

## ITS 상황하의 도시고속도로 유출입 램프 영향권 속도예측모형 구축에 관한 연구<sup>+</sup>

김 동 수\* · 김 태 곤\*\*

Predictive Speed Modeling on Urban Freeway  
Ramp Junctions under the ITS Setting

*D. S. Kim · T. G. Kim*

**Key Words** : 첨단교통체계(ITS), 고속도로(Freeway), 램프(Ramp), 교통량(Volume), 속도(Speed), 점유율(Occupancy), 안정류(Stable Flow), 불안정류(Unstable Flow)

### Abstract

Today travel demand continues to increase with the spread of economic zones. Also, urban freeway plays an important role in intra-zone transportations as a major corridor in a big city. However, most of urban freeways experience a severe congestion with the excess of inflowing or outflowing traffic through freeway ramps. The purpose of this study is to identify the traffic characteristics, analyze the relationships between the traffic characteristics and finally construct the speed predictive models on the ramp junctions of urban freeway under the intelligent transportation system(ITS) settings.

From the analyses of traffic characteristics following results were obtained :

- i) 24 hours average traffic flow, occupancy, speed under the ITS settings showed about 40%, 38%, 8.8% increase each on urban freeway junctions period when compared with that under the non-ITS settings each other. Free flow speed and traffic flow on the mainline sections of urban freeway under the ITS settings also showed about 20% and 17% increase when compared with that under the non-ITS, respectively.
- ii) The upstream speed( $S_u$ ) and downstream occupancy( $O_d$ ) were especially shown to have higher explanatory powers on the stable flow ramp junctions, but the upstream speed( $S_u$ ) and downstream flow( $V_d$ ) were especially shown on the unstable flow ramp junctions of urban freeway under the ITS settings.

+ 본 연구는 1997년도 학술진흥재단의 대학교수 해외파견 연구지원에 따른 자료구축에 의해서 연구되었음.

\* 정희원, (주)교통환경연구원 연구원

\*\* 정희원, 한국해양대학교 공과대학 토목환경공학부 교수

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경

일반적으로 도시고속도로(urban freeway)란 지역 교통의 핵심축으로서 안전하고 효율적이며 대량의 차량통행을 허용하는 고속도로로 출퇴근시간대를 제외하고는 거의 자유류속도(free flow speed)를 유지하는 도로를 의미한다.

오늘날 급격한 경제권의 확대, 인구의 증가 그리고 생활수준의 향상 등으로 통행수요는 계속 급증함에도 불구하고 대부분의 도시고속도로는 지역교통에 있어서 본래의 역할을 담당하지 못하고, 출퇴근 시간대에 관계없이 극심한 교통문제를 겪고 있다. 따라서 가용재원의 허용범위 내에서 새로운 도시고속도로의 확충 및 확장도 필요하지만, 기존 도시고속도로의 보다 효율적인 교통관리체계(freeway traffic management system, FTMS)를 수립하여 효율성을 증대시키는 것이 더욱 중요한 연구과제로 대두되고 있다.

### 1.2 연구 목적

도시고속도로의 램프 접속구간(합·분류구간)은 두 개의 교통류가 합류되거나 분류되는 구간으로 차로 변경과 가·감속으로 인하여 지체가 발생하는 구간으로 도시고속도로의 교통관리체계를 구축하는데 있어 중요 관심지점으로 지적되고 있다.

이러한 유·출입램프 접속구간에 첨단교통체계(intelligent transportation system, ITS)여건을 조성하여 접속구간에서 교통류간의 마찰을 줄이고, 본선 구간 교통류의 흐름을 원활하게 하는 교통류 관리방식이 국내·외에서 연구되고 있다. 그러나, 국내의 경우 고속도로의 유입램프에 대한 합류구간 용량산정이나 교통특성 예측모형의 구축에 대한 연구로 국한되어 있어 유·출입램프 접속구간에서의 교통특

성분석 및 교통특성 예측모형이 거의 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 첨단교통체계(ITS)하의 도시고속도로 유·출입램프의 접속부에 면한 2개차선, 거리 450m의 접속부 구간 영향권<sup>1)</sup>(influence area) 교통특성 변화를 파악하고, 유·출입램프 접속부 구간의 영향권(influence area)내에서 속도예측모형을 구축하여 도로용량편람(highway capacity manual, HCM)의 속도예측모형이나 기존에 구축된 속도예측모형과의 상호 비교를 통해 보다 나은 속도예측모형을 제시하고자 한다.

