청원	청원군
10	신탄진	보은군, 대전시(대덕구, 동구)
11	대전	대전, 금산군
12	옥천	보은군, 부여군, 옥천군, 금산군
13	금강	영동군, 옥천군
14	영동	영동군, 무주군
15	황간	영동군
16	추풍령	김천시
17	김천	김천시, 상주시
18	구미	구미시
19	남구미	구미시, 성주군
20	왜관	칠곡군, 성주군
21	북대구	대구시
22	동대구	대구, 경산시, 청도군
23	경산	경산시
24	영천	영천시, 포항시
25	건천	경주시, 영천
26	경주	포항시, 경주시
27	언양	진주시, 밀양시, 울산시, 창녕군, 의령군
28	통도사	양산시, 울산시
29	양산	양산시
30	부산	부산시
31	동수원	인천시, 광명시, 과천시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 수원시, 안양시, 부천시, 안산시, 김포군, 강화군
32	서대구	대구시, 순천시, 나주시, 광양시, 진해시, 창원시, 사천시, 거제시, 통영시, 마산시, 김해시, 달성군, 고령군, 보성군, 화순군, 강진군, 장흥군, 진도군, 해남군, 영암군, 무안군, 함평군, 창녕군, 임실군, 담양군, 의령군, 함천군, 거창군, 산청군, 함양군, 함안군, 진주시, 고령군, 여천시, 여주시, 고성군 (경상도), 여천군
33	동서울	서울시, 의정부시, 하남시, 동두천시, 양주군, 구리시, 남양주시, 파주시, 포천군, 광명시, 과천시, 의왕시, 안양시, 부천시, 고양시, 김포군, 가평군, 양평군
34	경안	광주군, 성남시
35	곤지암	광주군, 양평군
36	일죽	안성군, 충주시

37	음성	충주시, 음성군
38	진천	음성군, 진천군
39	증평	괴산군, 청원군, 진천군
40	서청주	청원군, 청주시, 보은군
41	마성	용인시
42	용인	용인시
43	양지	용인시
44	덕평	이천시, 용인시
45	이천	이천시
46	여주	여주군, 충주시, 양평군
47	문막	충주시, 원주시
48	원주	춘천시, 원주시, 홍천군, 영월군, 횡성군
49	새말	횡성군, 강릉시, 동해시, 삼척시, 정선군, 태백시, 속초시, 양양군, 평창군
50	북대전	대전시
51	유성	대전시, 공주시, 청양군
52	서대전	대전, 논산시
53	논산	논산시, 부여군, 금산군, 서천군
54	익산	군산시, 익산시, 완주군
55	삼례	군산시, 익산시, 완주군
56	전주	남원시, 진주시, 장수군, 진안군, 서천군
57	김제	김제시, 진주시, 임실군
58	금산사	김제시, 정읍시
59	태인	정읍시, 순창군, 부안군, 임실군
60	정읍	정읍시
61	백양사	고창군, 장성군
62	장성	함평군, 영광군, 장성군
63	광주	광주시, 여주시, 여천시, 순천시, 나주시, 광양시, 진해시, 창원시, 사천시, 거제시, 통영시, 마산시, 김해시, 고령군, 보성군, 화순군, 강진군, 장흥군, 진도군, 해남군, 영암군, 무안군, 남해군, 하동군, 담양군, 곡성군, 구례군, 의령군, 함천군, 거창군, 산청군, 함양군, 함안군, 진주시, 목포시, 신안군, 여천군
64	남원주	원주시, 제천시, 단양군, 충주시, 영월군, 태백시, 봉화군, 영주군
65	칠곡	칠곡군
66	다부	칠곡군
67	가산	구미시, 칠곡군
68	군위	군위군
69	의성	의성군
70	남안동	안동시, 예천군
71	서안동	제천시, 단양군, 안동시, 문경시, 예천군, 영양군, 영주군, 봉화군
72	울산	울산시
73	남양산	양산시
74	대동	부산시, 여주시, 여천시, 순천시, 나주시, 광양시, 진해시, 창원시, 사천시, 거제시, 통영시, 마산시, 고령군, 보성군, 화순군, 강진군, 장흥군, 진도군, 해남군, 영암군, 창녕군, 남해군, 의령군, 함천군, 거창군, 산청군, 함안군, 진주시, 김해시

