

■ 論 文 ■

# 가변차로제 효율성분석을 통한 설치기준 재설정에 관한 연구

A Study on Warrant Rearrangement Using Efficiency Analysis of Reversible Lane

**오 세 창**

(아주대학교 건설교통공학부 부교수)

**최 보 혁**

((주)유신코퍼레이션)

## 목 차

- I. 서론
  - II. 가변차로제 일반론
    - 1. 가변차로제의 개념 및 운영목표
    - 2. 가변차로제의 설치기준
  - III. 가변차로제의 효과측정기준(MOE)
    - 1. MOE의 개념
  - 2. 가변차로제 MOE 선정
  - IV. 시뮬레이션 및 결과 분석
    - 1. 시뮬레이션 환경설정
    - 2. 시뮬레이션 결과분석
  - V. 결론 및 향후연구과제
- 참고문헌

Key Words : 가변차로제, 교통체계관리기법(TSM), 효과측정기준(MOE), 평균제어지체, TRANSYT-7F

## 요 약

국내에서는 복잡하고 심각해진 도시교통난을 해소하기 위한 대안으로 1981년부터 교통체계관리 기법 중 가변차로제를 도입하여 현재 서울을 비롯한 주요 도시에서 운용하고 있다. 그러나 가변차로제 시행에 따른 운영 효과에 대한 연구는 미진한 편이고, 적용함에 있어서 일반적인 경험치를 따른 설치기준을 이용하여 가변차로제를 시행하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 현재 서울시에서 운영되고 있는 가변차로 구간에 대한 사례조사를 통해 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 가변차로 수행에 따른 효과를 분석하고, 그 시행의 효율성을 높기 위한 방안으로서, 국내의 교통여건에 부합하는 가변차로제의 설치기준을 재설정 하였다.

가변차로제 시행 효과 분석을 위한 효과측정기준으로 평균지체와 연료소모량을 선정하였다. TRANSYT-7F 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여, 가변차로로 유입·유출되는 v/c별 교통량과 방향별 교통량비율, 그리고 기하구조 측면으로 가변차로수와 가변차로 구간 내에서의 좌회전의 허용여부 이 네 가지 영향요소의 변화에 따른 각각의 상황별 가변차로제 시행효과를 분석하였다.

시뮬레이션 결과 왕복 6차로 구간의 경우 현재 가변차로제의 설치기준으로 제시된 방향별 교통량비율보다 더 작은 차이에서도 가변차로제 실시 효과의 의미를 부여 할 수 있는 것으로 나타났다.

# 1. 서론

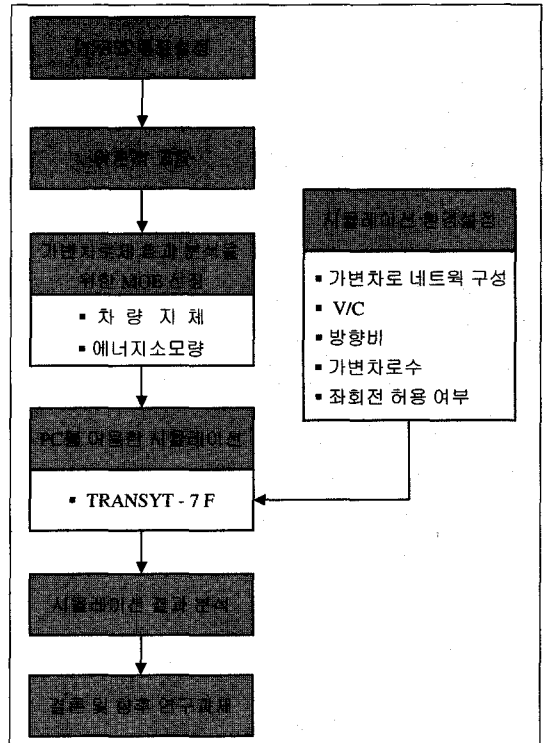
급속한 경제성장으로 갑자기 다가온 국내의 자동차 시대는 교통체증 및 혼잡, 대기오염 등의 교통문제를 일으키고 있다. 이 같은 제반 교통문제는 기존의 교통시설로는 대처할 수 없는 정도에 다다르고 있다. 물론 도로나 지하철의 추가 건설로써 늘어나는 교통수요를 대처하는 방안을 우선적으로 떠올릴 수 있으나 이 또한 새로운 교통수요를 창출하게 되며, 막대한 건설비용이 소요되는 문제를 안고 있다.

오늘날 국내 교통문제의 대부분을 갖고 있는 도시는 모두 재정적인 형편이 좋지 않기 때문에 자본 집약적인 교통투자 정책에만 의존할 수 없는 상황이다. 따라서, 고 투자 교통사업이 아닌 교통정책으로의 본질적인 변화가 요청되고 있다. 교통체계관리(TSM: Transportation System Management)는 이미 건설된 교통시설을 활용할 수 있는 수단의 하나로서 관심의 대상이 되고 있다. 국내에서도 1970년대 중반부터 교통체계관리 기법의 개념을 도입, 도시 교통개선 연구에 적용되어 서울을 비롯한 대도시에서 시행되고 있다.

국내의 도시교통문제는 생활패턴까지도 변화시키는 중요한 문제로 인식되고 있으며, 하루 중 첨두시간에 가장 심화되고 있다. 대부분의 도시 중심부는 도시의 중추기능이 총체적으로 집결되어 있기 때문에 교통의 흐름이 방향별로 심한 불균형을 이룬다. 이러한 불균형을 해소하기 위한 대안으로 교통체계관리 기법 중 가변차로제가 운용된다.