### 1.3 자료수집

본 연구에서는 미국 Michigan주 Detroit지역을 동서로 가로지르는 도시고속도로 I-94(interstate freeway)상에서 도시고속도로의 합·분류구간을 대상으로 첨단교통체계(ITS)를 도입하기 전·후의 상·하향류(upstream·downstream) 검지기(detector)를 통하여 매 1분 단위로 관측된 자료가 사용되었고, ITS상황하에서는 1998년 11월과 12월 사이의 1개월 동안에 관측된 자료(교통량, 점유율, 속도)와 ITS이전상황하에서는 1997년 1월부터 8월까지 8개월 동안에 관측된 자료가 사용되었다.

## 2. 교통 특성 분석

본 절에서는 ITS도입 전·후의 도시고속도로 유·출입램프 접속구간의 기본적인 교통특성 분석을 위해 합류·분류구간의 상향류 교통량, 유·출입램프 교통량, 상향류 점유율, 상·하향류 속도를 각각 24시간 평균, 오전 첨두시간대(06:30~09:30), 오후 첨두시간대(17:30~19:30)로 분류하여 비교·분석하였으며, 또한 교통량-속도 관계를 ITS도입 전·후로 나누어 상호 비교·분석하였다.

1) TRB, Highway Capacity Manual 2000 Ch5 pp.6

연구대상 도시고속도로의 합류·분류구간의 개략적인 구조는 위의 Fig. 2.1과 같고, 기하구조 특성은 다음과 같다.

- 상·하향류 검지지점 길이 : 536m(1/3mile)
- 본선, 유입·유출램프의 차선 폭 : 3.6m(12ft)
- 본선구간의 차선 수 : 3차선
- 유입·유출램프의 차선 수 : 1차선
- 유입·유출램프의 형태 : 독립된 연결로
- ITS 시설 : CCTV, HAR Transmitter, CMS, Ramp metering

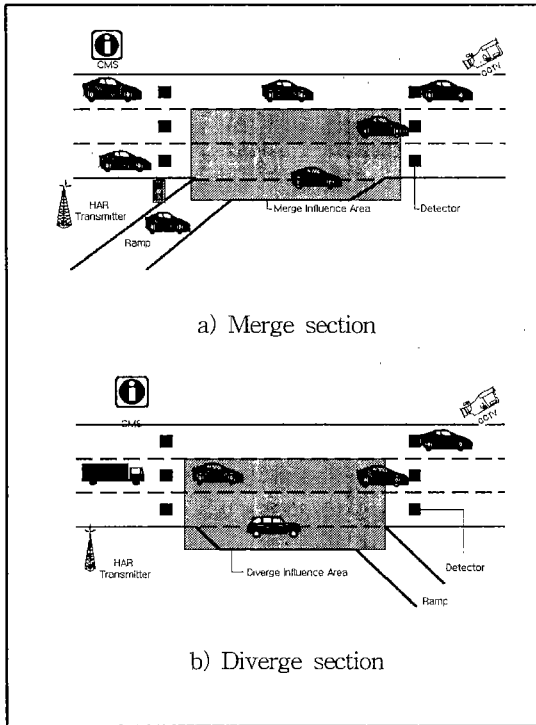


Fig. 2.1 ITS ramp junctions on urban freeway

2.1 교통량 분석

2.1.1 본선구간 교통량 분석

연구대상 도시고속도로의 합류구간을 중심으로 ITS 도입 후에 24시간 평균 상향류 교통량은 약 39.5%정도 증가하는 것으로 나타났고, 분류구간에서

도 ITS 도입 전·후에 24시간 평균 상향류 교통량이 약 42.6%정도 증가하는 것으로 나타남으로써 ITS 도입 후에 교통량이 약 41%정도 증가하였음을 알 수 있었다.

