

공학석사 학위논문

도시고속도로의 유입연결로 접속영향권내  
밀도예측모형 구축에 관한연구  
-부산광역시 변영로를 대상으로-

*Density Predictive Model within the On-Ramp Junction  
Influence Areas of the Urban Freeway  
- Based on the Beonyoungro in the Metropolitan City of Busan -*

지도교수 김 태 곤

2008년 2월

한국해양대학교 대학원

토목환경공학과

표 종 진

# 목 차

Nomenclature .....	iii
List of Tables .....	iv
List of Figures .....	v
Abstract .....	vi
제 1 장 서론 .....	1
1.1 연구배경 .....	1
1.2 연구목적 및 필요성 .....	1
1.3 연구의 수행과정 .....	3
제 2 장 기존 문헌 연구 .....	4
2.1 도로용량편람 검토 .....	4
2.2 기타 문헌연구 .....	11
제 3 장 자료수집 및 특성분석 .....	12
3.1 자료수집 .....	12
3.2 교통특성 분석 .....	14
3.3 교통특성의 상호관계 .....	23

제 4 장	모형 구축 및 검증 .....	26
4.1	모형구축 .....	27
4.2	모형검증 .....	29
제 5 장	모형의 상호비교 .....	33
5.1	비교평가 .....	33
제 6 장	결론 및 향후 연구과제 .....	36
6.1	결론 .....	36
6.2	향후 연구과제 .....	37
참고문헌	.....	38

## *Nomenclature*

$v_i$	Volume in 15-min, <i>veh/15min</i>
$f_{HV}$	Adjustment factor for heavy vehicles
$q$	Hourly flow rate, <i>pc/h</i>
$q_i$	Peak 15-minute flow rate, <i>pc/15min</i>
$p_m$	Percentage of middle vehicles, %
$p_l$	Percentage of large vehicles, %
$e_m$	Passenger car unit of middle vehicles(1.5)
$e_l$	Passenger car unit of large vehicles(2.0)
$u_s$	Space mean speed, <i>km/h</i>
$u_i$	Speed in speed interval, <i>km/h</i>
$f_i$	Frequency in speed interval
$n$	Number of speed interval
$t_h$	Time headway, sec
$s_h$	Space headway, m
$u_t$	Time mean speed, <i>km/h</i>
$k$	Average density, <i>pc/km</i>
$k_1$	Density of 1st lane from adjacent lane, <i>pc/km</i>
$k_2$	Density of 2st lane from adjacent lane, <i>pc/km</i>
$k_3$	Density of adjacent lane, <i>pc/km</i>
$D_{MR}$	Mean density within the merge influence area

## *List of Tables*

Table 2.1	Maximum service flow rate of 1 lane ramp .....	4
Table 2.2	Maximum service flow rate for merge and diverge areas .....	5
Table 2.3	Equations for predicting the flow at the merge or diverge points ..	5
Table 2.4	Capacities within the ramp junctions .....	7
Table 2.5	Capacities of the ramp roadways .....	7
Table. 2.6	LOS criteria for basic section and ramp junction .....	9
Table 3.1	Geometric characteristics of the study section .....	13
Table 3.2	Results of flow characteristic analysis .....	16
Table 3.3	Results of speed characteristic analysis .....	19
Table 3.4	Density on the on-ramps under the study .....	22
Table 4.1	Density prediction model constructed .....	27
Table 4.2	Regression coefficients by the models .....	28
Table 4.3	t-test results of the observed and expected densities .....	30
Table 5.1	Statistics of observed and expected densities by the models ...	34

## *List of Figures*

Fig. 1.1	Flowchart of study process .....	3
Fig. 2.1	Flow at the merge or diverge for analysis .....	5
Fig. 2.2	Scale of the ramp junction influence areas .....	6
Fig. 3.1	Geometry and Equipments of on-ramp under the study .....	12
Fig. 3.2	Flow distribution .....	16
Fig. 3.3	Speed distribution .....	19
Fig. 3.4	Density distribution .....	22
Fig. 3.5	Relationship between flow and speed .....	24
Fig. 3.6	Relationship between flow and density .....	25
Fig. 4.1	Sketch of on-ramp junctions and definition of the variables .....	26
Fig. 4.2	Density validation by this model .....	31
Fig. 4.3	Density validation by KHCM model .....	31
Fig. 4.4	Density validation by USHCM model .....	32
Fig. 5.1	Comparison of observed and this model density .....	34
Fig. 5.2	Comparison of observed and KHCM model density .....	35
Fig. 5.3	Comparison of observed and USHCM model density .....	35

*Density Predictive Model within the On-Ramp Junction  
Influence Areas of the Urban Freeway*

*- Based on the Beonyoungro in the Metropolitan City of Busan -*

*Jong Jin Pyo*

*Department of Civil and Environmental Engineering,  
Graduate School, Korea Maritime University, Busan Korea*

***Abstract***

Urban freeway is the transportation facility which has the function to swiftly handle a large-scale travel demand and takes charge of a key role in the urban transportation system in the city. Urban freeway is also composed of the basic segment, the weaving segment, the ramp roadway and the ramp junction. More traffic congestion and accidents caused by the vehicles to enter or exit through the entrance and exit ramps occur within the ramp junctions than those caused by the lane change or deceleration maneuver of the vehicles on the mainline segment of the urban freeway.

Additionally, density is used as the measure of effectiveness (MOE) within the ramp junction influence area suggested in the Korean highway capacity manual(KHCM) in the LOS analysis of the ramp junction, and also density predictive models suggested in the KHCM is constructed based on the expressway with the speed limit of 100km/h or 110km/h in Korea. So, the density predictive models suggested in the KHCM are needed to verify if the models could be applied to the urban freeway with the speed limit of

80km/h or less, because the speed limits on most of the urban freeways in Korea are 80km/h or less.

The purpose in this study is to collect and investigate the real-time traffic characteristics within the on-ramp junction influence areas of the urban freeway, compare and analyze the traffic characteristic relationship within the ramp junction influence areas of the urban freeway, and finally construct and verify the appropriate density predictive model within the on-ramp junction influence area of the urban freeway by comparing with the USHCM and KHCM models.

By analyzing the real-time traffic characteristics, and constructing and verifying the density predictive model within the on-ramp junction influence area of the urban freeway, the following conclusions were drawn:

- i) Traffic characteristic analyses were shown to have a distinct difference in the traffic characteristic distributions within the on-ramp junction influence areas. The capacities within the on-ramp junction influence areas were also found to decrease by about 30% when compared with those on the mainline segments of the urban freeway.
- ii) Density predictive model was especially shown to have a high explanatory power with the coefficient of determination( $R^2$ ) of 0.986, and also to be very valid with a high correlation coefficients( $r$ ) of about 0.994 within the on-ramp junction influence areas of the urban freeway.
- iii) Density predictive model in this study was shown to have a higher significance by showing no difference in the predicted and observed densities with the significant probability of 0.453 than the significant probability of 0.000 in the KHCM and USHCM models at the 95% level of significance as a result of the t-test.



# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구배경

도시고속도로는 도시 내의 대량의 교통수요를 신속하게 처리하는 기능을 가지며 도시교통체계의 중추적인 역할을 담당하는 교통시설이다. 일반적으로 도시고속도로(urban freeway)는 도시지역내 안전하고 효율적이며 대량의 차량통행을 허용하는 주요 간선도로로 출퇴근시간대를 제외하고는 거의 자유류 속도(free flow speed, FFS)를 유지하는 고속화도로를 의미하지만, 대부분의 도시고속도로는 용량에 비하여 통행량의 급격한 증가로 인하여 출퇴근시간대에 관계없이 심각한 교통체증을 겪고 있다.

게다가, 대도시지역 내에서 새로이 유발되는 통행수요에 비해 도로시설의 공급이 턱없이 부족하고, 이러한 도로시설의 공급을 위한 가용재원의 확보에 있어서도 한계에 직면하고 있기 때문에 가용재원의 허용범위 내에서 새로운 도로시설의 확충 및 확장도 필요하겠지만, 기존 도로시설의 교통특성분석을 통해 운영방안 마련 및 관리체계를 수립하여 효율성을 증대시키는 것이 더욱 중요한 연구과제로 떠오르고 있다.

## 1.2 연구목적 및 필요성

도시고속도로는 지역 간을 연결하는 고속도로와 같이 기본구간, 엇갈림구간 및 연결로와 연결로 접속부로 구성되어 있다. 하지만 도심부에 위치함으로 인해 토지이용의 한계, 도로연장 및 제한속도, 구배, 폭원 등이 고속도로와 현저한 차이가 있고 또한 정체와 비정체 영역의 구분이 명확하고 높은 통행수요와 통행장이 짧은 특징이 있다.

이와 같이 도시고속도로는 고속도로와는 다른 특성을 가진다고 할 수 있으나

국내의 경우 도시고속도로에 관한 연구가 미비하여 설치기준이나 교통관리체계 (urban freeway traffic management system, UFTMS)가 수립되어 있지 않다.

특히, 도시고속도로의 연결로 접속부상에서 연결로를 통한 진입 또는 진출하는 차량들과의 상충 및 엇갈림으로 인해 본선 교통류의 차로변경과 감속이 기본구간에 비해 더 잦게 발생하고 있어 많은 교통 혼잡 및 교통사고가 발생하고 있다. 또한 차량의 차로변경과 속도 감소정도는 유입부에서 더 크게 나타나고 있는 반면, 유출부에 있어서는 해당 서비스도로의 교통여건에 따라 다소 차이가 있겠으나 거의 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다. 이러한 유입연결로 접속부의 원활한 소통과 안전을 위해서는 정확한 서비스수준 분석이 필요할 것으로 판단된다.

또한, 국내의 경우 현재 연결로 접속부의 서비스수준 분석은 2005년에 제정된 도로용량편람(Korea highway capacity manual, KHCM)에서 제시하고 있는 영향권 내 밀도를 효과척도로 하여 분석하고 있다. KHCM의 영향권 내 밀도예측모형은 제한속도 100Km/h 또는 110Km/h의 고속도로를 대상으로 하여 구축된 것이다. 국내 주요 도시부 대부분의 도시고속도로는 제한속도 80Km/h이하로서 고속도로와 특성의 차이가 상당하여 KHCM에서 제시된 모형을 도시고속도로에 적용하는데 검증이 필요한 것으로 판단된다.

따라서 이 연구의 목적은 고속도로와는 다른 특성을 가진 도시고속도로상의 유입연결로 접속부 합류영향권내 실시간 교통특성 자료를 바탕으로 연결로 접속부의 서비스수준 평가를 위한 효과척도인 영향권 내 밀도를 보다 정확하게 예측하는 분석모형을 개발하고 KHCM모형과 더불어 2000년에 개정된 미국의 도로용량편람(US highway capacity manual, USHCM)에서 제시하고 있는 모형을 도시고속도로(번영로)에 적용하여 그 타당성을 검토하는데 있다.

### 1.3 연구의 수행과정

이 연구의 수행과정은 다음 Fig. 1.1과 같다.

