

■ 論 文 ■

신호교차로 용량 및 서비스수준에 대한 간략적 분석방법 (4갈래 교차로 비포화 상태를 대상으로)

A Simplified Analytical Method for the Capacity and Level of Service of Signalized Intersections

홍 순 진

(한양대학교 교통시스템공학과 박사과정)

목 차

- | | |
|-----------------|--------------|
| I. 서론 | 4. 차로군 분류 |
| 1. 연구배경 및 목적 | III. 간략법 평가 |
| 2. 연구범위 및 방법 | 1. 실험계획 |
| II. 간략적 분석방법 | 2. 간략법 평가 |
| 1. 차로이용률계수 | IV. 결론 및 한계성 |
| 2. 좌회전차로 직진환산계수 | 참고문헌 |
| 3. 우회전차로 직진환산계수 | 부록 |

Key Words : 교통량보정, 좌회전 및 우회전 직진환산계수, 차로군 분류, 제어지체, 민감도 분석

요 약

우리나라 HCM의 운영분석 과정은 많은 입력변수와 복잡한 계산절차가 요구되는 미시적인 신호교차로 분석이라고 할 수 있다. 본 연구는 4갈래 교차로 비포화 상태를 대상으로 하며, 운영분석 과정상의 교통량보정, 좌회전 및 우회전 직진환산계수 산정에 포함되는 여러 변수들 중에서 중요성이 적다고 판단되는 변수들을 통합하거나 일반화된 값을 사용함으로써 계산절차의 간략화 가능성을 검토하는 것이다. 또한 차로군 분류도 현장측정을 기초로 방향별 이동류의 교통량비로서 간략하게 분류하는 방법을 모색하였다.

연구는 해당 각 변수에 대해서 현장측정치의 최소, 최대범위에서 일반화된 값 사용시에 KHCM 분석방법을 사용하여 비교하였다. 차로군 분류에 관해서는 방향별 교통량을 변화시키면서 KHCM과 간략법을 사용하여 비교하였다. 종합평가에서는 교통량, 좌회전, 우회전 노면마찰의 최소, 최대조건을 조합하여 시나리오를 구축하고 각각의 분석방법을 사용하여 민감도를 평가하였다. 분석결과 현장에서 관측된 도로 및 교통조건에서 해당 변수의 민감도는 물론이고, 본 연구의 차로군 분류 및 종합평가의 지체차이가 오차 범위내에 있었다.

1. 서론

1. 연구배경 및 목적

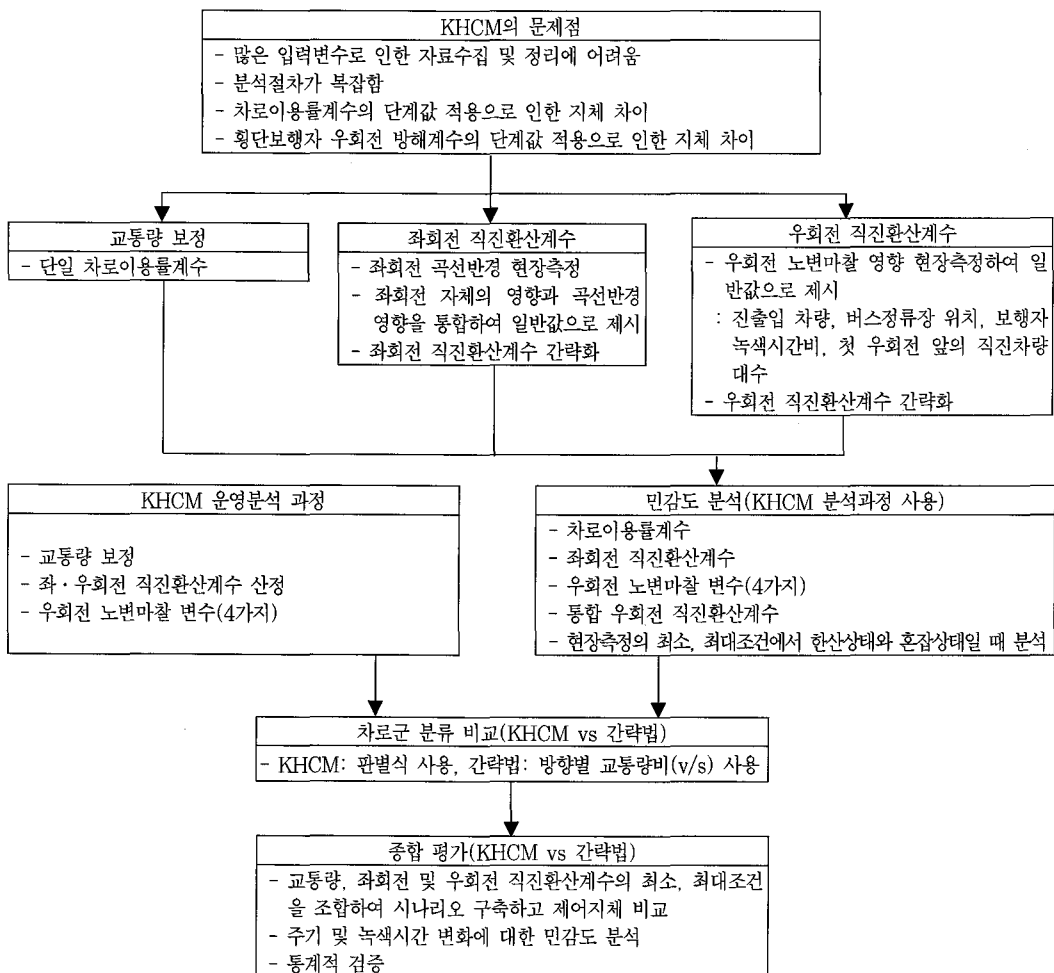
신호교차로의 교통상황(traffic performance)에 영향을 주는 요소는 교차로의 기하구조, 교통조건, 신호 운영조건이다. 본 연구는 신호교차로 분석에서 가장 기본이 되는 운영분석에 관한 것으로서 교통량, 신호시간, 교차로 기하구조가 주어질 때 그 교차로의 지체 및 서비스수준을 구하는 문제에 관한 것이다.

KHCM의 직진환산계수 산정 과정은 매우 정교한 반면에 많은 변수가 포함되어 있어 복잡하다. 좌회전의 경우 좌회전 차로수와 좌회전의 회전곡선반경 및 U턴 교통량을 알아야 한다. 우회전의 직진환산계수는 진출입 교통량, 버스정거장의 위치, 버스베이 유무, 승하차

인원, 버스 교통량, 주차활동, 횡단보행시간 및 횡단교통량 등을 알고 여러 가지 공식을 이용하여 계산해야 한다. 또한 KHCM의 차로군 분류 방법이 논리적이기는 하나 실제 현장의 조건들을 모두 반영할 수 없어 비현실적일 수도 있으며, 그 절차 역시 복잡하다. 본 연구는 KHCM의 운영분석 과정을 기초로 하여, 이들 변수들을 통합하거나 일반화하는 방법을 통하여 계산절차와 차로군 분류의 간략화 가능성을 탐색하는데 그 목적이 있다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구는 신호현시가 주어진 4갈래 교차로를 대상으로 하며, 분석시점(始點)에 초기 대기차량이 없는 경우로 한정했으며 비보호좌회전은 제외하였다. 또한 좌



<그림 1> 본 연구의 신호교차로 운영분석 과정

회전 차로와 우회전 차로의 경우는 일반적인 전용좌회전 1차로와 공용좌회전 1차로를 가진 접근로를 대상으로 하고, 우회전의 경우는 직진과 우회전이 공용하는 차로의 경우를 대상으로 하였다.