국내에서는 1981년부터 서울의 소공로에 처음 도입되었고, 현재(2000.11월) 서울의 19개 구간을 비롯하여 부산, 대구, 광주, 울산, 포항 등 주요 도시에서도 복잡하고 심각해진 도시교통난 해소책으로 가변차로제를 도입하여 운용하고 있다. 하지만 도로교통안전협회에서 시행된 일부 가변차로제에 대한 효과분석의 연구는 있으나 미진한 편이며, 시행되고 있는 가변차로제 설치 구간의 대부분은 예상되는 결과나 효과분석 없이 실시하고 있다. 또한, 설치 기준 역시 일반 적인 경험치에 따른 기준이 제시되어 있으며, 이에 따라 현재 서울시 도심구간의 오전 오후 첨두시간에 가변차로를 시행 중에 있다.

본 연구는 가변차로 시행에 따른 효율성 분석을 수행하고 이를 시행함에 있어 효율성을 높일 수 있는 가변차로제 설치기준의 재설정을 목적으로 한다. 이와 같



〈그림 1〉 연구의 수행절차

은 목적을 달성하기 위하여, 본 연구에서는 다음과 같은 수행절차에 따라 연구를 진행한다. 국내의 문헌고찰을 통해 가변차로제의 전반적인 이론적 고찰을 모색한다.

우선 가변차로제 시행의 효과를 평가하기 위해 효과측정기준을 선정한다. 효과측정기준이 선정되면, 가변차로를 운영할 네트워크를 구축한다. 가변차로제 시행 효과분석을 위해 상황을 연출하고 각각의 상황을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 상황별 영향을 분석한다. 연출된 상황에 변화를 주는 요소로는 가변차로로 유입·유출되는 v/c별 교통량과 유/출입 방향별 교통량비율, 그리고 기하구조측면으로 가변차로수와 가변차로 구간 내에서의 좌회전 허용여부가 된다. 사용된 컴퓨터 시뮬레이션으로는 미국 McTrans사의 TRANSYT-7F Release 8 for Windows 95/98/NT을 이용한다.

## II. 가변차로제 일반론

### 1. 가변차로제의 개념 및 운영목표

양방 통행도로에서 첨두시간대에 어느 한 방향의 교통량이 다른 방향에 비해 월등히 많고 그 반대방향

은 도로용량에 비해 교통량이 현저하게 적을 때 도로 이용상의 효율을 높여 원활한 교통서비스를 제공하기 위해 가변차로제가 적용된다.

가변차로제는 방향별 교통량이 특정시간대에 현저하게 차이나는 가로에 대해 하나 또는 그 이상의 차로를 주 교통량 방향으로 통행시키는 것으로 유입과 유출 교통량이 많은 도심지역에 있어서는 효과적인 통제방안중의 하나인 것이다. 이것은 주로 기존의 가로에 사용되지만 현재 교통의 흐름을 파악하여 신설되는 도로에 적용되기도 하며 특히 초과 교통량에 대한 시설확장이 비용이나 지형상 등의 문제로 용이하지 못한 교량이나 터널 등에 적합한 방안이다.

일반적으로 가변차로제에 의해 기대되는 서비스 증진은 아래와 같이 몇 가지로 나타낼 수 있고, 이러한 것들이 가변차로제 운영목표가 된다.

■ **통행시간 단축**

가변차로제는 첨두시간(Peak hour)에 교통류가 포화상태에 있을 때 차량의 속도를 향상시켜 구간통행시간(Point-to-point travel time)을 단축시켜준다. 물론 단축되는 차량의 통행시간은 설치구간의 길이에 따라 달라진다. 그러나 긴 구간에 대하여 가변차로를 설치하는 것이 불가능한 경우, 일부 혼잡구간에 설치할 경우 짧은 구간일 경우에도 유효성을 보이고 있다.

■ **차량지체도 감소**

지체도는 운전자의 의지와 상관없는 원인에 의해 교통소통이 장애를 받음으로 발생하는 시간의 손실을 가변차로 설치로 감소시킬 수 있다.

■ **에너지의 효율적 이용**

일반적으로 통행운행에 따른 에너지 소비량은 속도와 정·발차 회수에 의해 좌우되는데 구간속도의 향상과 정·발차가 줄어들어 따라 에너지를 절약할 수 있다.

■ **교통소음 및 배기가스의 감소**

주행차량의 속도 향상과 정체시간의 감소는 교통소음이나 배기가스의 감소를 가져와 환경의 악화를 감소시킬 수 있다.

**2. 가변차로제의 설치기준**

가변차로제에서 각 방향별 차로수는 방향별 교통량에 비례하여 할당된다. 양방향 차로수가 4차로 정도의 좁은 도로에서는 실용적이지 못하나, 교통량이 적은 방향의 노상주차장을 포함한 측면 마찰 요인을 제거하면 적용할 수 있다. 차로 폭의 여유가 있으면 4~6차로의 도로를 5~7차로로 만들어 2:3 이나 3:4로 가변차로제를 실시할 수 있으며, 운영 효율상 가변으로 운영되는 구간의 차로수는 홀수로 하는 것이 바람직하다.

가변차로제의 실시를 위해서는 첨두시간대의 주차금지, 회전제한, 하역제한, 신호개선, 노면표시 개선 등을 주의 깊게 고려하여야 한다.

〈표 1〉 가변차로제의 설치기준

설치기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정기적으로 교통혼잡이 발생하고 일방통행제 실시가 어려운 구간</li> <li>• 양방향 통행차량중 한 방향 흐름의 차량이 65%이상인 경우</li> <li>• 양방향 도로 용량이 교통수요를 처리할 수 있을 만큼 충분한 구간</li> <li>• 도로의 폭과 차로수가 일정한 구간</li> <li>• 가변차로의 시종점 처리를 원활하게 할 수 있는 구간</li> <li>• 주변여건이 좌회전이나 주차를 금지 할 수 있는 구간</li> </ul>
------	--

**III. 가변차로제의 효과측정기준(MOE)**

**1. MOE의 개념**

MOE(Measure of Effectiveness)는 TSM 프로젝트의 설정된 목표, 목적의 달성정도를 측정하는데 사용되는 것으로 TSM 프로젝트의 효율성 및 확실성에 대한 기초 및 표준이 되며 효과측정기준이 되는 것이다. 교통체계관리방안을 효율적으로 시행하기 위해서는 먼저 각 TSM방안에서 기대되는 제반효과를 미리 예측하여 그 효과의 정도를 평가한 후 지역특성에 적합한 방안을 선정하여야 한다.

