

■ 論 文 ■

都市高速道路 基本區間の 交通特性分析

-大邱新川大路를 對象으로-

An Analysis of Traffic Characteristics of the Basic Sections of Urban Expressway
-in the case of SHIN-CHUN DaeRo in Tae-gu-

김갑수

(영남대학교 도시공학과 교수)

신판식

(영남대학교 대학원 도시공학과 박사과정)

목 차

- I. 서론
- II. 이론적 고찰
 - 1. 교통류 모형
 - 2. 승용차 환산계수
 - 3. 용량
- III. 조사개요
 - 1. 조사지점의 선정
 - 2. 조사항목 및 조사방법
- IV. 기본구간의 교통류 특성 분석
 - 1. 교통류 현황분석
 - 2. 승용차 환산계수
 - 3. 속도-밀도-교통량 관계 분석
- V. 기본구간의 용량 분석
 - 1. 용량 분석
 - 2. 기본구간의 용량
- VI. 결 론
- 참고문헌

요 약

국가경제의 기반시설인 지역간 고속도로와는 달리 도시고속도로는 도시내 교통을 담당하는 교통시설로서 대부분의 도시에서 건설중이거나 운용 중에 있다. 연속류 도로라는 시설 측면은 지역간 고속도로와 비슷하나 이용주체, 차량구성비, 정시성, 제한속도 등 그 성격에는 다소 차이가 있을 것으로 판단된다. 이런 이유에서 현재 도시고속도로의 계획이나 운영에 대한 지침이 지역간 고속도로의 계획 및 운영에 대한 지침과 동일시 되고 있다는 점은 불합리한 것으로 판단된다. 그러므로, 본 연구에서는 도시고속도로의 계획과 운영에 대한 지침을 마련하기 위해 현재 운영중인 대구신천대로를 대상으로 교통류특성 등 기초적 연구를 수행하였다.

연구결과를 간략하게 나타내면 다음과 같다.

- 교통류 모형분석에서 기존의 Greenshield 모형이 설명력 90%이상을 나타냈다.
- 승용차환산계수 분석에서 중형차량이 1.16, 대형차량이 1.47로 분석되었다.
- 용량분석에서 최대관측교통량은 4,684pcphpl, 차두시간분석은 2,432pcphpl, 교통류 모형에서는 2,422pcphpl로 분석되어, 대구신천대로의 서비스용량은 2,300pcphpl에 가까운 것으로 판단되며, 차로폭, 측방여유폭에 따른 보정으로 이상적 조건에서의 용량은 약 2,400pcphpl로 분석되었다. 이 결과는 도시고속도로가 지역간 고속도로의 기본교통용량 2,200pcphpl 보다 약 200대 정도 높을 것으로 추정된다.

I. 서론

우리 나라는 1960년대 경제개발 5개년 계획을 시작으로 산업의 급속한 성장을 이루었으며, 그에 따른 물류 및 인력의 신속한 수송이 필요하게 되어 기간산업 육성의 차원에서 고속도로의 건설에 박차를 가하였다. 그에 힘입어 현재 8개 노선의 고속도로가 전국을 Network화시켜 일일생활권으로서 많은 화물 및 인력 수송을 담당하면서 국가 산업 발전에 기여하고 있으며, 지속적인 계획이 이루어지고 있다.

지역간뿐만 아니라 도시내에서도 물류 및 인력의 신속한 수송이 필요하게 되었으며, 교차로에서의 지체 및 그로 인한 통행비용의 증가를 감소시키기 위하여 다각적인 교통처리대책이 대두되어 광역교통신호망의 정비, 대중교통수단의 정비 등의 TSM기법 같은 소프트웨어적인 방법뿐만 아니라 고가도로, 지하도로, 도시고속도로의 건설 같은 하드웨어적인 기법 등이 병행되고 있고, 현재 우리 나라의 6대도시와 주요 도시에는 도시고속도로가 건설되어 운용되고 있거나 건설을 추진하고 있는 실정이다.

도시고속도로는 도로의 구조 시설기준에 관한 규정 제3조 도로의 구분에 의해 도시지역에 위치한 자동차전용도로로서, 지방지역에 위치한 고속도로와 마찬가지로 교통흐름을 방해하는 고정요소가 없는 대표적인 연속류 도로이며 기본구간, Weaving 구간, 연결로 및 그 접속부 등으로 구성되어 있다. 이러한 구분은 아직 도시고속도로에 대한 해석이 일반고속도로와 동일시되고 있으며, 용량분석 등 모든 것이 도로용량편람상의 고속도로에 의해 해석되고 있다.

고속도로의 기본구간은 「엇갈림구간, 연결로 접속부에서의 합류와 분류의 영향을 받지 않는 고속도로 구간」으로 정의되고 있고, 이상적인 조건에서 고속도로 기본구간의 용량은 2,200 승용차 대/시/차로로 정의되고 있다.

지역간 고속도로와는 달리 도시고속도로는 유출입 구간의 거리가 비교적 짧아 주변 지역으로의 유출입이 빈번하고 차량당 통행거리가 짧으며, 도로 연장에 비해 엇갈림 구간이 많으며, 통행속도 또한 지역간

고속도로에 비해 낮은 편으로 도시고속도로 기본구간에 대한 교통특성에 있어서도 다소 차이가 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 대구광역시의 도시고속도로인 신천대로의 기본구간을 대상으로 기본구간의 교통류 특성 분석을 실시하여 교통류 현황을 파악하며, 특히 승용차 환산 계수를 재조명하여 용량 산정의 기초를 다진다. 나아가 용량 분석을 위한 기존의 여러 방법들을 비교·분석하여 도시고속도로 기본구간의 차로당 용량을 산정하여 도시고속도로의 설계 및 운용에 대한 기초적인 연구를 본 연구의 목적으로 한다.

II. 이론적 고찰

1. 교통류 모형

교통류란 한 방향으로 주행하는 연속적인 차량의 흐름을 말하는 것으로 교통류의 특성을 나타내는 중요 요소는 속도, 밀도, 교통량으로서 이 변수들간의 상관관계를 교통류모형이라고 부른다.

최대교통류율은 속도와 밀도의 곱이 최대가 될 때이며, 주어진 도로시설의 최대교통류율을 그 시설의 용량이라고 한다. 이 때의 밀도가 임계밀도(Critical Density)이며, 이 때의 속도를 임계속도(Critical Speed)라 한다.

교통류 분석을 위한 식의 형태에 관한 이론에 대해 살펴보면 일반적인 교통류 모형식은 속도-밀도 관계에 근거를 두고 교통량-밀도, 교통량-속도 관계를 규명하고 있다.

그 이유는 속도-밀도 곡선은 단조롭게 변화함으로써 첨두 특성이 매끄러운 선으로 나타나며, 도로의 교통류 상태는 속도 특성과 밀도 특성으로 동시에 나타나므로 이들 상호 관계를 잘 설명할 수 있기 때문이다.

2. 승용차 환산계수

승용차 환산계수¹⁾(Passenger Car Equivalent)의 개

1) 한국건설기술연구원, 교통개발연구원, 1992. 10, 도로용량편람 연구조사(제2, 3단계) 제3단계 최종보고서, p.368.

넘은 1965년 미국 HCM에서 처음으로 소개된 것으로 「주어진 도로 및 교통조건 하에서 교통류 내의 1대의 중차량에 대체될 수 있는 승용차의 수」로 나타내고 있다.

