

□ 論 文 □

# 尖頭時間 交通量에 의한 T型 交叉路 信號燈 設置基準

Peak Hour Volume Signal Warrant for T Intersections

오 철

(한양대학교 교통공학과 대학원)

장 명 순

(한양대학교 교통공학과 교수)

目 次

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 1. 서론               | 5. T형 교차로 신호등 설치기준 제안 |
| 2. 문헌고찰 및 문제점분석     | 5-1. 1×1 교차로 신호등 설치기준 |
| 3. 자료수집 및 정리        | 5-2. 2×1 교차로 신호등 설치기준 |
| 4. 회귀분석을 이용한 모형의 정립 | 5-3. 2×2 교차로 신호등 설치기준 |
| 4-1. 1×1 T형 교차로     | 5-4. MUTCD 기준과의 비교    |
| 4-2. 2×1 T형 교차로     | 6. 결론 및 건의            |
| 4-3. 2×2 T형 교차로     | 6-1. 결론               |
| 4-4. 모형의 적합도 검증     | 6-2. 건의               |

요 약

현재 사용되고 있는 신호등 설치기준은 교차로의 형태를 반영하고 있지 않다. 본 논문은 신호 및 비신호 T형 교차로에 대한 현장의 지체도 조사를 바탕으로 첨두시간 교통량을 이용한 T형 교차로의 신호등 설치기준을 개발하였다. 기준설정을 위해 교차로의 평균정지지체 최소화를 평가척도로 사용하였으며 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, T형 교차로의 지체도 모형은 주도로 교통량과 부도로 교통량을 독립변수로 하는 지수함수 형태를 갖는다.

둘째, T형 교차로의 신호등 설치기준은 T형으로 인한 현시의 감소로 MUTCD에서 제시하고 있는 신호등 설치기준과 비교시 타당성 교통량이 높게 나타났다.

셋째, T형 교차로의 신호등 설치를 위한 첨두시 교통량기준 도표를 작성하였으며, 평일의 하루중 주도로(양방향)의 시간당 교통량과 이에 상응하는 부도로의 시간당 교통량의 최대값을 도표에 표시했을 때 접근로 차로수의 조합에 해당하는 기준선의 상위영역에 위치하면 신호등을 설치하는 것이 교차로의 지체도를 최소화시킬 수 있다.

### 1. 서론

교차로는 두 개 이상의 도로가 물리적으로 만나 형성하는 공간으로서 여러 교통류가 상충할 수 있으며 횡단보행자와도 상충된다. 따라서 교차로의 효율적인 운영과 관리는 교통소통, 안전, 경제적인 측면에서 대단히 중요하다.

교차로의 관제는 크게 신호관제와 비신호관제로 나눌 수 있으며, 이러한 관제의 목적은 교차로에서 차량간의 상충뿐만 아니라 차량과 사람과의 상충을 최소화하고 교통사고 위험성의 감소, 교차로 용량의 증대에 있다고 할 수 있다. 그러나 교통량이 적은 교차로에 불필요한 신호등이 설치되는 경우에는 필요 이상의 과도한 지체를 유발시킨다.

외국의 경우 비신호 관제방식에서 출발하여 교통량의 증가에 따라 신호관제방식을 도입했기 때문에 신호등 설치에 대한 기준이 비교적 잘 정립되어 있다. 그러나 국내의 교차로 신호등 설치에 경찰청의 “교통안전시설실무편람”에 따라 차량교통량, 보행자교통량, 통학로, 교통사고, 비보호좌회전, 교통감응신호기, 보행자 작동 신호기(Push Button Signal) 등의 기준을

통해 시행되고 있으나 상당부분 미국의 MUTCD(Manual on Uniform Traffic Control Devices)<sup>2)</sup>에서 제시하는 값을 그대로 적용하고 있다.

기존의 국내의 신호등 설치기준의 경우, 교차로는 그 형태(+자형, T자형)에 따라 교통특성이 크게 달라짐에도 +자형이나 T자형에 대한 구분 없이 같은 기준을 사용함으로써 인해 적절한 기준에 따른 신호등 설치가 미흡한 실정이다.

따라서 이러한 문제점을 보완하기 위하여 본 연구는 국내의 현장자료를 바탕으로 보다 합리적이고 효율적인 교차로 운영을 위해 신호 및 비신호교차로에 대해 주도로 교통량과 부도로 교통량, 그리고 교차로 평균정지지체의 관계를 규명하여 T형 교차로의 새로운 신호등 설치기준을 제시하는데 그 목적이 있다.

본 연구는 T형교차로의 신호등 설치기준중 첨두시간 교통량에 의한 기준 설정에 관한 연구로 서울 및 경기지역에 위치한 교차로를 대상으로 하였다. 평지에 위치하고 시거를 확보하고 있는 교차로를 대상으로 다음의 <표1>과 같이 무신호 교차로 6개소, 신호교차로 6개소를 선정하였다.

<표1> 조사 대상 교차로

접근로 차로수(주도로×부도로)		조사대상 교차로
1×1	신호	· 경기도 화성군 매송면 야목휴게소앞(a) · 경기도 화성군 비봉면 습나루 주유소 앞(b)
	비신호	· 서울시 강남구 포이동 국악고 앞 · 서울시 서초구 양재동 연남중고 앞
2×1	신호	· 서울시 강남구 개포동 베스토피아 앞(c) · 서울시 강남구 포이동 대인외과 주변(d)
	비신호	· 서울시 서초구 양재동 대우자동차 주변 · 경기도 시흥시 거모동 군자교회 주변
2×2	신호	· 서울시 서초구 우면동 한국통신 앞(e) · 경기도 안산시 성포동 주공3단지 주변(f)
	비신호	· 경기도 안산시 본오동 월드프라자 앞 · 경기도 안산시 고잔동 주공 9단지 앞

본 연구에서는 주도로 접근로 차로수와 부도로 접근로 차로수를 조합한 교차로의 기하형태를 위의 <표1>에서와 같이 1차로와 1차로가 만나는 경우를 1×1으로, 2차로와 1차로가 만나는 경우를 2×1으로, 2차로와 2차로가 만나는 경우를 2×2로 나타내기로 한다.

본 연구를 수행하기 위한 연구방법은 다음과 같다.