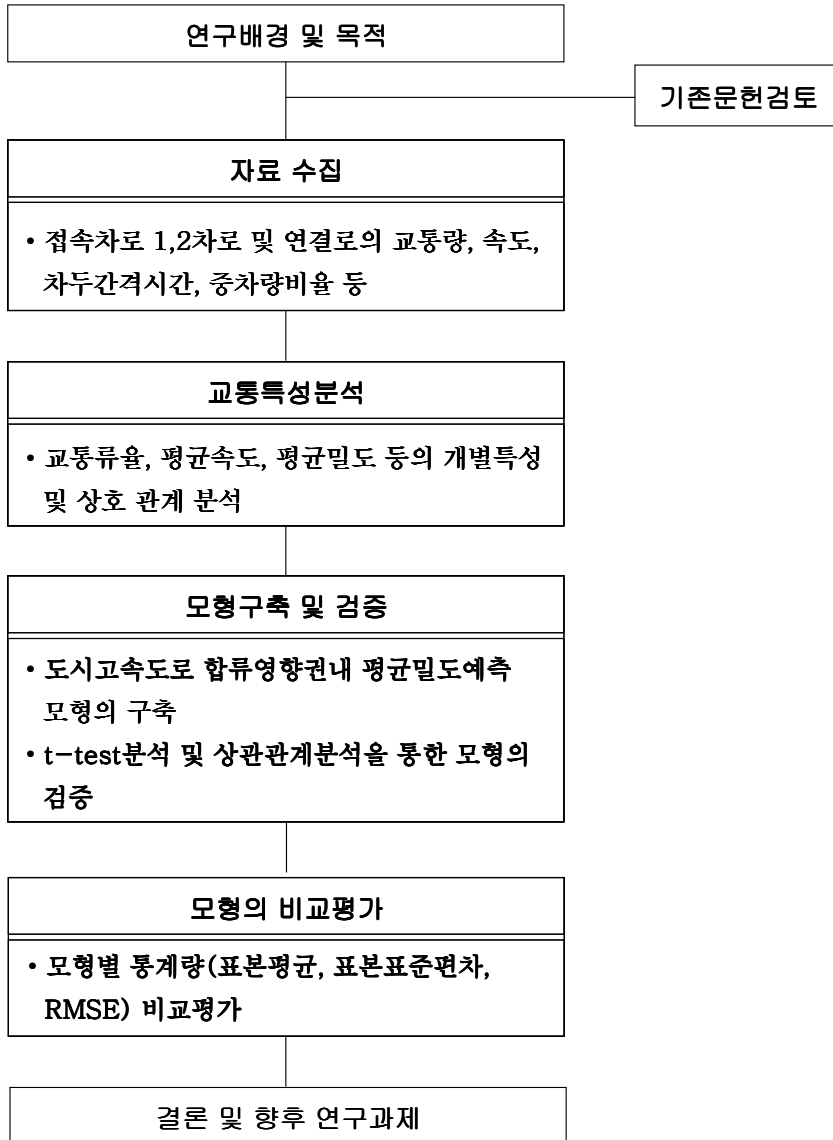


Fig. 1.1 Flow chart of study process

## 제 2 장 기존 문헌 연구

### 2.1 도로용량편람 검토

#### 2.1.1 1992년 도로용량편람(KHCM, 1992)

연결로 접속부의 서비스수준 산정을 위한 효과척도로 기존의 도로용량편람(KHCM, 1992)에서는 확인점에서 연결로 접속차선의 교통량으로 하며, 이를 토대로 Table 2.1과 같이 접속부의 용량과 서비스수준을 결정한다고 되어 있으며, 유입부 하류지점과 유출부 상류지점의 접속차선을 확인점으로 했을 때 합류부 용량은 2,200(승용차/시/차로), 분류부의 용량 역시 2,200(승용차/시/차로)으로 고속도로 기본구간의 용량과 같다고 되어 있다(참조 Table 2.2, Fig. 2.1). 또한, 연결로 접속부에서는 합류 또는 분류 차량으로 의해 본선 교통류의 흐름이 영향을 받는데 합류부에서는 접속부 상류 150m 지점부터 750m 하류지점까지, 분류부에서 접속부 상류 750m 지점부터 150m 하류지점까지의 구간을 영향권으로 설정하고 있다.

**Table 2.1 Maximum service flow rate of 1 lane ramp** (단위 : pcphpl)

서비스수준	연결로 설계속도(km/h)				
	30	40	50	60	≥70
A	-	-	-	-	-
B	-	-	≥ 800	≥ 900	≥ 1,000
C	≥ 950	≥ 1,150	≥ 1,250	≥ 1,300	≥ 1,400
D	≥ 1,250	≥ 1,400	≥ 1,600	≥ 1,700	≥ 1,800
E	≥ 1,500	≥ 1,600	≥ 1,800	≥ 1,900	≥ 2,000
F	-	-	-	-	-

자료 : 도로용량편람, 1992, 건설교통부

Table 2.2 Maximum service flow rate for merge and diverge areas

(단위 : pcphpl)

서비스수준	합류부	분류부	고속도로 기본구간
A	≥ 650	≥ 700	≥ 750
B	≥ 1,050	≥ 1,100	≥ 1,150
C	≥ 1,450	≥ 1,500	≥ 1,550
D	≥ 1,800	≥ 1,850	≥ 1,900
E	≥ 2,200	≥ 2,200	≥ 2,200
F	-	-	-

자료 : 도로용량편람, 1992, 건설교통부

Table 2.3 Equations for predicting the flow at the merge or diverge points

구분	예측식	
유입	4차선 고속도로	$V_1 = 0.412 V_f - 0.085 V_r$
	6차선 고속도로	$V_1 = 0.305 V_f - 0.152 V_r$
	8차선 고속도로	$V_1 = 0.233 V_f - 0.201 V_r$
유출	4차선 고속도로	$V_1 = 0.336 V_f + 0.763 V_r$
	6차선 고속도로	$V_1 = 0.215 V_f + 0.692 V_r$
	8차선 고속도로	$V_1 = 0.167 V_f + 0.631 V_r$

주)  $V_1$  : 본선의 접속차선 교통량(pcph)

$V_r$  : 연결로 교통량(pcph)

$V_f$  : 유출입 직전의 본선 교통량(pcph)

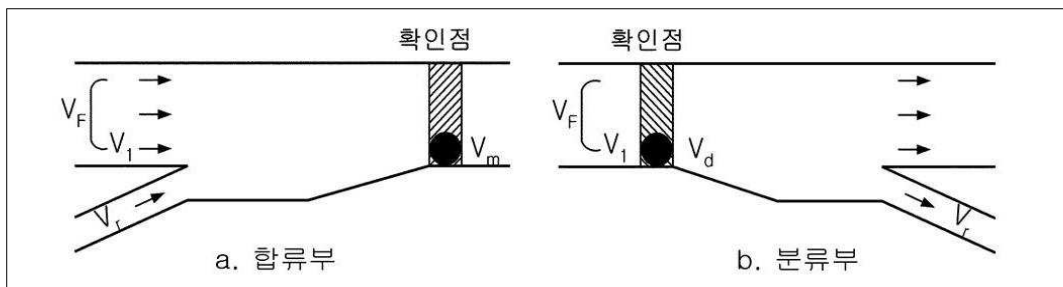


Fig. 2.1 Flow at the merge or diverge for analysis

### 2.1.2 2005년 도로용량편람(KHCM, 2005)

최근 개정된 도로용량편람(KHCM, 2005)에서는 연결로 접속부의 서비스수준을 평가하기 위한 효과척도는 영향권의 밀도로 하며, 연결로 접속부의 영향권 밀도는 보조차로를 포함하여 접속차로부터 두 개 차로의 평균 밀도로 한다고 되어 있다. 연결로 접속부의 영향권은 Fig. 2.2와 같이 합류부에서 합류가 시작되는 지점부터 하류방향 450m까지의 구간으로 보조차로와 차로 1과 2가 포함되며, 분류부에서는 분류가 시작되기 전 상류방향 450m구간으로 보조차로와 차로 1과 2가 포함된다. 연결로 접속부는 형태상 크게 합류부와 분류부로 구분할 수 있으며 상류 및 하류 연결로의 접속 배열에 따라 여러 가지 형태가 있는데 가장 일반적인 “분류 후 합류” 형태를 분석의 기본 형태로 설정하고, 두 연결로의 노면 표시 끝단 사이의 거리가 500m 이상이면 분류부와 합류부를 각각 독립 연결로 접속부로 분석한다. 분석 대상 연결로의 차로수는 1차로를 기본으로 한다고 되어 있다.

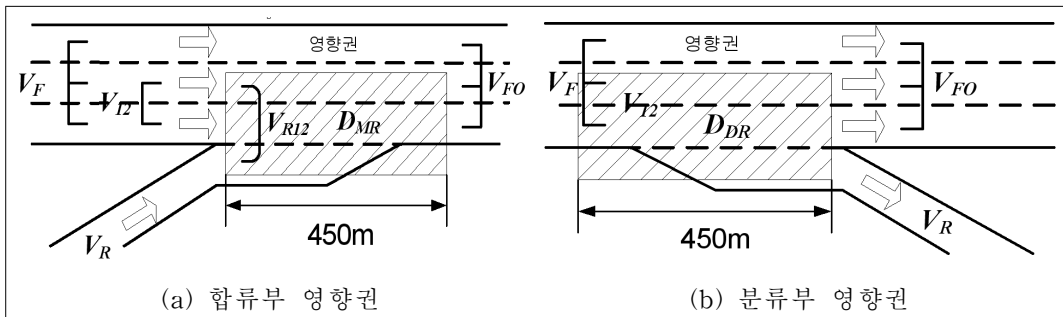


Fig. 2.2 Scale of the ramp junction influence areas

- 주)  $V_F$  : 합류부 및 분류부 상류의 본선 교통량(pcph)
- $V_{FO}$  : 합류부 및 분류부 하류의 본선 교통량(pcph)
- $V_{T2}$  : 접속차로부터 두 번째 차로까지의 교통량(pcph)
- $V_{R12}$  : 합류부의 유입부 교통량(pcph)
- $V_R$  : 분석 대상 연결로의 교통량(pcph)

$D_{MR}$  : 합류 영향권의 평균 밀도(pcpkmpl)

$D_{DR}$  : 분류 영향권의 평균 밀도(pcpkmpl)

**Table 2.4 Capacities within the ramp junctions**

(단위 :pcph)

본선 자유속도 (kph)	합류부( $V_{FO}$ ) 및 분류부( $V_F$ ) 본선 교통량			영향권 용량	
	2차로	3차로	4차로 이상	유출부 교통량 ( $V_{I2}$ )	유입부 교통량 ( $V_{R12}$ )
≤120	≤4,600	≤6,900	≤2,300/차로	4,400	4,600
≤110	≤4,500	≤6,750	≤2,250/차로	4,400	4,600
≤100	≤4,400	≤6,600	≤2,200/차로	4,400	4,600
≤90	≤4,200	≤6,300	≤2,100/차로	4,400	4,600

자료 : 도로용량편람, 2005, 건설교통부

**Table 2.5 Capacities of the ramp roadways**

(단위 :pcph)

연결로의 자유속도(kph)	연결로( $V_R$ )의 용량	
	1차로 연결로	2차로 연결로
> 70	≤2,000	≤4,000
≤ 70	≤1,900	≤3,800
≤ 60	≤1,800	≤3,600
≤ 50	≤1,700	≤3,400
< 40	≤1,600	≤3,200

자료 : 도로용량편람, 2005, 건설교통부

연결로 접속부의 밀도를 추정하기 위해서는 현장에서 수집된 교통수요 자료를 이용하여 침두시간 환산 교통량을 산출하고 용량 값과 비교 후 용량을 초과하지 않으면 본선전체에 대한 차로 1, 2의 교통량 비율(영향권 비)을 계산하여 영향권의 교통량( $V_{I2}$ )을 산출하고, 이를 바탕으로 연결로 접속부 영향권의 밀도