연구는 선행분석을 통하여 중요성이 적은 변수들을 설정하고, 서울시내 신호화된 교차로를 대상으로 각각 30개소 이상을 현장측정하였다. 현장측정은 대표성을 갖기 위하여 2차로에서 5차로의 접근로에서 수집하였다.

연구는 각 변수가 실제 현장에서 가질 수 있는 최소 및 최대값 범위에서 제어지체에 어느 정도의 영향을 미치는가를 분석하였으며, 전체적인 민감도 분석은 교통량, 좌회전 영향, 우회전 노변마찰의 최소, 최대 범위를 조합하여 시나리오를 구축하고 KHCM과 비교하였다. 통계적 검증을 위하여 간략화 된 변수들과 간략법의 종합평가에 대하여 통계 패키지인 SPSS(ver 11.0)를 이용하여 Paired Samples t-Test를 수행하였다. t-분포는 정규모집단에서 표본의 크기가 작을 때 유용하게 쓰이는 것으로서, 본 연구에서 95% 신뢰수준으로 양측검증을 실시하였다. <그림 1>은 본 연구의 내용 및 절차를 나타낸 것이다.

II. 간략적 분석방법

신호교차로 운영분석 과정을 간략화하기 위해 입력 변수들을 현장측정 또는 분석을 통하여 일반화된 값으로 나타내거나 다른 변수의 영향과 통합하였다. 본 연구와 KHCM을 비교하기 위하여 다양한 도로, 교통 및 신호조건에 대해 시나리오를 설정하였다. 이 때 도로, 교통, 신호조건은 실제 현장에서 볼 수 있는 범위의 값을 가진다. 다음은 본 연구에서 간략화된 변수들을 나타낸 것이다.

1. 차로이용률계수

KHCM의 차로이용률계수는 <표 1>과 같이 직진의 전용차로수와 차로별 평균교통량 800 vph를 경계로 다른 값을 적용하고 있다. 이러한 경계값을 사용함으로써 경계 부근에서는 적은 교통량의 차이에도 불구하고 지체차이가 크게 나타났다. 간략법에서는 경계값을 없애고 평균값을 제안하고, 이를 사용할 때의 지체에 대한 민감도를 분석하였다. 평균 차로이용률 보정계수는 <표 2>와 같다.

<표 1> 차로이용률계수 (F_v)

직진의 전용차로수	차로별 평균교통량 (vphpl)		설계수준	
	800 이하	800 초과	서비스수준 C, D	서비스수준 E
1차로	1.00	1.00	1.00	1.00
2차로	1.02	1.00	1.02	1.00
3차로	1.10	1.05	1.10	1.05
4차로 이상	1.15	1.08	1.15	1.08

<표 2> 본 연구 평균 차로이용률계수 (F_T)

직진의 전용차로수	차로이용률 계수
1차로	1.00
2차로	1.01
3차로	1.07
4차로이상	1.12

<표 3> 교통량보정 분석 위한 시나리오

교통량 접근로 조건	전용좌회전 차로		공용좌회전 차로	
	한산	혼잡	한산	혼잡
교통량 최소일때	S 1	S 2	S 5	S 6
교통량 최대일때	S 3	S 4	S 7	S 8

차로이용률계수는 직진전용 차로수가 1인 경우에는 KHCM과 간략법이 1.0으로 같은 값을 가지므로 민감도 분석은 직진차로수 2차로와 4차로의 경우를 대상으로 하였다. 도로 및 교통조건에서 차로 및 교통량은 교통량보정(차로이용률계수)이 최소인 경우(직진전용 2차로, 직진교통량 1,200대/시)와 최대인 경우(직진전용 4차로, 직진교통량 3,500대/시)를 비교하였다. 신호운영 조건은 교통운영 상태가 v/c비 0.4인 한산상태와 0.9인 혼잡상태를 비교함으로써 중간 범위를 포함하도록 하였다. 기타 시나리오에 포함되는 도로조건, 교통조건, 신호조건의 일반변수들은 KHCM의 (예제 1)의 값을 사용하였다. <표 3>의 시나리오에 대해 <표 1>과 <표 2>의 값을 각각 사용하여 교통량을 보정한 후 KHCM 분석방법으로 지체를 계산하여 그 결과를 비교하였다.

제안한 평균 차로이용률계수를 적용하고 시나리오를 분석한 결과는 <표 4>와 같고 KHCM과 본 연구의 평균 제어지체 차이는 2.2%(0.6초)로 나타났다.

본 연구의 교통량보정 방법에 의한 지체와 KHCM과의 지체차이가 없다는 것을 검증하기 위해 통계 패키지인 SPSS(ver. 11.0)을 이용하여 Paired t-Test를 수행하였다. <표 5>와 같이 95% 신뢰수준에서 P값은

〈표 4〉 교통량보정 차이에 의한 분석 결과

전용좌회전 차로				공용좌회전 차로			
시나리오	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*	시나리오	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*
S 1	15.7	15.7	0	S 5	14.8	14.8	0
S 2	35.8	35.8	0	S 6	34.6	34.3	0.8
S 3	16.3	16.5	1.2	S 7	15.7	15.9	1.3
S 4	31.7	30.0	5.3	S 8	30.4	33.1	8.9

* ((KHCM-간략법)/KHCM)×100

〈표 5〉 교통량보정 차이에 의한 t-Test 검증

	Mean	Std. Deviation	차이평균 (SD)	t	P
KHCM	24.375	9.505	-0.138	-0.322	0.757
간략법	24.513	9.543			

0.757로서 두 표본집단의 지체차이는 없는 것으로 분석되었다.

2. 좌회전차로 직진환산계수

좌회전 신호형태와 좌회전 차로수에 따른 4가지 형태 즉, 전용좌회전 1차로, 또는 2차로 그리고 공용좌회전 1차로, 또는 2차로인 교차로를 각각 10개씩 선정하여 총 40개소의 좌회전차로 회전곡선반경을 현장측정하였다. 측정방법은 좌회전차로 유출부 중심부터 좌회전 후 유입부 중심까지의 곡선반경을 측정하였고, 유출부와 유입부의 곡선반경이 다른 경우에는 두 값의 평균값으로 하였으며, 교차로 모서리가 각각 처리된 부분도 고려하였다. 현장조사가 서울 시내 중·대형 교차로 위주로 수행되었기 때문에 곡선반경이 대체로 크게 조사되어 좌회전 마찰이 다소 적게 분석되는 것으로 나타났다. 〈표 6〉은 좌회전 차로의 형태별 평균곡선반경과 이에 따른 좌회전 직진환산계수를 나타낸 것이다. 본 간략법에서는 좌회전 차로의 형태에 관계없이 그 평균값인 1.08을 사용하여 그 결과를 분석한다. 이 평균값에 KHCM의 U턴 비율별 직진환산계수를 곱하면 〈표 7〉과 같은 좌회전 차로 직진환산계수를 얻을 수 있다.

