



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

도시고속도로의 연결로 접속영향권역내  
통행지체 예측모형 구축에 관한 연구

- 부산광역시 제1도시고속도로를 대상으로 -

Travel Delay Predictive Modeling within the Ramp  
Junction Areas of Urban Freeway

- Based on the 1st Urban Freeway in Busan City -



지도교수 김 태 곤

2010년 2월

한국해양대학교 대학원

토목환경공학과

정 유 나

本 論 文 을 정유나의 工學碩士學位論文으로 認准함.

위원장 이 중 우 (인)



위 원 김 도 삼 (인)



위 원 김 태 곤 (인)



2010년 2월

한국해양대학교 대학원

# 목 차

목 차 .....	i
Nomenclature .....	iii
List of Tables .....	v
List of Figures .....	vi
Abstract .....	viii
제 1 장 서 론 .....	1
1.1 연구 배경 .....	1
1.2 연구 목적 .....	1
1.3 문헌 조사 .....	2
1.4 연구 수행과정 .....	3
제 2 장 자료 수집 및 분석 .....	5
2.1 자료 수집 .....	5
2.2 자료 분석 .....	7
2.3 상호 관계 .....	32
제 3 장 모형 구축 .....	47
3.1 통행 지체의 산정 .....	47
3.2 지체 모형의 구축 .....	48

제 4 장 모형 검증 .....	51
4.1 상관관계 분석 .....	51
4.2 유효성 분석 .....	55
제 5 장 결론 .....	57
참 고 문 헌 .....	59



## Nomenclature

$v_i$	Flow rate for 15min.( $pc/15min$ )
$f_{HV}$	Heavy-vehicle adjustment
$P_{T1}$	Proportion of medium size vehicles(%)
$P_{T2}$	Proportion of large size vehicles(%)
$E_{T1}$	Passenger-car equivalent of medium size vehicles(1.5)
$E_{T2}$	Passenger-car equivalent of large size vehicles(2.0)
$Q$	Flow rate for 1 hour( $pc/h$ )
$q_i$	Flow rate for 15min.( $pc/15min$ )
$u_s$	Space mean speed( $km/h$ )
$u_i$	Time mean speed within each speed interval( $km/h$ )
$n$	Number of vehicles
$u_{us}$	Mean speed of upstream at the ramp junction( $km/h$ )
$u_{ds}$	Mean speed of downstream at the ramp junction( $km/h$ )
$u_{ui}$	Mean speed of upstream in 1 lane at the ramp junction( $km/h$ )
$u_{uo}$	Mean speed of upstream in 2 lane at the ramp junction( $km/h$ )
$u_{do}$	Mean speed of downstream in 2 lane at the ramp junction( $km/h$ )
$u_{di}$	Mean speed of downstream in 1 lane at the ramp junction( $km/h$ )
$u_j$	Space mean speed at the ramp junction( $km/h$ )
$q_r$	Flow rate at the ramp junction( $pc/h$ )
$q_{ui}$	Flow rate of upstream in 1 lane at the ramp junction( $pc/h$ )
$q_{uo}$	Flow rate of upstream in 2 lane at the ramp junction( $pc/h$ )
$q_{di}$	Flow rate of downstream in 1 lane at the ramp junction( $pc/h$ )
$q_{do}$	Flow rate of downstream in 2 lane at the ramp junction( $pc/h$ )

$h$	Mean headway for 15min.(sec)
$h_i$	Headway for every 15min.(sec)
$t_i$	Arrival time of $i$ th vehicle(sec)
$t_{i-1}$	Arrival time of $i-1$ th vehicle(sec)
$u_{si}$	Space mean speed for every 15min.(km/h)
$K$	Predicted density(pc/km)
$d_j$	Average travel delay at the ramp junction area(sec/pc)
$t_u$	travel time at the upstream section(sec)
$t_d$	travel time at the downstream section(sec)
$L$	Length of ramp junction area(m)
$u_{jus}$	Upstream space mean speed at the ramp junction area(km/h)
$u_{jds}$	Downstream space mean speed at the ramp junction area(km/h)
$d_{jon}$	Average travel delay on the merge section(sec/pc)
$d_{jof}$	Average travel delay on the diverge section(sec/pc)
$u_{js}$	Space mean speed at the ramp junction area(km/h)
$\beta_0, \dots, \beta_5$	Regression coefficient
$u_u$	Upstream average travel speed at the ramp junction area(km/h)
$u_d$	Downstream average travel speed at the ramp junction area (km/h)
$u_r$	Average travel speed of ramp at the ramp junction area(km/h)
$q_{u2}$	Average travel flow rate on 2 lane of upstream section at the ramp junction area(km/h)
$q_{d2}$	Average travel flow rate on 2 lane of upstream section at the ramp junction area(km/h)
$R^2$	Determination coefficient