를 추정한다. 연결로 접속부는 합류부와 분류부로 구분되지만, 이 연구대상 지역인 합류부 영향권을 기준으로 추정과정을 살펴보면, 먼저 현장에서 수집된 본선 및 연결로의 교통수요 자료는 아래 식(2.1)에 의해 첨두시간 교통량( $V_p$ )으로 환산한다.

$$V_p = \frac{V}{PHF \times f_{HV}} \quad (2.1)$$

여기서,

$V_p$  : 첨두시간 환산 교통량 (pcph)

$V$  : 1시간 교통량 (vph)

$PHF$  : 첨두시간계수

$f_{HV}$  : 중차량 환산계수

$f_{HV} = 1/[1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1)]$

$E_{T1}, E_{T2}$  : 중형 중차량, 대형 중차량의 승용차 환산계수

$P_{T1}, P_{T2}$  : 트럭·버스, 트레일러의 구성비

식(2.1)에 의해 산출된 첨두시간 환산 교통량과 Table 2.4와 Table 2.5의 용량 값과 비교하여 용량을 초과하게 되면 서비스수준을 F로 처리하고 밀도 추정단계까지 진행되지 않으며 용량을 초과하지 않으면 합류부의 영향권 비를 구한 후 식(2.2)의 계산식을 이용하여 영향권의 교통량( $V_{12}$ )을 산출한다.

$$V_{12} = V_F \times P_{FM} \quad (2.2)$$

여기서,

$V_{12}$  : 접속차로로부터 두 번째 차로까지의 교통량(pcph)

$V_F$  : 합류부 상류의 본선 교통량(pcph)

$P_{FM}$  : 합류부의 영향권 비(본선 편도 2차로인 경우 1.00)



산출된 영향권의 교통량( $V_{12}$ )과 아래 식(2.3)을 이용하여 연결로 접속부 합류 영향권의 밀도를 추정한다.

$$D_{MR} = 0.2048 + 0.003185 \times V_R + 0.005989 \times V_{12} - 0.00101 \times L_A \quad (2.3)$$

여기서,

- $D_{MR}$  : 합류 영향권의 평균 밀도(pcpkmpl)
- $V_R$  : 분석대상 연결로의 교통량(pcpkmpl)
- $L_A$  : 가속차로의 길이

추정된 연결로 접속부 영향권의 밀도를 바탕으로 한 서비스수준의 평가기준은 Table 2.8과 같다. 운행특성상 고속도로 연결로 접속부는 고속도로 기본구간과 동일한 교통량을 갖는다 하더라도 속도가 상대적으로 낮기 때문에 고속도로 기본구간보다 서비스수준이 떨어진다. 이를 감안하여 기본구간에서 밀도가 28pcpkmpl일 때 서비스수준 E로 설정하고 있는데 반하여 연결로 접속부에서는 서비스수준 E는 밀도 22pcpkmpl을 기준으로 하고 있다.

**Table. 2.6 LOS criteria for basic section and ramp junction**

서비스수준	밀 도 (pcpkmpl)	
	연결로 접속부	기본구간
A	≤ 6	≤ 6
B	≤ 12	≤ 10
C	≤ 17	≤ 14
D	≤ 22	≤ 19
E	> 22	≤ 28
F	용량 초과	> 28

자료 : 도로용량편람, 2005, 건설교통부

한편, 미국의 도로용량편람(USHCM, 2000)에서도 우리나라와 동일하게 고속도로 연결로 접속부의 서비스수준 평가를 위한 효과적으로 영향권의 밀도를 사용하고 있다. 영향권 밀도는 보조차로를 포함하여 접속차로부터 두 개 차로의 평균밀도를 이용하며 추정과정 역시 우리나라의 도로용량편람(KHCM, 2005)과 동일하다. 미국의 도로용량편람(USHCM, 2000)에서 제시하고 있는 합류부 영향권 밀도의 예측식은 식(2.4)와 같다.

$$D_{MR} = 3.402 + 0.00456 \times V_R + 0.0048 \times V_{12} - 0.01278 \times L_A \quad (2.4)$$

여기서,

- $D_{MR}$  : 합류 영향권의 평균 밀도(pcpkmpl)
- $V_R$  : 분석대상 연결로의 교통량(pcp)
- $L_A$  : 가속차로의 길이

## 2.2 기타 문헌연구

김갑수와 1인(1998)은 연결로 접속부 서비스수준 평가를 위한 효과척도로 확인점 교통량을 이용한 1992년 도로용량편람(KHCM, 1992)의 회귀식을 대구광역시 도시고속도로(신천대로)에 적용한 결과 부적합한 것으로 판단하고 새로운 확인점 교통량 예측식을 아래와 같이 제시하였다.

$$V_m = 0.457 V_F - 0.280 V_r \quad (2.5)$$

$$V_d = 0.460 V_F + 0.121 V_r \quad (2.6)$$

여기서,

$V_m$  : 유입부 확인점 교통량(pcph)

$V_d$  : 유출부 확인점 교통량(pcph)

## 제 3 장 자료수집 및 특성분석

### 3.1 자료수집

이 연구에서는 부산지역을 남북축으로 가로지르며 도심과 부도심지역을 연결하는 부산 제1도시고속도로인 변영로에서 연결로를 통해 차량이 본선으로 유입되는 합류부 4곳을 대상구간으로 선정하였다.

이 연구대상지역인 도시고속도로(변영로)는 양방향 4차로의 입체도로시설로 7개의 유입연결로, 7개의 유출연결로와 5개소의 터널로 구성되어 있으며, 제한속도는 본선에서 80km/h, 연결로에서 50km/h로 운영되고 있으며, 차량의 과속을 통제하기 위하여 본선 상에 방향별로 각각 3개의 속도 감시카메라가 설치되어 있다. 특히 이 도시고속도로의 유입연결로 접속부 합류영향권내 기하구조특성 및 검지기의 설치 위치는 Fig. 3.1과 Table 3.1과 같다.

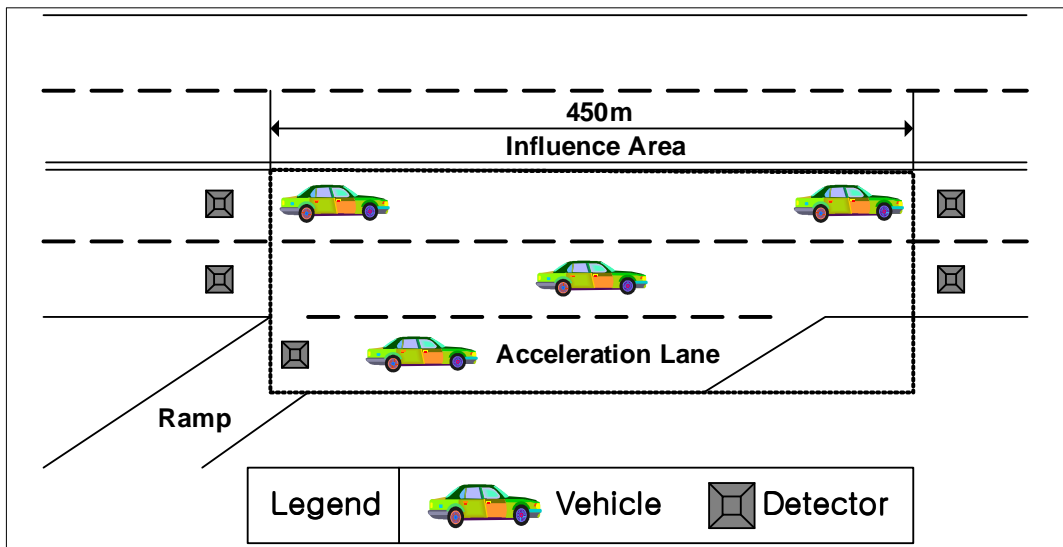


Fig. 3.1 Geometry and Equipments of on-ramp under the study

이 연구를 위해 도시고속도로의 도심지역과 부도심지역에서 각각 2개씩 4개의 유입연결로(도심지역은 문현(A)과 대연(B), 부도심지역은 망미(C)와 원동(D))가 선정되었으며 선정된 유입연결로의 합류영향권내 5개 지점(상류부 1, 2차로, 하류부 1, 2차로 및 램프)에 검지기(NC-97)를 설치하여 매 15분 단위로 1일 24시간씩 실시간의 교통특성자료를 2006년 11월~2007년 2월에 걸쳐 수집하였다. 특히 수집된 자료는 오류를 배제한 주중(화, 수, 목)자료가 사용되었으며 자료의 비교·분석과 모형구축 및 검증을 위해 MS Office 2003과 SPSS(Ver. 12.0)가 실시간자료와 함께 사용되었다.

**Table 3.1 Geometric characteristics of the study section**

구분	연결로A	연결로B	연결로C	연결로D
연결로 명	문현*	대연**	망미	원동
변속차로 길이(m) (가속차로 길이+변이구간 길이)	130 (70+60)	230 (170+60)	120 (80+40)	230 (170+60)
교통류방향	부도심		도심	
변속차로 형식	평행식			
본선 차로수(lane)	2			
연결로 차로수(lane)	1			
본선의 차로폭(m)	3.7			
연결로 차로폭(m)	3.7~5.0			

주 : \* 접속부 하류부(테이퍼 끝 기준)의 전방 215m 지점에 터널 존재

\*\* 접속부 상류부(노즈 기준)의 후방 108m 지점, 하류부의 전방 127m 지점에 터널 존재

도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침(건설교통부, 2000. 3)에 따르면 본선 설계속도 80km/h, 연결로 설계속도 50km/h인 경우 가속차로의 길이는 최소 100m, 변이구간의 길이는 최소 60m로 권장하고 있으나, 이 연구대상 유입연결로 중 연결로 A와 C는 Table 3.1에서와 같이 최소기준에 미달되는 것으로 나타났다.

## 3.2 교통특성 분석

이 연구대상 합류 영향권 내 밀도예측모형의 구축을 위하여 각 차로별/방향별 교통특성분석을 위해서 교통량(volume)은 교통류(flow)로 환산되었고, 속도(speed)는 지점평균속도와 속도등급분포를 바탕으로 공간평균속도로 전환되었으며, 밀도(density)는 차두거리(headway distance)의 역수로서 차두시간(headway)과 공간평균속도로부터 산정되었다.

