

도시고속도로 진입제어시스템 안전성 평가

A Study On Measure of Effectiveness for Safety Evaluation in Ramp Metering System

유 주 성* 최 재 성** 김 상 업***
Yu, Juseong Choi, Jaisung Kim, Sangyoup

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

교통운영제어시스템을 평가할 때에는 시스템 설치에 따른 효율성과 안전성에 대하여 평가하고 있다. 현재 시스템에 대한 효율성 평가는 통행시간, 점유율, 밀도 등의 다양한 효과척도를 이용하여 평가하고 있으며, 안전성 평가의 경우, 표 1에서 볼 수 있듯이 시스템 설치 후 장기간(1년 이상)이 경과한 후에 수집할 수 있는 사고율 및 교통사고 발생건수, 사고심각도 등의 효과척도를 이용하여 평가를 실시하고 있는 상황이다. 이러한 현재 통용하고 있는 안전성을 평가하는 기준은 자료의 수집기간과 수집시 발생하는 자료의 한계로 인하여 많은 노력이 요구된다.

표 1. 일본 및 국내 첨단교통모델도시 효과분석 (1)

구분		효과척도	내 용
일본 VERTIS		효율성	통행시간과 통과차량수, 대기행렬 등을 이용한 효율성 평가
		안전성	사고수 조사를 통한 안전성 평가
		환경적 효과	차량배출량 및 소음,진동단계 조사를 통한 환경적 효과 평가
국내	대전	사고건수, 사망자수	경찰청 사고조사서 문헌조사
	전주	사고건수,사망자수, 사고감소효과	사전·사후 현장조사 및 IDAS 활용 (정량적 분석) 및 설문조사 실시(정성적 분석)
	제주	교통사고 발생건수	문헌 및 통계자료 활용

본 연구는 기존연구 고찰을 통하여 일반적으로 국내외에서 적용되고 있는 사고건수 및 사고율 등의 효과척도가 아닌 교통류의 미시적 특성을 이용하여 중·단기에 시스템의 안전성을 평가할 수 있는 효과척도를 선정하고자 한다. 또한, 2007년 11월 14일부터 12월 13일까지 서울외곽순환고속도로 중동IC 구간에서 시범운영한 진입제어시스템(Ramp Metering System)의 제어 전략이 효율성과 안전성 측면에서 어떠한 효과가 있는지 평가하고자 한다.

* 서울시립대학교 교통공학과 석사과정 · 02-2210-2990
** 서울시립대학교 교통공학과 교수 · 02-2210-2522
*** 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 · 02-2210-2990

1.2 연구 수행 방법

본 연구에서는 국내·외 연구를 고찰하여 교통류의 미시적 특성을 이용한 안전성 효과척도를 선정하고, 선정된 효과척도를 이용하여 교통운영제어시스템의 하나인 진입제어시스템을 현장연구를 통하여 안전성 평가하였고, 통행속도를 효과척도로 효율성을 평가하였다.

본 연구의 시간 및 공간적 범위는 다음과 같다. 서울외곽순환고속도로 일산방향 중동IC구간을 대상으로 하였으며, 데이터는 진출부, 본선부, 진입부에 설치되어 있는 루프 검지기를 통해 수집하였다. 진입제어시스템은 2007년 11월 14일부터 12월 13일까지 한 달간 시범 운영되었다.

본 연구의 내용적 범위는 다음과 같다

- 첫째, 현재 안전성 평가시 사용되는 효과척도에 대한 문제점을 밝힌다.
- 둘째, 안전성 평가 효과척도에 대한 기존의 연구를 요약하고 본 연구에 적용될 효과척도를 선정한다.
- 셋째, 선정된 효과척도를 이용하여 진입제어시스템 상류부, 진입부, 하류부의 교통상황을 평가한다.

