

■ 論 文 ■

8차로 고속도로 기본구간 용량분석에 관한 연구

A Study on the Capacity Analysis of 8-lane basic section Freeway

김 상 구

(한국도로공사 도로연구소 교통연구실장)

서 영 선

(한국도로공사 제천지사 도로과장)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - II. 용량관련 이론 검토
 - III. 조사분석 방법
 - 1. 자료수집
 - 2. 용량결정 방법
 - IV. 용량결정과 교통류 관계 분석
 - 1. 용량결정
 - 2. 교통류 관계 분석
 - V. 결론 및 향후과제
- 참고문헌

요 약

용량분석은 고속도로 기본구간 차로의 계획, 설계, 운영상태를 파악하기 위한 중요한 방법으로 사용되고 있다. 한국에서 사용되고 있는 도로용량편람에서 제시된 고속도로 기본구간에 대한 용량분석은 4차로만을 대상으로 수행된 결과라 할 수 있다. 그러나, 급증하는 교통수요에 대처하기 위한 다차로 고속도로의 계획, 건설이 잇따르고 있으며, 이러한 이유로 다차로 고속도로에 대한 용량분석 연구가 절실하다. 이러한 배경 하에 본 연구는 8차로 고속도로에 대한 차로별 용량을 결정하였고 차로별 보정계수를 사용한 전체 차로 용량을 결정하는 방법론에 대해 연구하였다. 본 연구의 자료는 고속도로 교통관리시스템(FTMS)의 루프 검지기에서 수집된 자료를 이용하였고, 용량결정을 위하여 자료수집 단위시간별, 차로별, 일방향 전체차로에 대해 최대 교통류율을 분석하였다. 또한, 차로별 교통류 불연속의 관계를 파악하기 위한 교통류관계를 분석하였다. 본 연구를 통해 차로별 보정계수, 임계속도, 임계밀도를 결정하였으며, 다차로 고속도로 용량분석의 새로운 방법을 제시하였다.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

현재 우리나라 고속도로의 기본구간 용량은 '92년 도 도로용량편람 연구조사 결과인 2,200 승용차대수/시/차로를 적용하고 있다. 이는 용량결정 조사 당시 4차로 고속도로가 주류를 이루었으며, 실무에 적용하는 교통용량도 4, 6, 8차로 구분에 관계없이 동일한 값을 적용하여 왔다. 그러나, 미국의 경우, '94년 도로용량편람에서는 4차로 구간에 2,200 승용차대/시/차로, 6, 8차로 구간에 2,300 승용차대/시/차로로 차로수별로 차이나는 용량값을 연구하여 실무에 적용하고 있다. 우리나라는 '97년 12월 현재 고속도로 연장은 8차로 120.6km, 6차로 150.8km, 4차로 1,146.6km, 2차로 471.1km으로 총 연장이 1889.1km이며, 교통량이 증가함에 따라 다차로 고속도로로서 6차로, 8차로 고속도로의 계획 및 건설이 증가하고 있는 추세로 다차로 고속도로의 교통용량에 대한 검토가 필요하게 되었다. 이와 관련하여 외국에서도 용량관련 연구가 활발히 진행중이며 국내에서는 고속도로 합류부에 대한 용량분석 연구, 고속도로 공사구간에 대한 차로별 차단 용량감소율에 대한 연구 등 좀 더 실무에 적용할 수 있는 용량관련연구가 활발히 진행되기 시작하였다. 본 연구는 이러한 배경하에 FTMS(고속도로 교통관리 시스템)의 Loop감지기 교통량자료를 이용하여 다차로 고속도로 중 8차로 고속도로를 중심으로 고속도로 기본구간의 조사단위시간별, 차로별, 전체차로에 대한 용량을 분석하여, 이상적인 용량, 전체차로 용량, 실용용량을 결정하고 교통류관계를 분석하여 임계밀도와 임계속도를 산출하였으며 선진국의 연구결과와 비교, 검토하여 본 연구결과의 타당성을 확인하였다.

1) 연구범위

본 연구는 '96.7~'96.12까지 경부선 25.2km(상행선)에서의 FTMS(고속도로 교통관리시스템) Loop에서 감지된 교통량의 자료를 이용하였으며, '92년 도로용량편람 연구의 결과와 용량분석방법론을 토대로 8차로 고속도로 기본구간의 용량을 결정하였다.

II. 용량관련 이론검토

용량이란 주어진 시간 동안, 주어진 도로 및 교통 조건에서 도로나 차로의 일정 구간 또는 지점을 승용차가 통행하리라 예상되는 최대 교통류율을 의미한다. 고속도로 용량은 일반적으로 고속도로의 계획, 설계 그리고 운영하는데 중요한 역할을 담당하고 이러한 용량의 결정은 분석하고자 하는 도로 및 시설의 운영상태를 평가하고 판단하는데 중요한 지표로 활용된다. 본 절에서는 기존에 정립되어 있는 용량의 개념과 특성, 본 연구의 대상인 기본구간 용량에 대해 검토하고자 한다.

