

■ 論 文 ■

정주기식 동일 미터링을 제어에서 차량진입방식에 따른 효과분석

The Effect of Single-Entry Metering and Platoon Metering on
Mainstream under the Same Metering Rate with Pre-timed Metering

김 상 구

(전남대학교 물류교통학전공 교수)

류 주 현

(전남대학교 교통물류학과 석사과정)

목 차

- | | |
|---|---|
| <p>I. 서론</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 연구의 배경 및 목적 2. 연구의 범위 및 방법 <p>II. 관련 문헌검토</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 합류부 교통류 특성 및 영향권 2. 제어형태별 미터링을 3. 선행연구 고찰 <p>III. 자료수집 및 정산</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 자료수집 및 분석 2. 네트워크 구축 3. 교통류의 정산 <p>IV. 분석 및 효과비교</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 시나리오 설정 2. 분석결과 <p>V. 결론 및 향후 연구과제
참고문헌</p> |
|---|---|

Key Words : 램프미터링, 정주기식, 차량진입방식, 합류부, 시뮬레이션
Ramp metering, Pre-timed metering, Metering type, Merge area, Simulation

요 약

도시고속도로 연결로 접속부 교통혼잡을 해결하기 위한 가장 대표적인 전략은 램프미터링 전략이다. 램프미터링이란 고속도로의 유입램프에서 램프유입량을 조절하는 것을 말하며, 램프교통량을 제한함으로써 고속도로의 흐름을 정상 교통류로 유지시키는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서는 램프미터링 기법중에서 고정식 미터링 방식을 기초로 하여, 동일한 미터링율이 본선에 진입할 때 차량진입방식(단일차량, 차량군)에 따라 본선 교통류에 미치는 영향을 비교분석하고 평가하고자 한다. 연결로 차량의 진입방식별 본선교통류의 효과를 살펴본 결과, 동일한 미터링율에서 한 주기에 많은 연결로 차량들이 진입하는 다중차량진입방식이 본선교통류의 속도, 밀도, 지체 측면에서 불리한 것으로 분석되었고, 또한 교통와해가 조기에 발생하여 합류용량도 감소시키고 정체로 전이되어 낮은 속도를 갖는 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 본선 교통량수준이 높을수록 연결로 진입방식에 따른 미터링 전략이 매우 중요하다는 것을 의미한다.

Ramp metering control is the most representative strategy of uninterrupted flow control and management system. Ramp metering is to adjust vehicles entering an expressway in such a way that expressway mainline maintains flow stability by regulating ramp vehicles. The effect of two metering strategies, single-entry metering and platoon metering, on mainstream under the same metering rate with pre-timed metering are analyzed by micro-simulation. Platoon metering shows lower performance than single-entry metering under the same metering rate in terms of speed, density, and delay, causes earlier breakdown than single-entry metering. It indicates that the selection of metering type has critical importance as the flow of mainline is high.

이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-313-D01298)

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

오늘날의 도시고속도로들은 도시인구밀도의 증가와 자동차 보급률 향상 등으로 인한 통행수요의 증가로 인해 심각한 체증을 앓고 있으며, 그 결과 교통류의 정체 발생하고 이동성이 저하되어 고속도로 본래의 기능을 잃어가고 있다. 도시가로망의 주요 축을 이루는 도시고속도로가 과포화상태에 다다름에 따라 그와 연계된 주변도로망마저도 혼잡 및 지체가 전가되고 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해 추가적인 도로의 신설 및 확장을 계획할 수도 있지만, 토지이용의 제한과 비용·환경적 문제를 감안할 때 주요도로를 효과적인 방법으로 관리하고 주변도로를 연계시켜 수송능력을 향상시키는 방법을 강구해야 할 것이다.

이와 같은 도시교통문제를 해결하기 위한 연속류 제어 및 관리 시스템 중 가장 대표적인 전략으로는 램프미터링이 있다. 램프미터링이란 고속도로의 유입램프에서 유입량을 조절하는 것을 말하며, 램프교통량을 제한함으로써 고속도로의 흐름을 정상 교통류로 유지시키는 것을 목적으로 한다.

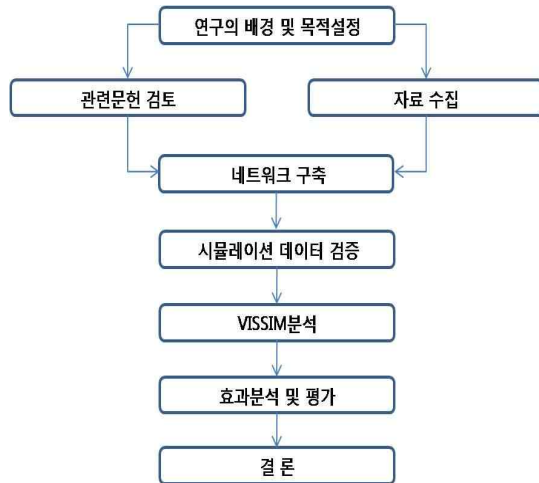
이는 크게 단독(Isolated)램프미터링과 연동(Coordinated) 램프미터링으로 구분되어 지며, 운영기법으로는 차단(Ramp closure), 고정식 미터링방식(Pre-timed Metering), 교통 감응식 미터링 방식(Traffic Response Metering), 간격수락제어방식(Gap Acceptance Control)이 있다.

