

■ 論 文 ■

U-Turn을 이용한 간선도로 운영방안

A Study on the Operational Method of Urban Arterial With U-Turn

박 용 진

(계명대학교 건설시스템공학부 부교수)

손 한 철

(계명대학교 도시공학과 대학원 박사과정)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - II. 이론적 고찰
 - 1. U-turn용량
 - 2. 좌회전금지에 따른 효율성에 관한 연구
 - III. 분석 방법
 - 1. 분석 대안 설정
 - 2. 입력자료
 - IV. 대안별 비교 분석
 - 1. 보행자 횡단보도가 있는 경우
 - 2. 보행자 횡단보도가 없는 경우
 - V. 결론
- 참고문헌

요 약

본 연구의 목적은 간선도로에서 좌회전 이동류 처리를 위한 효율적인 U-turn운영방안을 제시하는 것이다. 본 연구에서는 간선도로상에 보행자 횡단보도가 있는 경우 보행자 횡단보도 앞 U-turn 전용차선에서 U-turn을 허용하는 대안과 보행자 횡단보도가 없는 경우 간선도로상에 위치한 인접교차로 U-turn전용차선에서 U-turn을 허용하는 대안에 대하여 U-turn이동류의 효율적인 운영방안을 제시한다.

본 연구는 주도로가 5차선인 주 간선도로를 대상으로 모의 실험한 연구로서 좌회전 이동류가 인접교차로에서 U-turn을 하는 경우에는 주도로 좌회전 교통량이 400대/시까지는 U-turn을 이용하는 것이 효율적으로 분석되었으며 좌회전 교통량이 400대/시 이상에서는 주도로와 부도로의 좌회전 교통량과 주도로의 직진 교통량 변수들과의 조합으로 U-turn운영방안의 기준을 제시하였다. 또한 보행자 횡단보도가 있어 주도로 혹은 부도로의 좌회전 이동류가 보행자 횡단보도에서 전용 U-turn차선을 이용하여 U-turn하는 방안은 기존의 방식보다 효율적인 것으로 분석되었다. 주도로 좌회전 이동류와 부도로 좌회전 이동류를 위한 U-turn운영방안은 대부분의 좌회전 교통량 범위에서 주도로 좌회전 이동류를 U-turn으로 운영하는 방안이 부도로 좌회전 이동류를 U-turn으로 운영하는 방안보다 효율적인 것으로 분석되었다. 단, 부도로 좌회전 교통량이 많고 주도로 좌회전 교통량이 적은 교통량 범위에서는 간선도로의 효율성에 큰 차이가 나지 않는 것으로 분석되어 그 기준을 주도로와 부도로 좌회전 교통량의 변수조합에 의해 기준이 제시되었다.

본 연구는 1996년도 계명대학교 비사연구기금으로 이루어졌음.

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

우리 나라의 지난 97년 고속도로 등 전국의 지역 간 도로와 7대 도시에서 발생한 교통혼잡 비용이 국내 총생산(GDP)의 4.4%인 18조여 원에 달해 국가 경쟁력 약화의 큰 요인으로 작용하고 있는 것으로 분석되었다. 특히 7대 도시의 도시부 도로 혼잡비용은 10조 3,450억 원으로 추정되고 있다(신호등, 1998). 이러한 대도시 교통혼잡의 증가는 도시 생활을 영위하는데 가장 큰 장애요소 중 하나이다. 이러한 교통혼잡의 심각성은 통행시간 증대, 교통사고 증대, 대기 오염 및 에너지 문제 등 여러 가지 문제들의 요인이 되고 사회발전의 저해요인으로 작용될 수도 있다.

극심한 교통혼잡을 유발하는 대부분의 간선도로상의 신호교차로는 4지 교차로로서 모든 이동류에 현시를 부여하는 4현시 운영체계를 이루고 있다. 이러한 4현시의 운영체계는 교차로에서 신호주기의 증가와 손실시간의 증가로 도심지 교차로용량을 감소시켜 도로상의 지체발생 요인이 되고 있다. 이런 문제점들을 해소하기 위해 교차로상의 좌회전 이동류를 인위적으로 통제하는 전략이 간선도로상에 적용되고 있다. 그러나 이런 방안은 좌회전을 필요로 하는 차량들이 목적지로 가기 위해 주변도로를 우회하여 인접교차로 및 주변도로의 교통량 증가와 이로 인해 우회 이동류의 통행시간이 길어지는 반면 신호현시수가 줄어 신호대기 및 혼잡으로 인한 지체감소 및 간선도로의 원활한 직진통행을 유도할 수 있는 장점이 있다.

현재 지방경찰청에서는 좌회전시간의 축소를 통한 우회교통량과 교통흐름을 원활히 하는 방안으로 좌회전현시가 주어진 3차로 이상 간선도로에서는 U-turn을 가능한 허용하고 있는 실정이다. 그러나 U-turn에 대한 연구가 미흡하여 U-turn이 포함되어 운영되는 신호교차로의 분석이 어려운 실정이다. 미국의 도로용량편람에서 제시한 신호교차로 분석방법에서는 U-turn이동류에 대한 분석이 고려되지 않고 있으며, 호주에서 주로 사용되는 SIDRA program도 U-turn 교통량은 포함되어 있으나 신호교차로 분석이나 간선도로에 미치는 영향이 고려되지 못하고 있는 실정이며, 또한 사용자(운전자)들의 U-turn에 대한 인식 부재로 U-turn운영에 많은 문제점들이 제시되고 있다(신

호등, 1991).

