

□ 論 文 □

信號交叉路에서의 車線別 利用率의 算定 模型

Variation of Lane Utilization at Urban Signalized Intersections

吳 榮 泰

(亞洲大學校 交通工學科 教授)

沈 大 榮

(서울 大學校 都市工學科 博士過程)

目 次

I. 序 論

II. 基本概念 및 既存方法論

III. 方法論 考察

IV. 資料 調査 및 整理

V. 分析 結果

VI. 結論 및 追後研究課題

ABSTRACT

Drivers select their approach lane according to various traffic situations as well as their destination. This behavior affects the utilization of lanes and capacity analysis at urban signalized intersections. This paper presents the concept, behavior of lane utilization, and the lane utilization factors which were included in the study, Preparation of Korean Highway Capacity Manual(1992). Lane utilization is affected by various traffic and geometric factors which are roadway side friction, median friction, and number of lanes, etc. and it converges to an equal utilization as the degree of saturation (V/C ratio) increase. Lane utilization factor is suggested by the degree of saturation and the number of lanes, and it is presented in this paper.

I. 序論

신호교차로의 용량분석과정 (특히 운영분석) 은 여러가지의 보정과정을 거쳐서 수행된다¹⁾. 먼저 자료의 정리가 끝나면 교통량에 차선이용계수 (lane utilization factor)와 첨두시간계수(PHF:

Peak Hour Factor)를 적용하고 차량의 이동류 (movement)를 결정하는 교통량보정과정과 기본 포화교통류율에 각종 보정계수를 적용하는 포화 교통류를 보정과정을 거쳐게 된다. 이러한 일련의 보정과정이 수행되고 난 후, 신호 교차로의 용량 분석은 교통량과 포화교통류율, 용량을 서로 비교

하는 용량분석 단계와 서비스 수준 분석 단계를 수행하게 된다.

이러한 여러 단계의 절차가 필요한 신호교차로의 용량분석과정 중에서 교통량 보정과정은 교통량 특성이 매우 복잡하고 큰 변화를 보이므로 일반적인 결과의 도출이 특히 어려운 형편으로 연구가 미진한 부분이였다. 이중에 차선이용계수에 대해서는 그 적용여부의 당위성에 대해서도 이론이 있는 실정이며 구체적인 적용방법도 신호교차로의 특성에 따라 적용방식의 차이가 많아 각종 분석단계의 분석결과와 일관성이 유지되도록 결정되기가 어려운 계수로 인식되고 있다.

본연구의 목적은 우리나라의 신호교차로 여건에 적합한 차선이용산정모형을 개발하는데 있다. 그리고 이를 통해 신호교차로에서의 차선이용율의 차이를 파악하고 이를 교차로 용량분석과정에 적용하여 합리적인 신호교차로 용량분석을 실시할 수 있다.

따라서 본 연구는 최근 건설부에서 발간된 "도로용량편람(1992.10)"^{1), 2)}의 신호교차로 용량분석과정에 사용된 교통량보정과정의 차선이용계수 결정에 이용된 결과에 대하여 차선이용율의 결정과정, 차선이용율에 대한 영향요소, 계수의 결정과정과 그 적용방식에 대해 살펴보고자 한다.

II. 기본개념 및 기존방법론

1. 기본개념

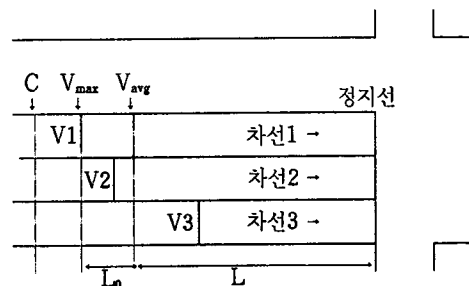
교차로에 진입하는 차량은 자신의 진행방향에 차선이 2 이상인 경우 자신이 진행할 차선을 선택하게 된다. 따라서 주어진 차선에서의 도착교통량은 균일하지 않게 되며 차선별 이용률은 달라지게 된다. 이러한 차선별 도착교통량의 차이는 도로에서 일반적으로 볼 수 있으며, 신호교차로의 분석에도 영향을 미치게 된다.

접근부의 차선이용율의 차이를 고려한 교차로 교통신호설계나 용량분석과정은 임계 이동류 분석(critical movement analysis)을 수행하기 때

문에 최악의 조건에 있는 차선(즉 차선당 도착교통량이 제일 많은 차선)을 대상으로 수행하여야 한다. 이러한 분석을 위하여 교통량 보정과정에서 사용되는 침두시간계수(PHF)는 교통량을 1시간으로 환산하는 과정에서 생기는 비교적 짧은 시간(주로 15분)의 교통량 차이를 보정하기 위한 계수이며 차선이용계수는 각 개별 차선의 교통량을 분석대상이 되는 전체 차선군(lane group), 접근로(approach) 또는 이동류(movement)로 환산하는 과정에서 최대의 교통량이 도착하는 차선의 조건을 감안하여 분석을 실시하기 위한 계수이다. 이는 최대의 교통량에 대해 분석이 되지 않으면 주어진 현시내에 교통량이 다 처리되지 못하는 대기행렬(overflow queue)이 생기게 되고 똑같은 상황이 계속되는 경우, 이 대기행렬은 점점 길어지게 되어 결국 정상적인 제어와 분석이 불가능해지게 되어버리는 교통혼잡이 야기되기 때문이다. 이러한 교통혼잡은 비록 짧은 시간동안 발생하더라도 파급되는 정체가 장시간 동안 지속되는 경우가 많기 때문에 이러한 교통량의 변화에 대한 보정계수는 대단히 중요한 것이다. 이러한 최대 도착 차선의 파악 및 차선별 최대 도착율의 결정은 신호시간의 설계를 위해서는 기본적으로 필요한 것이며, 신호교차로의 용량 분석 과정은 신호 시간 결정과 밀접한 관계에 있으므로 차선이용계수의 적용은 반드시 필요한 것이다.

이러한 차선이용계수의 일반적인 개념을 다음의 <그림 1>을 통해서 살펴보기로 하자.

<그림 1> 신호교차로 차선이용율의 차이



<그림 1>에서는 직진 3차선이 있는 모형화된 교차로의 형태를 표현하고 있는데, 각 차선의 교통량은 V_1, V_2, V_3 으로 나타나고 있으며, 이 접근로의 용량은 C로 계산될 수 있다. 이 경우 교통량 조사에 의한 교통량(V: 승용차 단위로 환산한 값임)은 $V = V_1 + V_2 + V_3$ 이 되어 각 차선의 평균적인 교통량은 $V_{avg} = V/3$ 만큼 통과하는 것으로 결정된다. 그러나 이러한 차선별 도착 교통량의 차이를 감안하지 않고 신호시간이 V_{avg} 만큼을 처리하도록 결정되는 경우, 각 신호주기마다 $(V_1 - V_{avg}) + (V_2 - V_{avg})$ 의 교통량은 처리되지 못하고 계속 대기행렬로 남게된다. 따라서 각 차선의 도착율을 모두 처리하기 위해서는 1차선의 교통량 V_1 을 기준으로 한 $V_{max} (= 3 * V_1)$ 의 교통량을 사용하여 신호시간과 용량분석을 실시하는 것을 원칙으로 하여야 한다. 즉 V/C 비(x)는 $x = V_{max}/C$ 로 계산되어야 하며, 이 식을 차선이용계수(U)를 이용하여 표현하면, $x = V_{avg} * U/C$ 로 표현이 된다. 이와 같이 각 차선의 도착 교통량을 이용하여 차선이용계수(U)를 구하는 과정은 다음의 관계식으로 표현된다.³⁾

$$U = \frac{U_M}{U_0} \dots\dots\dots(1)$$

여기서, U = 차선이용계수(≥ 1.0)
 U_M = 차량이 최대로 도착한 차선의 이용율(%)
 U_0 = 기본이 되는 차선이용율

- 2차선 : 50%
- 3차선 : 33%
- 4차선 : 25%

2. 기존 방법론

1) 미국의 HCM(1985)

이러한 차선이용계수가 신호교차로의 용량분석에

이용되는 경우는 먼저 1985년판 US HCM(Highway Capacity Manual)에 제시되어 있다.⁴⁾ US HCM에서 차선이용계수는 다음의 교통량보정 과정에 의해 조사된 1시간 교통량의 시간과 차선에 의한 변이를 보정하게 된다.

$$V_{adj} = V \times PHF \times U \dots\dots\dots(2)$$

여기서, V_{adj} = 보정된 교통량(vph)
 V = 조사된 시간 교통량(vph)
 PHF = 첨두시간계수
 U = 차선이용계수

여기에서 PHF와 U는 모두 무차원의 계수로써, V_{adj} 와 V 의 단위는 모두 vph단위로 일치하고 있음을 주목할 수 있다.

