

□ 논 문 □

우리나라 양방향 2차선 도로의 용량 및 서비스 수준 체계에 관한 연구

Determination of Two-Lane Highway Capacity and Level of Service in Korean Rural Roads

최재성

(서울市立大學校 都市計劃學科 教授)

目 次

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| I. 서론 | 1. 현장 조사 개요 |
| II. 2차선 도로의 용량 및 서비스 수준 분석 이론 | 2. 우리나라 2차선 도로의 용량 |
| 1. 용량 산정 이론 | 3. 우리나라 2차선 도로 서비스 수준 정립 |
| 2. 승용차 환산 계수 산정이론 | IV. 결 론 |
| 3. 서비스 수준 결정 이론 | |
| III. 우리나라의 2차선 도로 용량 및 서비스 수준 | |

Abstract

Two-Lane, two-way roads account for approximately 92% of total road length in Korea and accomplish the majority of regional transport activities. Nevertheless not too many research have been made on two-lane roads, particularly efficiency related topics such as capacity and travel time studies. In this study a full scale data collection was conducted using video equipments on rural two-lane roads to determine capacity, Passenger Car Equivalents(PCE), and Level of Service criterion. Various PC programs were utilized to reduce traffic data and Walker Method and Headway Method were employed to determine PCE's for heavy vehicles.

The reseach has shown that capacity and PCE's for two-lane, two-way roads in Korea are 3200 pcph and 1.1~1.9, respectively. In addition percent time delay was used as the basis of developing Level of Service criterion on two-lane roads in Korea.

I. 序 論

양방향 2차선 도로는 중앙분리대를 두고 편도 1차선으로 교통량을 처리하는 도로형태로서 4차선 이상의 도로에 비해 교통량의 증감에 따라 교통류의 질이 대단히 민감하게 변화하는 도로이다. 또한 교통량과 더불어 트럭이나 버스 등 저속으로 주행하는 차량이 혼입하는 경우 편도 1차선인 상황때문에 중앙분리대를 통해 추월하지 않는 한 뒤따르는 차량의 속도는 저속차량의 속도와 같아질 때까지 감소해야만 하므로 교통류에는 충격과 발생하게 되며 차량추종이론(Car-following theory)이 지배하게 되어 차량군(Vehicle platoon)이 형성되어진다. 이렇게 볼 때 2차선 도로의 교통류 상태를 분석하기 위해서는 매우 다양한 형태의 분석이론이 필요하게 되며 더우기 교통류의 질을 객관적으로 판단하기 위해 사용되는 서비스 수준을 결정하기 위해서는 과연 서비스 수준의 척도를 무엇으로 할 것인가 하는 문제와 함께 이상적인 2차선 도로에서의 양방향 최대통과 승용차 교통량, 즉 용량이 얼마일까 하는 문제가 반드시 정립되어야 한다.

본 연구에서는 우리나라의 2차선 도로중 서울~강릉간 영동 고속도로에서 기하구조상 이상적인 조건을 만족시키는 도로지점을 대상으로 하여 비디오 촬영에 의한 현장조사를 실시하고, 비디오 tape를 분석하기 위해 PC용 Computer Program을 사용하여 교통량을 추출함으로써 용량을 산정하고, 동시에 용량과 자유교통류 사이의 중간단계 교통류 질을 객관적으로 나타낼 때 사용되는 서비스 수준 산정 기법에 대해 알아보았다.

II. 2차선 도로의 용량 및 서비스 수준 분석 이론

그러면 지금까지 교통분야 실무자에게 알려

져 있는 2차선 도로의 용량 및 서비스 수준 분석 기법은 어떠한 분석이론을 가지고 있는가? 우리나라의 경우 현재 몇몇 관심있는 학자들 간에 용량산정기법이 논의되고 있고 소규모 연구결과가 나타나고 있을 뿐 아직도 2차선 도로는 고속도로나 신호교차로에 비해 주된 연구대상이 된적이 없다. 이는 우리나라에서 1988년 말 현재 2차선 도로가 전체 도로의 무려 92%에 해당하는 높은 분포를 가지고 대다수 지역간 수송을 담당하고 있는 사실에 비추어 볼 때 매우 안타까운 현실이라 하겠다.⁽¹⁾ 외국에서는 이미 1930년대부터 교통류 분석이론을 정립하기 시작하여 1950년대에 최초로 각 도로형태에 대한 용량산정기법을 정립하려는 노력이 이루어졌고, 1965년에는 비교적 합리적이며 현실적인 형태의 도로교통용량편람(Highway Capacity Manual)이 정립된 바 있다. 1965년의 HCM은 여러 도로시설별로 용량 및 서비스 수준을 산정하는 기법에 대해서 잘 설명하고 있는데, 2차선 도로에 대해서는 주행속도를 근거로 하여 서비스 수준을 산정하고 있고, 미국의 Powell Walker씨가 제안한 2차선 도로에서의 승용차 환산계수 산정기법을 적용하여 2차선 도로에서의 용량을 2000 승용차 환산대/시로 보았다.⁽²⁾

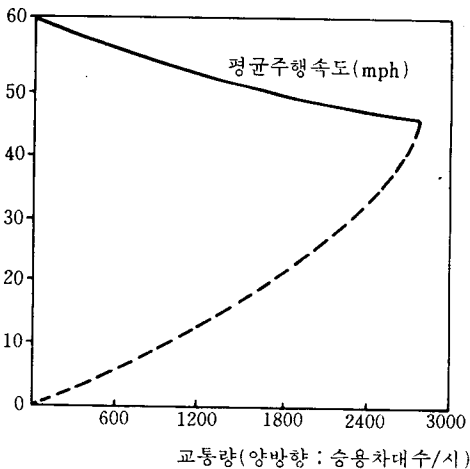
한편 1965년판 HCM을 개정한 1985년판 HCM은 2차선 도로의 용량을 2800 승용차 환산대/시로 증가시킬 것을 제안함과 동시에 2차선 도로에서 주행속도를 서비스 수준 산정의 척도로 하였을 경우 발생하는 문제점을 해결코자 지체시간 백분율을 통해 서비스 수준을 결정했는데⁽³⁾ 이러한 시도는 종전의 방법에 비해 운전자들이 실제로 느끼는 교통류의 질을 보다 정확하게 나타내는 것으로 인식되고 있다.