본 연구의 목적은 간선도로에서 좌회전 이동류 처리를 위한 효율적인 U-turn운영방안을 제시하는 것으로 간선도로 상에 보행자 횡단보도가 있는 경우 보행자 횡단보도에서 전용 U-turn을 허용하는 대안과 보행자 횡단보도가 없는 경우 간선도로상에 위치한 인접교차로에서 U-turn을 허용하는 대안에 대해 효율성을 분석하여 U-turn이동류의 효율적인 운영방안을 제시하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. U-turn용량

U-turn에 관한 연구는 외국이나 우리 나라에서도 매우 제한적이다. 우리 나라 연구 중에는 U-turn의 용량을 산정하고 좌회전에 미치는 영향을 보정계수로 나타낸 연구(오영태, 1995)에서 포화 교통류율은 1540 pcphgpl로 분석되었고 U-turn비율이 클수록 좌회전 포화 교통류율은 급격히 감소되어지는 것으로 나타났다.

U-turn을 현시운영 및 차로형태에 따라 통과할 수 있는 최대교통량이 다르다고 보고, U-turn이동류를 하나의 교통류로 분석한 연구(손한철, 1996; 박용진, 1997)에서 U-turn이동류를 차로형태(전용 차로, 공용 차로) 및 현시형태(보호, 비보호)별로 U-turn차로의 포화 교통류율과 보정계수를 산정하였다. 제시된 U-turn차로의 기본 포화 교통류율은 <표 1>과 같이 편도 5차로, 4차로, 3차로에 대해 1550pcphgpl, 1520pcphgpl 및 1330pcphgpl로 각각 분석되었다.

또한, U-turn전용차로의 비보호 포화 교통류율은 시간당 우회전 교통량과 U-turn소요시간, 차두간격을 이용하여 확률적으로 분석되었으며 U-turn공용차로의 포화 교통류율은 좌회전차량의 비율에 따른 포화 차두시간 모형을 차로별로 제시하였다.

다중 U-turn의 용량을 분석한 연구(문재필·김동녕, 1998)에서 U-turn평균차두시간은 2.43초로 포화

<표 1> U-turn차로의 기본 포화 교통류율

	3차로	4차로	이상적조건(5차로)
포화 교통류율	1330	1520	1550
보정계수	0.86	0.98	1.00

교통류율은 1480pcphgpl로 분석되었다. 그리고 주기 당 다중 U-turn 횟수가 증가하거나 U-turn허용 길이가 길어질수록 포화 교통류율은 증가하는 것으로 분석되었다.

Adams와 Hummer(1993)는 U-turn이 좌회전 포화 교통류율에 미치는 영향을 좌회전 전용 1 차로를 대상으로 U-turn비율에 따라 좌회전 보정계수로 나타냈다. 이 연구에서는 U-turn비율이 50%이하에서는 좌회전의 포화 교통류율과는 관계가 적고, U-turn비율이 50% 이상일 때는 U-turn의 비율에 따라 좌회전 포화 교통류율이 변화하는 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 U-turn 이동류를 하나의 독립된 교통류로 간주한 연구에서 제시한 U-turn의 현시운영 및 차로형태에 따라 U-turn 포화 교통류율을 적용하여 분석하였다.

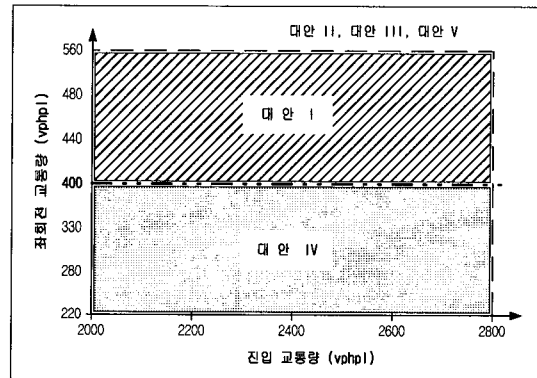
2. 좌회전금지에 따른 효율성에 관한 연구

좌회전금지시 간선도로 효율성에 관한 연구 중 신호 교차로에서 좌회전 금지시 효율성 평가 모형설정에 관한 연구(도로교통안전협회, 1993)는 좌회전 금지전의 좌회전 이동류의 지체와 금지후의 우회 이동류의 평균정지지체의 차이를 좌회전금지 교차로 총 진입교통량, 우회교통량, 인접교차로 총 진입교통량과 인접교차로 좌회전 교통량의 교통변수들의 다중회귀 분석을 하여 도출한 모형에 우회주행에 의한 지체시간요소를 반영하여 좌회전금지에 따른 최종 모형을 도출하였다.

또한 좌회전 금지시 도시간선도로의 운영방안 연구(손한철, 1996)에서는 좌회전금지 전후의 우회 이동류의 평균 정지지체뿐만 아니라 각 교차로 전체 평균 정지지체 차이 값에 대해 5가지 대안을 분석하였다. 제시된 대안은 <표 2>와 같이 주도로 및 부도로의 좌회전이 허용되는 기준상태와 주도로의 좌회전을 금지하고 인접 보행자 횡단보도에서 U-turn하는 안, 주도로 및 부도로의 좌회전을 금지하고 인접 보행자 횡단보도에서 U-turn전용 차로에서 U-turn하는 안, 주도로의 좌회전을 금지하고 인접 교차로의 U-turn 전용 차로에서 U-turn하는 안 및 좌회전을 허용하는 인접교차로에서 좌회전 차로에서 U-turn하는 안을 비교하였다.