1985년 미국 HCM에서는 「주어진 도로 및 교통 조건하에서 트럭, 버스, 관광용 차량의 각 한 대가 도로 공간을 점유하는 비율을 승용차대수로 나타낸 수」로 정의하고 있다. 이러한 개념에 따른 승용차 환산계수의 산정은 교통류 특성을 분석함으로써 이루어지지만 중차량의 구성에 따라서 교통류 특성이 다양하게 변화함으로써 그 산정이 쉽지 않다.

본 연구에서는 차두시간에 의한 방법을 이용하여 도시고속도로 기본구간에 대한 일반지형에서의 승용차 환산 계수를 산정하였다.

1992년에 작성된 도로용량편람은 이 방법을 간편식과 정밀식²⁾으로 구분하여 이용하고 있으며, 본 연구에서는 이 중 미시적 분석방법에 해당되는 정밀식만을 이용하였다.

■ 간편식

$$\text{차종 } i \text{의 승용차 환산계수 } E_i = \frac{h_i}{h_p}$$

여기서, h_i : 차종 i 의 후미차두시간
 h_p : 승용차의 후미차두시간

■ 정밀식

$$E_M = 1 + P_P(\epsilon_{MP} + \epsilon_{PM}) + P_L \cdot \epsilon_{LM} + P_M \cdot \epsilon_{MM}$$

$$E_L = 1 + P_P(\epsilon_{LP} + \epsilon_{PL}) + P_M \cdot \epsilon_{ML} + P_L \cdot \epsilon_{LL}$$

여기서, P_P : 승용차의 구성비
 P_M : 중형차의 구성비
 P_L : 대형차의 구성비

$$\epsilon_{MP} = \frac{H_{MP}}{H_{PP}} - 1, \quad \epsilon_{PM} = \frac{H_{PM}}{H_{PP}} - 1,$$

$$\epsilon_{LM} = \frac{H_{LM}}{H_{PP}} - 1, \quad \epsilon_{MM} = \frac{H_{MM}}{H_{PP}} - 1,$$

$$\epsilon_{LP} = \frac{H_{LP}}{H_{PP}} - 1, \quad \epsilon_{PL} = \frac{H_{PL}}{H_{PP}} - 1,$$

$$\epsilon_{ML} = \frac{H_{ML}}{H_{PP}} - 1, \quad \epsilon_{LL} = \frac{H_{LL}}{H_{PP}} - 1,$$

여기서,

- H_{MP} : 선행 중형차-후행 승용차의 평균차두시간(초)
- H_{PM} : 선행 승용차-후행 중형차의 평균차두시간(초)
- H_{LM} : 선행 대형차-후행 중형차의 평균차두시간(초)
- H_{MM} : 선행 중형차-후행 중형차의 평균차두시간(초)
- H_{LP} : 선행 대형차-후행 승용차의 평균차두시간(초)
- H_{PL} : 선행 승용차-후행 대형차의 평균차두시간(초)
- H_{ML} : 선행 중형차-후행 대형차의 평균차두시간(초)
- H_{LL} : 선행 대형차-후행 대형차의 평균차두시간(초)
- H_{PP} : 선행 승용차-후행 승용차의 평균차두시간(초)

3. 용량

도로의 용량이란 주어진 시간 동안, 주어진 도로 및 교통조건에서 도로나 차로의 일정 구간 또는 지점을 승용차가 통행하리라 예상되는 최대 교통류율을 의미한다. 여기서 주어진 시간으로 1985년 미국 HCM에서는 15분이 사용되었지만 우리나라의 경우 명확한 기준은 없다. 일반적으로 계획 단계에서는 1시간 교통량을 이용하고, 운용 단계에서는 1시간 보다 적은 단위 시간(예를 들면 5분, 15분)에 근거를 둔 교통류율을 이용한다. 대부분 용량분석에 사용되는 시간은 15분인데 이는 안정된 교통 흐름을 유지할 수 있는 최소 시간을 15분으로 보기 때문이다.

용량의 산정은 주어진 도로, 교통 및 통제조건을 고려하여 규정하게 되는데 분석하고자 하는 도로 구간에서 이들 제반조건이 어느 정도 일정하여야 한다. 따라서 주어진 상태 중에 어떤 변화가 발생하면 도로 시설의 용량도 변화가 생기게 된다.

일반적으로 용량을 산정할 경우 교통류 관계 모형

2) 상계서, p.372, 그 유도과정은 p.256에서 인용함.

의 정립과 더불어 최대 관찰 교통량 조사 그리고 공학적인 판단 등을 고려하여 용량을 결정한다. 용량 산정 방법들을 살펴보면 다음과 같다.

1) 최대교통량 관측 방법

최대 교통량을 관측하는 경우 해당 지점 상류에 충분한 교통 수요가 있으나 하류에 교통 용량이 상대적으로 적은 병목 구간이 부근에 위치해 있으면 교통량은 병목구간(Bottleneck)의 도로 용량에 제한을 받므로 해당 지점의 용량은 발생하지 않는다. 따라서 도로용량은 양호한 도로 및 교통조건을 갖는 지점에서 어느 정도 긴 시간(예를 들면 15분간, 30분간 등)에 걸쳐 안정된 상태로 지속할 수 있는 교통류율로서 설정해야 한다.

일반적으로 안정류에서 최대 교통류율은 정체류 영역의 최대 교통류율보다 약간 높다. 이와 같은 안정류 영역에서 최대 교통류율을 용량이라고 하더라도 장시간에 발생된 최대 교통류율을 용량으로 하여야 한다. 또한 정체류 영역에서 최대 교통류율을 용량이라 한다면 이는 안정류 영역에서 보다 상대적으로 낮은 교통류율이 용량으로 된다는 것을 염두에 두어야 한다.

최대 교통류율은 일반적인 상태에서 재현을 기대할 수 있는 교통류율의 값이어야 하므로 극도로 많은 교통량이 일시에 몰려서 그 이외 시간에는 몰리지 않을 경우에는 예외치로서 제거하거나 이런 교통류 상태가 적합한 자료인가를 면밀히 분석하여야 한다.

2) 차두시간을 이용하여 구하는 방법

차두시간에 의한 용량 분석³⁾은 차두시간을 분석하여 용량을 결정하는 방법으로서 다음과 같은 차두시간과 교통량과의 일반적인 관계에 근거하고 있다.

$$Q = \frac{3,600}{h_t} = \frac{1,000V_s}{h_s}$$

여기서, Q : 교통량(대/시)

V_s : 승용차의 공간 평균 속도(km/시)

h_s : 승용차의 평균 차두거리(m)

h_t : 승용차의 평균 차두시간(초)

그러나 이와 같이 하여 구한 수치는 실제로 관측된 최대 교통량에 비해서 큰 것이 되고, 실제의 도로 및 교통 조건하에서는 발생하는 빈도도 극히 낮다. 그것은 실제 교통류에서는 교통 용량이 실현되는 상태에 있어서도 모든 차량이 완전한 추종 상태로 되는 경우가 없기 때문이다.

3) 교통류 관계를 이용하여 구하는 방법

이 방법은 속도-밀도, 교통량-밀도 또는 교통량-속도 상관 관계에서 교통류율의 최대값을 추정하는 것으로 교통량과 밀도간의 관계(q-k곡선)에 의해 설명된다. 즉, 최대교통량을 갖게 하는 밀도와 속도를 구한 뒤 Q-V-K 관계식에 대입하면 최대교통량을 산정할 수 있다.