효과측정에서 제기되는 가장 중요한 문제는 어떤 방안의 효과를 측정하는데 어떤 기준을 사용해야 하며 또 그것을 어떻게 측정하여야 하는 문제이다. 교통개선계획을 수립할 때는 어떤 목표를 가지고 그 목

표에 부합하는 계획을 수립하게 된다. 그 목표는 명시적일 수도 있고 묵시적일 수도 있으며, 그 목표의 성취도를 어떤 기준 없이 측정하기는 쉽지 않다. 때문에 목표가 성취되는 정도를 측정하기 위한 효과측정기준이 필요하다.

효과측정 기준이 갖추어야 할 조건은 다음과 같다.

- 목적과의 관련성  
교통체계관리방안의 제 목표와 명백한 관계 유지
- 단순성 및 적용의 용이성  
효과의 정확히 측정과 동시에 적용이 단순하고 용이
- 정량성  
제반효과의 계량화 가능
- 광범위한 적용  
사업시행 전후 모두 적용 가능.
- 민감도  
작은 변화도 구별 가능.
- 비중복성  
효과측정기준 상호간에 인과관계 없음.

## 2. 가변차로제 MOE 선정

방향별 교통량이 특정시간대에 따라 현저하게 차이가 나는 가로에 대해 가변차로제를 설치할 경우, 교통소통에 여러 가지 효과가 나타날 것은 명백하나 측정기준에 의한 평가 없이는 어떤 효과가 얼마만큼 일어날지를 사업 시행전에 예측하기는 쉽지 않다. 가변차로제의 효과를 예측하기 위해서는 가변차로의 설치 전과 설치 후를 비교할 수 있는 효과측정기준(MOE)의 선정이 필요하다.

효과측정기준 선택절차에 따른 가변차로제의 효과측정기준의 목적은 통행시간 단축, 교통용량증대, 에너지절약, 배기가스, 교통소음, 생산성극대화, 안전의 극대화로 설정된다.

본 연구에서는 가변차로제의 시행 효과를 통행시간 단축과 에너지 절약을 목적으로 하고 그에 따른 측정기준으로 차량지체(Vehicle delay)와 에너지소모량으로 선정한다.

〈표 2〉 가변차로제의 효과측정기준

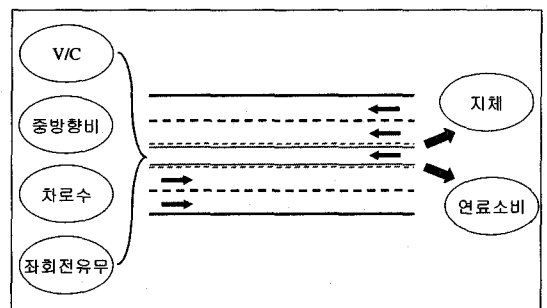
목적 (Objective)	효과측정기준 (MOE)
통행시간 단축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 총통행인시간 (Person-hours of Travel)</li> <li>• 구간통행시간(point-to-point travel time)</li> <li>• 차량지체(Vehicle Delay)</li> <li>• 차량정지(Vehicle stop)</li> </ul>
교통용량증대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최대차로당교통량(Critical Lane Volume)</li> <li>• 서비스수준(Level of Service)</li> <li>• V/C ratio</li> </ul>
에너지절약	• 에너지소모량
배기가스	• 배기가스 배출량
교통소음	• 소음
생산성극대화	• 대기행렬길이(Length of Queue)
안전 극대화	• 사고 및 사고율

자료 : 가변차선제 효율성에 관한 연구, 도로교통안전협회, 1985.

## N. 시뮬레이션 및 결과 분석

### 1. 시뮬레이션 환경설정

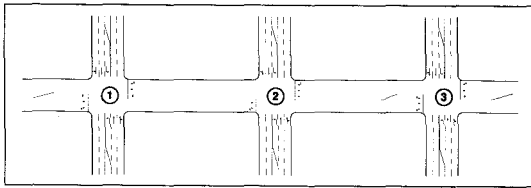
본 연구에서는 3개의 교차로에 걸쳐 있는 링크 구간에 가변차로를 설치한 후, 가변차로구간의 수요교통량(v/c), 중앙방비율, 차로수, 좌회전유무 이 네 가지 영향 요소의 상황을 바꿔가면서 시뮬레이션을 수행하여 각 상황별 효과척도를 분석한다.



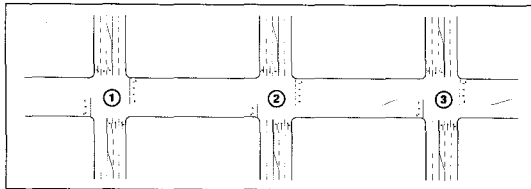
〈그림 2〉 시뮬레이션 개념도

#### 1) 차로수

서울은 현재 19개 구간에서 가변차로제를 시행하고 있다. 그 중 5, 6차로의 도로구간에서 가변차로를 가장 많이 시행하고 있는바, 본 연구에서도 왕복 5차로와 6차로 구간에서 가변차로를 설치하여 분석을 시행하였다.



〈그림 3〉 5차로구간 가변차로 설치현황(좌회전 금지시)



〈그림 4〉 6차로구간 가변차로 설치현황(좌회전 금지시)

2) 수요교통량(v/c)

여기서의 수요교통량은 동서측 가변차로 시·종점에서 유입/유출하는 총 교통량을 의미한다. 가변차로구간의 혼잡정도를 표현하기 위해 본 연구에서는 수요교통량을 v/c 0.8, 0.9, 1.0 별로 나누어서 적용한다. 포화교통류율은 신호교차로 계획분석시 적용하는 1,800대/시를 따랐다.

