

■ 論 文 ■

차로폭에 따른 우회전 공용차로의 통과교통량분석

Throughput Analysis of Right Turn Shared Lane
with Lane Width Change

김 동 녕

(단국대학교 토목환경공학전공 교수)

김 경 환

(단국대학교 대학원 석사과정)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위 및 방법
 - 3. 문헌고찰
 - II. 우회전 공용차로의 운행 특성 및 통과교통량분석방법
 - 1. 우회전 공용차로의 운행특성 및 행태
 - 2. 우리나라 우회전 교통류의 특성
 - 3. 우회전 교통량이 교차로 지체평가에 미치는 영향
 - 4. 도로용량편람('92)의 우회전 공용차로 용량 및 통과교통량 분석방법
 - 5. 도로용량편람(2001)의 우회전 공용차로의 용량 및 통과교통량 분석방법
 - 6. U.S. HCM의 용량분석방법
 - III. 현장자료조사 및 조사방법
 - 1. 조사지점의 선정
 - 2. 조사방법
 - IV. 자료의 분석 및 통과교통량산정
 - 1. 분석방법
 - 2. 분석 결과
 - V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 우회전 공용차로, 통과교통량, 용량, 적신호시 우회전, 차로폭

요 약

신호교차로에서 우회전 공용차로의 통과교통량은 여러 가지 요인에 영향을 받기 때문에 복잡하다. 본 연구는 기존의 용량분석에서 고려하지 못하고 있는 공용차로의 폭이 우회전 공용차로 통과교통량에 미치는 영향을 분석한다. 우회전 전용차로가 있는 경우와 순수하게 공용차로로 운영되는 경우의 중간단계에 있는 경우를 대상으로 한다. 공용차로의 폭원별로 이동류별 교통량, 차두시간, 손실시간, 여유폭 이용율을 분석하였으며 주요 결과로는 공용차로의 폭이 갓길을 포함하여 4.1m이상일 때 통과교통량 증가가 나타나기 시작하였으며, 4.6m일 때 한국 도로용량편람 방법에 의한 통과교통량보다 2배 이상 큰 것으로 분석되었다.

이 연구는 2001학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

현재 우리나라 교차로에서 우회전은 RTOR(Right Turn on Red, 적신호시 우회전)을 허용하는 경우가 대부분이다. 직진과 우회전차량이 함께 이용되는 공용차로에서 직진 차량이 우회전 차량에 앞서 도착한 경우 우회전 차량은 직진 신호를 기다렸다가 직진 신호가 켜진 후에야 비로소 우회전을 하게 된다. 그러나 공용차로폭이 3.5m이상인 도로에서 0.5m정도의 갓길과 같은 측방여유폭이 확보되는 경우에는 직진차량이 그 차로를 점유하고도 어느 정도의 폭이 생겨서 우회전 차량으로 하여금 RTOR을 수행 할 만한 공간이 확보되는 경우가 있다. 특히 직진차량이 우회전 차량을 위해 좌측의 인접차로 쪽으로 정차하면 더 큰 여유폭이 생기게 된다. 이러한 RTOR 차량 특히, 여유폭을 이용하는 우회전 차량의 발생으로 우회전 공용차로는 차로폭에 따라 해당 접근로의 최대통과교통량이 증가되고 교차로의 지체를 감소시킬 것이다.

그러나 현재의 공용차로의 용량분석방법은 우회전 공용차로의 폭에 관계없이 적색신호에 우회전하는 차량의 비율이 일정한 것으로 가정하고 있다.

본 연구에서는 3.0m이상의 도로에서 실제로 이루어지고 있는 공용차로의 이용행태를 바탕으로 직진차량이 정차했을 때 생기는 여유폭 이용비율을 분석하고 공용차로의 폭에 따라 손실시간을 고려하여 통과교통량산정을 하고자 하는데 그 목적이 있다. 그러나 도로용량편람에서는 한 차로에 불법으로 2열 운행하는 것을 인정하지 않고 있기 때문에 본연구 결과를 편람에 반영하는 것은 적절하지 않다. 본연구 결과로 얻어지는 통과교통량은 공용차로의 폭이 미치는 영향을 볼 수 있는 지표가 될 수 있으며 우회전 교통수요가 주어졌을 때 공용차로에서 처리가 가능한지를 직관적으로 판단하는데 도움이 될 것으로 보인다.

그리고 도로용량편람에서는 우회전 공용차로분석에서 RTOR을 제외하고 녹색시간 동안의 교통량을 분석대상으로 하고 있는데 비해 본연구의 통과교통량(Throughput)은 녹색시간 뿐만 아니라 RTOR을 포함한 총 통과교통량을 대상으로 한다는 점에서 차이가 있다. 본연구에서 녹색시간만을 대상으로 하지 않는 이유는 공용차로폭이 증가할 때 RTOR 차량의 증

가가 두드러지기 때문에 녹색시간만을 대상으로 하면 이런 특징을 분석에 포함할 수 없기 때문이다. 따라서 녹색시간만을 대상으로 하는 '용량'과 본연구의 '통과교통량'을 구분하여 사용하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

공용차로를 대상으로 그 폭에 따른 통과교통량분석을 위하여, 직진 차량이 정차한 후 생기는 여유폭을 이용하는 우회전 차량의 비율을 차로폭에 따라 분석하고 직진 차량의 정차로 인해 생기는 RTOR 차단시간 즉, 손실시간을 측정하기 위해 현장조사를 실시하였다. 공간적 범위로는 3.0m이상의 차로폭을 가진 우회전 공용차로가 있는 도시부의 4지 교차로로서 우회전 도류화시설이 없는 지점으로 국한시켰다. 현장 자료를 이용한 여유폭 이용을 분석과 통과교통량분석은 접근로의 공용차로만을 대상으로 하였으며 인접한 직진 차로와 좌회전 차로는 제외하였다. 또한 버스나 대형차량이 혼입된 경우 승용차에 비해 차지하는 폭이 커서 직진차량이 정차한 경우에 생기는 여유폭으로 우회전 차량의 통과가 곤란하다. 따라서 통과교통량분석이 어려워지므로 승용차로 분석대상을 한정하였다.

시간적 범위로는 여유폭 이용을 분석시 적색시간 동안 직진 차량의 정차 후 도착하는 우회전 차량을 대상으로 하여 분석하며, 통과교통량분석은 녹색신호시간동안의 직진 이동류와 우회전 이동류를 고려하였으며 적색신호시간동안의 우회전을 고려하여 분석하였다.

통과교통량 분석시에는 현장조사를 통해 직진 차량의 정차로 인해 생기는 적신호동안 우회전 차량의 차단시간을 직진 교통량과 총 교통량의 비율로써 그 관계를 나타내고 포화차두시간을 측정하여 포화교통류율을 구하였다. 측정된 포화교통류율에 적신호시 우회전이 불가능한 손실시간과 한 주기중 우회전 가능한 시간을 고려하여 통과교통량을 산정하였다.

통과교통량산정은 직진 이동류와 우회전 이동류를 분리하여 직진 이동류는 이동이 가능한 직진 시간만을 고려하였으며 보행자 횡단시간은 우회전 이동류와 관계가 있으므로 제외하였다. 우회전 이동류는 적신호동안의 통과교통량과 직진신호동안의 통과교통량을 분리하여 산정하였다.

3. 문헌고찰

교차로의 용량 분석시 보정계수는 교차로의 현황에 따라 다르며 우회전 공용차로에 대한 우회전 보정계수는 신호형태 및 신호시간, 횡단보도 보행자 시간 및 보행자 수, 공용차로에서 우회전 교통량의 비율 등에 따라 다른 값을 갖게된다. 우리나라에서 공용차로에 대한 용량 산정방법은 도로용량편람('92)(KHCM: Korea Highway Capacity Manual, '92)²⁾와 도로용량편람(2001)³⁾의 우회전 보정계수를 구하는 과정을 통해 알 수 있다.

도로용량편람('92)의 경우에는 전용 우회전의 포화교통류율(s_{RT})을 결정하기 위하여 우회전 곡선반경과 교차도로의 차로수에 따른 포화교통류율을 구한다. 그리고 적신호시 우회전 활동(RTOR)을 고려하기 위하여 횡단보도 보행자수에 따른 우회전 불가능한 시간 비율과 교차도로의 직진시간 즉, 우회전이 불가능한 신호시간을 이용하여 우회전 수요 교통량 중에서 직진신호시 우회전 교통량을 이용하며 우회전의 직진환산계수와 직진 포화교통류율을 이용하여 우회전 보정계수를 산정하였다.