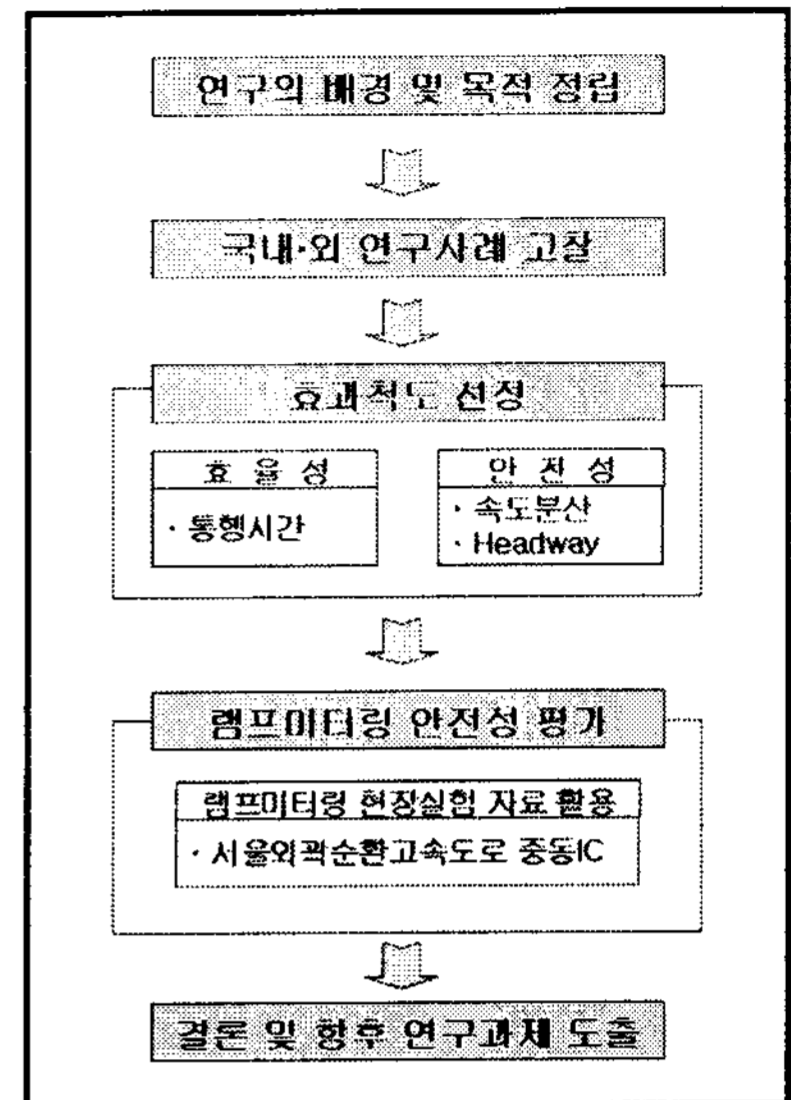


그림 1. 본 연구의 연구수행방법

2. 이론적 고찰 및 국내·외 사례 검토

2.1 진입제어시스템

가. 진입제어시스템의 필요성

고속도로와 연결로가 합류하는 지점은 램프에서 들어오는 차량과 본선의 차량과의 상충으로 혼잡과 교통사고 위험성이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해 ITS 등을 활용한 다양한 연구들이 진행되고 있는데 그 중 하나가 진입제어전략이다. 외국에서는 이와 관련하여 연구뿐 아니라 실제 도로에 적용하여 진전을 이룬 반면, 우리나라의 경우는 높은 위반율 등의 이유로 적용하지 못하고 있는 실정이다. 그러나, 고속도로 연결로 접속부 혼잡의 증가로 그 필요성이 대두되어 2007년 11월~12월간 한달동안 서울외곽순환고속도로 중동IC 시스템을 설치하여 시범운영을 실시하였다.

나. 진입제어시스템의 알고리즘

차량수요관리의 가장 일반적인 기법인 램프미터링은 연결로를 통해 본선 진입차량수를 제한하여 더 높은 서비스 수준에서 고속도로가 운영되도록 하는 것으로 이를 위해 신호교차로의 신호등과 동일한 방법으로 작동하는 표준 교통신호등이 해당 연결로에서 사용된다. 램프미터링 시스템의 범위는 고속도로만 해당되거나 대체도로까지 포함한다. 본 연구에서 검토한 중동IC에 설치하여 운영한 램프미터링 시스템은 국내실정에 적합한 Local 램프미터링 시스템에 초점을 두어 알고리즘을 개발하였으며, 그 기본은 ALINEA(Asservissement Kineaire d'Entree Autoroutiere) 알고리즘이다. ALINEA는 프랑스 파리 외곽순환 고속도로의 SIRIUS시스템에서 적용되는 알고리즘으로, 고속도로 진입 구간 하류부에서 측정된 점유율을 기초로 하여 미터링율을 결정한다.



$$r(k) = r(k-1) + K_R [O - O_{out}(k-1)] \quad \dots\dots (4)$$

$r(k), r(k-1)$: 각 시각 미터링율
 K_R : 조절 파라미터(보통 70)
 O : 희망 점유율
 O_{out} : 측정된 점유율

본 연구에 적용된 시스템의 희망 점유율(O)은 12%로 설정되었으며, 본선 점유율이 12% 이하일 경우에는 제어를 실시하지 않고(ALL GREEN), 5분간의 점유율이 20% 이상일 경우에는 제어가 어려운 상황으로 판단하여 최소진입가능차량만 진입시키는 것으로 설정되었다.

