

■ 論 文 ■

## 기존 HCM 분석방법과 분석 소프트웨어를 이용한 신호교차로의 차로별 분석방법 연구

Assessing Signalized Intersection Performance by Individual Lane Level Using Current  
HCM Methods and Software

**이 재 준**

(한국교통연구원 육상교통연구본부 책임연구원)

### 목 차

I. 서론	1. 예제
II. 관련연구고찰	2. 타 모형과 분석결과 비교
III. 차로단위 분석방법	V. 결론
IV. 차로별 분석방법과 타 모형 비교	참고문헌

Key Words : 신호교차로, 차로별 분석, 차로군, 포화도, 차로교통량  
Signalized intersection, individual lane analysis, degree of saturation, lane volume

### 요 약

현재 HCM 신호교차로의 운영평가는 차로군 단위로 이루어져 차로별 고유 특성을 일반화하여 실제교통류 특성을 반영하지 못하는 경우가 발생한다. 본 연구에서는 별도의 추가적인 자료수집을 요구하지 않고 현 HCM 분석방법과 관련 software를 활용하여 신호교차로 운영을 차로별로 분석하는 단계별 절차를 제시하였다.

차로별 분석결과는 현재 HCM 차로군 분석결과와 차로별 분석이 가능한 호주 HCM 분석방법을 따르는 aaSIDRA의 결과와 비교분석하였다. 차로별 분석방법은 현 HCM 방법에 비해 HCM 지체도 산정공식중 증분지체의 민감도에 따른 영향으로 미미하게 높은 지체도를 보였다. 포화도와 대기행렬길이 등의 부가적인 효과척도는 두 방식이 유사한 결과를 보였고 aaSIDRA와의 결과비교에서는 비보호좌회전차로의 분석결과를 제외하고는 유사한 결과를 보여주었다.

본 연구에서 제안한 차로별 분석방법은 보다 미시적인 신호교차로 분석을 통해 현 분석 방법의 취약점을 보완할 수 있을 것으로 기대한다.

Signalized intersection analysis using lane groups often generalizes distinct characteristics of individual lanes. An individual lane level analysis procedure is proposed. The method can assess individual lane LOS without additional data collection efforts.

Analysis results of the proposed method were compared with the current HCM analysis results and outputs of aaSIDRA, which can calculate intersection performance lane-by-lane. The results showed individual lane analysis mostly produces similar results with HCM and aaSIDRA. However, lane analysis results for permitted left lanes showed some differences with aaSIRDRA due to the different method of assessing saturation flow rate of the permitted left turn movement. It is expected that the proposed method could complement the weaknesses of current HCM signalized intersection analysis.

본 논문은 『신에너지 바이오달 수송시스템 교통부문 지원기술개발(2차년도)』 사업의 일환으로 수행되었습니다.

## I. 서론

도로용량편람(Highway Capacity Manual, HCM)<sup>1)</sup>은 교통시설의 평가에 관한 지침을 제공해 주고 있어 교통 전문가에 의해 가장 널리 쓰이는 지침서이다. 미국의 용량편람은 1950년에 처음 발간되어 60년 가까이 개정을 거듭하여 왔고 현재도 개정에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

보편적으로 '편람'이라 함은 일반적인 상황을 기초로 하여 사용자에게 결과를 용이하게 도출시키는 목적을 가지고 있다. '도로용량편람' 또한 편람의 특성에 따라 여러 교통조건을 일반화해야 하지만 교통류를 비롯한 여러 교통상황은 항상 일률적이지 않고 매 순간마다 변화가 급격한 특징이 있어 모든 교통조건을 정밀히 반영할 수 없는 단점이 있다. 그로 인해 HCM의 분석결과는 대체로 합리적인 결과를 보여주지만 때때로 특이한 조건이 있는 경우 편람자체의 macroscopic한 특성으로 인해 분석결과가 실제와 상이한 경우가 발생한다. 현재 HCM 신호교차로 용량분석 및 서비스수준 산정의 경우를 예로 들면 포화교통류를 산정시 차로군을 최소단위로 분석한다. 차로군 단위의 분석은 각 차로가 갖는 각각의 특성을 차로군 단위로 평균화되어 때때로 각 차로와 이동류의 특성을 반영하지 못한다. 이러한 이유로 HCM 분석방식은 부정확한 분석결과로 인한 부적절한 설계기준을 야기할 수 있다.

본 연구에서는 신호교차로에 대한 용량분석 및 서비스 수준 도출에 있어 기존 HCM의 분석에 필요한 자료와 분석방식을 이용하여 분석결과를 차로군단위 보다 더욱 세밀한 독립된 차로별로 결과를 도출할 수 있는 분석방법을 제시한다.