### 3.2.1 교통량 분석

교통류율(flow rate)이란 단위시간동안에 검지기(NC-97)를 통과한 차량대수를 중차량 보정계수를 고려한 승용차 환산대수로서 단위는 passenger car per hour(pc/h)로 표현되고, 이 연구대상 유입연결로의 합류영향권내 교통류율은 1 시간단위의 교통량으로서 다음과 같이 산정되었다.

$$q_i = \frac{v_i}{f_{HV}} \quad (3.1)$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + p_m(1 - e_m) + p_l(1 - e_l)} \quad (3.2)$$

$$q = \sum_{i=1}^4 q_i \quad (3.3)$$

여기서,

- $v_i$  : 15분 단위시간의 교통류율(veh/15min)
- $f_{HV}$  : 중차량보정계수
- $p_m, p_l$  : 중형차량(6m~12m), 대형차량(12m이상)의 비율(%)
- $e_m, e_l$  : 중형차량, 대형차량의 승용차 환산계수(1.5, 2.0)

- $q$  : 1시간 단위시간의 교통류율(pc/h)  
 $q_i$  : 15분 단위시간의 교통류율(pc/15min)

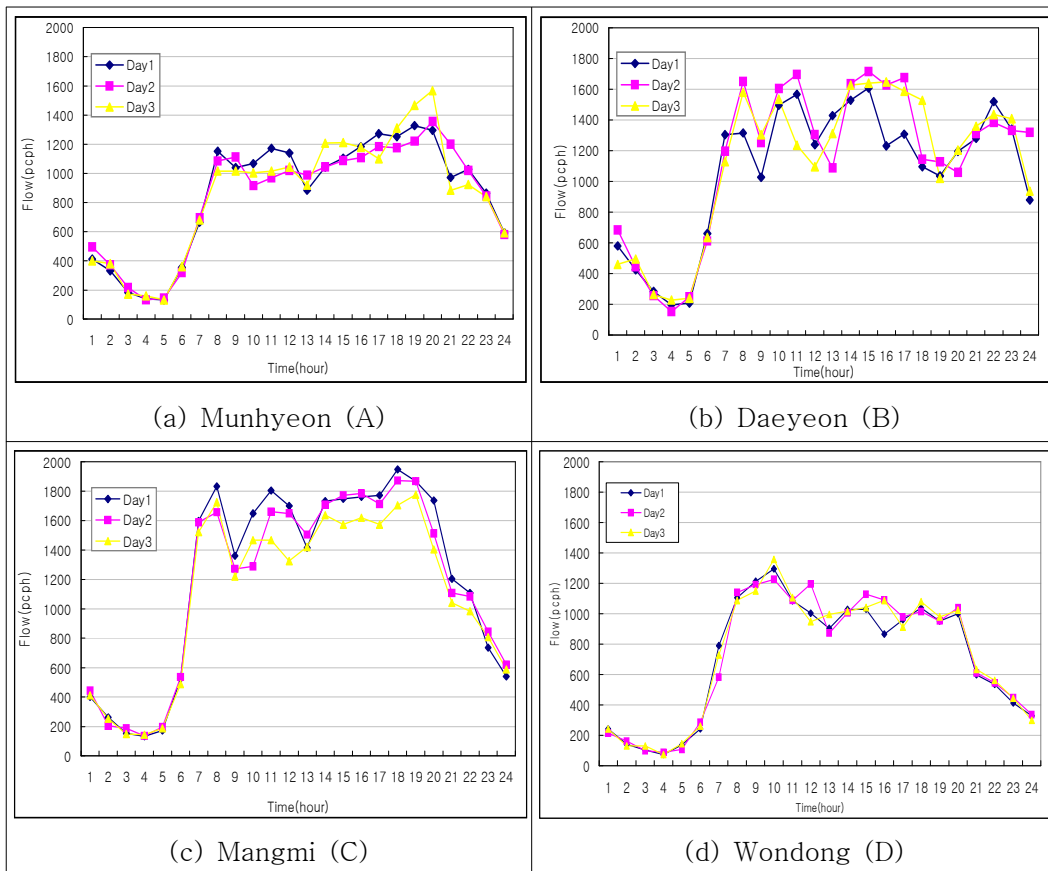
한편 이 연구대상 유입연결로의 합류영향권내 교통류율의 특성분석결과를 살펴보면, 도심지역에 근접한 유입연결로 A(문현)에서는 오전출근시간대보다 오후퇴근시간대에 교통량이 집중되었고, 부도심지역에 근접한 유입연결로 D(원동)에서는 오후퇴근시간대보다 오전출근시간대에 교통량이 집중되었다. 그러나 도심과 부도심지역사이의 유입연결로 B(대연)와 C(망미)에서는 뚜렷한 교통량의 집중현상을 보이지 않는 것으로 나타났다. 또한, 출퇴근시간대를 전후하여 도심과 부도심지역에 근접한 유입연결로에서는 교통량이 급격하게 변화하는 것으로 나타났지만, 도심과 부도심지역사이의 유입연결로에서는 교통량의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

특히, 이 연구대상 유입연결로 접속부 합류영향권내 평균 교통량은 대체적으로 700~1,100pc/h 범위 내에 분포되는 것으로 나타났고, 최소 교통량과 최대 교통량은 각각 100~200pc/h와 1,200~2,000pc/h 정도로 나타났다. 또한, 출퇴근시간대에 교통량은 유입연결로 A에서는 1,200~1,600pc/h, 유입연결로 B에서는 1,600~1,800pc/h, 유입연결로 C에서는 1,800~2,000pc/h, 유입연결로 D에서는 1,200~1,400pc/h를 보이는 것으로 나타났다(참조 Table 3.2, Fig. 3.2).

따라서 이 연구대상 유입연결로의 합류영향권내 교통량의 특성분포로부터 출퇴근시간대의 전형적인 차량집중의 존재유무가 확인되었다.

**Table 3.2 Results of flow characteristic analysis**

on-ramp	Flow rate(pc/h)			
	Min.	Max.	Avg.	Peak period
A	100~150	1,200~1,600	800~900	1,200~1,600
B	150~200	1,600~1,800	1,000~1,100	1,600~1,800
C	150~200	1,800~2,000	1,000~1,100	1,800~2,000
D	100~150	1,200~1,400	700~800	1,200~1,400



**Fig. 3.2 Flow distribution**



### 3.2.2 속도 분석

속도(speed)란 단위시간동안에 차량이 주행한 거리로서 일반적으로 kilometer per hour(km/h)로 표현되고, 이 연구대상 유입연결로의 합류영향권내 속도는 공간평균속도(space mean speed)로서 다음과 같이 산정되었다.

$$u_s = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{\sum_{i=1}^n \frac{f_i}{u_i}} \quad (3.4)$$

여기서,

- $u_s$  : 공간평균속도(km/h)
- $u_i$  : 속도등급 내 평균속도(km/h)
- $f_i$  : 속도등급 내 도수
- $n$  : 속도등급 수

한편 이 연구대상 유입연결로의 합류영향권내에서 산정된 속도의 특성분석결과를 살펴보면, 도심지역 부도심방향의 진입연결로 접속부 A(문현)와 B(대연)는 오후첨두시에 정체가 발생하는 것으로 나타난 반면 부도심지역 도심방향의 진입연결로 접속부 C(망미)와 D(원동)에서는 오전첨두시에 정체가 심화되는 것으로 나타나 방향별로 서로 다른 속도특성을 보였다(참조 Table 3.3, Fig.3.3).

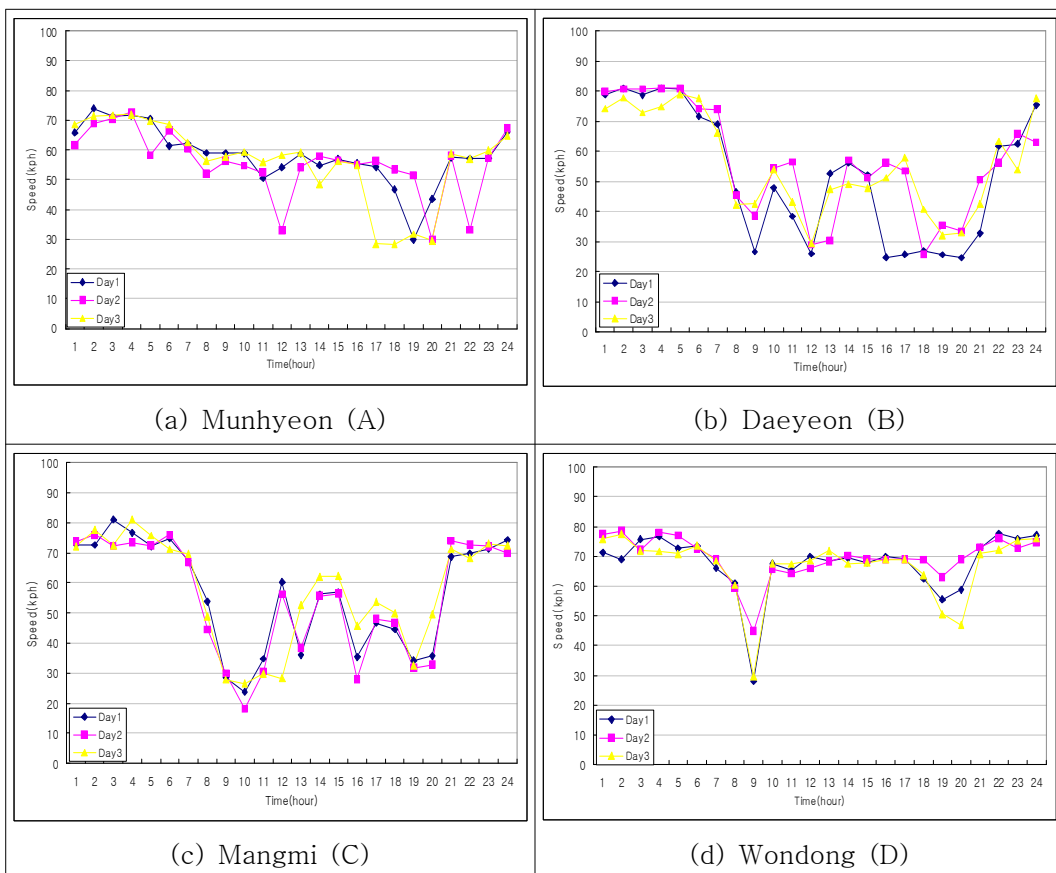
특히, 모든 연구대상 진입연결로 접속부에서 통행량이 집중되는 시간대에 속도가 30km/h이하로 현저하게 감소됨으로써 정체가 심화되고 있음을 확인할 수 있었다.

따라서 도시고속도로의 본선 및 진입연결로 접속부에서 교통류율의 집중도를

적절히 조절하여 본선의 통행속도가 최대로 유지될 수 있도록 방향별 시간대별 속도특성을 파악하고, 더불어 본선과 연결로 속도가 최대로 유지될 수 있도록 적절한 도시고속도로 진입연결로 접속부 관리방안이 수립되어야 할 것으로 생각되었다.

**Table 3.3 Results of speed characteristic analysis**

on-ramp	Speed(km/h)			
	Min.	Max.	Avg.	Peak period
A	25 ~ 35	65 ~ 75	45 ~ 55	65 ~ 75
B	20 ~ 30	70 ~ 80	40 ~ 50	70 ~ 80
C	20 ~ 30	70 ~ 80	45 ~ 55	70 ~ 80
D	20 ~ 30	70 ~ 80	55 ~ 65	70 ~ 80



**Fig. 3.3 Speed distribution**

### 3.2.3 밀도 분석

밀도(density)란 단위구간 내 통행차량수로서 단위는 passenger car per kilometer(pc/km)로 표현되며, 차두거리의 역수로서 다음과 같이 산정되었다.

$$s_h = t_h \times u_t \quad (3.5)$$

$$k = \frac{1}{s_h \times f_{HV}} \quad (3.6)$$

여기서,

- $s_h$  : 차두거리(m)
- $t_h$  : 차두간격시간(sec)
- $u_t$  : 지점평균속도(km/h)
- $k$  : 평균밀도(pc/km)

한편, 이 연구대상 유입연결로 접속부 합류영향권내 평균밀도는 다음과 같이 산정하였다.

$$k_1 = \frac{k_{U1} + k_{D1}}{2}, \quad k_2 = \frac{k_{U2} + k_{D2}}{2} \quad (3.7)$$

$$D_{MR} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \quad (3.8)$$

여기서,

- $k_{U1}$  : 상류부 1차로의 밀도(pc/km)
- $k_{U2}$  : 상류부 2차로의 밀도(pc/km)

$k_{D1}$  : 하류부 1차로의 밀도(pc/km)

$k_{D2}$  : 하류부 2차로의 밀도(pc/km)

$k_1$  : 접속차로로부터 첫 번째 차로의 밀도(pc/km)

$k_2$  : 접속차로로부터 두 번째 차로의 밀도(pc/km)