1. 용량산정이론

용량을 결정하기 위해서는 현장조사를 통해 최대 교통량이 나타나는 때를 발견되는 방법

과 교통량-속도-밀도 간의 관계식을 통하여 산술적으로 결정하는 방법이 있다. 이때 사용되는 交通量 자료는 도로의 기하구조가 매우 양호하여 도로를 개선한다고 하더라도 더 이상 교통량 증가를 기대할 수 없는 도로상태를 기준으로 하며 이 도로를 주행하는 교통류가 승용차만으로 구성되어있고 방향별 분포가 균등한 상태를 나타내어야 한다.

美國의 1985년판 HCM에서는 2차선 도로의 용량을 결정하기 위해 (그림 1)과 같은 교통류 자료를 근거로 했는데 이 때 평균주행속도는 이상적인 도로 조건을 만족시키는 도로에서 산출된 것이다.



(그림 1) 미국 1985년 도로교통용량편람의 속도와 교통량 관계곡선

한편 이론적으로 용량을 구하기 위해서는 이상적인 도로조건하에서 얻어진 속도, 밀도 간 관계식을 $u = -ak + b$ 로 했을 때 $q = uk$ 식을 통해 $q = (-ak + b)k$ 가 되고 $dq/dk = 0$ 인 점에서 용량이 발생한다고 생각하여 $dq/dk = (-ak + b) + (-a)k = -2ak + b = 0$ 즉, $k = b/2a$ 인 점에서 용량이 발생하고 그 때의 交通量은 $q = [-a(b/2a) + b](b/2a) = b^2/4a$ 으로 된

다. 물론 이론적인 계산을 통한 방법은 속도와 밀도와 관계식을 어떻게 정하는가에 따라 예에서 보여진 상당히 단순한 해 이외에도 매우 복잡한 비선형식을 풀어야 하는 경우도 발생하게 된다.

2. 승용차 환산계수 산정 이론

1절에서 설명한 용량산정 방법에서 사용하는 교통량은 승용차만으로 구성된 교통량이어야 한다. 따라서 혼합교통류를 승용차 교통류로 환산하기 위한 승용차 환산계수가 필요한데, 승용차 환산계수는 도로의 대략적 특성만을 기준으로 하여 평지, 구릉지, 산악지로 구분하여 각 지형별 승용차 환산계수를 제시하는 방법과 보다 상세한 도로의 기하학적 특성 특히 상향중단구배지에 대해 적용하는 2가지 적용방법이 있다.

본 연구의 주된 관심사는 도로의 대략적 특성에 따른 지형별 승용차 환산계수의 결정이다. 미국의 1985년판 HCM에서 사용되고 있는 지형별 승용차 환산계수는 평탄지역에서는 차두간격 방법(Headway Method)을 사용해서 결정되었고, 구릉지 및 산악지형에서 Walker 방법으로 결정되었다.¹¹⁾ 구릉지와 산악지형에서 Walker방법을 사용한 것은, 차두간격 방법은 중차량이 승용차에 비해 갖는 두가지 용량 감소 요인 즉, 차량의 성능이 떨어짐으로써 차두간격이 멀어지는 것과 차량 자체의 크기가 승용차에 비해 크기 때문에 도로의 점유면적이 큰 두가지 요인중 두번째 요인을 설명할 때는 적합한 산정식이 될 수 있으나 만약 대상도로가 산악지형이나 구릉지형인 경우 중차량이 승용차와 같은 등판 능력을 갖지 못함으로써 발생하는 용량감소요인을 설명하지 못하기 때문이다.

다음은 승용차 환산계수를 산정하는데 사용되는 차두간격에 의한 방법과 추월욕망에 의한 방법에 대한 보다 상세한 이론적 설명이다.

1) 차두간격에 의한 승용차 환산계수 결정식

먼저 승용차만으로 구성된 교통량과 중차량이 p인 비율로 포함된 혼합 교통량을 승용차 환산계수를 사용하여 환산된 교통량은 이론적으로 같아야 하므로 다음과 같은 식이 산출된다.

$$PCE = \frac{1}{P} \left(\frac{q_p}{q_m} - 1 \right) + 1 \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

여기서,

q_p = 승용차로만 구성된 교통량

q_m = 혼합 교통량

p = q_m 에 포함된 중차량의 혼합율

그런데 교통량과 차두간격에는 다음 식과 같은 관계가 있다.

$$q_i = \frac{3600}{\bar{h}_i} \dots\dots\dots \text{식(2)}$$

여기서,

\bar{h}_i = 평균 차두간격(초)

q_i = 승용차만으로 구성된 교통량 혹은 혼합 교통량(대/시)

식(1), (2)에서

$$PCE = \frac{1}{p} \left(\frac{\bar{h}_m - \bar{h}_b}{\bar{h}_b} \right) + 1 \dots\dots\dots \text{식(3)}$$

혼합 교통량에서 차량의 조합은 승용차-승용차, 승용차-중차량, 중차량-승용차, 중차량-중차량의 4종류로 구성되어 있으므로 이들의 평균 차두간격을 구하기 위해서는 다음과 같은 식을 사용해야 한다.

$$\bar{h}_m = (1-p)^2 \bar{h}_{mmp} + p(1-p)\bar{h}_{mp} + p(1-p)\bar{h}_{mtp} + p^2\bar{h}_{mtp} \dots\dots\dots \text{식(4)}$$