## List of Tables

Table 2. 1	Geometric characteristics within the ramp junction area .....	5
Table 2. 2	Flow rate statistics at the inbound ramp junctions .....	10
Table 2. 3	Flow rate statistics at the outbound ramp junctions .....	11
Table 2. 4	Speed statistics at the inbound ramp junctions .....	18
Table 2. 5	Speed statistics at the outbound ramp junctions .....	19
Table 2. 6	Density statistics at the inbound ramp junctions .....	24
Table 2. 7	Density statistics at the outbound ramp junctions .....	25
Table 2. 8	Travel delay statistics at the inbound ramp junctions .....	29
Table 2. 9	Travel delay statistics at the outbound ramp junctions .....	30
Table 2.10	Flow vs speed statistics at the inbound ramp junctions .....	34
Table 2.11	Flow vs speed statistics at the outbound ramp junctions .....	34
Table 2.12	Speed vs density statistics at the inbound ramp junctions .....	38
Table 2.13	Speed vs density statistics at the outbound ramp junctions .....	38
Table 2.14	Flow vs density statistics at the inbound ramp junctions .....	42
Table 2.15	Flow vs density statistics at the outbound ramp junctions .....	42
Table 3. 1	Travel delay models on the ramp junction .....	49
Table 3. 2	Travel delay predictive models on the inbound ramp junction .....	50
Table 3. 3	Travel delay predictive models on the outbound ramp junction .....	50
Table 4. 1	Correlation analysis of models at the ramp junctions .....	52
Table 4. 2	Model validity at the ramp junctions .....	56

## List of Figures

Fig. 1. 1	Process of study .....	4
Fig. 2. 1	Sketch of 1st urban freeway under the study .....	6
Fig. 2. 2	Entrance and exit ramps of the 1st urban freeway .....	6
Fig. 2. 3	Geometry and detector locations at the ramp junction areas .....	6
Fig. 2. 4	Flow rates at the inbound ramp junctions(pc/h) .....	9
Fig. 2. 5	Flow rates at the outbound ramp junctions(pc/h) .....	9
Fig. 2. 6	Flow rates at the ramp junctions(pc/h) .....	12
Fig. 2. 7	Speeds at the inbound ramp junctions(km/h) .....	17
Fig. 2. 8	Speeds at the outbound ramp junctions(km/h) .....	17
Fig. 2. 9	Speeds at the ramp junctions(km/h) .....	20
Fig. 2.10	Densities by lanes at the inbound ramp junctions(pc/km) .....	23
Fig. 2.11	Densities by lanes at the outbound ramp junctions(pc/km) .....	23
Fig. 2.12	Densities at the ramp junctions(pc/km) .....	26
Fig. 2.13	Travel delay at the inbound ramp junctions(sec/pc) .....	28
Fig. 2.14	Travel delay at the outbound ramp junctions(sec/pc) .....	28
Fig. 2.15	Travel delay on the ramp junctions(sec/pc) .....	31
Fig. 2.16	Flow-speed relationship at the inbound ramp junctions .....	33
Fig. 2.17	Flow-speed relationship at the outbound ramp junctions .....	33
Fig. 2.18	Flow-speed relationship on the individual ramp junctions .....	35
Fig. 2.19	Speed-density relationship at the inbound ramp junctions .....	37
Fig. 2.20	Speed-density relationship at the outbound ramp junctions .....	37
Fig. 2.21	Speed-density relationship on the individual ramp junctions .....	39
Fig. 2.22	Flow-density relationship at the inbound ramp junctions .....	41
Fig. 2.23	Flow-density relationship at the outbound ramp junctions .....	41
Fig. 2.24	Flow-density relationship on the individual ramp junctions .....	43
Fig. 2.25	Flow-speed-density relationship at the ramp junctions .....	46