〈표 3〉 v/c별 수요교통량

차로수	5차로			6차로		
	v/c 0.8	v/c 0.9	v/c 1.0	v/c 0.8	v/c 0.9	v/c 1.0
수요교통량	2,376	2,673	2,970	2,852	3,208	3,564

3) 유입/유출 교통량비율

가변차로구간의 수요교통량이 주위지면 가변차로구간을 수행하는 교통량의 중방향비를 55%에서부터 75%까지 일정 비율로 증가해 가면서 시뮬레이션을 적용한다. 아주 작은 비율은 시뮬레이션의 횡수만 증가할 뿐 시뮬레이션 결과 값이 큰 차이를 보이지 않을 것으로 사료되며, 또한 너무 큰 증감비율은 중방향비의 영향을 민감하게 반응하지 못할 것으로 예상된다.

4) 신호현시

본 연구에서는 3개 교차로에 대하여 고정식 신호 제어방식을 적용하였다. 수요교통량의 v/c 적용에 있

〈표 4〉 중방향비에 따른 방향별 교통량(5차로)

v/c		0.8		0.9		1.0	
수요교통량		2,376		2,673		2,970	
차로수		3	2	3	2	3	2
중방향비		교통량					
55	45	1,307	1,069	1,470	1,203	1,634	1,337
60	40	1,426	950	1,604	1,069	1,782	1,188
65	35	1,544	832	1,737	936	1,931	1,040
70	30	1,663	713	1,871	802	2,079	891
75	25	1,782	594	2,005	668	2,228	743

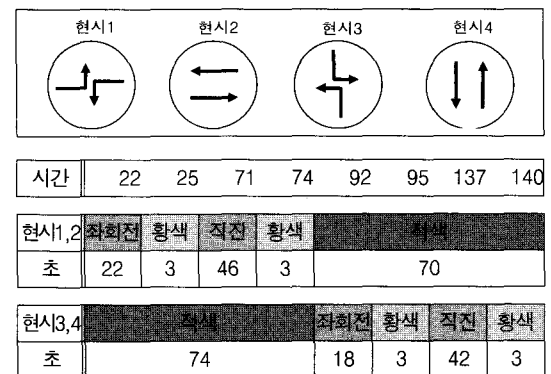
〈표 5〉 중방향비에 따른 방향별 교통량(6차로)

v/c		0.8		0.9		1.0	
수요교통량		2,852		3,208		3,564	
차로수		4	2	4	2	4	2
중방향비		교통량					
55	45	1,569	1,283	1,764	1,444	1,960	1,604
60	40	1,711	1,141	1,925	1,283	2,138	1,426
65	35	1,854	998	2,085	1,123	2,317	1,247
70	30	1,996	856	2,246	962	2,495	1,069
75	25	2,139	713	2,406	802	2,673	891

어 다양한 현시의 적용시 일관된 v/c의 적용이 어려우며, 연구의 목적상 가변차로내로 유입하는 교통량의 방향비에 무관하게 동일한 신호시간을 제공하였다.

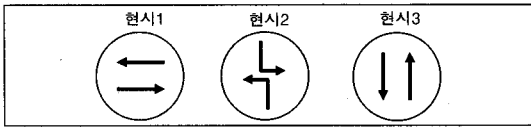
가변차로 구간내의 교차로에서의 좌회전의 허용과 금지에 따른 현시는 좌회전 이동류에 의해 직진 이동류가 받는 영향을 최소화하는 방향으로 하였으며, 이를 나타내면 〈그림 5, 6, 7〉과 같다.

(1) ①, ③번 교차로 신호운영



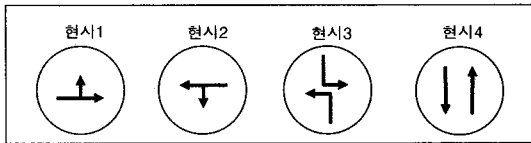
〈그림 5〉 좌회전 허용/금지시 신호운영 현황

(2) ②번 교차로 신호운영



시간	46	49	67	70	116	119
현시1	직진	횡색				
초	46	3	70			
현시2,3	직진	횡색	직진	횡색		
초	49	18	3	46	3	

〈그림 6〉 좌회전 금지시 신호운영 현황



시간	40	43	83	86	99	102	137	140
현시1,2	직진	횡색	직진	횡색				
초	40	3	40	3	54			
현시3,4	직진	횡색	직진	횡색				
초	86		13	3	35	3		

〈그림 7〉 좌회전 허용시 신호운영 현황

5) 기타 교통조건

시뮬레이션을 수행함에 있어, 본 연구의 목적에 부합되도록 하기위해서 주방향 이동류(동서측)는 다양한 변화에 대응하도록 하고, 부도로(남북측)의 유입 교통량이 주도로에 미치는 영향은 동일하도록 하기 위해 아래와 같이 가정하였다.

- 동서방향의 회전 교통량 : 직진이동류의 10%
- 남북방향의 6개 직진 이동류 교통량 : 900pcphpl
- 남북방향 접근로 회전교통량 : 좌회전 150pcphpl, 우회전 100pcphpl
- 교차로간 링크 길이 : 500m
- 좌회전 bay의 길이 : 80m

2. 시뮬레이션 결과분석

본 절에서는 TRANSYT-7F 패키지를 이용하여 앞 절에서 설정된 상황에서의 각 교차로 평균제어지

체와 연료소모량을 구하고, 이 두 가지 효과척도를 이용하여 가변차로의 효율성을 분석하고 가변차로제 시행의 기준을 제시한다.

1) 시뮬레이션 결과 정리

(1) 가변차로 구간내 좌회전 금지

가변차로 구간 내에서 좌회전을 금지할 때 상황별 각 교차로평균제어지체와 연료소모량의 효과측정기준 결과는 다음과 같다.