한편 승용차만으로 구성된 교통량에서는 $\bar{h}_m = \bar{h}_{mmp}$ 이므로 식(3), (4)에서

$$PCE = \frac{1}{p} \left(\frac{(1-p)^2 \bar{h}_{mmp} + p(1-p)\bar{h}_{mp} + p(1-p)\bar{h}_{mtp} + p^2\bar{h}_{mtp} - \bar{h}_{mmp}}{\bar{h}_{mmp}} \right) + 1 \dots\dots\dots \text{식(5)}$$

식(5)에서 볼 때 승용차 환산계수란 혼합 교통량의 평균 차두 간격을 구하기 위해서 각 차종조합에 대한 개별적 평균 차두 간격을 반영하여 평균 차두 간격을 구한 다음 승용차로만 구성된 교통량의 승용차 평균 차두 간격에 비교함으로써 얻어지는 값이다. 실제적으로 이 값을 구하기 위해서는 차종을 승용차와 중차량의 2가지로만 구분하더라도 식(5)와 같이 복잡한 형태가 되는데 만약 중차량을 버스, 경차량, 중차량 등으로 구분한다면 식(5)보다 훨씬 복잡한 형태가 될 것이므로 $\bar{h}_{btp} = \bar{h}_{mtp}$ 로 가정하는 경우가 많다.

$\bar{h}_{btp} = \bar{h}_{mtp}$ 로 가정하면 식(5)를 다음과 같이 단순화 시킬 수 있다.

$$PCE = \frac{(1-p)(\bar{h}_{mtp}\bar{h}_{mtp} - \bar{h}_{mmp}) + p\bar{h}_{mtp}}{\bar{h}_{mmp}} \dots\dots\dots \text{식(6)}$$

식(6)이 성립하기 위해서는 혼합 교통류에서 차량군의 선두가 중차량이든 승용차이든 상관없이 승용차-승용차 차두간격은 같다고 보아야 한다. 일반적으로 환산계수는 중차량으로 발생하는 세가지 용량 감소 원인인 ⅰ) 중차량의 주행 성능이 승용차에 뒤지는 특성, ⅱ) 중차량의 크기가 승용차보다 큰 특성, ⅲ) 중차량이 승용차 앞에서 주행하는 경우 시야가 가리우고 심리적인 부담을 지움으로써 승용차가 되도록 간격을 피우려고 함으로써 발생하는 용량감소 효과를 반영해야 하는데, 식(6)에 근거한 차두간격 방법은 ⅰ)과 ⅱ)를 충분히 반영하고 있으므로 2차선 도로의 대략적인 특성만을 고려한 승용차 환산계수 산정방법에 적합하다. 또한 식(6)을 사용하면 혼합 교통량 자료만 가지고도 승용차 환산계수를 산출할 수 있는 큰 장점이 있다.

2) 추월 욕망에 근거한 승용차 환산계수 결정식

1965년판 미국HCM은 단위거리에 대해 승용차 교통량 중 1대의 중차량이 함께 주행하는 경우 중차량을 추월하는 승용차 대수와 승

용차를 추월하는 대수를 비교함으로써 환산계수를 얻는다. 이 방법은 위에서 설명한 승용차 환산계수 산정시의 반영되어져야 할 중차량이 용량감소 효과중 (i)만을 주로 고려한 것으로서 평탄지형과 같이 차량별 성능 차이가 두드러지지 않는 곳에서는 사용하기 곤란하고, 교통량이 많지 않고 굴곡지형이나 산악지형인 경우에 적합한 산정이론이다. 이때 승용차 끼리의 추월횟수를 구하기 위해서는 다음 식을 사용한다.

$$P_p = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=2}^m c_i - c_j \left(\frac{1}{V_i} - \frac{1}{V_j} \right) \dots \text{식(7)}$$

여기서,

P_p = 1km당 승용차끼리의 추월횟수(회/km)

V_i = 저속 승용차의 속도(km/시)

V_j = 고속 승용차의 속도(km/시)

C_i = 저속 승용차의 교통량(대/시)

C_j = 고속 승용차의 교통량(대/시)

m = 한방향의 승용차 교통량(대/시)

따라서 승용차 1대에 대한 이론적인 추월횟수는 다음 식과 같다.

$$P_{kp} = \frac{P_p}{m} \dots \text{식(8)}$$

똑같은 방법으로 중차량 1대에 대한 이론적인 추월횟수를 구하면 다음 식과 같다.

$$P_{kt} = \sum_{i=1}^m C_i \left(\frac{1}{V_i} - \frac{1}{V_i} \right) \dots \text{식(9)}$$

여기서,

P_{kt} = 1km당 중차량 1대를 추월하는 승용차 대수(회/km)

V_i = 승용차의 평균속도(km/시)

C_i = 속도 V_i 를 가진 차량의 수

V_i = 중차량의 평균속도(km/시)

결국 중차량에 대한 승용차 환산대수는 다음 식과 같다.

$$PCE = \frac{P_{kt}}{P_{kp}} \dots \text{식(10)}$$

이 방법은 추월횟수를 산정하기 위해 승용차나 중차량의 평균 주행속도를 사용하므로 교통량이나 도로조건에 따른 주행속도의 변화 상태를 알 수 있어야 한다. 그러나 이들을 결정하는 것은 현실적으로 쉽지 않은 일이기 때문에 적용하지 못하는 때가 많으며 식(10)에서 볼 수 있듯이 이 방법은 중차량과 승용차간의 이론적인 추월횟수에만 근거했을 뿐 이에 못지 않게 중요한 반대편 주행 교통량을 고려하지 않고 있기 때문에 비현실적인 수치를 산출하는 경우가 있다.

3. 서비스수준 決定 理論

승용차 환산계수를 알고 나면 혼합 교통량을 승용차로만 구성된 교통량으로 환산할 수 있게 되며 교통량, 속도 간의 관계식을 통하여 교통량에 따른 속도 혹은 밀도의 변화 상태를 규명함으로써 서비스 수준을 결정하게 된다. 현재 사용되고 있는 서비스 수준의 표시 방법은 교통량이 매우 작을 때를 A라 하고 교통혼잡이 발생할 때를 F로 하고 있으나 이는 사용자의 편의를 위한 것일뿐 그 구분에서 이론적 배경을 담고 있지는 않다. 美國의 1985년판 HCM 2차선 도로의 용량산정 절차에 기술한 서비스 수준 산정 방법은 <표 1>과 같은 구분에 따르고 있다.