민감도 분석은 교통조건, 도로조건, 신호운영 조건의 변화에 적절해야 되며, 특히 좌회전 직진환산계수에 영향을 미치는 변수에 대해서는 최소값, 최대값 범위의 시나리오를 구축하고 KHCM 분석방법을 이용하여 민감도를 분석하였다.

좌회전차로 영향 최소조건은 유턴 0%, 곡선반경 24m이며, 최대조건은 유턴 50%, 곡선반경 10m로

〈표 6〉 좌회전차로 형태에 따른 $E_L \times E_p$

좌회전차로 형태	구분	조사지점수 (개소)	평균곡선반경 (m)	$E_L \times E_p$
전용좌회전 1차로	구분	10	15.0	1.09
	구분	10	13.8	1.09
공용좌회전 2차로	구분	10	20.0	1.10
	구분	10	20.2	1.02
평균				1.08

〈표 7〉 U턴 %와 좌회전 차로수에 따른 좌회전 직진환산계수 (E_L)

좌회전 차로수	U턴비율(%)					
	0	10	20	30	40	50
1	1.08	1.31	1.5	1.77	2.13	2.75
2	1.08	1.26	1.4	1.6		

주) 보정되지 않은 전체 좌회전과 U턴 교통량을 합한 교통량에 대한 U턴 교통량의 비율
보간법 사용

하였다. 교통량은 전용 및 공용차로 모두 좌회전 100 vph, 직진 800 vph, 우회전 100 vph이며, 접근로 차로수는 전용좌회전 접근로가 좌회전 1차로, 직진 2차로, 직·우 공용 1차로이고, 공용좌회전 접근로는 직·좌 공용 1차로, 직진 1차로, 직·우 공용 1차로이며, 그 외 일반조건은 KHCM의 (예제 1)의 조건을 사용하였다.

신호운영 조건은 교통운영 상태를 v/c 비가 0.4인 환산상태와 0.9인 혼잡상태를 비교함으로써 그 중간범위를 고려하도록 하였다. 〈표 8〉은 간략화된 좌회전 차로 직진환산계수 분석 위한 시나리오이다.

〈표 9〉와 같이 시나리오 전체의 평균 지체차이는 0.7%(0.3초)로서 전반적으로 큰 차이를 보이지 않았다.

〈표 8〉 간략화된 좌회전차로 직진환산계수 분석 위한 시나리오

E_L , 접근로 조건	전용좌회전 차로		공용좌회전 차로	
	한산	혼잡	한산	혼잡
E_L 최소일 때	S 1	S 2	S 5	S 6
E_L 최대일 때	S 3	S 4	S 7	S 8

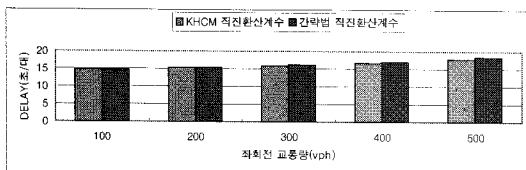
〈표 9〉 간략화된 좌회전차로 직진환산계수 분석 결과

전용좌회전 차로				공용좌회전 차로			
시나리오	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*	시나리오	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*
S 1	14.8	14.8	0	S 5	15.6	15.6	0
S 2	39.4	39.4	0	S 6	31.1	31.4	0.9
S 3	15.5	15.5	0	S 7	16.9	17.0	0.6
S 4	45.6	46.2	1.3	S 8	41.3	42.4	2.7

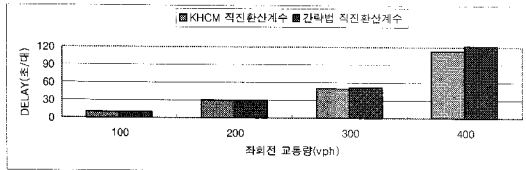
* [(KHCM-간략법)/KHCM]×100

〈표 10〉 좌회전 직진환산계수 차이에 의한 t-Test 검증

	Mean	Std. Deviation	차이평균 (SD)	t	P
KHCM	27.525	13.266	-0.263	-1.857	0.106
간략법	27.788	13.549			



〈그림 2〉 한산상태일 때 좌회전 교통량 변화에 따른 지체



〈그림 3〉 혼잡상태일 때 좌회전 교통량 변화에 따른 지체

본 연구의 좌회전차로 직진환산계수에 의한 지체와 KHCM과의 지체차이에 대한 Paired t-Test는 〈표 10〉과 같으며, 95% 신뢰수준에서 P값은 0.106으로 두 표본집단의 지체차이는 없는 것으로 분석되었다.

〈그림 2〉와 〈그림 3〉은 좌회전 교통량 변화에 대한 민감도를 파악하기 위해 $v/c = 0.4$ 인 한산상태와 $v/c = 0.9$ 인 혼잡상태의 시나리오에 대해서 각각 좌회전 교통량을 100 vph에서 500 vph로 변화시키며 분석한 것이다.

한산상태의 경우는 평균 0.9%(0.2초)의 차이를 보여 좌회전 교통량 변화에 따른 본 연구의 간략 환산계수와 KHCM의 환산계수 사이에 지체차이는 적게 나타났다. 혼잡상태의 경우는 지체차이가 평균 3.1%(3.8초)로서 한산상태보다 높게 나타났다. 지체차이가 큰 것은 좌회전 교통량이 400 vph이면서 혼잡상태인 경우로서 KHCM 계수를 사용하면 v/c 비가 1.17이면서 지체가 112.9초/대, 간략법의 계수를 사용하면 v/c 비

가 1.19이면서 지체가 121.3초/대로서 파포화로 인한 지체차이로 분석되었다.

3. 우회전차로 직진환산계수

KHCM의 직·우 공용차로의 직진환산계수는 좌회전의 경우보다 복잡하며, 우회전 차량 자체의 영향이나 횡단보행자로 인한 방해 이외에도 진출입차량에 의한 방해, 버스정류장 위치, 버스정차대수, 승하차 활동, 그리고 주차활동의 영향을 고려하여 계산하게 된다. 본 연구에서는 중요하지 않은 일부변수들을 현장측정하여 간략화를 모색하였다. 현장측정은 서울시내 신호화된 교차로를 대상으로 하여 편도 2차로~5차로에서 수집하였고, 서울 도심과 외곽에서 각각 30개소 이상을 수집하였다.

진출입차량은 접근로 정지선에서 60m 이내의 진입로에서 유출입하는 교통량을 측정된 결과, 정지선에서 진출입로까지 평균 거리는 42m, 진입교통량 65대/시, 진출교통량 42대/시로 조사되었고, 진출입 영향은 117로 나타났다. 버스정류장은 정지선에서 75m 이내에 있는 것을 측정된 결과, 평균거리는 44m, 버스정류장 위치계수는 0.42로 나타났다. 보행자 녹색시간비 ($\frac{G_p}{C}$)는 횡단보도 50개소를 측정하였고, 평균 0.25, 최소 0.16, 최대 0.39로 나타났다. 첫 우회전 차량 앞에 도착하는 직진차량대수 (V_{RF})를 현장측정한 자료로부터 추정된 평균은 58대/시이며, 최소 31대/시, 최대 값 117대/시로 나타났다

1) 우회전차로 노변마찰 변수의 간략화

간략법에서 현장측정을 통해 우회전차로의 노변마찰 영향을 일반화한 변수들은 〈표 11〉과 같다.