<표 2> 제시된 대안

대안	내용
대안 I	주도로 및 부도로의 좌회전이 허용되는 기준상태
대안 II	주도로의 좌회전을 금지하고 인접 보행자 횡단보도에서 U-turn전용 차로를 이용하여 U-turn하는 안
대안 III	주도로 및 부도로의 좌회전을 금지하고 인접 보행자 횡단보도에서 U-turn전용 차로를 이용하여 U-turn하는 안 (2현시 체계)
대안 IV	주도로의 좌회전을 금지하고 인접 교차로의 U-turn 전용 차로에서 U-turn하는 안
대안 V	주도로 좌회전을 금지하고 좌회전을 허용한 인접 교차로의 좌회전 차로에서 U-turn하는 안



<그림 1> 주도로 좌회전 교통량과 진입교통량에 따른 간선도로의 U-turn 최적 운영방안

제시된 연구 결과는 <그림 1>과 같이 좌회전을 금지하여 보행자 횡단보도를 이용하여 전용 차로로 운영되는 대안 II와 대안 III은 총 교차로 교통량이나 주도로 좌회전 교통량에 무관하게 모든 조건에서 효율성이 좋은 것으로 분석되었고 인접교차로에서 공용 차로로 운영되는 대안 V의 경우도 효율성 좋은 것으로 분석되었으나 인접교차로에서 전용 차로에서 U-turn 처리하는 대안 IV 경우는 좌회전 교통량이 400대/시 이하에서 효율성이 좋은 것으로 나타났고 좌회전 교통량이 400대/시 이상에서는 좌회전을 현행대로 운영하는 것이 간선도로의 효율성이 좋은 것으로 분석되었다. 이 연구는 부도로 교통량을 주도로에 영향을 미치지 않는 범위에서 고정시키고 주도로의 직진 및 좌회전 교통량 변화에 따른 효율성을 분석하였다. 결과적으로 주도로 교통량 위주의 분석이 이루어져 부도로 교통량에 대한 영향이 고려되지 않았다.

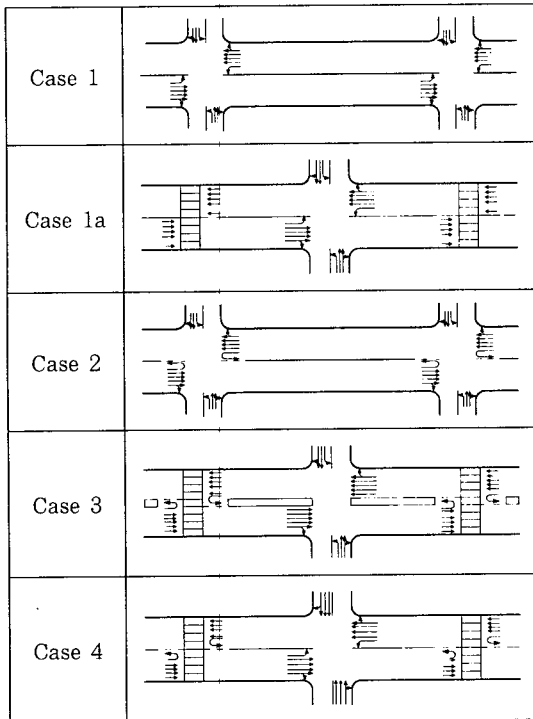
앞에서 고찰한 기존연구는 좌회전금지에 따른 교차로와 인접교차로의 영향을 배제하고 좌회전 이동류의

영향만을 고려하였다. 또한 후자의 연구도 좌회전 금지 시 주도로 위주의 교통량 변화에 따른 분석이 이루어졌다. 따라서 본 연구에서는 간선도로에 미치는 주도로 좌회전 교통량, 주도로 직진 교통량, 부도로 좌회전 교통량을 변화시켜 간선도로의 효율성 분석을 하였다.

III. 분석 방법

1. 분석 대안 설정

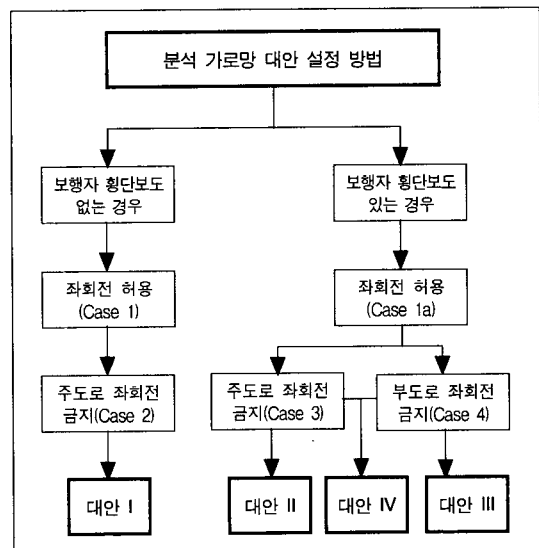
본 연구에서 적용되는 도로망 및 차로 운영체계는 주도로가 5차로인 간선도로상에 신호로 운영되는 보행자 횡단보도의 유·무에 따라 <그림 2>와 같이 분류하여 간선도로의 효율성을 분석하였다. Case 1과 Case 1a는 좌회전을 금지하기 전 상태에 대한 운영 방안으로 Case 1은 교차로 사이에 신호로 운영되는 보행자 횡단보도가 없는 경우이고, Case 1a는 교차로 사이에 신호로 운영되는 보행자 횡단보도가 있는 경우이다. Case 2는 Case 1에서 주도로 좌회전 이동류가 하류부 인접교차로 U-turn전용 차로를 이용하여 U-turn하는 방안이다.