Fig. 3. 1	Sketch of the ramp junction influence area .....	48
Fig. 4. 1	Travel delay correlation within the ramp junctions .....	52
Fig. 4. 2	Travel delay correlation within inbound ramp junctions .....	53
Fig. 4. 3	Travel delay correlation within outbound ramp junctions .....	53
Fig. 4. 4	Travel delay correlation within the ramp junctions .....	54



# Travel Delay Predictive Modeling within the Ramp Junction Areas of Urban Freeway

- Based on the 1st Urban Freeway in Busan City -

*Yu Na, Jeong*

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

## Abstract

Travel delay denotes a time difference between the running time of vehicle with a normal speed and the travel time of vehicle with a congested speed for traversing the same segment of roadway, and is sometimes used as a measure of time delayed in the junction or bottleneck areas of roadway. Most of the urban freeways in the country are suffering from severe traffic delay within the entrance and exit ramp junction influence areas on the urban freeway, as a freeway with the speed limit of 80 km/h or less regardless of the rush hours. So, the purpose in this study is to develop the delay predictive models that could predict the average travel delay within the ramp junction influence areas of urban freeway having the geographical features which differ from the expressway, and also examine the validity of the travel delay predictive models developed.

From the traffic characteristic analyses and travel delay predictive model constructed within ramp junction influence areas of the 1st urban freeway selected in the City of Busan, the following conclusions were drawn;

i) Except for nighttime period, travel demand occurred in most of the time periods. As traffic flow on the 2nd lane was particularly higher than that on the 1st lane, traffic management system such as freeway traffic information system must be established considering the lane-based characteristics.

ii) Traffic intensity of the on-ramp was shown to be higher than that of the off-ramp. As traffic intensity especially increased to the maximum in the morning and afternoon peak periods, the traffic management system such as the Ramp Metering System must be established considering the period-based characteristics.

iii) This delay model was shown to have a high explanatory power and level of confidence. As the determination coefficient values were especially 0.90 or higher in all of the on-ramps and off-ramps, the applicability of this delay models for predicting travel delay was expected to increase with the high level of confidence.

iv) This delay model was shown to increase validity with a high correlation coefficients. As the correlation coefficient values were higher than 0.90 in most of the on-ramps and off-ramps, except the off-ramp H, and the F-value was also 0.000, a big difference between predicted delay and computed delay was not found to exist.

# 제 1 장 서론

## 1.1 연구 배경

일반적으로 도시고속도로(urban freeway)란 도시지역 내 자동차 전용도로로서 이륜차의 진출입이 제한되고, 대용량의 교통량을 신속하게 처리하며, 고속국도처럼 높은 설계기준이 요구되는 고속화도로를 의미한다. 이러한 도시고속도로가 부산지역에는 경부고속국도와 부산항사이를 연계하는 제1도시고속도로(번영로)를 비롯하여 3개의 도시고속도로가 개설되어 있으며, 현재 1개의 외곽순환도로(ring road)가 건설 중에 있다.

특히, 부산지역의 3개 도시고속도로 중에서 제1도시고속도로는 약 30년 전에 건설된 대표적인 도시고속도로이고, 도심지역과 부도심지역사이의 선형으로 연계하는 핵심 교통축으로 대형컨테이너차량을 포함하여 1일 10만대이상의 차량이 이용하고 있으며, 도로용량에 비하여 통행량의 초과로 출퇴근시간대와 관계없이 극심한 교통정체에 시달리고 있다.

더구나 부산지역의 제1도시고속도로는 무료로 운행되고 있고 주변 간선도로와의 상호 연계체계가 미비하여 교통정체가 날로 심화됨으로써 통행속도의 감소, 통행시간의 증가, 운행비용의 증가, 연료소모량의 증가, 대기오염의 증가, 교통서비스 질의 악화 등에 따른 막대한 경제적 사회적 손실과 더불어 이용자들의 불평·불만이 날로 증대되고 있다.