간략법에서 현장측정을 통하여 일반화된 값으로 나타낸 변수는 L_{dw} , $L_{bb}(l_b)$, G_p/C , V_{RF} 이며, 각각

〈표 11〉 KHCM과 간략법의 우회전 노변마찰 변수 산정방법 비교

구분	항목	L_{dw} (초)	L_{bb} 의 l_b	L_p	G_p/C	f_c	V_{RF} (vph)
	KHCM	측정 후 계산	측정	측정 후 계산	측정 후 계산	표	계산
	간략법(현장측정 평균값)	117	$l_b=0.42$	측정 후 계산	0.25	표	58
	최소·최대값 범위	25~220	0.11~0.88	-	0.16~0.39	-	31~117

의 최소, 최대, 평균값에서의 제어지체를 비교하였다. 비교는 전용좌회전 차로 또는 공용좌회전 차로를 가진 접근로에서 한산상태와 혼잡상태로 구분하였다. 평균값 적용시 지체를 기준으로 최소와 최대일 때의 지체차이를 백분율로 나타내면 진출입차량의 영향은 0.7%, 버스정류장 위치계수는 0.2%, 보행자 녹색시간비는 4.2%, V_{RF} 는 4.1%로 나타났다. 진출입차량의 영향과 버스정류장 위치 영향은 1.0% 미만으로 적은 차이를 보였으나, 보행자 녹색시간비와 V_{RF} 변수는 평균 4%의 지체차이로 나타났다.

2) 우회전차로 직진환산계수 종합

KHCM의 직·우 공용차로의 우회전차로 직진환산계수식을 기초로 하여 일부 변수들을 일반화된 값으로 대체하거나 다른 변수의 영향과 통합하여 간략화하였다.

$$\begin{aligned}
 E_R &= \frac{S_0}{S_{R0}} + \frac{1}{V_R} \\
 &\left[\frac{f_c G_p S_0}{C} + \frac{S_0 L_H}{3600} - \frac{3600 V_{Th}}{C N_T V_R} \right] \\
 &= 1.16 + \frac{2200}{V_R} \left[\frac{f_c G_p}{C} + \frac{(L_{dw} + L_{bb} + L_p) \times 0.3}{3600} - \frac{1.63 V_{Th}}{C N_T V_R} \right] \\
 \frac{G_p}{C} &= 0.25 \\
 L_{dw} &= 0.9 \times V_{en} + 1.4 \times V_{ex} = 117 \text{ 초} \\
 L_{bb} &= T_b \times l_b \times V_b = 0.42 \times T_b \times V_b \\
 L_p &= 360 + 18 V_{park} \\
 V_{RF} &= 58 \text{ vph} \\
 &= 1.16 + \frac{550 \times f_c - 36.6}{V_R} + \frac{(0.077 \times T_b \times V_b)}{V_R} + \frac{66 + 3.3 \times V_{park}}{V_R} \quad (1)
 \end{aligned}$$

식(1)에서 첫째 항인 1.16은 우회전 자체의 영향을 나타내며, 둘째 항은 횡단보행자 영향과 V_{RF} 의 영향과 진출입차량에 의한 영향 (E_c), 셋째 항은 버스영향 (E_b), 넷째 항은 주차영향 (E_p)을 나타낸다. 이를 다시 정리하면 식(2)와 같다.

$$E_R = 1.16 + E_c + E_b + E_p \quad (2)$$

- 여기서 E_c : 횡단보행자, V_{RF} 및 진출입차량으로 인한 증가된 차두시간의 직진환산계수
- E_b : 버스정차로 인한 증가된 차두시간의 직진환산계수
- E_p : 주차활동으로 인한 증가된 차두시간의 직진환산계수

〈표 12〉는 E_c 즉 식(1)의 둘째 항을 표로 나타낸 것이며, 〈표 13〉과 〈표 14〉는 셋째 항을 버스베이 유무에 따라 구분하여 나타낸 것이며, 〈표 15〉는 넷째 항을 표로 나타낸 것이다. 따라서 실제 운영분석에서 E_R 를 사용할 때, 횡단보행자, 버스정차, 주차활동 중에서 영향을 받지 않는 항목은 제외하고 나머지 변수들의 합으로 구할수 있다. 〈표 12〉~〈표 15〉는 직진과 우회전이 함께 이용하는 직·우 공용차로에 대한 것이다.

〈표 12〉 간략법 횡단보행자로 인한 우회전 직진환산계수 (E_c)

V_R	횡단보행자수 (인/시)	500	1000	2000	3000	>3000
	50	2.57	5.87	8.07	9.17	10.27
100	1.28	2.93	4.03	4.58	5.13	
150	0.86	1.96	2.69	3.06	3.42	
200	0.64	1.47	2.02	2.29	2.57	
250	0.51	1.17	1.61	1.83	2.06	
300	0.43	0.98	1.34	1.53	1.71	

주) V_R : 보정된 우회전 교통량(vph)
보간법 이용

〈표 13〉 간략법 버스정차로 인한 우회전 직진환산계수 (E_b) - 버스베이 없음

V_R	V_a V_b	적음					보통					많음			
		10	50	100	200	300	10	50	100	200	300	10	50	100	200
50		0.17	0.83	1.66	3.33	4.99	0.24	1.18	2.36	4.71	7.07	0.35	1.76	3.51	7.02
100		0.08	0.42	0.83	1.66	2.49	0.12	0.59	1.18	2.36	3.53	0.18	0.88	1.76	3.51
150		0.06	0.28	0.55	1.11	1.66	0.08	0.39	0.79	1.57	2.36	0.12	0.59	1.17	2.34
200		0.04	0.21	0.42	0.83	1.25	0.06	0.29	0.59	1.18	1.77	0.09	0.44	0.88	1.76
250		0.03	0.17	0.33	0.67	1.00	0.05	0.24	0.47	0.94	1.41	0.07	0.35	0.70	1.40
300		0.03	0.14	0.28	0.55	0.83	0.04	0.20	0.39	0.79	1.18	0.06	0.29	0.59	1.17

주) V_R : 보정된 우회전 교통량(vph)
 V_b : 시간당 버스 정차대수(대/시)
 V_a : 적음: 버스이용객 적음. 일반적인 주택지역, 기타
 보통: 버스이용객 중간. 일반적인 업무지구, 상업지구, 전철역 주변
 많음: 버스이용객 많음. 시장, 백화점, 버스터미널, 전철역 환승지점
 보관법 이용

〈표 14〉 간략법 버스정차로 인한 우회전 직진환산계수 (E_b) - 버스베이 있음

V_R	V_b	10	50	100	200	300
50		0.02	0.11	0.22	0.43	0.65
100		0.01	0.05	0.11	0.22	0.32
150		0.01	0.04	0.07	0.14	0.22
200		0.01	0.03	0.05	0.11	0.16
250		0	0.02	0.04	0.09	0.13
300		0	0.02	0.04	0.07	0.11

주) V_R : 보정된 우회전 교통량(vph)
 V_b : 시간당 버스 정차대수(대/시)
 보관법 이용

〈표 15〉 간략법 주차활동으로 인한 우회전 직진환산계수 (E_R)

V_R	주차활동 주차 금지	0	10	20	30	40	50
		50	0	1.32	1.98	2.64	3.30
100	0	0.66	1.00	1.32	1.65	1.98	2.31
150	0	0.44	0.66	0.88	1.10	1.32	1.54
200	0	0.33	0.50	0.66	0.83	0.99	1.16
250	0	0.26	0.40	0.53	0.66	0.79	0.92
300	0	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77