$k_3$  : 연결로의 유입밀도(pc/km)

$D_{MR}$  : 합류영향권내 평균 밀도(pc/km)

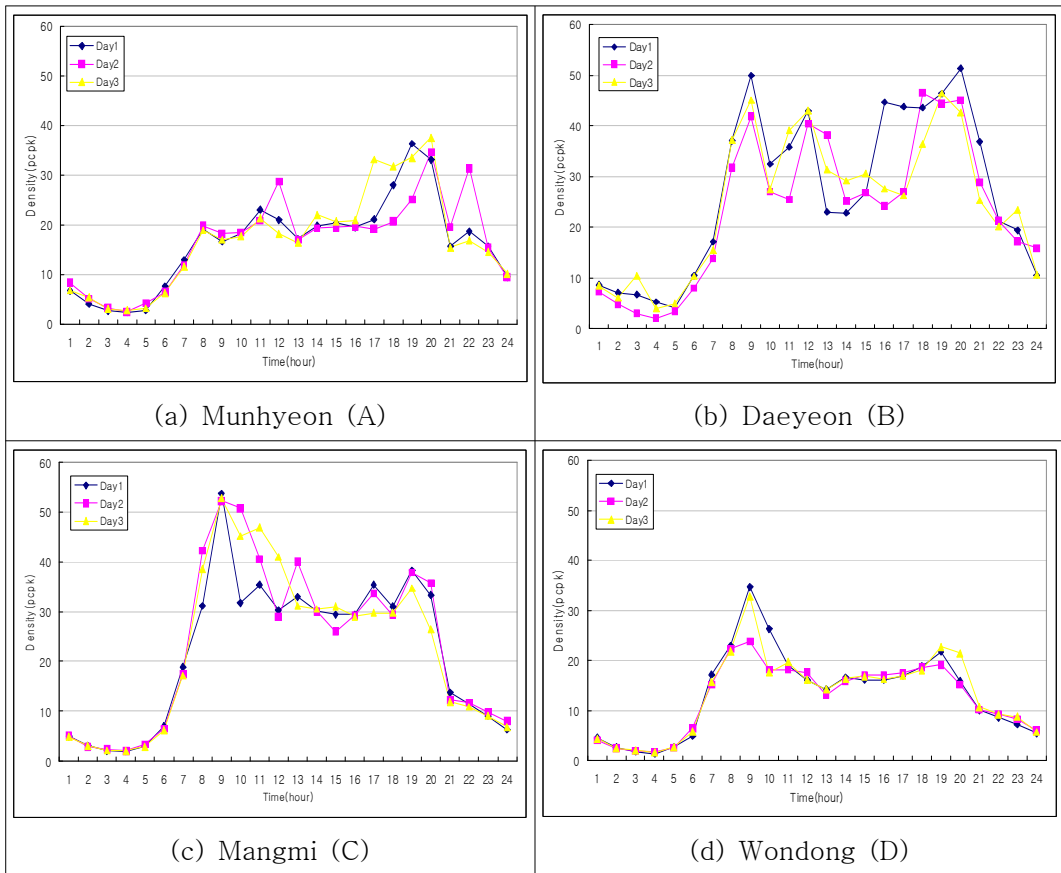
이 연구대상 유입연결로의 합류영향권내 밀도의 특성분석결과를 살펴보면, 도심지역 부도심방향의 진입연결로 접속부 A(문현)와 B(대연)는 오후첨두시에 높은 밀도를 나타냈고, 부도심지역 도심방향의 진입연결로 접속부 C(망미)와 D(원동)에서는 오전첨두시에 높은 밀도를 보이면서 차량이 집중하는 것으로 나타났다. 또한 출퇴근시간대를 전후하여 대략 150~500%정도의 급격한 밀도 증가를 보였다.

특히, 이 연구대상 유입연결로 접속부 합류영향권내의 평균밀도는 대체적으로 15~30pc/km 범위 내에 분포되는 것으로 나타났고, 최소밀도는 대략 2~3pc/km 범위 내에 분포되는 것으로 나타났으며, 최대밀도는 유입연결로 A와 D에서 30~40pc/km, 유입연결로 B와 C에서 50~60pc/km 범위로 나타났다(참조 Table 3.4, Fig. 3.4).

따라서 이 연구대상 유입연결로의 합류영향권내에서 밀도의 특성분포로부터 출퇴근시간대의 전형적인 밀도급증의 존재유무가 확인되었다.

**Table 3.4 Density on the on-ramps under the study**

on-ramp	Density(pc/km)			
	Min.	Max.	Avg.	Peak period
A	2~3	30~40	15~25	30~40
B	2~3	50~60	20~30	50~60
C	2~3	50~60	15~25	50~60
D	2~3	30~40	15~25	25~35



**Fig. 3.4 Density distribution**

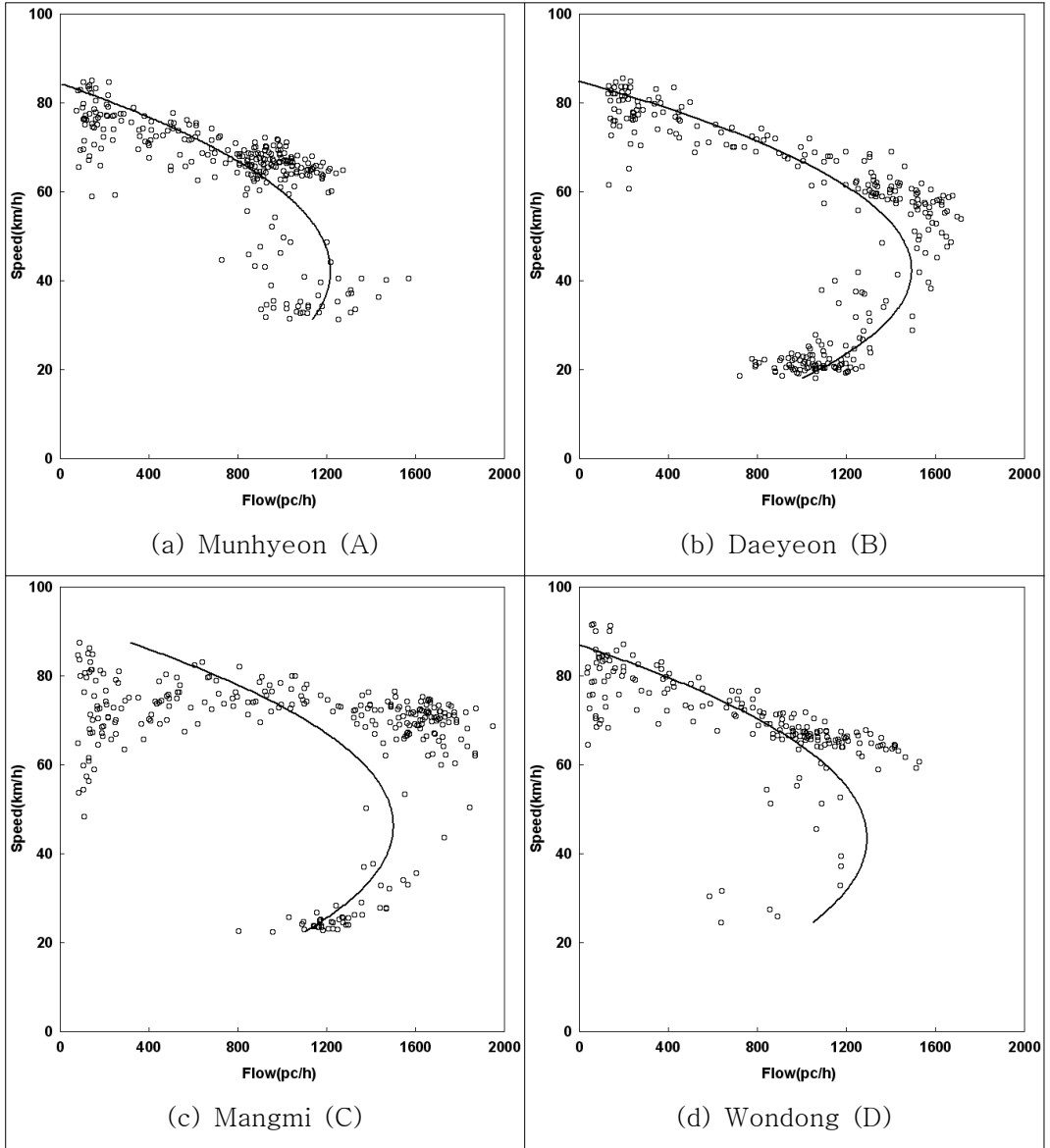
### 3.3 교통특성의 상호관계

이 연구대상 도시고속도로의 유입연결로 접속부 합류영향권내 교통특성의 상호관계를 파악하기 위하여 교통량과 속도, 교통량과 밀도의 상관 그래프를 비교·분석 하였다.

교통량과 속도관계에서는 아래의 Fig. 3.5에서 보는바와 같이 교통량이 최대교통량(용량)에 도달할 때까지 교통량의 증가와 함께 속도가 점차 감소하였고, 최대교통량에 도달한 후 추가적인 교통량 유입과 더불어 속도는 한층 더 감소한다는 사실을 확인할 수 있었다. 특히, 최대교통량의 경우 1200~1600pc/h로 나타나 국내의 도로용량편람(KHCM)에서 제시하고 있는 고속도로 기본구간의 설계속도가 80km/h일 때의 용량(2,000pc/h)보다 낮은 용량을 보이고 있는 것으로 나타났다.