US HCM에서 PHF는 각 단위시간당(주로 15분)직접 조사된 교통량 자료로부터 계산하게 되지만, 차선이용계수에 대해서는 다음의 <표 1>과 같이 계수를 적용하도록 제시하고 있다.

<표 1> US HCM의 차선이용계수

분석대상 차선군내의 직진차선수 (좌회전 차선은 제외)	차선이용계수(U)
1	1.00
2	1.05
≥ 3	1.10

그러나 US HCM은 차선이용계수의 적용에 대해 상당히 유보적인 태도를 취하고 있다. 즉, 차선이용계수의 적용을 평균적인 교통상황에 대한 분석을 필요로 하는 경우와 최악의 교통상황을 가정한 경우로 나누고, 최악의 교통상황을 가정하는 경우는 <표 1>과 같은 차선이용계수를 적용하지만, 평균적인 교통상황에 대해서 분석하는 경우는 1.00을 사용하도록 하여 차선이용율에 따른 보정을 실시하지 않아도 되는 것으로 하고 있다. 그리고 차선군의 V/C 비가 1.0에 접근하는 경우도 차선이용계수는 1.00으로 두어 차선이용계수를 적용하지 않아도 되는 것으로 하고 있다.

그러나 어느 경우에는 반드시 적용하여야 한다고 명시한 부분은 없다.

2) 호주 (ARR.123)

호주의 신호교차로 용량분석 및 신호설계 과정에 대해 정의하고 있는 ARR.123, Traffic Signals ; Capacity and Timing Analysis에서는 차선이용계수에 대해 상당히 상세하게 정의하고 있다.⁵⁾ ARR123에서 다루는 용량분석대상은 차선별 분석(Lane-by-Lane Analysis)와 이동류(Movement)에 대해 분석하는 두가지가 있다. 차선별 분석을 실시하는 경우는 각 차선별로 V/S비(Y)를 결정하기 때문에 어느 차선의 이용율이 높고 낮음을 표시하면 되는 것으로 하고 있다.

$Y_1 = V_1/S_1 \dots$ 낮은 이용율을 갖는 차선의 V/S비

$Y_2 = V_2/S_2 \dots$ 높은 이용율을 갖는 차선의 V/S비

$\rho = Y_1/S_2 < 1 \dots$ 차선별 이용비

그러나 차선을 이동류로 묶는 경우는 차선별 이용율을 이용하여 포화 교통류율을 보장하는 것으로 하고 있어, US HCM과 마찬가지로 차선이용계수를 적용하는 형태가 된다. 그러나 US HCM에서 차선 이용률의 적용은 교통량을 증가시키는 반면에 호주의 방식은 포화 교통류율을 감소시키는 방식이다.

$Y_1 = V_1/S_1 \dots$ 낮은 이용율을 갖는 차선의 V/S비

$Y_2 = V_2/S_2 \dots$ 높은 이용율을 갖는 차선의 V/S비

$\rho = Y_1/Y_2 < 1 \dots$ 차선별 이용비

$S = \rho \times S_1 + S_2$

여기서, ρ = 차선별 이용비

S = 이동류의 포화 교통류율

S_1 = 낮은 이용율을 갖는 차선의 포화

교통류율

S_2 = 높은 이용율을 갖는 차선의 포화

교통류율

그러나, 차선이용계수는 ARR.123에서 비교적 중요한 계수로 분석하고 있는 반면, US HCM에서 중요한 보정계수로 채택하고 있는 버스정류장 방해 계수(f_{bb}), 주차보정계수(f_p) 등 교통조건에 의한 보정계수는 생략되고 있다. 이번에 제시된 도로용량편람의 작성에서는 여러가지 이유로 US HCM의 방법론 적용이 타당한 것으로 판단되었기 때문에 적용 보정계수의 체계도 기본적으로 US HCM에 준하는 것으로 결정되었다.

3) 방법상의 한계

US HCM방식에 의한 차선이용계수는 기본적으로 차선군(lane group)을 기초로한 임계이동류(Critical Movement)분석을 기초로 제시된 것이며 호주의 방법론은 임계차선(Critical Lane)분석을 기초로하는 것이다. 본 논문은 기본적으로 한국형 도로용량편람의 작성을 근거로 구성되어 있으며 이는 이동류구분을 통한 임계이동류 분석방식과 이동류 구분을 통한 것이다. 차선이용율의 분석은 임계차선분석을 위한 최악의 조건에 있는 차선으로 신호교차로 설계 및 운영을 실시하도록 정의하고 있으나 실제 임계차선 분석을 위해서는 차선별 교통량의 조사 및 분석이 요구되나 이는 용량분석의 목적으로는 너무 번거로운 것으로써 신호교차로 용량분석 목적으로는 임계차선의 영향을 교통량 보정과정에 반영하여 임계 이동류 분석을 실시하는 것이 현실적이다. 그러나 이러한 임계이동류분석을 전제로하는 경우에는 이동류의 분리방법에 따른 분석방식의 차이가 중요한 요인으로 작용하며 특히 직진과 좌회전 또는 직진과 우회전의 공용차선에서는 아직 이동류정의 및 분석방식이 명확하지 않은 것으로 사료된다.

본 논문은 임계 이동류분석을 실시하는 경우 각 차선별 교통량의 차이를 보정하기 위한 차선이용계수 결정을 기본적인 전제로하고 있으며 따라서 분석을 위한 이동류구분은 한국형 도로용량편람에 정의하는 이동류 구분 방식을 전제로한 한계가 있다.

3. 차선이용율에 대한 영향요소

신호교차로 접근부에서 차선의 이용률의 차이는 운전자가 자신의 목적지에 도달하기 위해 차선을 선택하는 행위에 기본적으로 영향을 받게되며, 이외의 원인으로 대략 다음과 같은 요인을 제시할 수 있다. 먼저, 현 교차로에서의 각 차선의 대기행렬 길이가 차량의 차선 선택에 영향을 미칠 수 있다. 신호교차로에 접근하는 차량은 신속히 진행 방향의 각 차선 중에서 대기행렬의 길이가 작은 차선을 선택하고자 하기 때문에 먼저 정지하여 대기하고 있는 차량의 대기행렬이 차량의 차선이용에 영향을 미칠 수 있다고 판단된다. 그리고, 이는 신호교차로의 교통소통 상황과도 관련이 있으리라 판단된다. 즉, 교통상황이 별로 혼잡하지 않은 경우 각 차량은 자신의 임의로 차선을 선택하게 되고 따라서, 차선별 이용률이 크게 차이를 보일 것으로 예상되며, 교통상황이 혼잡한 경우는 각 차량이 일단 대기행렬이 짧은 쪽으로 진입하여 신속히 진행하고자 할 것이므로 차선별 이용률은 크게 차이를 보이지 않을 것으로 예상된다.

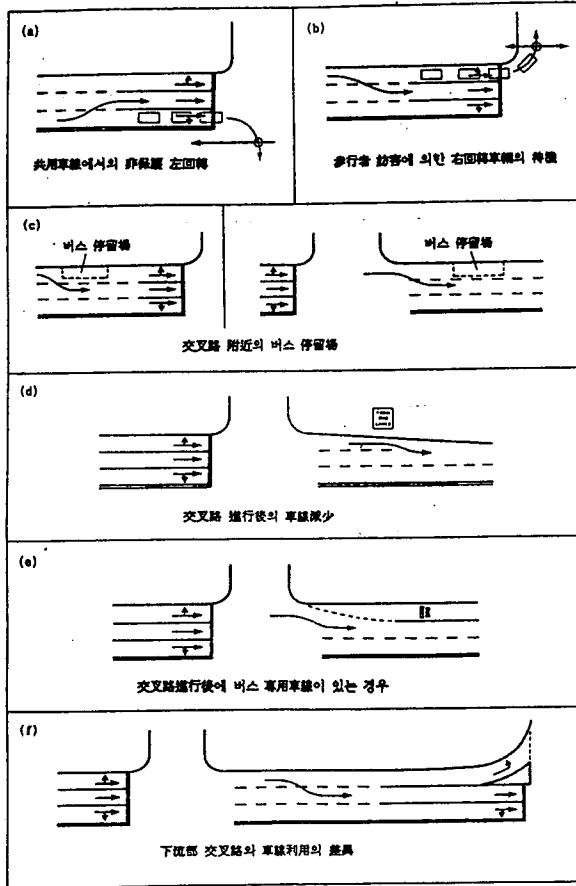
다음으로, 교차로 접근부의 상황(측면마찰)이 교차로의 각 차선 이용률에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 특히, 교차로의 정지선 가까이에 버스

정류장, 택시정류장 및 노숙가로등이 설치되어 차량의 정지가 빈번한 맨 우측차선(curb-lane)의 통과교통량은 다른 차선에 비하여 떨어질 것으로 예상된다. 우리나라는 버스 교통량이 많아 버스정류장이 도로상에 많이 분포되어 있고 가로망의 정비가 잘 되지않은 노숙가로가 많아 특히 이 측면마찰(side friction)에 의한 차선이용률의 차이는 클 것으로 예상된다.