- (1) 신호등 설치기준의 이론적 배경과 국내·외의 관련문헌을 고찰하여 이론적 연구 수행방법을 도출하고 현행 기준의 문제점을 검토한다.
- (2) 연구목적에 부합하는 조사지점을 선정하여 사전답사를 걸친 후 현장조사를 실시한다.
- (3) 수집된 현장조사 자료를 정리하여 각 기하구조별 신호 및 비신호교차로의 지체모형을 회귀분석을 통해 정립하여 교통량과 지체도의 관계를 규명한다.
- (4) 비신호 교차로의 지체도가 신호교차로의 지체도 보다 높아질 때의 주도로교통량과 부도로 교통량의 관계를 분석한다.
- (5) 도출된 관계를 이용하여 지체도를 기준으로 한 교차로의 운영효율을 극대화하는 신호등 설치기준을 제시한다.
- (6) 미국의 MUTCD 기준과 비교하고 결론을 도출한다.

## 2. 문헌고찰 및 문제점 분석

<표2> 도로교통안전협회에서 제안한 기준안

구 분	삼지 교차로			사지 교차로		
	1×1차로	2×1차로	2×2차로	1×1차로	2×1차로	2×2차로
전체교통량		1300		1400	1500	1600
부방향/주방향비						
주방향 교통량		900		900	1200	1200
부방향 교통량		400		500	300	400

『교통신호기 설치기준 연구』, 도로교통안전협회, 1996

### 2-1 신호등 설치 관련문헌의 검토

경찰청의 ‘교통안전시설실무편람’에 나타난 국내의 신호등 설치기준은 총 9개 항목에 대해 언급하고 있으나 본 연구에서 제시하게 될 기준이 교통량과 지체도에 대한 내용이므로 이중 교통량과 관련된 기준에 대해서만 자세히 살펴 보도록 하겠다. 9개의 기준중 교통량과 관련된 기준은 ① 차량 교통량 기준, ② 보행자 교통량 기준, ⑤ 비보호좌회전 기준의 3가지이다.

①번의 차량 교통량 기준은 미국의 MUTCD에서 제시하는 값을 그대로 적용하여 기준을 초과하는 시간이 모두 8시간 이상일 때 신호등을 설치한다. 예를 들어 접근로별 차로수를 기준으로 주도로, 부도로의 접근로가 각각 1차로일 경우 주도로의 양방향 교통량이 500(대/시간), 부도로의 중방향 교통량이 150(대/시간) 이상일 때 신호등을 설치하도록 제시하고 있다.

도로교통안전협회의 “교통신호기 설치 기준 연구(차량교통량 중심으로)”<sup>3)</sup>에서는 주방향 교통량이 900~1200대/시 이고, 부방향 교통량이 300~500대/시의 범위에서 교차로의 형태 및 차로별로 구분하여 기준을 제시하였다. 삼지 교차로에 대해서는 주도로 2차로, 부도로 1차로의 경우에 한해 주방향 교통량이 900대/시, 부방향 교통량이 400대/시로 언급하고 있다. 주요 연구 결과는 다음 <표2>와 같다.

MUTCD에서 제시하고 있는 신호등 설치 기준은 총 11개로서 교통량과 관련된 기준은 ①최소 차량 교통량, ②주도로 연속교통의 차단, ⑨4시간 교통량, ⑩첨두시간 지체, ⑪첨두시간 교통량의 5가지이다.

①번의 최소 차량 교통량 기준은 <표3>과 같

으며, ②번의 주도로 연속교통의 차단은 주도로의 교통량이 너무 많아 이와 교차하는 부도로에 과도한 지체가 발생하거나, 주도로와의 교차나 진입이 어려운 교차로에 적용하기 위한 것으로 아래 <표4>의 기준을 초과하는 시간이 평일에 8시간 이상일 때 신호등을 설치한다.

<표3> 최소 차량교통량

접근로 차로수		주도로교통량(양방향) (대/시간)	부도로교통량 (교통량이많은 쪽) (대/시간)
주도로	부도로		
1	1	500	150
2이상	1	600	150
2이상	2이상	600	200
1	2이상	500	200

<표4> 주도로 연속교통의 차단을 위한 최소 교통량 기준

접근로 차로수		주도로교통량(양방향) (대/시간)	부도로교통량 (교통량이많은 쪽) (대/시간)
주도로	부도로		
1	1	750	75
2이상	1	900	75
2이상	2이상	900	100
1	2이상	750	100

⑩번의 첨두시 지체 기준은 접근로가 1차로일 경우 정지표지에 의해 운영되는 부도로의 총지체시간이 4대·시간 이상이거나, 일방향 교통량이 100대/시 이상일때를 적용하고 있으며 2

차로일 때는 총 지체시간이 5대·시 이상, 일방향교통량이 150대/시 이상일 때를 첨두시 지체의 기준으로 삼고 있다.

그 외에 1시간 동안의 총진입교통량이 4지

<표5> 첨두시 지체 기준

구분	접근로 1차로일때	접근로 2차로일때
정지표지에 의해 운영되는 부도로상의 총지체시간	4대·시간 이상	5대·시간 이상
부도로 접근로(일방향)	100대/시 이상	150대/시 이상

교차로는 800대/시 이상, 3지 교차로는 650대/시 이상일 때로 정하고 있으며 이 부분이 3지 교차로에 대한 유일한 언급이다.

이상과 같이 살펴본 결과 국내의 신호등 설치기준은 본 논문에서 연구되어질 T형 교차로에 대한 별도의 기준은 나타나지 않고 있으며 미국의 MUTCD의 기준안 보다도 크게 미흡하다. 최근의 도로교통안전협회의 연구에서도 주

2-2 검토 결과

도로 및 부도로의 차로수가 1×1인 경우와 2×2인 기하구조에 대한 기준은 없다.

미국의 MUTCD에서 제시하는 기준에서도 T형 교차로에 대해서는 첨두시 지체기준에서 1시간 동안의 총진입교통량이 650대/시 이상일 때로 정하고 있는 것이 T형 교차로에 대한 유일한 언급이다. 그밖에 외국의 경우에서도 교차로의 형태나 차로별 구분에 따른 별도의 기준이 없는 것으로 나타났다. 따라서 교차로의 형태 및 차로별로 세분화된 기준이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 T자형의 기하구조를 갖는 교차로에서 차로수에 따른 세분화된 신호등 설치기준을 연구하여 이러한 한계를 극복하고자 한다.