주) V_R : 보정된 우회전 교통량(vph)
 보관법 이용

3) 우회전차로 직진환산계수 민감도 분석

KHCM과 간략법에서 우회전차로 직진환산계수를 산정하고 이를 비교함에 있어서 실제 현장의 교통상황을 토대로 하여 노변마찰이 최소일 때와 최대일 때의 시나리오를 구축하고 KHCM과 간략법을 비교하였다. 시나리오는 교통상태를 나타내는 v/c 비가 0.4인 한산상태와 0.9인 혼잡상태로 구분하고 버스베이 유·무도 고려하였다. 관측대상 교차로 중에서 노변마찰 최소조

건은 주거지역에 위치하며, 좌회전 68 vph, 직진 578 vph, 우회전 96vph이며, 보행자, 주차, 버스정차대수 및 진출입 교통량이 적은 곳이다. 노변마찰 최대조건은 시장 및 백화점 부근에 위치하며, 좌회전 144 vph, 직진 2,375 vph, 우회전 308 vph이며, 보행자, 주차, 버스정차대수 및 진출입 교통량이 많은 곳이다. 〈표 16〉은 통합 우회전 직진환산계수를 평가하기 위한 시나리오를 나타낸 것이다.

〈표 17〉과 같이 KHCM과 간략법의 우회전 직진환산계수에 의한 지체차이는 전용좌회전 차로가 평균 1.6%(0.9초), 공용좌회전 차로는 평균 1.6%(1.0초)의 차이를 보였다. 시나리오 S 6과 S 14의 경우 지체값이 높게 나타났는데, 이것은 두 시나리오 모두 버스베이가 없는 혼잡상태로서 우회전 마찰이 크게 작용했기 때문이다.

본 연구의 우회전차로 직진환산계수에 의한 지체와 KHCM과의 지체차이에 대한 Paired t-Test 결과는 〈표 18〉과 같으며, 95% 신뢰수준에서 P값은 0.096으로 두 표본집단의 지체차이는 없는 것으로 분석되었다. 그렇지만 P값이 0.096으로서 우회전 노변마찰 영향이 KHCM과 간략법의 지체차이에 민감하다고 할 수 있다.

〈표 16〉 간략화된 우회전차로 직진환산계수 분석 위한 시나리오

교통량, 접근로 조건 및 E_R 범위	버스베이 유/무 v/c	전용좌회전 차로		공용좌회전 차로	
		한산	혼잡	한산	혼잡
노변마찰 최소	없음	S 1	S 2	S 9	S 10
	있음	S 3	S 4	S 11	S 12
노변마찰 최대	없음	S 5	S 6	S 13	S 14
	있음	S 7	S 8	S 15	S 16

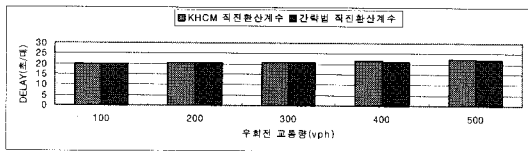
〈표 17〉 간략화된 우회전차로 직진환산계수 분석 결과

전용좌회전 차로				공용좌회전 차로			
시나리오	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*	시나리오	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*
S 1	11.1	11.1	0	S 9	14.0	14.0	0
S 2	23.5	23.4	0.4	S 10	23.2	23.2	0
S 3	11.1	11.1	0	S 11	14.0	14.0	0
S 4	23.4	23.3	0.4	S 12	23.2	23.1	0.4
S 5	22.6	21.1	6.6	S 13	23.4	22.0	6.0
S 6	133.4	128.7	3.5	S 14	112.2	105.9	5.6
S 7	19.2	19.4	1.0	S 15	18.8	18.6	1.0
S 8	121.3	122.0	0.6	S 16	99.3	99.2	0.1

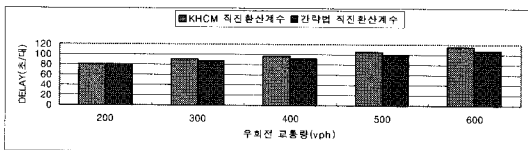
* [(KHCM-간략법)/KHCM]×100

〈표 18〉 우회전 직진환산계수 차이에 의한 t-Test 검증

	Mean	Std. Deviation	차이평균 (SD)	t	P
KHCM	43.356	44.330	0.850	1.775	0.096
간략법	42.506	43.241			



〈그림 4〉 한산상태일 때 우회전 교통량 변화에 따른 민감도



〈그림 5〉 혼잡상태일 때 우회전 교통량 변화에 따른 민감도

〈그림 4〉와 〈그림 5〉는 우회전 교통량 변화에 따른 지체 민감도를 고려하기 위해 한산상태와 혼잡상태의 경우에 대하여 우회전 교통량을 100vph에서 500vph로 변화시켜면서 KHCM의 결과와 비교한 것이다.

한산상태의 경우는 평균 지체차이가 1.6%(0.3초)의 차이로 나타나 우회전 교통량 변화에도 KHCM과 간략법의 지체차이는 적었으며, 혼잡상태의 경우는 평균 지체차이가 4.1%(4.2초)로 나타나 우회전 교통량이 증가할수록 지체차이가 크지는 것을 의미한다.

4. 차로군 분류

1) KHCM의 차로군 분류 방법

KHCM의 차로군 분류는 공용회전 차로에서 첫 회

전차량 앞에 도착하는 직진차량대수를 고려하기 때문에 계산이 복잡하고 많은 변수를 요구하고 있다. 즉 각 이동류의 전체 직진환산 교통량을 차로수로 나누어 그 값보다 큰 값을 가지는 것은 실질적 전용회전 차로로 간주하고, 평균값 이하이면 직진과 같이 이용하는 공용회전 차로로 간주한다. 이 때 회전 이동류의 첫 차량앞에 먼저 도착하는 직진 교통량 (V_{LF} , V_{RF})이 고려되어야 한다. 이것은 적은 양이지만 반드시 존재하여 분석에 영향을 준다. 차로군 분류를 위해서는 공용회전 차로를 이용하는 직진교통량 V_{STL} , V_{STR} 을 알아야 되는데, 앞의 V_{LF} , V_{RF} 과 마찬가지로 직진교통량, 회전 교통량, 주기, 차로수, 회전 직진환산계수로부터 계산된다. 또한 KHCM은 V_{LF} , V_{RF} 의 고려로 인해 회전교통량 비율을 구하는 과정에도 이러한 변수들을 이용하여야 계산 할 수 있다. 즉 실질적 전용 우회전 차로군의 경우 우회전 비율은 우회전 교통량과 첫 우회전 앞에 도착한 직진교통량을 합한 값에 대한 우회전 교통량의 비율로 산정된다.