4. 교통존 그룹 설정

앞에서 산정된 동일 영향권에 속하는 교통존에도 여러 가지 교통특성을 갖는 존들이 존재하기 때문에 모형의 적합성을 향상시키기 위하여 유사한 교통패턴을 갖는 지역을 하나의 그룹으로 설정하는 교통존 그룹 설정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 먼저 특별시 및 광역시, 일반시, 일반군 등 3개 그룹으로 구분하고, 사회경제지표에 대한 집락분석을 실시하여 존그룹을 설정하였다. 즉, 자동차보유대수와 지역 산업구조를 대표하는 2,3차 종사자수를 판별변수로 이용하여 X-Y 좌표에 표출하여 k-means알고리즘에 의해 그룹을 묶어 가듯이 중심점을 잡아서 그룹을 구분하였다. k-means알고리즘을 이용한 집락분석 과정은 다음과 같다.

첫째, 전체 지역의 개수를 I 라고 하면, 먼저 이 I 지역중에서 임의로 k 개를 초기 중심점으로 초기화한다. 본 연구에서는 주어진 표본 집합의 처음 4개 지역을 임의 중심점으로 초기화하였다. 즉, $z_k = z_1, z_2, z_3, z_4$ 를 중심점으로 초기화한다.

둘째, $k+1$ 번째 지역부터 아래 관계를 이용하여 군집영역을 분배한다. 즉, 4개의 중심중에서 가장 가까운 거리에 있는 중심점으로 귀속시킴으로써 전체지역을 4개의 그룹으로 구분한다.

$$\|x_i - z_l\| < \|x_i - z_m\| \quad \text{이면 } x_i \in S(l) \\ l=1, 2, \dots, k, \quad \text{단 } l \neq m$$

여기서, $S(k)$ 은 각각의 그룹을, z_k 는 각 그룹의 중심을 의미한다. 만약, 위 식을 만족하는 부류가 여러 개인 경우는 임의로 선택한다.

셋째, 둘째단계에서 배분된 그룹 ($S(k)$)에 포함된 모든 점들로부터 군집 중심까지의 거리 제곱의 합을 최소로 하는 새로운 군집 z_k 을 계산한다. 즉, 다음과 같은 성능지표를 최소화하도록 새로운 군집 중심을 계산한다.

$$J_k = \sum_{x \in S(k)} \|x - z_k\|^2, k=1, 2, 3, 4$$

넷째, 이 성능지표를 최소화하는 z_k 는 단순히 $S(k)$ 의 평균이다. 따라서, N_k 가 $S(k)$ 에 속한 표본의 개수일 때, 새로운 군집 중심은 다음과 같이 주어진다.

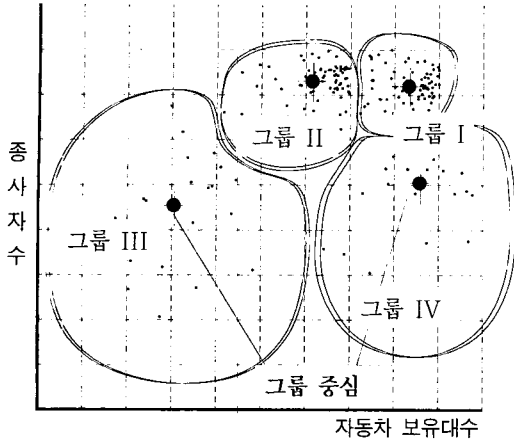
$$z_k(New) = \frac{1}{N_l} \sum_{x \in S(l)} x, \quad l=1, 2, \dots, k$$

다섯째, 모든 지역에 대하여 $z_k(New) = z_k$ 를 만족하면, 알고리즘은 종료된다. 그렇지 않으면 둘째단계로 되돌아 간다.

집락분석 수행결과 각 그룹에 포함되는 지역들은 <표 3>과 <그림 3>에서 보는 바와 같이 I 그룹에는 대도시권 교통존이 주로 포함되었고, II 그룹에는 일반시와 군지역이, III 그룹과 IV 그룹은 모두 군으로만 구성되었다. 각 그룹별 교통존의 갯수는 I 그룹 78개, II 그룹 77개, III 그룹 37개, IV 그룹 32개이다. 존그룹 산정결과에는 교통존별 인구 가중치를 결정하는데 사용되는데 분석결과 이들 두가지 그룹간에 큰 차이가 발생되지 않아 본 연구에서는 도시별 그룹을 사용하였다.