어느 시설의 용량이라 함은 도로, 교통, 통제조건 하에서 사람이나 차량들이 차로나 도로의 일정한 지점이나 구간을 합리적으로 통과할 수 있는 시간당 최대율로서 정의된다. 교통용량은 도로, 교통, 통제하에서 특정 기간동안 주어진 지점을 통과할 수 있는 차량들의 최대 수로 표시된다. 고속도로 용량은 특정 방향에서 주어진 교통, 도로조건하의 일정 고속도로 구간에 의해 수용 가능한 최대 15분 교통류율로서 정의된다. 용량을 결정하는데 있어서 가장 중요한 판단은 합리적으로 기대되는 수치로서 관측된 절대적인 최대 교통량이 아니고 반복적으로 관측될 수 있는 교통류율이라는 것이다. 용량상태에서의 운영은 종종 병목구간의 하류부 지점에서 관측되고 대기행렬 풀림 상태에서 관측되는데 이는 가시적인 대기행렬의 존재가 병목구간 하류부의 용량을 결정하기 위한 충분한 도착 수요를 보장해 주기 때문이다. 최근 연구결과 자유교통류 상태하에서의 용량과 대기행렬 풀림영역에서는 용량 등 두 개의 용량이 존재하고 용량수치에 대한 차이가 발생한다는 이중용량현상의 발생여부에 대한 연구와 교통와해와 용량과의 관계 규명에 초점을 맞추어 교통류 관계를 연속적인 단일모형과 이중모형내지는 3중영역 모형으로 해석하려는 경향으로 나타났다.^{5,12,13)} 용량을 분석시 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.^{10,11)}

· 용량은 일반적인 도로, 교통, 통제 조건하에서 정의되고 이는 분석하고자하는 시설의 어느 구간에서도 타당하게 일정해야 한다. 따라서 일반적인 조건이 변하면 시설의 용량 변화가 발생됨을 의미한다.

- 용량은 일반적으로 시설의 지점이나 일정구간에서 언급된다. 용량분석은 일정한 교통, 도로 그리고 통제조건을 가지는 시설의 구간을 대상으로 수행된다. 즉 가장 열악한 운영상태를 가진 지점과 구간이 통상 시설의 전체적인 서비스 수준(LOS)으로 결정된다.
- 용량은 특정기간동안의 차량이나 사람단위의 환산율(flowrate)이고 대부분 침두 15분 단위를 사용한다. 즉 한 시간동안 수용할 수 있는 최대 교통량으로 취급되지 않는다는 것이다.
- 용량은 합리적인 기대치를 기반으로 정의된다. 때때로 몇 개 지점에서 관측된 교통류율은 정의된 시설용량을 초과할 수도 있다. 그러나 이러한 교통류율은 보통 지속되거나 반복적으로 관측할 수 없는 값들이다.
- 용량은 포함된 시설형태에 의존하여 시간당 사람이나 차량단위 측면에서 정의된다는 것이다.

III. 조사분석 방법

본 연구의 목적인 고속도로 다차로구간 중 8차로 기본구간의 용량을 결정하기 위하여, 현재 운영되고 있는 고속도로 노선 중에서 다차로구간(6 혹은 8차로)에 해당되고 FTMS가 운영되고 있는 노선을 대상으로 검토하였고, 이 중 다차로 구간에 유일하게 해당되는 경부고속도로를 선정하였다. 경부선의 FTMS 관리구간 중 용량을 관측할 수 있는 구간을 선정하기 위하여 대도시 주변으로 국한하여 조사분석하였으며 조사목적에 맞게 차로별로 루프검지기 자료를 사용하여 교통량을 몇 개월동안 수집하여 정리하였다.

1. 자료수집

1) 조사지점 선정 및 특성

고속도로 기본구간을 대상으로 하므로 엇갈림이나 합, 분류지점으로 인한 교통소통의 장애를 받지 않는 곳을 선정기준으로 하였다. 또한 용량을 관측하기 위해서는 기본적으로 상류부에 병목구간이 존재하여 대기행렬이 존재함으로써 충분한 도착수요가 보장되고 대기행렬이 풀리면서 하류부로 일정구간 이상 진행되는 구간이 용량을 관측하기 좋은 지점으로 알려져 있다. 조사대상지점의 선정을 위해서 다음과 같은 사항

과 함께 연속류 도로의 이상조건을 고려하여 조사 대상 지점을 선정하였다.

- loop 검지기가 설치되어 있어 교통자료를 얻을 수 있는 지점
- 상류부에 병목구간 존재(I.C, 오르막, 터널 등)
- 조사 지점내 교통특성 및 도로특성이 일관성을 유지하여 속도가 일정하게 측정되는 구간
- 도로 포장상태 양호한 지점

위의 사항들을 종합적으로 고려하여 본 연구에서는 경부고속도로 상행 서울지점 25.2km지점을 본 연구 대상지점으로 선정하였는데, 이 지점은 신갈J.C가 상류부에 존재하여 합류부에서 대기행렬이 존재하고 평면 및 종단선형이 양호하며 서울방향으로 진입하는 차량들이 많은 관계로 주기적으로 지·정체가 발생되고 있는 지점이라고 할 수 있다. 이 지점의 Loop 검지기는 이중루프이며 수집되는 자료는 일정 시간동안 통과차량수, 속도, 점유율이다. 선정된 지점의 도로조건은 <표 1>과 같다.