III. 조사개요

1. 조사지점의 선정

본 연구의 연구 대상 지역은 대구광역시에서 1992년 10월에 개통되어 남북간 통과교통 및 주변 간선도로 및 일반도로와 연계하면서 도시내 교통을 신속하고 원활히 처리하고 있는 신천대로를 대상으로 하였다.

이 도로는 팔달교와 상동교까지 총 연장 13.5km의 도로로써 대구광역시를 남북으로 가로지르며, 남쪽의 끝 지점인 상동교에서 동서방향으로 순환하는 앞산순환도로와 연계되어 환상형의 순환도로를 이루고 있다. 또한, 북쪽의 끝 지점인 팔달교 지점에서는 칠곡 및 구미, 안동방향으로 향하는 방사선도로와 연계되어 대구광역시의 외곽 도시와의 유출입 교통을 처리하고 있으며, 경부고속도로, 구마고속도로의 유출입부와 연계되어 타 도시로의 유출 및 유입 교통을 처리하고 있다.

신천대로와 동서방향으로 접속되는 교차로는 13개

3) 전계서, p.366.

이며, 이 중 신천교는 신천대교가 Overpass되고 있어 직접적인 접속은 되지 않고, 신천대교와 직접 접속되는 12개 교차로는 모두 반입체 교차로로서 신천대교의 본선 통과교통이 모두 Underpass되고 있으며, 교차 상단부는 평면교차로 운영되어 주변 지역으로의 유출입 교통을 처리하고 있다.

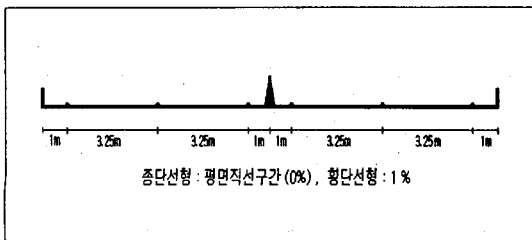
이처럼 신천대교로는 타 대도시에서 건설, 운용되고 있는 도시고속도로와는 달리 주변 도로와 연계되는 유출입 지점이 많으며, 그로 인해 엇갈림 구간 또한 많이 발생하고 있는 실정이다.

이와 같은 지리적, 운용상의 특성을 바탕으로 연구를 위한 자료 항목과 엇갈림 구간, 합류 및 분류로 인한 영향구간, 공사로 인해 영향을 받는 구간, 자료 수집이 어려운 지점 등과 같은 여러 가지 현장 특성들을 고려하여 조사지점을 선정하였다.

조사 지점의 선정시 고려한 사항은 다음과 같다.

- 조사 지점은 속도가 일정하게 유지되는 1-2km 정도의 구간을 대상으로 한다.
- 조사 대상 도로 구간의 포장 상태는 양호한 곳으로 한다.
- 차량의 차로변경이 적고 그 흐름이 비교적 일정한 곳을 대상으로 한다.
- 조사구간에 있어서 교통류의 비디오 촬영이 유리하여야 한다.

위와 같은 조건을 만족하는 지점은 신천교와 경대교 사이의 양방향과 침산교와 팔달교 사이의 양방향 기본구간이 조사지점으로 선정되었으며, 그 외 구간은 엇갈림 구간, 연결로 접속부에서의 합류와 분류의 영향을 받기 때문에 기본구간의 선정조건에 충족치 못하였다. 조사지점의 기하구조는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 조사지점의 기하구조도

2. 조사항목 및 조사방법

본 연구의 교통류 특성 분석과 용량분석을 위하여 크게 두 가지로 나누어 교통량, 속도 조사와 승용차 환산계수의 산정을 위한 차종별 차두시간의 조사를 실시하였다.

우선 교통량, 속도 자료를 수집하기 위하여 HISTAR 교통량 측정기기인 NC-90A를 사용하였다. NC-90A 장비는 차량 자기 형상(Vehicle Magnetic Imaging:V.M.I) 감지 방식의 교통량 측정 기기로서 지자기(地磁氣) 변화를 이용하고 있으며, 장비 내에 내장형 컴퓨터가 있어 자동적으로 자료수집과 정리가 행해진다.

우선 조사실시 전에 총 조사시간 및 조사시간 단위, 차종구분 등을 설정한 뒤 조사대상 지점의 노면에 설치하면 지정된 조사시간 동안 자동적으로 자료 수집이 행해진다. 조사시간이 완료되면 장비를 철수한 뒤, 측정기에 기록된 자료를 출력하기 위하여 HISTAR 자료 관리 프로그램인 HDM-90을 통하여 조사 정리된 결과를 출력하게 된다.

조사시간은 1996년 8월 20일에서 23일까지 4일 동안 06:00시부터 24:00시까지 매시 15분 단위로 교통량, 속도 조사를 실시하였다.

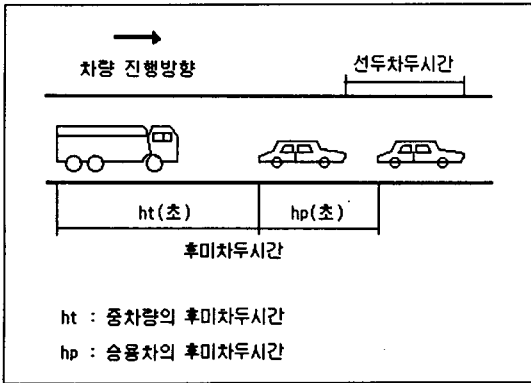
다음으로 차종별 차두시간은 NC-90A 장비로는 측정이 곤란하므로, 주변 고층건물에서 VIDEO 촬영을 실시한 뒤, VTR 재생을 통하여 자료를 수집하였다.

차두시간 분석 방법에는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 선두 차두시간과 후미 차두시간 분석 방법이 있는데, 후미 차두시간은 운행차량 자체길이 특성과 운행특성을 포함할 수 있으므로, 본 연구에서는 승용차 환산계수의 산정과 용량분석을 위하여 차량의 후미 차두시간 분석 방법을 사용하여 자료를 수집하였다. 이때 사용한 차종구분은 <표 1>과 같이 소형, 중형, 대형으로 분류하였으며, 차종별로 차두시간을 측정하고, 이 값을 이용하여 차종별 평균차두시간을 산출하였다.

이것은 지역간 고속도로의 속도제한을 차량성능과 관련하여 차종별로 달리 적용하고 있지만 도시고속도로는 차종에 상관없이 제한속도를 일정하게 두고 있고, 용량접근시 차량길이와 가장 관계가 있는 것으로

판단되므로 차량길이에 따라 3종류로 분류하였다.

조사시간은 교통량 조사시간 중 침두시간인 07:00~09:00, 17:00~19:00에 걸쳐 15분 단위로 조사를 실시하였으며, 조사대상 차로는 교통량이 상대적으로 많은 1차로를 대상으로 하였다.