### 3. 자료 수집 및 정리

본 연구를 위한 현장조사는 하나의 교차로가 신호로 관제될 때와 비신호로 관제될때의 교통

상황을 비교해야 하나 현실적으로 어려움이 많아 본 연구에서는 모든 교통상황이 최대한 동일한 신호 및 비신호 교차로의 조합을 찾아 이를 조사하기 위해 각 기하구조 조합별로 다음과 같은 조건을 만족시키는 교차로를 연구의 대상교차로로 선정하였다.

- 조건을 만족시키기 위한 기하구조 고려사항
    - 구배가 없고 시거가 양호한 평면교차로
    - 주도로와 부도로가 직각으로 교차되는 교차로
    - 좌회전 배이가 별도로 설치되지 않은 교차로
    - 비신호 교차로의 경우 교통량이 일정수준 이상으로 신호교차로와의 지체비교가 가능한 교차로
    - 주변지역의 토지이용이 유사한 교차로
    - 인접교차로의 영향을 받지 않는 독립교차로
- 비신호 및 신호 교차로 각각에서 접근로별 교통량과 정지지체산출을 위해 수집된 교통자료의 내용은 다음 <표6>과 같다.

<표6> 자료 조사 항목

비신호 교차로	신호 교차로
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 접근로별 교통량</li> <li>· 접근로별 정지차량</li> <li>· 교차로 기하구조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 접근로별 교통량</li> <li>· 접근로별 정지차량</li> <li>· 교차로 기하구조</li> <li>· 신호현시 및 신호시간</li> </ul>

조사된 교차로별 교통량은 다음 <표7>과 같다.

<표7> 각 교차로별 교통량 범위

교차로		교통량 범위	
		주도로 양방향 교통량(vph)	부도로 교통량(vph)
1×1 교차로	신호	496~1421	24~284
	비신호	336~1680	60~396
2×1 교차로	신호	774~1640	168~412
	비신호	604~1508	30~500
2×2 교차로	신호	820~1656	140~908
	비신호	616~1612	104~324

신호교차로의 경우 각 기하구조별로 신호시간과 현시가 같은 교차로를 선정 하여 최대한

유사한 교통여건 하에서 조사가 이루어질 수 있도록 하였다.

〈표8〉 교차로별 신호시간 및 현시

교차로		신 호 현 시			주기
1×1	a	↶	↷	↔	85초
		15(3)	11(3)	50(3)	
1×1	b	↶	↷	↔	85초
		10(3)	6(3)	60(3)	
1×2	c	↔	↶	↷	100초
		43(3)	24(3)	24(3)	
1×2	d	↔	↶	↷	100초
		53(3)	23(3)	15(3)	
2×2	e	↷	↔	↶	95초
		17(3)	54(3)	15(3)	
2×2	f	↷	↔	↶	95초
		19(3)	57(3)	10(3)	

주: a,b,c,... 는 〈표1〉 참조

본 연구를 위해 수집된 자료는 접근로별 교통량과 지체도 산출을 위한 정지차량 대수로서 현장의 대상 교차로에서 조사자가 15분 단위로 접근로별 교통량과 정지차량을 카운트하여 조사용지에 기입하는 방법을 사용하였다. 이때 정지지체 계산을 위한 정지차량은 17초 간격으로 하였다. 조사는 각 교차로마다 오전 07시-10시, 낮 12시-14시, 오후 16시-19시의 8시간에 걸쳐 실시하였으며, 15분 단위로 조사된 교통량과 정지차량을 이용하여 접근로별 정지지체를 미국의 HCM<sup>1)</sup>에서 제시하는 현장에서의 지체조사방법을 이용하여 계산하였다.

사용된 방법은 어느 측정기간(time interval)의 정지차량을 각 접근로마다 조사하여 접근로의 총 정지시간을 구하고 이 때 접근로를 통과한 차량수로 나누어 각 접근로의 차량당 정지지체를 구하는 방법으로써 (식1)을 이용하여 접

근로의 정지지체를 구한다.

$$Delay = (\sum v_s \times I) / V \dots\dots\dots(식1)$$

$\sum v_s$  : 정지차량 대수의 합

I : 정지차량 조사 시간간격

V : 조사시간 동안 관측된 총 교통량

구해진 접근로 정지지체로 (식2)와 같이 교차로 전체의 평균정지지체를 산출하였다.

$$D_T = \frac{\sum V_i D_i}{\sum V_i} \dots\dots\dots(식2)$$

$D_T$  = 교차로의 차량당 평균정지지체

$V_i$  = 접근로 i의 교통량

$D_i$  = 접근로 i의 정지지체

#### 4. 회귀분석을 이용한 모형의 정립

조사된 자료를 이용하여 접근로의 차로수 조

합에 상응한 신호교차로의 지체모형과 비신호 교차로의 지체모형을 회귀분석을 이용하여 정립하고 정립된 모형이 통계적으로 타당한지를 검증한다.

회귀모형의 정립시 현장의 교통상황을 정확히 파악하여 누락된 독립변수가 없는지를 살펴보고 종속변수와 독립변수의 관계가 선형인지 비선형인지를 먼저 규명하여 오차의 감소를 위해 최대한의 노력을 기울여야 한다.

T형 교차로의 평균정지지체도 회귀모형을 얻기 위해 주도로의 양방향교통량(x), 부도로의 교통량(y)을 기본으로 이를 조합한 xy, y/x, 1/xy 등의 여러 가지 형태를 가지고 자료에 대한 설명력이 높은 회귀식을 찾고자 SAS 프로그램의 Regression 과정의 변수선택방법중 회귀모형의 적합을 증가시킬 수 있는 변수를 추가시키기도 하고, 일단 모형에 추가된 변수도 모형의 적합에 도움이 되지 않는 변수는 삭제시키는 방법인 stepwise 기법을 이용하여 설명력이 없는 변수를 제거하여 회귀식을 설정하였다.

T형 교차로는 3개의 접근로를 가지며 주도로와 부도로로 구성된다. 본 연구에서는 주도로의 양방향 교통량과 부도로의 교통량, 그리고 교차로의 평균정지지체의 3가지 변수간의 관계를 동시에 규명하고자 조사·정리된 자료를 3차원 공간에 플롯하고 이를 바탕으로 모형을 정립하였다.

#### 4-1 1×1 T형 교차로

회귀분석을 통해 정립된 1×1 교차로의 지체모형은 주도로 양방향교통량과 부도로 교통량을 독립변수로 하는 지수함수의 형태로 표현되며 정립된 모형식은 다음과 같다.