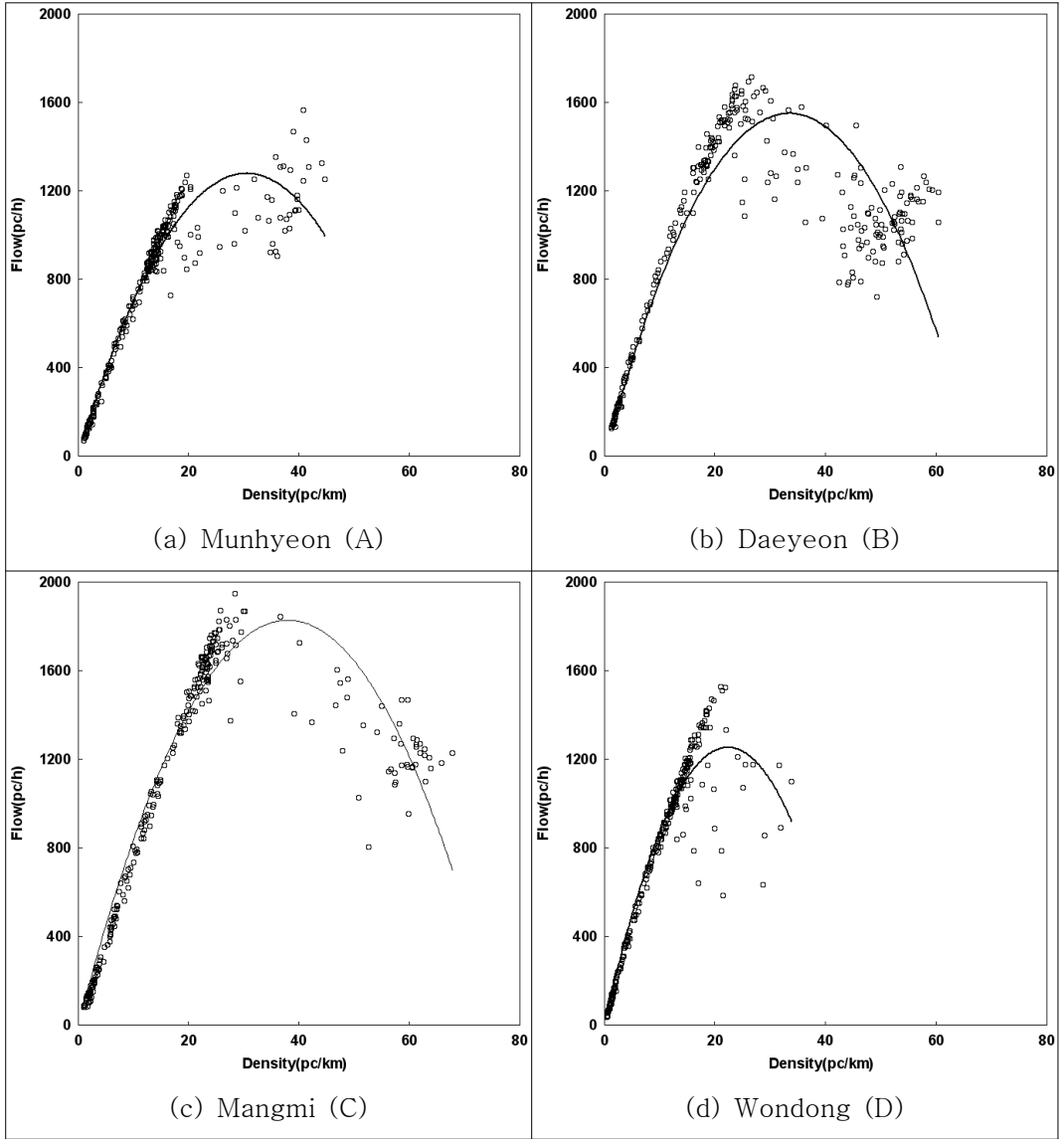
교통량과 밀도관계에서는 아래의 Fig. 3.6에서 보는바와 같이 최대교통량에 도달하기 전까지는 밀도증가와 함께 교통량이 증가하였고, 최대교통량에 도달한 후에는 밀도증가와 함께 교통량도 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 최대교통량상태에서 밀도를 살펴보면, 도심과 부도심지역에 근접한 유입연결로 A와 D에서는 최대교통량이 약 1200~1400pc/h 일 때 밀도가 대략 20~30pc/km 정도로 나타났고, 도심과 부도심지역사이의 유입연결로 B와 C에서는 최대교통량이 약 1600~1800pc/h 일 때 밀도가 대략 30~40pc/km 정도를 보이는 것으로 나타났다.

이 연구에서는 교통량과 밀도의 관계를 이용하여 용량 점에서의 밀도(임계밀도)를 기준으로 임계밀도보다 큰 경우를 불안정류(unstable flow)로 보고 불안정류를 제거한 안정류(stable flow) 자료를 바탕으로 모형의 구축과 검증을 시행하였다.



*Fig. 3.5 Relationship between flow and speed*

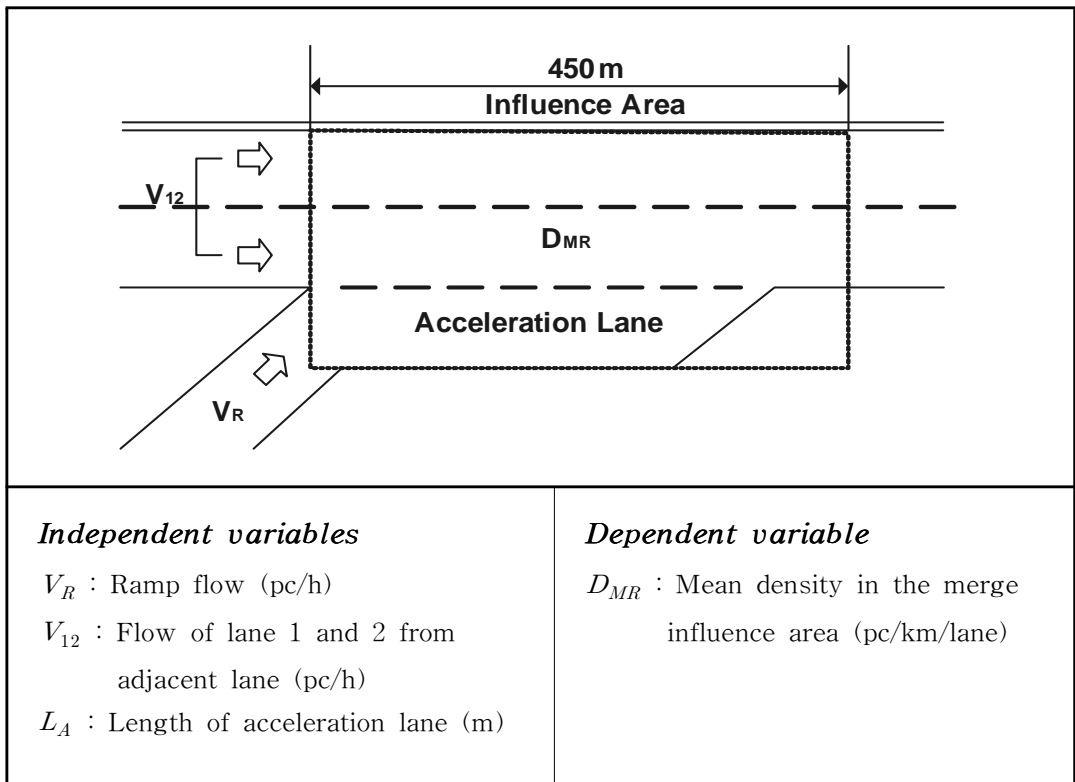




*Fig. 3.6 Relationship between flow and density*

## 제 4 장 모형 구축 및 검증

이 연구대상 도시고속도로의 유입연결로 접속부 합류영향권에 대한 밀도예측 모형은 합류영향권내에서 수집된 교통특성자료와 함께 중 회귀분석(multiple regression analysis)을 이용하여 구축되었다. 모형검증은  $t$ - $tset$ 분석과 상관관계분석(correlation analysis)을 통해 수행되었으며 또한 기존의 2005년 우리나라의 도로용량편람(KHCM)에서 제시하고 있는 모형과 2000년 미국의 도로용량편람(USHCM)에서 제시하고 있는 모형을 도시고속도로에 적용하는데 타당성을 검토해보았다.



**Fig. 4.1 Sketch of on-ramp junctions and definition of the variables**

## 4.1 모형구축

이 연구대상 도시고속도로의 유입연결로 접속부 합류영향권에서 밀도예측모형을 구축하기 위해 합류영향권 밀도에 영향을 미치는 설명 변수로 교통량 조건과 기하구조 조건에 해당하는 변수를 설정하였다. 교통량 변수로는 접속차로부터 2번째 차로까지의 교통량( $V_{12}$ )과 연결로 교통량( $V_R$ )이 사용되었고, 기하구조 변수는 가속차로의 길이( $L_A$ )가 사용되었다.

$$D_{MR} = \beta_0 + \beta_1 \cdot V_R + \beta_2 \cdot V_{12} + \beta_3 \cdot L_A \quad (4.1)$$

여기서,

$\beta_0, \dots, \beta_3$  : 회귀계수

한편 위의 밀도예측모형에서는 중 회귀분석이 사용되었고, 특히 중 회귀분석을 이용한 밀도예측모형에서 발생할 수 있는 다중공선성(multicollinearity)문제를 해결하기 위해서 시행착오(trial-and-error)과정이 도입되었다.

**Table 4.1 Density prediction model constructed**

<i>Density prediction model</i>	$R^2$	(Prob > F)
$D_{MR} = 1.02644 + 0.009646 V_R + 0.005899 V_{12} - 0.010058 L_A$ (0.000)      (0.000)      (0.000)      (0.000)	0.986	0.000

주) (Prob > |t|) = (P-value)

이 연구대상 유입연결로 접속부의 합류영향권에 대한 밀도예측모형의 구축결과, 모형의 결정계수( $R^2$ )값이 0.986으로 모형구축에 상당한 설명력을 나타내었으며, 모형식에 대한 유의확률을 나타내는 F-통계량도 0.000으로 나타나 매우

유의한 것으로 분석되었다. 또한, 개별독립변수의 유의성을 나타내는 값들 역시 유의확률이 모두 0.000으로 매우 유의한 것으로 나타났으며, 연결로 교통량( $V_R$ )과 접속차로로부터 2번째 차로까지의 교통량( $V_{12}$ )이 증가함에 따라 합류영향권내 밀도가 증가하는 '+'부호를 나타냈고, 가속차로의 길이( $L_A$ )가 증가함에 따라 합류영향권내 밀도가 감소하는 '-'부호를 나타냄으로써 회귀계수의 부호가 실제 현상에 부합되며 합리적인 것으로 판단되었다(참조 Table 4.1).

또한, 종속변수( $D_{MR}$ )에 영향을 미치는 독립변수의 기여도에 있어서는 연결로 교통량( $V_R$ ) 변수가 접속차로로부터 2번째 차로까지의 교통량( $V_{12}$ ) 변수보다 회귀계수 값이 더 크게 나타나  $V_R$  변수의 영향이 더 큰 것으로 나타났는데 이는 KHCM 모형과 USHCM 모형에서  $V_{12}$  변수의 영향이  $V_R$  변수보다 높은 것과 대조적이다. 또한, KHCM 모형은 가속차로의 길이( $L_A$ ) 변수가 종속변수( $D_{MR}$ )에 영향을 미치는 정도가 다른 모형에 비해 상당히 낮게 나타났다.

그 이유는 KHCM 모형은 제한속도 100~110km/h 상황의 대체적으로 자유류 속도를 유지하는 고속도로를 대상으로 구축된데 반하여 이 연구에서는 제한속도 80km/h 상황의 지·정체를 반복하는 도시고속도로를 대상으로 구축되었으며 가속차로의 길이가 건설교통부가 지정한 최소기준에 미달하는 구간이 나타났고 첨두시에 집중되는 교통특성으로 인하여 연결로를 통해 진입하는 차량이 본선차량의 통행에 많은 영향을 주기 때문으로 판단된다(참조 Table 4.2).

**Table 4.2 Regression coefficients by the models**

		Independent variables		
		$V_R$	$V_{12}$	$L_A$
Regression coefficients	KHCM	0.003185 (2nd)	0.005989 (1st)	0.00101 (3rd)
	USHCM	0.00456 (3rd)	0.0048 (2nd)	0.01278 (1st)
	This Model	0.009646 (2nd)	0.005899 (3rd)	0.010058 (1st)

주) ( ) = 모델별 회귀계수 기여도

## 4.2 모형검증

이 연구대상 도시고속도로의 유입연결로 접속부의 교통특성자료를 중심으로 구축된 밀도예측모형을 검증하기 위하여 모형구축에 사용되지 않은 자료와 구축된 모형으로부터 예측된 자료를 바탕으로 구축된 모형이 실제상황에서 발생하는 현상들을 정확히 나타내는지 판단하기 위하여 *t-test* 분석과 상관관계분석이 이용되었다. 이와 함께 KHCM 모형으로부터 예측된 밀도와 관측밀도, 그리고 USHCM 모형으로부터 예측된 밀도와 관측밀도를 바탕으로 *t-test* 분석과 상관관계분석을 통하여 기존모형의 적용성 여부를 검토해 보았다.