특히, ITS 도입 후에 오전 첨두시간대 상향류 교통량의 편중비율이 합류구간에서 약 27.6%정도 감소되는 것으로 나타났고, 분류구간에서도 23.8%정도 감소되는 것으로 나타남으로써 ITS 도입 후 오전 첨두시간대 합류·분류구간에서 상향류 교통량의 집중률이 약 25.7%정도 감소됨으로써 교통량이 분산되는 것으로 나타났다.(참조 Table 2.1, Fig. 2.2)

Table 2.1 Upstream volume shift on ramp junction B/A ITS

B/A ITS	type of junction	24 hours avag volume	peak period volume and change			
			AM peak	change	PM peak	change
before ITS	merge	2,573	4,566	77.5%	3,383	31.5%
	diverge	2,870	4,837	68.5%	3,813	32.9%
after ITS	merge	3,589	5,378	49.9%	3,258	-9.2%
	diverge	4,093	5,922	44.7%	4,195	2.5%
change	merge	39.5%	17.8%		-3.7%	
	diverge	42.6%	22.4%		10.0%	

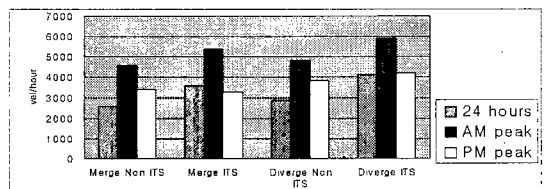


Fig. 2.2 Upstream volume distribution on ramp junction B/A ITS

2.1.2 램프 교통량 분석

ITS도입 후의 도시고속도로의 유입·유출램프 교통량은 검지기에서 기록된 자료를 사용하였으나, ITS도입 전의 유입·유출램프 교통량은 검지기에서 기록되지 않았으므로 상향류 교통량과 하향류 교통량의 차를 램프 교통량으로 하였다.

ITS 도입 후 오전 첨두시간대 램프교통량의 편중 비율이 합류구간에서 약 3.0%정도 증가된 것으로 나타났고, 분류구간에서는 약 54.6%정도 감소되는 것으로 나타남으로써 ITS 도입 후 오전 첨두시간대 합류·분류구간에서 램프교통량의 편중비율이 약 25.8%정도 감소됨으로써 램프교통량이 분산되는 것으로 나타났다.(참조 Table 2.2, Fig 2.3)

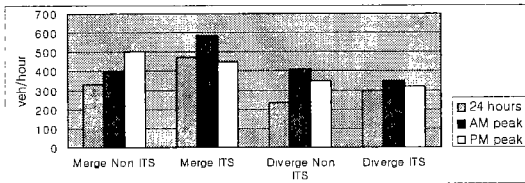


Fig. 2.3 Ramp volume distribution on ramp junction B/A ITS

Table 2.2 Ramp volume shift on ramp junction B/A ITS

B/A ITS	type of junction	24 hours avg volume	peak period volume			
			AM peak	change	PM peak	change
before ITS	merge	333	399	19.8%	503	51.1%
	diverge	238	409	71.9%	348	46.2%
after ITS	merge	474	582	22.8%	449	-5.3%
	diverge	297	348	17.2%	321	8.1%
Change	merge	42.3%	45.9%		-10.7%	
	diverge	24.8%	-14.9%		-7.8%	

2.2 점유율 분석

점유율(occupancy)은 단위관측시간에 대한 차량의 검지기 점유시간의 비율로서 퍼센트(%)로 표현된다.

ITS 도입 후 오후 첨두시간대 점유율의 편중비율은 합류구간에서 약 34.4%정도 감소되는 것으로 나타났고, 분류구간에서도 38.1%정도 감소되는 것으로 나타남으로써 ITS 도입 후 오후 첨두시간대 점유율의 편중비율이 약 25.8%정도 감소되었다.(참조 Table 2.3, Fig. 2.4)

Table 2.3 Upstream occupancy shift on ramp junction B/A ITS

B/A ITS	type of junction	24 hours avg occupancy	peak period occupancy			
			AM peak	change	PM peak	change
before ITS	merge	4.4%	11.2%	153.3%	5.6%	26.8%
	diverge	4.8%	10.5%	121.0%	6.1%	27.9%
after ITS	merge	6.2%	10.6%	72.4%	5.7%	-7.6%
	diverge	6.6%	10.0%	51.2%	6.7%	2.1%
change	merge	39.5%	-5.1%		1.6%	
	diverge	38.7%	-5.1%		10.7%	