세번째로는 진행하는 차량의 현 교차로 통과 이후 다음 교차로까지의 상황(median friction)이 차량의 차선 선택에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단 된다. 가령, 상류부 교차로의 직진은 3차선이지만 하류부 교차로에서는 2차선으로 줄어든다고 할때 운전자들은 가급적 다음 교차로를 빨리 진행하기 위하여 차선 변경을 하지 않고 진행할 수 있는 차선을 선택하게 되고 이에 따라 주로 이용하는 차선과 이용되지 않는 차선사이에 이용률에 차이가 나타나게 된다. 또는 상류부 교차로에서의 차선이용이 좌회전이 없는 직진 3차선이고 하류부 교차로에서는 좌회전을 두면서 직진 3차선인 경우 현 교차로의 직진 1차선으로 진행하는 경우 차선변경이 필요하게 되어 이 차선의 이용률은 떨어질 수 있다. 즉, 교차로 사이의 상황(median friction)이 차선이용률에 영향을 미칠 수 있다.

한편, 호주의 신호교차로 용량분석 지침서(ARR,123)에서는 이러한 차선이용의 차이가 있는 원인을 몇가지 제시하고 있는데 다음의 <그림 2>는 이를 나타내고 있다. 이 그림에서 호주의 차량통행은 좌측 통행방식이므로 우리나라와 차이가 있음을 밝혀둔다.

<그림 2> 차선이용율에 영향을 주는 요인



III. 방법론 고찰

1. 방법론 정립

앞에서 언급된 바와 같이 차선이용율은 여러가지 지배요인에 의해 지배를 받게된다. 그리고, 차선이용계수는 US HCM 에서도 용량분석대상과 직접 결부되어 그 적용에 여러가지 이론이 있어 온 계수이고 교통상황의 변화가 크고 영향요소가 많아 결정이 어려운 계수로 생각 되어져 온 부분이었다. 따라서, 본 연구에서는 차선이용율 산정 방법을 다음과 같이 결정하였다.

(1) 차선이용율 산정의 이동류 구분

신호교차로 용량분석은 기본적으로 이동류를 그 기본대상으로 하는것으로 결정되었다.¹⁾ 이동류에 대한분석(movement analysis)은 차선별 분석(lane-by-lane analysis)과 차선군 분석(lane group analysis) 또는 접근로전체에 대한 분석에 비해 비교적 분별하기가 쉽고 우리나라 대부분의 신호현시가 각 이동류에 대해 거의 분리가 되는 4현시 신호체계를 채택하고있기 때문에 우리의 실정에 가장 적합한 것으로 판단되었다. 그러나, 신호와 차선이 모두 이동류에 대해 분리되어 적용되는 경우는 분석이 간단하나, 동시 신호로 운영되거나 공용차선(shared lane)으로 운영되는 경우는 좀더 신중한 고려가 필요하였

다. 특히 대부분 직진과 우회전이 동시에 이루어 지게 되는 신호 교차로의 가장 우측차선의 경우는 이종류별 분석이 쉽지않은 부분이다. 따라서, 신호 교차로의 용량분석을 위한 이종류 구분에서 우회전과 직진이 공유하는 우측차선은 교통량 보정과정에서는 별도의 이종류로 취급하는 것으로 결정하였다. 즉, 우측차선은 단순한 운전자의 차선선택에 의해서 차선이용률이 결정되는 것이 아니고, 우회전보정계수(f_{RT}), 버스정류장 방해계수(f_{bb}), 주차보정계수(f_p) 등이 종합적으로 적용되는 경우이므로 우측차선을 포함하여 이종류를 결정하고 차선이용계수를 다시 적용하는 경우는 적용되는 계수의 중복이 발생하게 되고 그 영향을 각 계수별로 정확히 분리 한다는 것은 불가능하다고 판단되었다. 그리고 좌회전과의 공용차선에서도 마찬가지로 차선이용계수의 결정과 이용은 이종류내의 직진차선만을 그 대상으로 실시하였다.

(2) 차선이용계수 결정을 위한 교통량

차선이용계수의 결정을 위해 사용하는 교통량은 승용차 환산교통량(pcpH)을 사용하였다. 신호 교차로의 용량 분석을 위한 교통량 보정과정에서

는 실교통량 단위(vph)를 사용하고 포화교통류를 보정과정에서도 승용차 단위 교통량으로된 기본 포화교통류를 중차량 보정계수(f_{hw})를 이용하여 승용차 단위 교통량을 실교통량 단위로 환산하기 때문에 차선이용계수도 분석의 일관성 유지를 위해 실교통량 단위로 분석하고 결정하여야 한다고도 볼 수 있으나 차선이용계수는 승용차 환산 교통량 단위로 결정하는 것이 오류가 아닌 것으로 판단된다. 즉, 식(1)로 결정되는 차선이용 계수는 단순한 비율의 비교이기 때문에 결정되는 차선이용계수는 단위를 가지지 않는다.

그리고, 차선이용계수는 실제 그 차선의 이용을 비교하는 계수이기 때문에 실교통량 단위로 중차량을 1대로 사용하여 승용차 1대와 같은 개념으로 비교한다는 것은 불합리하다고 판단된다.

한편, 교통량 보정 과정에서 첨두시간계수를 계산하는 과정에 대해서도 실교통량단위로 하고 있는데, 적마찬가지로 승용차 환산교통량을 사용해야 할 것으로 판단된다. 다음의 예를 통해 이 내용을 살펴보자. 먼저, 15분 단위 교통량이 실교통량과 승용차 환산 교통량으로 다음과 같이 조사되었다고 하자.

시 간	실교통량 (승용차 : 중차량)	승용차환산교통량(PCE=2.0)
4:00 - 4:15	1000 (200 : 800)	1800
4:15 - 4:30	1200 (400 : 800)	2000
4:30 - 4:45	1100 (300 : 800)	1900
4:45 - 5:00	1000 (400 : 600)	1600
5:00 - 5:15	1100 (600 : 500)	1600
5:15 - 5:30	1300 (800 : 500)	1800
5:30 - 5:45	1200 (800 : 400)	1600
5:45 - 6:00	1100 (600 : 500)	1600

이 경우 실교통량기준으로 PHF를 결정하는 경우 5:00-6:00가 실교통량 4700vph으로 첨두시

간대가 되고 PHF는 $4700 \div (4 \times 1300) = 0.9038$, 첨두교통류율(flow rate)는 $4700 \div 0.$

9038=5200vph로 결정된다. 그러나, 승용차 환산 교통량을 적용하는 경우는 4:00 - 5:00 사이가 승용차 환산 교통량이 7300pcph이므로 첨두시간대로 결정되고 이때 PHF는 $7300 \div (4 \times 2000) = 0.9125$, 승용차단위 첨두교통류율은 $7300 \div 0.9125 = 8000pcph$ 로 결정되어 실교통량을 기준으로 한 경우와 PHF와 첨두시간대에 차이가 있게된다. 따라서, 만약에 적용되는 승용차 환산 계수가 정확하다면 이때 교통분석은 실제로 교통량이 많다고 판단되는 4:00-5:00 사이가 첨두시간으로 선택되어 교통분석을 실시하는 것이 마땅하다. 위의 예에서 4:00-5:00사이의 중차량 보정계수(f_{lv})는 $1 \div (1 + (2-1) \times (3000 \div 4300)) = 0.589$ 로서 분석에 이용될 첨두 교통류율은 $8000 \times 0.589 = 4712vph$ 로 산정되고 실교통량에 첨두시간계수를 적용하여 계산한 첨두교통류율 $430 \div 0.9125 = 4712vph$ 와 동일하여 계산에 차이가 없이 적용될 수 있다. US HCM에서는 실교통량 단위의 교통량과 실교통량 단위에 의해 PHF를 계산하고 있어, 위의 예와 같이 중차량 비율이 높게되면 이러한 계산 과정은 첨두시간과 계산된 PHF에 차이가 나타나게 되어 부정확한 것으로 판단된다. 따라서, 첨두시간 계수와 차선이용계수는 승용차 환산 교통량을 이용하여 산정하는 것이 적합하다고 생각된다.