차로별 분석을 위해서는 차로교통량 수집이 필요하나 교통량 조사시 방향별 교통량 외에 차로교통량 수집을 위해서는 추가인력과 예산이 소요되므로 기존 회전교통량 자료만으로 차로교통량의 추정이 필요하다. 차로교통량 추정방법은 국외 여러나라의 교통용량편람 중 차로별 분석을 하는 호주, 스웨덴, 캐나다의 용량편람을 참조하여 독창적인 차로교통량 추정방법을 제안한다. 차로교통량 추정방법을 포함하여 최초 자료입력에서부터 최종 차로별 서비스수준 도출까지 일련의 과정을 본 연구에서 제시하고 제안한 방법론의 평가를 위해 공인된 여타 분석방법과 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련된 선행 연구를 요약, 정리하고 3장에서는 차로단위 분석방법론의 절차와 논리를 Flow chart를 통해 보여주며 각각의 단계를 설명하였다. 4장에서는 제안된 분석방식의 객관성을 점검하기 위해 예제교차로의 제안된 차로별 분석방법과 현재 HCM 분석방법을 통해 나온 결과와 차로별 분석을 하는 호주용량편람 방식의 결과를 비교하였다. 또한 분석결과의 상이점에 대해 원인을 분석, 논의하였다. 마지막으로 결론과 본 연구의 활용성 및 향후 연구 방향을 5장에 기술하였다.

## II. 관련연구고찰

서론에서 기술하였듯이 차로군 단위의 신호교차로 분석은 각 차로 및 이동류의 특성을 분석결과에 반영하지 못한다. 이러한 문제점 완화의 일환으로 새로운 소그룹별 포화교통류를 산정방식이 최근에 제안되었다<sup>2),3)</sup>. 소그룹별 포화교통류 산정방식은 교통류를 개별적 구성요소로 분리시켜 포화교통류를 회전교통, 차로 및 차중별로 산출가능한 방법이다. 그러나, 이 방법은 현재 HCM의 계산과정을 전체적으로 재정립해야 한다는 문제와 방대한 자료수집의 문제점을 내포하고 있다.

신호교차로의 분석을 개별차로단위로 수행하면 지체도, 정지횟수, 대기행렬길이와 같은 효과적도를 각 차로별로 도출할 수 있어 운영특성이나 용량예측면에서 현재 분석방법보다 자세한 결과를 보여주며 또한, 필요에 따라 차로군 단위로 분석결과를 취합할 수도 있다. 국외 호주, 캐나다 및 스웨덴의 신호교차로 용량분석 방식은 차로별 분석을 따르므로 핵심이 되는 차로교통량 추정방법을 고찰한다.

호주의 용량평가방법을 따르는 aaSIDRA는 신호교차로 평가에 있어 개별차로단위로 평가한다<sup>4)</sup>. 개별차로단위 분석을 위해서는 차로교통량 자료가 필요하지만 차로별로 교통량 자료수집을 위해서는 별도의 비용 및 인력이 소요되기 때문에 차로단위 분석과정의 중요한 부분을 차지하는 차로별 교통량 추정방법이 개발되었다. Akcelik<sup>5)</sup>은 차로 교통량 추정방법을 제시하였는데 포화도가 지체도를 대변한다고 가정하고 이를 운전자 차로선택의 기준으로 삼았다. 이에 따라, 호주용량편람은 차로 교통량 추정기준으로 포화도를 적용하였다<sup>5),6)</sup>. 호주편람의 균일포화도를 기준으로 차로교통량 도출은 반복계산을 통해

얻을 수 있으며 이 방식은 현재 HCM의 계산과정에도 적용할 수 있으므로 본 연구에서 제안하는 차로별 교통량 추정방식에 인용한다.

캐나다의 용량산정기법에는 균일 교통류율을 기준으로 채택하여 차로교통량을 추정하고 있다<sup>7),8),9)</sup>. 캐나다 교통용량편람에서는 차로교통량 추정을 회전이동류의 포화교통류대 직진이동류의 포화교통류 비율을 기준으로 추정하며 반복계산이 없기 때문에 다른 방식보다 상대적으로 차로교통량 추정이 단순한 장점이 있다.

스웨덴 교통용량편람도 개별차로단위로 신호교차로 분석을 하고 있으며 균일 포화도를 기준으로 차로교통량 추정을 한다. 차로별 분석결과는 필요에 따라 결과를 차로군단위로 정리할 수 있다<sup>10)</sup>. 스웨덴 용량편람의 분석 방법을 따르는 용량분석 소프트웨어인 CAPCAL은 접근로의 포화교통류 대비 해당차로의 포화교통류의 비율을 기준으로 차로교통량을 배분하며 비율이 평준화에 도달할 때까지 반복적으로 계산한다<sup>11)</sup>.

이러한 국외의 예와 같이 추가적인 자료조사나 소프트웨어 개발을 배제하고 현재 HCM분석방법을 활용하여 차로단위의 신호교차로 분석이 가능하다. 본 연구는 신호교차로의 차로별 분석을 위한 일반적인 절차를 제시하고 제안된 방법의 용이한 이해를 위해 예제를 통해 절차를 설명한다. 또한 분석결과를 현재 HCM의 분석단위인 차로군단위로 환산하여 비교, 분석결과를 도출하고 차로단위 분석이 가능한 aaSIDRA의 분석결과 또한 비교, 분석한다.

### III. 차로단위 분석방법

본 연구에서는 차로별 분석결과 도출을 위해 총 19개 부분으로 구성된 분석절차를 설명한다. <그림 1>은 제시한 차로분석 절차의 흐름도를 보여준다.