■ 비신호교차로:

$$D_{nosig} = \exp(-1.584378 + 0.001909x + 0.000004591xy)$$

■ 신호교차로:

$$D_{sig} = \exp(0.602545 + 0.000664x + 0.000001931xy)$$

여기서, D: 교차로 평균정지지체

x: 주도로양방향교통량(vph)

y: 부도로교통량(vph))

비신호교차로의 모형을 살펴보면 R<sup>2</sup>가 0.92로 높기 때문에 지체도의 추정값 D는 현장에서 관측된 지체도에 잘 적합되고, 교통량의 변화가 지체도에 미치는 영향의 크기를 나타내는 독립변수의 계수에 대한 추정값은 x에 대해 0.001909, xy에 대해 0.000004591이 된다. 또한 독립변수인 x와 xy가 지체도에 영향을 미치지 않는다는 귀무가설(H<sub>0</sub>: β=0)을 검정하기 위한 검정통계량의 값은 14.131과 7.352이며 이 값에 대한 유의확률은 0.0001이므로 유의수준을 1% 미만으로 하여 귀무가설을 기각시킬 수 있다.

신호교차로의 경우에도 비신호교차로에서와 같이 통계적으로 유의한 모형이 도출되었다.

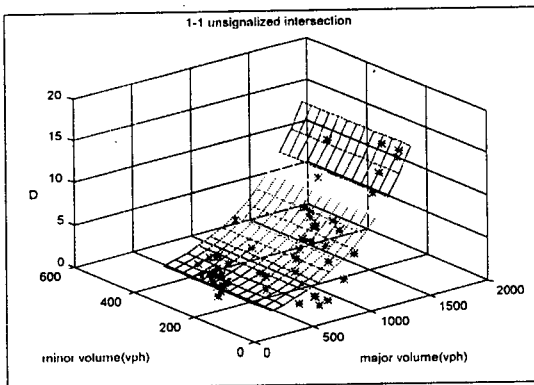
1×1 비신호 T형 교차로 지체모형			
model	$D_{nosig} = \exp(-1.584378 + 0.001909x + 0.000004591xy)$		
F-value	319.913		
Prob>F	0.0001		
독립변수	constant	x	xy
t-value	-14.960	14.131	7.352
prob>  t	0.0001	0.0001	0.0001
R-square = 0.9208		Adj R-square = 0.9180	

1×1 신호 T형 교차로 지체모형			
model	$D_{sig} = \exp(0.602545+0.000664x+0.000001931xy)$		
F-value	319.913		
Prob>F	0.0001		
독립변수	constant	x	xy
t-value	5.848	4.850	4.443
prob>   t	0.0001	0.0001	0.0001
R-square = 0.7409		Adj R-square = 0.7315	

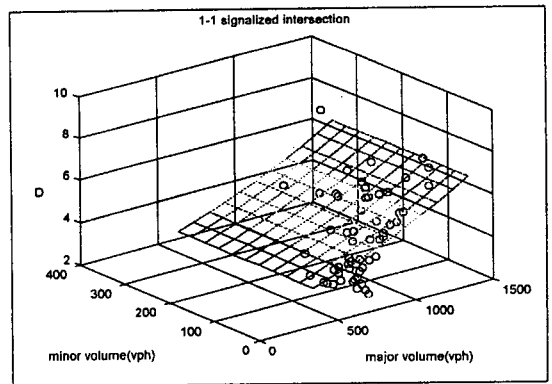
D: 교차로 평균정지지체 x: 주도로양방향교통량(vph) y: 부도로교통량(vph)

정립된 모형식이 종속변수에 대해 2개의 독립변수를 가지므로 3차원의 도형으로 표현할 수 있으며, 이를 현장조사 자료와 함께 나타내면 다음 <그림1>과 같다. 그림에서 x축의 major volume은 주도로 양방향교통량, y축의 minor volume은 부도로 교통량, z축의 D는 교차로 평

균정지체치를 나타낸다. ‘\*’와 ‘o’는 현장의 실측지체치를 의미하고 본 연구에서 정립한 비신호 1×1교차로의 지체모형은 곡면으로 표현된다. 정립된 지체모형이 현장의 실측자료를 잘 반영함을 알 수 있다.



비신호 교차로



신호 교차로

<그림1> 1×1 T형 교차로 지체모형

#### 4-2 2×1 T형 교차로

회귀분석을 통해 정립된 2×1 교차로의 지체 모형은 주도로 양방향교통량과 부도로 교통량을 독립변수로 하는 지수함수의 형태로 표현되

며 정립된 모형식은 다음과 같다.

■ 비신호교차로:

$$D_{nosig} = \exp(-1.291426+0.001391x+0.000004631xy)$$

■ 신호교차로:

$$D_{sig} = \exp(0.758125+0.00078x+0.000001676xy)$$



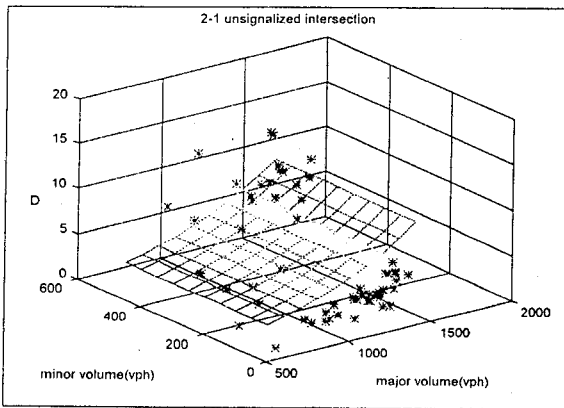
2×1 비신호 T형 교차로 지체모형			
model	$D_{nosig} = \exp(-1.291426+0.001391x+0.000004631xy)$		
F-value	265,068		
Prob>F	0,0001		
독립변수	constant	x	xy
t-value	-6,210	8,224	21,153
prob>   t	0,0001	0,0001	0,0001
R-square = 0,9023		Adj R-square = 0,8988	