<그림 2> 각 Case별 도로망 및 차로운영 체계

Case 3과 Case 4는 신호로 운영되는 보행자 횡단보도가 있는 Case 1a에서, Case 3은 주도로 좌회전 이동류가 간선도로 상에 보행자 횡단보도 앞의 U-turn전용 차로를 이용하여 횡단보도 시간에 U-turn하는 방안이고, Case 4는 부도로 좌회전 이동류가 주도로 신호로 운영되는 단순 보행자 횡단보도에서 U-turn전용 차로를 이용하여 U-turn하는 방안이다. 분석 도로망의 대안 설정 방법 <그림 3>과 같이 보행자 횡단보도가 있는 경우와 없는 경우로 나누어 분석하였다. 대안 I은 보행자 횡단보도가 없는 경우에서 현 운영상태(Case 1)와 주도로 좌회전 이동류가 인접 하류부 교차로에서 U-turn하는 운영상태(Case 2) 비교하는 대안이고 대안 II는 보행자 횡단보도가 있는 경우로 현 운영상태(Case 1a)와 주도로 좌회전 이동류가 인접 하류부 교차로에서 U-turn하는 운영상태(Case 3)를 비교하는 안이다. 대안 III은 현 운영상태(Case 1a)와 부도로의 좌회전 이동류가 주도로 상의 신호로 운영되는 보행자 횡단보도에서 U-turn하는 운영상태(Case 4)를 비교하는 안으로 설정하였다.

또한 주도로의 좌회전 이동류를 U-turn으로 처리하는 안(Case 3)과 부도로 좌회전 이동류를 U-turn으로 처리하는 안(Case 4)을 비교하는 대안을 대안 IV로 설정하였다. 대안 IV는 주도로와 부도로 중 어느 도로의 좌회전을 U-turn으로 처리하는 것이 효율적인 방안인가를 분석하기 위한 대안이다.



<그림 3> 대안 설정 방법

좌회전 운영효율은 교통량과 현시에 따라 영향을 받으므로 좌회전금지 전·후 각 교차로 및 분석 도로상의 운영효율의 차이에 대하여 분석하였다. 본 연구 분석의 효율성 평가척도는 좌회전금지 전·후의 간선도로의 전체 교차로 평균 총 지체시간(average total delay)과 좌회전 금지로 인한 좌회전 이동류의 우회에 따른 통행시간을 교통량에 따라 가중 평균한 총 통행시간 값을 효과척도로 적용하였다.

본 연구에서 각 대안별 효율성 분석을 위해 사용한 효과척도는 식(1)과 같고, 교차로 평균 총 지체시간(average total delay)은 T7F의 지체공식을 적용하였다.

$$MOE_I = \frac{(\sum V_i \times TD_i) + (V_L \times T_{RT})}{(\sum V_i + V_L)} \quad (1)$$

여기서,

MOE_I : I 대안의 효과척도

$\sum V_i$: i 이동류의 교통량(대/시)

V_L : 좌회전 우회 교통량(대/시)

T_{RT} : 우회이동류의 왕복 통행시간(초/대)

TD_i : i 이동류의 평균지체도(초/대)

$$= [(\frac{B_n}{B_d})^2 + (\frac{x^2}{B_d})]^{1/2} - \frac{B_n}{B_d}$$

여기서,

$B_n = 2(1-x) + xZ$

$B_d = 4Z - Z$

$Z = (2x/V) \times (60/T)$

$x = V/c$

T : 시간간격

V : 진입교통량(대/시간)

c : 용량(대/시간)

2. 입력자료

1) 진입 교통량 및 회전 교통량의 범위

간선도로의 효율적인 U-turn 운영방안을 제시하기 위하여 대구광역시 동서관통도로인 대동-대서로의 교통여건을 기준으로 주도로 좌회전 교통량을 150대/시~600대/시까지 50대씩 증가 시켰으며, 직진교통량(5차

로)은 1800대/시~3300대/시까지 100대씩 증가하였고, 우회전 교통량은 직진 교통량과 좌회전 교통량합의 10%로 가정하였다.

부도로의 교통여건은 좌회전 교통량을 100대/시~600대/시까지 50대씩 증가하였고, 직진 및 우회전 교통량은 보행자 횡단시간인 최소녹색시간에 맞는 교통량을 적용하였다. 이것은 우회전이 주도로의 U-turn 이동류에 미치는 영향을 최소화하게 설정하였다. 각 Case별로 1760경우의 교통량 자료가 분석되었다.

2) 포화 교통류들의 적용

좌회전금지에 따른 간선도로 운영효율 분석에 적용된 포화 교통류율은 직진 이동류와 좌회전 이동류 모두 이상적인 상태로 가정하여 직진 이동류는 한국도로용량편람에서 제시한 2200pcphgpl을 포화 교통류율로 적용하였고 U-turn 이동류의 포화 교통류율은 대상도로의 차로 수가 편도 5차로인 도시간선도로로 기존연구(박용진, 1997)에서 제시한 대향 방향 5차로의 경우에 해당하는 1550pcphgpl을 적용하여 분석하였다.

3) 기타변수

(1) 신호시간 및 손실시간

본 연구에서 적용한 신호시간은 현재 대구광역시 대동-대서로에 적용되는 100~160초의 범위를 본 연구에서 적용하였다. 손실시간은 신호현시의 시작에 따른 출발 손실시간과 현시 전환 시에 손실되는 황색시간을 손실시간으로 적용하였다. 출발 손실시간은 우리나라 운전자의 운전형태가 공격적인 것을 감안하여 2초를 적용하였고 연장 유효녹색시간은 0초를 적용하였다. 황색시간은 현재 대부분의 교차로에서 적용하고 있는 3초를 적용하였다.