도로용량편람 2001에서는 횡단보도 보행자수와 첫 우회전 차량 앞에 도착한 직진 교통량에 의해 발생한 차단시간을 이용하여 교차도로의 횡단보행자로 인한 손실시간을 구하고 이로부터 직진환산계수를 구하였고 이를 이용하여 우회전 보정계수를 구하였다.

도로용량편람('92)와 도로용량편람(2001)에서 우회전 공용차로의 용량을 산정 할 때 전체 우회전 수요 교통량 중에서 실제 녹색신호시간을 소모하는 교통량을 대상으로 구하였다. 실제 녹색신호시간을 소모하는 교통량은 도로용량편람('92)의 경우에는 녹색신호 시간중의 가용신호시간과 우회전이 가능한 총 신호시간의 비율로써 분석대상 교통량을 구하였다. 반면, 도로용량편람(2001)에서는 종전의 도로용량편람('92)에서 구하는 방식과는 달리 우회전 교통량 보정계수를 정하여 이를 총 우회전 수요교통량에 곱하여 분석대상 교통량을 결정하였다.

미국의 HCM(Highway Capacity Manual)에서는 차선군의 용량이나 서비스 분석시 RTOR이 허용된 경우에 RTOR 교통량은 우회전 수요교통량에서 빼서 사용해야 하며 RTOR 교통량은 현장에서 결정되어야 한다고 하였다. 그러나 만약 분석이 장애의 상황이나

RTOR 교통량을 알 수 없는 경우에는 그 값을 추정하는 것이 필요하며 이 과정은 복잡한 과정과 운전자의 행태의 변화 때문에 상당히 어렵다는 것을 지적하였다. 현장 자료가 없는 경우에는 전용 우회전 이동류가 교차도로의 좌회전 현시가 있는 경우를 제외하고 우회전 교통량을 RTOR 교통량의 제거 없이 사용하도록 제안하고 있다. 또한 이러한 RTOR 교통량에 영향을 미치는 요소로 다음과 같은 것들을 정의하고 있다.

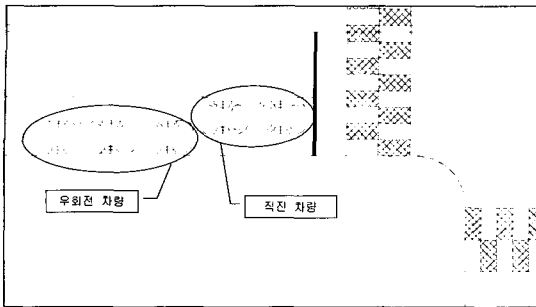
- 접근차로의 형태 (전용/공용 우회전 차로)
- 우회전 수요교통량
- 교차로 접근시의 시기
- 상충류의 포화도
- 신호주기상의 도착패턴
- 상충도로의 좌회전 현시
- 보행자 상충

그밖에 박은미⁶⁾는 우회전 공용차로의 용량산정을 교차로의 기하구조, 상충류의 교통량, 신호주기, 현시분할, 보행자신호를 고려하여 시뮬레이션을 통하여 구하였으며 외국에서는 RTOR에 대한 용량산정을 위해 Luh and Lu¹¹⁾는 two-way stop의 우회전 행태와 적신호시 우회전의 행태가 비슷함을 이용하여 상충류의 비포화 녹색시간에 따른 잠재용량(potential capacity)을 계산하여 용량을 산정하였고 Lebdeh and Benekohal¹⁰⁾은 전용 우회전 차로에 대해 우회전 교통량, g/C 비율, 상충 교통량, 대향 좌회전 현시의 유무에 따라 RTOR 교통량을 추정하기 위한 모형을 제안하였으나 공용우회전 차로에서 생기는 여유폭과 직진 차량으로 인한 우회전 차량의 손실시간으로부터 통과교통량을 구하는 본 논문과는 차이가 있다.

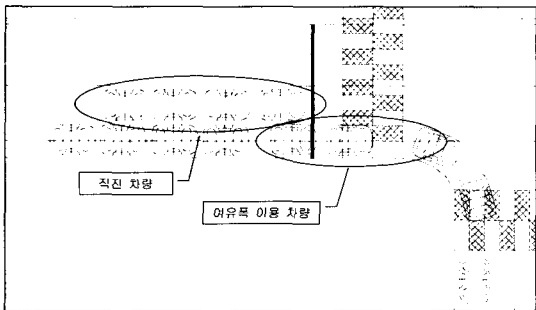
II. 우회전 공용차로의 운행 특성 및 통과 교통량분석방법

1. 우회전 공용차로의 운행특성 및 행태

일반적으로 공용차로에서 직진 차량은 우회전 차량의 적신호시 우회전차량을 위해 인접차로 쪽으로 비켜정차하는 행태를 보이며 이로 인한 우회전 교통량은 상당히 많아서 실제 공용차로의 통과교통량은 더욱



(a) 여유폭 이용이 불가능한 경우



(b) 여유폭 이용이 가능한 경우

〈그림 1〉 여유폭 이용 여부에 따른 공용차로 운행형태

클 것이다. 특히 우회전 차량은 공용차로의 차로폭 이외에도 도로상의 갓길을 이용하여 운행하는 경우가 많다. 이러한 이유로 실제 우회전 차량이 적신호시에 우회전 할 수 있는 기회는 훨씬 증가하게 된다.

교차로의 용량분석에서 공용차로에 대한 분석은 녹색시간을 소비한 차량만을 대상으로 하고 있다. 즉 적신호시 우회전 차량은 분석에서 제외되며 본 연구에서는 적신호시 우회전 차량을 포함한 통과교통량을 분석하는 것이다.

따라서 본 연구에서는 공용차로에서 직진 차량의 정차 후에 생기는 여유폭에 따른 통과교통량증가에 대한 분석을 위하여 공용차로폭을 증가시키면서 통과교통량 증가를 분석하였다. 이러한 우회전 차량의 여유폭을 이용하는 것은 〈그림 1〉과 같이 나타낼 수 있다.

2. 우리나라 우회전 교통류의 특성

교차로에서 우회전하는 교통류의 운행특성은 크게 보면 외국과 비슷한 행태를 보이고 있다고 할 수 있다. 그러나 다음과 같은 몇 가지 점에서 차이를 나타낸다고 생각된다.

첫째, 우리나라 교차로는 보호좌회전이 대부분이기 때문에 현시수가 많고 따라서 녹색시간비(g/C)가 적은 편이다. 그러므로 한 주기에서 적색시간이 차지하는 비율이 상대적으로 크고 RTOR을 허용할 경우 적색시간에 우회전하는 차량의 비율이 크게 된다. 특히 우회전 전용차로가 있거나 공용차로의 폭이 넓어 전용차로처럼 운영될 경우에는 더욱 그렇다.

둘째, 교차도도에 횡단보도가 있고 보행량이 많은 경우 공용차로의 우회전 차량이 직진 차량을 막기 때문에 공용차로의 용량이 현저하게 떨어지는 경향이 있다. 이러한 현상은 도류화가 되어 있지 않거나 횡단보도의 위치가 지나치게 교차로 중심쪽으로 치우쳐 있을 때 일어난다.

3. 우회전 교통량이 교차로 지체평가에 미치는 영향

우회전 전용차로가 없는 교차로에서 우회전 공용차로는 차로군 분류시에 일반적으로 직진 차로에 통합되어 분석된다. 이때 우회전 교통량의 40%를 제외한 60%만 취하여 v/c분석에 이용된다. v/c비에서 분자인 교통량에 우회전 교통량의 40%를 제외시키고 분모값인 용량(c)에도 적색시간을 이용하는 우회전 용량이 포함되어 있지 않다. 제외된 40%에 해당되는 우회전 교통량은 지체시간이 거의 없거나 매우 작은 값이 될 것이다. 제외된 우회전 교통량의 지체시간을 산출하는 방법에 대해서는 공식적으로 정리된 바는 아직 없다. 어쨌든 제외된 우회전 교통량을 포함하여 교차로 진입로의 평균지체시간을 계산하면 현재의 지체시간보다 다소나마 적어질 것이다. 대부분의 경우에는 우회전 교통량이 많지 않기 때문에 그 영향이 크지 않을 것으로 판단되지만 어떤 교차로에서는 우회전 교통량의 비율이 큰 경우가 있기 때문에 그 영향을 무시할 수 없는 경우도 있다. 직진 방향의 도로의 기능이 낮은 지점이나 T자형 교차로지점이 그럴 것이다.