다. 위반율에 대한 대책

시스템을 제어하는 위한 정보수집용으로 본선의 상류부와 본선부, 하류부에 각 차로별로 지점검지기를 설치하였으며, 진입연결로에 신호대기 검지기 및 대기행렬 검지기를 설치하였다. 진입제어용 신호등은 진입연결로가 본선부와 합류하는 지점에 설치하였으며, 연결로 중간에 예고용 신호등을 설치하여 운영하였다. 시범 운영 초기에는 운전자의 의식부족으로 거의 신호를 준수하지 않았으나, 그에 따른 대책으로 신호등 상단에 단속카메라를 설치하여 운전자가 신호를 준수하도록 하였다.

2.2 속도차이에 의한 안전성 평가 연구

가. Solomon의 연구

Solomon(1964)은 속도와 사고의 상관관계에 대하여 연구를 하였다. 속도의 분산에 따른 사고의 관계를 정의하였고 2차로 도로와 4차로 도로의 관측교통량을 이용하여 차량속도분포를 산출하였다. 식 (1)은 사고위험과 속도분산 관계를 나타낸 관계식이다. 위 연구에서 도로의 교통사고와 속도의 분산은 0을 기준으로 U형 곡선을 나타냈다(15). 즉, 평균 주행속도보다 낮아질수록 혹은 높아질수록 보다 높은 위험에 노출되어 있음을 표현하고 있다. Solomon의 연구는 속도분산과 표준편차를 이용하여 도로의 안전성을 평가하였다.

$$I = 10^{0.0006062\Delta v^2 - 0.006675\Delta v + 2.23} \quad \dots\dots (1)$$

I : involvement rate per 100,000 veh kilometers
 Δv : speed difference, km/hr

나. Lamn의 연구

독일의 Lamn (1988,1994)은 설계속도(Vd)와 85백분위 주행속도(V85) 차이를 평균 사고율과 관련하여 연구하여 설계일관성, 주행속도 일관성, 주행의 동적일관성으로 구분하여 평가기준을 제시하였다. 이 중 주행속도 일관성 기준을 살펴보면, 연속된 구간의 평면선형구조, 평균곡선반경, 설계곡선반경 등을 기반으로 산출하여 각 구간별 V85의 차이를 비교하여 평가한 것이다.(12, 13) Lamn의 연구는 도로의 선형차이에 따른 안전성의 변화를 연구한 것으로, 본 연구에서 분석하고자 하는 시스템 설치 전·후 안전성 분석에서는 활용할 수 없다.

$$\begin{aligned}
 \text{GOOD design} &: \Delta V_{85_d} \leq 10\text{km/hr} \\
 \text{FAIR design} &: 10\text{km/hr} < \Delta V_{85} \leq 20\text{km/hr} \\
 \text{POOR design} &: \Delta V_{85} > 20\text{km/hr}
 \end{aligned} \quad \dots (2)$$

다. Liu & Popoff의 연구

Liu와 Popoff(1996)는 평균차량속도와 사고비율간의 선형관계에 대하여 연구하였다. 평균차량속도, 속도의 차이, 사고비율간의 관계를 분석한 결과, 평균통행속도보다 1km/hr 감소할 때 부상사고가 7% 감소된다는 결론을 도출하였다. 식 (3)은 두 개의 식으로 나뉘는데 위 식은 사고와 평균차량속도의 관계를 나타낸 것이며, 아래 식은 속도의 차이를 포함시켜 나타낸 관계식이다.(11)

$$\begin{aligned}
 \text{Casualty rate} &= -17126.1 + 190.71\bar{v} && \dots (3) \\
 \text{Casualty rate} &= -0.0298\bar{v} + 0.0405(V_{85} - V_{15}) - 3.366 \\
 \text{Casualty rate} &: \text{백만대-km당 부상 or 사망자} \\
 \bar{v} &: \text{평균속도, km/hr}
 \end{aligned}$$

라. 하태준의 연구

하태준(2002)은 속도 분산 차이, 차량 진행방향 가속도 차이, 곡선반경방향 가속도 차이를 이용하여 새로운 안전성 평가 방법을 제시하였다. 차두간격이 6초를 초과한 때부터 선행차량이 주행차량에게 미치는 영향이 없음을 도출하였으며, 각 독립변수별로 위험도(사고건수와 EPDO (Equivalent-Property-Damage-Only)로 판단)와의 연관성을 분석하였다. 그 결과, 속도차와 가속도 차에 의한 영향은 유의수준에 만족하지 않았으며, 속도분산차에 의한 연관성은 유의수준 0.05에서 EPDO와 유의하였다. 즉, 속도의 분산 차이는 도로의 위험도와 연관성이 있다는 결과가 도출되었다.(6)