〈그림 2〉 차량의 차두시간 측정 방법⁴⁾

〈표 1〉 차종구분

차종구분	해당 기준
소형	일반 승용차, 12인승 이하의 다인승 차량, 14톤 이하 트럭
중형	25톤 이하의 트럭 및 12인승 이상의 다인승 차량
대형	일반 버스 및 고속버스 25톤 이상의 트럭, 트레일러 특수차 등

IV. 기본구간의 교통류 특성 분석

1. 교통류 현황분석

1) 속도 현황분석

NC90A에 의해 수집된 속도 자료를 정리하여 조사지점별, 차로별, 조사시간대별 평균통행속도를 〈그림 3〉에 나타내었다. 자료 분석 결과 차로별로는 1차로가 2차로보다 중·대형차의 혼입률이 낮기 때문에 대개 높은 속도를 나타내었고, 특히 야간에는 더욱 높은 속도를 나타내고 있다. 조사지점별로는 침산교↔팔달교 방향의 차로수가 양방향 각각 3차로로 신천교↔경대교 방향 보다 1차로가 많기 때문에 전반적으로 높은 속도를 나타내었다. 또한 출·퇴근에 의한 방향별 침두시간의 차이로 신천교→경대교, 침산교→팔달교 방향은 오전 시간대에 속도가 최저를 나타내며, 경대교→신천교, 팔달교→침산교 방향은 오후 시간대에 최저속도를 나타내고 있다.

2) 교통량 현황분석

교통량 자료 또한 교통량 측정기기인 NC90A에 의해 계측된 자료를 사용하였으며, 조사지점별, 조사시간대별, 차로별 교통량을 〈그림 4〉~〈그림 7〉에 나타내었다.

조사지점별 차로별 교통량을 살펴보면 신천교↔경대교 구간의 양방향에서는 1차로가 2차로보다 많은 교통량을 나타내고 있다.

이는 2차로에 중차량의 혼입률이 높기 때문이며, 침산교→팔달교 구간에서는 1차로와 2차로의 교통량이 유사하였으며, 3차로의 교통량은 조사시간 전체적으로 400대/시 이하의 낮은 교통량을 나타내고 있다. 팔달교→침산교 구간은 1차로의 교통량이 가장 많고 다음으로 2차로, 3차로의 순으로 교통량이 작았다. 조사지점별로 보면 신천교↔경대교 지점은 양방향 2차로이고, 주변 지역으로의 이용이 빈번하여 양방향 3

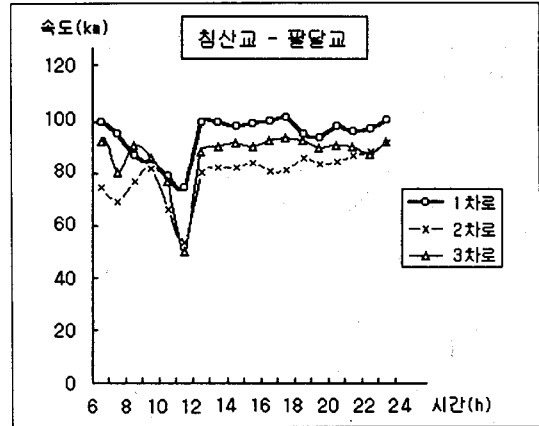
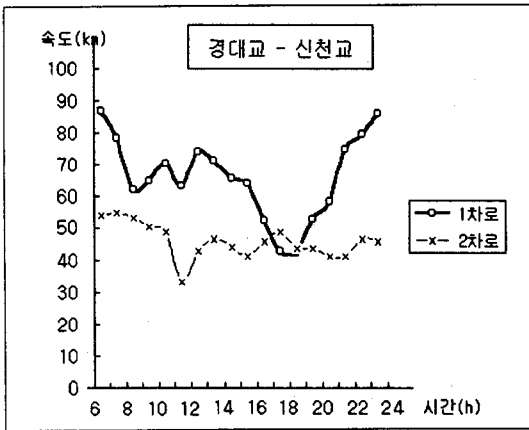
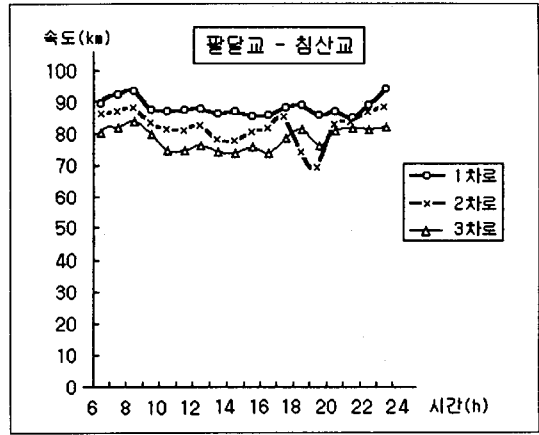
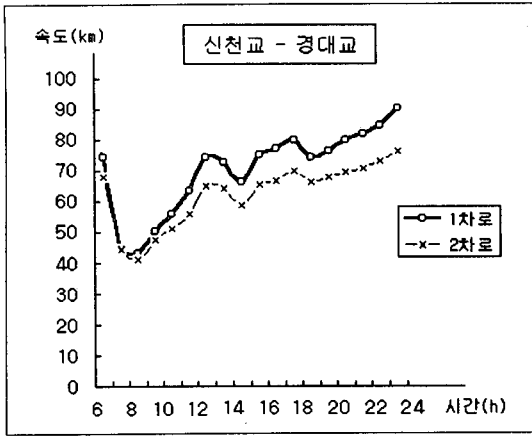
〈표 2〉 조사지점별, 차로별, 차종별 혼입률

(단위 : (%))

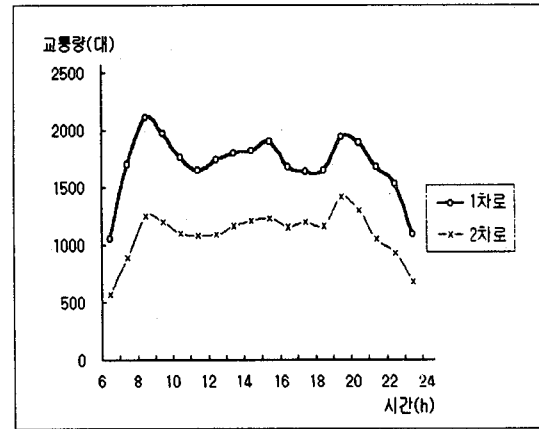
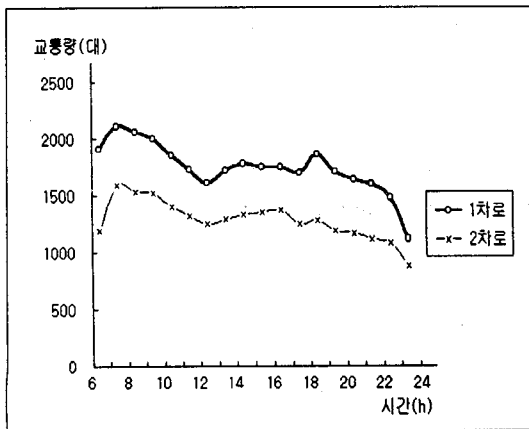
조사지점	신천교→경대교		경대교→신천교		평균	침산교→팔달교			팔달교→침산교			평균	전체 평균	
	1	2	1	2		1	2	3	1	2	3			
차종	소형	72.2	71.7	82.1	71.8	74.5	66.9	79.5	51.2	83.9	58.3	68.7	68.1	71
	중형	21.4	18.2	12.0	17.7	17.3	10.4	12.9	20.3	8.4	24.9	20.2	16.2	17
	대형	6.4	10.1	5.9	10.5	8.2	22.7	7.6	28.5	7.7	16.8	11.1	15.7	12

* 조사시간 중 각 방향별 차로별 평균치

4) 전계서, p.373.