### 4.2.1 모형별 *t-test* 분석

이 연구대상 유입연결로에 대해 관측밀도(observed density)와 예측밀도(expected density) 사이의 모형별 *t-test* 양측검증결과, 아래의 Table 4.3에서 보는 바와 같이 이 연구에서의 모형이 95%의 신뢰수준(confidence level)하에서 유의확률(*p-value*)이 유의수준(significance level)보다 크게 나타나 관측밀도와 예측밀도사이에 차이가 나지 않음을 알 수 있었으나, KHCM 모형과 USHCM 모형의 검증에서는 유의확률이 0.000으로 유의수준( $\alpha/2=0.025$ )보다 작게 나타나 도시고속도로의 적용에 적합하지 않다고 판단되었다.

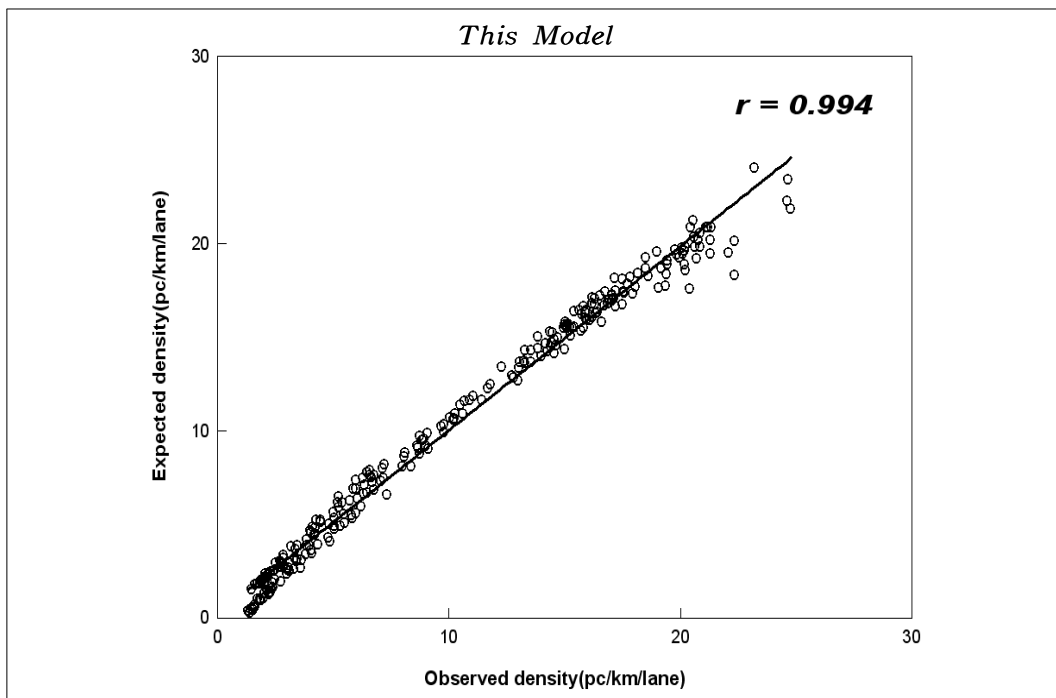
**Table 4.3** *t*-test results of the observed and expected densities

$D_{MR}(O) : D_{MR}(E)$		t-value	p-value	Result
Model	KHCM	17.65133	0.000	Reject
	USHCM	12.62977	0.000	Reject
	This Model	-0.75129	0.453	Accept

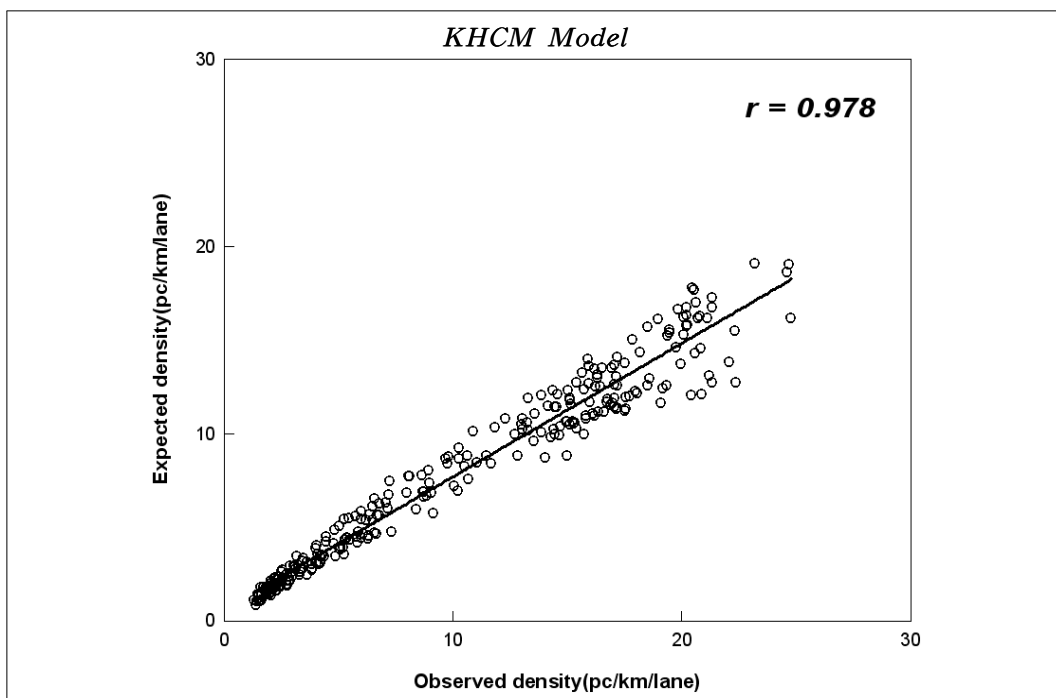
- 주 1) *t*-검정통계량(*t-value*)과 유의확률 값(*p-value*)은 유의수준( $\alpha/2$ ) 0.025에서 *t*-test 양측 검정 결과 값임.
- 2) Accept : 유의확률(*p-value*) > 유의수준( $\alpha/2=0.025$ )이면, 귀무가설이 채택 (accept)되는 것을 의미하는 것으로 즉, 「실측밀도와 예측밀도 간에 밀도차이가 나지 않는다.」는 것을 의미함.
- 3) Reject : 유의확률(*p-value*) ≤ 유의수준( $\alpha/2=0.025$ )이면, 귀무가설이 기각 (reject)되는 것을 의미하는 것으로 즉, 「실측밀도와 예측밀도 간에 밀도차이가 난다.」는 것을 의미함.

#### 4.2.2 모형별 상관관계 분석

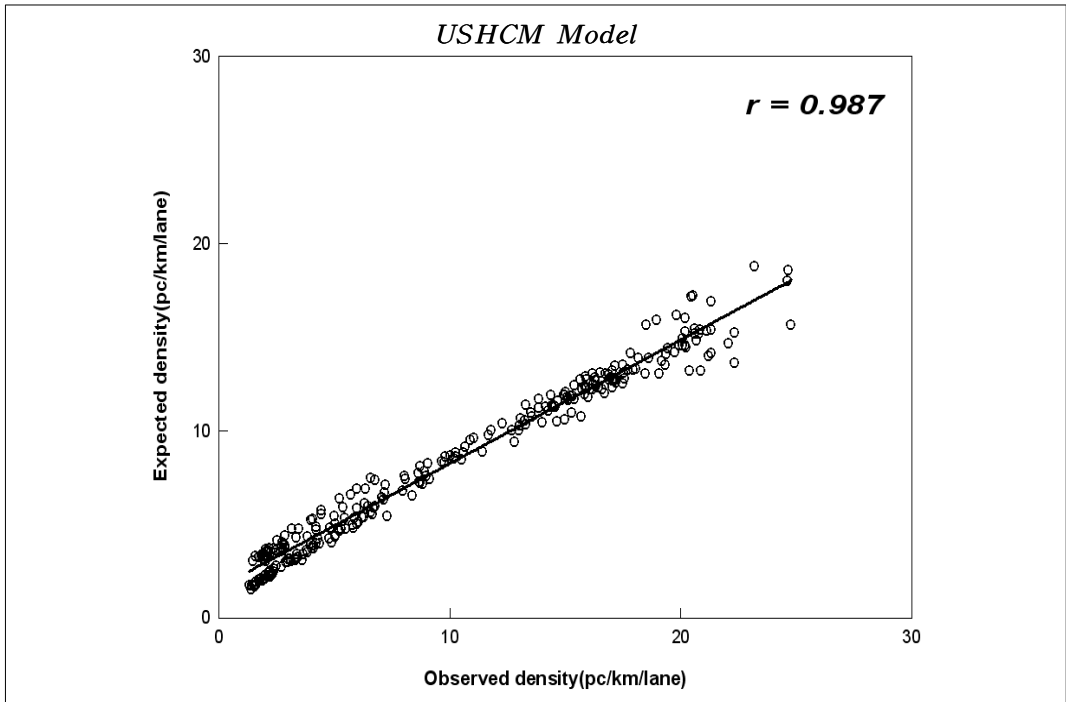
이 연구대상 유입연결로에 대해 관측밀도(observed density)와 예측밀도(expected density) 간의 상관관계분석 결과 Fig. 4.2에서와 같이 상관계수(*r*)값이 이 연구 모형에서 0.994로 매우 높은 상관성과 설명력을 보이는 것으로 나타났다. 또한, KHCM 모형과 USHCM 모형에서도 상관계수(*r*)값이 각각 0.978, 0.987로 나타나 높은 상관성을 나타냈으나 관측밀도가 증가함에 따라 예측밀도가 45도선을 기준으로 상당히 아래쪽으로 분포하는 것을 볼 수 있는데 대체적으로 실제보다 낮게 밀도를 예측하여 국내와 미국의 도로용량편람이 제시하는 모형을 도시고속도로에 적용하는데 부적절하다는 사실을 확인할 수 있었다(참조 Fig 4.3~4.4).



*Fig. 4.2 Density validation by this model*



*Fig. 4.3 Density validation by KHCM model*



*Fig. 4.4 Density validation by USHCM model*



## 제 5 장 모형의 상호비교

이 연구에서는 모형의 상호비교를 위한 방법으로 실제 관측밀도에 대한 통계량과 세 개의 모형 즉 이 연구에서의 예측모형, 2005년 우리나라의 도로용량편람(KHCM)모형 및 2000년 미국의 도로용량편람(USHCM)모형에 의한 예측밀도간의 통계량을 계산하여 비교하는 방법을 사용하였다. 이러한 목적으로 이 연구에서는 표본평균, 표본표준편차, RMSE(Root Mean Square Error), 그래프 등의 기초통계량이 사용되었다.

### 5.1 비교평가

이 연구대상 합류구간 영향권에서 관측된 현장의 관측밀도와 이 연구에서의 예측모형, KHCM모형 및 USHCM모형에 의한 예측밀도간의 상기 제시된 통계량(표본평균, 표본표준편차, RMSE)을 상호 비교하였다. 특히, KHCM과 USHCM모형에 의해 추정된 밀도는 관측밀도보다 1.7~2.4pc/km정도 낮게 나타났고, 이 연구에서의 예측모형의 경우 관측치와 거의 유사한 값으로 나타났으며 RMSE(root mean square error) 역시 이 연구에서의 예측모형이 0.981로 KHCM모형에서 3.205, USHCM모형에서 2.861에 비해 관측치와의 편차가 매우 적은 것을 알 수 있었다. 또한 이 연구에서의 예측모형은 대략 3%의 오차를 보여줌으로써 비교적 현실에 적합한 결과를 나타낸 반면, KHCM모형은 20%, USHCM모형은 15%정도의 오차를 나타내고 있어 예측모형이 상대적으로 높은 예측능력을 갖고 있는 것으로 나타났다(참조 Table 5.1, Fig. 5.1~5.3).