<표 1> 도로조건

조사지점	차로수 (일방향)	차로폭 (m)	갓길폭 (m)	설계속도 (km/시)
경부고속도로 25.2km(상행선)	4	3.6	3.0	100

이 지점의 주변 도로선형을 살펴보면, 지점 전·후 약 1km구간이상의 도로선형은 <표 2>와 같이 평면선형은 직선이고, 종단구배는 2%가 넘지 않아 중차량이 영향을 받지 않는 지점으로 볼 수 있다. 따라서, 이 지점은 고속도로 기본구간의 용량결정을 할 수 있는 지점으로 타당하게 판단된다. 그리고 용량결정시 중차량을 승용차로 환산하는 승용차 환산계수는 '92년도 도로용량편람 연구결과로 제시된 평지구간의 승용차 환산계수(버스 1.3, 트럭 1.5)를 사용하였다.

<표 2> 도로선형

조사지점	평면선형		종단구배	
	조사지점	전·후 1km구간	조사지점	전·후 1km 구간
경부고속도로 25.2km(상)	직선	직선	+0.1%	최대 +1.9%

2) 자료수집 및 정리

본 연구에 사용된 교통량자료는 '96.7.~'96.12 까 지이며, 앞서 선정된 경부선 서울기점 25.2 km의 Loop 검지기에서 수집된 30초 단위의 교통량 원시자료를 변환프로그램을 이용하여 1분, 5분, 15분, 30분, 1시간 단위로 가공, 정리하였으며 이를 각각 시간당 교통량으로 환산하였다. FTMS의 Loop 검지기 자료는 차종구분이 되지 않기 때문에 교통류율이 최대가 발생한 '98년 7월 16일 16:00~17:00 시간대의 차종별 교통량을 조사하여 차종구성비를 사용하였다. 조사지점에서의 차로별 차종구성비율은 <표 3>과 같이 구분하여 실측하였으며 실측결과는 <표 4>와 같다. 여기서 특수차(트레일러)의 구성비는 매우 낮게 측정되어 화물차로 포함시켰다.

<표 3> 차종구분

차종구분	기 준
승용차	일반 승용차, 소형버스(봉고) 1.4톤 이하 트럭
버스	일반버스 및 고속버스
화물차	2.5톤 이상의 트럭, 트레일러, 특수차 등

<표 4> 차로별 차종 구성비율 (단위:대/시, %)

차 종	승용차	버 스	화물차	
경부고속도로 4차로 구간 25.2km(상)	1차로	980(98.4)	16(1.6)	0(0.0)
	2차로	683(83.0)	138(16.8)	2(0.2)
	3차로	710(89.7)	16(2.0)	66(8.3)
	4차로	398(77.9)	15(2.9)	98(19.2)
	전체	2771(88.8)	185(5.9)	166(5.3)

2. 용량결정 방법

일반적으로 용량결정은 대상지점의 교통류 관계모형의 정립과 더불어 최대관찰 교통량분석을 통하여 결정하게 된다. 용량은 한 지점에서 관측된 한번의 최대 교통류율보다 여러번에 반복적으로 나타나는 교통류율이 합리적인 용량값으로 인식된다. 이 절에서는 조사지점에서 Loop검지기를 통해 수집된 교통량 자료를 분석항목별 최대 교통류율로 분석하고, 용량 결정을 위해 조사자료를 누적곡선으로 도식화하여 분석하였으며 결정된 용량의 타당성분석을 위해 조사지점에서의 교통류 왜현상을 분석하였다.

1) 최대 교통류율 분석

일반적으로 병목구간과 같은 영향을 받지 않고 생기는 교통류가 안정된 상태에서 나타나는 최대 교통류율이 용량이라 정의된다. 그러나, 이 값을 용량으로 결정하기 위해선 조사된 최대교통류율이 반복적으로 발생해야 한다. 본 절에서는 조사된 최대교통류율과 용량의 관계를 규명하기 위해 조사단위 시간별(1분, 5분, 15분, 30분, 60분간격) 1차로 교통량, 차로별 15분 조사 단위시간의 교통량, 편도 4차로 전체의 교통량의 최대교통류율을 분석하였다.

(1) 분석 단위시간별 1차로 최대교통류율 분석

조사 단위시간별 1차로 최대교통류율을 분석하기 위하여 1분, 5분, 15분, 30분, 60분간 교통류율을 일별 최대교통류율로 선정하고 이를 교통량 수집기간동안의 최대값에서 내림차순으로 정리하였다. 분석결과 조사 단위시간별 1차로 최대교통류율은 <표 5>와 같다. 이 최대교통류율값들을 일반적으로 사용하고 있는 연속류 최대교통류율 단위시간인 15분을 기준으로 비교한 값이 <표 6>에 제시되었다. 이 결과 최대교통류율은 분석단위가 짧을수록 높게 나타남을 확인하였다. 이는 분석시간 단위가 짧을수록 차량군을 이루며 통과하는 차량들의 분포가 높기 때문인 것으로 해석된다.