4. 도로용량편람('92)의 우회전 공용차로 용량 및 통과교통량 분석방법

도로용량편람('92)에서 공용차로의 용량 분석은 적신호시 우회전 교통량을 제외하고 실제 녹색시간동안 진행한 우회전 교통량만으로 용량을 분석한다. 이때,

분석에 이용될 녹색신호시(또는 직진신호)시의 우회전 교통량 (V_R')은 다음과 같은 관계식을 이용한다.

$$V_R' = V_R \times \frac{\text{녹색신호시간중의 가용 신호시간}}{\text{우회전이 가능한 총 신호시간}}$$

$$V_R' = V_R \times \frac{g - f_c \times g_p}{C - (g_c + f_c \times g_p)} \quad (1)$$

여기서,

- V_R : 우회전 교통량(수요 교통량)
- V_R' : 분석에 이용될 녹색신호(또는 직진신호)시의 우회전 교통량
- g_c : 우회전이 불가능한 신호시간(그림 2)
- g_p : 교차도로 횡단보도 신호시간
- f_c : 횡단보도 신호시간 중 우회전이 이용할 수 없는 비율(표 1)
- g : 녹색신호시간
- C : 주기

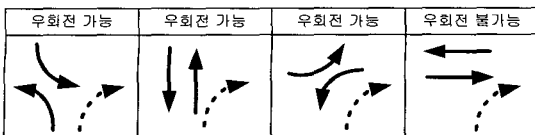
여기서, 우회전이 불가능한 신호시간 (g_c)는 교차도로의 직진 신호시간과 같이 우회전이 불가능한 시간을 의미한다.

다음으로 용량을 분석하는 과정은 각종 보정계수와 우회전 보정계수를 구하여 기본 포화교통류율에 곱해서 수정 포화교통류율을 구한 다음 녹색신호시간과 주기의 비율을 곱함으로써 용량을 산출한다.

이 때 우회전 보정계수는 다음과 같이 정의된 K_1 과 K_2 를 비교하여 직진환산계수를 구함으로써 결정된다.

〈표 1〉 우회전이 이용할 수 없는 횡단보도 신호 시간 비율 (도로용량편람('92))

구분	소	중		대	
1시간 보행량	500이하	500~1,000	1,000~2,000	2,000~3,000	3,000 이상
f_c	0.3	0.6	0.8	0.9	1.0



〈그림 2〉 우회전이 불가능한 신호시간 (g_c)

$$K_1 = \frac{V_{TH} + E_L \cdot V_L}{V_R'}$$

$$K_2 = \frac{f_c \cdot g_p \cdot N}{0.82} + \frac{2200}{S_{RT}}(N-1) \quad (2)$$

① $K_1 < K_2$ 인 경우

$$E_{RT} = \frac{f_c \cdot g_p - \frac{1.63}{2 \cdot N} K_1}{1.63 \cdot V_R'} + \frac{2200}{S_{RT}} \quad (3)$$

$$S_{TH} = 2200 \cdot F - V_R' \cdot E_{RT} \cdot C/g \quad (4)$$

$$f_{RT} = S_{TH}/2200 \cdot F \quad (5)$$

② $K_1 > K_2$ 인 경우

$$E_{RT} = 2200/S_{RT} \quad (6)$$

$$S_{TH} = 2200 \cdot F - V_R' \cdot E_{RT} \cdot C/g \quad (7)$$

여기서,

- V_{TH} : 접근부의 직진 수요 교통량
- V_L : 접근부의 좌회전 수요 교통량
- V_R' : 접근부의 우회전 수요 교통량중에서 RTOR을 제외한 직진신호시의 우회전 교통량
- E_L : 좌회전의 직진환산계수
- E_{RT} : 우회전의 직진환산계수
- S_{TH} : 직진 포화교통류율
- S_{RT} : 우회전 포화교통류율
- C : 신호주기
- g : 직진신호시간
- F : $f_w \cdot f_g \cdot f_{HV} \cdot f_{bb} \cdot f_p$
- f_w : 차로폭 보정계수
- f_g : 구배 보정계수
- f_{HV} : 중차량 보정계수
- f_p : 주차보정계수
- f_{bb} : 버스 정류장 방해 보정계수

도로용량편람('92)에서 계산된 우회전 보정계수는 직진 신호시간을 소모한 우회전 교통량을 우회전이 가능한 총 신호시간과 녹색신호시간 중 가용신호시간의 비율로써 구한 다음 직진환산계수를 구하고 이를 우회전 교통량에 곱하여 직진 교통량으로 환산한 다음 직진 포화교통류율에서 제외시킨 포화교통류율(S_{TH})을

사용하여 f_{RT} 를 구하였다. 즉, 도로용량편람('92)의 용량은 녹색신호시 용량을 의미한다.

따라서 RTOR을 포함한 통과교통량은 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$C_{SH-TH} = 2200 \times F \times f_{RT} \times g/C \tag{8}$$

$$C_{SH-RT} = (2200 \cdot F - S_{TH}) \times \frac{S_{RT}}{S_o} \times \frac{C - (g_c + f_c \cdot g_p)}{C} \tag{9}$$

여기서,

C_{SH-TH} : 공용차로의 직진통과교통량

C_{SH-RT} : 공용차로군의 우회전 통과교통량

5. 도로용량편람(2001)의 우회전 공용차로의 용량 및 통과교통량 분석방법

도로용량편람(2001)에서는 도로용량편람('92)와 마찬가지로 용량 분석을 실제 녹색시간을 소모하는 우회전 교통량을 이용하여 용량을 구하였다. 이를 위하여 우회전 교통량 보정계수를 제안하였으며 다음과 같다.

〈표 2〉 우회전 교통량 보정계수 (F_R)

구분	$F_R (V_R/V_{R0})$
도류화 되지 않은 공용 우회전 차로	0.5
도류화된 공용 우회전 차로	0.4
전용 우회전 차로	1.0

여기서,

V_R : 분석에 사용되는 보정된 우회전 교통량

V_{R0} : 총 우회전 교통량

위에서 알 수 있듯이 우회전 공용차로인 경우 우회전 수요 교통량 중 50%만이 녹색신호를 이용하여 이동하며 나머지 50%는 적신호시에 우회전한다고 가정하고 있음을 알 수 있다.

그 다음은 직진환산계수를 구하는 과정이다. 우회전의 포화교통류율(s_{RT})로 1,900(대/시)를 사용하여 직진환산계수를 구한다. 직진환산계수 산정시에는 교차도로에 있는 횡단보도의 보행자수로 인한 손실시

간과 첫 우회전 차량 앞에 도착하는 직진교통량을 이용한 차단시간을 이용하여 다음과 같이 계산하였다.

$$E_R = \frac{S_0}{S_{R0}} + \frac{1}{V_R} \left[\frac{f_c G_P S_0}{C} + \frac{S_0 L_H}{3600} - \frac{3600 V_{Th}}{CN_T V_R} \right] = 1.16 + \frac{2200}{V_R} \left[\frac{f_c G_P}{C} + \frac{L_H}{3600} - \frac{1.63 V_{Th}}{CN_T V_R} \right] \tag{10}$$

$$P_{RT} = \frac{V_R}{V_{Th} + V_R} \tag{11}$$

$$f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{RT}(E_R - 1)}$$

여기서,

E_R : 공용 우회전의 직진환산계수

f_{RT} : 공용차로군의 우회전보정계수

s_{RT} : 우회전 포화교통류율(1900대/시로 가정, 대/시)

s_o : 직진 포화교통류율(대/시)

v_{RF} : 주기당 첫 우회전 차량 앞에 도착하는 직진 교통량 (V_{Th}/NV_R)

v_R : 주기당 접근부의 우회전 교통량

V_{RF} : 보정된값으로서, $3900V_{Th}/(CN_T V_R)$ (대/시)

V_R : 접근부의 우회전 교통량(대/시)

V_{Th} : 접근부의 직진 교통량

N : 전체 차로수

N_T : 직진 가능 차로수

P_{RT} : 공용차로군의 우회전 차량 혼입비율

g_p : 교차도로 횡단보도 신호시간

C : 신호주기

위의 방법은 우회전 이동류와 직진 이동류를 함께 고려한 용량이라 할 수 있으므로 직진 차량과 우회전 차량의 비율이 각각 직진 이동류의 통과교통량과 우회전 이동류의 통과교통량이라 할 수 있다. 그러나 적신호시 우회전을 고려할 때 우회전 교통량 보정계수로서 0.5를 사용하였으므로 비율에 의해 분리한 각 이동류별 교통량 중에서 우회전 이동류는 비율에 의해 산출된 통과교통량에 2배한 값이라 할 수 있다.