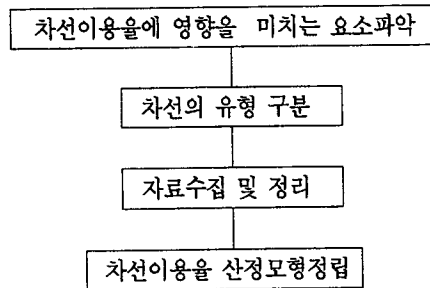
(3) 차선이용계수 적용을 위한 유형 구분

차선이용계수는 운전자들의 차선 선택에 대한 계수이므로 여러 가지의 영향요인을 가지고 있다. 그러나 이러한 영향요소들을 구분하여 계수로 정립한다는 것은 거의 불가능 하고 또한 실용성도 없다고 판단된다. 그러나 차선이용률은 교차로의 혼잡도가 높아지면 (또는 차량의 대기 행렬이 길어지면)차선이용률은 평균화하는 (즉, 차선이용계수 1.0에 접근) 경향이 있다.³⁾ 즉, 운전자의 일반적인 차선 선택 습성에 비추어 볼때 자신이

진행하려는 차선의 대기행렬이 길 때는 더 빨리 교차로를 통과하기 위하여 차선을 바꾸는 행동이 교통상황이 혼잡한 경우 더 많이 이루어 지는 것으로 판단된다. 따라서, 차선이용계수는 교차로의 혼잡도를 반영하여 분석하였다. 또한, 차선이용계수는 기본적으로 차선수에 의해 구분되기 때문에 제시된 차선이용계수는 교차로 혼잡도와 차선수에 의해 분석하였다.

2. 분석 절차

본 연구에서 차선이용율을 분석하는 목적은 신호교차로에서 차선이용률의 차이를 파악하고 이를 교차로 용량 분석과정에 적용하여 합리적인 신호교차로 용량 분석을 실시하기 위해서이다. 따라서, 신호교차로의 차선이용형태에 대한 영향요소를 먼저 구분하고,이를 파악해 볼 수 있도록 각 유형별 차선이용률의 실측을 통해 파악해 보고 그 결과를 검토해 보기로 한다. 본 연구에서의 분석절차는 다음과 같다.



(1) 차선이용률의 영향요소 파악

신호교차로에서 차량이 어떠한 차선을 택할지는 먼저 자신의 진행방향에 따라 선택을 하게되고 같은 방향하에서는 차선수, 차선의 통행량, 교차로를 통과한 다음의 교차로에서 진행방향 그리고, 이 구간의 노측마찰 등에 의해 영향을 받게된다. 이러한 영향요소를 고려함에 있어 차선수, 통

행랑 등은 계량화가 간단한 반면 진행방향, 노측 마찰 등은 계량화가 불가능하며 대상으로마다의 고유한 특성이 크게 영향을 미치게 되어 일단, 노측마찰의 유·무로 분류한다.

(2) 차선의 유형구분

신호교차로에서의 차선은 진행방향별로 직진, 좌 우회전으로 이용되며, 각각의 진행방향에 할당되어 있는 차선수로 구분된다. 그러나, 일단 신호의 운영에서 주관심이 있는 직진 2차선, 직진 3차선, 직진 4차선으로 구분함이 타당할 것으로 판단되며, 좌 우회전에 대한 고려는 세밀한 연구 대상으로의 가치는 있으나 크게 중요하지 않아 본 연구에서는 실시하지 않았다.

(3) 자료의 조사

분석을 위한 자료의 조사는 각 분석유형에 적합한 구간의 차선별 통과교통량에 대한 자료를 수집하기로 한다. 분석을 위해서는 일단 직진과 좌회전의 분리신호가 시행되는 지점, 구배 및 노면마찰의 영향이 없는 지점 및 교차로의 통과후 차량의 진행이 정상적인 지점을 선택하기로 한다.

(4) 차선이용계수의 정립

수집된 차선별 교통량에 대해 각 영향요인에 대한 분석을 실시하고 이러한 차선이용형태에 대한 분석 결과를 근거로 적절한 차선이용계수의 결정방식을 제시하기로 한다.

IV. 자료 조사 및 정리

1. 조사지점 선정기준

차선이용계수 결정을 위한 조사지점으로 직진차선수 2차선, 3차선, 4차선으로의 분석과 좌회전 차선 유,무의 영향을 분석할 수 있도록 구분하였으며, 비교적 보정계수의 영향이 없는 지점을 대상을 선택하였다.

대부분의 경우는 진출부 앞 교차로의 영향이 없는 지점을 선택하였으나, 선릉역 EB는 진출부 앞 교차로가 직진 2차선으로 좁아지는 지역을 조사하였으며, 노측 마찰의 영향도 대부분 없는 지역을 선택하였으나 을지로 2가 WB는 노측마찰의 영향을 비교하기 위하여 조사지점으로 선택하였다.

2. 조사지점 및 자료정리

본 연구에서 조사지점은 다음의 <표 2>에 정리되어 있다.

<표 2> 차선이용계수의 조사지점 및 교차로 상황

차선수	조사지점	접근부 좌회전	차선형태	앞교차로영향	노측마찰영향
직진 2차선 분석	르네상스호텔 SB	1	↘ ↑ ↑ ↗	없음	없음
	강남역 SB	2	↘ ↘ ↑ ↑ ↑	없음	없음
	삼지빌딩 EB	2	↘ ↘ ↑ ↑ ↑	없음	없음
직진 3차선 분석	숙대입구 NB	없음	↑ ↑ ↑ ↑	없음	없음
	용산역 SB	없음	↑ ↑ ↑ ↑	없음	없음
	광화문 WB	없음	↑ ↑ ↑ ↑	없음	없음
직진 4차선 분석	용산역 NB	없음	↑ ↑ ↑ ↑ ↑	없음	없음
	청담아파트 EB	1	↘ ↑ ↑ ↑ ↑	없음	없음
	롯데월드	2	↘ ↑ ↑ ↑ ↑	없음	없음
기타 분석	을지로2가 WB	없음	↑ ↑ ↑	없음	있음
	선릉역 EB	2	↘ ↘ ↑ ↑ ↑	있음	없음

자료의 정리는 비디오 촬영된 자료를 각 신호 주기별, 각 차선별로 차량의 통과를 집계함으로써 이루어졌다. 비디오 화면을 통해 자료를 정리하는 과정에서 차량들의 차선 선택은 대부분 교차로의 상류부 접근로에서 이루어지는 경우가 보편적인 것으로 파악 되었지만 차량들이 교차로 정지선을 접근하면서 차선을 변경하는 형태도 상당히 많았다. 자료의 정리는 정지선 또는 횡단보도 앞쪽선을 기준으로 도착 교통량을 조사하는 것으로 실시 되었으며, 차선의 변경으로 정확한 도착 차선을 파악하기 힘든 경우는 제외 시켰다. 특히, 대기행렬 동안 기다리던 차량이 차선 표시위로 통과하는 경우와, 직진으로 진행하다가 교차로 정지선에 거의 도달하여 우회전 또는 좌회전으로 차선을 변경하는 경우도 조사된 신호주기의 자료를 전부 제외하여 분석에 사용하지 않는 것으로 하였다.

우회전 교통량은 직진 교통과 같은 녹색신호동

안 조사하였으며, 교통섬이 있고 차선평이 넓어 직진에 영향을 주지 않는 우회전 교통량은 제외 하였으며, 교통섬이 없는 경우는 우회전 교통량도 맨 우측 차선 교통량에 포함하여 차선별 교통량을 계산하였다.