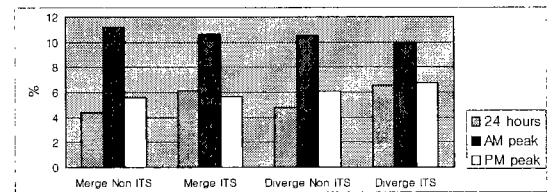


Fig. 2.4 Upstream occupancy distribution on ramp junction B/A ITS

2.3 속도 분석

24시간 평균 속도는 ITS도입 전에 비하여 약 10.4%정도 증가되었고, 분류구간에서도 ITS도입 후에 7.3%정도 증가된 것으로 나타남으로써 ITS도입 후에 평균 속도가 약 8.8%정도 증가된 것으로 나타났다.(참조 Table 2.4, Fig. 2.5)

Table 2.4 Upstream speed shift on ramp junction B/A ITS

B/A ITS	type of junction	24 hours average speed	peak period speed			
			AM peak	change	PM peak	change
before ITS	merge	112.7km	93.9km	-16.7%	114.0km	1.2%
	diverge	110.1km	95.7km	-13.1%	111.0km	0.8%
after ITS	merge	124.4km	103.8km	-16.5%	127.3km	2.4%
	diverge	118.1km	107.8km	-8.7%	118.6km	0.4%
change	merge	10.4%	10.5%		11.7%	
	diverge	7.3%	12.7%		6.9%	

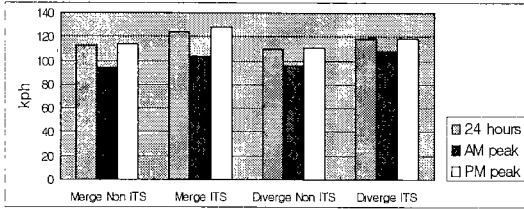


Fig. 2.5 Upstream speed distribution on ramp junction B/A ITS

2.4 교통량과 속도관계 분석

합류구간의 교통량과 속도관계곡선에서 ITS도입 전에 약 130km정도의 평균 자유류속도에 1,860vphpl의 용량을 보였다.

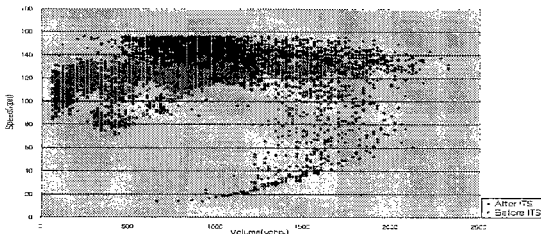


Fig. 2.6 Speed-flow relationship on merge section B/A ITS

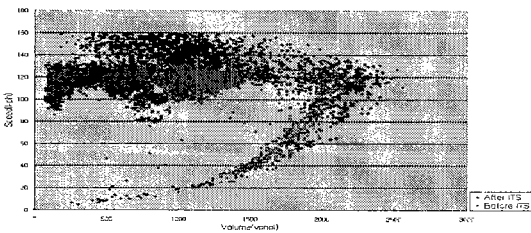


Fig. 2.7 Speed-flow relationship on diverge section B/A ITS

ITS도입 후에 약 158km의 평균 자유류속도에 2,180vphpl의 용량을 보여줌으로써 주행속도는 약 20%정도 증가하였고, 통행량은 약 17%정도 증가한 것으로 나타났다.(참조 Fig. 2.6, Fig. 2.7)

3. 모형구축

본 절에서는 연구대상 도시고속도로의 합류·분류구간 영향권상에서 ITS도입 전·후의 교통특성변화를 비교하기 위해 ITS도입 후의 속도예측모형(speed-predictive models under ITS : SPD)을 구축하였다. 모형의 구축은 다중선형회귀분석을 사용하였고 모형의 효율, 다중공선성, 자기상관은 각각  $R^2$ , VIF(분산팽창계수), Durbin-Watson vale를 통해 검증하였다.