마. 이점호의 연구

이점호(2000)는 평면곡선 내의 속도변화와 교통사고 발생간의 관계를 규명하였다. 직선구간의 평균자유속도와 곡선상의 최저속도간의 차이를 분석하고, 곡선부의 교통사고발생지점을 조사하여 상관성을 분석하였다. 그 결과, 속도의 변화폭 크기가 교통사고발생 빈도에 밀접한 영향을 미치고, 변화폭이 클수록 교통사고의 빈도가 높게 나타났다.(4)

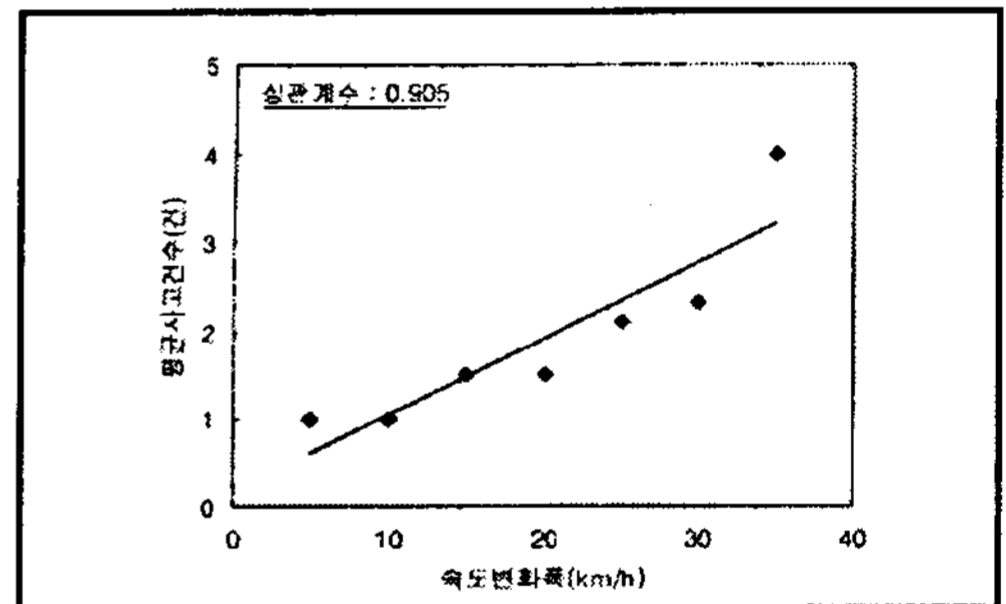


그림 2. 속도변화와 사고의 상관관계(이점호)

2.3 headway 관련 안전성 평가 연구

가. Kataja Vogel

Kataja Vogel(2003)은 도로의 안전성 평가지표로 headway를 사용할 것을 제안하였다. 안전지표로 headway와 Time to Collision(TTC)을 고려하였으며, headway가 잠재적인 위험상황을 판단할 수 있다고 결론지었으며, headway가 작을수록 보다 위험하다고 판단하였다.

나. Sirpa Rajalin et al

Sirpa Rajalin et al(1997)은 운전자를 두 개의 집단으로 분류하여 설문조사를 실시하여 연구하였다. 운전자 행태를 차량추종상태에 따라 2개의 집단 (Close-following drivers와 Control drivers)으로 구분하였으며, 전자의 집단은 headway가 0.8초 이하, 후자의 집단은 headway가 2~5초로 구성되었다. Close-following drivers를 잠재적인 위험요소로 판단하여 headway가 작은 이유에 대하여 설문조사를 실시한 결과, 40%가 추월을 목적으로 하였으며, 73%가 남성으로 조사되었다. 이 연구는, 운전자를 안전한 운전을 하는 집단과 그렇지 않은 집단으로 구분하여 실험을 실시함으로써 보다 뚜렷하게 운전자 행태차이를 도출하였다는 것에 의의가 있다.



표 2. 기존연구 고찰 정리

구분	연구내용	결과	
속도 분산 관련 연구	Solomonm	속도의 분산에 따른 사고와의 상관성 정의	속도의 분산이 클수록 위험
	Lamm	구간별 V85 차이에 따른 연속구간의 안전성 평가	속도의 차이가 클수록 위험
	Liu & Popoff	평균차량속도와 속도차이에 의한 사고와의 상관성 분석	평균속도 1 km/hr 감소시 부상사고 7% 감소
Headway 관련 연구	Kataja Vogel	안전지표로 headway와 TTC를 제안함	headway로 잠재적 위험 판단 가능하며 작을수록 위험
	Sirpa Rafalin	차량추종형태에 따른 운전자행태 분류 후 설문조사	headway가 작을수록 공격적인 운전행태임