<표 5> 조사 단위시간별 1차로 최대교통류율 (단위:승용차대/시/차로)

구 분	1분간	5분간	15분간	30분간	1시간
최대교통류율	3,014	2,532	2,267	2,208	2,178

<표 6> 단위시간별 1차로 최대교통류율 관계

구 분	1분간	5분간	15분간	30분간	1시간
최대교통류율	1.33	1.12	1.00	0.97	0.96

※ 기준 : 15분간 교통류율

(2) 차로별 15분간 최대교통류율 분석

차로별 최대교통류율을 비교하기 위하여, 분석 단위시간 15분 교통류율의 일별 최대값을 조사기간동안 내림차순으로 정리하였다. 분석결과에서 차로별 15분간 최대교통류율은 <표 7>과 같으며, 1차로를 기준으로 했을 때 상호관계는 <표 8>과 같다. 결과에서 나타났듯이, 고속도로 기본구간에서 차량들은 1차로를 가장 많이 이용하는 것으로 분석되었다.

〈표 7〉 차로별 15분간 최대교통류율
(단위:승용차대/시/차로)

구분	1차로	2차로	3차로	4차로
최대교통류율	2,267	2,082	2,070	1,960

〈표 8〉 차로별 15분간 최대교통류율 상호관계

구분	1차로	2차로	3차로	4차로
최대교통류율	1.00	0.918	0.913	0.865

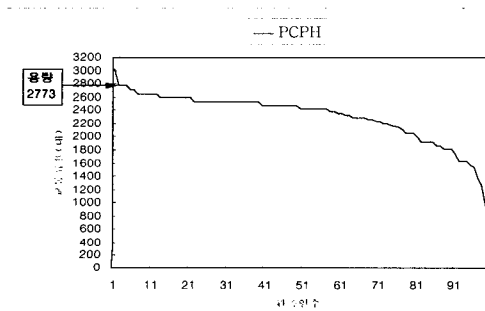
* 기준 : 1차로 교통류율

(3) 일방향 전체차로 15분간 최대교통류율 분석

고속도로 기본구간에서의 일방향 전체차로에 대한 최대교통류율을 구하기위해 1차로에서 4차로까지의 15분간 교통량을 합산하였다. 이를 일별 15분간 최대교통류율로 선정하여 전체조사기간 동안 내림차순으로 정리, 분석하였다. 그 결과 일방향 전체차로 최대 교통류율은 8,057승용차대/시/4차로이며 차로당 평균은 2,014승용차대/시/차로로 나타났다.

2) 용량결정방법

용량은 앞서 언급하였듯이, 한번 관측되는 최대 교통류율 보다는 충분한 수요가 존재할 수 있는 첨두기간 동안 반복적으로 발생하는 교통류율로 결정하게 된다. 본 연구에서도 절대적인 최대 교통류율을 용량으로 결정하지 않고 앞서 정리, 분석된 일별 최대 교통류율을 관측일동안의 내림차순 누적곡선으로 도식화하였으며, 이때 나타나는 누적곡선상의 변곡점을 용량으로 결정하였다. 〈그림 1〉은 조사단위 1분에 대한 1차로 용량을 결정하기 위해 나타난 그림이다.



〈그림 1〉 교통류율 내림차순(1차로, 1분)

(1) 분석 단위시간별 1차로의 용량

〈표 9〉는 분석단위 시간별 1차로용량과 앞서 정리, 분석된 최대교통류율이 나타나있다. 여기에서 분석단위 시간이 짧을수록 용량과 최대교통류율이 차이가 많아짐을 알 수 있다. 〈표 10〉에서 보면 15분간 최대교통류율과 용량을 비교할 때, 분석단위시간이 작을수록 최대 교통류율이 기준값과 비교하는 용량보다 큰 차이로 증가하고 분석단위시간이 클수록 작아짐을 알 수 있다.

〈표 9〉 1차로용량과 최대교통류율 비교
(단위:승용차대/시/차로)

구분	1분간	5분간	15분간	30분간	1시간
용량	2,773	2,315	2,194	2,167	2,133
최대교통류율	3,014	2,532	2,267	2,208	2,178
차이	241	216	73	41	45

〈표 10〉 단위시간별 용량과 최대교통류율 상호관계

구분	1분간	5분간	15분간	30분간	1시간
용량	1.26	1.05	1.00	0.99	0.98
최대교통류율	1.33	1.12	1.00	0.97	0.96

* 기준 : 15분 조사단위시간 용량

(2) 차로별 15분간 용량

차로별로 허용가능한 용량을 결정하고 관계를 비교하기 위하여 차로별 15분간 용량을 앞서 분석방법과 동일하게 적용하여 나타난 결과와 최대교통류율의 비교가 〈표 11〉에 제시되었다. 차로별 15분간 용량은 최대교통류율과 마찬가지로 1차로의 용량이 가장 높고 1차로에서 4차로로 갈수록 낮아지며 용량과 최대교통류율의 비교는 1차로에서 떨어진 차로의 용량차이가 크게 나타난다. 〈표 12〉는 차로별 15분간 용량과 최대교통류율 상호관계를 나타내었다. 아래 두 표의 결과에서도 기본구간에서 1차로를 이용하는 차량들이 상대적으로 많은 것을 알 수 있다. 그리고, 이 결과에서 용량은 차로별로 분석하여야 하며 이를 위해서는 차로별 영향을 고려하여 용량을 산정할 수 있는 상관계수와 보정계수가 필요하다.