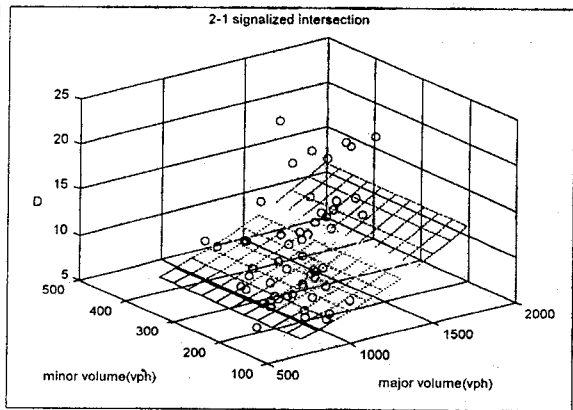
2×1 신호 T형 교차로 지체모형			
model	$D_{sig} = \exp(0,758125+0,00078x+0,000001676xy)$		
F-value	265,068		
Prob>F	0,0001		
독립변수	constant	x	xy
t-value	7,453	5,733	6,128
prob>   t	0,0001	0,0001	0,0001
R-square = 0,8821		Adj R-square = 0,8779	

D: 교차로 평균정지지체 x: 주도로양방향교통량(vph) y: 부도로교통량(vph)

정립된 모형식을 현장의 실측자료와 함께 나타내면 다음 <그림2>과 같다.



비신호 교차로



신호 교차로

<그림2> 2×1 T형 교차로 지체모형

### 4-3 2×2 T형 교차로

회귀분석을 통해 정립된 2×2 교차로의 지체 모형은 주도로 양방향교통량과 부도로 교통량을 독립변수로 하는 지수함수의 형태로 표현되

며 정립된 모형식은 다음과 같다.

■ 비신호교차로:

$$D_{nosig} = \exp(-2,150302+0,002016x+0,000004468xy)$$

■ 신호교차로:

$$D_{sig} = \exp(0,674241+0,001191x+0,000001301xy)$$

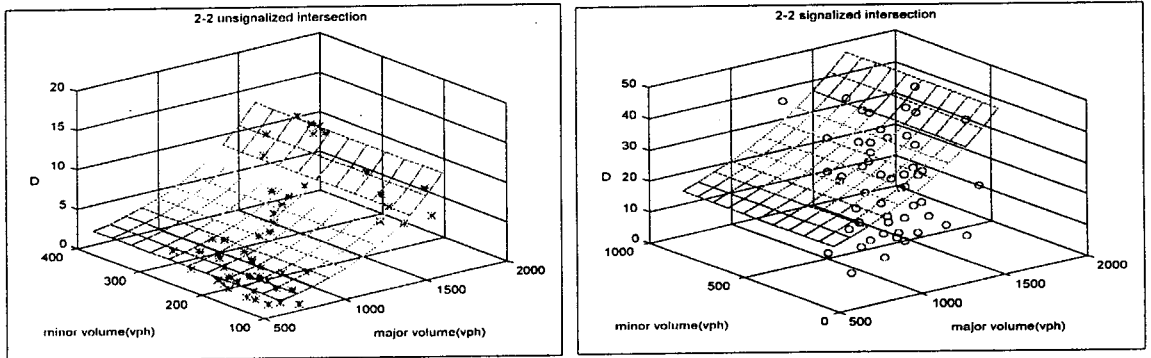
2×2 비신호 T형 교차로 지체모형			
model	$D_{nosig} = \exp(-2.150302+0.002016x+0.000004486xy)$		
F-value	505.748		
Prob>F	0.0001		
독립변수	constant	x	xy
t-value	-19.810	12.650	8.566
prob>   t	0.0001	0.0001	0.0001
R-square = 0.9529		Adj R-square = 0.9510	

2×2 신호 T형 교차로 지체모형			
model	$D_{sig} = \exp(0.674241+0.001191x+0.000001301xy)$		
F-value	89.995		
Prob>F	0.0001		
독립변수	constant	x	xy
t-value	2.669	5.373	7.631
prob>   t	0.0102	0.0001	0.0001
R-square = 0.7826		Adj R-square = 0.7739	

D: 교차로 평균정지지체 x: 주도로양방향교통량(vph) y: 부도로교통량(vph)

정립된 모형식을 현장의 실측자료와 함께 나타내면 다음 <그림3>과 같다.



비신호 교차로

신호 교차로

<그림3> 2×2 T형 교차로 지체모형

#### 4-4 모형의 적합도 검증

통계학적 분석을 근거로 정립된 모형에 대하여 실제 현상을 제대로 반영하는지를 다음과 같은 판단근거로 검증을 하였다.

1단계, 적합된 회귀선이 과연 자료에 잘 들어맞는지를 확인한다. 이를 위해 유의수준 0.05를 기준으로 Prob>F의 값이 0.05이하일 경우 귀무가설 ( $H_0$ : 회귀관계가 없다)을 기각할 수 있다. 즉, '극히 유의한

(highly significant) 회귀관계가 있다'고 말할 수 있으므로 선정된 모형이 이에 부합되는지를 판단한다.

2단계, 독립변수의 부호(+: positive, -: negative)가 과연 합리적인가를 판단한다. 제시된 모형의 경우 종속변수인 지체도는 독립변수인 교통량이 증가함에 따라 함께 증가하여야 하므로 독립변수의 파라메타가 음의 값을 가질 수 없다.

3단계, 모형에 채택된 독립변수의 값이 과연 의미를 갖는지 판단한다. 이를 위해 1단계와 같은 방법으로 t-value를 테스트한다.

검증 1단계에서 각 기하구조별로 선정된 모형의 prob>F 값을 보면 모두 0.0001로서 유의수준 0.05를 기준으로 귀무가설을 기각할 수 있으므로 극히 유의한 회귀관계가 있다고 말할 수 있으며, 검증 2단계의 독립변수에 대한 부호의 경우 모형의 독립변수에 대한 파라메타가 모두 양의 값(+:positive)을 가지므로 독립변수와 종속변수의 관계가 타당하다고 말할 수 있다.

마지막으로 검증 3단계의 경우 2×2 신호교차로 지체모형의 constant만이 0.0102를 가지며 나머지는 0.0001의 값을 나타내, 모두 0.05 이하로 유의수준 0.05를 기준으로 귀무가설 (H<sub>0</sub>: β = 0)을 기각할 수 있으므로 회귀모형의 독립변수가 모두 의미있음을 알 수 있다.

따라서 위 3단계의 판단 기준을 모두 만족하므로 자료의 특성을 잘 반영하는 모형이라 결론 내릴 수 있다.