2.4 안전성 평가척도 선정

국내·외 연구 및 평가사례를 검토한 결과, 도로의 안전성을 평가하는 방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 하나는, 주행속도 및 속도의 분산, headway 등의 교통류의 미시적 특성을 이용하여 방법이며, 다른 하나는, 국내·외에서 대부분 이용하는 장기적인 관측을 통하여 얻은 사고 자료를 조사하여 사고건수 및 사고 심각도 등을 비교하는 방법이다. 전자의 경우, 국내에서는 교통운영제어시스템 차원의 안전성평가기준의 연구진행이 미비한 상황이지만, 국외에서는 많은 연구가 진행되었다. 시스템 설치 후 시스템의 안전성을 평가하여 시스템 설치에 따른 문제점을 단기간에 파악하기 위해서는 사고자료를 이용한 방법보다는 교통류의 미시적 특성을 이용한 효과척도를 선정하는 것이 유리하다. 본 연구에서는 시스템 설치에 따른 안전성 평가를 위하여 속도분산과 headway를 1차적인 효과척도로 선정하고 사례분석을 통하여 안전성 평가 기준으로 타당성을 밝히고자 한다.

3. 진입제어시스템 사례분석

3.1 중동IC 지점 현황

서울외곽순환고속도로의 중동IC~서운JC구간 및 하부간선도로의 신호교차로를 공간적 범위로 설정하여 램프미터링 시스템을 설치하였다. 서울외곽순환고속도로는 경기도 판교를 시점으로 하여 퇴계원, 일산을 통과하여 다시 판교를 종점으로 하는 도시순환 고속도로이다. 서울을 중심으로 경기도 주요 도시를 연결하는 순환형으로써, 수도권 교통을 분산시키고, 신도시 건설에 따른 교통난을 해소하기 위하여 건설되었다.

서울외곽순환고속도로의 중동IC~서운JC구간은 서울외곽순환고속도로의 대표적인 혼잡구간으로 중동IC와 서운JC 구간거리가 2.1km로 짧은 편에 속하며, 중동IC의 가속차로가 끝나는 지점과 서운JC의 감속차로가 시작되는 지점의 거리가 600m에 불과하여 차량의 엇갈림 현상이 발생하고 있다. 이로 인하여 본선을 이용하는 차량의 속도가 저하되어 지·정체 현상이 발생하고 있는 실정이다.

상습적인 지·정체 현상을 해결하기 위하여 중동IC에 램프미터링 시스템을 설치하였으며 14시부터 17시까지 운영하였다.

3.2 자료 수집 및 가공

서울외곽순환고속도로 중동IC~서운JC구간에 설치되어 있는 루프검지기를 이용하여 자료를 수집하였다. 루프검지기는 고속도로 본선에 중동IC 상류부, 본선부, 하류부 3개 지점에 차로별로 총 12개가 설치되었으며, 연결로에 신호대기검지기 및 대기행렬검지기가 각 2개씩 총 4개 설치되었다.

본 연구에서는 검지기에서 수집된 원자료를 가공하여 headway와 속도분산을 산출하였다.