〈표 3〉 우회전이 이용할 수 없는 횡단보도 신호 시간 비율 (도로용량편람(2001))

구분	횡단 보행자 수 (양방향)				
	≤500	≤1000	≤2000	≤3000	>3000
fc	0.3	0.6	0.8	0.9	1.0

공용차로 총 통과교통량과 이동류별 통과교통량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{Total} = s_o \cdot N \cdot F \cdot f_{RT} \cdot g/C \quad (12)$$

$$C_{TOT-TH} = C_{Total} \cdot \frac{V_{TH}}{V_{TH} + V_R} \quad (13)$$

$$C_{SH-TH} = C_{TOT-TH} \cdot \{s_o \cdot (N-1) \cdot F \cdot g/C\}$$

$$C_{SH-RT} = C_{Total} \cdot \frac{V_R}{V_{TH} + V_R} \cdot 2 \quad (14)$$

여기서,

- C_{Total} : 공용차로군의 용량
- C_{TOT-TH} : 공용차로군의 직진용량
- C_{SH-TH} : 공용차로의 직진통과교통량
- C_{SH-RT} : 공용차로군의 우회전 통과교통량
- V_{TH} : 공용차로군의 직진 교통량
- V_R : 공용차로군의 우회전 교통량

본 연구결과를 한국도로용량편람과 비교하기 위해서는 공용우회전 차로군을 형성하고 전용좌회전차로가 있는 경우를 대상으로 하여야 함을 밝혀 둔다.

6. U.S. HCM의 용량분석방법

미국의 HCM 2000⁹⁾에서는 우회전 용량의 산정을 위한 우회전 보정계수 계산시 적신호시 우회전 교통량(RTOR)을 고려하였다. 기존의 교차로에 대해서는 현장에서 RTOR 교통량을 측정하여 용량산정시 총 우회전 교통량에서 제외하는 것을 권하고 있다. 그러나 장래의 교통계획시에 현장 자료가 없을 경우 전용 우회전 차로가 설치되어 있고 교차로에서 보호좌회전 현시가 있는 경우를 제외하고는 우회전 수요 교통량을 그대로 사용하는 것이 바람직하다고 하였다. 우회전 보정계수 산정은 크게 차로형태와 신호운영방법에 따라 구분하고 있다. 즉, 공용우회전 차로와 전용 우회전 차로, 보호 우회전 현시와 비보호 우회전 현시로 나누었다. 이 중에서 본 연구와 관련된 우회전 공용 차로에 대한 적용방법은 다음 식에 의해 구한다.

- 고정 우회전 신호인 경우

$$f_{RT} = 1.0 - 0.15 P_{RT} \quad (15)$$

- 비보호 우회전 신호인 경우

$$f_{RT} = 1.0 - P_{RT} [0.15 + (\text{보행자수}/2100)] \quad (16)$$

- 고정+비보호 우회전 신호인 경우

$$f_{RT} = 1.0 - P_{RT} [0.15 + (\text{보행자수}/2100) (1 - P_{RTA})] \quad (17)$$

여기서,

- P_{RT} : 공용 우회전 차로에서의 우회전 차량 비율
- P_{RTA} : 공용 우회전 차로에서의 우회전 차량 중 전용 신호 이용율

III. 현장자료조사 및 조사방법

1. 조사지점의 선정

우리나라에서 우회전 차량은 접근로를 횡단하는 보행자시간 이외에는 우회전이 가능하다. 이러한 적신호시 우회전은 우회전 차량이 직진 차량에 앞서 도착한 경우와 직진 차량의 정차 후 생기는 여유폭을 이용하는 경우에 발생한다. 본 연구는 공용차로를 이용하는 적신호시의 우회전 차량으로 인한 통과교통량증가의 분석이 목적이므로 조사지점은 적신호시 우회전이 가능한 공용차로가 버스정류장, 노상주차, 진출입 교통량이 없는 지점으로서 가급적 이상적인 조건을 구비하여 공용차로를 이용하는 직진과 우회전 이동류에 영향을 미치지 않는 지점을 선정하였다. 공용차로를 이용하는 이동류의 통과교통량에 영향을 미치는 도로조건(차로수 및 폭, 접근로의 경사), 교통조건(중차량 구성비, 주차활동) 및 신호조건(주기, 녹색시간, 현시시간) 등을 고려하여 조사지점을 선정하였으며 버스정류장, 주차활동 또는 진·출입로가 없고 갓길의 상태가 비교적 양호하여 적신호시에도 우회전이 가능한 곳을 선정하였다.

본 연구에서 직진차량의 정차로 생기는 여유폭은 갓길을 포함하고 있다. 갓길은 우회전 차량이 사용가능한 폭으로서 우회전 공용차로는 동일하게 0.6m의 갓길이 확보되는 지점이었다. 조사지점의 차로폭, 조사일시 및 조사주기수는 다음 <표 4>와 같다. 기하구조 특성을 보면 공용차로의 폭이 각각 3.2m, 3.3m, 3.5m, 3.8m 및 4.0m 이고 갓길이 0.6m씩 있으므로 이를 포함하면 3.8m, 3.9m, 4.1m, 4.4m 및 4.6m 가 된다. 조사지점의 측구는 차량이 이용하는데 어려

음이 없는 상호한 상태를 유지하는 곳으로 한정하였다. 주기는 110초에서 130초에 이르고, 고려하고 있는 방향의 녹색신호길이는 28초에서 46초에 이르고 있다. 지점의 진출입로 차로수와 신호현황, 보행자 신호 시간 등은 <표 5>에 나타나 있다.

<표 4> 조사 일시 및 조사 주기수

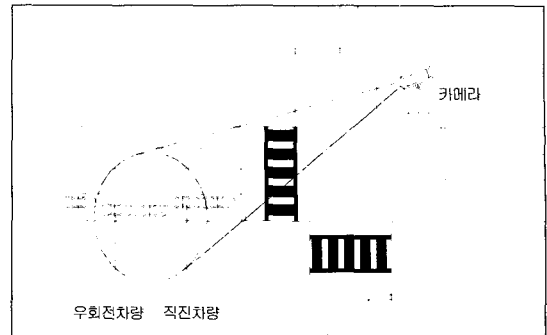
실험장소	차로 폭	갓길	조사일시	조사 주기수
난곡네거리	3.2m	0.6m	10/3, 17:00~19:00	22주기
강남구청	3.3m	0.6m	11/29, 08:30~10:30	38주기
남부터미널	3.5m	0.6m	8/30, 13:00~15:00	46주기
교통회관	3.8m	0.6m	8/11, 8:30~10:00 8/11, 17:45~19:00	33주기
삼릉공원	4.0m	0.6m	8/28, 8:00~10:00	15주기

<표 5> 조사지점 현황

조사지점		난곡 네거리	강남 구청	남부 터미널	교통 회관	삼릉 공원
차로수	접근로	2	3	3	4	3
	진출로	2	3	3	3	3
주기, C(초)		110	130	120	130	130
직진신호시간, g(초)		28	46	45	39	45
녹색시간 비율, g/C		0.25	0.35	0.38	0.3	0.35
보행자 녹색시간 (초)	진입로	20	25	24	24	30
	교차도로	20	35	24	27	34

2. 조사방법

공용차로 폭의 증가에 따라 우회전 차량, 특히 직진 차량의 정차 후 생기는 여유폭의 이용 비율을 조사하였다. 차로폭을 달리하는 5개 지점에서 비디오 카메라를 설치하고 녹화한 후 공용차로의 여유폭 이용비율과 직진 차량으로 인한 우회전 차량의 차단시간을 조사하였다. 차단시간이란 직진 차량의 정차로 인해 우회전 차량이 적신호시 우회전이 허용된 시간 동안 우회전하지 못하는 시간 즉, 손실시간을 의미한다. 손실시간은 여유폭을 이용하는 우회전 교통량의 비율이 클 경우에는 거의 발생하지 않고 한계폭을 기점으로 그 이하인 경우에 발생한다. 여기서 한계폭이란 적신호시 우회전이 가능한 시간동안 공용차로에서 직진 차량의 정차 후 생길 여유폭이 우회전 전용차로처럼 이용되는 차로폭을 의미한다.



<그림 3> 조사방법

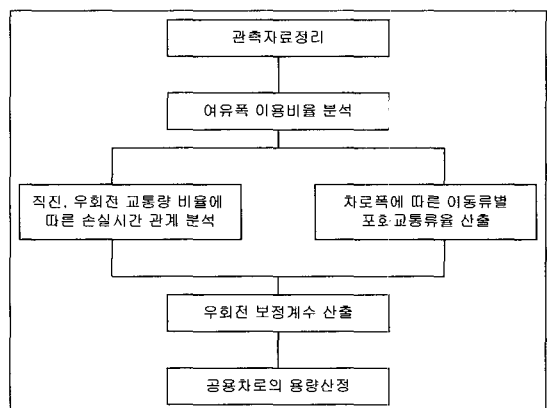
따라서 여유폭 이용비율이 작은 지점에서만 손실시간을 조사하고 한계폭 이상인 지점에 대해서는 손실시간이 거의 발생하지 않아서 고려하지 않았다. 자료 조사를 위한 조사방법은 <그림 3>과 같다.