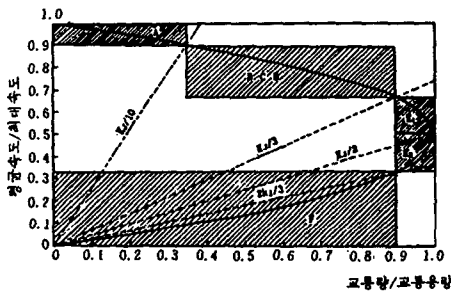
이와 같은 구분은 A-E의 서비스 수준이 갖는 평균속도의 구분을 균등하게 2.5mph씩으로 한 것이다. 일반적으로 교통량이 적을 때는 교통량의 증가에 따른 서비스 수준의 감소 현상이 두드러지지 않고, 교통량이 비교적 많을 때에야 교통량에 따라 서비스 수준이 민감하게 변화하는 것이 통례이므로 일정한 변화속도에 따라 서비스 수준을 구분하는 것은 비현실적인 것이라 할 수 있다. 또 한가지 유의할 점은 2차선 도로에서 서비스 수준을 정립하기 위해 교통량과 속도 혹은 밀도간의 관

〈표 1〉 미국 1985년판 HCM에서 사용한 2차선 도로의 서비스 水準 척도

양방향 교통량 (승용차대수/시)	차선당 교통량 (승용차 대수/시/차선)	평균속도 (mph)	서비스 수준
400	200	57.5	A
700	350	55.0	B
1100	550	52.5	C
1700	850	50.5	D
2800	1400	45.0	E
2800이상	1400이상	45.0미만	F

자료 : (3)

계만을 근거로 하는 경우 중차량때문에 발생 하는 차량군의 형성과정이나 추종이론이 충분히 반영되기 어렵기 때문에 교통흐름의 대체적인 경향을 넘어서는 보다 상세한 교통흐름 분석이 곤란하다는 것이다. 〈그림 2〉는 미국의 1965년판 HCM에서 서비스 수준을 정립하기 위해 사용했던 방법을 도시하고 있다.⁽²⁾



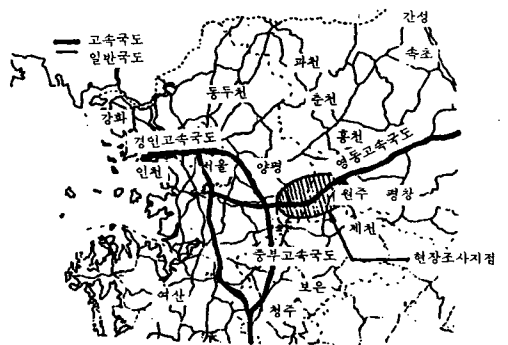
〈그림 2〉 미국 1965년판 HCM의 서비스 선정 기준

〈그림 2〉에서 보듯이 교통흐름이 용량상태가 되는 때는 평균속도가 자유흐름시 속도의 약1/3이고 밀도가 정체시 밀도의 약2/3에 해당하는 상태를 가리키고 있는데 이는 1985년판 HCM에서 사용한 기준에 비해 상당히 현실적이라 할 수 있다. 따라서 1985년판 HCM의 2차선 도로 서비스 수준 선정의 배경이 되는 〈표 1〉은 〈그림 2〉의 취지를 받아들여 다소 수정해야 할 여지가 있다.

Ⅲ. 우리나라의 2차선 도로 용량 및 서비스 水準

1. 현장조사 개요

본 연구에서는 2차선 도로의 용량과 서비스 수준을 결정하기 위해 우리나라 2차선 도로중 이상적인 조건을 갖추고 있으며, 교통량도 매우 적을 때부터 매우 많을 때까지 충분히 나타나고 있는 것으로 판단되는 영동고속도로 중에서 평탄지 구간을 택하여 비디오 장비를 이용하여 현장조사를 수행했다. 〈그림 3〉은 본 연구를 위한 자료를 수집한 지점의 위치도이다.



〈그림 3〉 현장조사 지점 위치도

현장조사 결과 1990.11.24에 혼잡 교통량으로 3068대를 기록하여 최대 교통량을 나타냈으며 이때 중차량 혼입율은 트럭 9%, 버스 13%

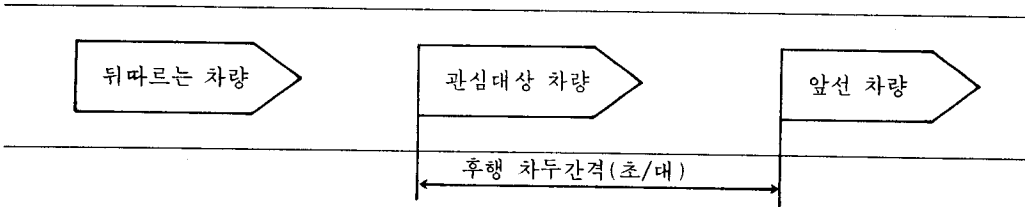
이었다. <표 2>는 본 연구의 현장조사에서 사용한 차량 형태별 특성이다.

<표 2> 현장조사시의 차종구분

차종 구분	기 준
승용차	일반적인 승용차, 9인승 차량, 1.4톤 이하의 트럭
버 스	고속버스 및 일반버스
트 럭	2.5톤 이상의 트럭, 트레일러 연결차, 특수차 등

한편 차두간격은 비디오 장비와 PC 386을 활용하여 전산처리함으로써 추출했는데, <그림 4>에서 도시한 몇가지의 차두간격 측정방법중 후행차두간격을 사용함으로써 측정대상 차량의 크기에 의한 용량감소효과와 주행성능 차이에서 발생하는 차두간격의 증가를 동시에 고려하고자 하였다.