#### 【Step 1】 자료조사 및 자료입력

첫 번째 단계는 분석을 위한 자료조사와 입력단계로 분석대상 교차로의 기하구조, 교통량 및 신호자료를 조사 및 입력한다. 본 단계는 현재 HCM 분석과정과 동일하다.

#### 【Step 2】 접근로 선택

분석대상 접근로를 선택한다.

#### 【Step 3】 분석대상 접근로의 차로수 확인

접근로의 차로수가 편도 1차로로 구성되어 모든 회전이동류를 처리할 경우 그 차로는 하나의 독립 차로군으로 형성되어 특별한 분석방법이 요구되지 않고 현재 HCM절차를 따른다. 이 경우 Step 11로 이동하여 LOS 평가를 위한 HCM절차를 따른다. 차로수가 2차로 이상일 경우 다음 단계인 Step 4로 진행한다.

#### 【Step 4】 교통량 보정

시간 교통량은 첨두시간계수(PHF)를 이용하여 교통류율로 보정하며 이후 단계에서 De-facto<sup>1)</sup> 차료가 발생하였을 경우 교통류를 재보정과 차로당 교통량 예측을 다시 하여야 한다.

#### 【Step 5】 이동류의 차로수 확인

분석 대상 접근로내 이동류의 이용차로가 공유차로를 포함하여 2차로 이상일 경우 차로별로 교통량 예측이 요구된다. 이동류가 선택차로를 갖지 않을 경우(각 이동류의 이용차로가 1차로일 경우) 차로별 교통량 예측이 요구되지 않아 포화도 균일작업이 필요하지 않고 Step 7을 거쳐 Step 10으로 진행한다. 선택차로가 있을 경우 Step 6으로 진행한다.