<표 3> 교통존 그룹설정

그룹	교 통 존
I	서울특별시(25개), 부산광역시(16개), 대구광역시(7개), 인천광역시(8개), 광주광역시(5개), 대전광역시(5개), 의정부시, 광명시, 안산시, 과천시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 하남시, 수원시, 성남시, 안양시, 부천시
II	동두천시, 양천군, 평택시, 구리시, 남양주시, 오산시, 화성군, 여주군, 이천시, 고양시, 파주시, 용인시, 춘천시, 원주시, 횡성군, 강릉시, 동해시, 삼척시, 정선군, 태백시, 속초시, 양양군, 충주시, 단양군, 제천시, 보은군, 청원군, 청주시, 아산시, 천안시, 공주시, 연기군, 보령시, 서천군, 서산시, 태안군, 논산시, 군산시, 익산시, 김제시, 정읍시, 남원시, 완주군, 전주시, 목포시, 신안군, 여주시, 여천군, 여천시, 순천시, 나주시, 광양시, 포항시, 경주시, 김천시, 안동시, 구미시, 봉화군, 영주시, 영천시, 상주시, 문경시, 예천군, 경산시, 진해시, 창원시, 사천시, 진주시, 거제시, 고성군(경상도), 통영시, 김해시, 밀양시, 마산시, 함안군, 양산시, 울산시, 달성군
III	연천군, 포천군, 김포군, 강화군, 홍천군, 영월군, 평창군, 철원군, 화천군, 인제군, 고성군(강원도), 당진군, 부여군, 청양군, 예산군, 홍성군, 고창군, 부안군, 고흥군, 보성군, 화순군, 강진군, 장흥군, 완도군, 진도군, 해남군, 영암군, 무안군, 함평군, 영덕군, 고령군, 칠곡군, 울진군, 창녕군, 남해군, 하동군
IV	광주군, 가평군, 양평군, 안성군, 양구군, 영동군, 옥천군, 음성군, 진천군, 괴산군, 금산군, 장수군, 진안군, 무주군, 순창군, 임실군, 담양군, 곡성군, 구례군, 영광군, 장성군, 군위군, 의성군, 영양군, 청송군, 청도군, 성주군, 의령군, 합천군, 거창군, 산청군, 함양군



〈그림 3〉 존그룹 설정 결과

5. O-D 산정

1) 교통존과 영업소간 O-D 산정

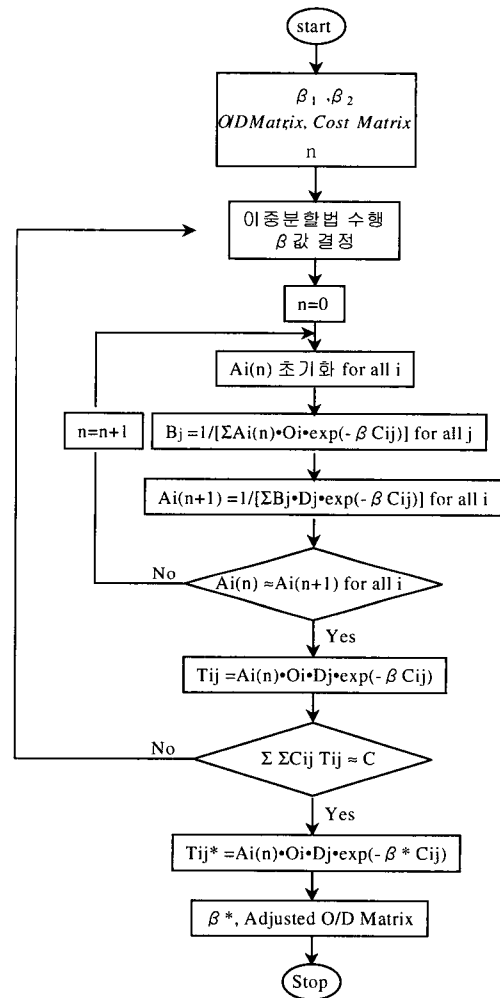
영업소별 이용교통량을 이용권에 속하는 교통존으로의 배분은 식(1), (2)와 같은 중력모형을 이용하였다. 그리고 영향권내 도시규모 및 특성을 고려하여 존 그룹별로 구분하여 인구 및 거리에 대한 비중을 달리하여 통행발생률을 고려하였다. 그리고 통행저항값은 존간 통행시간을 사용하였고 통행저항함수의 지수값인 β 값은 요금소간 O/D로부터 Wilson(1970)의 반복평형기법을 사용하여 구하였다. Wilson의 반복평형기법은 주어진 β ($\beta_1 \leq \beta \leq \beta_2$) 값에 대하여 위 조건식에 대하여 반복적 방법으로 안정된 A_i 와 B_j 를 찾는 내부반복과정과 β 값을 체계적으로 찾아가는 시행착오 외부반복과정(예, 이중분할법(bi-section method))으로 나누어진다. 이 과정을 정리하면 〈그림 4〉와 같다. 〈그림 4〉에서 T_{ij} 는 존 i 에서 j 로의 통행량, O_i 는 존 i 의 발생량, D_j 는 존 j 로의 유입량, C_{ij} 는 존 i 에서 j 로의 통행비용, C 는 총통행비용을 나타낸다.