<표 3>은 현장조사 결과에서 나타난 교통량 특성을 15분 단위로 요약하여 표시한 것이다.



<그림 4> 차두간격의 측정방법

2. 우리나라 2차선 도로의 용량

1) 승용차 환산 계수

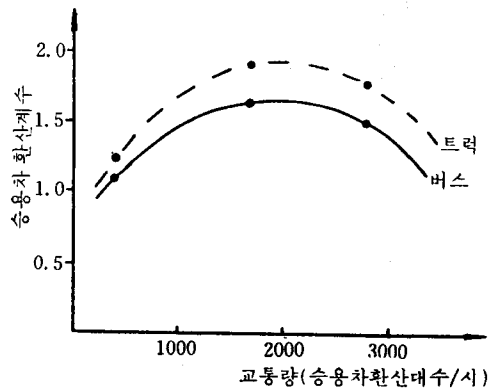
용량을 결정하기 위해서는 교통량에 따라 속도 혹은 밀도가 어떻게 변화하는지를 알아야 하는데 혼잡 교통량을 승용차만으로 구성된 교통량으로 환산하는 과정에서 꼭 필요한 승용차 환산계수를 결정하기 위해 본 연구에서는 2절에서 제시한 방법을 통해 <표 4>와 같은 승용차 환산계수를 결정했다.

<표 4>에서 제시된 바와 같이 우리나라 2차선 도로에서의 승용차 환산계수는 서비스水準의 변화에 따라 예상했던 만큼은 민감하게 반응하지 않는데 이는 2차선 도로 평탄지형에서 중차량이 승용차와 별반 다름없는 특징을 보이기 때문인 것으로 판단된다. <표 4>의 결과를 그림으로 표시해 보면 <그림 5>에서 보듯이 交通量의 증가에 따라 승용차 환산계수 불룩곡선 형태로 변화하는데 交通용량에 접근하면서 승용차 환산계수가 감소하는 것은 용

량상태에서 중차량이 미치는 영향이 많은 교통량에 의해 상쇄되기 때문인 것으로 판단된다.

2) 용량

용량을 구하기 위해서는 <표 3>의 2차선 도로 현장조사 자료를 <표 4>를 통하여 승용차



<그림 5> 우리나라 2차선 도로 평탄지형에서의 승용차환산계수 변화곡선

〈표 3〉 현장조사 결과를 분석한 15분간 혼합 교통량 및 속도

조 사 지 점 및 조 사 일자	방 향 별				양 방 향	
	서 → 동		동 → 서		교통량 (VPH)	속 도 (KPH)
	교통량 (VPH)	속 도 (KPH)	교통량 (VPH)	속 도 (KPH)		
신갈-용인 1989. 11. 16 PM 2 : 45 - 5 : 20	849	82.5	399	97.5	1248	87.3
	946	78.4	632	88.1	1578	82.3
	874	76.3	734	80.0	1608	78.0
	727	77.1	1001	74.1	1728	75.4
	969	80.1	717	79.6	1686	79.9
	733	85.1	582	79.9	1315	82.8
	589	83.1	724	85.8	1313	84.6
	830	85.4	640	83.8	1470	84.7
	270	76.4	697	80.9	1967	78.0
	648	77.5	752	80.6	1400	79.1
	793	83.3	663	79.0	1456	81.3
	866	78.5	654	75.9	1520	77.3
호법-이천 1990. 9. 8 PM 3 : 30 - 4 : 30	258	70.8	1288	57.7	2546	64.1
	102	75.0	1367	63.7	2469	68.8
	263	62.6	1072	27.1	2335	46.3
	239	64.8	860	20.6	2099	46.6
호법-이천 1990. 10. 1 AM 10 : 30 - 12 : 30	895	79.6	653	83.9	1548	81.4
	852	80.9	619	83.4	1471	82.0
	741	82.5	604	81.9	1345	82.2
	926	81.2	623	84.0	1549	82.3
	223	70.5	555	80.2	1778	73.5
	173	69.1	733	77.9	1906	72.5
	081	69.9	590	75.8	1671	72.0
	149	73.5	583	81.9	1732	76.3
호법-이천 1990. 11. 3 AM 7 : 15 - 9 : 00	180	90.7	241	98.7	421	95.3
	186	91.9	281	93.1	467	92.7
	220	93.9	280	93.2	500	93.5
	245	95.4	396	84.9	641	88.9
	298	89.4	247	87.9	545	88.7
	289	92.8	333	83.9	622	88.0
	237	91.6	350	87.6	587	89.2
호법-이천 1990. 9. 29 PM 3 : 50 - 5 : 40	101	67.1	1178	66.5	2279	66.7
	055	57.2	1221	43.2	2276	49.7
	006	56.5	1209	42.8	2215	49.0
	042	55.5	1027	43.5	2069	49.5
	023	57.3	857	48.2	1880	53.1
	863	57.4	1003	44.0	1866	50.2