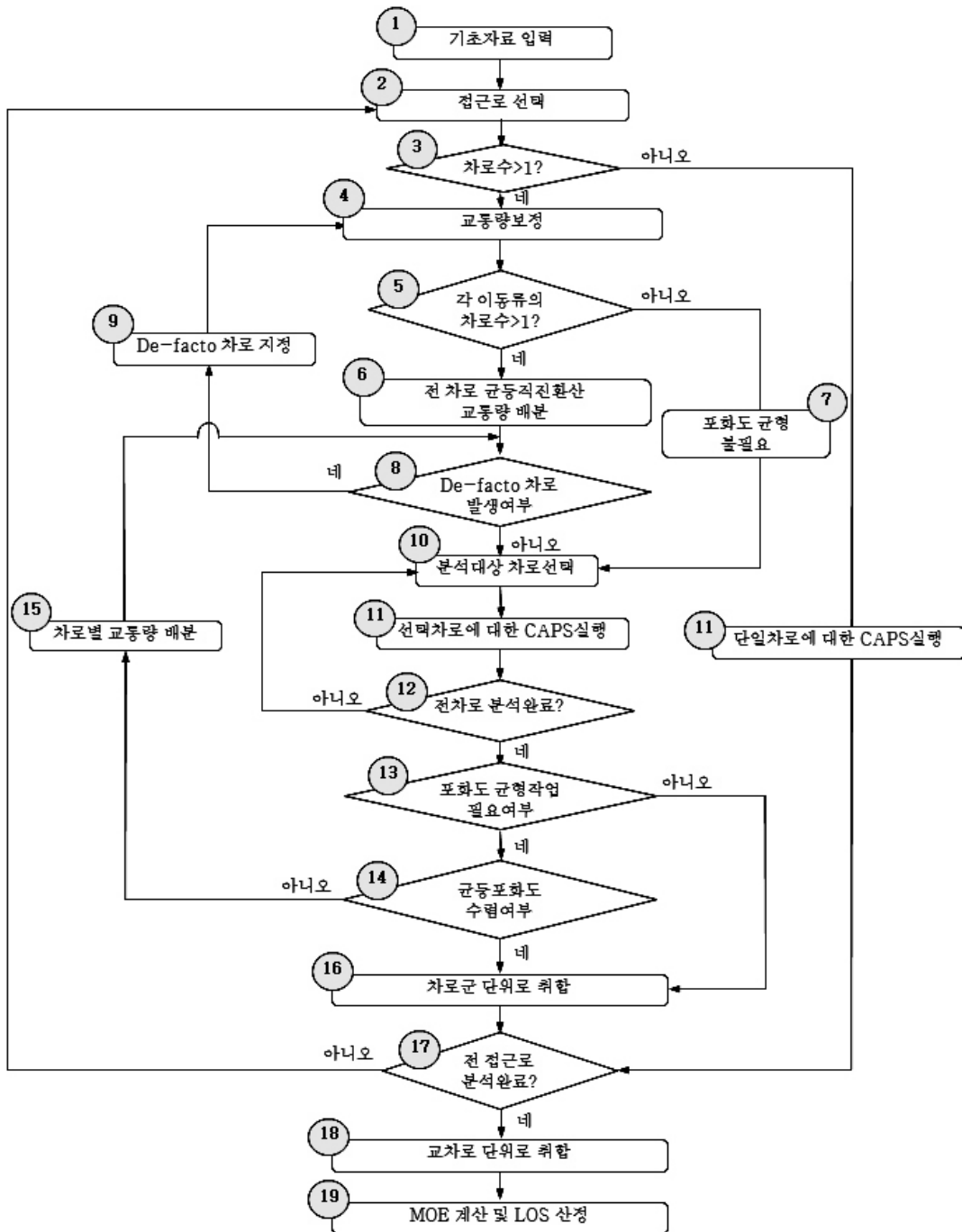
#### 【Step 6】 균등 직진환산 교통량 배분

본 단계는 차로별 교통량 추정의 최초 단계로 반복계산을 최소화하기 위해 각 차로의 포화교통류율을 계산하기 앞서 직진환산계수를 적용하여 초기 차로별 교통량을 배분한다. 초기 차량교통량 배분은 캐나다 용량 편람의 방법과 유사하나 본 연구에서는 직진환산계수를 적용하였다. 좌회전 이동류에 대한 직진환산계수는 HCM exhibit C 16-3의 계수를 사용하였으며 우회전 이동류에 대해서는 균일하게 1.2를 적용하였다. 각 차로에 직진환산교통량으로 환산 후 이동류별로 이용가능 차로수로 나누어 직진환산교통량을 균등하게 배분한다. 차로별로 직진환산 교통량의 균등분배 후에는 다시 직진환산계수를 역으로 적용하여 본 교통량으로 환산후 Step 8로 진행한다.

#### 【Step 7】 포화도 균형작업 불필요

현재 선택접근로가 Step 5에서 차로당 교통량 배분과정을 요구하지 않으면 포화도 균등화 과정이 필요하지 않기 때문에 해당접근로는 포화도 균등화 비적용 표시를 하여 잔여단계에 참조하도록 하고 Step 10으로 진행한다.

1) De-Facto 차로: 공유차로임에도 특정회전교통량이 지배적으로 많아 전용차로와 같이 활용되는 차로. 국문용어로 '변환전용차로'로 제안



〈그림 1〉 현 HCM과 소프트웨어를 활용한 차로단위 분석 절차

**【Step 8】 De-facto 차로 (변환전용차로) 발생여부**

Step 6에서 차로당 최초 직진환산교통량 배분 후나 Step 14의 차로별 교통량 산정을 위한 반복계산 중에는 공유차로의 회전교통량의 비율의 점검이 필요하다. 만일

공유차로에서 특정 이동류의 교통량이 과다하여 공유차로가 전용으로 사용될 경우 Step 9로 진행하여 De-facto 차로(변환전용차로)가 생성되며 해당사항이 없는 경우 Step 10으로 진행한다.

**【Step 9】 De-facto(변환전용)차로 지정**

Step 8의 설명과 같이 공유차로가 특정 이동류의 전용차로로 사용될 경우 De-facto차로(변환전용차로)를 생성하여 Step 4에서 계산절차를 다시 수행한다.

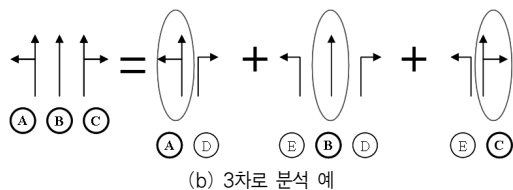
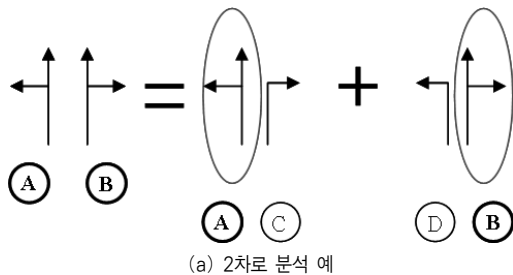
**【Step 10】 분석대상 차로선택**

용량 계산을 위해 차로선택을 한다.

**【Step 11】 선택차로에 대한 CAPS 실행**

분석대상 차로는 차로군과 같이 단독으로 CAPS(용량분석 소프트웨어의 일반적인 총칭: Capacity Software)를 실행하였다. 각 차로는 분석결과를 얻기 위해 개별적인 분석을 실행한다. 접근로에 대해 CAPS 실행횟수는 분석대상 접근로의 차로수와 일치한다. 그러나 분석대상 차로만 단독으로 CAPS를 실행하여 분석결과를 얻으면 차로간의 인접차로에 다른 이동류가 있을 경우 그에 따른 상호작용을 간과할 수 있으므로 <그림 2>와 같이 인접 이동류의 자료를 입력하여 CAPS를 실행해야 한다. <그림 2>는 차로별로 분석결과를 각각 도출하는 방법을 보여준다.

<그림 2(a)>는 두 개의 공유차로를 가진 접근로의 CAPS 실행방법을 보여준다. A차로 분석을 위해 인접차로에 임의의 교통량을 부여한 dummy차로 C로 전환한다. 유사한 방법으로 B차로 분석을 위해 A차로를 “dummy” 좌회전전용 차로D로 전환한다. 이와같이 두



<그림 2> 개별차로에서의 분석결과 도출 예시

set의 차로군으로 CAPS를 두 번을 실행하면 각각 A,B 차로의 분석결과를 도출할 수 있다. 같은 방법으로 <그림 2(b)>는 3차로를 가진 접근로분석의 개별 차로분석을 위한 CAPS 실행방법을 보여준다.