그리고 인구에 대한 비중은 그룹별 2,3차산업 중사자수 및 통행발생 비율 등을 고려하여 광역시와 일반시의 경우는 1, 군지역의 경우는 0.5를 평균치로 산정하여 적용하였다.

$$T_{i,j} = T_{i,j} \times \frac{P_j (C_{i,j})^\beta}{\sum_{j \in I_A} (P_j / (C_{i,j})^\beta)} \quad (1)$$

$$T_{i,tg} = T_{i,tg} \times \frac{P_i / (C_{i,tg})^\beta}{\sum_{i \in I_A} (P_i / (C_{i,tg})^\beta)} \quad (2)$$

$$P_{i,tg} = P_i \times \frac{(C_{i,tg})}{\sum_{tg \in A} (C_{i,tg})} \quad (3)$$



〈그림 4〉 Wilson의 반복적 평형기법

여기서 $T_{i,tg}$ 는 i 영업소에서 진출교통량, P_j 는 j 존의 인구, $T_{i,tg,j}$ 는 i 영업소에서 j 존으로의 교통량, $T_{i,tg}$ 는 i 존에서 j 영업소로의 교통량, $(C_{i,tg,j})^\beta$ 는 i 영업소와 j 존간의 통행저항값, $P_{i,tg}$ 는 i 존 인구중에서 j 영업소를 이용하는 인구, A_i 는 i 존에서 이용가능한 영업소 집합을 나타낸다. 그리고 두 개 이상의 영업소

영향권에 포함되는 존은 식(3)과 같이 각 영업소에서 존까지의 통행저항값에 반비례되는 인구를 배분하여 배분된 인구에 의하여 영업소별 통행량이 산정되도록 하였다. 그리고 고속도로 이용차량 O-D 특성이 반영되도록 일반 교통존간 통행량은 산정되지 않도록 하였다. 여기서 구해진 O-D표는 <표 4>와 같다.

<표 4> 교통존과 영업소간 O-D

도착존	1	2	...	223	224	1	2	...	73	74	
출발존	1	모두 0					T_{i, tg_i}				
	2										
	...										
	223										
	224										
	1	$T_{tg_i, j}$					모두 0				
	2										
	...										
	73										
	74										

로의 동서울영업소로 진입하여 경부고속도로와 만나는 남이분기점 이남지역의 영업소로 가는 통행, 셋째, 서울시 동부지역⁶⁾에서 경부고속도로의 서울영업소로 진입하여 중부고속도로와 만나는 남이분기점 이남지역의 영업소로 가는 통행

<표 5> 교통존간 O-D

도착존	1	2	...	223	224	1	2	...	73	74	
출발존	1	$T_{i, tg_i, tg_i, j}$					$\leftarrow T_{i, tg_i}$				
	2										
	...										
	223										
	224										
	1	$T_{tg_i, j}$					T_{tg_i, tg_i}				
	2										
	...										
	73										
	74										

2) 교통존간 고속도로 통행 O-D 산정

앞에서 산정된 각 영업소와 이용권내 교통존간의 교통량을 이용하여 교통존간 통행량($T_{i, tg_i, tg_i, j}$)은 식(4)에 의하여 구했다.

$$T_{i, tg_i, j} = (T_{tg_i, tg_i} \times T_{i, tg_i}) / \sum_{I \in A_{tg_i}} T_{I, tg_i} \quad (4)$$

여기서 T_{i, tg_i} 는 i존에서 i영업소로 유입하여 j영업소로 가는 통행량, T_{tg_i, tg_i} 는 i영업소로 유입하여 j영업소로 가는 통행량, A_{tg_i} 는 i영업소의 영향권에 속하는 교통존들의 집합을 나타낸다.