V. 분석결과

1. 차선별이용률

본 연구에서 차선 이용형태의 분석은 접근부의 각 차선형태별 차선이용형태를 파악해 보고 최대 교통량 도착차선과 이때의 최대 차선이용률을 비교하여 보기로 한다. 최대로 교통량이 도착하는 차선의 파악을 통해 신호교차로 차선별 이용률의 차이를 파악하고 차선이용계수의 분석을 실시하였다. 본 연구에서 조사된 지점의 차선 이용 형태는 다음의 <표 3>과 같이 나타났다.

<표 3> 조사지점의 차선별 이용률

직진 차선수	지역	V/C 범위			직진 차선 이용률(%)			
		최소	최대	평균	1 차선	2 차선	3 차선	4 차선
2 차선	르네상스 호텔	0.63	1.13	0.93	50	50		
	강남역	0.85	1.18	0.98	50	50		
	삼지빌딩	0.42	0.98	0.69	50	50		
	을지로 2가	0.32	0.69	0.52	44	56		
	차선별 평균				50	50		
3 차선	숙대입구	0.80	1.00	0.91	32	33	35	
	용산역 SB	0.53	0.82	0.66	29	32	39	
	광화문	0.35	0.67	0.53	40	36	24	
	차선별 평균				35	34	31	
4 차선	용산역 NB	0.45	0.69	0.57	18	28	28	26
	청담아파트	0.14	0.60	0.34	24	31	29	16
	롯데월드	0.54	0.95	0.81	28	28	24	20
	차선별 평균				22	29	28	21

(1) 차선이용율

조사된 결과는 직진 2차선의 경우는 을지로 2가를 제외하고 거의 50%로 어느차선의 이용율이 현저히 높다고 판단되지 현저히 높다고 판단되지 않는다. 직진 3차선의 경우는 모두 좌회전차선이 없는 지점에 해당하나 우측차선의 옆차선(3차선)의 이용율이 35%와 39%로 높게 나타났고 (숙대입구, 용산역), 1차선의 이용율이 높은 곳도 있었다(광화문 40%). 직진 4차선의 경우는 용산역NB는 좌회전이 없는 경우로 2차선과 3차선의 이용율이 높았고 청담아파트와 롯데월드는 좌회전차선이 있는 경우로 직진차선중 2차선의 이용율이 높았다(31%, 28%). 이러한 분류방식에 의한 분석 결과는 우측차선을 포함하고 PCE를 적용하지 않은 경우로 산출된 결과에 비해 차선 이용율의 변화가 적게 나타나고 또한 포화도에 대한 차선 이용율의 변화도 뚜렷이 나타났다. 또한 차선 수가 증가하면서 차선 이용률의 변화가 크게 나타나는 특성도 동일하게 나타났다.

(2) 차선수 증가의 영향

각 직진 차선별로 최대이용률을 기준 통과량이 되는 50%, 33%, 25%와 각각 비교했을 때 직진 2차선의 경우는 대략 1.00, 3차선은 1.10, 4차선은 1.15수준으로 차선수가 증가함에 따라 커지고 있다. 이는 진행 방향별 차선수가 늘어남에 따라 차선 선택의 변화가 크기 때문에 이용률의 변화가 크게 나타난 것으로 보인다. 따라서, 차선수가 증가함에 따라서 차선이용계수도 커지게 된다.

(3) 최대통과차선

직진 차선중의 이용률은 좌회전 차선의 유 무에 영향을 받으며 좌회전 차선이 없는 경우 직진 중 1차선의 이용률은 우측차선에 비하여 떨어지

는 것으로 판단된다. 이는 운전자가 앞 교차로의 교차로 형태가 현 교차로와 다를 경우 차선변경이 요구되므로 이를 피하기 위하여 가급적 진행 방향의 가운데 차선을 선택하기 때문인 것으로 판단된다. 그러나, 일률적으로 차선이용율이 높은 차선을 판단하기는 어려운 것으로 판단되었다. 즉, 차선이용율은 많은 요소에 의해 영향을 받게 되어 차선수별로 어느 차선이 최대도착차선이 될지는 알 수 없으며 이에 따라 교통량 파악을 위한 검지기 위치의 결정은 지역별 특성을 감안해서 결정되어야 할 것이다.

(4) 측면마찰과 하류부 교차로의 영향

교차로에서 측면마찰이 있는 경우와 하류부 교차로의 상황이 차선 이용율에 영향을 미치는 경우를 살펴보면, 먼저 교차로의 측면마찰(버스정류장 등)이 있는 경우(2차선 을지로 2가)의 차선 이용율은 측면마찰이 없는 경우에 비해 차선 이용율의 변화가 발생하여 차선이용율이 평균 이용율에 비해 낮은 차선이 나타났다. 이는 교차로에서 측면마찰이 있는 경우 마찰의 영향으로 우측 차선 이용을 기피하여 차선이용의 변화가 나타나는 것을 떨어지는 것을 의미한다. 따라서 신호 교차로의 효율을 증대시키기 위하여서는 신호 운영시간과 아울러 신호 교차로의 이용 효율을 극대화시킬 수 있는 신호 교차로의 설계가 요구되며 이 경우 가급적 차선별로 이용 효율이 극대화될 수 있도록 하는 설계가 요구된다. 특히 본 연구에서는 조사지점이 대부분 측면마찰이 없는 지점에서 조사되어 측면마찰에 의한 차선이용률이 크게 영향을 받지 않았지만 우리나라 신호교차로 주변의 측면마찰은 신호교차로의 효율을 상당히 저하시키고 있는 것으로 판단된다. 그리고 우회전이 이루어지는 차선의 차선폭이 우리나라의 경우 상당히 넓은 경우가 많은데 대부분의 우회전 차선의 이용률은 중앙선쪽의 차선에 비해 떨어지

고 있어 우회전이 일어나는 차선의 폭을 넓게 주는 것은 바람직 하지 않다.

신호교차로를 통과한 후 하류부 교차로에서의 교통 상황이 변하는 경우 차선 이용률도 교통상황이 일정한 경우에 비해 변화가 나타난다. 본 연구에서 전면 교차로 상황이 변하는 경우는 선릉역(EB)의 경우가 있었으며 선릉역의 EB접근로의 차선은 좌회전 2차선, 직진 차선 4차선과 우회전 1차선이나 선릉역의 앞교차로 차선수는 좌회전 2차선, 직진 2차선, 직진과 우회전 공용 1차선으로 2차선이 줄어든다. 따라서 직진 4차선인 선릉역EB 접근로의 직진차선 이용율은 1차선 및 2차선의 이용률이 높아졌다. 따라서 교차로 방향을 따라서 차선수가 변하는 경우의 차선 이용률의 예측은 지역별 상황에 대한 고려가 필요하다.

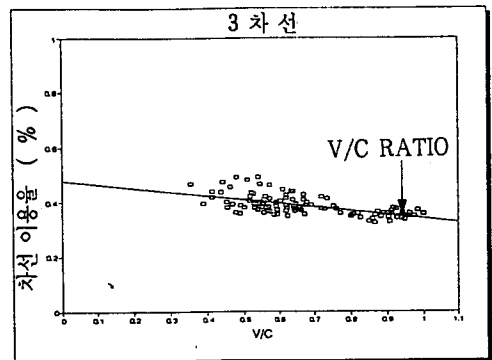
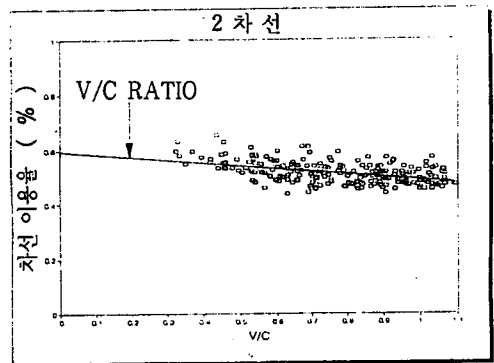
2. 교차로의 교통량에 따른 차선 이용율의 변화

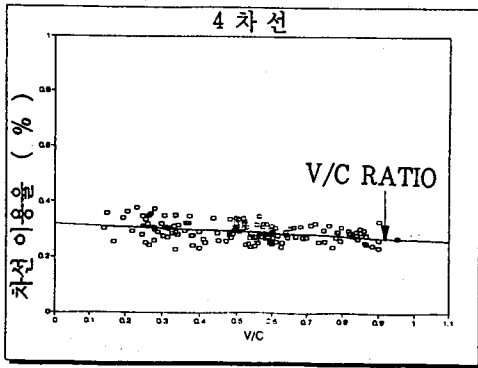
이상의 논의를 통하여 신호교차로에서의 차선 이용형태 및 교차로의 유형별 최대차량이 통과하는 차선의 파악 및 차선이용률이 포화교통류율에 미치는 영향에 대하여 검토하였다. 그러나 차선 이용형태에 대한 논의에서 중요한 또하나의 논의는 최대 차선이용률이 일어나는 차선은 크게 변화가 없으나 최대차선이용률은 교통상황에 따라 많은 지배를 받는다는 점이다. 즉, 교통량이 많은 경우의 차선 이용률은 어느 차선을 선택하여도 교차로를 통과하는 시간이 비슷하므로, 비어있는 차선을 위주로 차선을 선택하게 되어 각 차선별 이용률의 차이가 크지 않으나 교통량이 적은 경우는 운전자가 임의로 차선을 선택하는 경우가 많아 이용률의 차이가 나타난다는 것이다.