특히, 모형구축에 있어서 통행량이 증가함에 따라 속도가 서서히 감소하는 안정류 상태와 통행량이 증가함에 따라 속도도 증가하는 불안정류 상태로 분리하였으며, 상향류 교통량은 Fig. 2.6과 Fig. 2.7의 교통량-속도관계 산점도에서 합류·분류구간 120kph - 160kph사이의 속도구간을 모형으로 구축하였다.

3.1 합류구간의 안정류 모형

단계식선택방법(stepwise selection method)을 통해 구축된 모형의 종속변수에 영향을 미치는 독립변수는 상향류 속도( $S_u$ ), 하향류 교통량( $V_d$ ), 하향류 점유율( $O_d$ ), 연결로 교통량( $V_l$ )으로 나타났다.(참조 Table 3.1) 그러나 ITS도입 후 합류구간에서는 안정류상태의 유입교통량이 증가함으로써 대부분의 교통량은 분산되어 자유류속도(free flow speed)에 도달하였다. 그러나, 교통량 증가에 따른 속도감소현상이 줄어들어 상향류 교통량( $V_d$ )과 종속변수와의 논리적 인과관계의 설명력이 부족하였으며, 또한 램프교통량( $V_l$ )의 표준화  $\beta$ 계수는 0.023으로 다른 독립변수보다 현저하게 낮은 값을 보였고, 부호(+,-) 또한 논리적 인과관계가 부족하였다. 따라서 두 변수를 제외한 수정된 모형이 구축되었다.(참조 Table 3.2)

Table 3.1 SPI model in merge influence area under stable flow condition

$$S_I = 58.494 + 0.56S_u + 0.305V_d - 4.163O_d + 0.049V_r$$

variables	constant	$S_u$	$V_d$	$O_d$	$V_r$
t-value	139.377	197.696	76.207	-94.611	6.061
p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$S-\beta$		0.810	0.536	-0.678	0.023
$R^2 = 0.927$ SE = 3.105 prob>F = 0.000					
Durbin-Watson value = 2.005, VIF = 5.314					

Table 3.2 Modified SPI model in merge influence area under stable flow condition

$$S_I = 58.343 + 0.582S_u - 1.146O_d$$

variables	constant	$S_u$	$O_d$
t-value	114.869	184.561	-40.966
p-value	0.000	0.000	0.000
$S-\beta$		0.841	-0.187
$R^2 = 0.868$ SE = 4.174 prob>F = 0.000			
Durbin-Watson value = 2.038 VIF = 1.189			

3.2 합류구간의 불안정류 모형

다중회귀모형의 구축과정을 거쳐 선택된 독립변수는 상향류 점유율( $O_u$ ), 상향류 속도( $S_u$ ), 하향류 교통량( $V_d$ ), 하향류 점유율( $O_d$ ), 램프교통량( $V_r$ )으로 나타났다.(참조 Table 3.3)

상향류 점유율( $O_u$ )과 합류·분류구간 영향권상의 관측속도는 반비례 관계에 있지만, 관측속도가 약 90kph에 몰려 있어 상향류 점유율( $O_u$ )을 회귀모형구축에 반영한다는 것은 부적당한 것으로 나타났으며, 상향류 점유율을 제외하여 수정된 모형이 구축되었다.(참조 Table 3.4)

3.3 분류구간의 안정류 모형

단계식선택법에 의해 독립변수로는 상향류 속도( $S_u$ ), 하향류 교통량( $V_d$ ), 하향류 점유율( $O_d$ ), 연결로 교통량( $V_r$ ) 등이 선택되었다.(참조 Table 3.5)

그러나 하향류 교통량( $V_d$ ), 연결로 교통량( $V_r$ )의 부호는(+) 종속변수와 인과관계의 설명력이 부족하여 두 변수를 제외하고 수정된 모형이 구축되었다.(참조 Table 3.6)