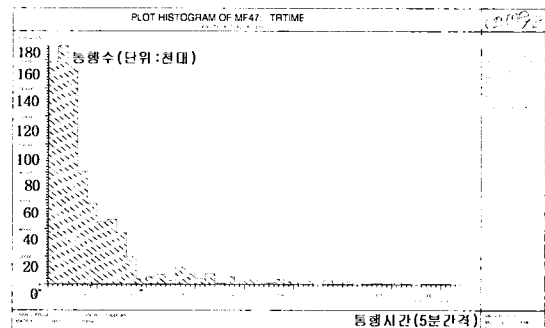
$$T_{i, tg_i, tg_i, j} = [(T_{tg_i, tg_i} \times T_{i, tg_i}) / \sum_{I \in A_{tg_i}} T_{I, tg_i}] \times [(T_{tg_i, j} / \sum_{I \in A_{tg_i}} T_{tg_i, I})] \quad (5)$$

여기서, $T_{i, tg_i, tg_i, j}$ 는 i존에서 i영업소로 유입하여 j영업소로 유출하여 j존으로 가는 교통량을 나타낸다. 단, 다음과 같은 통행이 불합리한 존간의 O-D는 0이 산정되도록 하였다. 첫째, 고속도로를 이용하는 것보다 고속도로를 이용하지 않고 더 빨리 갈수 있는 존간의 통행, 둘째, 서울시 서부지역⁵⁾에서 중부고속도

III. 모형 적용 및 평가

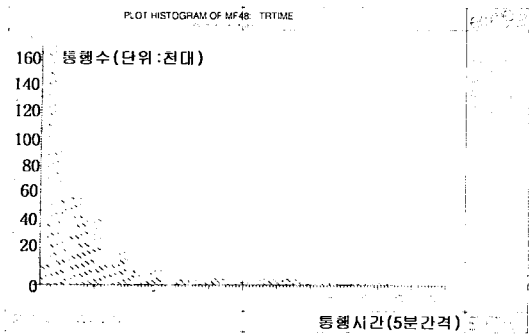
1. 통행실태 분석

각 교통존에서 각 영업소까지의 접근시간에 대한 교통량분포는 <그림 5>와 같다. <그림 5>에 의하면 접근시간은 평균 21.6분으로 나타났고 50분 이내가 91%를 차지하는 것으로 분석되었다. 접근시간별 분포를 살펴보면 5~10분대가 170,000대로 가장 많고 5분이내가 159,000대, 10~15분대가 156,000대 순으로 나타났다.



<그림 5> 교통존에서 영업소까지 접근시간 분포

5) 광명시, 과천시, 의왕시, 안양시, 부천시, 고양시, 김포군
6) 하남시, 구리시, 남양주시



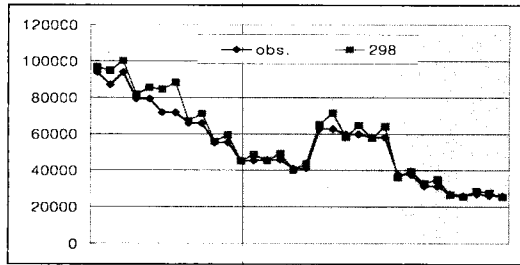
〈그림 6〉 교통량 영업소간 통행시간 분포

영업소간 통행시간별 교통량분포를 살펴보면 〈그림 6〉과 같다. 평균통행시간은 37.9분으로 나타났고 85분 이내가 88%로 분석되었다. 통행시간별로는 5~10분대가 182,000대로 가장 많고 10~15분대가 104,000대, 15~20분대가 70,000대를 차지하여 장거리 통행보다는 출·퇴근용도의 단거리 통행수단으로써 고속도로 이용률이 더 큰 것으로 분석되었다.

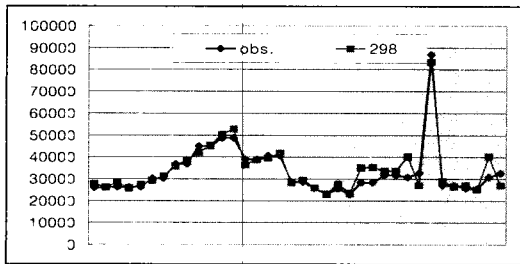
2. 배정교통량 비교 분석

1) 298개 존재계 O/D 배정교통량

지역 교통존과 영업소 존으로 구성된 298개 존재



〈그림 7〉 관측교통량과 298개 존재계 배정교통량 비교 (경부선:서울-남이)



〈그림 8〉 관측교통량과 298개 존재계 배정교통량 비교 (경부선:남아-부산)

계에 의한 O-D 배정결과는 고속도로 영업소가 교통존으로 설정되어 있어 영업소별 통행량이 진출·입되도록 되어 있어 이들 O-D만을 가지고 노선배정하게 되면 영업소간 O-D에 의한 고속도로 교통량을 정확히 반영해주게 된다. 이를 관측교통량과 비교한 결과는 〈그림 7〉,〈그림 8〉과 같다.