### 5. T형 교차로 신호등 설치기준 제안

본 연구에서는 교통량과 지체도를 이용하여 기준을 제시하기 위해 앞의 그림에서와 같이 신호교차로와 비신호교차로의 모형이 나타내는 3차원상의 곡면을 표현해 보았다. 신호교차로의 지체도와 비신호교차로의 지체도를 비교하여 비신호교차로의 지체도가 신호교차로의 지체도보다 커지는 교통량을 찾아 이를 신호설치의 기준으로 채택하는 것이 바람직하다. 따라서 본 연구에서는 신호설치 기준을 찾기 위해 정립된 지체모형을 이용하여 교통량과 지체도를 비교하였다. 4절에서 제시한 신호 및 비신호 교차로의 지체모형을 하나의 공간에 나타내면 두 개의 곡면이 교차하는 곡선이 나타날 것이며 이 곡선의 식은 주도로의 양방향 교통량(x)과 부도로교통량(y)의 관계식으로 표현되어 지체도가 같아질 때의 주도로와 부도로의 교통량이 얼마인가를 알 수 있게 된다.

아래 <표9>에서 신호 및 비신호일때의 모형식을 같다고 했을 때 각각의 기하구조에 해당하는 관계식을 얻을 수 있다

<표9> 기하구조별 지체모형

구분		모 형 식
1×1	신호 (1)	$D_{sig} = \exp(0.602545 + 0.000664x + 0.000001931xy)$
	비신호(2)	$D_{nosig} = \exp(-1.584378 + 0.001909x + 0.000004591xy)$
2×1	신호 (3)	$D_{sig} = \exp(0.758125 + 0.00078x + 0.000001676xy)$
	비신호(4)	$D_{nosig} = \exp(-1.291426 + 0.001391x + 0.000004631xy)$
2×2	신호 (5)	$D_{sig} = \exp(0.674241 + 0.001191x + 0.000001301xy)$
	비신호(6)	$D_{nosig} = \exp(-2.150302 + 0.002016x + 0.000004468xy)$

- 1×1 교차로 기준:(1)=(2)일 때 x와 y의 관계식
- 2×1 교차로 기준:(3)=(4)일 때 x와 y의 관계식
- 2×2 교차로 기준:(5)=(6)일 때 x와 y의 관계식

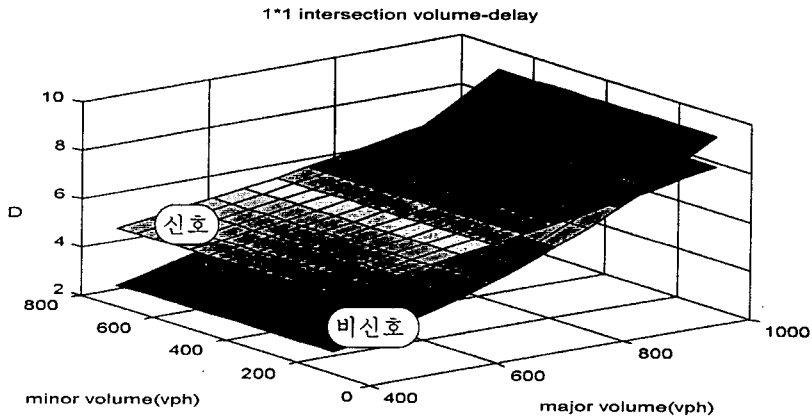
x=주도로 양방향 교통량(vph)  
y=부도로 교통량(vph)

5-1 1×1 교차로 신호등 설치기준

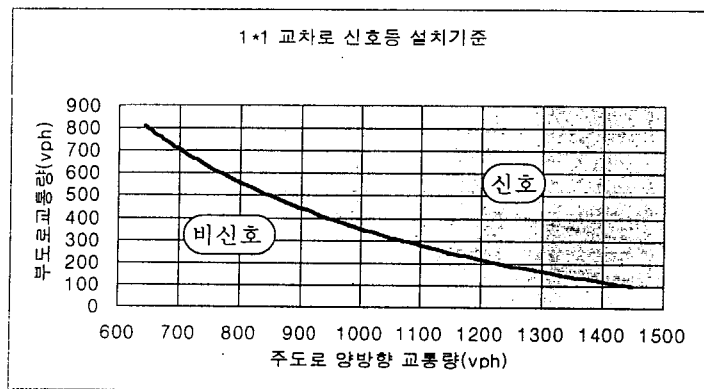
아래 <그림4>에서 보는 바와 같이 신호교차로의 지체곡면과 비신호교차로의 지체곡면이 교차할 때의 곡선의 식을 구하기 위해 식(1)과 식(2)를 같다고 놓으면,

$$x = \frac{2,186,923}{0,001245 + 0,00000266y}$$

와 같은 두 곡면이 교차하는 곡선의 관계식을 얻을 수 있다. 이를 차트로 나타내면 <그림 5>와 같은 주도로 양방향교통량과 부도로 교통량의 관계를 구분지어주는 그림을 얻을 수 있으며 조사된 교통량이 기준선의 상위영역에 위치하면 신호등을 설치하는 것이 교차로의 지체를 줄일 수 있게 된다.



<그림4> 1×1 교차로 지체모형 비교



<그림5> 1×1 교차로 신호등 설치기준

5-2 2×1 교차로 신호등 설치기준

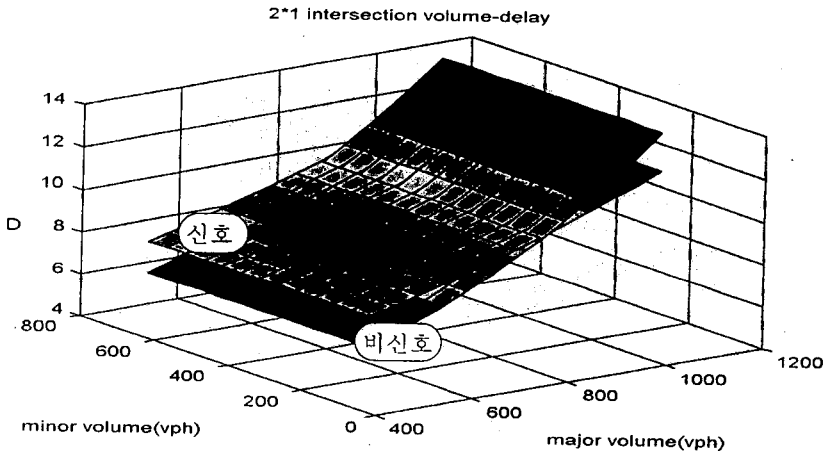
x=주도로 양방향 교통량(vph)

y=부도로 교통량(vph)