① 5차로 구간

5차로 구간의 시뮬레이션 결과, v/c가 각각 0.8, 0.9, 1.0인 경우 두 가지의 효과측정기준은 교통량의 방향비가 60:40의 경우에 가장 낮은 수치를 나타냈다.

〈표 6〉 좌회전 금지시 가변차로 5차로 구간 상황별 효과척도 측정값

v/c	0.8		0.9		1.0	
	MOE	연료소모	MOE	연료소모	MOE	연료소모
중방향비	평균지체 (초/대)	(ℓ/h)	평균지체 (초/대)	(ℓ/h)	평균지체 (초/대)	(ℓ/h)
55	59.4	1720	103.9	2381	164.8	3320
60	56.0	1680	63.0	1874	127.7	2810
65	56.4	1684	89.3	2200	164.4	3315
70	66.5	1804	141.2	2844	230.0	4174
75	107.3	2282	201.9	3598	306.2	5176

② 6차로 구간

6차로 구간의 경우 v/c 0.8에서 두 효과측정기준이 교통량 방향비가 60:40의 경우에 가장 낮게 나타났고, v/c 0.9, 1.0인 경우는 방향비가 65:35일 때 가장 낮게 나타났다.

〈표 7〉 좌회전 금지시 가변차로 6차로 구간 상황별 효과척도 측정값

v/c	0.8		0.9		1.0	
	MOE	연료소모	MOE	연료소모	MOE	연료소모
중방향비	평균지체 (초/대)	(ℓ/h)	평균지체 (초/대)	(ℓ/h)	평균지체 (초/대)	(ℓ/h)
55	136.6	2883	226.7	4313	344.0	6288
60	90.5	2293	188.9	3794	300.4	5653
65	99.9	2412	173.6	3584	297.4	5605
70	136.9	2887	219.4	4210	328.3	6059
75	181.4	3457	294.8	5241	419.2	7379

(2) 가변차로 구간내 좌회전 허용

가변차로 구간 내에서 좌회전을 허용할 때 상황별 각 교차로평균제어지체와 연료소모량의 효과척도의 결과는 다음과 같다.

① 5차로 구간

좌회전을 금지할 때와 같이 v/c 상관없이 두 가지 효과측정기준 모두 교통량의 방향비가 60:40의 경우 가장 낮은 값을 보였다.

<표 8> 좌회전 허용시 가변차로 5차로 구간 상황별 효과척도 측정값

v/c	0.8		0.9		1.0	
중방향비	MOE (초/대)	연료소모 (ℓ/h)	MOE (초/대)	연료소모 (ℓ/h)	MOE (초/대)	연료소모 (ℓ/h)
55	137.2	2689	212.3	3804	304.0	5252
<b>60</b>	<b>129.3</b>	<b>2595</b>	<b>182.8</b>	<b>3432</b>	<b>263.0</b>	<b>4666</b>
65	137.2	2688	199.5	3644	300.0	5198
70	164.8	3017	251.2	4296	356.1	5948
75	215.7	3624	323.1	5204	441.2	7087

② 6차로 구간

6차로 구간의 경우에 v/c 0.8에서 두 효과측정기준이 교통량 방향비가 60:40의 경우에 가장 낮게 나타났고, v/c 0.9, 1.0인 경우는 방향비가 65:35일 때 가장 낮게 나타났다.

2) 가변차로 운영 유무에 따른 효율성분석

TRANSYT-7F 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 각

<표 9> 좌회전 허용시 가변차로 6차로 구간 상황별 효과척도 측정값

v/c	0.8		0.9		1.0	
중방향비	MOE (초/대)	연료소모 (ℓ/h)	MOE (초/대)	연료소모 (ℓ/h)	MOE (초/대)	연료소모 (ℓ/h)
55	221.7	4061	325.3	5780	475.8	8376
<b>60</b>	<b>164.4</b>	<b>3312</b>	<b>295.6</b>	<b>5366</b>	<b>443.1</b>	<b>7890</b>
65	173.2	3427	293.4	5335	438.9	7828
70	213.6	3955	334.6	5909	468.6	8267
75	280.1	4824	407.4	6924	547.6	9440

상황별로 가변차로의 시행유무에 따라서 각 교차로평균제어지체와 연료소모량의 효과척도를 비교하였다.

(1) 5차로 구간

왕복 5차로의 도로에서 가변차로를 시행하는 경우 가변차로 운영유무에 따른 효과의 차이는 시뮬레이션 결과 매우 큰 것으로 나타났으며 또한, 효과는 방향별 교통량비와 상관없이 가변차로를 시행하는 경우가 더 좋은 것으로 나타났다. 하지만 이는 시뮬레이션의 환경설정상 왕복 5차로 구간에서 좌회전 포켓차로로 이용되는 중앙차로가 가변차로로 이용되면서 기하 구조상 한 개의 차로를 더 건설하는 것과 같은 경우로 표현됨으로서 나타나는 현상으로 생각된다.

① 가변차로 구간내 좌회전 금지시

좌회전이 허용되지 않을 때 가변차로 시행유무에 따른 각 교차로 평균제어지체도와 연료소모량의 증감 효과를 살펴보면, 다음과 같이 v/c와 방향비를 변화

<표 10> 좌회전 금지시 가변차로 운영유무에 따른 효과척도 비교(5차로 구간)

v/c		0.8				0.9				1.0			
방향비		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)	
55	미시행	97.4		2167		171.2		3217		261.3		4588	
	시행	59.4	39.0%	1720	20.6%	103.9	39.3%	2381	26.0%	164.8	36.9%	3320	27.6%
60	미시행	117.8		2404		159.7		3074		244.1		4326	
	시행	56.0	52.5%	1680	30.1%	63.0	60.6%	1874	39.0%	127.7	47.7%	2810	35.0%
65	미시행	144.7		2719		205.4		3642		299.7		5093	
	시행	56.4	61.0%	1684	38.1%	89.3	56.5%	2200	39.6%	164.4	45.1%	3315	34.9%
70	미시행	165.4		2950		275.6		4514		386.7		6233	
	시행	66.5	59.8%	1804	38.8%	141.2	48.8%	2844	37.0%	230.0	40.5%	4174	33.0%
75	미시행	236.6		3799		355.9		5513		485.9		7538	
	시행	107.3	54.6%	2282	39.9%	201.9	43.3%	3598	34.7%	306.2	37.0%	5176	31.3%