2) 224개 존재계 O/D 배정교통량

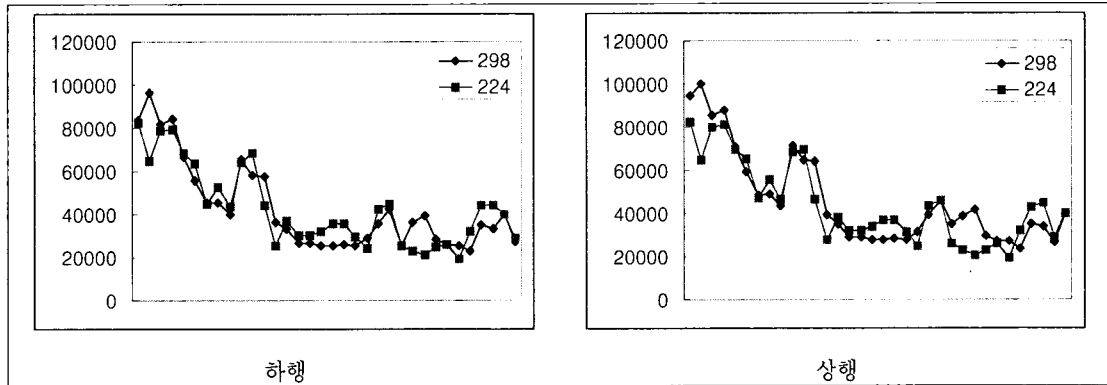
본 배정교통량은 영업소 존이 제거된 224개 존재계 네트워크에 기존 O/D를 앞에서 산정된 224개 존재계 고속도로 O/D와 이를 이용하여 〈그림 9〉와 같은 방법으로 보정된 O/D를 합친 O/D를 노선배정한 결과이다. 즉, 본 O/D는 224개 존재계상의 고속도로 이용 차량과 고속도로를 이용하지 않는 차량을 합친 전국 O/D이다. 고속도로로 접근하거나 고속도로에서 유출하는 차량들은 고속도로를 이용하지 않는 차량 O/D를 관측교통량으로 보정할 때 기 배정된 교통량으로 고려되어야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 이들 교통량들을 EMME/ 2 링크속성중 사용자변수를 이용하여 관측교통량에서 제외시키고 남은 관측교통량과 배정된 교통량의 차이가 최소화되도록 Gradient method(Heinz Spiess(1990))를 이용하여 O/D를 보정하였다. 그리고 노선배정은 평형배정 기법을 사용하였고 통행지체함수(Link performance function)는 BPR식을 사용하였다. 단, 고속도로교통관리시스템(FTMS)이 운영중인 고속도로의 경우에는 5분 단위로 수집된 교통량과 속도 자료를 이용하여 BPR식의 parameter (α, β)를 보정하여 6.8차선 고속도로 ($\alpha = 0.601, \beta = 2.378$), 4차선 고속도로 ($\alpha = 0.645, \beta = 2.047$)을 적용하였다.

폐쇄식 고속도로 이용차량 O/D 산정 298존체계 TCS O/D → 224존체계 고속도로 O/D
폐쇄식 고속도로를 이용하지 않는 차량 O/D 산정 기존 전국 O/D - 224존체계 고속도로 O/D
폐쇄식 고속도로를 이용하지 않는 차량 O/D 보정 - 고속도로 진입금지 - 고속도로 O/D에 의한 기타도로 배정교통량 고려 - 관측교통량으로 보정
전국 O/D 산정 및 O/D 검증 - 고속도로 O/D + 보정된 국도 O/D - 노선배정교통량과 관측교통량 비교