〈표 11〉 차로별 15분간 용량과 최대교통류율 비교
(단위:승용차대/시/차로)

구분	1차로	2차로	3차로	4차로
용량	2,194	2,014	1,924	1,816
최대교통류율	2,267	2,082	2,070	1,960
비교	73	68	146	144

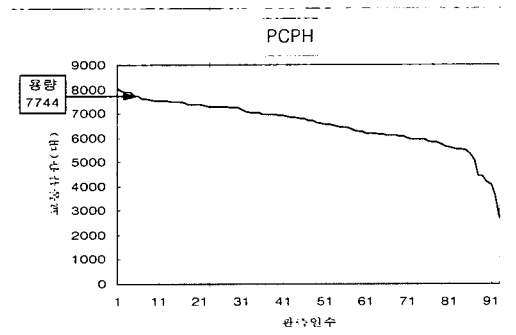
〈표 12〉 15분간 용량과 최대교통류율 상호관계

구 분	1차로	2차로	3차로	4차로
용 량	1.00	0.918	0.877	0.828
최대교통류율	1.00	0.918	0.913	0.865

※ 기준 : 1차로

(3) 일방향 전체차로 15분간 용량분석

일방향 전체차로에 대한 용량을 결정하기 위하여 4차로를 합산하고 일별 최대교통류율을 선정하여 관측일간의 누적곡선을 도식화한 것이 〈그림 2〉이다. 분석결과의 용량과 최대교통류율은 〈표 13〉과 같다.



〈그림 2〉 교통류율 내림차순(전체차로, 15분)

〈표 13〉 일방향 전체차로 15분간 용량분석

(단위 : 승용차대/시)

구 분	전체(4차로)	차로 평균
용 량	7,744	1,936
최대교통류율	8,057	2,014

3) 차로별 상관계수와 보정계수

고속도로 기본구간 1차로가 용량상태에 도달하여 교통와해가 발생되면 2, 3, 4차로가 순차적으로 와해상태에 이른다. 즉, 이것은 1차로 용량상태의 교통흐름이 2차로에 영향을 미치어 2차로가 용량상태에 도달하지 못하고 와해상태로 이르는 것이다. 이러한 교통와해 상태를 분석하기 위하여 속도-교통류율 관계를 차로별로 도식화하여 나타낸 결과가 〈그림 3〉~〈그림 6〉에 제시되어 있다. 또한 3, 4차로 역시 교통와해 상태에 도달한 옆 차로의 영향 때문에 순차적으로 용량상태에 이르지 못하고 와해상

태로 넘어가 정체류에 이른다. 따라서, 이러한 차로별 영향을 분석하기 위하여, 1차로의 교통류율이 용량에 가까운 2,000대 이상의 값을 갖고 교통와해 상태를 나타내는 조사일자들의 자료를 추출하여 분석하였다. 분석결과 차로별 영향계수 및 보정계수는 〈표 14〉와 같으며 분석자료는 〈표 15〉에 나타나 있다. 차로간의 영향을 계량화한 보정계수는 교통와해직전의 안정류 영역에서의 각 차로간의 평균 교통류율을 비교하여 그 차이를 차로간 영향으로 보고 산출하였다. 이것은 실제의 용량상태는 차로간의 영향으로 인해 기존 용량보다 감소할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 기존 1차로당 용량이 2,200승용차대/시/차로로 용량분석시 서비스 수준*i*에서의 최대서비스교통량을 차로폭, 측방여유폭, 중차량 보정계수로 보정하였으나, 차로별 용량은 차이가 있기 때문에 차로별 보정계수를 적용하여야 한다. 식(1)은 이와 같은 내용을 기존 도로용량편람에서 용량분석시 사용하는 식을 이용하여 차로별 보정계수 f_L 을 이용하여 나타내었다.

$$SF^L_E = MSF_E \times f_w \times f_{hv} \times f_L \quad (1)$$

여기서,

SF^L_E : 서비스수준 E 에서의 L 차로의 서비스 교통량

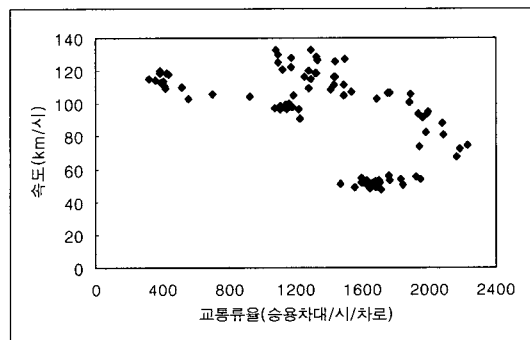
L : 차로

SF_E : 서비스수준 E 에서의 최대 서비스 교통량 (2,200pcphp)