다음의 <그림 3>은 본 연구에서 조사된 최대 차선이용이 일어난 차선의 차선이용률을 V/C비에 따라서 표시하여 본 것이다. 그림에서 보듯이 신호교차로의 차선이용률은 V/C비가 낮을 때는

높고 V/C비가 높을 때는 낮아지는 특성을 보이고 있다. 이는 신호교차로의 도착 교통량이 많은 V/C가 높은 상황에서 차량들의 차선 선택은 일단 빨리 교차로를 통과하기 위하여 차량의 대기 행렬이 적은 차선을 선택하므로 어느 한쪽의 차선에 차량이 몰리지 않고 균등하게 차량이 분포되어 고른 차선이용 분포를 보이나, 교차로에 차량이 별로 몰리지 않는 경우 (V/C비가 낮은 경우)는 차량들이 가급적 빨리 진행하는 차선을 지정하여 교차로를 통과하기 때문에 특정한 차선에 차량이 몰리는 현상을 나타내고 있다고 판단된다.

<그림 3> V/C비에 따른 차선 이용률의 변화





본 연구에서 조사된 자료에 대해 회귀모형으로 분석한 결과는 다음의 <표 4>에 제시되고 있다.

<표 4> V/C비에 따른 차선 이용율에 대한 회귀 분석 결과

모형식 I : (차선 이용율) = $\alpha + \beta \times (V/C비)$				
구 분	모 형 식	R**2	T값(주)	Rprob.
2 차선	$Y = 0.597 - 0.107 \times V/C$	0.28	-10.2	0.00
3 차선	$Y = 0.478 - 0.138 \times V/C$	0.39	- 8.5	0.00
4 차선	$Y = 0.318 - 0.052 \times V/C$	0.10	- 4.1	0.00
모형식 II : (차선 이용율) = α				
구 분	모 형 식	F값에 대한 유의수준		
2 차선	$Y = 0.512$	0.00		
3 차선	$Y = 0.383$	0.00		
4 차선	$Y = 0.290$	0.00		

주)기울기에 대한 T값

<표 4>에 제시된 결과는 모형식 I은 조사된 자료를 V/C비에 따른 변화를 가지는 1차 선형식으로 회귀분석한 결과이며 모형식 II는 기울기를 가지지 않는 선형식으로 회귀분석한 결과이다. 모형식 I의 분석 결과를 보면 기울기에 대한 부호가 모두 (-)로 나타나고 절편과 기울기에 대한 T값 및 모형전체의 F값에 대한 유의수준은 모두 통계적으로 의미가 있는 것으로 나타나고 있어 앞에서 논의한 V/C비가 증가함에 따

른 차선 이용율의 평균화 현상을 설명하고 있는 것으로 판단된다. 한편, 모형식 II의 분석 결과도 모형 전체에 대한 유의 수준이 만족되며 모형을 기각할 수는 없는 것으로 판단된다.

V/C비에 따른 차선 이용율의 변화를 좀더 세밀히 살펴보기 위하여 각 V/C비별 자료에 대해 회귀분석을 실시하였다. 다음의 <표 5>는 각 자료의 구분과 선형회귀식, 그리고 유의수준을 표현하고 있다.

<표 5> V/C비별 집단에 따른 차선 이용율 변화

	구 분	회 귀 식	유의수준
2 차선	V/C비 0.4이상	$Y=0.592-0.101 \times X$	0.0000
	0.5이상	$Y=0.584-0.092 \times X$	0.0000
	0.6이상	$Y=0.565-0.072 \times X$	0.0000
	0.7이상	$Y=0.569-0.008 \times X$	0.0000
	0.8이상	$Y=0.577-0.008 \times X$	0.0010
	0.9이상	$Y=0.600-0.107 \times X$	0.0019
	0.95이상	$Y=0.609-0.114 \times X$	0.0578
3 차선	V/C비 0.4이상	$Y=0.478-0.138 \times X$	0.0000
	0.5이상	$Y=0.471-0.128 \times X$	0.0000
	0.6이상	$Y=0.469-0.127 \times X$	0.0000
	0.7이상	$Y=0.406-0.124 \times X$	0.0000
	0.8이상	$Y=0.372-0.021 \times X$	0.5940
	0.9이상	$Y=0.254+0.106 \times X$	0.1313
	0.95이상	$Y=0.117+0.243 \times X$	0.2009
4 차선	V/C비 0.4이상	$Y=0.318-0.052 \times X$	0.0000
	0.5이상	$Y=0.302-0.027 \times X$	0.0358
	0.6이상	$Y=0.304-0.031 \times X$	0.0292
	0.7이상	$Y=0.291-0.012 \times X$	0.5992
	0.8이상	$Y=0.352-0.086 \times X$	0.1040
	0.9이상	$Y=0.320-0.049 \times X$	0.6273
	0.95이상	$Y=0.410-0.152 \times X$	0.6450

<표 5>의 분석 결과에 의하면 2차선의 경우는 V/C비 0.95 이상의 집단에 대하여 유의수준 0.05에서 모형을 기각하고 있으며, 3차선의 경우는 V/C비 0.8이상의 집단에서 유의수준 0.05에서 모형을 기각하며 V/C비 0.9이상에서는 차선 이용율 감소의 영향이 역전되는 뚜렷한 특성이 나타나고 있다. 그리고 4차선의 경우는 V/C비 0.6이상의 집단에서부터 모형을 기각하지만 유의수준을 0.1까지 감안할 때는 V/C비 0.9이상의 집단에서부터 모형을 기각한다고 판단된다. 따라서 본 연구에서 조사된 자료로부터 2차선의 경우 V/C비 0.95, 3차선의 경우 0.9, 4차선의 경우는 V/C비 0.9를 기준으로 차선이용율의 특성의 변

화가 나타나는 것으로 판단된다.

3. 차선이용계수의 결정

앞에서 논의된 바와 같이 신호교차로의 같은 이동류내의 차선이용률은 차선의 이용, 좌회전 차선의 유·무, 접근부 노측면의 마찰 상황, 교차로를 통과한 후 하류부 교차로의 차선형태, 그리고 교통량 수준 등에 따라 많은 변화를 보인다. 그러나, 이 중에서 좌회전 차선의 유·무와 전면 교차로의 차선형태에 의한 영향은 최대 통과차선을 변경시키지만 차선이용률 값에 대한 영향은 크지 않을 것으로 판단되며, 버스 정류장, 노측가로 등

의 노측면의 마찰은 차선이용률에 크게 영향을 미치지만 다른 보정계수로서 보정이 될 내용이므로 본 연구에서 차선이용 계수에 대한 영향은 기본적으로 차선수에 영향을 받으며, 아울러서 교통량 수준에 의해서도 영향을 받는 것으로 판단된다.

먼저, 차선수에 따른 차선이용율의 변화는 차선수가 증가함에 따라 최대 차선이용율의 변화는 커지는 것으로 판단된다. <표 4>의 분석 결과를 보면 2차선의 경우 최대차선의 평균 이용율은 0.512, 3차선은 0.383, 4차선은 0.290으로 각각 기준차선율에 대해 1.02, 1.14, 1.16으로 나타나 차선수가 증가함에 따라 차선별 이용율의 변화가 크게 나타나는 것으로 분석되었다.