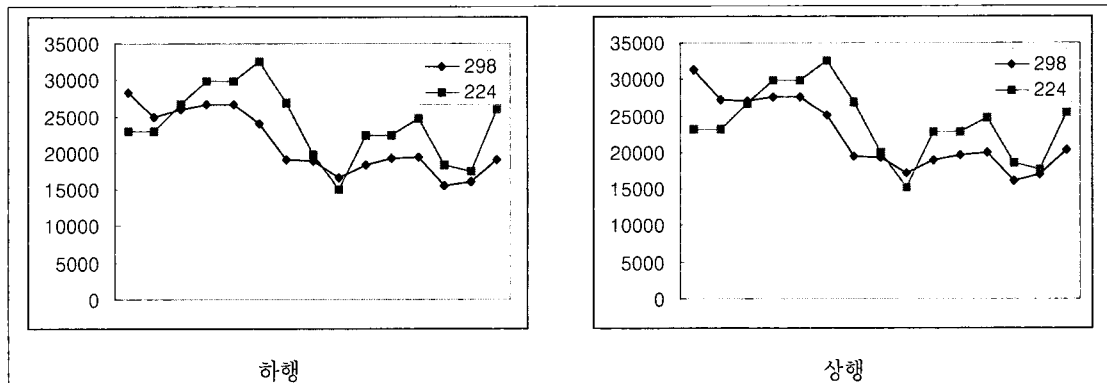
〈그림 9〉 전국 O/D 보정절차

위의 추정된 교통존간 224개 존체계 전국 O/D를 평가하기 위하여 298개 존체계 O/D를 배정한 결과와 비교하였다. 이들 두가지 O/D에 의한 노선 배정 결과는 전반적으로 비슷한 패턴을 보여주는 것으로 나타났다. 그리고 298개 존체계의 배정 교통

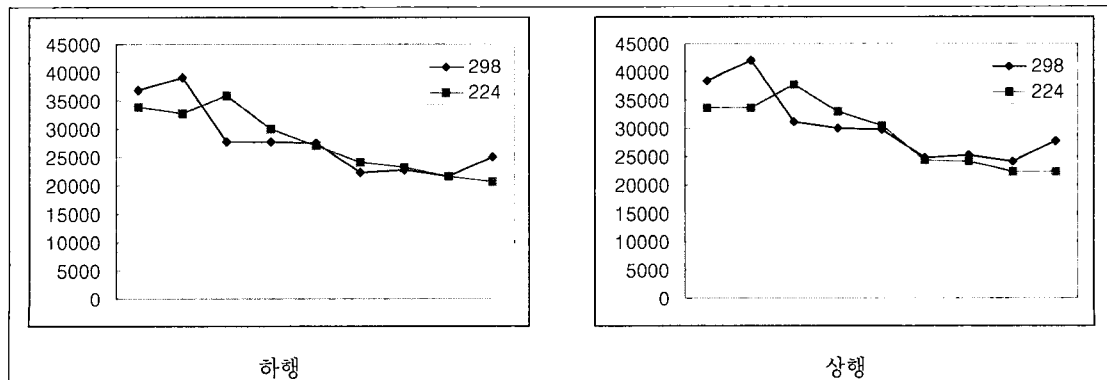
량과 224개 존체계상의 배정교통량을 고속도로 폐쇄식 전구간에 걸쳐 비교한 결과 17.9% 차이를 보였다. 주요 노선에 대한 구간별 배정교통량 비교결과는 <그림 10>, <그림 11>, <그림 12>, <그림 13>과 같다.