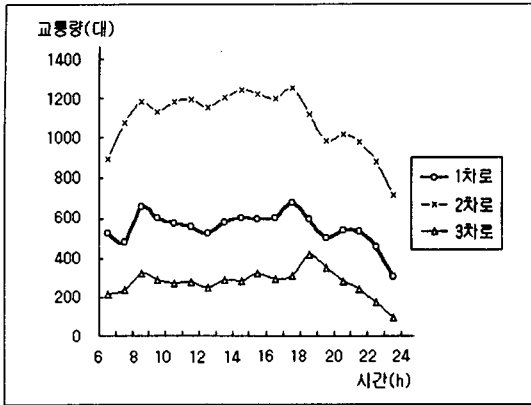


〈그림 3〉 조사지점별, 차로별, 조사시간대별 평균동행속도

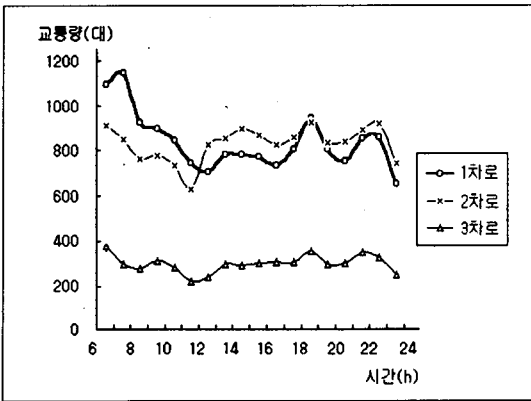


〈그림 4〉 신천교→경대교 방향 교통량

〈그림 5〉경대교→신천교 방향 교통량



〈그림 6〉 팔달교→침산교 방향 교통량



〈그림 7〉 침산교→팔달교 방향 교통량

차로인 침산교↔팔달교 지점 보다 차로별 교통량이 많은 것으로 나타났다.

그리고 〈표 2〉는 조사지점별, 차로별, 차종별 혼입률을 나타낸 것이다.

이 결과에서 신천교↔경대교 구간 보다 침산교↔팔달교 구간의 대형차의 혼입률이 약 2배정도 높게 나타난 것은 이 구간 내에 대구광역시 3공단이 위치해 있어 이 지역으로의 대형차의 유출입이 많은 반면에 신천교↔경대교 구간의 주변 지역은 주거지역 및 상업지역이 주로 형성되어 있기 때문으로 판단되며, 기본구간 전체에 대한 차종별 평균 구성비를 보면 소형, 중형, 대형이 각각 71%, 17%, 12%로서 도시고속도로의 이용형태가 출·퇴근 및 업무교통이 주를 이루기 때문에 소형의 비율이 높은 것으로 판단된다.

2. 승용차 환산계수

조사된 차종별 평균차두시간 및 차종 구성비를 이용하여 기본구간의 차종별 승용차 환산계수를 산정해보았다. 산정시 이용한 방법은 승용차 환산 계수 산정 방법 가운데 차두시간에 의한 방법으로서 사용한 산정식은 정밀식이다. 그 결과를 정리하여 〈표 3〉에 나타내었다. 〈표 3〉의 결과를 보면 각 차종간의 평균 차두시간은 소형이 1.48, 중형과 대형은 각각 1.78, 1.97로 비교적 짧은 차두시간을 나타내고 있다. 정밀식에 의한 차종별 승용차 환산 계수는 중형이 1.16, 대형이 1.47로 산정되었다.

〈표 3〉 정밀식에 의한 승용차 환산 계수

앞차량	차종간 평균 후미 차두시간(초)		차종별 교통량 (대)*	차종별 구성비 (%)	승용차 환산 계수
	뒷차량	후미차두 시간(초)			
소형	소형	1.48	6,070	0.719	1.00
	중형	1.67			
	대형	2.10			
중형	소형	1.49	1,908	0.226	1.16
	중형	1.78			
	대형	2.02			
대형	소형	1.61	464	0.055	1.47
	중형	1.89			
	대형	1.97			

* 조사기간 중 침두시간의 자료(신천교→경대교 구간의 1차로, 조사기간 4일간 07:00-08:00 합계교통량)를 이용하였다.

승용차 환산계수가 중형 1.16, 대형 1.47로 분석된 것은 도시고속도로가 용량에 접근할 때에 도로상을 주행하는 차량의 성능보다는 차량 자체의 길이에 따라 좌우되는 것으로 분석된다.

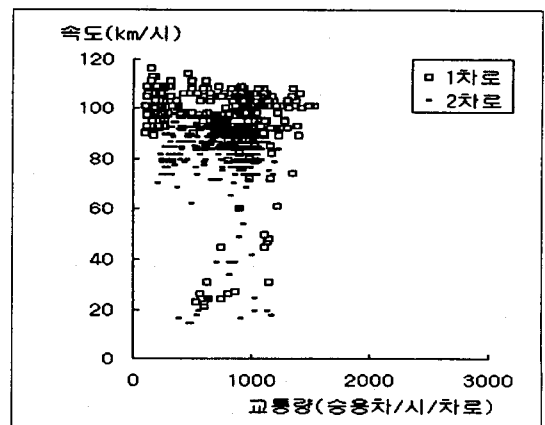
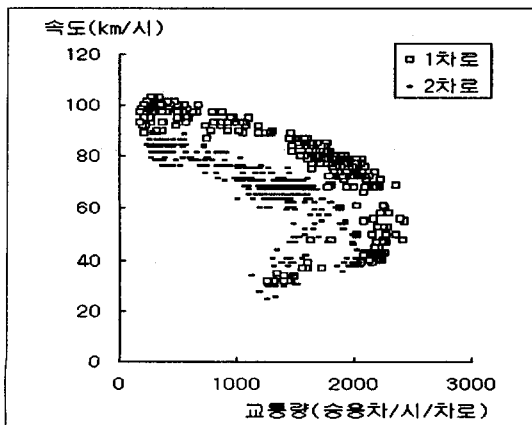
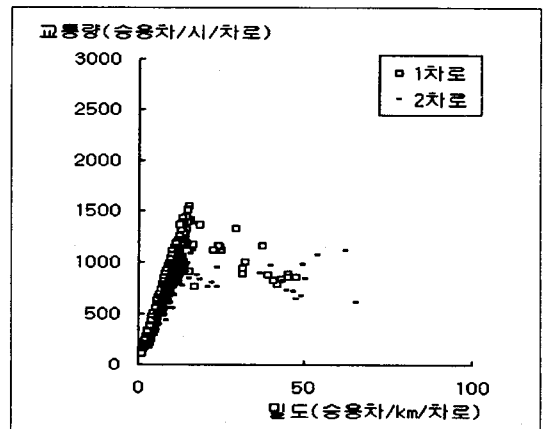
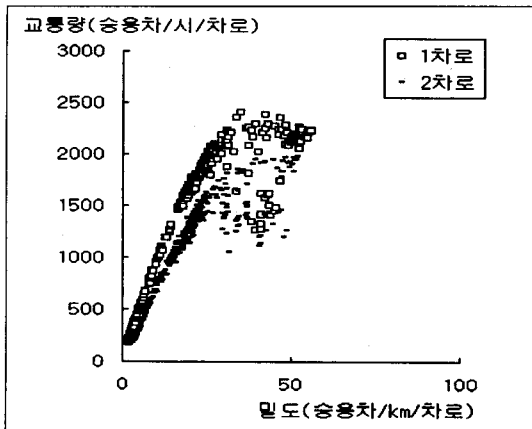
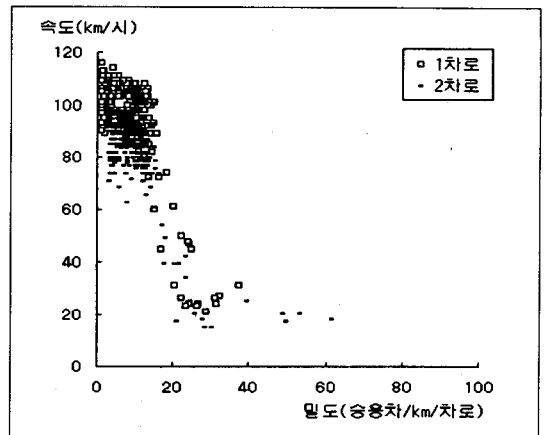
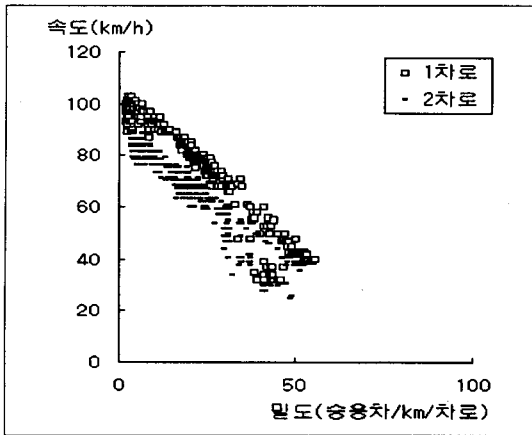
3. 속도-밀도-교통량 관계 분석