이 연구에서의 예측모형과 KHCM, USHCM모형사이에 상대적으로 높은 오차가 발생하게 되는 이유는 KHCM모형과 USHCM모형이 도시고속도로와는 기하구조와 교통특성이 현격히 다른 고속도로 상황에서 구축된 모형이기 때문으로 여건의 차이가 있는 것으로 판단되어진다.

Table 5.1 Statistics of observed and expected densities by the models

구 분		Observed	This Model	KHCM Model	USHCM Model
통계량	RMSE	-	0.981	3.205	2.861
	표본평균 (Ratio)	11.166 ( - )	11.497 (102.96%)	8.832 (79.10%)	9.495 (85.03%)
	표본 표준편차 (Ratio)	6.480 ( - )	6.593 (101.74%)	4.990 (77.01%)	4.556 (70.31%)

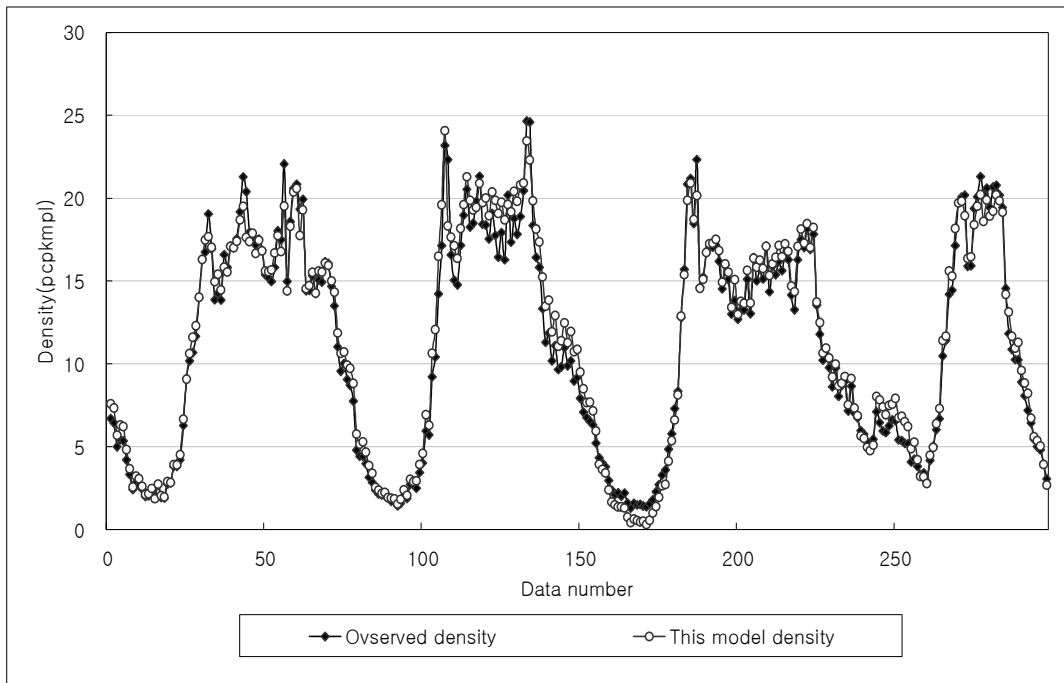
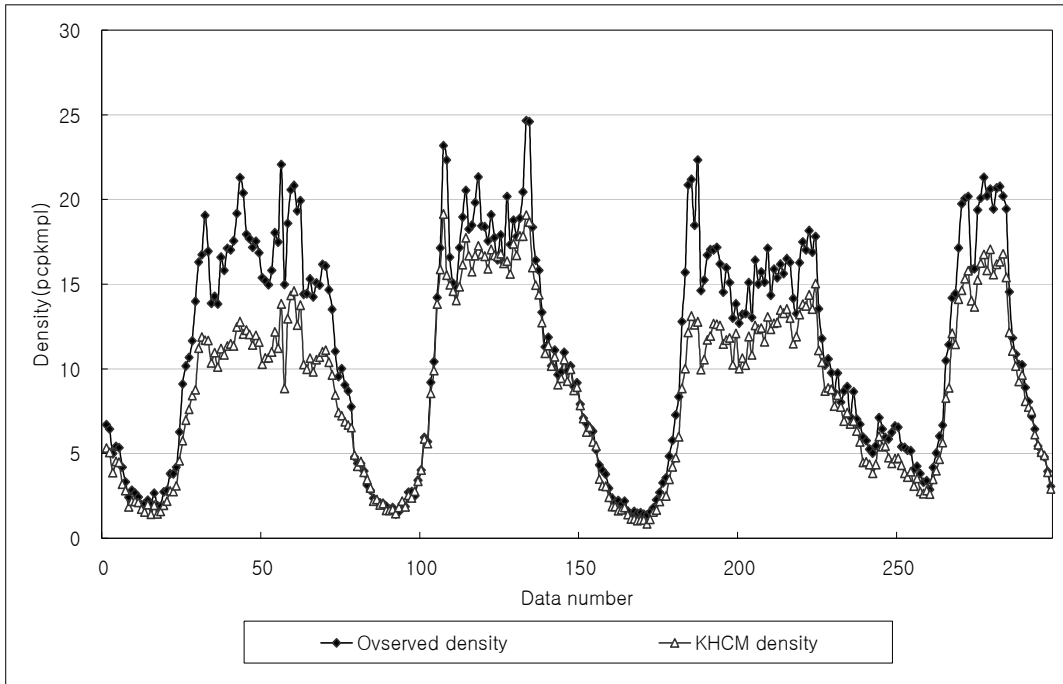
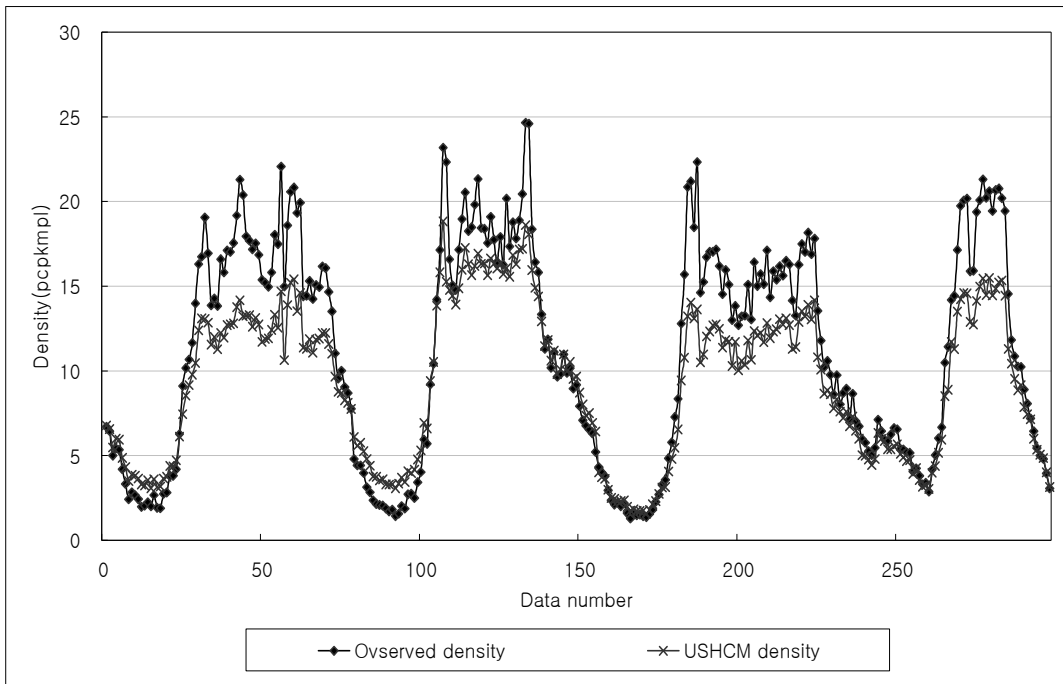


Fig. 5.1 Comparison of observed and this model density



*Fig. 5.2 Comparison of observed and KHCM model density*



*Fig. 5.3 Comparison of observed and USHCM model density*

## 제 6 장 결론 및 향후 연구과제

### 6.1 결론

이 연구에서는 부산광역시 도시고속도로(번영로)를 대상으로 한 교통특성 분석을 바탕으로 유입연결로 접속부 합류영향권내의 평균밀도를 예측하기 위한 모형의 구축 및 검증을 실시하였고, 2005년 한국의 도로용량편람(KHCM)과 2000년 미국의 도로용량편람(USHCM)에서 제시하고 있는 모형과의 비교·분석을 통하여 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- i) 도시고속도로에 있어서 유입연결로 접속부 합류영향권내 교통특성분포는 출퇴근시간대의 뚜렷한 교통특성을 확인하는데 있어서 매우 효과적이었으며, 특히 출퇴근시간대에 합류영향권의 용량은 도시고속도로의 본선 용량과 비교하였을 때 약 20~30%정도 감소되는 것으로 나타났다.
- ii) 이 연구에서 유입연결로 접속부 합류영향권의 밀도예측모형은 결정계수 값( $R^2$ )이 0.986으로 매우 높은 설명력을 나타내었으며, 상관계수 값( $r$ )이 0.994로 높게 나타남으로써 모형의 유효성이 입증되었다.
- iii) 합류부 영향권의 밀도예측모형에 대한 검증을 위하여 모형식에 의한 예측밀도와 관측밀도간의  $t$ -test 분석을 실시한 결과, KHCM 모형과 USHCM 모형의 경우 유의확률이 0.000으로 유의수준( $\alpha/2=0.025$ )보다 작게 나타나 도시고속도로의 적용에 적합하지 않음을 알 수 있었고, 이 연구에서의 모형은 유의확률이 0.453으로 유의수준( $\alpha/2=0.025$ )보다 크게 나타나 예측밀도와 관측밀도 사이에 밀도 차가 거의 없는 것으로 나타났다.

## 6.2 향후 연구과제

이 연구는 부산광역시 도시고속도로(번영로)를 대상으로 유입연결로 접속부 합류영향권상에서 밀도예측모형의 구축 및 검증을 실시하였다. 일반적으로 연결로 접속부는 합류부와 분류부로 구분되지만, 이 연구에서는 합류부만을 대상으로 연구를 수행하였으며 향후 분류부에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한, 도시고속도로 전체에 적용 가능한 모형을 제시하기 위하여 보다 많은 연구대상 지역에서 다양한 기하구조를 반영한 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 1) 건설교통부, 도로용량편람, 2005.
- 2) 건설교통부, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000. 3, pp435~436.
- 3) 강원의, 김영록, 연속류도로 연결로 접속부의 교통특성 분석 및 서비스 수준 분석방법에 관한 연구, 대한토목학회, 대한토목학회논문집 제23권 제6D호, 2003. 11.
- 4) 김갑수, 신관식, 도시고속도로 연결로 접속부에 있어서 KHCM모형의 적용성 분석, 영남대학교 산업기술연구논문집, Vol. 26 No. 2, 1998.
- 5) 김승길, 70mph 제한속도를 갖는 고속도로 연결로 접속부에서의 속도예측모형 구축에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 학위논문, 2000.
- 6) 김태곤, 신광식, 김승길, 김정서, 도시고속도로의 진입연결로 접속부내 선형의 밀도예측모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회 논문집, 제26권 제1D호, 2006. 01.
- 7) AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, Washington, D. C., 2001.
- 8) Gerlough, D.L., and Huber, M.L., Traffic Flow Theory: A Monograph, Special Report 165, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1975.
- 9) May, A. D., Traffic Flow Fundamentals, Prentice-Hall, 1990.
- 10) Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 2000