IV. 자료의 분석 및 통과교통량산정

1. 분석방법

1) 분석절차

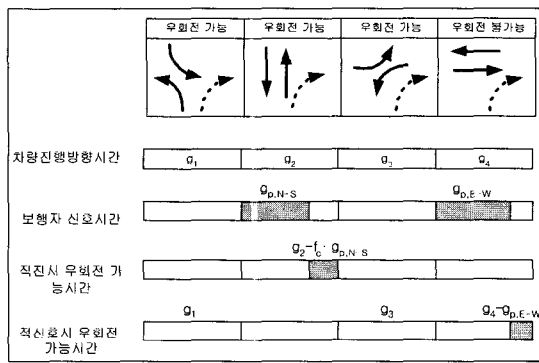
적신호시 우회전하는 차량으로 인해 우회전 차로는 해당 차로의 통과교통량을 증가시키고 지체를 감소시킨다. 공용차로에서 적신호동안의 우회전은 직진차량에 앞서 도착한 경우와 여유폭을 이용하는 경우에 발생하게 되는데 차로폭이 증가함에 따라 그 양은 증가한다. 또한 여유폭이 충분히 확보되는 경우에는 하나의 우회전 차로처럼 운영되기도 한다. 본 연구는 이러한 차로폭에 따른 통과교통량을 다음과 같은 방법에 의해 산정한다.



<그림 4> 통과교통량분석 절차

2) 손실시간 산출

일반적으로 신호현시는 동시신호와 분리신호로 구별될 수 있다. 다음 <그림 5>는 4지 교차로를 기준으로 분리신호에 대해 현시를 분류하고 각 현시별 우회전 가능한 시간을 나타낸 것이다. <그림 5>에서 $g_{p, N-S}$ 는 교차도로를 횡단하는 보행자 시간을 의미하며 보행자 수에 영향을 받게되며 $g_{p, E-W}$ 는 교차도로 직진 신호시간동안 생기는 횡단보다 보행자시간을 의미한다.



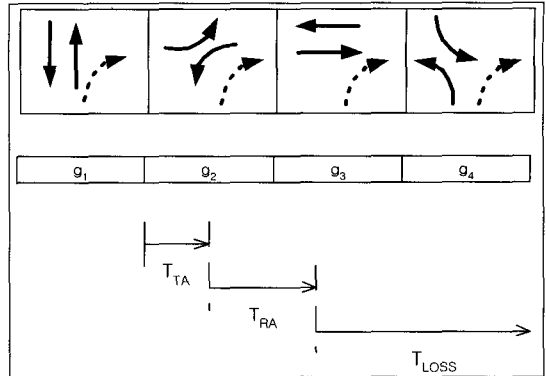
주) $g_{p, E-W}$: 접근로 횡단보다 보행자 시간
 $g_{p, N-S}$: 진출로 횡단보다 보행자 시간

<그림 5> 현시별 우회전 가능시간

위 그림에서처럼 우회전 가능시간은 녹색신호시 직진 신호시간(g_2)에서 교차도로를 횡단하는 보행자로 인한 우회전 불가능한 시간($f_c \cdot g_{p, W-S}$)을 제외한 시간과 좌회전 신호시간(g_1), 교차도로 좌회전 신호시간(g_3), 교차도로 직진시간(g_4)에서 접근로를 횡단하는 보행자 신호시간($g_{p, E-W}$)을 제외한 시간이다. 즉, 다음과 같은 관계식으로 나타낼 수 있다.

- 직진 신호시 : $g_2 - f_c \cdot g_{p, N-S}$
- 적 신호시 : $g_1 + g_3 + (g_4 - g_{p, E-W})$
- 총우회전가능시간 : $C - (f_c \cdot g_{p, N-S} + g_{p, E-W})$

공용차로에서 적신호동안 우회전 차량의 이용형태는 다음과 같이 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 직진 차량이 도착하여 정차하기 이전에 우회전하는 경우와 둘째, 직진 차량의 정차 후 도착하여 여유폭을 이용하는 경우, 셋째, 차로폭이 충분히 크지 않은 경우에는 직진 차량의 정차로 우회전하지 못하고 직진 신호를 기다렸다가 우회전하는 경우이다.



주) T_{TA} : 공용차로에서 직진 차량 도착까지의 시간
 T_{RA} : 공용차로에서 우회전 차량 도착까지의 시간
 T_{LOSS} : 손실시간

<그림 6> 손실시간의 발생개념

따라서, 직진 차량이 먼저 교차로의 공용차로에 도착하게 되면 우회전 이동류의 차단시간을 발생시키게 된다.

손실시간은 <그림 6>과 같이 적색신호의 시작에서부터 직진 차량이 도착할 때까지의 시간과 우회전이 도착할 때까지의 시간 이후에 발생하여 직진 신호가 시작되어 진행할 때까지의 시간이다.

손실시간은 직진 차량이 도착한 후에 발생하게 되기 때문에 직진 교통량이 작거나 우회전 교통량이 많을 경우에는 작은 값을 가지며, 직진 차량이 도착하더라도 해당 차로의 폭이 넓어서 여유폭이 많이 생길수록 감소하게 될 것이다. 즉, 손실시간을 결정하는 변수는 다음과 같다.

- 직진 교통량과 우회전 교통량의 비율
- 공용차로의 차로폭 : 직진차량의 정차 후 생기는 여유폭

3) 포화차두시간의 산출

포화차두시간을 3개의 이동류에 대해 조사한다. 3개의 이동류는 공용차로를 이용하는 직진 이동류와 직진차량보다 먼저 도착하는 우회전 이동류 그리고 직진차량이 우회전 차량에 앞서 도착하였을 때 생기는 여유폭을 이용하는 우회전 이동류이다.

여유폭을 이용하는 우회전 차량의 포화차두시간은 현장조사를 통해 관찰된 차량의 차두시간이 균일해질 때에 조사된 것이다.

일반적으로 직진 이동류의 포화차두시간은 우회전 이동류의 포화차두시간 보다는 작으며 여유폭을 이용하는 우회전 이동류의 포화차두시간은 전용 우회전 이동류의 그것보다는 크다. 즉, 다음과 같은 관계라 할 수 있다.

$$h_o < h_R < h_R'$$

여기서,

h_o : 직진 이동류의 포화차두시간

h_R : 우회전 전용 이동류의 포화차두시간

h_R' : 여유폭 이용 이동류의 포화차두시간

4) 통과교통량 산정 방법

공용차로의 용량은 직진과 우회전 차량이 일렬로 유출하는 것을 기본 전제로 분석되는 것이 원칙이다. 그러나 여유폭이 있을 때는 2열로 유출하는 현상이 많이 발생되고 있으며 이를 불법이라고 하거나 막을 이유는 없다고 생각되며 필요한 곳에서는 효과적으로 활용할 수도 있을 것이다. 여유폭을 이용하여 우회전 차량이 직진 차량과 분리되어 대기행렬을 이루어 교차로를 이용하는 것은 우회전 전용차로가 있는 경우와 유사한 운행 특성을 보이지만 폭이 불충분한 관계로 하나의 차로 만큼의 용량이 증가하지는 않을 것이다.

본 연구에서 통과교통량비교는 도로용량편람(92)와 도로용량편람(2001)을 비교하였다. 기본적으로 본 연구의 통과교통량산정이 기존의 용량산정방법과 다른 점은 적신호시 우회전하는 교통량을 고려한 점과 직진 차량으로 인한 우회전 차량의 손실시간을 고려한 점이다. 그러나 이와 같은 방법으로는 도로용량편람(92)와 도로용량편람(2001)의 비교가 사실상 불가능하다. 왜냐하면 기존의 용량분석은 녹색신호시 우회전 차량만을 대상으로 용량을 계산했기 때문이다. 도로용량편람에서는 공용차로의 전체 통과교통량을 계산하는 대신에 적신호시 우회전차량을 제외하는 분석방법을 채택하고 있는데 비해 본 연구는 전체 통과하는 교통량을 주요 비교 대상으로 하기 위하여 적신호시 우회전 차량을 포함하도록하였으며 직진 이동류와 우회전 이동류를 분리하여 각각의 통과교통량을 구하였다.