조사된 속도, 교통량, 밀도 자료를 바탕으로 신천교→경대교, 침산교→팔달교 구간의 기본구간에 대하여 조사지점별, 차로별 속도-밀도-교통량 관계를 〈그림 8〉와 〈그림 9〉에 나타내었다.

Q-V-K 모형에 이용되는 교통량은 승용차 환산계수를 고려하여 이용하였다.

또한, 교통류 이론의 모형식을 바탕으로 조사지점별, 차로별로 기본구간의 교통류 모형을 분석한 결과를 <표 4>에 나타내었다.

<표 4>의 통계적 결과와 <그림 8>과 <그림 9>를 보면 신천교→경대교 구간의 1차로, 2차로는 Greenshield의 직선 모형에 가까운 형태를 띠고 있으



<그림 8> 신천교→경대교 구간

<그림 9> 침산교→팔달교 구간

며, 통계적 결과에서도 설명력 90%이상의 값을 나타내고 있다. 반면에 침산교→팔달교 구간에 있어서는 1차로, 2차로는 Greenberg의 로그 모형식으로 설명력이 각각 78.6%와 83.6%를 나타내고 있다.

신천교↔경대교 구간의 1, 2차로는 Green-shield의 직선 모형뿐만 아니라 이외의 다른 모형식 형태에 의해서도 거의 80% 이상의 설명력으로 나타나고 있다. 그러나 침산교↔팔달교 구간의 각 차로에 대해서는 각 모형에 대한 설명력에 다소 차이가 있음을 알 수 있다.

본 연구에서 이용하는 Greenshield 식의 통계적 검정 결과를 각 차로에 따라 <표 5>, <표 6>에 나타내었다.

신천교↔경대교의 1차로에 경우, 모형식이 조사자료에 적합한 지를 판단하는 유의확률 값(Prob >F)이 0.0001로서 극히 유의한 것으로 분석되었다.

신천교↔경대교구간 2차로의 경우에도 앞서 언급한 것과 같은 유의확률 값이 0.0001의 동일한 결과를 나타내었다.

본 연구에서 이용하는 Greenshield 모형식의 추정변수 값이 0 이하 할 수 있는지를 따지는 t-검정에서, 유의확률 값(Prob | T |)이 신천교↔경대교 1, 2차로 모두 0.0001로 분석되므로, 각 차로별로 예측된 모형식의 각 변수는 99.99%에 유의한 것으로 예측되었다.

<표 4> 모형식의 통계 결과

모형	조사지점	차로	모형식	매개변수 값	설명력(R ²)	Qmax
Greenshield	신천교 -경대교	1차로	$v=104.526-1.219k$	$v_f=104.526$ $k_f=85.747$	$R^2=0.9276$	2.241
		2차로	$v=89.712-1.157k$	$v_f=89.712$ $k_f=77.538$	$R^2=0.9025$	1.739
	침산교 -팔달교	1차로	$v=114.399-2.18k$	$v_f=114.399$ $k_f=52.477$	$R^2=0.5463$	1.500
		2차로	$v=97.921-1.65k$	$v_f=97.921$ $k_f=59.346$	$R^2=0.5834$	1.452
Greenberg	신천교 -경대교	1차로	$v=43.379 \cdot \ln(151.82/k)$	$v_m=43.379$ $k_f=151.82$	$R^2=0.8953$	2.422
		2차로	$v=25.834 \cdot \ln(243.52/k)$	$v_m=25.834$ $k_f=243.52$	$R^2=0.7375$	2.314
	침산교 -팔달교	1차로	$v=85.497 \cdot \ln(39.459/k)$	$v_m=85.497$ $k_f=39.459$	$R^2=0.7863$	1.241
		2차로	$v=51.429 \cdot \ln(55.462/k)$	$v_m=51.429$ $k_f=55.462$	$R^2=0.8360$	1.049
Underwood	신천교 -경대교	1차로	$v=112.393 \cdot \exp(-k/55.556)$	$v_f=112.393$ $k_m=55.556$	$R^2=0.8580$	2.297
		2차로	$v=96.062 \cdot \exp(-k/50.505)$	$v_f=96.062$ $k_m=50.505$	$R^2=0.8522$	1.784
	침산교 -팔달교	1차로	$v=127.996 \cdot \exp(-k/27.778)$	$v_f=127.996$ $k_m=27.778$	$R^2=0.5523$	1.307
		2차로	$v=112.393 \cdot \exp(-k/29.412)$	$v_f=112.393$ $k_m=29.412$	$R^2=0.6194$	1.216
Bell	신천교 -경대교	1차로	$v=94.917 \cdot \exp(-(k/52.705)^2 / 2)$	$v_f=94.917$ $k_m=52.705$	$R^2=0.8903$	3.034
		2차로	$v=80.479 \cdot \exp(-(k/35.355)^2 / 2)$	$v_f=80.479$ $k_m=35.355$	$R^2=0.8515$	1.725
	침산교 -팔달교	1차로	$v=110.498 \cdot \exp(-(k/29.412)^2 / 2)$	$v_f=110.498$ $k_m=29.412$	$R^2=0.6729$	1.971
		2차로	$v=98.988 \cdot \exp(-(k/27.778)^2 / 2)$	$v_f=98.988$ $k_m=27.778$	$R^2=0.7207$	1.667

* SAS(Statistic Analysis System)를 이용하여 모형식을 산정

〈표 5〉 Greenshield식의 통계검정결과(1차로)

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	114397.27000	114397.27000	4896.805	0.0001
Error	382	8924.13625	23.36161		
C Total	383	123321.40625			
Root MSE		4.83339	R-square	0.9276	
Dep Mean		76.89063	Adj R-sq	0.9274	
C.V.		6.28605			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	104.525631	0.46561254	224.491	0.0001
K	1	-1.218631	0.01741470	-69.977	0.0001