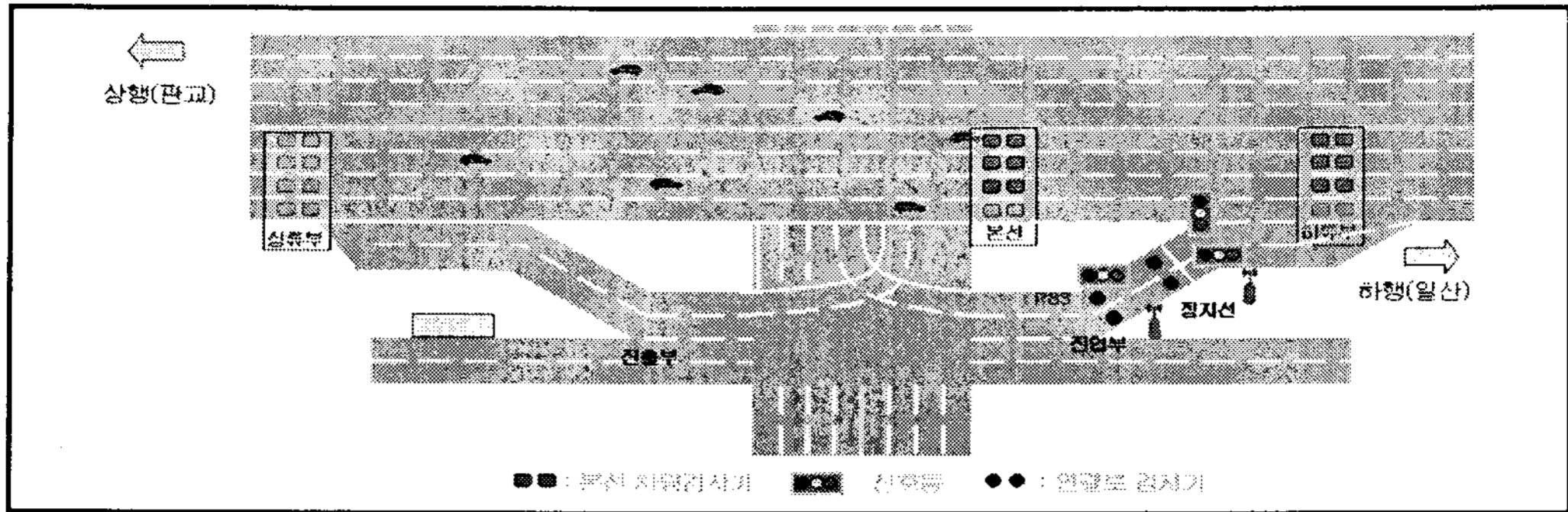


그림 3. 진입제어시스템 설치 현황도

표 3. 수집된 검지기 자료(예)

시 간	진입부			하류부		
	속 도	교통량	점유율	속 도	교통량	점유율
2007년 11월 27일(화) 14시 0분	75	15	8.3	88	35	10.3
	82	14	6.7	82	25	9.3
	66	14	8.3	65	15	3.5
	94	9	3.3	60	15	3.5
2007년 11월 27일(화) 14시 1분	82	5	1.7	95	36	11
	96	14	5	80	29	9.8
	75	9	5	62	14	4.7
	100	6	1.7	54	11	3.8
∴	∴	∴	∴	∴	∴	
2007년 11월 27일(화) 14시 9분	77	13	6.7	100	40	11
	97	4	1.7	75	31	9.8
	75	9	5	60	18	5
	107	3	1.7	61	11	2.7

3.3 진입제어시스템 효율성 평가

외곽순환고속도로 중동IC에서 시범운영한 램프미터링 시스템의 안전성 평가에 앞서, 구간통행시간을 이용하여 Before and After Analysis 기법을 통하여 시스템의 효율성을 평가하도록 한다. 구간통행시간은 검지기 자료에서 수집하지 못하여, 현장조사원을 고속도로 갓길에 배치하여 번호판조사를 통하여 판교에서 일산방향의 통행시간을 산출하였다.

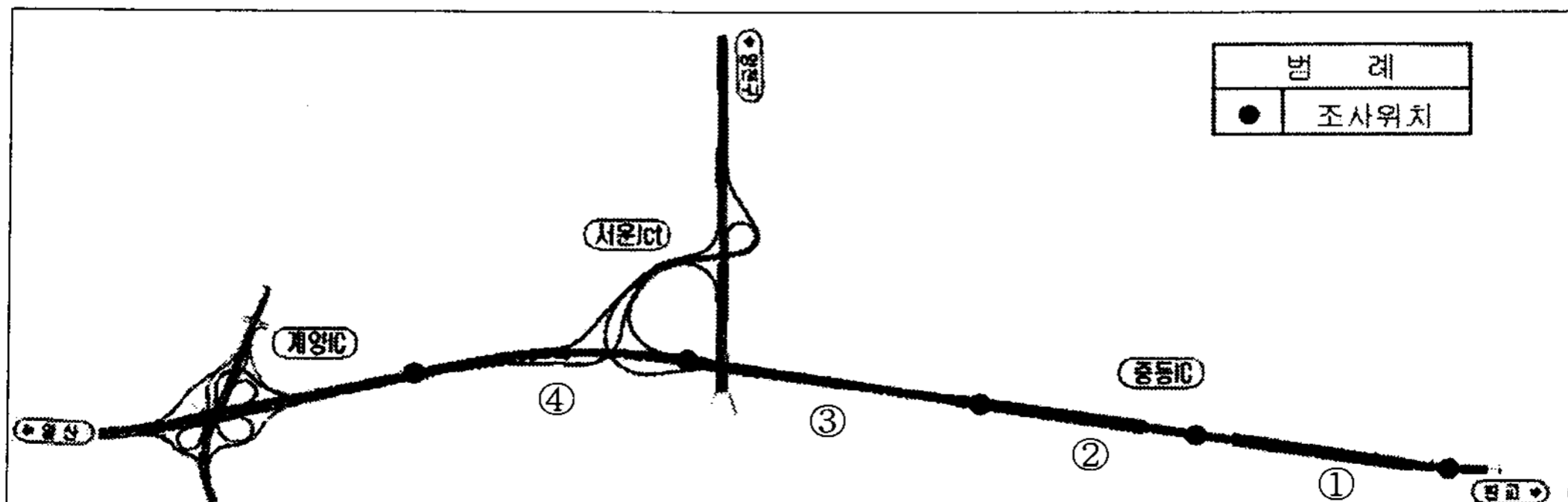


그림 4. 통행시간 조사위치



표 4. 시스템 운영 전·후 구간 통행속도 분석 (단위 :km/h)