**【Step 12】 전 차로 분석완료 여부**

분석 대상 접근로의 모든 차로가 분석되었는지 확인하고 전 차로 평가가 완료되면 Step 13으로 진행하고 미 완료시에는 Step 10으로 진행하여 차로별 분석을 반복한다.

**【Step 13】 포화도 균형 작업필요 여부**

선행 단계인 Step 7에서 포화도비 균일작업이 불필요하다고 표시된 경우 Step 16으로 진행하고 포화도 균일절차가 필요한 경우 Step 14로 진행한다.

**【Step 14】 접근로의 균등 포화도 수렴여부**

각 차로별로 포화도가 정해지면 차로별 포화도를 비교한다. 각 차로의 포화도 차이가 정해진 기준보다(본 연구에서는 0.009) 작을 경우 포화도는 평형이 이루어졌다고 판단하고 Step 16으로 진행한다. 평형이 이루어지지 않았을 경우 Step 15의 차로교통량 배분과정을 수행한다.

**【Step 15】 차로 교통량 배분**

선택 가능 차로의 균등 포화도 기준에 부합하기 위해 차로 교통량 배분을 한다. 포화도는 비교차로 중 포화도가 높은 차로의 교통량은 줄어들고 반대로 낮은 포화도의 차로교통량은 늘어나야 포화도 평형을 이룬다. 높은 포화도를 가진 차로에서 적정의 교통량이 낮은 포화도의 차로로 재분배되어야 차로 간 포화도균형을 이룰 수 있다. 여기서 높은 포화도의 차로에서 낮은 포화도의 차로로 재분배되는 교통량을 ‘전이교통량’이라 칭한다. 차로 교통량계산은 평준화기준에 도달할 때까지 반복된다.

**1) 2차로의 경우 차로 교통량 분배**

용량은 작은 교통량 변화에는 민감하지 않는다는 가정하에 계산의 단순성을 위해 모든 차로의 용량은 고정되었다. 식(1)은 상대적으로 높은 포화도를 가진 차로의 일부교통량이 낮은 포화도를 가진 차로에 재분배됨을 보여준다.

$$\frac{V_L + X}{C_L} = \frac{V_H - X}{C_H} \tag{1}$$

X : 고 포화도 차로에서 저포화도 차로로 전이되는 교통량

V<sub>L</sub> : 저 포화도 차로의 교통량

V<sub>H</sub> : 고 포화도 차로의 교통량

C<sub>L</sub> : 저 포화도 차로의 용량

C<sub>H</sub> : 고 포화도 차로의 용량

식(1)에 근거하여 전이교통량은

$$X = \frac{V_H C_L - V_L C_H}{C_H + C_L} \tag{2}$$

한 예로 본 논문은 후속부분의 예제 중 북측접근로의 포화도 균일과정을 보여준다. <표 1>은 최초 차로교통량 배분후 차로교통량, 용량 및 포화도를 보여준다.

<표 1> 차로별·이동류별 교통량, 용량 및 포화도

차로	차로 이용 이동류	이동류별 교통량			용량	포화도 (V/C)
		회전	직진	소계		
1	직/좌	33	369	402	673	0.597
2	직/우	22	408	430	700	0.616

식(2)를 이용하여 전이교통량을 계산할 수 있다.

$$X = \frac{V_H C_L - V_L C_H}{C_H + C_L} = \frac{(430 \times 673) - (402 \times 700)}{700 + 673} = 5.8 \approx 6 \text{ 대}$$

직/우 공유차로에서 6대의 직진교통량이 직/좌 차로로 재분배된다. <표 2>는 첫 번째 iteration 후 차로교통량, 차로용량 및 포화도를 보여주며 포화도 평균이 이루어졌음을 보여준다.

<표 2> 첫 번째 iteration 후 차로별 이동류 교통량, 용량 및 포화

차로	차로 이용 이동류	이동류별 교통량			용량	포화도 (V/C)
		회전	직진	소계		
1	직/좌	33	375	408	673	0.606
2	직/우	22	402	424	700	0.606

## 2) 3차로 이상 조건에서 차로교통량 분배

선택차로가 3차로 이상일 경우 상대적으로 높은 포화도의 차로가 있는 '부여' 그룹과 낮은 포화도의 차로를 가진 '수혜' 그룹으로 분류한다. 식(3)은 식(1)을 적용하였다.

$$\frac{V_R + X}{C_R} + \frac{V_D - X}{C_D} \tag{3}$$

여기서, X : '부여' 그룹에서 '수혜' 그룹으로 전이되는 교통량

V<sub>D</sub> : '부여' 그룹의 총 교통량

V<sub>R</sub> : '수혜' 그룹의 총 교통량

C<sub>D</sub> : '부여' 그룹의 총 용량

C<sub>R</sub> : '수혜' 그룹의 총 용량

'부여' 그룹에서 '수혜' 그룹으로의 전이교통량은

$$X = \frac{V_D C_R - V_R C_D}{C_D + C_R} \tag{4}$$

두 그룹간 전이교통량을 결정한 후 '수혜' 그룹 내의 차로당 포화도의 비율에 맞게 각각 차로의 전이 교통량을 결정한다.