본 연구에서는 램프미터링 기법중에서 교통량이 많고 일정한 침투교통량 패턴을 가진 대도시 지역에 주로 이용되는 고정식 미터링 방식을 기초로 하여, 동일한 미터링율이 본선에 진입 할 때 단일차량·차량군 진입방식에 따라 본선 교통류에 미치는 영향을 비교분석하고 평가하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 행태기반 미시적 모의실험 모형으로써 교통분석가가 직접 신호구성 및 교통량, 운전자 행태 등을 반영하여 현실적인 도로상황을 묘사할 수 있는 시뮬레이션 모형인 VISSIM을 이용하여 실제 기하구조와 동일한 네트워크를 구축한다. 그리고, 고속도로 VDS에서 수집

한 검지기데이터를 바탕으로 시뮬레이션 데이터를 검증한 후 고속도로 본선의 v/c, 단일차량·차량군 진입방식을 기준으로 시나리오를 설정하였으며, 시나리오별로 본선교통류에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구의 흐름도는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구수행흐름도

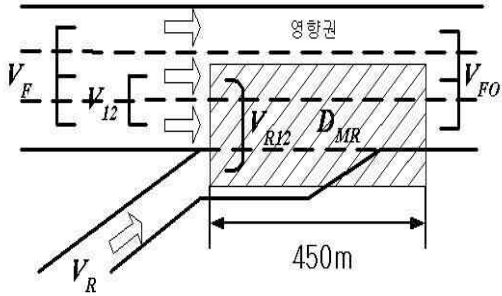
II. 관련 문헌검토

1. 합류부 교통류 특성 및 영향권

합류부는 유입연결로가 고속도로 본선에 접속된 구간으로써 유입교통류가 본선 교통류의 차간간격을 파악하여 본선진입을 시도하는 구간이며, 본선 교통류의 상태에 따라 연결로를 통해 진입하는 차량이 본선교통류에서 다른 영향을 미친다. 특히 혼잡 교통류의 연결로에서 본선으로 진입하는 차량들이 본선에 미치는 영향이 비혼잡 구간에서 미치는 영향보다 더욱 크기 때문에 고속도로 합류부에서는 혼잡교통류에서와 비혼잡구간에서의 합류행태 및 본선에 대한 영향을 다른 시각으로 분석해야 할 것이다.

도로용량편람(2004)은 유입연결로에서 진입하는 연결로교통량에 의한 영향으로 본선 외측 2개 차로, 가속차로와 하류부 약 450m 구간을 영향권으로 설정하여 분석하도록 하고 있다.<그림 2> 참조

또한, 합류부의 운영상태를 분석하기 위하여 본선 전체차로에 대한 차로 1, 2의 교통량 비율(P_{FM})을 산출하



자료 : 도로용량편람, 대한교통학회, 2004.

<그림 2> 합류부 영향권의 정의

<표 1> 제어형태별 미터링을

제어형태	미터링율	내용
녹색 신호당 차량 1대 통과	240 ~ 900	- 1차로 연결로에 적합
차로당, 녹색신호당 차량 1대 통과	400 ~ 1500	- 필요한 미터링율이 900대/시를 초과할 경우 적용 - 저장 공간으로는 2차로 필요 - 차량들은 2개의 차로에서 동시, 또는 순차적으로 방출
녹색신호당 차량군 통과	200 ~ 1100	- 한 녹색신호당 1-3대 통과 - 주로 기하구조가 안좋은 때 미터링되는 양을 증가시키기 위해 사용 - 각 녹색신호당 허용되는 차량수를 표시하기 위한 가변 신호 필요 - MUTCD에서는 녹색신호 후 황색신호 적용

자료 : 고속도로 Ramp Metering 효과분석 연구, 한국도로공사 도로연구소, 1998.

여 영향권내 교통량을 구한 후 연결로교통량(V_R)과 1, 2차로 교통량(V_{I2})를 가지고 영향권의 밀도(D_{MR})를 추정 한 후 서비스수준을 결정하게 된다.

2. 제어형태별 미터링을

<표 1>은 각 연결로 제어형태별 미터링율을 미국의 사례를 분석, 정리한 표이다.