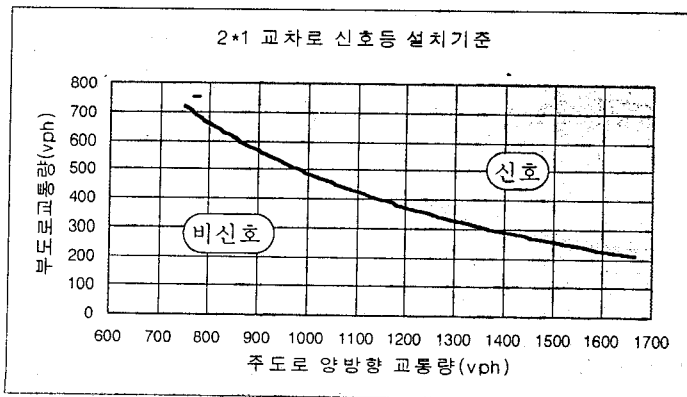
<그림6>과 같이 지체모형을 비교하여 식(3)과 식(4)를 같다고 했을 때,

와 같은 관계식을 얻을 수 있다. 이를 차트로 나타내면 아래 <그림7>과 같으며 그림에 나타난 기준선의 상위영역이 신호등 설치의 기준이 된다.

$$x = \frac{2,049,551}{0.000611 + 0.000002955y}$$



<그림6> 2×1 교차로 지체모형 비교



<그림7> 2×1 교차로 신호등 설치기준

5-3 2×2 교차로 신호등 설치기준

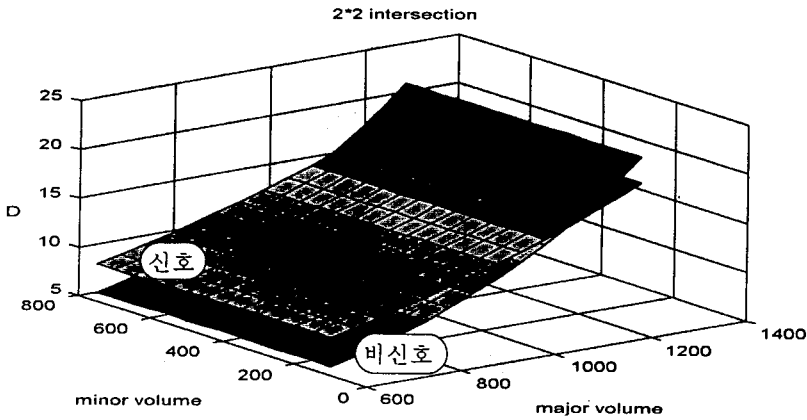
y=부도로 교통량(vph)

식(5)과 식(6)를 같다고 했을 때,

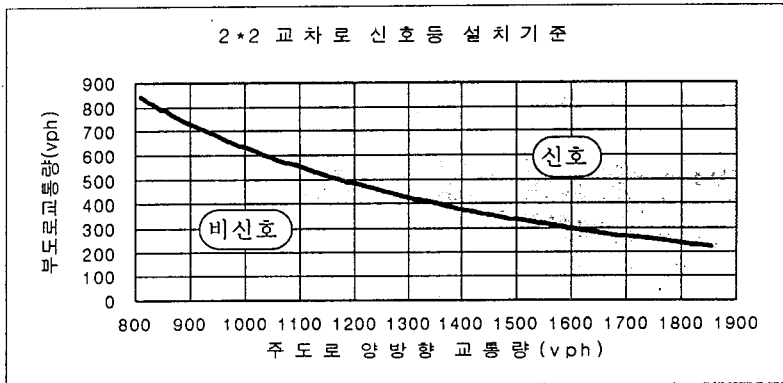
$$x = \frac{2,824,543}{0,000825 + 0,000003167y}$$

x=주도로 양방향 교통량(vph)

와 같은 관계식을 얻을 수 있다. 이를차트로 나타내면 아래 <그림9>와 같으며 그림에 나타난 기준선의 상위영역이 신호등 설치의 기준이 된다.



<그림8> 2×2 교차로 지체모형 비교



<그림9> 2×2 교차로 신호등 설치기준

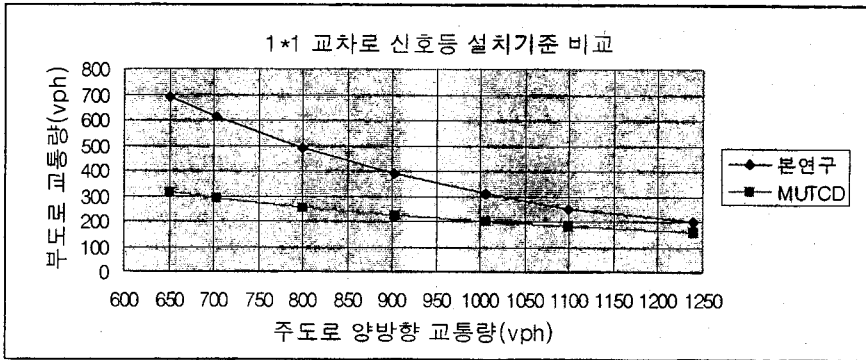
5-4 MUTCD 기준과의 비교

본 논문에서 연구된 기준을 미국의 MUTCD

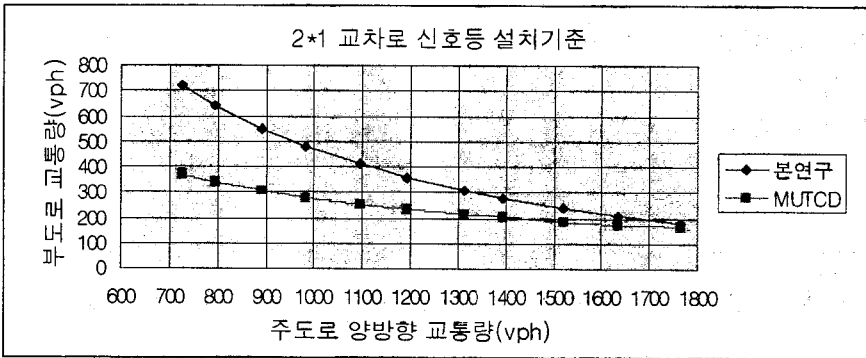
의 값과 비교했을 때 대체로 높은 영역의 기준선이 제시되었는데, 이러한 결과가 나타난 이유는 T형 교차로의 현시수가 +자형 교차로의 현