〈표 11〉 좌회전 허용시 가변차로 운영유무에 따른 효과적도 비교(5차로 구간)

v/c		0.8				0.9				1.0			
방향비		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)	
55	미시행	181.2		3213		263.2		4446		360.0		6000	
	시행	137.2	24.3%	2689	16.3%	212.3	19.3%	3804	14.4%	304.0	15.6%	5252	12.5%
60	미시행	191.4		3333		252.1		4308		342.9		5726	
	시행	129.3	32.4%	2595	22.1%	182.8	27.5%	3432	20.3%	263.0	23.3%	4666	18.5%
65	미시행	221.4		3690		288.7		4771		399.1		6525	
	시행	137.2	38.0%	2688	27.2%	199.5	30.9%	3644	23.6%	300.0	24.8%	5198	20.3%
70	미시행	244.4		3966		364.2		5724		481.5		7625	
	시행	164.8	32.6%	3017	23.9%	251.2	31.0%	4296	24.9%	356.1	26.0%	5948	22.0%
75	미시행	325.9		4936		451.8		6832		588.7		9061	
	시행	215.7	33.8%	3624	26.6%	323.1	28.5%	5204	23.8%	441.2	25.1%	7087	21.8%

시켜 적용시킨 모든 경우에 가변차로 시행의 효과가 좋은 것으로 나타났다. 연료소모의 절약효과 보다는 차량당 평균지체의 감소 효과가 좋은 것으로 나타났고, v/c 별로는 0.8일 때는 방향비가 65:35일 경우 지체 감소의 효과가 가장 높게 나타났다. 그리고 v/c 0.9, 1.0일 때는 방향비 60:40~65:35일 경우에 높은 효과를 보인다.

② 가변차로 구간내 좌회전 허용시

가변차로 구간 내에서 좌회전이 허용될 경우도 마찬가지로 가변차로를 시행할 경우가 그렇지 않을 때보다 효과는 좋게 나타났다. 물론 좌회전 이동류의 영향으로 그 효과는 좌회전을 금지할 때보다 적으나 v/c 0.9 이상에서는 방향비가 70:30일 경우 높은 효

과를 나타내었다.

(2) 6차로 구간

왕복 6차로의 도로에서는 가변차로를 시행하여 교통량에 따라 4개 차로/2개 차로로 운영하는 경우와 교통량에 상관없이 동일하게 3개 차로씩 배분하는 경우의 효과를 비교하였다.

① 가변차로 구간내 좌회전 금지시

구간 내에서 좌회전을 금지할 경우 가변차로 운영에 따른 효과의 영향은 방향비가 60:40의 차이가 발생하는 이후부터 가변차로 시행의 효과가 발생하는 것으로 나타났다.

〈표 12〉 좌회전 금지시 가변차로 운영유무에 따른 효과적도 비교(6차로 구간)

v/c		0.8				0.9				1.0			
방향비		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)	
55	미시행	107.9		2514		189.8		3806		306.5		5740	
	시행	136.6	-26.6%	2883	-14.7%	226.7	-19.4%	4313	-13.3%	344.0	-12.2%	6288	-9.5%
60	미시행	94.3		2342		202.8		3983		323.8		5993	
	시행	90.5	4.0%	2293	2.1%	188.9	6.9%	3794	4.7%	300.4	7.2%	5653	5.7%
65	미시행	132.5		2830		236.6		4447		363.4		6569	
	시행	99.9	24.6%	2412	14.8%	173.6	26.6%	3584	19.4%	297.4	18.2%	5605	14.7%
70	미시행	192.8		3605		305.9		5395		429.5		7531	
	시행	136.9	29.0%	2887	19.9%	219.4	28.3%	4210	22.0%	328.3	23.6%	6059	19.5%
75	미시행	262.9		4506		394.1		6603		534.5		9058	
	시행	181.4	31.0%	3457	23.3%	294.8	25.2%	5241	20.6%	419.2	21.6%	7379	18.5%



〈표 13〉 좌회전 허용시 가변차로 운영유무에 따른 효과척도 비교(6차로 구간)

v/c		0.8				0.9				1.0			
방향비		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)		평균지체 (sec/veh)		연료소모량 (lit/hr)	
55	미시행	184.7	-20.0%	3577	-13.5%	300.0	-8.4%	5427	-6.5%	446.9	-6.5%	7947	-6.5%
	시행	221.7		4061		325.3		5780		475.8		8376	
60	미시행	186.7	11.9%	3605	8.1%	305.6	3.3%	5505	2.5%	453.3	2.3%	8042	2.3%
	시행	164.4		3312		295.6		5366		443.1		7890	
65	미시행	236.5	26.8%	4254	19.4%	352.3	16.7%	6158	13.4%	491.4	10.7%	8607	10.7%
	시행	173.2		3427		293.4		5335		438.9		7828	
70	미시행	309.3	30.9%	5205	24.0%	436.6	23.4%	7332	19.4%	574.4	18.4%	9837	18.4%
	시행	213.6		3955		334.6		5909		468.6		8267	
75	미시행	392.3	28.6%	6290	23.3%	540.2	24.6%	8777	21.1%	697.8	21.5%	11668	21.5%
	시행	280.1		4824		407.4		6924		547.6		9440	

② 가변차로 구간내 좌회전 허용시

가변차로 구간 내에서 좌회전이 허용될 때의 경우 가변차로 시행/미시행의 효과척도 증감비는 5차로 경우와 달리 좌회전을 금지할 때와 비교하여 큰 차이를 보이지 않는다. 두 경우 모두 일정한 방향비를 넘어 서면 20~30%의 각 교차로 평균제어지체와 연료소모의 절감효과를 보인다.