그리고, 교통량에 따른 차선이용율은 교통량이 많아짐에 따라 차선이용이 평균화하는 것으로 판단된다. 이러한, 교통량의 변화는 V/C비의 변화로 표현하였으며, V/C비를 적용하는 경우 모든 V/C비의 범위에 따라 각각의 계수를 결정하는 것은 일단 자료조사가 편향(bias)되어 계산이 불가능하였으며, 이용자가 사용하기에 불가능한 계수가 되기 때문에 앞에서 제시된 V/C비 변화에 의한 <표 5>의분석 결과에 따라 V/C비 0.9미만과 0.9이상으로 분리하여 <표 6>과 같이 도로용량 편람(건설부, 1992)에 제시하였다. 이는 각 V/C비 범위별로 구분하여 각 집단의 평균을 계산하였을 때 구분된 V/C비 미만 자료 집단의 평균과 구분된 V/C비 이상 자료 집단이차선이용율의 특성이 현저히 변화하는 것으로 판단하였기 때문에 V/C비 0.9를 기준으로 차선이용계수를 적용함이 이용자의 편리성과 공학적 관점에서 타당할 것으로 사료되었기 때문이다. 교통량 보정단계에서 V/C비를 산정하기 위해서는 아직 용량(C)이 정확히 계산되지 않은 단계이므로 기본 포화교통류율(So)에 차선수(N)와 유효녹색신호시간비(g/C)를 이용한 다음의 관계식을 이용하였다.

$$V/C = V / [N \times So \times (g/C)]$$

한편, V/C비에 의한 기준은 설계수준에 의해 구분하는 것도 가능한 것으로 제시하였다. 즉, V/C비 0.9 미만은 설계수준 C,D를 적용하는 경우로 하고 V/C비 0.9이상은 설계수준 E를 적용하는 경우로 해당하는 것으로 사용할 수 있도록 하였다. 그리고, V/C비 0.9미만과 이상 자료의 평균으로부터 결정한 차선이용계수는 다음의 <표 6>에 나타내고 있다.

<표 6> 도로용량 편람의 차선이용계수 제안치

차 선 수	차선이용계수(주)	
	V/C비 0.9 미만	V/C비 0.9 이상
2 차선	1.02	1.00
3 차선	1.10	1.05
4 차선 이상	1.15	1.08

- 주) V/C 대신에 설계수준에 의한 구분을 할 수도 있을 것으로 판단
- V/C 0.9미만은 설계수준이 서비스수준 C,D인 경우
- V/C 0.9이상은 설계수준이 서비스수준 E 인 경우

한편, <표 4>의 모형식 II의 분석결과에 의해 V/C비 0.9를 기준으로 구분하지 않고 동일한 차선 이용계수를 적용하여도 무방하다고 판단된다. 즉, <표 4>의 분석 결과중 모형식 I의 분석 결과에 의해 교통량(V/C비)에 의해 차선이용율이 변화함을 보였지만 전체의 평균에 의한 모형식 II의 경우도 성립되므로 굳이 V/C비를 기준으로 별도의 차선 이용계수를 구분하여 계수의 이용에 어려움을 주는 것이 바람직하지 않다고 판단 된다. 따라서, 다음의 <표 7>과 같이 차선이용계수를 적용하는 것이 더 편리하리라고 판단된다.

<표 7> V/C비에 의해 구분하지 않는 경우의
차선이용계수 제안치

구 분	평 균 이용율	기준율에 대한비율	계수의 제안치
2 차선	0.512	1.02	1.02
3 차선	0.383	1.14	1.15
4 차선	0.290	1.16	1.15

본 연구의 분석 결과는 대체로 US HCM의 제안치(2차선 1.05, 3차선이상 1.10)와 유사한 결과를 보이고 있으나, HCM에 비해 계수가 약간씩 크게 나타나는 것으로 판단된다. 이는 간선도로상의 기하구조, 차선의 연속성 등에서 도로의 구조가 미국에 비해 상대적으로 나쁘기때문에, 특정한 차선의 기피가 심하기 때문인 것으로 생각되며, 이는 결국 신호교차로 용량의 감소를 가져온다고 판단된다.

VI. 결론 및 추후 연구 과제

본 연구는 도로용량편람의 용량 분석에 적용되는 차선이용계수에 대해 기본개념 및 기타 분석에 요구되는 갖가지 고려사항에 대해 언급하였으며 실제 조사된 자료를 통해 이용가능한 차선이용계수에 대해 서술하였다. 본 연구의 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 본 연구를 통해 실제 적용이 가능한 차선 이용계수를 제시하였다. 둘째, 차선이용계수의 결정을 위해서는 우측차선 이동류를 제외한 직진차선에서의 승용차 환산 교통량을 이용해 결정하여야 한다. 셋째, 차선이용율은 고정된 것이 아니고 많은 교통특성에 의해 영향을 받는다. 본 연구에서는 이러한 영향요소 중에서 차선수, 차선의 이용형태, 교차로 부근의 측면마찰, 상류부와 하류부 교차로 사이의 도로 교통특성, 그리고 교통량 수준에 의하여 차선의 이용율이 영향을 받음을 보이고 이 중에서 차선이용계수는 기본적으로 차선수에 따라서 결정하였으며 부

수적으로 교통량 수준에 의해 구분할 것을 제시하였다. 넷째, 좌회전 차선이 없는 경우 직진차선중의 1차선의 이용율은 다른 차선에 비해 적었으며 신호교차로의 우측 가장자리차선의 이용율은 우회전, 버스정류장의 방해 등에 의해 감소되었다.

이러한 연구 결과는 신호교차로의 용량분석, 신호시간 및 도로시설의 계획 및 설계, 그리고 신호 운영을 위한 기초자료 또는 차량 검지기의 설치 등에 활용될 수 있을 것이다.

그러나 본 연구는 전반적인 신호교차로의 용량 분석을 위해 몇가지 추후 연구과제를 남긴다. 첫째, 신호교차로의 전반적인 분석체계에 대해 보다 많은 분석 경험을 통한 검증이 필요하다. 특히, 임계이동류 분석의 타당성과 교통량 보정과정 중의 이동류 결정, 침투시간 계수와 차선이용계수의 적용등 전반적인 용량분석분석체계에 대해 실제 자료를 통한 검증이 요구된다. 둘째, 본 연구의 자료 조사 결과에서 편향된 자료가 나타나 분석 결과의 일관성이 미비한 점이 있어 자료의 보강이 요구된다. 또한, 본 연구에서 제시하는 바를 토대로 갖가지 차선의 이용방식과 차선 변경 형태에 대해서도 연구가 필요하다고 사료되며 이를 추후 연구과제로 남긴다.

참 고 문 헌

1. 건설부, 도로용량 편람, 1992.
2. 한국건설기술연구원, 교통개발연구원, 도로용량편람 연구조사, 최종보고서, 1992.
3. 이승환, 교차로 용량분석을 위한 교통류특성 기초조사, 1989.9.
4. TRB, Highway Capacity Manual, 1985.
5. R.Akcelik, Traffic Signals; Capacity and Timing Analysis, ARR. 123, 4th Reprint, 1989.
6. TRB, Interim Material on Highway Capacity, TRB Circular 212, 1980.

심사자 의견

도 철 응

(한양대학교 교통공학과 교수)

차선이용계수 U는 신호교차로 용량분석에서 도착교통량(v)을 보정하는데 사용된다. 도착교통량은 차선별로 균등하게 도착하지 않고 불균등하게 도착하므로, 같은 이동류가 이용하는 차선중에서 최악의 조건을 갖는 차선이 존재하게 마련이며 신호시간을 설계할때는 이 차선의 교통량에 만족스러운 녹색시간을 할당하게 되는 것이다.

우리가 채택하는 분석방법은 주이동류(critical movement) 분석방법이기 때문에 이러한 최악조건을 차선(critical lane)의 효과를 “교통량 보정”과정에 적용하여(직진이동류 전체의 교통량 v에 차선이용계수 U를 곱하여) 직진이동류의 전체의 조건이 최악조건을 차선과 같은 조건을 갖게끔 교통량을 보정해 주는 것이다.

(1) 그러면 “최악조건”의 기준이 무엇인가? 얼핏 보기에는 그것이 차선별 도착 교통량이라고 생각하기 쉽다. 또 사실상 미국의 HCM이나 우리나라 HCM, 그리고 본 논문에서도 그와 같은 개념을 바탕으로 하여 방법론을 제시하고 문제를 풀어 나갔다.

그러나 본인이 제기하는 문제점은, 도착교통량이 큰 차선이라 할지라도 그 차선의 용량이 크면 최악조건을 차선이라 할 수 없다는 것이다. 예를 들어 1, 2차선의 v/c비가 각각 800/1000, 765/900일때의 최악조건을 차선은 도착교통량이 많은 v/s비가 큰 2차선이다. 신호시간을 설계할때는 v/c가 큰 (즉 v/s비가 큰) 2차선의 v/s비에 만족스러운 녹색시간을 할당해야 하기 때문이다.