2) 차로군 분류의 간략화

본 연구에서는 차로군 분류의 간략화를 모색하기 위해 현장조사를 통하여 이러한 변수들의 영향을 분석하고 일반화된 값으로 나타내었다. 서울시내 공용좌회전 및 공용우회전 차로를 가진 접근로 각각 30개소에 대하여 주기, 차로수, 직진 및 좌·우회전 교통량을 현장 측정된 결과 평균 V_{LF} 는 39vph, V_{RF} 는 58vph로 나타났다. 이것은 두 변수 모두 60초당 1대 미만의 적은 교통량으로서, 차로군 분류를 간략화하기 위해 본 연구에서는 V_{LF} 와 V_{RF} 의 값을 0으로 두고, 회전차로는 회전차량만 이용하고 직진차로는 직진차량만 이용한다고

〈표 19〉 KHCM과 간략법 차로군 분류 분석 시나리오

전용좌회전 차로		공용좌회전 차로	
시나리오	교통조건	시나리오	교통조건
S 1- S 5	우회전 100-500vph 증가	S 11- S 15	우회전 100-500vph 증가
S 6- S 10	직진 100-500vph 증가	S 16- S 18*	좌회전 100-300vph 증가
		S 19- S 23	직진 100-500vph 증가

* 공용좌회전 차로에서 좌회전 교통량을 300vph 이하로 분석함

가정하였다. 간략법에서는 회전 이동류의 직진환산 교통량비(v/s)의 크기로서 차로군을 분류하게 되며, 회전 교통량 비율 또한 직진과 회전 교통량을 합한 것에 대한 회전교통량 비율로서 쉽게 계산할 수 있다.

차로군 분류에 대한 KHCM과 본 연구를 비교하기 위해 전용좌회전 차로와 공용좌회전 차로를 대상으로 하고, 도로조건은 좌회전 1차로, 직진 1차로, 우회전 1차로의 시나리오를 구축하였다. 교통조건은 좌회전 100vph, 직진 500vph, 우회전 100vph를 대상으로 회전 이동류 각각의 교통량을 변화시키며 KHCM과 간략법의 제어지체를 비교하였다. 〈표 19〉는 차로군 분류를 비교하기 위한 시나리오이다.

〈표 20〉과 같이 전용좌회전의 경우가 평균 2.9% (0.8초)의 지체차이를 보였고, 공용좌회전의 경우가 2.4%(0.5초)의 지체차이를 보였다. 이것은 첫 회전차량 앞에 도착하는 직진차량대수 (V_{LF} , V_{RF})가 접근로 평균지체에 미치는 영향이 크지 않다는 것을 의미한다.

〈표 20〉 KHCM과 간략법의 차로군 분류 분석 결과

전용좌회전 차로				공용좌회전 차로			
시나리오	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*	시나리오	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*
S 1	24.5	24.9	1.6	S 11	18.1	18.3	1.1
S 2	25.2	24.9	1.2	S 12	18.6	18.6	0
S 3	25.7	25.7	0	S 13	19.3	18.8	2.6
S 4	27.9	25.8	7.5	S 14	20.2	19.0	5.9
S 5	28.8	25.9	10	S 15	21.2	20.5	3.3
S 6	32.8	31.6	3.6	S 16	18.1	18.3	1.1
S 7	28.6	28.3	1.0	S 17	18.1	18.8	3.8
S 8	26.6	26.3	1.1	S 18	18.6	19.5	4.8
S 9	25.7	25.4	1.2	S 19	17.7	17.5	1.1
S 10	24.5	24.9	1.6	S 20	17.5	17.0	2.8
				S 21	17.6	17.8	1.1
				S 22	17.8	18.1	1.6
				S 23	18.1	18.3	1.1

* $[(\text{KHCM}-\text{간략법})/\text{KHCM}]\times 100$

〈표 21〉 차로군 분류 차이에 의한 t-Test 검증

	Mean	Std. Deviation	차이평균 (SD)	t	P
KHCM	22.226	4.682	0.261	1.653	0.112
간략법	21.965	4.306			

본 연구의 차로군 분류에 의한 지체와 KHCM과의 지체차이에 대한 Paired t-Test는 〈표 21〉과 같으며, 95% 신뢰수준에서 P값은 0.112로서 두 표본집단의 지체차이는 없는 것으로 분석되었다.

III. 간략법 평가

1. 실험계획

실험계획은 본 연구에서 현장측정 및 분석을 통하여 교통량보정, 좌회전차로 및 우회전차로 직진환산계수 각각의 최소, 최대값 범위를 조합하여 시나리오를 구축함으로써 실제 교차로 운영조건인 최소와 최대 구간의 모든 범위를 고려할 수 있도록 하였다. 교차로 운영조건 구성에서 실제 현장에서 존재할 수 있는 범위를 고려하여 시나리오를 구축하였다.

KHCM과 간략법을 비교하기 위한 실험계획은 〈표 22〉와 같으며 교통량보정, 좌회전차로, 우회전차로 영향의 최소, 최대값 범위를 포함하는 시나리오의 변수들은 〈표 23〉과 같고, 기타조건들은 KHCM의 (예제 1)을 사용하였다. 또한 지체에 민감한 주기 및 녹색시간을 변화시키면서 KHCM과 간략법의 지체차이도 분석하였다.

〈표 22〉 종합평가를 위한 실험계획

차로 형태		교통량보정		좌회전차로 영향		우회전 노면마찰*	
전용LT	공용LT	교통량 최소	교통량 최대	최소	최대	최소	최대
S 1	S 2	0		0		0	
S 3	S 4	0		0			0
S 5	S 6	0			0	0	
S 7	S 8	0			0		0
S 9	S 10		0	0		0	
S 11	S 12		0	0			0
S 13	S 14		0		0	0	
S 15	S 16		0		0		0

* 버스베이가 없을 때의 우회전 직진환산계수 값의 차이가 크므로, 본 실험계획에서는 버스베이가 없는 경우를 설정

〈표 23〉 한산, 혼잡 교통상태의 교통량, 좌회전, 우회전 조건

조건	구분	한산 상태	혼잡 상태
교통량 및 접근로 차로수		LT: 100 vph TH: 800 vph RT: 200 vph	LT: 200 vph TH: 2200 vph RT: 300 vph
		좌회전: 1 직진전용: 2 직·우공용: 1	좌회전: 1 직진전용: 3 직·우공용: 1
좌회전 영향		좌회전 곡선반경: 24m 유턴 교통량: 0%	좌회전 곡선반경: 10m 유턴 교통량: 40%
우회전 영향		보행자: 300인/시 주차: 10대/시 버스: 10대/시 버스정류장: 75m 진입교통량: 20대/시 진출교통량: 10대/시 우회전 도류화 없음 보행시간: 25초 일반적인 주택지역	보행자: 1000인/시 주차: 40대/시 버스: 60대/시 버스정류장: 13m 진입교통량: 70대/시 진출교통량: 50대/시 우회전 도류화 없음 보행시간: 35초 상업지역

평균지체 차이는 3.5%(1.0초), 많은 교통량에서는 평균 3.2%(1.3초)로 나타났고, 전체 평균은 3.4%(1.2초)로서 전반적으로 큰 차이를 보이지 않았다. 교통량에 관계 없이 지체차이가 비슷한 것은 교통량, 좌회전, 우회전의 최소와 최대조건이 무작위로 조합된 것에 기인한 것으로 분석되었다. 시나리오 S 7과 S 14의 지체값이 다소 차이가 있는데, 이것은 실제 교차로에서는 교통량이 많을 때 노면마찰도 커지며, 교통량이 적을 때 노면마찰이 적어지는데 두 시나리오는 반대로 조합된 경우이다.

KHCM과 간략법의 종합평가에 대한 Paired t-Test는 〈표 25〉와 같으며, 95% 신뢰수준에서 P값은 0.691로서 두 표본집단의 지체차이는 없는 것으로 분석되었다. 이것은 교통량, 좌회전, 우회전 노면마찰 각각 변수에서는 지체차이가 있더라도 간략법의 종합적인 평가에서는 지체차이가 다소 상쇄되었다고 말할 수 있다.