3) 가변차로의 설치기준 제시

왕복 5차로, 6차로의 도로구간에서 좌회전의 허용 유무에 따라 약간의 차이는 있으나 가변차로 설치로 인한 효과는 나타난다. 5차로의 경우는 위에서도 언급했지만, 시뮬레이션 환경설정상의 연유로 해서 가변차로제를 시행할 경우와 그렇지 않을 경우를 비교 시, 모든 상황에서 그 설치의 효과를 보이는 것으로 나타나 가변차로의 설치기준을 다시 정하는데 어려

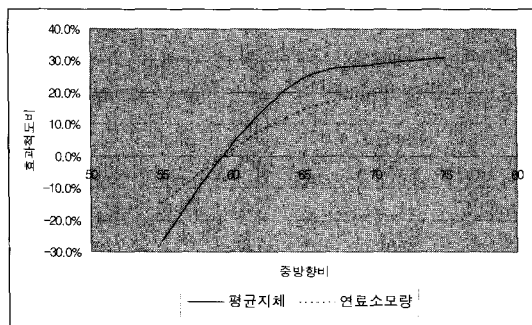
움이 있다. 그러나 6차로의 경우에는 그림과 같이 방향비에 따라 설치효과의 정도를 비교, 평가할 수 있다.

(1) 좌회전 금지시 6차로구간

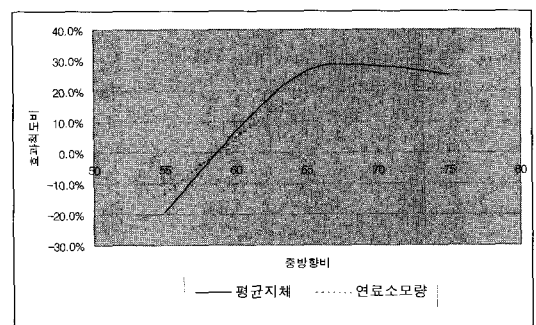
〈그림 8, 9, 10〉은 그림들은 좌회전이 금지되는 왕복 6차로의 도로에서 가변차로제의 시행/미시행에 따라 각 상황별 각 교차로 평균제어지체와 연료소모량의 증감비를 나타낸 것이다.

그림과 같이 좌회전이 금지되는 왕복 6차로구간에서 가변차로를 시행할 수 있는 경우는 각 교차로 평균제어지체와 연료소모량의 증감비가 양(+)을 나타내는 구간이다.

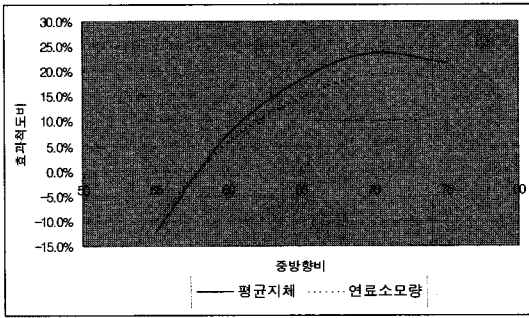
v/c별로 보면 v/c=0.8인 경우 방향비가 60:40 이상부터이고, v/c=0.9, 1.0인 경우에는 방향비가 60:40 이하부터 차이를 보이는 구간이 된다.



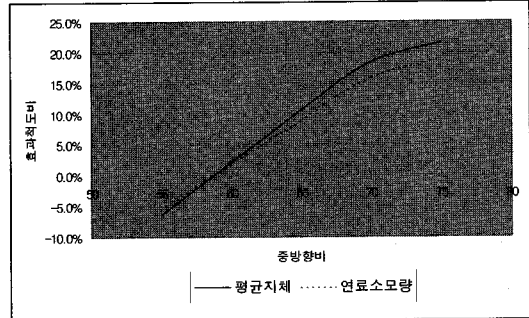
〈그림 8〉 좌회전 금지시 가변차로 시행유무에 따른 효과척도 변화(v/c=0.8)



〈그림 9〉 좌회전 금지시 가변차로 시행유무에 따른 효과척도 변화(v/c=0.9)



〈그림 10〉 좌회전 금지시 가변차로 시행유무에 따른 효율성 변화(v/c=1.0)



〈그림 13〉 좌회전 허용시 가변차로 시행유무에 따른 효율성 변화(v/c=1.0)

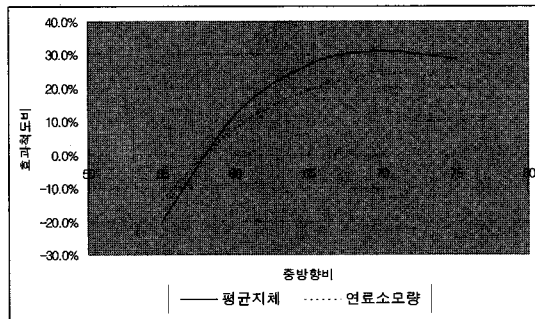
(2) 좌회전 허용시 6차로 구간

〈그림 11, 12, 13〉은 좌회전이 허용되는 왕복 6차로의 도로에서 가변차로제의 시행/미시행에 따라 각 상황별 각 교차로 평균제어지체와 연료소모량의 증감비를 나타낸 것이다.

그림과 같이 좌회전이 허용되는 왕복 6차로 구간에서의 가변차로를 시행할 수 있는 경우는 두 개의 효과적도 증감비가 양(+)을 나타내는 구간이다.

좌회전이 금지되는 경우와 유사하나 교통량의 방향비가 60:40 이하의 차이를 나타내기 전부터 가변차로 시행의 효과를 볼 수 있으나, 그 효과는 미비하며, 최소한 방향비 60:40 이상일 경우 가변차로를 설치할 때 효과를 볼 수 있다.