직진 이동류는 직진의 포화교통류율에 녹색시간비(g/C)를 곱하여 산정하였다. 우회전 이동류의 경우에는 직진신호시간동안의 통과교통량과 적색신호시간동안의 통과교통량으로 나누어 산정하였다. 직진신호시간동안의 우회전 차량은 교차도로의 횡단보도 신호시간과 보행량에 따라 영향을 받기 때문에 교차도로 횡단보도 보행자수에 따른 우회전 불가능한 시간을 고려하여 직진 신호시간 중에서 실제 우회전 가능한 시간이 총 주기에서 차지하는 비율을 구하고 녹색시간을 소비한 우회전 차량의 비율을 구한 다음 우회전 차량의 포화교통류율에 곱하여 산정하였다. 적색신호시간동안의 통과교통량은 직진 차량의 정차로 인한 우회전 불가능한 시간 즉, 손실시간(T_{loss})을 고려하여 구하였다. 이 때 여유폭이 충분히 확보되는 경우의 손실시간은 접근로를 횡단하는 횡단보도신호시간으로 계산하였으며 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$C_{SH-TH} = s_o \times F \times g/C - C_{SH-RT, Green} \times E_R \quad (18)$$

$$C_{SH-RT} = C_{SH-RT, Red} + C_{SH-RT, Green} \quad (19)$$

$$C_{SH-RT, Red} = s_o' \times \frac{C - T_{loss} - g}{C} \quad (20)$$

$$C_{SH-RT, Green} = \left(s_{RT} \times \frac{g - f_c \cdot g_{p, E-W}}{C} \right) \times \bar{P}_{RT} \quad (21)$$

여기서,

C_{SH-TH} : 공용차로의 직진 통과교통량

C_{SH-RT} : 공용차로군의 우회전 통과교통량

T_{loss} : 직진차량으로 인한 우회전 차량의 손실시간

$g_{p, E-W}$: 교차도로의 보행자 횡단시간

s_o : 직진 포화교통류율(2200대/시)

s_o' : 여유폭 이용 우회전 이동류의 포화교통류율

s_{RT} : 우회전 이동류의 포화교통류율(1900대/시)

C : 주기

g : 직진신호시간

\bar{P}_{RT} : 공용차로의 우회전 교통량 비율

$$\bar{P}_{RT} = C_{SH-TH} / (C_{SH-TH} + C_{SH-RT})$$

F : 각종 보정계수

E_R : 우회전의 직진환산계수

$C_{SH-RT, Red}$: 적색시간동안의 우회전 통과교통량

$C_{SH-RT, Green}$: 녹색시간동안의 우회전 통과교통량

2. 분석 결과

1) 차로 여유폭 이용비율의 분석

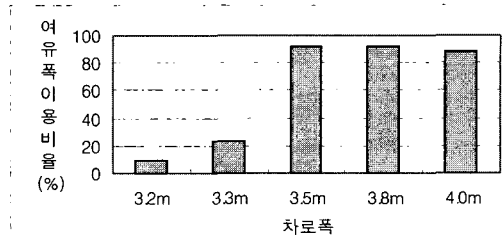
다음 <표 6>은 공용차로의 각 차로폭에 대한 차로 이용 형태를 조사한 결과이다. <표 6>에서 직진 우선 교통량은 직진 차량의 정차 이전에 도착하여 적신호 동안 RTOR을 시행한 차량이며 여유폭 이용량은 직진 차량의 정차 후 도착하여 여유폭을 이용한 교통량이다. 녹색현시때 우회전하는 직진 추종량은 직진 차량의 정차로 인해 생긴 여유폭을 이용하지 못하고 직진 신호까지 기다렸다가 우회전을 행한 차량이다. 따라서 RTOR 교통량은 직진 우선 교통량과 여유폭 이용교통량이고 RTOR 비율은 우회전 교통량 중에서 RTOR을 시행한 우회전 교통량의 비율을 의미한다. 우회전 비율은 총 수요교통량 중 우회전 교통량을 비율로써 나타낸 것이고 여유폭 이용비율은 직진 차량의 정차 후 도착한 우회전 교통량(직진 추종량과 여유폭을 이용한 교통량)중 여유폭을 이용한 교통량의 비율이다.

각 차로폭에 대한 차로이용 형태를 조사한 결과 우회전 비율은 34%에서 73%의 비율을 나타내고 있다. 각 차로폭에 대한 RTOR 비율은 3.2m의 차로폭에서 15%, 3.8m의 차로폭에서 65%로 나타나고 있다. 이는 도로용량편람(2001)에서 제안한 공용차로의 우회전 교통량 보정계수인 0.5와는 차이가 있었

<표 6> 차로폭에 대한 도착형태별 공용차로 교통량 현황 (단위:대/시간)

구분		3.2m	3.3m	3.5m	3.8m	4.0m
직진, A		266	166	166	201	207
우회전	녹색현시 녹색시 도착, B	24	167	196	122	102
	적색시 도착, C	90	57	12	6	20
	적색현시 직진우선교통량, D	11	43	114	175	28
	여유폭 이용량, E	9	17	136	66	151
	소계, F	134	284	458	369	301
계, G		400	450	624	570	508
우회전 비율(%), H		34	63	73	65	59
RTOR 비율(%), I		15	21	55	65	59
여유폭 이용비율(%), J		9	23	92	92	88

주) 소계(F)=B+C+D+E, 계(G)=A+F
 우회전 비율(H)=F/G×100
 RTOR 비율(I)=(D+E)/F×100,
 여유폭 이용비율(J)=E/(C+E)×100



<그림 7> 차로폭별 여유폭 이용비율

다. 여유폭 이용비율은 3.2m와 3.3m의 차로폭(갓길 제외)을 가진 공용차로에서 9%와 21%를 나타내어 대부분 우회전 차량은 직진 정차 후 생기는 여유폭을 이용하지 못하고 직진 신호까지 기다렸다가 우회전하는 것으로 측정되었다. 그에 반해 3.5m이상의 차로폭인 경우 여유폭 이용 비율이 90%정도로 측정되어 직진 정차 후 도착한 우회전 차량은 대부분 여유폭을 이용하는 것으로 분석된다. 따라서 본 연구에서 통과교통량 산정시에는 3.2m와 3.3m는 손실시간을 고려하여 통과교통량을 산정하고 3.5m이상의 차로에 대해서는 여유폭을 별도의 차로로 고려하여 포화교통량을 산정한 다음 통과교통량을 산정한다.

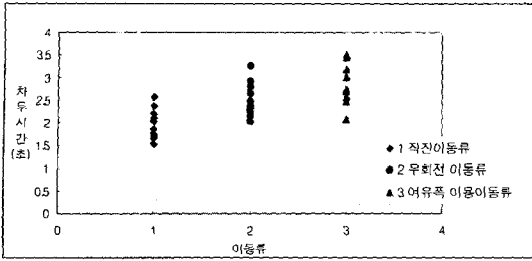
2) 통과교통량분석결과

(1) 이동류별 포화차두시간

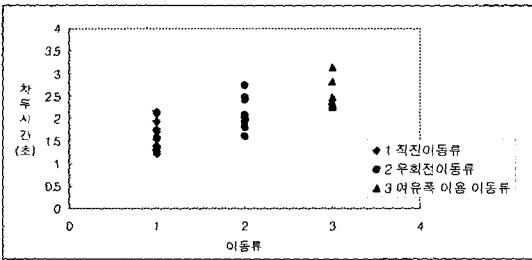
이동류별 포화교통류를 구하기 위하여 포화차두 시간을 조사하였다. 다음은 이동류별 포화차두시간을 조사한 것이다. 3.2m와 3.3m의 차로폭인 공용차로에 대해서는 여유폭을 이용하는 비율이 작고 하나의 공용차로로서 손실시간을 고려하여 분석하기 때문에 직진 이동류와 우회전 이동류 중 직진차량이 정차하지

<표 7> 차로폭에 따른 공용차로의 이동류별 포화차두시간

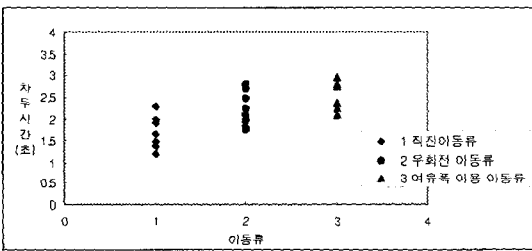
구분	직진		우회전			
	차두 시간 (초)	포화 교통류율 (대/시)	직진 차량 없을 때		여유폭 이용시	
			차두 시간 (초)	포화 교통류율 (대/시)	차두 시간 (초)	포화 교통류율 (대/시)
3.2m	1.96	1,837	2.54	1,417	-	-
3.3m	1.92	1,875	2.50	1,440	-	-
3.5m	2.17	1,659	2.23	1,614	2.64	1,364
3.8m	1.79	2,011	2.30	1,565	2.38	1,513
4.0m	1.82	1,978	2.28	1,579	2.37	1,519



(a) 3.5m 차로폭인 경우



(b) 3.8m 차로폭인 경우



(c) 4.0m 차로폭인 경우

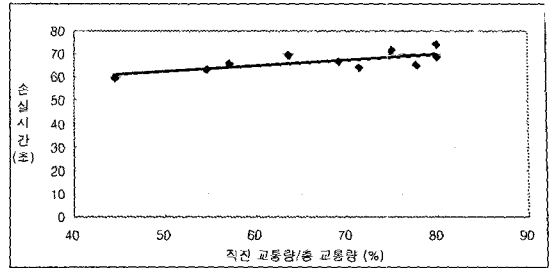
(그림 8) 차로폭에 따른 이동류별 차두시간 분포

않은 경우에 대해서만 포화차두시간을 조사하고 3.5m, 3.8m, 4.0m의 차로폭에 대해서는 여유폭을 이용하는 우회전 차량에 대한 포화차두시간을 추가로 조사하였으며 결과는 다음과 같다.