Table 3.3 SPI model in merge influence area under unstable flow condition

$$S_I = 35.333 + 0.518O_u + 0.701S_u + 0.09266V_d - 1.693O_d - 0.0159V_r$$

variables	constant	$O_u$	$S_u$	$V_d$	$O_d$	$V_r$
t-value	17.193	10.589	62.089	8.754	-43.125	-7.136
p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$S-\beta$		0.142	0.751	0.081	-0.385	-0.036
$R^2 = 0.978$ SE = 3.859 prob>F = 0.000						
Durbin-Watson value = 2.015 VIF = 7.616						

Table 3.4 Modified SPI model in merge influence area under unstable flow condition

$$S_I = 50.724 + 0.605S_u + 0.077V_d - 1.578O_d - 0.188V_r$$

variables	constant	$S_u$	$V_d$	$O_d$	$V_r$
t-value	33.017	84.783	6.915	-39.017	-8.049
p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$S-\beta$		0.648	0.067	-0.359	-0.042
$R^2 = 0.975$ SE = 4.081 prob>F = 0.000					
Durbin-Watson value = 1.954 VIF = 3.497					

한편, 분류구간의 불안정류 모형구축은 ITS도입 후 대부분의 교통류가 안정류 상태로 몰리는 경향을 보여 모형이 구축되지 않았다.

Table 3.5 SPI model in diverge influence area under stable flow condition

$$S_I = 53.372 + 0.637S_u - 6.200O_d + 0.447V_d + 0.063V_r$$

variables	constant	$S_u$	$O_d$	$V_d$	$V_r$
t-value	62.986	98.715	-86.452	73.385	-6.838
p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$S-\beta$		0.549	-1.168	0.921	0.035
$R^2 = 0.850$ SE = 3.940 prob>F = 0.000					
Durbin-Watson value = 2.024 VIF = 8.787					

Table 3.6 Modified SPI model in diverge influence area under stable flow condition

$S_f = 31.934 + 0.830S_u - 1.350O_d$			
variables	constant	$S_u$	$O_d$
t-value	30.533	106.077	-37.689
p-value	0.000	0.000	0.000
$S-\beta$		0.716	-0.254
$R^2 = 0.733$ $SE = 5.265$ $prob>F = 0.000$			
Durbin-Watson value = 1.966 $VIF = 1.227$			

### 4. 모형간 비교분석

본 절에서는 기존의 합류·분류구간 영향권에서 속도예측모형과 ITS도입 후의 모형 비교와 검증을 실시하였다. 기존의 합류·분류구간 영향권에서 속도예측모형으로는 1997년 HCM모형과 ITS도입 전의 속도예측모형(speed predictive models, SPM)<sup>1)</sup>을 선택하였으며, 모형의 t-검정, 상관관계분석, 관측치를 오름차순(ascending array)으로 배열한 값을 기준으로 한 그래프 비교방법을 사용하여 ITS도입 후 교통류에 대한 기존 모형과 ITS도입 후 속도예측모형(speed predictive models under ITS, SPI)의 적용 가능성을 검증하였다.

#### 4.1 합류구간의 안정류 비교

t-검정의 결과에 있어서 관측속도 vs HCM모형의 t-값이 -181.480으로 큰 t-값을 가져 유의확률(p-value)이 0.000을 보였고, 관측속도 vs SPM모형 또한 유의확률이 0.000을 보이지만 t-값이 35.459로 HCM모형보다는 낮게 나타났다.

그러나, SPI모형의 경우 t-값이 1.855, 유의확률(p-value) 0.064로 유의 수준 95%에서 관측값과 SPI모형 예측값이 다르다는 대립가설을 기각할 수 있는 것으로 나타났다. (참조 Table 4.4, Fig. 4.1)

Table 4.4 T-test of merge influence area under stable flow condition

	mean(kph)	SD	t-value	p-value
observed	129.84	11.27807		
HCM	114.67	11.80408	-181.480	0.000
SPM	126.56	13.04969	35.459	0.000
SPI	129.76	10.5917	1.855	0.064

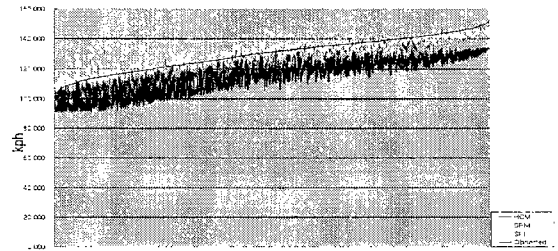


Fig. 4.1 Value comparison of models under stable condition on merge section by ascending array