(2) 신호현시 체계 및 U-turn 가능시간

분석에 적용되는 신호현시 체계는 좌회전 금지 전에는 직·좌 분리 4현시체계를 적용하였으며, 현시방법은 주도로, 부도로 모두 분리 신호체계를 적용하였다. 좌회전 금지후 각 Case에 따른 신호현시체계는 기존 4현시에서 주도로나 부도로의 좌회전 현시를 제외시킨 3현시로서 <그림 4>와 같다.

	1 현시	2 현시	3 현시	4 현시
Case 1 Case 1a				
Case 2				
Case 3*				
Case 4*				

* 인접 보행자 횡단보도 시간에 U-turn

〈그림 4〉 각 Case에 따른 교차로 신호체계

또한 Case 2의 경우 U-turn이 가능한 시간은 3현시 보행자시간으로 설정하였으며 Case 3과 4는 인접 보행자 횡단보도 앞 U-turn 전용차로에서 횡단보도시간이 U-turn가능시간으로 분석하였다.

IV. 대안별 비교 분석

본 연구의 목적은 U-turn을 이용하여 효율적인 좌회전 이동류 처리방안을 제시하는 연구로서 간선도로상에 보행자 횡단보도 유·무에 따라 효율적인 U-turn운영방안을 제시하는 것이다. 분석을 위하여 일반적인 교통여건은 이상적인 상태로 가정하고, 운영효율에 영향을 미치는 교통변수들을 변화시키면서 T7F프로그래를 이용하여 주어진 조건에 맞는 지체의 최적화를 이룬 상태에서 좌회전금지 전후의 평균 정지 지체 시간(초/대)을 산출하였다. 어느 특정 교차로의 좌회전을 금지시키면 금지된 좌회전 이동류는 우회하게 되어 인접교차로 혹은 보행자 횡단보도에서 U-turn을 하게되고, 다시 해당 교차로에서 우회전을 하여 원래의 목적지로 가는 것으로 가정한다. 제시된 분석 결과들은 좌회전금지 전후의 교통량 변화에 따른 교차로 평균 총 지체시간과 통행시간의 합을 비교한 것이다.

각 대안에 대한 효과적도는 Case별 MOE의 차이분석(2)와 같이 P_i ($i=1, 2, 3, 4$)로 설정하여 분석하였으며

$$P_1 = MOE_{Case1} - MOE_{Case2} \quad (2)$$

$$P_2 = MOE_{Case1a} - MOE_{Case3}$$

$$P_3 = MOE_{Case1a} - MOE_{Case4}$$

$$P_4 = MOE_{Case3} - MOE_{Case4}$$

분석에 설정된 가정들은 다음과 같다.

1. 부도로의 직진 및 우회전 교통량은 주도로의 보행자 횡단시간에 의한 최소 녹색시간 보다 적은 시간에 모두 통과할 수 있는 교통량으로 설정하였음.
2. 교차로에서 우회전 이동류보다 U-turn 이동류에 우선권이 있는 것으로 가정하였음.(현 도로교통법상 U-turn은 비보호 회전으로 해석되고 있음.)
3. 교차로의 간격은 600m로 제한하였음.
4. 간선도로의 통행속도는 30km/h로 가정하였음.
5. 두개의 교차로는 연동된 최적화 상태임.

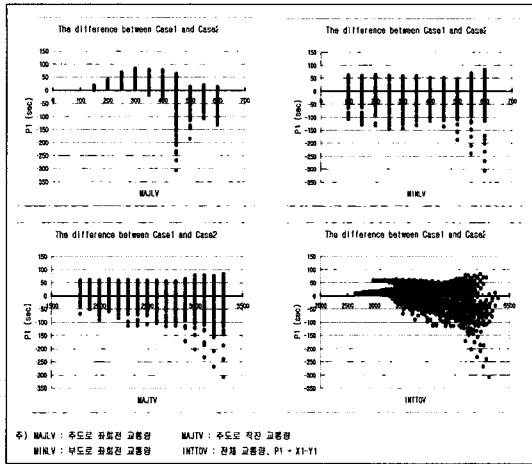
1. 보행자 횡단보도가 없는 경우

인접교차로 사이에 보행자 횡단보도가 없는 경우, 주도로에서 금지된 좌회전 이동류는 직진하여 인접교차로에서 U-turn전용 차로를 이용하여 U-turn하는 방안이다. 부도로 좌회전 이동류가 인접 교차로에서 U-turn 하는 경우 인접교차로의 주도로 좌회전 이동류와 공용 차로로 이동하게 되어 전용 차로에서 우회 이동류를 처리하는 방안보다 효율성이 떨어지므로 본 연구에서는 주도로의 좌회전 이동류가 U-turn하는 방안을 대안으로 설정하였다.

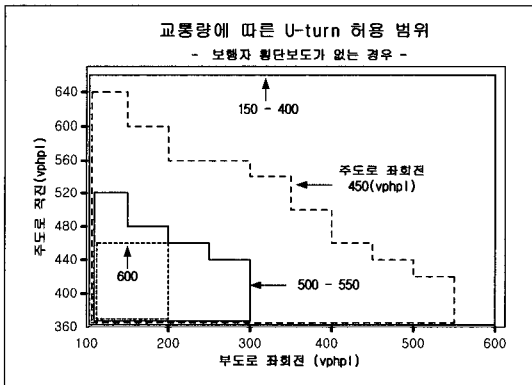
1) 대안 I

대안 I은 현 도로의 운영(Case 1)의 최적 상태에서 지체 시간과 주도로 좌회전 이동류의 U-turn처리 방안(Case 2)에 대하여 지체 및 우회 통행시간의 합과의 차이(P_1)를 비교·분석하였다. P_1 값이 양수(+)값이면 좌회전 이동류의 U-turn운영방안에 있어서 간선도로 효율성이 좋아지는 것을 의미하며, 음수(-)값이면 간선도로의 효율성이 낮아지는 것을 의미한다.