조사지점 및 조사일자	방향별				양방향	
	서 → 동		동 → 서			
	교통량 (VPH)	속도 (KPH)	교통량 (VPH)	속도 (KPH)	교통량 (VPH)	속도 (KPH)
호법-이천	062	74.1	287	79.5	1889	76.5
1990.11.24	113	67.7	742	82.2	1855	73.5
AM 11:50	104	70.1	758	72.5	1862	71.1
- 1:50	102	71.3	967	81.2	2069	75.9
PM 2:10	031	68.2	783	76.5	1814	71.8
-4:00	972	68.5	957	73.5	1929	71.0
PM 4:15	933	73.3	995	65.0	1928	69.0
-5:30	034	72.8	1033	71.0	2067	71.9
	134	71.3	1030	72.9	2164	72.0
	887	77.0	1042	70.6	1929	73.5
	119	63.6	1085	73.6	2204	68.5
	951	79.7	1047	75.2	1998	77.3
	072	76.7	1253	59.8	2325	67.6
	267	70.2	1302	61.8	2569	66.0
	141	75.9	1308	64.1	2449	69.6
	234	70.5	1238	64.1	2472	67.3
	179	68.0	1283	68.8	2462	68.4
	366	60.2	1231	64.0	2597	62.0
	090	71.7	1281	61.8	2371	66.3
	141	74.6	1329	65.8	2470	69.8
	831	78.7	1273	55.7	2104	64.8
문막-원주	209	95.8	128	90.8	337	93.9
1990.11.16	242	90.7	175	94.0	417	92.1
AM 7:55	261	100.4	111	88.4	372	96.8
-9:15	256	92.4	235	93.7	491	93.0
1990.11.15	189	94.6	189	94.6	378	94.6
PM 2:05	459	82.2	362	88.6	821	85.0
-4:00	398	98.2	320	94.3	718	96.5
	378	94.2	404	87.1	782	90.5
	309	94.4	443	92.8	752	93.4
	324	93.2	423	87.5	747	89.9
	365	93.8	377	91.3	742	92.5
	416	87.2	438	85.3	854	86.2
	211	92.8	369	89.3	580	90.6
문막-원주	666	82.8	435	84.1	1101	83.3
1990.11.29	580	87.8	429	88.6	1009	88.2
PM 3:45	632	86.7	467	81.9	1099	84.6
-5:20	572	89.2	483	86.8	1055	88.1
	682	79.2	556	87.7	1238	83.0
	651	80.8	627	84.0	1278	82.3

〈표 4〉 우리나라 2차선도로로 평탄지형에서의 중차량에 대한 승용차 환산계수

차량 형태	서비스 수준	서비스 수준	서비스 수준	서비스 수준
	A*	B, C, D**	E***	
버스	1.1	1.6	1.5	
트럭	1.2	1.9	1.8	

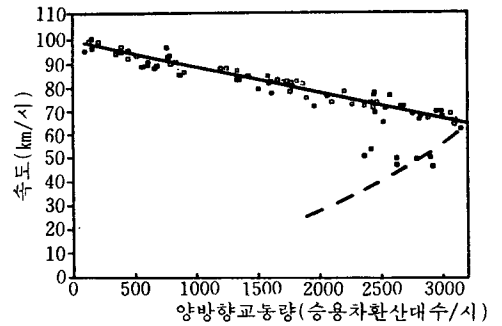
*) Walker 방법 사용
 **) 지체시간 방법 사용
 ***) 차두간격 방법 사용

교통량으로 환산한 후 교통량에 따른 속도 혹은 밀도의 변화상태를 분석해야 한다. 〈표 5〉는 현장조사 자료를 승용차 환산교통량으로 제시한 것으로서 〈그림 6〉은 〈표 5〉에 제시된 교통량에 따른 속도의 변화를 나타낸다.

〈그림 6〉에서 보면 교통량 증가에 따라 2차선 도로의 평균속도는 비교적 민감하게 변화하는 것을 알 수 있으며, 교통량이 약 3,200 승용차대수/시에 도달하고 나면 최대 통과 교통량 즉 용량 상태를 나타내게 된다. 현장조사지점은 기하구조상 이상적인 조건을 만족시키고 있으며 교통량의 방향별 분포에 있어 50/50의 균형을 이루지 않고 있으나 이러한 교

통조건을 만족시키는 경우를 조사하기란 사실상 불가능하므로 본 연구에서는 방향별 분포에 대해 영향이 없는 것으로 생각한다.

일반적으로 한 나라의 道路交通容量을 결정하기 위해서는 도로시설별로 지역간 균형을 고려하여 충분한 현장 조사결과를 분석해서 현실적으로 도달가능한 최대 교통량을 찾아내는 작업이 선행되어야 하나 본 연구에서 선정된 현장조사지점은 이미 연구 수행된 건설부의 연구 용역결과를 반영한 것이므로⁽⁴⁾ 그러한 우려는 해결된 것으로 본다.



〈그림 6〉 우리나라 2차선 도로의 교통량-속도의 관계곡선

〈표 5〉 現場調査 結果를 분석한 승용차 환산 交通量 및 교통특성

조사지점 및 조사일자	방향별 승용차 환산 교통량		양 방 향			
	서 → 동	동 → 서	교통량(pcph)	밀도(대/km)	속도(km/h)	지체시간백분율
신갈-용인	934	415	1349	14.3	87.3	66.6
1989. 11. 16	1066	656	1722	19.2	82.3	75.4
PM 2 : 45	1017	765	1781	20.6	78.0	75.7
- 5 : 20	876	1039	1914	22.9	75.4	77.5
	1073	730	1802	21.1	79.9	76.1
	754	601	1355	15.9	82.8	61.5
	698	745	1443	15.5	84.6	60.3
	947	657	1604	17.4	84.7	68.3
	1489	722	2211	25.2	78.0	79.5
	760	769	1529	17.7	79.1	71.3
	931	682	1612	17.9	81.3	64.1
	966	670	1635	19.7	77.3	60.5