#### 4.2 합류구간의 불안정류 비교

안정류 모형비교와는 달리 표준편차가 큰 관계로 모형간 t-검정은 적당하지 않아 상관관계 비교를 통하여 모형간 적합도를 알아보면, 관측속도 vs SPM모형과의 상관관계가 0.935, 관측속도 vs SPI모형의 상관관계가 0.987로 SPI모형이 좀더 높은 적합성을 보여 주었다. (참조 Table 4.5, Fig. 4.2)

Table 4.5 Correlation coefficient of merge influence area under unstable flow condition

	mean(kph)	SD	correlation coefficient
Observed	75.51746	25.31528	
SPM	73.36071	24.54622	0.935
SPI	76.3496	24.6633	0.987

2) 김승길, "70mph 제한속도를 갖는 고속도로 연결로 접속부상에서의 속도예측모형 구축에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 학위논문, 2000.

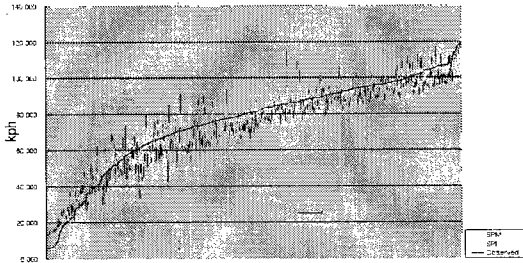


Fig. 4.2 Value comparison of models under unstable condition on merge section by ascending array

4.3 분류구간의 안정류 비교

t-검정의 결과는 관측속도 vs HCM모형의 t-값이 12.974로, 유의확률(p-value)이 0.000을 보였으며, 관측속도 vs SPM모형은 t-값이 35.459, 유의확률 0.232로 유의한 값을 보였다. 반면, SPI모형의 경우 t-값이 -0.161로 유의확률(p-value) 0.872로 매우 유

Table 4.6 T-test of diverge influence under stable flow condition

	mean(kph)	SD	t-value	p-value
observed	124.4947	10.12233		
HCM	126.43819	13.20516	12.974	0.000
SPM	124.34620	6.14646	1.195	0.232
SPI	124.5111	8.7478	-0.161	0.872

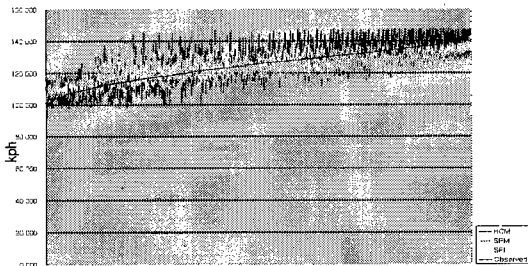


Fig. 4.3 Value comparison of models under stable condition on diverge section by ascending array

의함을 나타내었다. 또한, 95% 유의수준에서 SPM 모형이나 SPI모형 모두 적용에 문제가 없는 것으로 나타났다. (참조 Table 4.6, Fig. 4.3)

4.4 분류구간의 불안정류 비교

연구대상 도시고속도로의 분류구간 영향권에서 불안정류 속도비교는 관측된 자료가 안정류에 몰려 있는 현상이 발생하여 모형을 구축하지 못했고, 기존의 SPM모형으로 적합성을 검증하였다. 분류구간 영향권에서 불안정류의 경우 관측된 평균속도는 72.5kph, 표준편차 27.2kph였고, SPM모형으로 예측된 평균속도 75.7kph, 표준편차 23.4kph로 다소 높은 편차를 보였다. 반면, 상관계수는 0.967로 높은 상관관계를 보여 분류구간 영향권에서 불안정류의 경우 SPM모형의 적용이 가능함을 보였으며(참조 Table 4.7), 상관관계표는 Table 4.7과 같다. 또한, 분류구간의 영향권에서 관측된 속도와 SPM모형값 비교그래프에서는 전체적으로 SPM모형이 관측값보다 높게 예측되는 것으로 나타났다. (참조 Fig. 4.4)