## 1.2 연구 목적

도시고속도로는 도시지역 내 고속화도로로 출퇴근시간대를 제외하고는 거의 자유흐름상태가 유지되어야 한다고 하지만, 대부분의 국내 도시고속도로는 출퇴근시간대가 아니라 해도 우회도로의 부족, 진출입연결로 및 돌발사고 등이 자주 발생하여 교통체증은 날로 증대되고 있다. 더구나 본 연구대상인 부산지역의 제1도시고속도로에는 곡선지점과 가속예측지점에는 속도 감시카메라들이

설치되어 있고, 또한 도시고속도로의 진출입연결로 접속지점과 인접하여 터널들이 존재함으로써 통행차량의 속도저하를 가중시킴으로써 도시고속도로의 교통정체는 더욱 가중되고 있다.

따라서 본 연구에서는 부산지역 제1도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내에서 관측된 실시간의 자료를 중심으로 교통특성을 파악하고, 교통특성 상호간의 관계를 비교분석하며, 이를 바탕으로 진출입연결로 접속영향권역 내의 통행지체 예측모형을 구축 제시하고자 한다.

### 1.3 문헌 조사

본 연구와 관련된 국외의 연구에서 미국의 Wattleworth, J. A. et al. (1967)은 미국 휴스턴지역과 시카고지역의 고속도로를 연구대상으로 고속도로의 평균속도가 40 mph로 감소할 경우 교통류(traffic flow)상에 지체가 발생하는 것으로 가정하여 오후 2:30~6:30 사이에 고속도로의 진출입연결로에 대해 적절히 통제를 가할 때 고속도로의 정체가 약 45% 정도 감소된다고 보고함으로써 Ramp Metering과 같은 연결로 통행규제의 필요성을 역설하였다.

또한, 미국의 Lindley, J. A. (1989)는 고속도로에서 반복되는 교통체증으로 1987년 한해에 미국에서 약 7억 vehicle-hours 이상의 지체가 발생하였고, 시간과 연료소비 등의 사회적·경제적 비용을 감안할 때 약 59억불(U\$)의 초과비용이 유발되었다는 미연방도로국(federal highway administration, FHWA)의 연구결과를 근거로 2005년에는 약 30억 vehicle-hours 이상의 지체가 발생할 것이 예상된다고 보고함으로써 고속도로의 지체를 감소시킬 수 있는 국가적인 차원의 대책마련의 시급성을 강조하였다.

그리고 미국의 Davis, G. A. et al. (1990)은 고속도로의 연결로 접속영향권역의 점유율(occupancy)과 진출입교통량(inflowing and outflowing traffic)이 고속도로의 교통체증(congestion)에 상당한 영향을 미치고 있다는 전제하에 실시간의 자료를 바탕으로 선형의 시계열 분석을 실시함으로써 고속도로의 교통

체증을 사전에 예측할 수 있는 예측기법 도입의 필요성을 강조하였다.

특히, 미국의 Thompson, N. (1997)은, 미국 미네소타지역의 고속도로에 대해 최첨단 통합교통관리체계(integrated corridor traffic management-ramp metering system, ICTM-RMS)를 구축 실시한 결과 고속도로의 본선(mainline) 교통량이 약 30%정도 증가하였고, 또한 본선구간의 속도가 평균 30 mph에서 48 mph로 약 60%정도 증가하였다고 보고함으로써 고속도로의 정체감소와 효율성 증대를 위해 Ramp Metering과 함께 통합교통관리시스템 도입의 필요성을 역설하였다.

한편, 본 연구와 관련된 국내의 연구에서 김정훈과 김태곤(2000)은 미국 Detroit지역과 Chicago지역을 동서로 연결하는 고속도로 I-94를 연구대상으로 수집된 자료를 바탕으로 연결로접속영향권역 내 지체와 관련된 실험적 연구를 실시한 결과 고속도로의 연결로접속영향권역 내 하류부의 점유율(occupancy)이 연결로접속영향권역 내 지체와 상관성이 높다는 사실을 확인하였고, 특히 점유율을 기준으로 9%이내일 경우 지체모형이 높은 설명력과 유효성을 보인 반면, 점유율이 9%를 초과할 경우 설명력과 유효성이 떨어진다는 것을 확인함으로써 점유율을 이용하여 지체모형을 구축할 경우 정체가 심하지 않는 9%이내의 점유율 상태에서 지체모형이 유효하다는 사실을 입증하였다.