2. 간략법 평가

1) 실험계획에 의한 평가

〈표 24〉와 같이 적은 교통량에서 KHCM과 간략법의

〈표 25〉 KHCM과 간략법의 t-Test 검증

	Mean	Std. Deviation	차이평균 (SD)	t	P
KHCM	42.656	30.211	-0.156	-0.405	0.691
간략법	42.813	30.695			

〈표 24〉 KHCM과 간략법 종합평가

시나리오	전용좌회전 차로			공용좌회전 차로			
	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*	시나리오	KHCM(초/대)	간략법(초/대)	변화량(%)*
S 1	27.2	27.2	0	S 2	16.2	17.2	6.2
S 3	38.9	38.1	2.0	S 4	26.0	25.0	3.8
S 5	29.8	29.5	1.0	S 6	16.7	17.5	4.8
S 7	44.5	41.5	6.7	S 8	26.5	25.6	3.4
S 9	52.5	52.7	1.0	S 10	20.3	20.9	3.0
S 11	102.7	102.7	0	S 12	29.9	28.6	4.3
S 13	69.1	68.5	0.9	S 14	23.0	24.9	8.3
S 15	119.5	123.0	2.9	S 16	40	42.1	5.3

* [(KHCM-간략법)/KHCM]×100

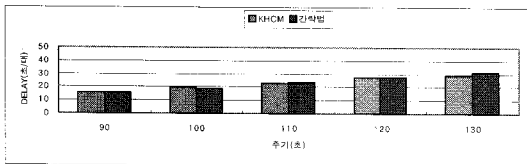
2) 주기 및 녹색시간에 대한 민감도

신호교차로 지체산정에서 주기와 녹색시간은 중요한 변수로 작용된다. <표 26>과 같이 이러한 두 변수값을 변화시키며 민감도를 분석하였다. 다른 조건은 동일하며 각각 주기와 녹색시간을 증가시킬 때 KHCM과 간략법의 지체차이를 비교하였다. <그림 6>과 <그림 7>은 주기변화에 따른 지체차이를, <그림 8>과 <그림 9>는 녹색시간 변화에 따른 지체차이를 나타낸 것이다.

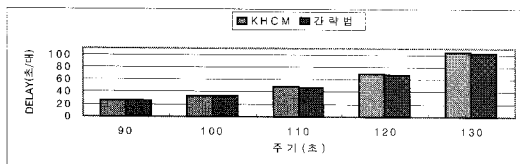
주기변화에 따른 평균 지체차이는 1.4%(0.5초)였고, 녹색시간 변화에 따른 지체차이는 평균 1.9%(1.0초)로 나타나 지체에 녹색시간이 더 민감한 것으로 나타났다.

<표 26> 주기 및 녹색시간 변화 범위

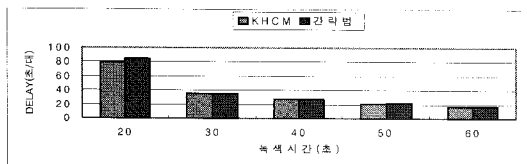
변수	한산상태	혼잡상태
주기	90-130초(10초씩 증가)	90-130초(10초씩 증가)
녹색시간	20-60초(10초씩 증가)	30-70초(10초씩 증가)



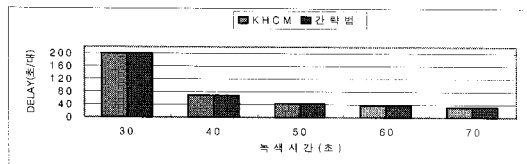
<그림 6> 한산상태일 때 주기변화에 따른 지체



<그림 7> 혼잡상태일 때 주기변화에 따른 지체



<그림 8> 한산상태일 때 녹색시간 변화에 따른 지체



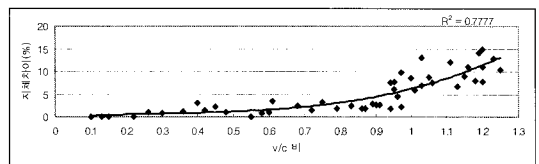
<그림 9> 혼잡상태일 때 녹색시간 변화에 따른 지체

3) 포화도 (v/c)에 의한 지체 민감도

포화도 (v/c)에 의한 지체 민감도를 분석하기 위해 다양한 시나리오에서 제어지체를 구하고, v/c 비에 따른 KHCM과 간략법의 지체차이(%)를 나타내면 <그림 10>과 같다. v/c 비가 0.9 이하에서는 KHCM과 간략법의 지체차이가 5%미만이며, v/c 비가 1.0이하에서는 지체차이가 10%이하로 분석되었다. 그러나 v/c 비가 1.0을 초과하면 과포화 지체로 인한 지체차이가 커지는 것으로 나타났다. 예를 들어 <표 22>의 시나리오 S1을 v/c 비 1.2 수준으로 높여서 분석하면, KHCM의 평균지체는 129.7초/대, 간략법은 137.0초/대로서 7.3초의 차이를 보였고, 이것은 과포화로 인한 증분지체 d_2 의 차이로 분석되었다.

KHCM과 간략법의 지체차이를 분석하기 위해 다양한 교통상황에 따라 추정된 50개의 제어지체를 모집단으로 하는 표본집단(KHCM, 간략법)의 통계적 비교를 수행하였다. <표 27>과 <표 28>은 v/c 비가 1.0 이하와 1.3 이하로 구분하여 각각 t-Test를 수행한 것이다.

v/c 비가 1.0이하일 때는 95% 신뢰수준에서 P값이 0.095로서 두 표본집단의 지체차이는 없는 것으로 분석되었다. 그렇지만 v/c 비를 1.3 이하의 자료군으로 확대할 경우에는 P값이 0.002로서 KHCM과 간략법의 지체차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 간략적 운영분석은 v/c 비가 1.0 이하인 정상상태의 운영분석에 사용할 때 의미가 있다고 할 수 있다.



<그림 10> 포화도 (v/c)에 따른 지체 차이

<표 27> $v/c < 1.0$ 일 때 t-Test 검증

	Mean	Std. Deviation	차이평균 (SD)	t	P
KHCM	25.926	13.543	-0.403	-1.725	0.095
간략법	26.329	14.215			

<표 28> $v/c < 1.3$ 일 때 t-Test 검증

	Mean	Std. Deviation	차이평균 (SD)	t	P
KHCM	39.608	31.560	-2.065	-3.361	0.002
간략법	41.673	35.116			

IV. 결론 및 한계성

본 연구는 KHCM의 운영분석 과정을 기초로 하여 중요성이 적은 변수들을 현장측정을 통하여 일반화된 값으로 제시하거나 다른 변수의 영향과 통합하여 간략화된 운영분석 과정을 모색하는 탐색연구이다.

교통량보정(차로이용률계수)은 KHCM의 교통량에 대한 단계값을 보완하였으며, 좌회전차로 직진환산계수는 U턴 비율과 좌회전 차로수로서 구할 수 있도록 하였다. 우회전 노변마찰 변수를 현장측정하고 일반화된 값으로 제시하였으며, 우회전차로 직진환산계수를 보행자 영향, 버스 영향, 주차활동의 3개의 표로서 간략화하였다. 차로군 분류는 현장측정을 통하여 일부 변수를 단순화하였으며 방향별 이동류의 교통량비(v/s)의 크기로서 분류할 수 있도록 하였다.