f_w : 차로폭 및 측방여유폭 보정계수

f_{hv} : 중차량 보정계수

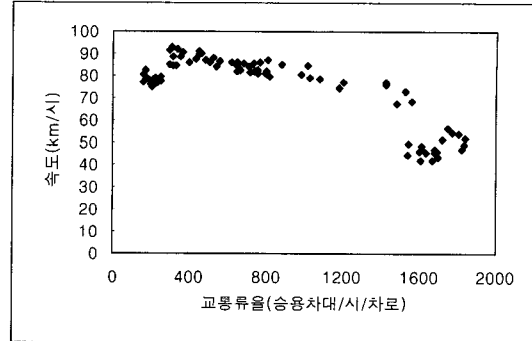
f_L : 차로별 보정계수



〈표 15〉 교통와해시의 차로별 교통량 자료

<표 15> 교통와해시의 차로별 교통량 자료

관측일시 (1996)	1차로		2차로		3차로		4차로	
	vph	pcph	vph	pcph	vph	pcph	vph	pcph
8.05 16:45	2016	2026	1784	1876	1764	1848	1316	1454
8.19 16:15	2098	2108	1771	1862	1709	1790	1299	1435
8.20 16:15	2048	2058	1712	1800	1672	1751	1232	1361
8.21 16:30	2024	2034	1912	2010	1744	1827	1176	1299
8.23 15:30	2008	2018	1796	1888	1776	1860	1288	1423
9.03 16:00	2080	2090	1792	1884	1880	1969	1436	1586
9.05 16:00	2176	2186	1832	1926	1748	1831	1200	1326
9.09 17:00	2136	2146	1792	1884	1888	1978	1388	1533
9.10 16:30	2060	2070	1828	1922	1852	1940	1312	1449
9.12 15:45	2068	2078	1736	1825	1660	1739	1140	1259
9.18 16:00	2080	2090	1872	1968	1680	1760	1304	1441
9.19 15:30	2048	2058	1736	1825	1784	1869	1188	1312
9.24 15:00	2036	2046	1772	1863	1724	1806	1212	1339
9.30 16:15	2081	2091	1754	1844	1837	1924	1316	1454
10.01 16:30	2096	2106	1908	2006	1776	1860	1364	1507
10.04 15:30	2204	2215	1872	1968	1860	1948	1360	1502
10.08 15:30	2028	2038	1748	1838	1700	1781	1296	1432
10.09 16:00	2016	2026	1872	1968	1848	1936	1420	1569
10.10 16:00	2216	2227	1844	1939	1780	1865	1292	1427
11.05 15:30	2080	2090	1836	1930	1708	1789	1192	1317
11.06 15:15	2028	2038	1768	1859	1708	1789	1148	1268
11.07 16:15	2128	2138	1872	1968	1752	1835	1348	1489
11.08 15:15	2024	2034	1776	1867	1720	1802	1228	1357
11.21 15:45	2028	2038	1808	1901	1720	1802	1200	1326
11.25 15:15	2086	2096	1800	1893	1738	1821	1167	1289
11.29 15:45	2016	2026	1752	1842	1708	1789	1272	1405
12.09 16:15	2076	2086	1792	1884	1772	1856	1344	1485
평 균	2074	2083	1805	1898	1760	1843	1275	1409
비 율	1.00		0.911		0.885		0.676	



<그림 6> 4차로 속도-교통류율 관계곡선

<표 14> 차로별 상관계수 및 보정계수

구 분	보정계수(평균)	1차로	2차로	3차로	4차로
상관계수	0.868	1.00	0.911	0.885	0.676

※ 1차로 기준

IV. 용량결정과 교통류 관계분석

1. 용량결정

위의 분석에서 고속도로 8차로 기본구간의 용량을 결정하기 위하여, 본 연구에서는 다음 세가지의 경우로 구분하여 분석하였다.

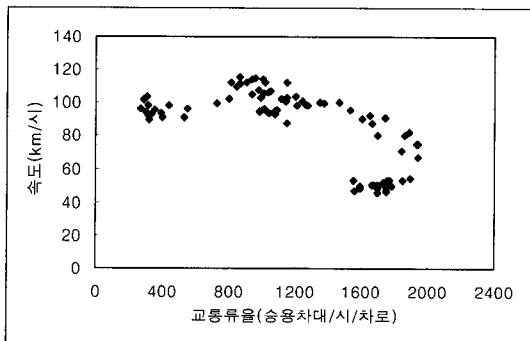
첫째, 조사 단위시간별 1차로의 용량을 비교하였다. 용량은 교통류율의 조사 단위시간이 짧을수록 크고 길수록 적게 나타나지만 연속교통류에서의 용량결정 단위시간인 15분간으로 결정하여 용량을 결정하면 2,194승용차/시/차로로 약 2,200승용차대/시/차로가 된다.

둘째, 15분간 차로별 용량을 비교하였다. 각 차로당 최대 교통류율의 누적곡선에서 구한 용량은 모든 차로에서 동일하게 나타나지 않고 1차로에서 최대인 2,194승용차대/시/차로 즉, 2,200승용차대/시/차로이며, 2, 3, 4차로순으로 감소 되었다. 차로별 용량의 합은 7,948승용차대/시/4차로이며, 차로당 평균 1,987승용차대/시/차로가 산출되었다.

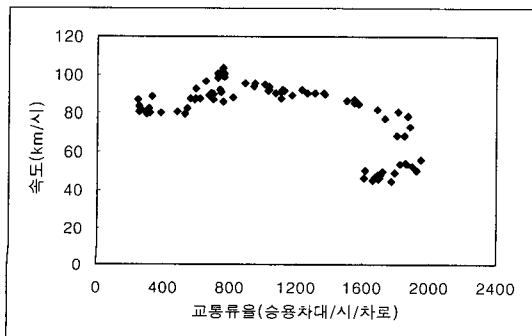
셋째, 15분간 전체차로의 용량을 결정하였는데

<표 16> 기본 구간의 용량 (단위:승용차대/시)