3. 선행연구 고찰

국내 도시고속도로에는 아직 램프미터링이 활성화 되지 않아 램프미터링 제어기법에 관한 연구가 미진한 실정이다. 기존연구에서는 시뮬레이션 모형을 기반으로 램프미터링 효과분석을 실시한 사례를 기준으로 고찰하였다.

김영찬(1995)은 FREFLO를 이용하여 도시고속도로를 대상으로 하는 진입램프최적화모형을 제시하였다. 이 분야의 네가지 대표적 모형인 Messer, 수정된 Messer, Yuan, Papageorgiou을 대상으로 비교평가 후 선정된 모형의 현실적용성을 향상시키기 위하여 현실적인 제약조건식을 추가하여 모형의 형태를 완성시켰다.

김태완(2003)은 PARAMICS를 이용하여 ALINEA, Bottleneck, Zone, SWARM 등 대표적인 램프미터링 기법에 대한 효과분석을 실시하였다. 분석결과 램프미터링을 실시할 경우 전체차량통행시간은 감소하는 것으로 나타났으며 약한 정체가 발생할 때보다는 다소 심한 경우 램프미터링의 효과가 더 커지는 것으로 나타났으며, Bottleneck이나 SWARM과 같은 연동화된(Coordinated) 램프미터링 기법이 ALINEA나 Zone과 같은 단독(Isolated)의 램프미터링 기법에 비해 그다지 효과적이지 않는 것으로 나타났다. 또한, 램프미터링의 효과와 계수는 비선형적인 관계를 보이고 있으며 계수들의 일정 범위 내에서 램프미터링의 효과는 큰 차이를 보이지 않으나 그 범위를 벗어나면 효과가 급격히 저하되는 것으로 나타났다.

윤지영(2007)은 DynaMIT를 이용하여 정체구간과 사고발생에 대한 고속도로 진입교통량 제어를 통한 효과를 분석하였다. 정체구간에 대한 진입교통량 제어는 수원, 기흥, 오산IC를 대상으로 하였고, 분석결과 37분 걸리던 통행들이 일시적으로나마 27분으로 통행시간이 단축된 것으로 나타났다. 또한 평균 3분 소요되는 구간이 사고 발생으로 인하여 통행시간이 평균 13분 증가하였으나 진입을 제어를 통하여 30분 내로 혼잡이 완화되는 것으로 나타났다.

Zong Tian외(2004)는 다이아몬드형 인터체인지에서 램프미터링 제어전략을 low, medium, high의 세 가지 교통량 상황에 따라 구분하고 VISSIM을 이용하여 분석하였다. 분석결과 다이아몬드형 인터체인지에 램프미터링시스템을 적용하였을때 보통의 교통량수준에서 램프대기행렬길이, breakdown, delay의 절감효과가 가장 높은 것으로 나타났다.

Mohamed Abdel-Aty(2007)은 PARAMICS를 이용하여 도시고속도로에서 램프미터링전략에 따른 충돌위험의 절감효과를 분석하였다. 독립 ALINEA 알고리즘과 구간 연동 알고리즘을 비교분석한 결과 두 알고리즘 모두 도시 고속도로에서의 충돌위험을 성공적으로 감소시키는 것으로 나타났고, ALINEA 알고리즘에서 30초

의 주기와 0.17의 임계점유율을 가질 때 가장 효과가 높은 것으로 분석되었다.

III. 자료수집 및 정산

1. 자료수집 및 분석

본 연구에서는 한국도로공사에서 관리하는 고속도로에 설치된 차량검지기시스템(VDS : Vehicle Detection System)에서 생성되는 교통자료를 사용하였다. 수집기간은 1년 365일 동안(2006.4.1~2007.3.31) 15분 단위로 수집하였고 수집내용은 방향별, 지점별 교통량, 지점속도, 검지기 종류이다.

15분 단위로 추출된 VDS 자료의 오류자료는 지점별 교통량, 지점속도 자료에서 -999로 표시된 자료이고 본 연구에서는 자료의 정확성과 신뢰성을 위하여 데이터 중 -999값을 가진 자료와 속도는 존재하지만 교통량에서 "0"값을 가진 검지기자료는 분석에서 제외하는 오류자료 Filtering 과정을 수행하였다. 또한, 시간의 연속적 자료 확보를 위한 자료보정은 분석단위(1시간)내 오류자료를 포함하지 않은 15분 단위의 유효교통량을 가지고 비례식을 이용하였고, 속도보정은 유효속도를 해당 분석 시간대의 대푯값으로 인정하여 평균처리하였다.

본 연구에서는 시뮬레이션 자료의 검증을 위해서 차종비율, 기하구조를 포함하는 기초자료가 필요하며 고속도로검지기 자료(교통량, 속도, 점유율)는 적정표본수를 확보하기 위하여 2일간의 자료를 수집하였다. 램프의 교통량은 한국도로공사에서 제공하는 교통현황조사 결과보고서를 이용하였고 수집된 자료는 <표 2>와 같다.