구 분	①번 구간	②번 구간	③번 구간	④번 구간
시스템 설치 전 (A)	67.26	28.15	40.33	55.53
시스템 설치 후 (B)	68.15	47.57	66.65	84.02
증감여부 (B-A)	+0.89	+19.42	+26.32	+28.49

진입제어시스템 및 통합신호운영시스템 설치 전·후 통행속도를 비교한 결과, 시스템 설치 후 전 구간의 통행속도가 상승한 것을 확인할 수 있었다. 이는 시스템 설치 전 항상 발생했던 진입행위가 램프미터링으로 인하여 본선의 교통상황에 따라 진입하는 것으로 변경됨으로써 본선을 주행하는 운전자가 별도의 감속행위 없이 주행을 할 수 있어 나타난 결과로 분석된다.

3.4 진입제어시스템 안전성 평가

본 연구에서는 안전성 평가지표로서 Headway와 속도분산을 우선 선정하고 안전성 평가 지표로서의 타당성을 판단하기로 한다.

가. headway 분석

headway를 분석하기 위하여 11월 21일과 12월 13일 양일간 14시부터 17시의 고속도로 본선부의 headway를 분석하였다. 고속도로 본선부(상류부, 본선부, 하류부)에 설치되어 있는 루프검지기 자료를 5분단위로 가공하여 분석하였다.

표 5. 시스템 설치 전·후 차로별 headway 변화 (단위 : 초)

구 분	상류부				본선부				하류부			
	1차로	2차로	3차로	4차로	1차로	2차로	3차로	4차로	1차로	2차로	3차로	4차로
설치전	1.83	2.17	1.83	1.74	2.00	2.41	3.23	3.54	2.04	2.28	3.90	4.08
설치후	1.88	2.13	1.83	1.74	1.96	2.41	3.11	3.57	2.00	2.21	3.68	3.86

램프미터링 시스템 설치 전·후 headway를 비교한 결과, 시스템 설치 후 상류부와 본선부, 하류부의 headway가 크게 변화하지 않았다. 상류부와 본선부의 경우, 차로별로 headway가 소폭 상승하거나 감소하는 구간이 있었으며, 상류부의 3차로와 4차로의 경우 평균 headway가 동일하였다. 하류부의 경우, 시스템 설치 전 3, 4차로의 headway가 다른 구간보다 큰 값을 나타내고 있는데, 이는 전방에 진입램프가 있음을 인지한 본선의 운전자들이 사고위험을 피하기 위하여 방어적으로 앞 차와의 간격을 길게 조정하거나 다른 차로로 사전에 차로변경을 시도하는 것으로 분석된다. 시스템의 설치 후에는 하류부 전 차로에서 소폭 감소하는 것으로 분석되었으나 F-test를 통하여 가설검정을 실시한 결과, 유의수준 0.05에서 기각할 수 없어 시스템 설치 전과 설치 후 headway가 감소하였다고 볼 수 없다.

나. 속도분산 분석

headway 분석과 같은 일시의 검지기자료를 이용하여 분석하였다.



표 6. 시스템 설치 전·후 차로별 속도분산 분석

구분	상류부				본선부				하류부			
	1차로	2차로	3차로	4차로	1차로	2차로	3차로	4차로	1차로	2차로	3차로	4차로
설치전평균	14.8	17.9	20.5	39.8	73.1	51.0	55.8	21.9	110	88.0	40.1	28.4
설치후평균	16.6	20.9	30.3	35.7	42.4	10.4	46.9	25.5	195	114	68.0	81.6

자료를 분석한 결과, 상류부와 하류부의 속도분산은 증가하였으며, 본선부의 속도분산은 감소하였다. 속도 분산에 대한 F-test를 실시한 결과, 상류부와 본선부는 속도분산이 변화하였다고 판단할 수 없으며, 하류부의 경우 속도분산이 변화한 것으로 판단할 수 있다는 결론이 도출되었다. 이는, 램프미터링을 실시함으로써 램프에서 대기하는 차량이 가속차로를 주행하여 본선에 합류하는 시점의 속도가 램프미터링을 미실시하였을 때에 비하여 낮으므로 하류부의 속도분산이 커진 것으로 판단한다.