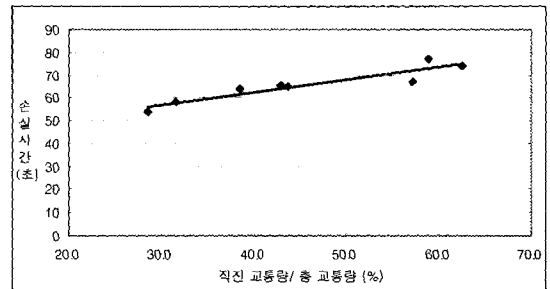
차로폭에 따라 우회전 차두시간을 조사한 결과 3.5m에서 직진 차량이 없을 때 2.23초, 여유폭 이용시 2.64초로 조사되어 포화교통류율의 차이는 250(대/시)로 나타났으며, 3.8m와 4.0m의 경우에 직진 차량이 없을 때와 여유폭을 이용하는 이동류의 포화교통류율의 차이는 각각 52(대/시)와 98(대/시)로 나타나 차로폭이 클수록 여유폭을 이용하는 차량의 교통류율이 커지는 것으로 나타났다. <그림 8>은 조사된 차두시간의 분포를 나타낸 것이다.

(2) 손실시간의 산출 결과

현장자료를 분석해 본 결과 3.2m와 3.3m의 공용



(a) 3.2m 차로폭(주기 : 110초)



(b) 3.3m 차로폭(주기 : 120초)

<그림 9> 직진과 총 교통량 비율에 따른 손실시간 관계

<표 8> 교통량 비율에 따른 손실시간의 상관관계

구분	상관 관계식	상관도
3.2m	$y=0.2615x+49.354$	$R^2=0.5499$
3.3m	$y=0.5588x+40.161$	$R^2=0.8586$

y = 손실시간(초), x: 직진교통량/총교통량(%)

차로에서 직진차량의 정차시에 차단시간이 발생하는 것으로 조사되었다. 총 교통량에 대한 직진교통량의 비율에 따른 손실시간의 경향을 분석하였으며 그 관계는 <그림 9>와 같이 나타났다.

직진 교통량의 증가에 따른 손실시간의 증가량은 크지 않으며 그 이유는 일단 직진 차량이 우회전 차량에 앞서 한 차량이라도 먼저 도착하면 우회전 차량은 우회전하지 못하고 손실시간을 겪게 되기 때문인 것으로 분석되며 따라서 증가추세는 크지 않지만 일정한 수준의 손실시간이 발생하는 것으로 분석된다.

(3) 통과교통량 산출결과

공용차로에서의 통과교통량은 g/C, 횡단보도 신호 시간 및 보행자수, 우회전 교통량의 비율 등에 영향을 받는다. 또한 직진호시 우회전 차량은 좌회전 신호시간이나 교차도로 직진시에 상충이 생기게 되며 이상충 이동류의 교통량이 RTOR의 통과교통량에 영향을 미치게 된다. 그러나 본 연구에서는 RTOR 차량의

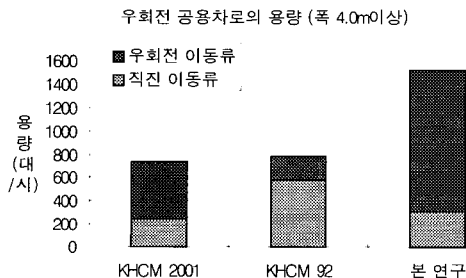
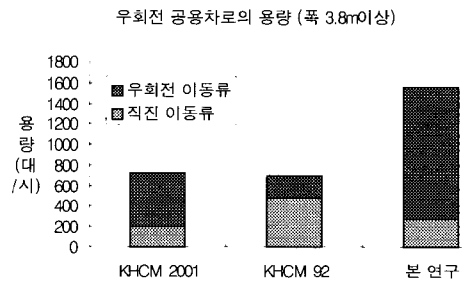
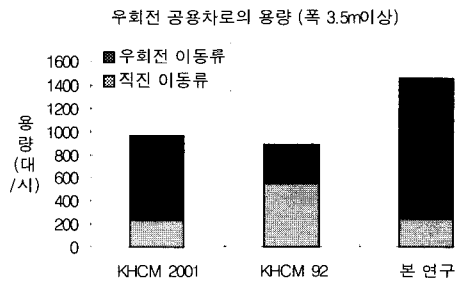
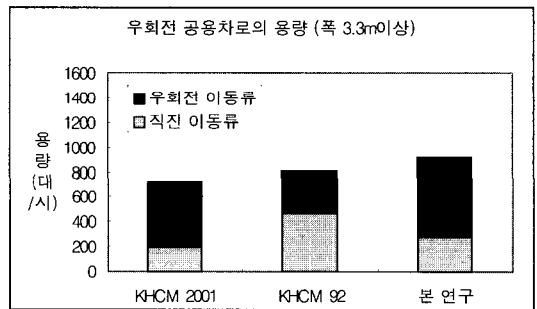
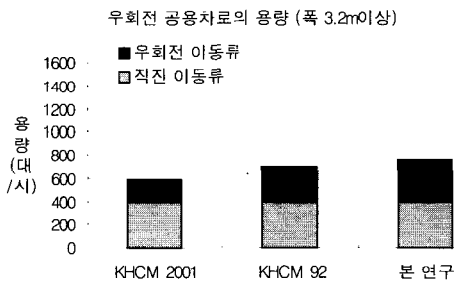
〈표 9〉 차로폭에 따른 공용차로의 통과교통량비교
(단위:대/시)

방법		차로폭				
		3.2m	3.3m	3.5m	3.8m	4.0m
KHCM 92	직진 이동류	392	467	545	482	586
	우회전 이동류	311	341	342	221	196
	합(A)	703	808	887	703	782
KHCM 2001	직진 이동류	393	188	234	204	244
	우회전 이동류	192	536	728	523	496
	합(B)	585	724	962	727	740
본 연구	직진 이동류	396	272	251	282	318
	우회전 이동류	360	650	1206	1276	1205
	합(C)	756	922	1457	1558	1523
C/A		1.1	1.1	1.6	2.2	1.9
C/B		1.3	1.3	1.5	2.1	2.1

우회전 가능 시간만을 고려한다. 또한 교차도로의 횡단보도 보행자수는 공통적으로 500명으로 가정하여 우회전이 이용할 수 없는 횡단보도 신호시간 비율로 KHCM92과 도로용량편람(2001)의 용량산정시 0.6을 사용하였다.

차로폭에 따라 여유폭을 이용하는 우회전 차량은 정차한 직진 차량에 의해 영향을 받으며 이로 인해 포화차두시간 혹은 포화교통류율을 달리하며 통과교통량 증가에 영향을 미치게 된다. 〈표 9〉는 차로폭 별로 통과교통량을 산정한 결과로서 도로용량편람('92)와 도로용량편람(2001)에 의한 방법으로 통과교통량을 산정한 다음 본 연구에 의해 산정된 통과교통량 산출결과를 비교한 것이다.