조사지점 및 조사일자	방향별 승용차 환산 교통량		양 방 향			
	서 → 동	동 → 서	교통량(pcph)	밀도(대/km)	속도(km/h)	지체시간백분율
호법-이천	1516	1589	3105	39.7	64.1	88.9
1990.9.8	1366	1704	3070	35.9	68.8	85.2
PM 3:30	1512	1415	2927	50.4	46.3	82.7
-4:30	1484	1149	2634	45.0	46.6	79.7
호법-이천	1062	821	1882	19.0	81.4	74.9
1990.10.1	1023	766	1789	17.9	82.0	71.5
AM 10:30	849	778	1627	16.4	82.2	71.0
-12:30	1065	767	1832	18.8	82.3	74.0
	1415	702	2117	24.2	73.5	80.4
	1372	908	2279	26.3	72.5	81.0
	1272	706	1978	23.2	72.0	83.8
	1336	744	2079	20.3	76.3	78.5
호법-이천	198	264	461	4.4	95.3	35.2
1990.11.3	200	309	508	5.0	92.7	37.8
AM 7:15	234	299	532	5.3	93.5	39.8
-9:00	256	436	691	7.2	88.9	51.5
	320	269	589	6.1	88.7	44.8
	317	355	672	7.1	88.0	49.9
	249	373	622	6.6	89.2	47.0
호법-이천	1370	1521	2891	34.1	66.7	83.8
1990.9.29	1319	1597	2916	45.8	49.7	86.7
PM 3:50	1216	1582	2798	45.2	49.0	83.6
-5:40	1253	1376	2628	41.8	49.5	85.5
	1263	1171	2434	35.4	53.1	77.5
	1046	1330	2376	37.2	50.2	80.8
호법-이천	1335	1118	2453	24.7	76.5	81.2
1990.11.24	1426	1002	2428	25.2	73.5	82.2
AM 11:50	1417	1030	2447	26.2	71.1	83.0
-1:50	1395	1187	2582	27.3	75.9	81.5
PM 2:10	1320	1059	2379	25.2	71.8	79.8
-4:00	1267	1276	2544	27.2	71.0	88.9
PM 4:15	1182	1282	2464	27.9	69.0	83.7
-5:30	1334	1344	2678	28.7	71.9	83.2
	1427	1265	2692	30.0	72.0	86.0
	1131	1345	2476	26.2	73.5	81.0
	1391	1370	2761	32.2	68.5	84.7
	1159	1300	2460	25.8	77.3	79.7
	1307	1523	2830	34.4	67.6	86.4
	1473	1632	3105	38.9	66.0	88.7
	1384	1573	2957	35.2	69.6	87.9
	1504	1497	3001	36.7	67.3	89.3
	1428	1578	3006	36.0	68.4	87.0
	1643	1517	3160	41.9	62.0	89.7

조사지점 및 조사일자	방향별 승용차 환산 교통량		양 방 향			
	서 → 동	동 → 서	교통량(pcp/h)	밀도(대/km)	속도(km/h)	지체시간백분율
	1261	1557	2818	35.8	66.3	87.4
	1350	1646	2996	35.4	69.8	89.2
	1027	1505	2532	32.5	64.8	80.2
문막-원주	226	137	363	3.6	93.9	27.6
1990. 11. 16	263	191	454	4.5	92.1	33.5
AM 7 : 55	287	119	405	3.8	96.8	40.2
- 9 : 15	275	261	535	5.3	93.0	42.9
1990. 11. 15	201	206	407	4.0	94.6	45.4
PM 2 : 05	496	391	887	9.7	85.0	54.9
- 4 : 00	427	342	769	7.4	96.5	46.8
	407	437	844	8.6	90.5	55.9
	329	464	793	8.0	93.4	57.3
	348	456	804	8.3	89.9	58.5
	387	398	785	8.0	92.5	51.4
	444	468	912	9.9	86.2	56.8
	230	394	624	6.4	90.6	41.1
문막-원주	900	475	1375	13.2	83.3	68.2
1990. 11. 29	751	461	1212	11.4	88.2	67.7
PM 3 : 45	843	503	1345	13.0	84.6	66.3
- 5 : 20	738	527	1263	12.0	88.1	64.9
	932	746	1677	14.9	83.0	71.6
	881	880	1761	15.5	82.3	70.5

3. 우리나라 2차선 도로 서비스 수준의 정립

교통류의 서비스 수준이란 운전자의 주행성을 객관적으로 표시하기 위해 사용하는 지표로서 대개의 경우 교통공학분야에서 깊은 지식이 없는 일반인과 정책결정론자들을 알기 쉽게 이해시키기 위해 사용된다. 따라서 중요한 것은 교통량 증가에 따라 운전자의 주행성이 감소하는 것을 무엇으로 기준으로 하여 나타낼 것인가 하는 것이며, 미국의 1965년판 HCM에서는 2차선 도로에서 주행속도를 선택했고 1985년판 HCM에서는 지체시간 백분율을 선택했으며 스웨덴에서는 아예 서비스 수준이라는 개념을 사용하지 않는 상태이다.

본 연구에서는 2차선도로의 서비스 수준 체계를 정립하기 위해, 교통량의 증가에 따른 운

전자 주행성을 가장 현실적으로 잘 나타내는 척도의 선정작업을 수행한 후 선정된 서비스 수준 척도를 분석함으로써 A-F에 이르는 서비스 수준을 결정하였다.

1) 서비스 수준 척도의 선정

일반적으로 2차선 도로의 서비스 수준의 척도로써 주행속도, 지체시간, 백분율, 추월비등을 생각할 수 있다. 고속도로에서 많이 사용되고 있는 밀도는 2차선 도로에서 발생하는 차량군의 형성에 관련한 분명한 해답을 제시하지 못함으로써 서비스 수준 척도로써 적합하지 못하며, 주행속도 또한 저속차량이 차량군의 선두에 위치하는 경우 뒤따르는 차량은 저속차량의 속도에 지배된다는 점에서 단점을 지니고 있으나 주행성을 나타내는데 있어 속도를 사용하는 것이 가장 직접적인 연관성이

있기 때문에 단점에도 불구하고 많이 사용되고 있다. 추월비는 2차선 도로의 교통특성을 생각할 때 매우 현실적인 것으로 받아들여지고 있지만 추월을 상세히 분석하기 곤란하고 추월횟수나 추월욕망 등의 입력자료들이 도로의 기하구조는 물론 교통특성에 따라 예민하게 변화하는 지표들이기 때문에 적극적으로 활용되지 못하는 실정이다.