지금까지의 국내외 문헌연구에서는 주로 고속도로를 연구대상으로 지체를 감소시키기 위해 Ramp Metering시스템 구축, 교통관리체계의 구축, 교통체증 예측기법의 도입, 교통체증 완화대책의 수립 및 점유율을 고려한 지체모형의 구축 등에 집중되었으나, 본 연구에서는 도시고속도로를 중심으로 진출입연결로 접속영향권역 내 통행지체의 예측모형을 구축하는 시도에서 연구의 차별성은 있다고 생각되었다.

## 1.4 연구 수행과정

본 연구에서는 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 통행지체의 예

측모형을 구축하기 위해 우선적으로 관련 문헌조사와 함께 부산지역의 제1도시고속도로를 연구대상으로 선정되었고, 선정된 부산지역의 제1도시고속도로에서 기하구조특성이 유사한 도심지역과 부도심지역을 중심으로 총 8개의 진출입연결로(4개의 진입연결로와 4개의 진출연결로)가 선정되었으며, 선정된 진출입연결로의 450m의 접속영향권역내 상류부, 하류부 및 연결로에서 교통량(volume), 속도(speed), 점유율(occupancy), 차두시간(time headway) 등을 포함한 모든 교통특성자료가 관측되었다. 특히, 관측된 교통특성자료 중 결측요소가 없는 자료의 2/3을 대상으로 자료 분석 및 모형구축이 이루어졌고, 모형구축에 사용되지 않은 나머지 1/3의 자료가 모형검증에 사용되었다.

본 연구의 전체적인 수행과정은 아래의 Fig. 1.1과 같다.

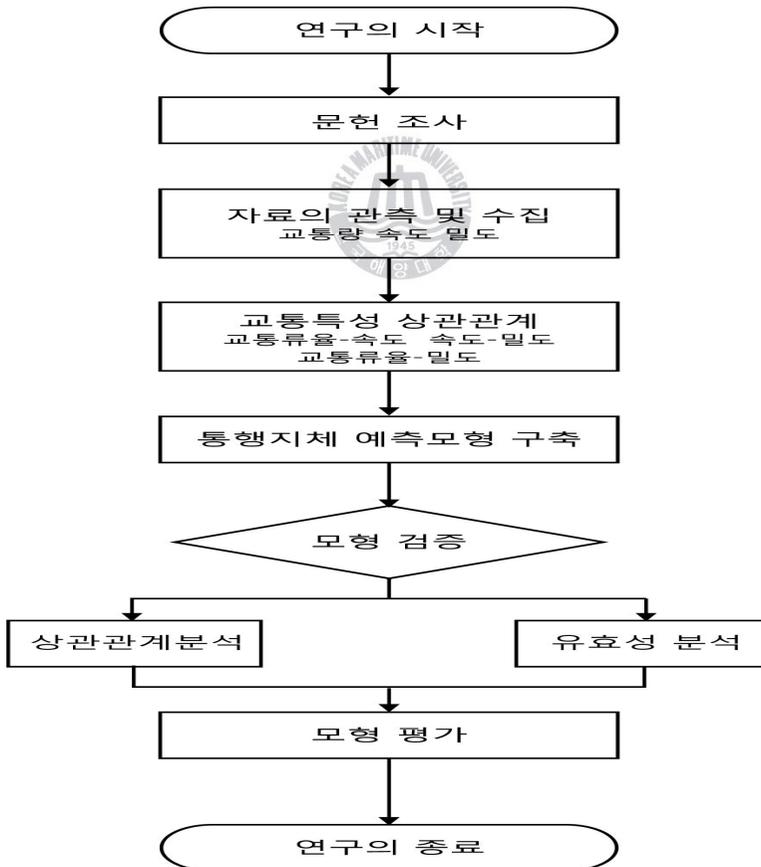


Fig. 1.1 Process of study

## 제 2 장 자료 수집 및 분석

### 2.1 자료 수집

부산지역의 제1도시고속도로는 양방향 4차로의 분리된 고속도로시설로 8개의 진출연결로, 8개의 진입연결로와 5개소의 터널로 구성되어 있으며 전형적인 도시고속도로의 기하구조특성을 갖추고 있다.