표 7. 시스템 설치 전·후 속도분산 차이에 대한 분산검정 결과

구분		유의수준 ($\alpha=0.05$)			
		F 비	유의확률	F 기각치	귀무가설 기각여부
상류부	1차로	3.56	0.25	4.30	기각불가
	2차로	2.35	0.31	4.30	기각불가
	3차로	2.62	0.12	4.30	기각불가
	4차로	4.13	0.08	4.30	기각불가
본선부	1차로	1.09	0.24	4.30	기각불가
	2차로	1.34	0.21	4.30	기각불가
	3차로	0.23	0.35	4.30	기각불가
	4차로	0.21	0.31	4.30	기각불가
하류부	1차로	5.73	0.02	4.30	기각
	2차로	5.12	0.04	4.30	기각
	3차로	4.50	0.05	4.30	기각
	4차로	5.10	0.03	4.30	기각

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 기존 연구 고찰을 통하여 단기간에 수집가능한 효과척도를 선정하여 진입제어시스템의 효율성 및 안전성을 평가하였다. 효율성은 구간통행속도를 이용하여 평가하였으며, 안전성은 headway와 속도 분산을 이용하여 평가하였다. 통계적 분석 결과 안전성의 평가 척도는 속도분산으로 결정하였다. 그 결과, 교통운영제어시스템의 통행속도는 증가하여 효율성은 증가하였으나, 속도분산으로 평가된 안전성의 경우 구간별 차이는 있지만 감소하는 것으로 분석되었다.

효율성을 평가한 결과, 시스템이 설치되어 있는 중동IC 하류부에서 구간통행속도가 증가하는 것으로 분석되었으며, 고속도로 본선에 설치되어 있는 지점검지기 자료를 활용하여 공간적으로 상류부, 본선부, 하류부로 분류하여 안전성을 평가한 결과, headway의 변화는 없는 것으로 분석되었으며, 각 구간별 속도분산은 상류부와 본선부의 속도분산은 변화하지 않았으며, 하류부의 속도분산은 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이는 진입차로제어시스템의 실시로 인하여 신호제어를 받은 차량이 램프진입부에서 정지하였다가 출발하므로, 본선의 합류시 시스템을 미실시하였을 때 주행속도에 비해 낮은 속도로 진입하여 발생한 결과로 판단한다. 이를 보완하기 위하여, 차후 국내에 진입차로제어시스템이 도입되었을 경우, 본선 유입시 주행속도를 본선의



주행차량과 동일한 속도까지 회복할 때까지 가속차로를 충분히 주행할 수 있도록, 가속차로와 본선부의 물리적으로 분리할 수 있는 시설물을 설치하여 운영하는 것이 시스템의 안전성 향상에 크게 도움이 될 것으로 판단한다.

감사의 글

본 연구는 2004년 건설교통부 국가교통핵심기술개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 2004, "첨단교통모델도시 건설사업 효과분석",
2. 남두희, 2002, "ITS 사업의 타당성 분석기법정립에 관한 연구", 한국교통연구원
3. 이수일, 2006, "안전측면의 도로선형 설계일관성 평가기준 개발에 관한 연구", 한양대학교 박사학위 논문
4. 이점호, 2000, "평면곡선부의 속도 및 교통사고 영향분석연구", 대한교통학회지 제18권 제1호.
5. 최재성, 1998, "도로선형에 대한 설계 일관성 평가모형의 개발", 대한교통학회지 제 16권 제4호.
6. 하태준 외, 2002, "지방부 2차로 안전성 평가에 관한 연구", 대한교통학회지 제 20권 제1호.
7. AASHTO, 2004, "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", Washington, D.C.
8. Evans, L. and Wasielewski, P., 1983. Risky driving related to driver and vehicle characteristics. Accident Analysis and Prevention 15, pp. 121 - 136
9. Evans, L., Wasielewski, P. and Von Buseck, C.R., 1982. Compulsory seat belt usage and driver risk-taking behavior. Human Factors 24, pp. 41 - 48
10. Kataja Vogel, 2003, "A comparison of headway and time to collision as safety indicator", Accident analysis & prevention 35
11. Liu & Popoff, 1996, "Provincial-Wide Travel Speed and Traffic Safety Study in Saskatchewan ", TRR 1595 p8~13, TRB
12. R. Lamm et. al, 1988, "Possible Design Procedure to Promote Design Consistency in Highway Geometric Design on Two-Lane Rural road", TRR 1195, TRB
13. R. Lamm et. al, 1994, "Curvilinear Alignment : an important Issue for More Consistent and Safer Road Characteristic", TRR 1445, TRB
14. Sirpa Rajalin, 1997, "Close-Following Drivers on two-lane highways", Accident analysis & prevention 29
15. Solomon, D., 1964. Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle. , Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Washington, DC.
16. Todd Litman et. al, 2005, "Safe Travels : Evaluating Mobility Management Traffic Safety Impacts", Victoria Transport Policy Institute