<표 2> 경인선 교통자료 내역

지점	차로수	기간	시간	차종 구성비	교통변수
경인선 (도화IC~ 가좌IC~ 서인천IC)	일방향 3차로	2006년 7월 24일 ~ 25일 (2일)	24일 00:00 ~ 25일 24:00	승용차 : 79.7% 버스 : 0.9% 트럭 : 19.4%	15분 간격 교통량, 속도, 점유율

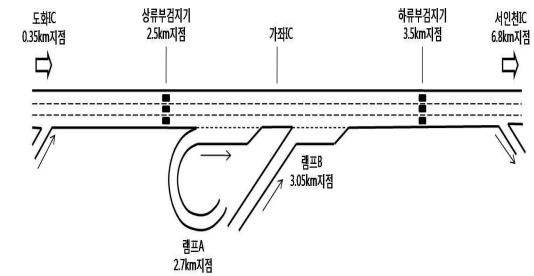
2. 네트워크 구축

앞서 수집한 자료와 위성사진을 통해 경인선 서울방

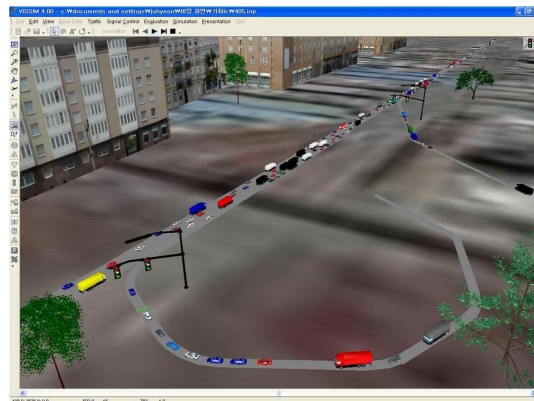
향 도화IC부터 서인천IC까지의 네트워크를 구축하였다. 구축된 네트워크는 총 연장 7.3km이며 도화IC, 가좌IC, 서인천IC를 포함하고 있다. 본선 차로수는 3차로, 상류부 검지기는 시점기준 2.5km지점, 하류부검지기는 3.5km지점에 설치되어있으며 가좌IC의 램프A는 2.7km 지점, 램프B는 3.05km지점에 위치하고 있다. 가좌IC 램프의 기하구조는 <표 3>와 같다.

<표 3> 램프 기하구조

구분	램프길이	차로폭	차로수	접속형태
램프A	234m	3.4m	1	루프형
램프B	171m	3.4m	1	직결형



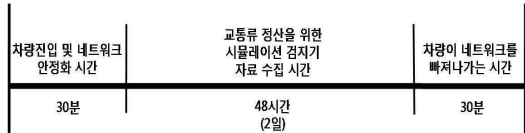
<그림 3> 분석지점의 기하구조



<그림 4> VISSIM 시뮬레이션 수행화면

3. 교통류 모형의 정산

시뮬레이션 검지기 자료는 실제 고속도로의 도로 및 교통 조건과 동일한 조건으로 시뮬레이션을 수행하여 데



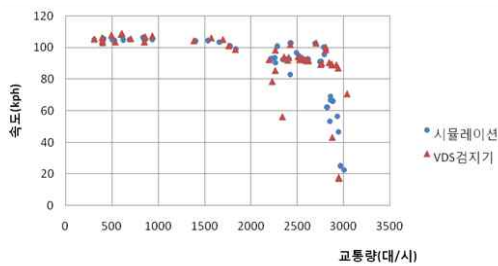
<그림 5> 시뮬레이션 수행시간

이터를 생성하였다. 15분 단위로 각각 구성된 교통량을 한 시간 단위로 합하여 본선과 램프에 입력하였고 시뮬레이션의 검지기자료 역시 실제 검지기과 동일한 지점인 상류부 검지기 2.5km 지점, 하류부 검지기 3.5km 지점에서 한 시간 단위로 속도, 교통량자료를 생성하였다.

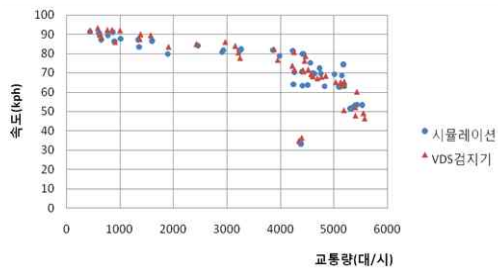
정산 시 시뮬레이션 시간은 48시간에 차량이 진입하고 빠져나가는 시간을 각각 30분씩 더하여 총 49시간으로 산정하였는데, 이는 한시간 단위의 1일 교통량으로는 정규분포를 이루는 표본 수를 만족할 수 없으므로 2일 교통량으로 정산을 수행하였기 때문이다.