분석 대안 I는 〈그림 5〉와 같이 도로망의 주도로 좌회전 교통량, 부도로 좌회전 교통량, 주도로 직진 교통량, 교차로 전체 교통량에 대해 효율성을 비교하였다.



〈그림 5〉 교통조건 변화에 대한 대안 I 의 분석



〈그림 6〉 교통량에 따른 U-turn 허용범위

분석결과는 〈그림 5〉과 같이 주도로 좌회전 교통량에 따른 Case 1과 Case 2의 MOE 차이 값 (P_1)은 주도로 좌회전 교통량이 400대/시까지는 대부분 양의 값으로 나타났다. 이것은 주도로 좌회전 교통량이 400대/시까지는 좌회전 이동류를 인접교차로에서 U-turn으로 우회 처리하는 것이 간선도로에 더 효율적이라는 것을 의미한다. 그러나 부도로 좌회전, 주도로 직진 교통량, 전체 교통량 등의 교통변수들에 대한 효율성은 직접적인 관계가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주도로 좌회전 교통량이 400대/시 이상인 범위에서는 P_1 값에 가장 영향을 미치는 주도로 직진 교통량, 부도로 좌회전 교통량, 교차로 전체 교통량과의 조합에 의해서 기준을 제시하였다.

대안 I에 대한 U-turn 허용기준은 〈그림 6〉과 같

이 주도로 좌회전 교통량이 400대/시 이하에서는 부도로 좌회전 교통량과 주도로 직진 교통량과 상관없이 모든 조건에서 좌회전 이동류를 인접교차로에서 U-turn시키는 방안이 효율성 더 좋은 것으로 분석되었다. 주도로 좌회전 교통량이 400대/시에서 600대/시까지는 부도로 좌회전과 주도로 직진 교통량의 조합에 의해 간선도로의 효율성이 분석되었다. 본 분석에서 간선도로 상에 보행자 횡단보도가 없는 경우에 주도로의 좌회전 이동류를 인접교차로에서 U-turn을 허용하는 방안에 대한 최적 운영방안은 〈그림 6〉과 같다.

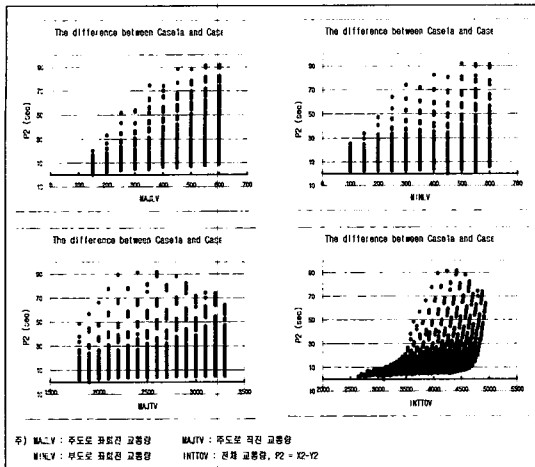
2. 보행자 횡단보도가 있는 경우

두 인접교차로사이에 보행자 횡단보도가 있는 경우에 대한 좌회전 금지시 우회이동류의 효율성 평가는 횡단보도 정지선 앞에 전용 U-turn차로를 설치 운영할 수 있으므로 주도로 또는 부도로의 좌회전 이동류를 인접교차로에서 U-turn시키는 방안을 대안 II와 III으로 설정하였다. 또한 주도로와 부도로 이동류를 U-turn으로 운영방안을 서로 비교하는 대안을 대안 IV로 설정하였다.

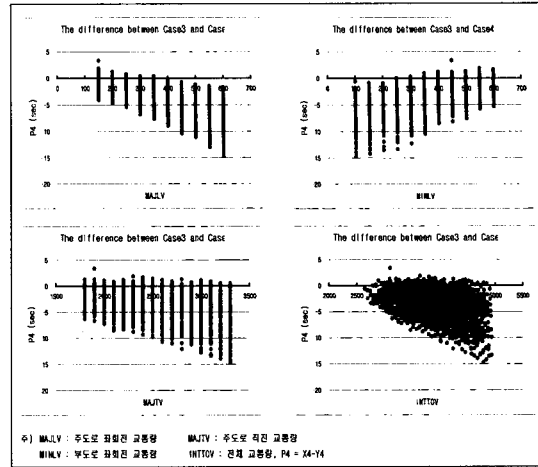
1) 대안 II

대안 II는 도로상에 보행자 횡단보도가 있는 현 도로의 운영상태(Case 1a)의 교차로 지체시간과 주도로 좌회전을 금지하였을 경우 우회 이동류의 처리방안(Case 3)에 대한 최적화된 상태에서의 교차로 지체 시간과 우회에 따른 통행시간을 포함한 총 통행시간의 차이(P_2)를 비교·분석하였다.