이러한 도시고속도로에서 도심방향(inbound)의 진입연결로 A(Wondong)와 B(Mangmi), 진출연결로 C(Daeyeon)와 D(Munhyeon), 부도심방향(outbound)의 진입연결로 E(Munhyeon)와 F(Daeyeon), 진출연결로 G(Mangmi)와 H(Wondong)가 연구대상 연결로로 선정되었고, 선정된 진출입연결로의 접속영향권역 내 상류부와 하류부 1,2차로 그리고 연결로에 검지기가 설치되어 매 15분 간격으로 1일 24시간씩 주중(화, 수, 목)의 교통특성자료가 2개월 동안 반복적으로 수집되었으며, 수집된 자료 중에서 오류가 없는 자료만이 MS Office Excel 2007과 SPSS(Ver.12)와 함께 자료 분석, 모형 구축 및 검증에 사용되었다.

**Table 2.1 Geometric characteristics within the ramp junction area**

Ramp junctions	Munhyeon	Daeyeon	Mangmi	Wondong
가속차로길이(m)	70	170	80	170
감속차로길이(m)	80	170	150	120
변속차로의 형식	평행식			
차로수(lane), (본선/연결로)	2 / 1			
차로폭(m), (본선/연결로)	3.7 / 3.7~5.0			
제한속도(km/h), (본선/연결로)	80 / 50			
자유속도(km/h), (본선/연결로)	60 / 50			
측방여유폭(m), (중앙분리대측/도로우측)	1.2 / 2.0			

- 주 : 1) 접속지점 하류부(테이퍼 끝 기준)의 전방 215m 지점에 터널 존재  
 2) 접속지점 상류부(노즈 기준)의 후방 108m 지점, 하류의 전방 127m 지점에 터널 존재



Fig. 2.1 Sketch of 1st urban freeway under the study

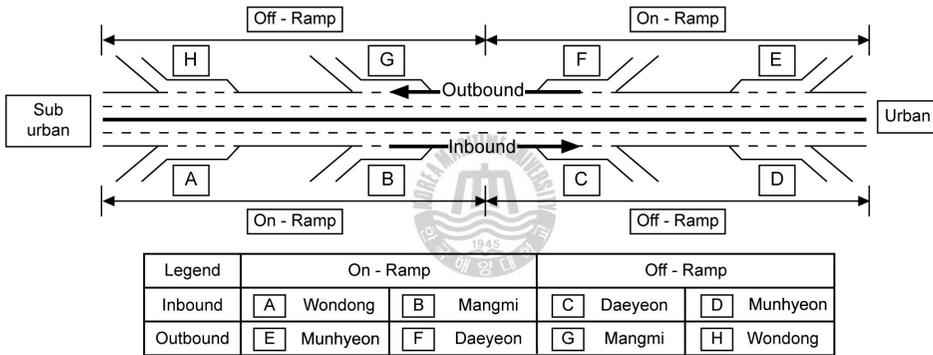


Fig. 2.2 Entrance and exit ramps of the 1st urban freeway

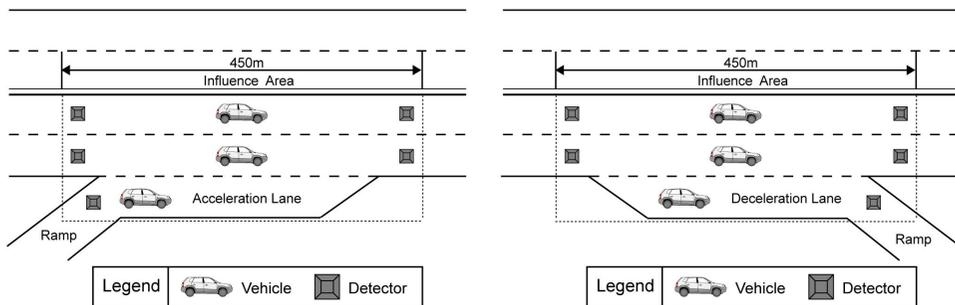


Fig. 2.3 Geometry and detector locations at the ramp junction areas

## 2.2 자료 분석

본 연구를 위한 자료 분석은 연구대상 진출입연결로 접속영향권역 내에서 수집된 자료를 중심으로 실시되었다. 특히, 교통량(volume)은 중 차량보정계수를 고려하여 시간단위의 교통류율(flow rate)로 환산되었고, 속도(speed)는 접속영향권역 내 상류부, 하류부 및 연결로의 평균속도를 바탕으로 공간평균속도로 전환되었으며, 밀도(density)는 차두거리(headway distance)의 역비례관계로부터 산정되었다.