시수보다 적고, 국내의 운전자들이 비신호교차로 진입시 정지표지판에 의해 일단정지를 하여야 함에도 불구하고 서행하며 교차로를 통과하

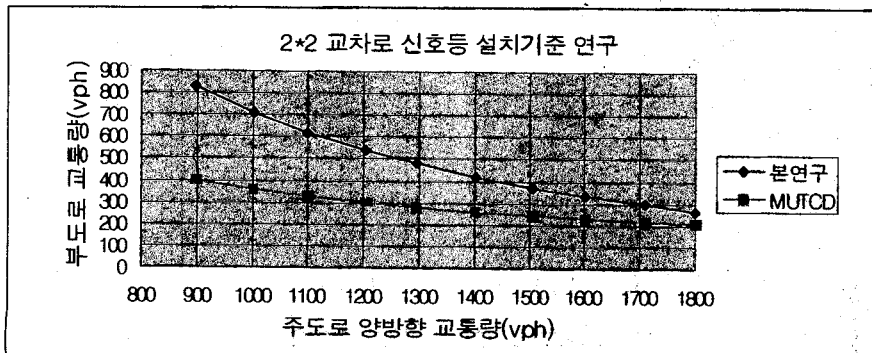
려는 성향을 나타내기 때문에 높은 수준의 교통량 결과가 나타난 것으로 판단된다.



<그림10> 1×1 교차로 신호등 설치기준 비교



<그림11> 2×1 교차로 신호등 설치기준 비교



<그림12> 2×2 교차로 신호등 설치기준 비교

## 6. 결론 및 건의

### 6-1 결론

기존의 신호등 설치기준이 기하구조를 고려하여 제시되지 않아 효율적인 교차로 운영에 어려움이 있어 본 논문은 T형 교차로의 신호등 설치기준을 별도로 제시함에 목적을 두고 연구를 수행하였다. 이상적인 연구결과를 얻기 위해서는 3절에서 언급했던 바와 같이 동일한 교차로에서 신호 및 비신호 관제시의 교통상황을 조사하여 자료를 수집하는 것이 최선의 방법이었으나 혼잡문제, 교통안전문제, 특히 관제체계 변경시에 발생할 수 있는 교통사고에 대한 책임문제등으로 인해 이 방법은 수행되지 못하였다. 차후에 이와 유사한 연구시 이러한 문제들을 해결하고 접근한다면 보다 우수한 결과가 도출될 수 있을 것으로 판단된다.

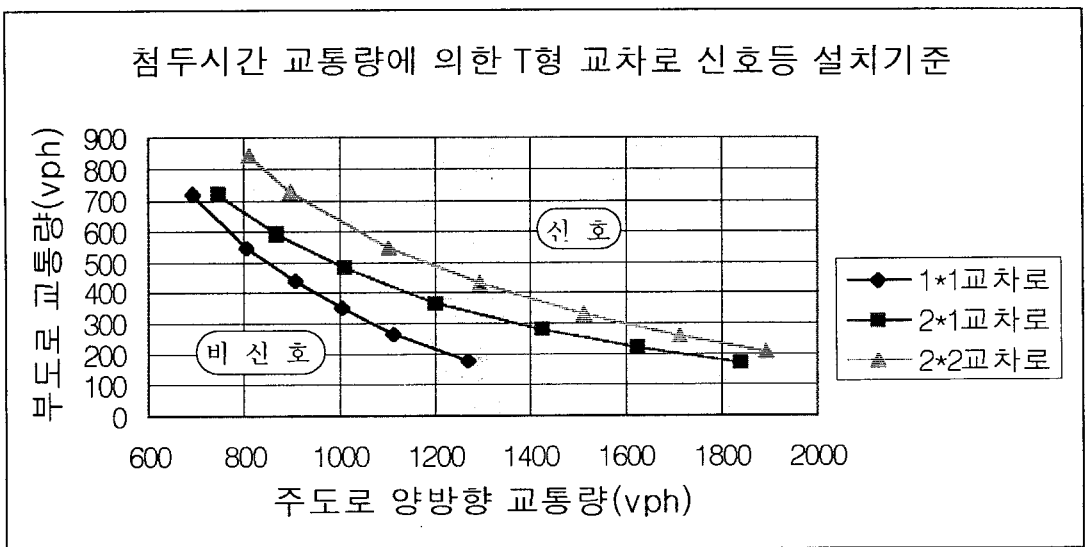
본 연구는 서울 및 경기지역 일대에서 실시

된 현장조사 결과를 근거로 1×1 교차로, 2×1 교차로, 2×2 교차로에 대해 각각의 신호등 설치기준을 개발하였으며 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, T형 교차로의 지체도 모형은 주도로 교통량과 부도로 교통량을 독립변수로 하는 지수함수 형태를 갖는다.

둘째, T형 교차로의 신호등 설치기준은 T형으로 인한 현시의 감소로 MUTCD에서 제시하고 있는 신호등 설치기준과 비교시 타당성 교통량이 높게 나타났다.

셋째, T형 교차로의 신호등 설치기준은 위의 관계식을 이용하여 다음의 <그림13>과 같이 나타낼 수 있으며 평일의 하루중 주도로(양방향)의 시간당 교통량과 부도로의 시간당 교통량의 최대값을 그림에 표시했을 때 기준선의 상위영역에 위치하면 교차로의 평균지체도를 최소화하기 위해 신호등을 설치한다.



<그림13> T형 교차로 신호등 설치기준



## 6-2 건의

첫째, 현재 운영되고 있는 신호등 설치기준은 본 논문에서 제시한 결론과 같이 T형 교차로에 대한 별도의 기준이 제시되어야 한다.

둘째, 본 논문의 연구결과를 차후의 신호등 설치기준 개정시 참고할 것을 건의 한다.

셋째, 본 연구에서 수행된 침투시간교통량에 의한 기준이외의 다른 기준에 대해서도 교차로의 기하구조를 고려하여 T형 교차로에 대한 별도의 기준제시를 위한 연구가

수행되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. “교통안전시설 설치 실무편람”, 경찰청, 1996
2. “Manual on Uniform Traffic Control Devices”, Federal Highway Administration, 1988
3. “교통신호기 설치 기준 연구”, 연구보고서, 도로교통안전협회, 1996
4. “Highway Capacity Manual”, TRB Special Report 209, 1994