분석 대상 도로망에서 교통조건에 따라 주도로 좌회전 교통량, 부도로 좌회전 교통량, 주도로 직진 교통량, 전체 교통량에 대해 효율성을 평가하였다. 분석결과는 〈그림 7〉과 같이 주도로 좌회전 교통량, 부도로 좌회전 교통량, 주도로 직진 교통량 및 전체 교통량 비와 P_2 값의 관계는 모든 범위에서 P_2 의 값이 양의 값으로 나타났다. 따라서 간선도로상에 보행자 횡단보도가 설치되어 있는 경우 주도로의 좌회전 이동류를 보행자 횡단보도를 이용하여 전용 U-turn을 허용하는 방안이 간선도로 운영에 효율적인 것으로 분석되었다.



〈그림 7〉 교통조건 변화에 대한 대안 II의 분석



〈그림 8〉 교통조건 변화에 대한 대안 IV의 분석

2) 대안 III

대안 III은 도로상에 보행자 횡단보도가 있는 현 도로의 운영상태(Case 1a)의 지체와 부도로 좌회전을 금지하였을 경우 우회이동류의 처리방안(Case 4)에 대한 최적화된 상태에서의 교차로 지체를 포함한 총 통행시간의 차이(P₃)를 비교·분석하였다. 분석 간선도로의 교통조건 변화에 따른 대안 III에 대한 분석은 대안 II와 같이 주도로 좌회전 교통량, 부도로 좌회전 교통량, 주도로 직진 교통량, 전체 교통량에 대해 효율성을 평가하였다.

대안 III의 분석결과는 대안 II와 같이 MOE 차이(P₃)가 모든 교통변수의 범위에서 양의 값으로 나타나 간선도로상에 보행자 횡단보도가 설치되어 있을 경우 부도로 좌회전을 금지시켜 보행자 횡단보도에서 U-turn을 허용하는 방안이 좌회전을 허용하는 방안보다 간선도로에 효율성이 더 좋은 것으로 분석되었다.

대안 II와 대안 III의 분석결과 간선도로상에 보행자 횡단보도가 설치되어 있는 경우 주도로나 부도로의 좌회전을 금지하여 보행자 횡단보도를 이용하여 전용 U-turn을 허용하는 방안이 간선도로의 운영상 효율적인 것으로 분석되었다. 따라서 좌회전 이동류 처리 방안 중 인접교차로에서 전용 U-turn으로 처리하는 방안보다는 보행자 횡단보도에서 U-turn으로 우회이동류를 처리하는 방안이 효율성이 높다는 것으로 분석되었다.

3) 대안 IV

간선도로상에 보행자 횡단보도가 있는 경우 주도로

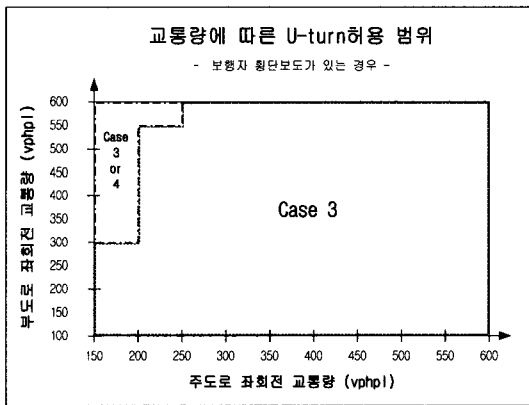
좌회전 이동류를 U-turn으로 운영하는 방안(대안II)과 부도로 좌회전 이동류를 주도로에서 U-turn으로 운영하는 방안(대안III)에 대한 효율성 분석결과 두 대안 모두 간선도로의 효율성이 있는 것으로 분석되었다. 따라서 대안 IV는 좌회전 이동류가 보행자 횡단보도를 이용하여 U-turn하는 대안 II와 대안 III을 비교·분석하는 대안이다.

대안 IV는 주도로 좌회전 이동류를 U-turn하는 운영방안(Case 3)에 따른 총 통행시간과 부도로 좌회전 이동류를 U-turn하는 운영방안(Case 4)에 따른 총 통행시간과의 차이(P₄)를 분석하였다. 〈그림 8〉에 나타난 것과 같이 분석 간선도로에서 교통조건 변화에 따라서 분석의 주요 변수인 주도로 좌회전 교통량, 부도로 좌회전 교통량, 주도로 직진 교통량, 전체 교통량에 대해 효율성을 평가하였다.

Case 3과 Case 4에 MOE 차이(P₄)는 대부분이 음(-)의 값을 나타내고 있고 주도로 좌회전 교통량이 증가할수록 P₄ 값은 작아지고 부도로 좌회전 교통량이 증가할수록 P₄ 값은 적은 변화가 나타났다. 따라서, 보행자 횡단보도가 있는 경우에는 주도로 좌회전을 금지하는 것이 부도로 좌회전을 금지하는 것보다 효율성이 좋은 것으로 나타났으나 주도로 좌회전 교통량이 작은 범위와 부도로 좌회전 교통량이 많은 범위에서는 음의 값과 양의 값이 모두 나타났다.

대안 IV에 대한 U-turn허용기준은 〈그림 9〉과 같이 부도로 좌회전 교통량에 무관하게 주도로 좌회전 교통량이 250대/시보다 큰 경우와 주도로 좌회전에 무관하게 부도로 좌회전 교통량이 300대/시 보다 적

은 경우는 주도로 좌회전 이동류가 보행자 횡단보도에서 U-turn을 허용하는 방안(Case 3)이 효율성이 좋은 것으로 나타났다. 부도로의 좌회전 교통량이 300대/시 보다 크고 주도로 좌회전 교통량이 200대/시보다 작은 경우와 부도로 좌회전 교통량이 550대/시 보다 크고 주도로 좌회전 교통량이 250대/시 보다 작은 경우는 주도로 좌회전 이동류를 U-turn하는 방안(Case 3)과 부도로 좌회전 이동류를 U-turn하는 방안(Case 4) 중 어느 대안을 선택하여 사용하여도 효율성에는 차이가 없는 것으로 분석되었다. 따라서, 간선도로상에 보행자 횡단보도가 있는 경우는 주도로 좌회전을 금지하는 것이 부도로의 좌회전을 금지하는 방안보다 비교적 효율적으로 분석되었다.