VISSIM에서는 어떤 seed 번호를 선택하는지에 따라 결과 값이 달라질 수 있기 때문에 서로 다른 3가지 seed 번호로 정산을 수행하여 평균을 사용하였으며 결과는 <그림 6>, <그림 7>과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 VDS 검지기 자료와 시뮬레이션 검지기 자료가 거의 유사한 패턴을 보이는 것을 알 수 있다.

생성된 시뮬레이션 검지기 데이터와 실제 고속도로 VDS 데이터와의 동일여부를 판단하기 위하여 속도와 교통량데이터에 대한 t-test를 이용하여 유의성 검정을



<그림 6> 교통량-속도 관계도(상류부)



<그림 7> 교통량-속도 관계도(하류부)

<표 4> 교통량, 속도의 t 통계량

구분		t 계산값	t 기준값 (a=0.05)
귀무가설(Ho)		검지기 데이터와 시뮬레이션 검지기 데이터는 같다	
상류부	교통량	-0.3381	+2.0117 -2.0117
	속도	0.5896	
하류부	교통량	-1.1164	
	속도	-0.9582	

다음과 같이 실시하였다.

귀무가설(Ho)은 “검지기 데이터와 시뮬레이션 검지기 데이터는 같다”이며, 유의수준(α)은 0.05에서 검정을 실시하였다.

자유도(d.f)가 47일 때 유의수준 0.05의 t 기준값이 ± 2.0117 이고 교통량의 t 값이 상류부(-0.3381), 하류부(-1.1164), 속도의 t 값이 상류부(0.5896), 하류부(-0.9582)로 각각의 변수 모두 t 기준 값의 범위 안에 포함되므로 귀무가설을 채택하여 통계적으로 유의함을 알 수 있다.

IV. 분석 및 효과비교

1. 시나리오 설정

분석시나리오에는 본선 교통상태를 나타내는 교통량 대 용량비(v/c)의 3가지 교통조건과 미터링을 600대/시로 동일하면서 연결로 차량의 진입방식이 다른 단일차량진입방식 1가지, 차량군 진입방식 2가지 등 3가지 운영전략을 조합한 총 9개의 시나리오로 구성하였다.

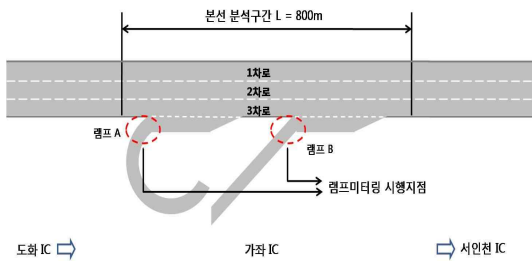
용량은 경인고속도로의 설계속도 100km/h의 용량 2200pcu/시/차로에서 분석지점의 차종비율을 고려하여 승용차환산계수를 적용하였고, 도출된 v/c별 시뮬레이션 입력 교통량은 <표 6>와 같다. 램프교통량은 단일차량·

<표 5> 시나리오 구성

구분	단일차량진입	차량군 진입	
	1대/6초	2대/12초	3대/18초
시나리오1 본선 (v/c=1.0)	1_1	1_2	1_3
시나리오2 본선 (v/c=0.6)	2_1	2_2	2_3
시나리오3 본선 (v/c=0.3)	3_1	3_2	3_3

<표 6> 차종구성비를 고려한 본선 입력교통량

구분	승용차 단위 입력 교통량 (pcu/시/3차로)	시물레이션 입력 교통량 (대/시/3차로)
v/c=1.0	6,600	5,764
v/c=0.6	3,960	3,494
v/c=0.3	1,980	1,747



<그림 8> 램프미터링 시행 및 분석구간

차량군 진입방식의 시행효과를 극대화하기 위해 지속적인 교통량의 유입이 필요하므로 600대/시 이상으로 유지하였다. 시물레이션 분석시간은 1시간이며 교통류 정산과 마찬가지로 차량진입 및 차량이 빠져나가는 시간을 각각 30분씩 두어 총 2시간의 시물레이션을 수행하였다.

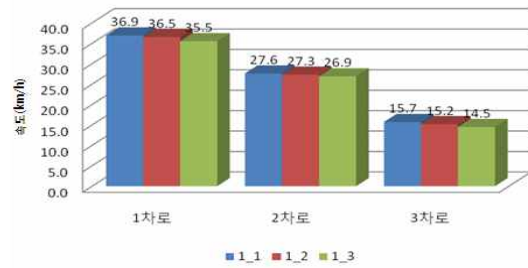
램프미터링을 시행한 지점은 가좌IC의 유입연결로 두 구간 램프A와 램프B이며, 두 구간의 미터링율은 항상 같고 같은 시간에 차량진입 및 통제를 하도록 설정하였다.