가. 주행속도

1965년판 미국 HCM에서 2차선 도로의 서비스 水準 정립을 위해 주행속도를 사용했는데 설계속도가 낮을수록 교통량 증가에 따른 주행속도의 변화가 별로 크지 않아서 서비스 수준 구분이 곤란하다는 점과 저속차량에 의해 발생하는 용량감소 효과를 반영시키기 곤란하다는 약점이 있다. 우리나라 2차선 도로의 경우 <그림 6>에서 보듯이 자유 교통흐름에서 용량에 도달하기까지 속도는 100-60km/시까지의 범위에서 감속하는데 용량에서의 속도가 상당히 높은 것은 차두간격의 추출시의 오차때문이라고 하더라도 속도의 변화 범위가 비교적 좁아 서비스 수준의 구분시 불분명한 근거가 될 우려가 있다.

나. 지체시간 백분율

지체시간 백분율을 서비스 수준 척도로 사용하기 이전에 과연 2차선 도로에서 차두간격이 얼마 이하로 주행하고 있는 차량을 지체되었다고 볼 것인가 하는 문제가 검토되어야 한다. 이 문제는 차량군의 맨 앞에서 주행하고 있는 저속차량의 속도, 뒤따르는 고속차량의 희망속도, 운전자의 반응시간, 차량 감속도 등의 여러가지 영향인자를 고려해서 결정해야 하는데 <표 6>은 고속차량의 희망속도를 100 km/시로 하고 반응시간 2.5초로 하여 계산해 본 지체 차두간격이다.

대개의 경우 저속차량의 속도는 50km/시 이하이고 이때의 차량 감속도는 1.0m/초²보다 큰 것으로 생각할 수 있으므로 2차선 도로에서 차량간 차두간격이 약 4.0초 정도가 되면

<표 6> 앞선 저속차량의 속도에 따른 지체 차두간격(단위: 초/대)

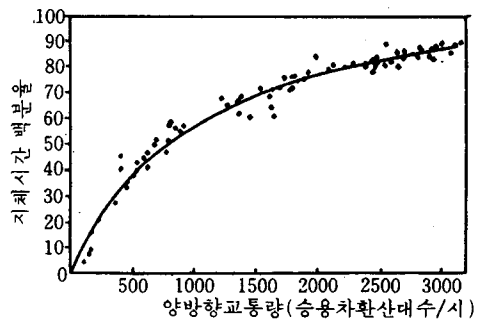
저속차량속도 (km/시)	감속도 (m/초 ²)	0.50	0.70	1.00
90		2.5	2.5	2.4
80		3.1	2.8	2.6
70		4.3	3.5	3.0
60		5.9	4.7	3.7

저속차량에 의해 지체된 것으로 볼 수 있다. <그림 7>은 현장조사 결과 나타난 우리나라 2차선 도로에서의 지체시간 백분율과 교통량과의 관계를 보여주고 있는데 미국의 1985년판 HCM에서 제시된 결과와 매우 유사한 형태를 갖는다.

이와 같은 사항을 종합해 볼 때 우리나라 2차선 도로의 서비스 수준 척도로서 미국의 1985년판 HCM에서 사용한 지체시간 백분율이 적합한 것으로 판단되며 다만 HCM에서는 차두간격이 5초 이하인 경우를 지체된 것으로 생각하고 있으나 우리나라의 경우 저속 차량의 속도가 낮고 차량의 감소폭이 미국의 경우 보다 큰 것을 생각하여 4초를 기준으로 하는 것이 현실적이라 판단된다.

2) 서비스 수준 체계의 정립

서비스수준 척도로 선정된 지체시간 백분율과 교통량의 관계를 살펴볼 때 지체시간 백분



<그림 7> 우리나라 2차선도로의 지체시간 백분율과 교통량 관계

율의 변화구간을 A-E의 5개 구간으로 동일하게 나누고 교통량을 0-3200 승용차 환산대수/시로 한정한다면 <표 7>과 같은 서비스 수준 체계를 정립할 수 있다.

<표 7>은 평탄지형 이상적인 도로조건에 대한 것이며 그 외의 조건에 따르는 서비스水準은 본 연구에서 수행한 現場調査 資料를 통해 충분히 檢討될 수 없었다.

<표 7> 우리나라 2차선 도로의 서비스 수준 체계(평탄지형)

서비스수준	양 방향 교통량 (승용차 대수/시)	지체 차량 비율(%)	속도 (km/h)	V/C
A	< 500	< 35	> 94	< 0.16
B	< 850	< 50	> 87	< 0.27
C	< 1,400	< 65	> 81	< 0.44
D	< 2,250	< 80	> 70	< 0.70
E	< 3,200	< 100	> 57	< 1.00
F	-	100	< 57	-

IV. 結 論

본 연구를 통해 양방향 2차선 도로의 용량 산정 기법 및 승용차 환산계수 산정 방법에 대해 알아 보았다. 이러한 이론들은 고속도로나 신호교차로 등에서도 그 기본틀이 대략적으로 유사하지만 2차선 도로의 경우에는 추월이라는 특별한 교통운용형태가 반영되어야 하므로 다른 도로시설에 비해 보다 이론적인 면이 중시되고 있다. 이론적으로 설명한 기법들은 현장조사자료를 통해 그 실제성이 검토되었으며 우리나라 2차선 도로의 교통용량은 3,200대/시이며 승용차 환산계수는 버스 및 트럭에 대해 서비스 수준 A,B-D, E로 구분할 때 각각 1.1, 1.6, 1.5 및 1.2, 1.9, 1.8

인 것으로 분석되었다.

한편 본 연구의 현장조사 자료는 평탄지형에서 얻어진 것으로 굴곡지형 및 산악지형에 대해서는 추후 연구활동을 통해 그 상세한 결과가 도출되어져야 할 것이다.

<參 考 文 獻>

1. 建設部, "韓國의 道路" 1989
2. TRB Special Report 87, "Highway Capacity Manual", 1965
3. TRB Special Report 209, "Highway Capacity Manual", 1985
4. 建設部, "도로용량편람 研究調査(第 2.3 段階)", 1990.7