Table 4.7 Correlation coefficient of diverge unstable flow condition

	mean(kph)	SD	correlation coefficient
observed	72.5119	27.19718	
SPM	75.65418	23.40616	0.967

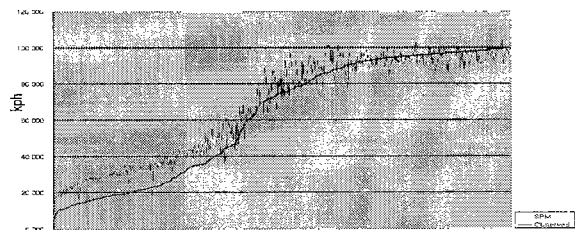


Fig. 4.4 Value comparison of models under unstable condition on diverge section by ascending array



## 5. 결론 및 향후 연구과제

ITS상황하의 연구대상 도시고속도로의 접속구간(합류·분류)에서 교통특성분석과 속도예측모형의 구축 및 검증을 통해 다음과 같은 결론에 도달하게 되었다.

(교통특성 분석결과)

i) ITS 도입 후에 도시고속도로 본선구간의 24시간 평균 통행량이 40%정도 증가되는 것으로 나타났고, 차량의 침두시간대 편중비율이 약 30%이상 감소함을 보였다.

ii) ITS도입 후에 도시고속도로의 본선 통행량의 증가로 점유율이 약 38%정도 증가하였으나, 침두시간대 점유율의 편중비율이 감소함을 보였다.

iii) ITS 도입 후에 도시고속도로의 주행속도가 약 8.8%정도 증가하였고, 침두시간대 주행속도는 ITS도입 전에 비하여 차량의 편중비율이 감소함을 보였다.

iv) ITS 도입 후에 도시고속도로의 본선구간 자유류속도는 약 20%정도 증가함을 보였다.

위의 결과로 ITS 실행후 도시고속도로의 기능이 향상되었음을 알 수 있었다.

(속도예측모형 구축결과)

i) 합류구간에서 안정류 속도예측모형의 주요 결정변수로는 상향류 속도( $S_u$ ), 하향류 점유율( $O_d$ )으로 나타났다.

ii) 합류구간의 불안정류 속도예측모형의 주요 결정변수로는 상향류 속도( $S_u$ ), 하향류 교통량( $V_d$ ), 하향류 점유율( $O_d$ ) 및 램프교통량( $V_r$ ) 등으로 나타났다.

iii) 분류구간에서 안정류 속도예측모형의 주요

결정변수로는 상향류 속도( $S_u$ ), 하향류 점유율( $O_d$ )으로 나타났다. 그러나, 관측자료 대부분이 분류구간에서 안정류속에 몰려 있었기 때문에 속도예측모형은 구축되지 못하였다.

마지막으로, 본 연구에서는 미국 Michigan주 Detroit지역의 ITS도입 후 도시고속도로의 본선구간과 진·출입램프 접속구간만을 연구대상으로 하여 도시고속도로와 연결된 간선도로의 영향을 고려하지 않았기 때문에 향후 간선도로의 교통특성을 고려한 통합교통관리체계의 구축과 같은 연구과제가 수행되어야 할 것으로 생각되지만, 도시고속도로의 교통특성 모형구축이나 교통관리체계 구축에 관한 연구에 기여할 것으로 사려된다.

## 참고문헌

- 1) 김상구, "고속도로 합류부의 교통와해 원인 분석", 대한교통학회지 제 16권, 제 2호, 1998.
- 2) 신치현, "고속도로 램프 접속부에서의 속도추정 모형", 대한교통학회지 제 13권, 제3호, 1995.
- 3) 김승길, "70mph 제한속도를 갖는 고속도로 연결로 접속부상에서의 속도예측모형 구축에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 학위논문, 2000.
- 4) Nick Thompson, "Ramp up the volume", ITS International, 1997.
- 5) A. D. May, "Traffic Flow Fundamentals", 1990, pp. 232~246.
- 6) G. A. Davis, N. L. Nihan, M. M. Hamed, and L. N. Jacobson, "Adaptive Forecasting of Freeway Traffic Congesting", TRB No. 1287, 1990.