위와 같은 조건을 바탕으로 본 연구에서는 시나리오별 본선의 속도, 밀도변화 및 대기행렬, 영향권의 지체도, 교통량에 따른 속도변화를 분석하였다.

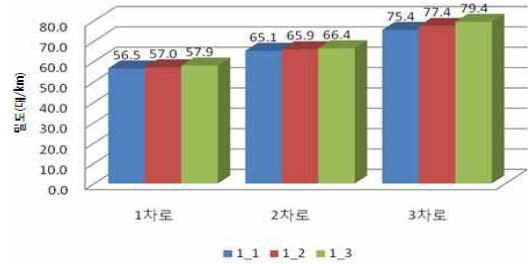
2. 분석결과

1) 시나리오1 비교분석

<그림 9>, <그림 10>은 본선 교통상태가 v/c=1.0일 때 단일차량·차량군 진입방식별 본선 각 차로의 속도, 밀도 그래프이다. 본선의 속도, 밀도 관계를 비교해보면 단일차량진입방식이 차량군 진입방식 2가지에 비하여 효과가 높은 것으로 나타났다. 속도의 경우 단일차량진입방식이 차량군 진입방식(1,3)보다 1차로에서 1.2km/h, 2차로에서 0.7km/h, 3차로에서 1.4km/h까지 높게 나타났으며, 밀도의 경우 1차로에서 4대/km, 2차로에서 1.3대/km, 3차로에서 1.4대/km 낮게 나타났다. 한 주기



<그림 9> 속도 비교(v/c=1.0)



<그림 10> 밀도 비교(v/c=1.0)

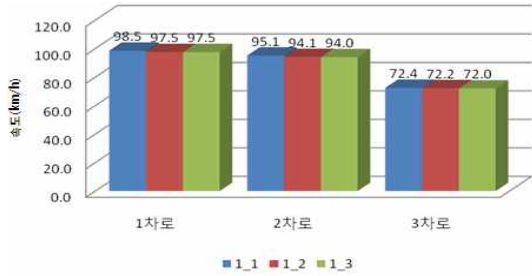
에 2대씩 진입하는 차량군 진입방식(1,2)의 경우 나머지 두 방식의 중간값을 나타내었다. 이러한 분석결과는 교통량 수준이 높은 경우에 고정식 램프미터링의 현장 적용시 동일한 미터링율에서 차량군 진입방식보다 단일차량진입방식이 더 효과적이라는 것을 나타낸다고 볼 수 있다.

2) 시나리오2 비교분석

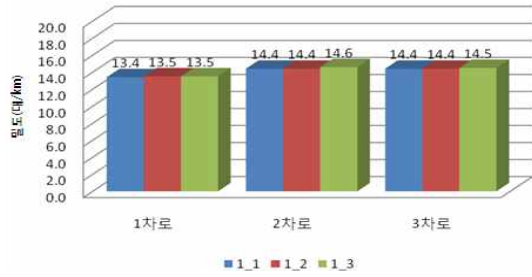
v/c=0.6일 때 본선 링크의 단일차량·차량군 진입방식별 각 차로의 속도, 밀도 그래프를 분석해 보면 단일차량진입방식이 약간 우수한 것으로 나타났다. 차량군 진입방식 2가지의 경우 속도와 밀도가 비슷한 수준으로 나타났고, 단일차량진입방식의 경우 2차로와 3차로에서 차량군 진입방식보다 1 ~ 1.1km/h 정도 속도가 높게 나타났다.

3) 시나리오3 비교분석

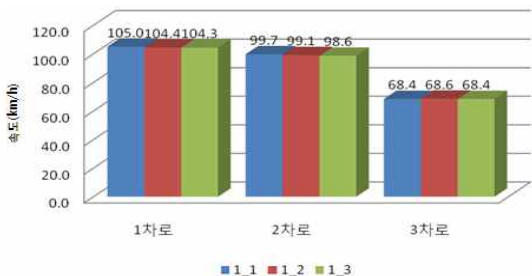
v/c=0.3일 때 본선 링크의 단일차량·차량군 진입방식별 각 차로의 속도, 밀도 그래프를 분석해 보면 진입방식에 따른 속도, 밀도차이가 거의 나타나지 않았다. 본선 교통량이 많지 않기 때문에 차량진입방식에 크게 영향을 받지 않는 것으로 보인다.