$$X_1 = X \frac{\frac{1}{(V/C)_L}}{\frac{1}{(V/C)_L} + \frac{1}{(V/C)_H}} \tag{5}$$

$$X_2 = X \frac{\frac{1}{(V/C)_H}}{\frac{1}{(V/C)_L} + \frac{1}{(V/C)_H}} \text{ or } X - X_1 \tag{6}$$

여기서,

X<sub>1</sub> : '수혜' 그룹 내의 저포화도 차로로의 전이 교통량

X<sub>2</sub> : '수혜' 그룹 내의 고포화도 차로로의 전이 교통량

(V/C)<sub>H</sub> : '수혜' 그룹 내의 고포화도 차로의 포화도

(V/C)<sub>L</sub> : '수혜' 그룹 내의 저포화도 차로의 포화도

〈표 3〉 반복계산별 차로교통량 및 포화도

반복 계산 차수	차로	해당 차로 이동류	이동류별 교통량(대/시)			차로 용량	차로 포화도 (V/C)	차로간 최대 포화도 격차
			L	T	R			
최초 배분	1	LT	133	72		283	0.724	0.111
	2	T		606		977	0.620	
	3	TR		433	144	941	0.613	
1	1	LT	133	45		262	0.679	0.052
	2	T		619		977	0.634	
	3	TR		447	144	942	0.627	
2	1	LT	133	34		251	0.665	0.032
	2	T		624		977	0.639	
	3	TR		453	144	942	0.634	
3	1	LT	133	28		247	0.652	0.015
	2	T		627		977	0.642	
	3	TR		456	144	942	0.637	
4	1	LT	133	25		245	0.645*	0.006
	2	T		628		977	0.643*	
	3	TR		458	144	942	0.639*	

\* 표준화 도달

〈표 3〉은 예제중에 반복계산을 거치면서 포화도 평균화 수렴을 보여준다.

초기 차로교통량 배정후 1차로와 3차로의 최대 포화도 차는 0.111로 나타났다. 3차로는 '부여' 그룹으로, 1, 2차로는 '수혜' 그룹으로 분류되어 식(4)에 의해 27대의 전이교통량이 계산되었다.

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{V_D C_R - V_R C_D}{C_D + C_R} \\
 &= \frac{205 \times 1,918 - 1,183 \times 283}{283 + 1,918} = 26.53 \\
 &\approx 27 \text{ 대}
 \end{aligned}$$

'수혜' 그룹 중 저 포화도 차로의 전이교통량  $X_1$  은 식(5)를 이용하여 산정한다.

$$\begin{aligned}
 X_1 &= X \frac{\frac{1}{(V/C)_L}}{\frac{1}{(V/C)_L} + \frac{1}{(V/C)_H}} \\
 &= 27 \times \frac{\frac{1}{0.613}}{\frac{1}{0.613} + \frac{1}{0.620}} = 13.58 \text{ 대} \\
 &\approx 14 \text{ 대}
 \end{aligned}$$

$$X_2 = 27 - 14 = 13 \text{ 대}$$

직진 이동류 중 13대가 직/좌 공유차로에서 직진전용차로로, 14대가 직/좌 공유차로에서 직/우 공유차로로

재분배 되었다. 총 4회의 반복계산을 통해 차로교통량은 평균 포화도에 도달했다.

【Step 16】 차로군 단위의 MOE 취합

차로별 포화교통류율과 지체도를 모두 계산한 후 차로별 MOE인 포화도, 지체도 및 대기행렬길이 등은 차로군 단위로 접근로 단위로 통합한다. 교통량 가중을 적용하여 차로군이나 접근로 단위의 지체도의 제공이 가능하다.

【Step 17】 전 접근로 분석 완료여부

모든 접근로의 분석이 완료되었는지 점검하고 전 접근로 분석이 완료되었으면 Step 18로 진행하고 그 이외에는 Step 2로 진행하여 분석을 계속 진행한다.

【Step 18】 교차로 단위의 MOE 취합

모든 접근로 평가가 완료되면 Step 16의 절차와 유사하게 교차로 단위로 포화교통류와 지체도를 계산하고 마지막 단계인 Step 19로 진행한다.

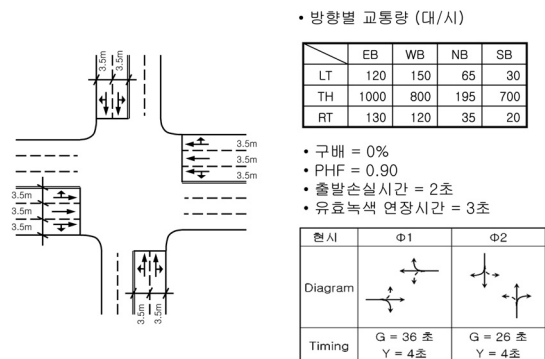
【Step 19】 MOE 계산 및 LOS 산정

마지막으로 교차로 용량, 지체도 및 서비스 수준을 결정한다.