〈그림 9〉 보행자 횡단보도가 있는 경우 최적안

V. 결론

본 연구는 도시간선도로에서 좌회전 이동류의 효율적인 U-turn운영방안을 제시하는 것을 목적으로 보행자 횡단보도가 없는 경우에 간선도로상에 위치한 인접교차로에서 U-turn을 운용하는 방안과 보행자 횡단보도가 있는 경우 보행자 횡단보도에서 U-turn을 운용하는 방안들에 대한 4개의 대안을 설정하여 U-turn이동류에 대한 영향을 분석하여 간선도로의 효율적인 U-turn운영방안을 제시하였다.

본 연구의 결과는 TRANSYT-7F를 이용하여 모의 실험한 결과로서 주도로가 5차로인 도로를 대상으로 분석하였다. 분석을 위한 제한된 교통량 조건은 주도로 좌회전 교통량, 주도로 직진 교통량, 부도로 좌회전 교통량에 따라 각 Case별로 1760개의 경우

를 적용하여 5가지 기본 가정을 설정 하에 분석하였다. 간선도로의 효율성 분석기준은 평균 총 지체 시간에 좌회전 이동류의 우회 통행시간을 교통량에 따른 가중 평균한 값을 적용하였다. 본 연구의 분석결과는 아래와 같다.

먼저, 간선도로상에 보행자 횡단보도가 없는 경우는 주도로 좌회전 교통량(MAJLV)이 400대/시까지는 좌회전을 금지하여 인접교차로에서 U-turn으로 처리하는 것이 간선도로에 효율적인 것으로 나타났다. 그러나 주도로 좌회전 교통량(MAJLV)이 400대/시 이상에서는 부도로 좌회전 교통량(MINLV)과 주도로의 직진 교통량(MAJTV) 변수들과의 상호관계에 의하여 결정된다. 즉, 주도로 좌회전(MAJLV)이 증가할수록 부도로 좌회전 교통량(MINLV)과 주도로 직진 교통량(MAJTV)이 감소하는 범위에서 효율성이 있는 것으로 분석되었다.

보행자 횡단보도가 있는 경우 주도로 혹은 부도로에서 좌회전을 허용하는 것 보다 주도로 혹은 부도로의 좌회전 이동류를 U-turn으로 운영하는 방안이 효율성이 좋은 것으로 분석되었다. 즉, 도로상에 신호 보행자 횡단보도가 있는 경우에는 좌회전 이동류를 U-turn으로 처리하는 방안이 효율성이 좋은 것으로 나타났다.

또한, 보행자 횡단보도가 있는 경우 주도로 좌회전 이동류를 U-turn시키는 것이 부도로 좌회전 이동류를 U-turn시키는 대안보다 대부분의 좌회전 교통량 범위에서 효율성이 높은 것으로 분석되었다. 단, 부도로 좌회전 교통량이 많고 주도로 좌회전 교통량이 적은 교통량범위에서는 간선도로의 효율성에 큰 차이가 나지 않는 것으로 분석되었다.

끝으로, 본 연구는 제한된 조건에서의 연구로서 U-turn과 좌회전 이동류가 공용 차로를 사용하였을 경우 우회전과의 관계에 따른 간선도로의 운영 효율에 관한 연구와 U-turn 차량의 지체에 관한 연구가 앞으로 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 도로교통안전협회(1998. 2), "신호등", p.58.
2. Rahmz Akcelik & Mark Besley(1992), SIDRA Guide, Austrlian Road Research Board.
3. 도로교통안전협회(1999. 1), "신호등", pp.32~36.
4. 오영태(1995), "신호교차로에서 U-turn에 대한

- 용량산정 및 좌회전 보정계수에의 적용”, 대한교통학회지, 미발표 논문.
5. 손환철(1996), “좌회전금지시 도시간선도로의 운영방안”, 계명대학교 대학원 석사학위논문.
 6. 박용진(1997), “U-turn이동류가 신호교차로에 미치는 영향에 대한 연구”, 대한국토·도시계획 학회지, 제32권 1호.
 7. 문재필·김동녕(1998), “신호교차로에서의 U-turn에 대한 용량산정 및 좌회전보정계수의 적용”, 대한교통학회지.
 8. Adams, J. C. and Hummer, J. E.(1993), “Effects of U-turns on Left-Turn Saturation Flow Rates”, Transportation Research Record 1398, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
 9. 도로교통안전협회(1993), “신호교차로에서 좌회전 금지 효율성평가 모형설정”.
 10. 도로교통안전협회(1990), “TRANSYT-7F 매개 변수에 관한 연구”.
 11. 건설부(1992), “도로용량편람”.
 12. Highway Capacity Manual 3RD. (1994). Transportation Research Special Record 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
 13. TRANSYT-7F Users Guide (1991), Transportation Research Center, University of Florida.
 14. F.A. Wagner & D.I. Gerlourth & F.C. Barnes (1969), “Improved Criteria for Traffic Signal System on Urban Arterial”, NCHRP Report 73.