〈표 6〉 Greenshield식의 통계검정결과(2차로)

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	69053.25052	69053.25052	3536.713	0.0001
Error	382	7458.43438	19.52470		
C Total	383	76511.68490			
Root MSE		4.41868	R-square	0.9025	
Dep Mean		67.52865	Adj R-sq	0.9023	
C.V.		6.54341			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	89.712138	0.43587628	205.820	0.0001
K	1	-1.157557	0.01946446	-59.470	0.0001

〈표 7〉 경대교→신천교 방향의 교통량(4,100PCU/시/차로 이상)
(단위 : 대/시/2차로)

승용차 환산교통량	차종구성(%)			조사일	비고
	소형	중형	대형		
4,419	68.8	25.9	5.3	8. 21	*
4,417	69.1	25.6	5.3	8. 21	*
4,361	72.4	22.9	4.7	8. 20	*
4,358	74.1	21.2	4.7	8. 21	*
4,333	72.9	21.7	5.4	8. 21	*
4,327	69.8	24.6	5.6	8. 21	*
4,304	69.8	24.4	5.8	8. 20	*
4,281	70.6	24.3	5.1	8. 21	*
4,248	72.6	22.1	5.3	8. 21	**
4,242	69.7	25.2	5.2	8. 21	**
4,236	64.5	29.2	6.3	8. 20	*
4,229	67.8	26.7	5.4	8. 21	**
4,210	65.4	28.8	5.7	8. 20	*
4,204	65.9	28.3	5.8	8. 21	*
4,188	70.1	23.5	6.3	8. 21	*
4,157	68.9	25.6	5.5	8. 21	*
4,151	70.6	23.5	5.9	8. 20	**
4,150	64.9	29.3	5.8	8. 21	*
4,141	70.4	24.3	5.3	8. 20	*
4,136	75.9	20.4	3.7	8. 21	*
4,124	64.1	29.9	6.1	8. 21	*
4,112	73.1	22.1	4.7	8. 21	*
4,112	70.0	25.1	4.9	8. 21	*
4,108	64.5	29.5	6.0	8. 21	*

* 관측 15분 교통량에 의한 최대 교통류율을 PCU로 환산한 교통량.

** 관측 1시간 교통량에 의한 승용차 환산교통량.

V. 기본구간의 용량 분석

1. 용량 분석

본 연구에서 용량 산정을 위하여 다음과 같은 세 가지 방법을 이용하였다.

- 교통량을 직접 실측하여 최대 교통량(또는 최대 교통류율)을 구하는 방법
- 각 교통류 관계(교통량-밀도-속도)를 이용하여 구하는 방법
- 차두시간을 관측하는 방법

1) 최대교통량 관측 방법

본 연구에서는 교통량에 대한 충분한 조사를 위하

여 조사일 4일 동안 매시 15분 단위로 차종별로 교통량을 조사하였다.

여기서 사용된 차종별 승용차 환산계수는 본 연구에서 분석된 값으로 중형은 1.16, 대형은 1.47을 사용하여 환산하였다.

조사지점에서 관측된 시간교통량 혹은 교통류율 교통량이 4,100대/시/2차로 이상인 자료를 〈표 7〉, 〈표 8〉에 나타내었다.

경대교→신천교 방향에서 관측된 최대 승용차 환산교통량은 4,419 승용차/시/2차로 인 것으로 조사되었고, 차로당 평균 2,200 승용차/시/차로로 나타났다.

신천교→경대교 방향에서 관측된 최대 승용차 환산교통량은 4,684 승용차/시/2차로로 조사되어 차로당 평균 2,340 승용차/시/차로인 것으로 나타났다.

〈표 8〉 신천교→경대교 방향의 교통량(4,100PCU/시/2차로 이상) (단위 : 대/시/2차로)

승용차 환산교통량	차종구성(%)			조사일	비고
	소형	중형	대형		
4,684	69.3	22.7	8.1	8. 22	*
4,624	72.5	18.7	8.8	8. 23	*
4,614	69.6	20.6	9.8	8. 23	*
4,571	68.4	22.7	8.9	8. 21	*
4,540	66.5	26.0	7.5	8. 20	*
4,509	67.7	21.7	10.7	8. 23	*
4,431	70.6	21.8	7.5	8. 20	*
4,424	68.9	21.3	9.8	8. 22	*
4,407	70.5	21.0	8.6	8. 23	*
4,363	70.4	21.2	8.5	8. 21	*
4,262	65.6	29.0	5.4	8. 21	*
4,248	70.9	25.1	4.0	8. 21	*
4,236	72.3	23.0	4.7	8. 20	*
4,223	67.9	22.2	9.8	8. 22	*
4,219	72.1	23.3	4.6	8. 20	*
4,218	68.4	25.6	6.1	8. 21	*
4,192	74.1	22.8	3.1	8. 21	*
4,183	72.5	23.9	3.6	8. 21	*
4,180	73.8	22.2	4.0	8. 21	*
4,175	68.5	25.3	6.1	8. 20	*
4,167	73.2	23.1	3.7	8. 21	**
4,165	71.4	25.0	3.7	8. 20	*
4,158	71.8	24.2	4.0	8. 21	*
4,151	71.2	24.2	4.6	8. 21	**
4,145	68.5	27.8	3.7	8. 20	*
4,130	70.3	19.8	10.0	8. 23	**
4,127	67.5	28.1	4.4	8. 21	*
4,124	66.0	29.4	4.6	8. 21	*
4,123	69.8	26.0	4.1	8. 20	**
4,117	65.2	29.4	5.4	8. 21	**
4,113	72.4	23.6	4.0	8. 21	*
4,100	72.1	23.3	4.6	8. 20	**

* 관측 15분 교통량에 의한 최대 교통류율을 PCU로 환산한 교통량
 ** 관측 1시간 교통량에 의한 승용차 환산교통량

이러한 결과에서 대구신천대로 기본구간의 최대 관측교통량은 2,300 승용차 대/시/1차로를 상회하는 값으로 기존 지역간 고속도로에서의 기본교통용량 2,200 승용차 대/시/차로보다 4.5% 정도 높은 값을 나타내고 있다.

조사된 지점에서의 여러 조건들이 교통공학에서 언급하는 이상적인 교통조건이 아니기 때문에 관측된 교통량자료에 여러 가지 보정계수를 취해 준다면 도

시고속도로에서의 용량이 산정될 수 있을 것으로 판단되며, 기존의 2,200대/시/차로 이상될 것으로 예상된다.

2) 차두 간격을 이용하여 구하는 방법

차두시간에 의한 용량 분석은 차두시간을 분석하여 용량을 결정하는 방법으로 본 연구에서의 승용차의 평균 차두시간은 1.48초로서 이에 따른 용량은 다음 계산과 같다.

$$Q = \frac{3,600}{h_t} = \frac{3,600}{1.48} = 2,432 \text{ 승용차 대/시/차로}$$

즉, 차두시간에 의한 용량은 2,432 승용차 대/시/차로로 분석되었다.

3) 교통류 관계를 이용하여 구하는 방법

본 조사지점의 용량 분석을 위한 속도-밀도-교통량 관계는 신천교↔경대교 1차로를 중심으로 분석하였다. 분석 결과 〈표 4〉 모형식에 대한 통계 결과에서 최대 교통량, 즉 용량은 2,240~2,422 승용차 대/시/차로로 분석되었다.