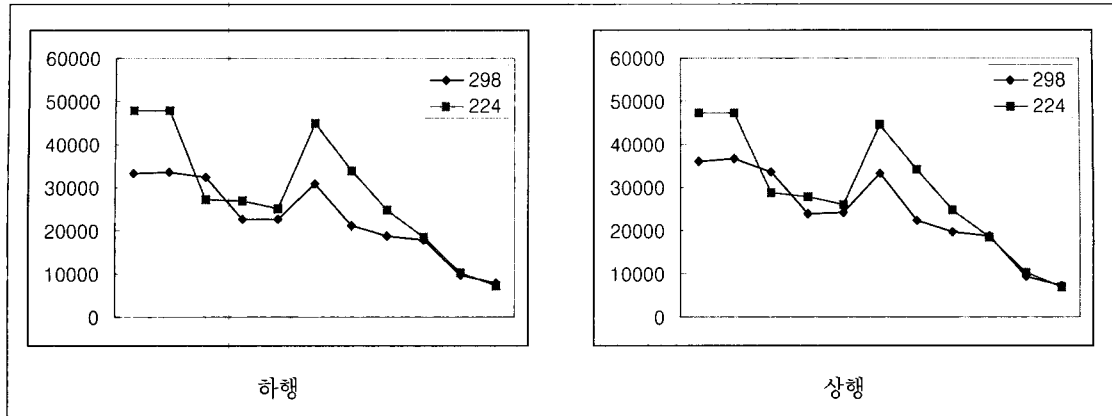
<그림 10> 경부고속도로 배정교통량 비교결과



<그림 11> 호남고속도로 배정교통량 비교결과



<그림 12> 중부고속도로 배정교통량 비교결과



〈그림 13〉 영동고속도로 배정교통량 비교결과

그리고 주요 노선별로 그 차이를 살펴보면 경부고속도로가 15.9%, 중부고속도로가 11.2%, 호남고속도로가 17.1%, 영동고속도로가 26.4% 차이로 나타났다. 그리고 구간이 적어 그림으로 나타내지 않은 중앙고속도로의 경우는 55.7% 차이를 보였고 1개구간인 울산선의 경우는 실제값 28,793대(하행방향), 29,064대(상행방향)에 비하여 224개 존체계의 배정교통량 24,645대(하행방향), 25,091대(상행방향)로 14% 오차를 보여주었다. 현재 건설중에 있는 중앙고속도로의 경우 큰 오차를 나타냈는데 이는 이용 교통량이 적고, 개통년도가 짧고 전 노선이 연결되지 않고 일부 노선만이 개통 운영되는데 따른 원인이라 분석된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 매우 정확한 자료임에도 불구하고 영업소간 자료라는 한계성으로 지금까지 거의 이용되지 못한 고속도로 영업소간 O-D를 활용할 수 있는 기틀을 마련했다는데 큰 의의가 있다. 이들 O-D를 활용코자 본 연구에서는 영업소간 O-D를 전국 행정구역 단위의 교통존체계의 O-D로 확장하는 기법을 구축하였다. 구축된 모형은 각 영업소별로 영향권을 산정하여 영업소와 영향권내의 교통존간 진·출입 교통량 O/D를 산정하고 이들을 영업소간 교통량 O/D자료와 고속도로를 포함하는 전국가로망을 고려하여 교통존간 교통량 O/D를

산정하였다.

모형적용 결과 본 연구에서 제안된 모형은 폐쇄식 고속도로 진구간에 대하여 17.9%정도의 오차⁷⁾가 있는 것으로 분석되어 비교적 정확한 결과를 보여주었다. 주요 노선별로는 경부고속도로가 15.9%, 중부고속도로 11.2%, 호남고속도로 17.1%, 울산고속도로 14%, 영동고속도로 26.4% 차이로 대체로 만족스러운 결과를 나타냈지만 중앙고속도로의 경우는 55.7% 차이로 다소 큰 오차를 나타냈다. 오차의 주요 발생원인은 요금소간 O/D를 교통존간 O/D로 확장하므로써 이들 존간에 다양한 경로가 존재하는 때문으로 사료된다. 특히 중앙고속도로의 경우 현재 건설중에 있어 부분적으로 운영되는데 따른 지역 및 교통여건의 특수성 때문에 오차가 크게 발생된 것으로 사료된다. 이들 구간을 포함하여 부분적으로 오차가 발생하는 지점들에 대하여는 이들 구간들이 갖고 있는 지역 및 도로여건의 특수성을 반영할 수 있는 모형개선연구가 계속되어야 할 것이다. 그리고, 영향권이 넓은 고속도로 영업소에 대해서는 이용자들에 대한 통행실태조사 등을 실시하여 모형검증이 이루어져야 할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 평균일에 대한 분석에 그쳤으나 명절이나 휴일등 극심한 혼잡이 발생하는 특수기간에 대한 영업소간 O-D를 활용할 경우 이들 기간에 대한 효율적인 고속도로 운영관리 및 소통대책방안 수립에 큰 기여를 할 것이다.

7) 오차 = $\frac{|298\text{존배정교통량} - 224\text{존배정교통량}|}{298\text{존배정교통량}} \times 100$

참고문헌

1. 한국도로공사, 1997, '96 고속도로 교통량 통계.
2. Adib Kanafani, 1982, Transportation Demend Analysis, University of California, Berkeley, pp.219~232.
3. Heinz Spiess, 1990, A Gradient Approach for the O-D Matrix Adjustment Problem, Centre de Recherche sur les Transports - Publication #693.
4. Wilson, A.G., 1970, Entropy in Urban and Regional Modelling, London: Pion Ltd.