### 2.2.1 교통류율(flow rate)

교통류율(flow rate)이란 단위시간동안에 검지기를 통과한 차량대수에 중 차량보정계수를 고려한 승용차 환산대수로서 단위는 passenger car per hour(pc/h)로 표현되고, 연구대상 진출입연결로의 접속영향권역 내 교통류율은 1시간단위의 교통량으로서 다음과 같이 산정되었다.

$$q_i = \frac{v_i}{f_{HV}} \quad (2.2.1)$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{T1}(E_{T1} - 1) + P_{T2}(E_{T2} - 1)} \quad (2.2.2)$$

$$Q = \sum_{i=1}^4 q_i \quad (2.2.3)$$

여기서,

$v_i$  : 15분 단위시간의 교통류율(pc/15min)

$f_{HV}$  : 중 차량보정계수

$P_{T1}$  : 중형차량( $T_1$ )의 구성비(%)

$P_{T2}$  : 대형차량( $T_2$ )의 구성비(%)

$E_{T1}$  : 중형차량( $T_1$ )의 승용차 환산계수(1.5)

- $E_{T_2}$  : 대형차량( $T_2$ )의 승용차 환산계수(2.0)  
 $Q$  : 1시간 단위시간의 교통류율(pc/h)  
 $q_i$  : 15분 단위시간의 교통류율(pc/15min)

특히, 연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 교통류율의 특성분석을 살펴보면 다음과 같았다.

방향별 특성분석에서 도심방향에서는 진출입연결로 접속영향권역 내 교통류율이 차로별로 다소 차이는 있었으나, 최소 4pc/h에서 최대 2,380pc/h로 분포하였으며 오전·오후 출퇴근시간대 최소 1,101pc/h에서 최대 1,708pc/h의 평균 교통류율의 분포를 보이면서 오전 07:00이후 오후 19:00까지 상당히 높은 상태를 유지하고 있는 것으로 나타났고, 부도심방향에서는 최소 56pc/h에서 최대 2,468pc/h로 분포하였으며 심야시간대(오전 00:00~익일 06:00)를 제외하고 지속적으로 어느 정도의 교통류율을 유지하고 있었다. 이는 과거 출·퇴근시간대에 차량이 집중되는 통행특성이 생활수준향상에 따라 차량의용수요 증가와 다양한 경제활동 등에 따른 통행패턴의 변화에 기인하는 것으로 판단되었다.

또한, 연결로별 특성분석에서 진입연결로 접속영향권에서는 도심방향이나 부도심방향에서 현저한 차이를 보이지 않았고 대체적으로 최소 837pc/h에서 최대 1,192pc/h의 평균 교통류율로 분포하였으나, 진출연결로 접속영향권에서는 부도심방향이 도심방향에 비해 다소 높은 교통류율을 보이면서 최소 957pc/h에서 최대 1,206pc/h로 분포하였다.

반면, 차로별 특성분석에서 진출입연결로 접속영향권역 내 1차로의 최대 교통류율이 연결로별로 다소 차이는 있었으나 최소 1,356pc/h에서 최대 2,004pc/h로 나타났고, 2차로에서는 최대 교통류율이 최소 1,808pc/h에서 최대 2,468pc/h로 1차로보다 약 452pc/h~464pc/h정도 높게 나타났는데, 이는 1차로가 진출입연결로의 차량 진출입이 관련된 2차로보다 차량과의 상충이 적고 일정한 통행속도를 계속 유지할 수 있었기 때문에 상대적으로 평균 통행량이 낮은 것으로 판단되었다(참조 Table 2.2, 2.3과 Fig. 2.4, 2.5, 2.6).

따라서 본 연구대상 진출입연결로의 접속영향권역 내 교통류율의 특성분석결과 심야시간대를 제외한 거의 모든 시간대에 걸쳐서 차량이용수요가 집중하여 접속영향권역 내에서 교통정체가 발생하고 있으므로 도시고속도로의 교통류율 집중도를 적절히 조절하고, 본선과 연결로의 교통상황이 최적상태로 유지될 수 있도록 Ramp Metering 시스템이나 교통정보시스템과 같은 도시고속도로 교통관리체계방안과 함께 적절한 교통수요관리방안이 수립되어야 할 것으로 판단되었다.