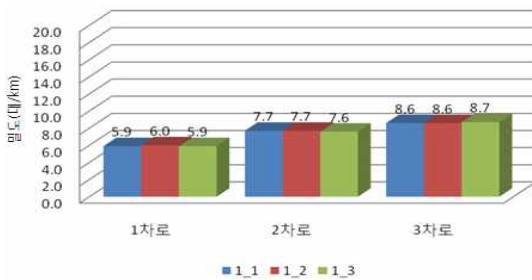
<그림 11> 속도 비교(v/c=0.6)



<그림 12> 밀도 비교(v/c=0.6)



<그림 13> 속도 비교(v/c=0.3)



<그림 14> 밀도 비교(v/c=0.3)

v/c=0.6일 때와 v/c=0.3일 때의 1차로의 속도를 비교해 보면 v/c=0.3일 때의 속도가 더 낮게 나타나는 것을 볼 수 있는데, 이는 v/c가 낮아질수록 전체교통량 중에서 본선교통량에 대한 램프교통량이 상대적으로 높아서 램프미터링 시행으로 충분히 가속되지 못한 램프 차량들이 많아지면서 나타나는 현상으로 보인다.

4) 영향권 지체도 분석

시나리오별 영향권의 지체도를 분석한 결과 v/c=1.0일 때 차량진입방식마다 가장 큰 차이를 나타내었다. v/c=0.6일 때와 v/c=0.3일 때는 v/c=1.0일 때와 패턴은 같지만 지체차이는 줄어든 것으로 분석되었다. 3가지 시나리오에서 모두 단일차량진입방식이 가장 낮은 지체도를 보였고, 차량군 진입방식(2대/12초)이 그 뒤를 이었으며 차량군 진입방식(3대/18초)가 가장 높은 지체도를 보였다.

<표 7> 시나리오별 영향권 지체도 (단위: 초/대)

구분	단일차량진입	차량군 진입	
	1대/6초	2대/12초	3대/18초
본선 (v/c=1.0)	69.8	73.1	74.7
본선 (v/c=0.6)	14.6	15.1	15.4
본선 (v/c=0.3)	13.7	14.6	14.7

5) 대기행렬길이의 변화

본선과 램프A가 만나는 지점에서부터 본선의 대기행렬길이를 측정하였으며, v/c가 0.6일 때와 0.3일 때는 본선 교통류에 정체가 발생하지 않으므로 대기행렬이 형성되지 않았다. <표 8>은 v/c=1.0일 때의 차량진입방식별 본선 대기행렬 길이를 보여주는 것으로써, 단일차량진입방식이 1,782m로 가장 짧게 나타났고 차량군 진입방식 중 미터링을 3대/18초일 때가 1,877m로 가장 길게 나타났다.

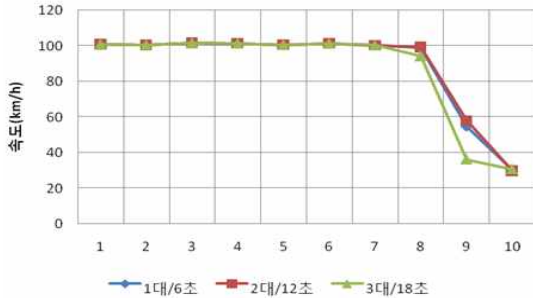
<표 8> 대기행렬길이

구분	단일차량진입	차량군 진입	
	1대/6초	2대/12초	3대/18초
본선 (v/c=1.0)	1,782m	1,841m	1,877m

6) 교통량에 따른 속도변화

<그림 15>는 본선 가좌IC의 상류부 검지기지점에서 분석한 교통량 증가에 따른 차량진입방식별 속도변화 그래프이다. 같은 합류교통량 조건에서 차량진입방식별 정체가 발생하는 경계를 비교해보기 위하여 시간당 교통량을 100대/시씩 증가시키며 시뮬레이션을 수행하였다.

앞의 정산결과를 가지고 합류용량을 추정할 후 범위를 조금씩 좁혀 최종적으로 3,000대/시~3,900대/시가



<그림 15> 교통량증가에 따른 속도변화

지 10시간에 걸쳐 입력하였다.

단일차량진입방식과 차량군 진입방식(2대/12초)의 경우 8~9시간 사이인 3,700~3,800대/시의 교통량 수준에서 속도가 감소하기 시작하였으며, 10시간 후인 3,900대/시 교통량 수준에서 정체가 발생하였다. 차량군 진입방식(3대/18초)의 경우 7~8시간 사이부터 서서히 속도가 감소하며 9시간 후인 3,800대/시의 교통량수준부터 속도가 35km/h까지 떨어지는 것으로 분석되었다.

이는 한주기에 3대씩 진입하는 차량군 진입방식(3대/18초)이 다른 2가지 차량진입방식에 비해 본선 합류용량이 100대/시 가량 적다는 결과를 나타내는 것으로써 램프차량의 진입방식에 따라 본선 합류부의 용량을 증대시키는 것이 가능하다는 것을 보여주는 것이다. 또한 본선의 교통량이 용량에 미치지 못하는 경우에는 3가지 진입방식 모두 본선 교통류의 속도변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 고속도로 합류부에 고정식 미터링 제어방식을 적용하여 램프를 통해 본선에 진입 할 때 본선의 교통류에 미치는 영향을 단일차량 진입방식과 차량군 진입방식으로 구분하여 효과를 알아보고자 수행하였다.