구 분	이상적인 용량	차로별 용량	전체차로 용량	서비스 용량
4차로 기준	8,800	7,948	7,744	7,638
차로당	2,200	1,987	1,936	1,910



<그림 4> 2차로 속도-교통류율 관계곡선



<그림 5> 3차로 속도-교통류율 관계곡선

〈표 17〉 고속도로 기본구간 국가별 용량 비교

(단위: 승용차/시/차로)

구 분	본 연구결과 (8차로 고속도로)			한국 '92 도로용량편람	미국 '94 도로용량 편람	일본 '84 도로용량 편람	독일 RAS-W
	이상적인 용량	전체차로용량	서비스 용량				
고속도로 기본구간 용량	2,200	1,936	1,910	2,200	4차로 2,200 6-8차로 2,300	2,200	1,800

15분간 전체 4차로의 용량은 7,744승용차대/시/차로이며, 차로당 환산하여 1,936승용차대/시/차로이다.

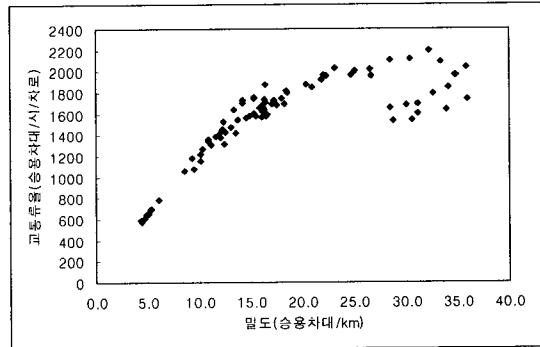
용량을 이상적인 용량, 차로별 용량, 전체차로 용량으로 나눌 수 있다. 앞의 연구 결과에서 나온 기본구간의 용량을 위의 3가지 용량으로 나타내면 다음과 같다. 첫째, 조사단위 15분간 1차로의 용량을 이상적인 용량으로, 둘째, 15분간 차로별 용량을 합하여 평균한 용량을 차로별 용량으로, 셋째, 15분간 전체차로 용량으로, 넷째, 이상적인 용량을 차로간 보정계수로 보정하여 서비스용량으로 결정하여 정리한 것이 〈표 16〉과 같다.

위 연구결과를 선행 연구된 다른 나라의 용량과 비교하여 정리하면 〈표 17〉과 같다.

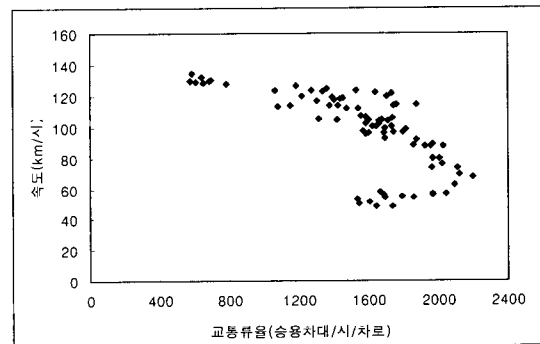
〈표 17〉에서 보는 바와 같이 본 연구에서 고속도로 기본구간의 이상적인 용량은 양방 4차로 상태의 도로시설로 용량을 결정한 '92 도로용량편람 연구 결과에 비해서 거의 차이가 없는 값이다. 그러나 실제 관측된 전체차로 용량이나 서비스 용량은 '92 도로용량편람 연구 결과와 미국의 '94 도로용량 편람에서의 8차로 고속도로 기본구간 용량 2,300승용차대/시/차로에 비해 적은 값을 나타내었다. 이러한 결과들은 '92 도로용량편람연구와 미국 '94 도로용량편람 연구가 차로간의 영향을 고려하지 않은 이상적인 용량의 결과를 바탕으로 한 값이기 때문이다.

2. 교통류 관계 분석

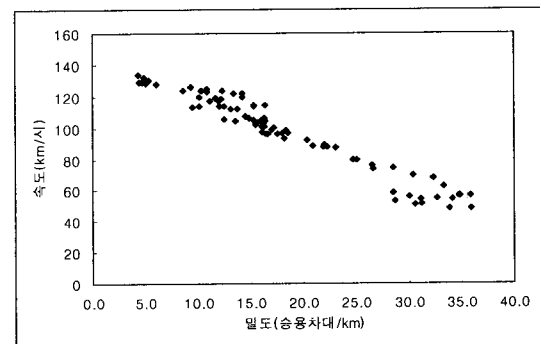
차로별 교통류 불연속점을 찾고 분석대상의 임계속도와 임계밀도를 조사하기 위하여 교통류 관계를 분석하였다. 교통류관계 분석은 관측일동안 이상적인 용량값을 나타내는 날을 대상으로 15분간 1차로의 밀도-속도, 교통량-밀도, 교통량-속도의 상관 관계를 규명하는 방법으로 진행하였다. 그 결과가 〈그림 7〉부터 〈그림 9〉에 제시되었다. 속도-밀도-교통량 관계 곡선에서 임계속도는 70km/시이고, 임계밀도는 32



〈그림 7〉 교통류용-밀도 관계곡선



〈그림 8〉 속도-교통류용 관계곡선



〈그림 9〉 속도-밀도 관계곡선

승용차대/시로 나타났다. 본 연구결과와 임계속도와 임계밀도의 관련 선행연구결과를 비교하면 〈표 18〉, 〈표 19〉와 같다.