따라서, 본 연구 결과에 따른 가변차로 설치 기준은 〈표 14〉와 같이 정리할 수 있다.



〈그림 11〉 좌회전 허용시 가변차로 시행유무에 따른 효율성 변화(v/c=0.8)

〈표 14〉 왕복 6차로 가로구간 가변차로 설치 기준

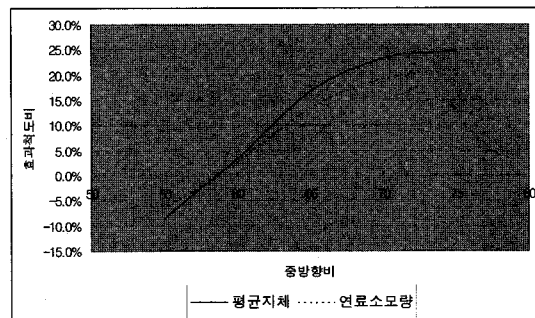
v/c		0.8	0.9	1.0
가변차로 설치 기준	좌회전 금지	방향비 60:40 이상	방향비 60:40 이상	방향비 60:40 이상
	좌회전 허용	방향비 60:40 이상	방향비 60:40 이상	방향비 60:40 이상

V. 결론 및 향후연구과제

본 연구에서는 컴퓨터 시뮬레이션 패키지인 TRANSYT-7F를 이용하여 가변차로제 수행에 따른 효과를 분석하고, 그 시행의 효율성을 높이기 위한 방안으로서, 국내의 교통여건에 부합하는 가변차로의 설치기준을 재설정 하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다.

첫째, 가변차로제 시행에 따른 분석을 위한 효과측정의 기준으로 차량당 평균제어지체와 시간당 연료소모량을 선정하였다.

둘째, 가변차로제 시행 효과분석을 위해 가변차로로 유입/유출하는 v/c별 교통량과 방향별 교통량비율, 그리고 가변차로수와 가변차로 구간내 좌회전의 허용 유무 이 4가지 조건의 변화에 따른 상황을 연출하여 그 각각의 상황이 가변차로제 효율성에 미치는 영향을 분석하였다.



〈그림 12〉 좌회전 허용시 가변차로 시행유무에 따른 효율성 변화(v/c=0.9)

마지막으로, 컴퓨터 시뮬레이션 분석결과, 6차로구간의 경우 현재 가변차로제의 설치기준으로 제시된 방향별 교통량비율(65%)보다 더 작은 차이에서도 그 실시 효과의 의미를 부여 할 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 좌회전의 허용여부에 상관없이, v/c가 0.8이상이 되고 교통량의 방향비가 60:40 이상의 차이를 보이는 경우에는 가변차로 설치를 검토할 수 있는 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구의 결과를 이용하여 가변차로제의 도입을 계획하고 있는 TSM 사업을 고려함에 있어 보다 효율적인 교통운영을 하는데 기여할 수 있을 것이다.

한편, 현재의 가변차로제는 그 효과측정 면에서 계량적 항목인 평균지체, 연료소모량, 정지율, 구간전체의 여행속도 등에 대한 연구분석만이 시행되고 있으며 비계량적 편익의 고려는 거의 접근하지 못하고 있다. 또한 사고위험에 대한 대책도 정밀하게 수립되어 있지 않다. 이런 이유로 가변차로제 시행의 많은 장점에도 불구하고 현재 점차로 시행구간이 감소하고 있는 추세이다.

본 연구에서는 가변차로가 시행되는 구간과 교차되는 남북축도로의 교통량은 동일하고, 가변차로가 시행되는 동서축도로의 교통량 변화를 통한 분석을 시행하였으나, 추후 진행하여야 할 가변차로제에 대한 연구는 비계량적 편익의 산출기법과 좀더 다양한 계량적 변수 항목을 고려하며, 안전성을 고려한 탄력적인 신호운영방안에 관한 연구가 필요하다.

## 참고문헌

1. 대한교통학회(1992), 도로용량편람.
2. 도로교통안전협회(1985), 가변차선제 효율성에 관한 평가연구.
3. 도로교통안전협회(1991), 인천직할시 가변차선제 실시 타당성조사 및 실시설계.
4. 도철웅(1986), "TSM전략과 효율측정 -사례연구를 중심으로-", 대한교통학회지, 제4권 제1호, 대한교통학회, pp.3~11.
5. 도철웅(1986), 교통공학원론(상), 청문각.
6. 서울시 지방경찰청(1994), 도로교통 운영관리.
7. 서울시 지방경찰청(1997), 서울시 가변신호 관제시스템 설계보고서.
8. 서채연의 3인(1990), "TSM 사업의 효율측정 및 평가에 관한 연구", 전남대학교 논문집, 제35집.
9. 이환승(1994), 가변차선제 사례분석, 월간 교통안전, 통권 제143호.
10. 한국건설기술연구원(1993), 도로교통 운영개선 실무서.
11. 황상호·박완용(1990), "가변차선구간의 교통특성에 관한 연구", 교통안전연구논집, 제9권.
12. 대한교통학회(2001), 도로용량편람.
13. TRB(1998), Highway Capacity Manual.
14. The Texas A & M Univ(1988), System, Transportation Systems Management.
15. Univ. of Florida(1991), TRANSYT-7F Users Guide, U.S DOT.
16. William R. Mcshane(1990), Roger P Roess, Traffic Engineering, Prentice Hall.

✉ 주 작 성 자 : 오세창

✉ 논문투고일 : 2002. 2. 15

논문심사일 : 2002. 4. 1 (1차)

2002. 12. 10 (2차)

2003. 2. 10 (3차)

2003. 12. 1 (4차)

2004. 1. 15 (5차)

심사판정일 : 2004. 1. 15

✉ 반론접수기한 : 2004. 6. 30