위의 결과에서 보면 전체적으로 도로용량편람(2001)



〈그림 10〉 공용차로폭에 따른 이동류별 통과 교통량 비교

에 의한 방법은 도로용량편람(92)와 본 연구에 의한 방법에 비해 가장 작은 통과교통량 산출결과를 얻었다. 그 이유는 우회전 보정계수를 산정하는 과정이 도로용량편람(92)는 K_1 과 K_2 를 결정하고 비교하는 과정에서 직진환산계수를 결정하고 우회전에 해당하는 부분을 뺀 직진포화교통류율(S_{TH})을 사용하여 우회전 보정계수를 산정하였고 도로용량편람(2001)에서는 직진 이동류와 우회전 이동류의 포화차두시간을 비교하는 과정에서 우회전의 포화차두시간을 산정할 때 교차도로를 횡단하는 보행자 시간 및 보행량과 직진 차량의 정차로 인한 차두시간을 고려하여 구했기 때문에 그 결정방법이 도로용량편람(92)과는 다르고 또한 차로폭의 증가에 따라서 적신호시 우회전 특히, 여유폭을 이용하는 교통량이 증가하여 우회전 차량에 앞서 도착한 직진 차량으로 인한 우회전 차량의 포화차두시간에는 영향을 주지 않는다. 즉, 직진환산계수를 산정하는 방법이 서로 다르기 때문에 우회전 보정계수는 다른 값을 갖게 되며 적신호시 우회전을 고려하는 방법상에도 차이가 있기 때문에 통과교통량 산정결과에도 차이가 있다.

도로용량편람(92)에 의한 방법에 비해 본 연구에 의해 산정된 통과교통량은 1.1배에서 2.2배의 차이를 보인 반면, 도로용량편람(2001)에 의해 산정된 통과교통량과 비교할 때는 1.3배에서 2.1배의 통과교통량을 나타내어 여유폭을 하나의 별도의 차로로 고려할 때는 통과교통량 차이가 큰 것으로 분석된다.

<그림 10>은 공용차로를 이용하는 직진 이동류와 우회전 이동류를 각 차로폭에 따라 이동류별로 통과교통량을 비교한 결과이다.

V. 결론

우회전 공용차로의 폭에 따른 우회전 공용차로의 통과교통량을 구하였다. 통과교통량산정시에 직진 교통량과 우회전 교통량의 비율에 따른 적신호시 우회전이 불가능한 손실시간과 여유폭을 이용하는 우회전 차량의 포화교통류율을 측정하여 이를 통과교통량산정에 이용하였다. 또한, 차로폭의 변화에 따른 여유폭 이용비율을 조사하였으며, 도출된 주요 결론은 다음과 같다.

- 1) 우회전 공용차로의 통과교통량은 차로폭에 비례하여 증가하며 갓길을 포함하여 4.1m(차로폭 3.5m)

- 이상일 때 그 영향이 크게 나타나기 시작한다.
- 2) 여유폭을 이용하는 우회전 이동류의 포화교통류율은 공용차로의 폭이 3.5m일 때 1,364(대/시)로 나타났으며 3.8m와 4.0m의 차로폭에 대해서는 각각 1,513(대/시)와 1,519(대/시)로서 차로폭의 증가에 따라 포화교통류율이 증가하고 여유폭을 이용하는 우회전 차량은 직진차량과의 마찰이 감소되는 것으로 분석되었다.
- 3) 직진 차량의 정차로 인한 우회전 차량의 적신호시 손실시간은 3.2m와 3.3m의 공용차로에 대해서 일정 수준의 손실시간이 발생하고 공용차로내 직진교통량의 비율이 클수록 손실시간이 증가하지만 증가추세는 크지 않은 것으로 나타났다.
- 4) 본 연구의 통과교통량산정방법에 의해 구한 공용차로 통과교통량은 도로용량편람(92)와 비교할 때 차로폭에 따라 1.1배에서 2.2배로 크게 나타났으며 도로용량편람(2001)과 비교할 때는 1.3배에서 2.1배로 크게 나타났다.

추후 연구과제로는 본 연구가 5개 지점의 차로폭에 대한 자료를 토대로 통과교통량을 산정하였으므로 일반화시키기에는 한계가 있어 조사지점수를 증가시킬 필요가 있으며, 승용차를 대상으로 분석하였으므로 대형차 혼입시의 포화교통량 분석이 필요하다. 이를 위해서 대형차 혼입비율에 따른 확률통계적 분석이 병행된 연구가 필요할 것이다.

또한, 본 연구는 현실적으로 이용되고 있는 여유폭에 대한 이용율을 분석한 것으로, 이 결과를 도로용량편람을 기초로 한 교차로의 계획 및 설계에 적용하기에는 불법 차량 움직임 배제하여야 한다는 점에서 한계가 있다.

참고문헌

- 1. 도철웅(1997), "교통공학원론(상)", 청문각.
- 2. 건설부(1992), "도로용량편람".
- 3. 건설교통부(2001), "도로용량편람".
- 4. 건설교통부(2000), "도로의 구조·시설기준에 관한 규정 해설 및 지침".
- 5. 도철웅(1997), "신호교차로의 우회전 보정계수에 관한 이론적 연구", 대한토목학회논문집, pp.315~321.

6. 박은미(1998), "우회전 차선의 용량산정에 관한 고찰", 서울대학교 석사학위논문.

7. Adolf D. May(1990), "Traffic Flow Fundamentals", Prentice Hall.

8. Transportation Research Board(1994), "Highway Capacity Manual", Special Report 209, Washington. D.C.

9. Transportation Research Board(2000), "Highway Capacity Manual", Special Report 209, Washington. D.C.

10. Abu-Lebdeh, G. R. F Benekohal, and B. Al-Omari(1990), "Models for Right-Turn-On-Red and Their Effects on Intersection Delay", Transportation Research Record 1572, TRB, National Research Council, Washington D.C.

11. John Z.Luh and Yean- Jye Lu(1990), "Capacity Computation of Right-Turn-On-Red Using the Highway Capacity Manual", ITE.

✉ 주 작 성 자 : 김동녕

✉ 논문투고일 : 2002. 12. 27

논문심사일 : 2003. 3. 17 (1차)

2003. 3. 27 (2차)

2003. 4. 9 (3차)

2003. 4. 11 (4차)

2003. 4. 15 (5차)

심사판정일 : 2003. 4. 15

✉ 반론접수기한 : 2003. 8. 31

Effect of Air Bag and Seat Belt on Driver's Safety

YOO, Jang Seok · CHANG, Myungsoon

To minimize the death and injury by a collision, the installation of an air bag is recommended as a mandatory practice together with the wearing of the seat belt. By using simulated collision experiments, this research focused on the effect of an air bag and seat belt on the driver safety. The vehicle deceleration characteristics were obtained from impact experiment. LSDYNA, a software program for vehicle collision analysis, and MADYMO, a software program for driver motion after collision, were used for simulated experiment. Four cases such as air bag installed and seat belt wearing (case A), air bag installed but seat belt not wearing (case B), air bag not installed but seat belt wearing (case C), air bag not installed and seat belt not wearing (case D) were analyzed. The impact of acceleration on the injury of driver's head was analyzed by Head Injury Criterion (HIC) as well. It was found that having air bag and wearing seat belt effectively reduced driver's head injury about 52.9% to 70.5% compared with the case of having neither air bag nor wearing seat belt.

Throughput Analysis of Right Turn Shared Lane with Lane Width Change

KIM, Dong Nyong · KIM, Kyung-Hwan

This study is about throughput analysis of the shared right turn lane at signalized intersection with lane width change. It is expected that the increased width of the right turn shared lane causes to increase the volume of right turn on red(RTOR) In this study, the throughput computation is designed to take into account the lost time which is caused by the blocked right turn due to the stop of through traffic. The saturation flow rate of right turn using the rest of lane after through traffic

stops is included as well.

Results show that the different RTOR volume levels due to the various shared lane width leads to a difference in throughput. For the shared right turn lanes, throughput capacity for various lane widths is bigger than that of the KHCM as much as from 1.1 to 2.1 times.

Factor Analysis and LISREL Model Development for Landscape Estimation on The Road Cutting Slope Area

JI, Kil-Ryong · PARK, Il Dong · IMM, Sung-bin · KUM, Ki Jung

In South Korea, about 74% of total area is mountainous terrain It is therefore inevitable to make tunnel or cutting slope for road construction. According to a related survey, approximately 2,400 sites of cutting slopes were found from 24 different routes of roadway which is overall 900 km long, implying 2.7 slopes per 1km of roadway on average. Even though safety matter such as the slope failure prevention would be the most important consideration for the construction of cutting slopes landscape of sloped face is nowadays becoming another important factor due to the growing demand for the driver-friendly road environment Various construction methods which attain this goal should therefore be considered in the design stage of the roadway.

The objective of this study is to identify important factors in landscape of sloped-cut roadway using factor analysis. For this, 10 main treatment methods of sloped-cut fact were analyzed. This study employed the LISREL(structural analysis of common variance) model in order to capture the qualitative characteristics of the slope-cut road and examine the relationship between the survey error and the variable (s). As a result, more reasonable landscape evaluation model for the road design and construction was proposed.