IV. 예제를 통한 모형간 분석결과 비교

1. 예제

제안된 차로별 분석방법이 예제를 통해 분석되었다. 대상 교차로는 각 접근로에 공유차로가 있는 4지 교차로이다(그림 3). 교차로의 동서 접근로는 각각 3차로로 구성되어



〈그림 3〉 예제 교차로의 교통량, 기하구조 및 신호차로

있고 직/좌, 직진, 직/우 차로로 구성되었고 남·북 접근로는 직/좌, 직/우 공유차로로 구성된 2차로의 접근로이다. 계산의 편의를 위해, 평지와 3.5m 차로폭 등으로 기하구조를 설정하였고 0.90의 침두시간 계수를 적용하였다. 이 외 이동류의 각 접근로별 교통량, 신호자료 등은 <그림 3>에 나타나 있다. 제시된 차로별 분석방법을 통해 도출된 분석결과는 차로군 단위로 취합되어 HCM분석결과와 비교분석되었고 현재 차로별 분석방법을 도출할 수 있는 호주 용량편람(aaSIDRA)과도 포화도, 지체도 및 대기행렬 길이 등의 효과적도가 비교분석 되었다.

2. 타 모형과 분석결과 비교

1) HCM 분석결과와의 비교

<표 4>는 현 HCM방법과 차로별 분석결과를 비교하여 보여준다. HCM분석결과는 차로별로 MOE를 도출할 수 없으므로 차로별 분석결과를 차로군 단위로 취합하여 비교하였다.

차로별 분석방법을 통해 분석한 포화도는 HCM 차로군 분석치보다 다소 낮은 수치를 보여주는데 이는 제안된 방식의 차로당 용량산정이 HCM방식의 차로군 용량산정보다 약간 높은 용량 산정에 기인한다. 차로별 분석 방식은 독립된 차로를 차로군으로 취급하여 분석하기 때문에 차로 이용률( $f_{L_u}$ )계수는 적용되지 않아 포화교통류율을 감소가 상대적으로 덜 되기 때문이다.

1차로 이상의 접근로에서 차로간의 상이한 교통량 분배는 차로 교통량 배분 단계에서 이루어져 결과적으로 차로별 분석방법이 조금 높은 포화교통류율을 갖는다. 두 방식간의 분석결과는 근접하지만, 지체도는 차로별 분석 방식의 결과치가 조금 높다. 이는 지체도 산정식 중, 증분

<표 4> 제안된 방법과 HCM방법의 분석결과 비교

접근로	차로	이동류	포화도		지체도 (초/대)		평균대기행렬 (대)	
			차로별	HCM 차로군	차로별	HCM 차로군	차로별	HCM 차로군
서측	1	LT	0.64	0.72	16.7	15.4	9.4	8.6
	2	T						
	3	TR						
동측	1	L*	1.27	1.27	183.1	183.1	8.5	8.5
	2	T	0.53	0.56	13.5	12.9	7.7	7.9
	3	TR						
남측	1	LT	0.34	0.38	17.7	17.3	3.1	2.7
	2	TR						
북측	1	LT	0.61	0.67	21.8	21.3	7.7	8.1
	2	TR						

\*좌회전 변환 전용차로 (de-facto left turn lane)

지체식 내 용량 절대치의 민감도에 기인한다. 차로 용량은 항상 차로군 용량보다 낮기 때문에 차로당 지체도는 (특히 높은 포화도에서) 항상 미미하나 높게 계산된다.

2) aaSIDRA 분석결과와의 비교

차로별 분석 방식은 호주용량편람의 용량분석 소프트웨어인 aaSIDRA(version 2.0)의 결과와 비교되었다. <표 5>는 차로별 분석방법과 aaSIDRA의 차로별 교통량, 최종 포화도, 지체도 및 평균 대기행렬 길이 등의 효과적도결과비교를 보여준다.

차로 교통량 추정은 서측과 남측 접근로의 직/좌 공유차로를 제외한 모든 접근로에서 두 모형이 유사한 값을 갖는다. 일부 상이한 차로교통량 추정치를 보이는 이유는 HCM과 호주용량편람의 허용 좌회전 이동류의 포화 교통류율 추정 방법이 다르기 때문에 좌회전 공유차로의 차로당 교통량 산정이 상이한 결과를 갖는다. 허용 좌회전의 포화 교통류 산정에 있어 HCM상에서는 보정계수를 이용하지만, 호주 편람에서는 간격 수락 모형을 적용하고 있어 결과적으로 상이한 차로 교통량 배분을 보여준다. 포화도 부분은 동측 접근로의 de-facto(변환전용)좌회전을 제외하면 근접한 결과를 보여주고, 지체도와 평균대기행렬길이는 거의 유사하나 제안된 방식이 aaSIDRA 보다 평균 대기행렬길이가 미미하게 높은 수치를 도출한다.