간략법을 평가하기 위해 교통량, 좌회전, 우회전 노변마찰의 최소, 최대조건을 무작위로 조합하여 16개의 시나리오를 구축하고 KHCM과 간략법의 결과를 비교하였다. 분석결과 평균 지체차이가 3.4%(1.2초)로서 전반적으로 KHCM과 간략법의 지체는 큰 차이를 보이지 않았다. 주기와 녹색시간의 변화에 따른 민감도 분석에서는 주기변화에 대한 지체차이가 평균 1.4%(0.5초), 녹색시간에 대한 차이가 평균 1.9%(1.0초)로 나타나 KHCM과 간략법의 차이가 적은 것으로 나타났다. 또한 통계적 검증에서도 연구된 각 변수는 물론이고 종합평가에서도 95% 신뢰수준에서 KHCM과 간략법의 지체차이는 없는 것으로 분석되었다.

본 연구의 한계점으로는 연구과정의 현장조사가 서울 시내 일원의 중·대형 교차로로 한정되었으며, 각 변

수별 현장조사 자료수가 30개로서 대표성을 나타내다고 보기는 어렵다. 또한 본 연구 범위가 신호화된 4갈래 교차로를 대상으로 하며, 초기 대기차량이 없는 정상상태를 대상으로 하였으므로 모든 교차로 분석에 사용하기에는 다소 무리가 따를 수 있다. 차후 KHCM과 같이 범용적으로 사용하기 위해서는 이러한 한계성을 극복할 수 있는 추가 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 김동녕·김경환(2003), "차로폭에 따른 우회전 공용차로의 통과교통량 분석", 대한교통학회지, 제31권 제2호, 대한교통학회, pp.17~31.
2. 대한교통학회(2001), "도로용량편람", 건설교통부 제정.
3. 도철웅(2000), "USHCM 신호교차로 분석과정상의 문제점 및 새로운 기법 제안", 교통안전연구논집, 도로교통안전협회.
4. 오영태·김기형(2001), "신호교차로에서 곡선반경에 따른 좌회전의 직진환산계수 산정", 대한교통학회지, 제19권 제2호, 대한교통학회, pp.21~28.
5. TRB(2000), "Highway Capacity Manual", Transportaion Research Board, Special Report 209, Washington D. C.
6. Wayne K. Kittelson and Roger P. Roess (2001), "Highway Capacity Analysis After Highway Capacity Manual 2000", Transportaion Research Record 1776, TRB National Research Council, Washington D. C., pp.10~16.

✉ 주 작 성 자 : 홍순진

✉ 논문투고일 : 2004. 4. 6

논문심사일 : 2004. 5. 13 (1차)

2004. 6. 3 (2차)

2004. 6. 17 (3차)

2004. 7. 5 (4차)

2004. 7. 12 (5차)

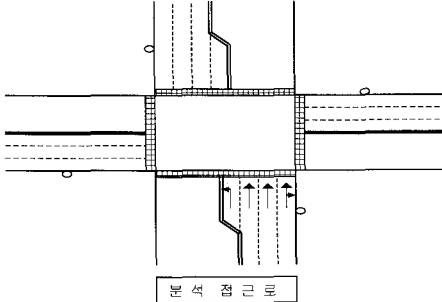

심사판정일 : 2004. 7. 12

✉ 반론접수기한 : 2004. 12. 31

부록

〈표 29〉~〈표 31〉은 본 연구를 통한 간략화된 운영분석 모듈을 나타낸 것이다.

〈표 29〉 입력자료 및 교통량보정 SHEET

모듈 1	입력자료 및 교통량보정		
공통사항	교차로명: PHF=	분석기간: 버스베이:	중차량혼입율(P) = % 지점특성:
			
교통량, V_H (vph)	LT	TH	RT
차로이용률계수, F_T			
RTOR 보정			
보정교통량, V (vph)			
U턴 교통량(vph)			
버스정차 대수, V_b (vph)			
주차여부(O, X)			
주차활동 대수, V_{park} (vph)			
횡단 보행자수(인/시)			
상류부 링크 길이(m)			
순행속도(kph)			
경사(%) / 차로폭(m)			
신호현시 및 신호시간(주기 = 초)			
분석 접근로:	(예) 		

〈표 30〉 차로군 분류 및 포화교통량 계산 SHEET

모듈 2	차로군 분류 및 포화교통량 계산
차로수, N	
좌회전 직진환산계수, E _L	
횡단보행자 영향, E _c	
비스 영향, E _b	
노상주차 영향, E _p	
우회전 직진환산계수, E _R	
회전 교통량비 ¹⁾ , P _L , P _R , P _{LT} , P _{RT}	
회전 보정계수 ²⁾ , f _{LT} , f _{RT}	
좌회전 교통량비 ³⁾ , (v/s) _L	
직진 교통량비 ⁴⁾ , (v/s) _{TH}	
우회전교통량비 ⁵⁾ , (v/s) _R	
차로군 분류[(v/s비) 크기]	
차로폭 보정계수, f _w	
경사 보정계수, f _g	
중차량 보정계수, f _{hw}	
포화교통량 ⁶⁾ , S _i	

주: 1) 전용차로일 경우: P_L = 1.0, P_R = 1.0

$$\text{공용차로일 경우: } P_{LT} = \frac{V_L}{V_{TH} + V_L}, P_{RT} = \frac{V_R}{V_{TH} + V_R}$$

$$\text{직+좌+우 통합차로군 경우: } P_{LT} = \frac{V_L}{V_{TH} + V_L + V_R}, P_{RT} = \frac{V_R}{V_{TH} + V_R + V_L}$$

2) 전용차로일 경우: f_{LT} = $\frac{1}{E_L}$, f_{RT} = $\frac{1}{E_R}$

$$\text{공용차로일 경우: } f_{LT} = \frac{1}{1 + P_{LT}(E_L - 1)}, f_{RT} = \frac{1}{1 + P_{RT}(E_R - 1)}$$

3) 좌회전 교통류: (v/s)_L = $\frac{i \text{ 이동류의 교통량} \times E_L}{2200 \times N \times F}$

4) 직진 교통류: (v/s)_{TH} = $\frac{i \text{ 이동류의 교통량}}{2200 \times N \times F}$

5) 우회전 교통류: (v/s)_R = $\frac{i \text{ 이동류의 교통량} \times E_R}{2200 \times N \times F}$

6) 포화교통량: s_i = 2,200 × N_i × f_{LT} (또는 f_{RT}) × f_w × f_g × f_{hw}

〈표 31〉 용량 및 지체계산(서비스수준 판정) SHEET

모듈 3	용량 및 지체계산(서비스수준 판정)
차로군 분류	
차로군 교통량, v _i (vph)	
차로군 교통량비, (v/s) _i	
현시의 임계 차로군(√)	
임계차로군의 v/s	
차로군 녹색시간비, (g/C) _i	
차로군 용량, c(vph)	
차로군 포화도, v/c	
손실시간, 임계 v/c비	
균일지체, d ₁	
증분지체, d ₂	
순행시간(초)	
(적정) 읍셋(초)	
읍셋 편의율, TVO	
연동계수, PF	
평균제어지체(초/대)	
차로군 서비스수준	
접근로 지체(초/대)	
접근로 서비스수준	