(2) 두번째 중요한 모순은 좌회전과 직진이 같이 이용하는 공용차선(비보호좌회전시)과 우회전과 직진이 같이 이용하는 공용차선(일반적으

로 맨 우측차선)의 직진 도착교통량은 고려하지 않는다는 사실이다. 차선이용율은 이 두 차선을 제외한 “직진 전용차선”의 교통량으로 구하면서도, 이를 이용하여 교통량을 보정할때는 직진 교통량 전체에 차선이용율을 곱한다는 것은 논거가 희박할 뿐만 아니라 모순이다.

(3) 간단한 예를 들어보자.

2현시의 교차로에서 A, B 접근로의 직진이 主移動流이며, A접근로는 한개의 비보호좌회전+직진의 공용차선, 두개의 직진 전용차선, 한개의 우회전+직진의 공용차선으로 구성되어 있으며, B접근로는 한개의 비보호 좌회전+직진의 공용차선, 한개의 직진 전용차선, 한개의 우회전+직진 공용차선으로 구성되어 있으며, 각 차선별 직진 도착교통량은 다음과 같다.

A접근로 i차선의 교통량

$$v_i = [360, 1100, 995, 160] \text{ 계 } 2615$$

B접근로 i차선의 교통량

$$v_i = [720, 880, 600] \text{ 계 } 2200$$

1) 미국 HCM, 한국 HCM 및 본 논문의 논리대로라면;

- 차선이용계수(U)

A접근로:

$$\text{직진 전용차선의 직진} = 1100 + 995 = 2095$$

평균 1048

$$U \text{ 계수} = 1100 / 1048 = 1.05$$

B접근로:

직진 전용차선이 한개이므로

$$U \text{ 계수} = 1.00$$

2) 교통량 보정

A접근로

$$2615 \times 1.05 = 2746$$

B접근로

$$2200 \times 1.00 = 2200$$

3) v/s비 계산

- A, B 접근로 직진의 s는 각각 7800, 5600으로 가정

- 최악차선을 기준한 각 접근로의 v/s비

$$A\text{접근로 직진의 } v/s = \frac{2746}{7800} = 0.352$$

$$B\text{접근로 직진의 } v/s = \frac{2200}{5600} = 0.393$$

4) 신호분할(주기=100초, 황색시간=2×3초=6초)

- A접근로의 녹색시간=

$$(100-6) \times \frac{0.352}{0.352+0.393} = 44.4\text{초}$$

- B접근로의 녹색시간=99-44.4=49.6초

5) 결과적으로 B접근로의 녹색시간이 A접근로보다 5.2초 길어야 두 접근로의 최악차선을 만족시킨다. 과연 그럴까? 이 개념의 논리적 모순을 찾아보자.

① 만약 위의 s가 각 차선에 대해서는 다음과 같다고 가정을 하자.

A ; s_i=[1800, 2200, 2200, 1600] 계 7800

B ; s_i=[1800, 2200, 1600] 계 5600

② 그러면 각 접근로 각 차선의 v/s는 다음과 같다.

A : (v/s)_i=[0.2, 0.5, 0.45, 0.1]

B : (v/s)_i=[0.4, 0.4, 0.38]

③ 따라서 최악조건 차선과 v/s는 다음과 같다.

A 접근로 : 2차선 v/s=0.5

B 접근로 : 1, 2차선 v/s=0.4

④ 그러므로 최악조건 차선을 만족시키는 녹색시간은 A:B=50:40으로 분할되어야 한다.

$$A : 94 \times \frac{0.5}{0.5+0.4} = 52.5\text{초}$$

$$B : 94 - 52.5 = 41.8\text{초}$$

이를 앞의 4)의 결과와 비교하면 큰차이가 남을 알수 있을 것이다. 이 차이는 앞에서도 언급한 최악조건 차선의 정확한 의미를 오해한 결과와, 공용차선의 직진교통량을 고려하지 않은 결과로 인한 것이다.

(4) 이와 같이 차선별 v/s를 구하여 분석하는 방법을 주차선(critical lane)분석방법이라고 생

각할지 모르나 그렇지 않다.

주차선 분석방법은 교차로를 분석할때 마다 모든차선의 s와 v를 구하여 분석하는 방법이고, 본인이 제안하는 것은 차선별 v/s의 변동에 대한 대표값을 구하여 어느 교차로에서나 그 일반적인 계수값을 적용하는 것이다. 이는 마치 미국 HCM이나 본논문에서 교차로 분석때마다 차선별 분포를 조사하여 분석하는 것이 아니라, 차선별 분포의 대표값을 구하여 일반적인 교차로에도 그값을 적용하는 것과 마찬가지로이다. 단지 일반적인 계수값을 얻기 위해서는 초기에 차선별 교통량 분포대신 차선별 v/s변동을 조사하여 일반적인 표를 나타내면 된다. 교통량 보정은 critical lane 분석방법 대신 critical movement 분석방법을 사용하기 때문에 필요한 것이지, critical lane 방법으로 한다면 이러한 보정은 필요가 없음을 명심할 필요가 있다.

(5) 차선별 분포계수 대신 “차선별 v/s비 변동계수”의 개념을 이용하여 앞의 예제를 풀어보자.

1) 차선별 v/s비 변동계수(U)의 개념에 의해 U계수를 구하면;

$$U = \text{최악차선의 } v/s \div \text{직진 이동류의 } v/s$$

$$A\text{접근로} : 0.5 / (2615/7800) = 1.49$$

$$B\text{접근로} : 0.4 / (2200/5600) = 1.02$$

2) 교통량 보정

$$A\text{접근로} : 2615 \times 1.49 = 3896$$

$$B\text{접근로} : 2200 \times 1.02 = 2244$$

3) v/s비 계산

$$A\text{접근로} : 3896 / 7800 = 0.5$$

$$B\text{접근로} : 2244 / 5600 = 52.5\text{초}$$

4) 신호분할

$$A\text{접근로} : 94 \times \frac{0.5}{0.5+0.4} = 52.5\text{초}$$

$$B\text{접근로} : 94 - 52.5 = 41.8\text{초}$$

(이 SPLIT라야만 최악조건 차선을 만족시킨다.)

(6) 위의 1)의 차선별 v/s 변동계수 값은 본개념을 설명하기 위한 것으로서, 실제 사용하는 값은 우리나라의 일반적인 교차로에서 이렇게 조사한 평균값을 사용하면 된다.

운전자가 교차로에 도착할때는 각차선에 균등하게 도착하려는 경향보다는 각 차선의 s 또는 c 에 비례해서(다시 말하면 v/s , v/c 가 일정하게)도착하려는 경향이 더 크다. 단적인 예로 s 와 c 가 적은 좌회전+직진 공용차선이나 우회전+직진공용차선에서의 직진 도착교통량이 훨씬 적은것은 이러한 사실을 뒷받침한다.

따라서 “차선별 v/s 변동계수”는 차선별 이용계수보다 더 적은 값을 가질수도 있으며 또 이 개념을 사용하면 공용차선의 직진을 고려하지 않는 모순을 극복할 수도 있다.

(7) 요약하면 미국 HCM이나 우리나라 HCM의 모순은

①차선이용율을 직진 전용차선에 대해서만 구하고 그 결과를 모든 직진교통량(공용차선의 직진차선까지 포함)에 적용한 것과, ②최악차선은 도착교통량이 가장 큰 차선이라는 사실을 간과했기 때문에 생긴것이다.

(8) 결론적으로 본 토론의 요지는 이 논문의 근거가 되는 미국 HCM이나 우리나라 HCM의 논리적인 모순을 지적하고자 하는 것이다. 본 토론에 사용된 예제의 숫자는 별 의미가 없을지도 모르며, 또 U 값이 본인이 제한한 값과 같을 수도 있다. 그러나 분명한 것은, 숫자가 중요한 것이 아니라 U 계수에 대한 개념의 정의가 배우는 학생들에게 논리적으로 설명될 수 있을 정도로 정당해야 한다는 것이다.

미국 HCM은 따라서 한국 HCM도 이 외에도 여러군데 논리상의 모순이 발견되고 있다. HCM은 그 용도나 그 파급효과를 떠나서, 대학교재로서 또는 교육적인 측면을 고려한다면 이에 대한 많은 의문이 제기되어야 하고, 또

이와같은 모순점을 시정하기 위한 노력이 경주되어야 한다.