2. 기본구간의 용량

본 연구에 의한 도시내 고속도로의 기본구간의 서비스용량은 산정 방법에 따라 먼저 최대 관측 교통량은 4,684 승용차 대/시/2차로이며, 차두시간에 의한 용량은 2,432 승용차 대/시/차로이다. 그리고 각 교통류 관계를 이용한 방법에서는 2,240~2,422 승용차 대/시/차로로 분석되었다.

이상의 분석 결과 도시고속도로인 신천대로의 기본구간의 서비스용량은 차로당 평균2,300 승용차 대/시/차로를 초과하는 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시하는 서비스용량은 주어진 도로 조건과 교통조건에서 관측된 값이므로 여러 가지 보정계수를 역으로 취할 경우 최대서비스유율과 용량이 제시될 수 있을 것으로 분석된다.

다음 식에 의해 용량을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 SF_i &= MSF_i \times N \times f_w \times f_{HV} \\
 &= C \times (V/C)_i \times N \times f_w \times f_{HV} \text{ (vph)} \\
 &= C \times (V/C)_i \times f_w \text{ (pcphpl)}
 \end{aligned}$$

- SF : 실제 현장의 도로 및 교통조건에서 한 방향 N차선의 i 서비스수준의 서비스용량(vph) 혹은 차선당 승용차 환산 서비스용량(pcphpl)
- MSF : 이상적인 조건하에서 서비스수준 i 에서의 차선당 최대서비스유율(pcphpl)
- C : 용량(pcphpl)
- N : 차선수
- f_w : 차로폭 및 갓길폭 보정계수
- f_{HV} : 중차량혼입에 따른 보정계수

앞서 제시한 서비스 용량은 승용차환산계수를 고려한 값이므로 상기 식⁵⁾ 중 세 번째 식으로 용량을 구할 수 있다. 차선폭 3.25m, 갓길폭 1.0m에 대한 보정계수⁶⁾ 0.93를 SF 값에 나누면 약 2,470 pcphpl의 용량 값을 구할 수 있다.

건설부 도로용량편람(1992년)에 의한 고속도로 기본구간의 용량과 본 연구에서 분석한 도시내 고속도로의 용량을 비교하여 <표 9>에 나타내었다.

이 결과 신천대로 기본구간의 용량은 1992년 도로용량편람 상의 지역간 고속도로의 용량 보다 약 200 승용차 대/시/차로가 큰 것으로 추정된다.

<표 9> 기본구간의 용량 비교

비교	용량(승용차 대/시/차로)
지역간 고속도로	2,200
도시내 고속도로	2,400(추정치)

VI. 결론

본 연구는 도시고속도로 기본구간에 대한 교통특성분석으로서 대구광역시 신천대로를 대상으로 하였으며, 크게 두 가지로 나누어 기본구간의 교통류 특성분석과 용량분석을 실시하였다. 또한 지역간 고

속도로와 도시고속도로와의 객관적 비교를 위해 92년 도로용량편람 작성에 이용된 방법들을 이용하여 연구를 수행하였다.

연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 교통량 현황분석에 있어서는 기본구간 전체에 대한 차종별 구성비를 보면 소형, 중형, 대형이 각각 71%, 17%, 12%로 나타났고, 도심과 인접해 있는 신천교↔경대교 구간에서는 74.5%, 17.3%, 8.2% 로서 도시고속도로의 이용형태가 출·퇴근 및 업무교통이 주를 이루고 있으며, 이로 인해 소형차량의 비율이 높은 것으로 판단된다.

둘째, 속도-밀도-교통량 관계 분석의 결과로는 신천교↔경대교 구간의 1차로, 2차로는 Greenshield의 직선 모형에 가까운 형태를 띠고 있으며, 통계적 결과에서도 설명력 90%이상의 값을 나타내고 있다.

셋째, 승용차 환산 계수에 대한 분석에 있어서는 차종별 평균 차두시간 자료를 바탕으로 정밀식에 의하여 산정한 결과 중형이 1.16, 대형이 1.47로 분석되었다.

넷째, 용량 분석의 결과로는 최대 관측 교통량은 신천교↔경대교 구간에서 4,684 승용차 대/시/2차로이며, 차두시간에 의한 용량은 2,432 승용차 대/시/차로이다. 또한 교통류 관계를 이용한 방법에서는 2,240~2,422 승용차 대/시/차로로 나타났다. 이 결과들을 종합하여 본 연구에서는 도시고속도로인 신천대로의 기본구간 서비스용량을 2,300 승용차 대/시/1차로에 근사할 것으로 제시하며, 이상적인 조건에서의 용량을 구하기 위해 차로폭, 갓길폭, 중차량 비율 등에 따른 보정을 취한 결과, 도시고속도로의 용량을 2,400 승용차 대/시/차로에 가까운 것으로 판단된다. 이는 지역간 고속도로의 용량 2,200 승용차 대/시/차로에 비해 약 200대 정도 높은 것으로 추정된다.

이상의 연구 결과로부터 도시고속도로는 지리적으로 도시내에 위치해 있어, 주 이용자들은 지역내를 상시 통행하는 출·퇴근자 및 업무목적의 이용자들로 구성되어 있을 것으로 판단된다. 또한 이들은 단거리 이동을 목적으로 하고 있기 때문에 지역간 고속도로

5) 도철용(1996), 교통공학원론 상권, 청문각, p.197에서 인용.

6) 건설부, '1992 도로용량편람, p.128에서 인용함.

와는 상이한 교통특성을 가지고 있을 것으로 판단되므로, 도시고속도로의 설계, 운영단계에서 기존의 지역간 고속도로와 같은 기준을 지표로 삼아 설계 및 건설된다는 것은 불합리한 것으로 판단된다.

그러므로 도시고속도로를 지역간 고속도로와는 별개의 성격으로 간주하고 보다 세부적인 연구가 수행되어 설계, 운영지침을 마련해야 하는 것을 이후의 연구과제로 할 것이다.

이후의 연구과제로

첫째, 도시고속도로는 지역간 고속도로에 비해 유출입부가 많고, 그 거리가 짧기 때문에 고속도로를 구성하는 기본구간, 합분류부, 엇갈림구간의 정의가 재조명되어야 할 것이다.

둘째, 본 연구에서는 용량분석에만 초점을 맞추어 분석이 되었으나, 이후에는 교통류 이론의 재정립으로 도시고속도로에 맞는 이론이 요구되며 이와 더불어 용량과 속도, 밀도에 따른 서비스 수준의 새로운 정의도 요구된다.

셋째, 향후 도시고속도로의 건설시 이용할 수 있는 지침을 제시하고, 우리 나라의 도로용량편람 상에 지

역간 고속도로와는 별개의 항목으로 제시되어야 할 것이다.

아쉽게도 본 연구에서는 대구의 도시고속도로만을 대상으로 했으나 추후에는 전국에 널리 분포한 도시고속도로들을 대상으로 이러한 연구들이 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 건설부, 도로용량편람, 1992.
2. 한국건설기술연구원, 교통개발연구원, 도로용량편람 연구조사 (제2·3단계) 제3단계 최종보고서, 1992.
3. 도철용, 교통공학원론 상권, 청문각, 1996.
4. Martin Wohl and Brian V. Martin, Traffic System Analysis for engineers and planners.
5. TRB Special Report 209, Highway Capacity Manual, 1994.