〈표 18〉 고속도로 기본구간 임계속도 비교 (단위:km/시)

구 분	본 연구 (8차로 고속도로)	한국 '92도로용량편람	미국 '94도로용량편람
임계 속도	70	50	4차로 85 6-8차로 80

〈표 19〉 고속도로 기본구간 임계밀도 비교
(단위:승용차대/km)

구 분	본 연구 (8차로 고속도로)	한국 '92도로용량편람	미국 '94도로용량편람
임계 밀도	32	44	4차로 26 6-8차로 29

표의 비교에서 '92 도로용량편람에 비해 임계속도는 20km/시가 증가되고, 임계밀도는 12승용차대/km 감소되었다. 이것은 '92 도로용량편람 연구 당시 보다 차량의 성능이 우수해졌으며, 일방향 4차로에서 1차로 구간의 차량성능이 우수한 차량이 주류를 이루고 있기 때문인 것으로 풀이된다.

상기의 두 표에서 보는 바와 같이, 본 연구의 결과는 '92 도로용량편람보다 현재 최신 개정판으로 사용되고 있는 미국 '94 HCM의 결과에 많이 접근하고 있는 양상을 보이고 있으며 최근 선진 외국에서 수행하고 있는 관련 연구 결과와 비슷한 결과를 도출함으로써 신뢰성이 있는 것으로 판단된다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구는 차로 설계 및 계획, 교통상태분석에 지표로 사용되는 용량에 대한 결정방법에 대해 고속도로 8차로 기본구간을 중심으로 다루었다. 고속도로 기본구간의 기하구조와 선형이 본 연구대상으로 타당하게 판단되는 고속도로 경부선 상행 25.2km지점을 선정하였다. 사용된 교통량자료는 FTMS(고속도로 교통관리 시스템) 경부선 상행 25.2km 지점에 설치된 Loop검지기를 이용하여 수집하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결론들은 다음과 같다.

- (1) 고속도로 8차로 기본구간의 용량은 다음과 같이 결정되었다.

구 분	이상적인 용량	차로별 용량	전체차로 용량	서비스 용량
편도 4차로 기준	8,800	7,948	7,744	7,638
차로당	2,200	1,987	1,936	1,910

- (2) 교통와해직전의 안정류 영역에서 차로간의 교통류를 관계를 이용하여 8차로 고속도로의 차로별 상관계수 및 보정계수는 다음과 같이 제시한다.

구분	보정계수	1차로	2차로	3차로	4차로
상관계수	0.868	1.00	0.911	0.885	0.676

- (3) 용량분석시 이상적인 용량(2,200pcphpl)을 사용하여 LOS E의 서비스교통량을 구할 때, 8차로 고속도로의 차로간 보정계수 $f_L=0.868$ 을 추가로 적용할 것을 제안한다.

$$SF_E = MSF_E \times N \times f_w \times f_{hw} \times f_L$$

또한, 보정계수를 적용하지 않을 경우에는 일방향 4차로의 경우, 전체차로 통과용량 1,936승용차대/시/차로를 적용할 것을 제안한다.

- (4) 8차로 고속도로 기본구간의 임계속도는 70km/시, 임계밀도는 32승용차대/km로 나타나서 기존의 임계속도 50km/시 보다 20km/시 정도가 높아졌고 임계밀도는 12대 정도 낮게 분석되었다.

본 연구결과가 고속도로 기본구간의 일반적인 사항을 다루고 있지만, FTMS Loop검지기에서 검지된 교통량이 차종구분이 되지 않아 고속도로 용량 연구에 필요한 요소가 완전히 다루어지지 못하는 못하였다. 이를 위해 실측 자료를 추가로 조사하여 수행하였으나, 향후에는 FTMS Loop검지기 교통량 조사시 차종구분의 조사가 병행될 수 있는 방법이 해결되어야 할 것이며, 고속도로의 교통류는 시대의 변화하는 차량, 도로, 운전자에 따라 특성이 변화하므로 승용차 환산계수에 대한 연구와 4차로 및 6차로 고속도로에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국도로공사(1992), "도로설계요령 제1권 도로 설계 및 기하구조".
2. 건설부(1992), "도로용량편람".
3. 건설기술연구원(1992), "도로용량편람 연구조사 제3단계 최종보고서".

4. 건설부(1990), "도로의 구조·시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침".
5. 김상구(1997), "고속도로 합류구간 교통특성 및 용량모형식 개발 연구", 박사학위논문, 서울대학교.
6. 도철웅(1996), "교통공학원론(상)", 청문각.
7. 한국도로공사(1998), "1997년도 고속도로 교통량 조사".
8. 한국도로공사(1996), "FTMS 구간별 교통량".
9. AASHTO(1994), "A Policy on Geometric Design of Highways And Streets", Washington, D.C.
10. TRB(1985), "Highway Capacity Manual Special Report 209", Washington, D.C.
11. TRB(1994), "Highway Capacity Manual Special Report 209". Third Edition, Washington, D.C.
12. F. L. Hall and K. Agyemang-Duah (1991), "Freeway Capacity Drop and the Definition of Capacity", TRR 1320, TRB.
13. J. Ringert and T. Urbanik II(1993), "Study of Freeway Bottlenecks in Texas", TRR 1398, TRB.