진입방식별 램프미터링의 다양한 효과분석을 위하여 우선 실제 고속도로의 VDS 검지기자료와 시뮬레이션에서 수집된 가상 검지기자료를 일치시키고자 시뮬레이션 교통류를 정산하였고, 속도, 밀도, 지체 등 다양한 효과 척도를 가지고 단일차량 진입방식과 차량군 진입방식의 효과를 비교, 제시하였다.

연결로 차량의 진입방식별 본선교통류의 효과를 살펴본 결과, 동일한 미터링울에서 한 주기에 여러 대의 연결

로 차량들이 진입하는 차량군 진입방식이 본선교통류의 속도, 밀도, 지체 측면에서 불리한 것으로 분석되어 고정식 램프미터링 제어방식에서 진입방식에 따른 미터링 운영전략은 매우 중요한 고려사항이다. 특히 본선교통량 수준이 합류용량에 근접해있는 매우 높은 교통량 상황에서는 미터링의 진입방식이 교통와해를 조기에 형성하는 것과 관련이 있으며 이로 인해 낮은 속도를 가진 교통정체로 전이되어 결과적으로 합류용량을 감소시키는 것으로 분석되었다.

이러한 결과들은 본선 교통량수준이 높을수록 연결로 진입방식에 대한 선택이 매우 중요하다는 것을 의미하고 본선 합류부에 차량군 진입방식은 단일차량진입방식에 비해 상대적으로 본선 교통류에 많은 영향을 미치므로 향후에는 램프미터링 전략구상시 미터링을 뿐만이 아니라 진입방식에 대한 충분한 고려가 필요할 것으로 생각 된다.

본 연구는 본선 3차로와 1차로 연결로 2개를 가진 1개 IC지점만을 대상으로 분석한 결과이므로 결과에 대한 신뢰성을 확보하기 위하여 다양한 교통류 조건과 기하구조 조건을 가진 지점들을 추가하여 분석할 필요가 있다. 또한, 구축된 네트워크의 한계로 각 시나리오에 대한 본선의 영향만 분석했을 뿐 연결로에 미치는 영향을 종합적으로 분석하지 못한 한계도 가지고 있다.

알림: 본 논문은 한국ITS학회 춘계학술대회(2009. 4. 25)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2004), “도로용량편람”, 대한교통학회.
2. 한국도로공사 도로연구소(1997), “고속도로 Ramp Metering 도입 적용에 관한 조사 연구”.
3. 한국도로공사 도로연구소(1998), “고속도로 Ramp Metering 효과분석 연구”.
4. 한국도로공사(2008), “고속도로 RMS 타당성 조사 연구”.
5. 한국도로공사(2008), “교통현황조사 결과보고서”.
6. 한국개발연구원(2004), “도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)”.
7. 김영찬·빈미영(1995), “고속도로시스템의 정주기식 램프미터링을 위한 최적화모형의 개발”, 대한교통학

회지, 제13권 제4호, 대한교통학회, pp.117~132.

8. 김태완(2003), “컴퓨터 모의실험을 통한 고속도로 램프미터링의 효과분석”, 대한토목학회 논문집, 제23권 제6호, 대한토목학회, pp.785~792.
9. 윤지영(2007), “시뮬레이션 기반 동적 노선배정을 활용한 정책 효과 분석”, 한양대학교 석사학위 논문.
10. 정호영(2003), “반복정체 관리를 위한 램프미터링 기법에 관한 연구”, 홍익대학교 석사학위 논문.
11. Mohamed Abdel-Aty(2007), “Comparison of Two Different Ramp Metering Algorithms for Real-time Crash Risk Reduction”, Transportation Research Board 87st Annual Meeting Compendium of Papers CD-ROM, Washington D.C., 2008.
12. Zong Tian, Kevin Balke(2004), “Development And Evaluation of a Framework for Selecting Operational Strategies for an Integrated Diamond Interchange - Ramp Metering Control System”, Transportation Research Board 87st Annual Meeting Compendium of Papers CD-ROM, Washington D.C., 2008.
13. PTV(2004), “VISSIM User Manual - Version 4.00”.
14. FHWA(2006), “Ramp Management and Control”.

✉ 주 작성자 : 김상구
 ✉ 교신저자 : 김상구
 ✉ 논문투고일 : 2010. 1. 13
 ✉ 논문심사일 : 2010. 3. 2 (1차)
 2010. 3. 30 (2차)
 2010. 5. 24 (3차)
 ✉ 심사판정일 : 2010. 5. 24
 ✉ 반론접수기한 : 2010. 10. 31
 ✉ 3인 익명 심사필
 ✉ 1인 abstract 교정필