<표 5> 제안된 방법과 aaSIDRA의 분석결과 비교

접근로	차로	이동류	차로 교통량 (veh/hr)		포화도		지체도 (초/대)		평균대기행렬 (대)	
			제안 방법	SIDRA	제안 방법	SIDRA	제안 방법	SIDRA		
서측	1	LT	158	198	0.65	0.62	25.0	33.4	2.9	3.8
	2	T	628	601	0.64	0.62	15.6	15.0	10.5	9.8
	3	TR	602	589	0.64	0.62	15.6	16.3	10.0	9.1
동측	1	L*	167	167	1.27	0.81	183.1	59.6	8.5	4.1
	2	T	524	516	0.54	0.53	13.5	13.4	7.9	7.7
	3	TR	498	506	0.53	0.53	13.5	14.3	7.5	7.0
남측	1	LT	91	76	0.33	0.36	19.1	37.0	1.5	1.4
	2	TR	237	252	0.34	0.36	17.2	17.2	3.7	3.7
북측	1	LT	409	401	0.61	0.61	21.9	22.8	7.5	7.4
	2	TR	425	432	0.61	0.61	21.8	21.6	7.8	7.8

\*좌회전 변환 전용차로 (de-facto left turn lane)

V. 결론

차로별 분석방법은 차로와 이동류의 고유 특성을 한 차로군 내에서는 동일하게 취급하는 현재 HCM 차로군



분석의 문제점을 완화한다. 새로운 분석 소프트웨어와 방법론은 막대한 시간과 비용을 요구하지만, 현재 범용되는 분석방법과 소프트웨어를 이용한 신호 교차로 분석은 별도의 자료 수집을 요구하지 않고, 개개의 차로 단위로 분석 가능하다. 기존 HCM과 소프트웨어를 이용한 신호 교차로의 차로별 분석 방법을 연구에서 제시하였다.

예제를 통해 차로군 분석 결과를 차로군 단위로 취합하여 HCM 분석 결과와 비교 하였다. 차로별 분석이 지체도 산정식의 용량에 대한 민감함에 의해 HCM 분석 방법에 비해 지체도를 더 높게 산정하나 그 차이는 미미하다. 차로 단위 분석 결과는 개별차로단위로 분석하는 aaSIDRA와도 비교 되었는데 허용 좌회전 이동류의 포화 교통류 산정 방식의 차이에 의한 분석결과 불일치를 제외하곤 거의 동일한 분석결과를 보여 주었다.

본 연구는 신호 교차로의 차로 단위 분석에 대한 기여를 목적으로 수행 되었으며 향후 연구로 현장 조사치와의 비교를 제시하는 바이다. 향후 ITS 의 발전 및 검지기 자료의 습득이 용이하여 차로 교통량을 수집할 수 있으면 포화로 균일화를 통한 차로 교통량 배분 단계는 생략할 수 있다. 또한 다소 복잡해 보이는 차로별 분석과정을 분석 소프트웨어에 적용하면 현재와 동일한 입력값으로 정밀한 차로별 분석결과를 도출할 수 있어 향후 분석 소프트웨어에 적용이 기대된다. 본 연구에서 제시된 차로 단위 분석은 차로수 감소나 램프지역 또는 하류부의 BRT전용차로 시작점과 같은 특수 상황을 가진 신호교차로나 특이한 차로 이용률 현상을 보이는 교차로 분석 등에서도 유용하게 쓰일 것으로 기대 된다.

**참고문헌**

1. Highway Capacity Manual(2000), TRB, National Research Council, Washington, D.C.
2. Rouphail, N. and B. Nevers.(2001), Saturation Flow Estimation Using Traffic Subgroups, In Transportation Research Record 1776, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.114~122.
3. Nevers, B.L.(2001), A Saturation Flow and Lane Distribution Model for Signalized Intersections, Thesis for North Carolina State University, January.
4. Akcelik, R.(1984), SIDRA 2 Does It Lane By

Lane, Proceedings of 12th ARRB Conference, Vol.12, Part 4, Victoria, Australia, August, pp.137~149.

5. Akcelik, R.(1980), Lane Utilisation and Saturation Flows, Traffic Engineering and Control, Vol.21, No.10, pp.482~484.
6. Akcelik, R.(1989), On the Estimation of Lane Flows for Intersection Analysis, Australian Road Research, Vol.19, No.1, March, pp.51~57.
7. Tepley, S., D. I. Allingham, D. B. Richardson, and B.W. Stephenson.(1995), Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections, Second Edition, ITE District 7, Canada, June.
8. Tepley, S.(1985), Highlights of the Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections, In Transportation Research Record 1005, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.20~28.
9. Tepley, S., D. Richardson, J. Schnablegger, and B.W. Stephenson.(1985), New Features in the "Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections", ITE Journal, October, pp.40~46.
10. Perterson, B.E., A. Hansson, and K.L. Bang. (1978), Swedish Capacity Manual, In Transportation Research Record 667, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.1~28.
11. Stenberg, L. and T. Bergh.(1995), CAPCAL 2 Model Description of Intersection with Signal Control, Swedish National Road Administration, Sweden.

✉ 주 작성자 : 이재준  
 ✉ 교신저자 : 이재준  
 ✉ 논문투고일 : 2007. 11. 10  
 ✉ 논문심사일 : 2008. 2. 12 (1차)  
                   2008. 5. 26 (2차)  
                   2008. 7. 8 (3차)  
 ✉ 심사관정일 : 2008. 7. 8  
 ✉ 반론접수기한 : 2008. 12. 31  
 ✉ 3인 익명 심사필  
 ✉ 1인 abstract 교정필