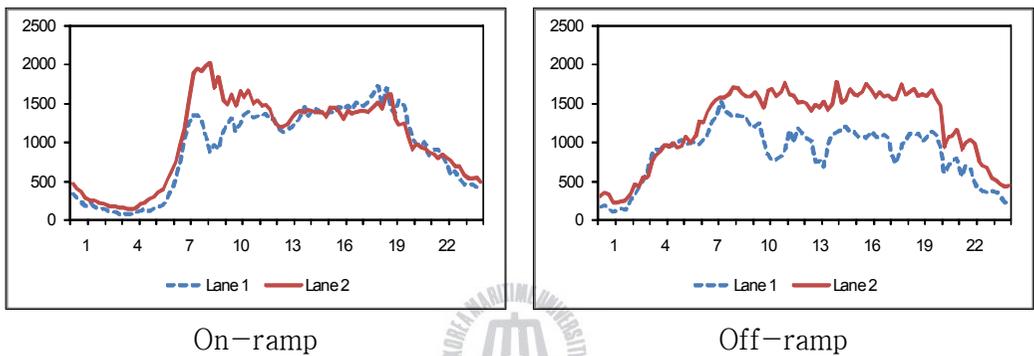


Fig. 2.4 Flow rates at the inbound ramp junctions(pc/h)

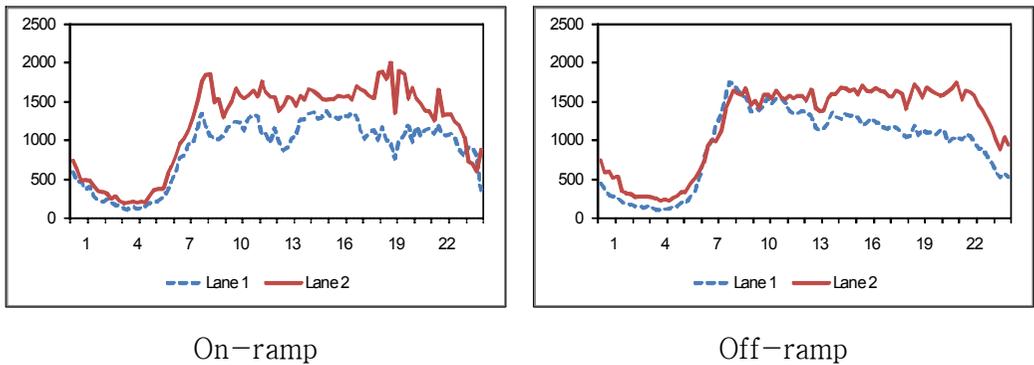


Fig. 2.5 Flow rates at the outbound ramp junctions(pc/h)

Table 2.2 Flow rate statistics at the inbound ramp junctions

Ramp junction			Flow rate(pc/h)		
			Lane 1		Lane 2
Inbound	On-ramp	A	Max.	1,528	1,808
			Min.	36	108
			Avg.	837	
			AM Peak	1,258	
			PM Peak	1,343	
		B	Max.	1,948	2,380
			Min.	80	148
			Avg.	1,119	
			AM Peak	1,708	
			PM Peak	1,687	
	Off-ramp	C	Max.	1,952	2,172
			Min.	60	136
			Avg.	1,188	
			AM Peak	1,547	
			PM Peak	1,555	
		D	Max.	1,484	1,884
			Min.	4	100
			Avg.	778	
			AM Peak	1,418	
			PM Peak	1,101	

Table 2.3 Flow rate statistics at the outbound ramp junctions

Ramp junction			Flow rate(pc/h)		
			Lane 1		Lane 2
Outbound	On-ramp	E	Max.	1,356	2,064
			Min.	80	172
			Avg.	912	
			AM Peak	1,112	
			PM Peak	1,304	
		F	Max.	1,716	2,468
			Min.	128	188
			Avg.	1,192	
			AM Peak	1,601	
			PM Peak	1,466	
	Off-ramp	G	Max.	2,004	1,880
			Min.	96	184
			Avg.	1,206	
			AM Peak	1,607	
			PM Peak	1,566	
		H	Max.	1,504	1,840
			Min.	56	160
			Avg.	957	
		AM Peak	1,390		
		PM Peak	1,178		

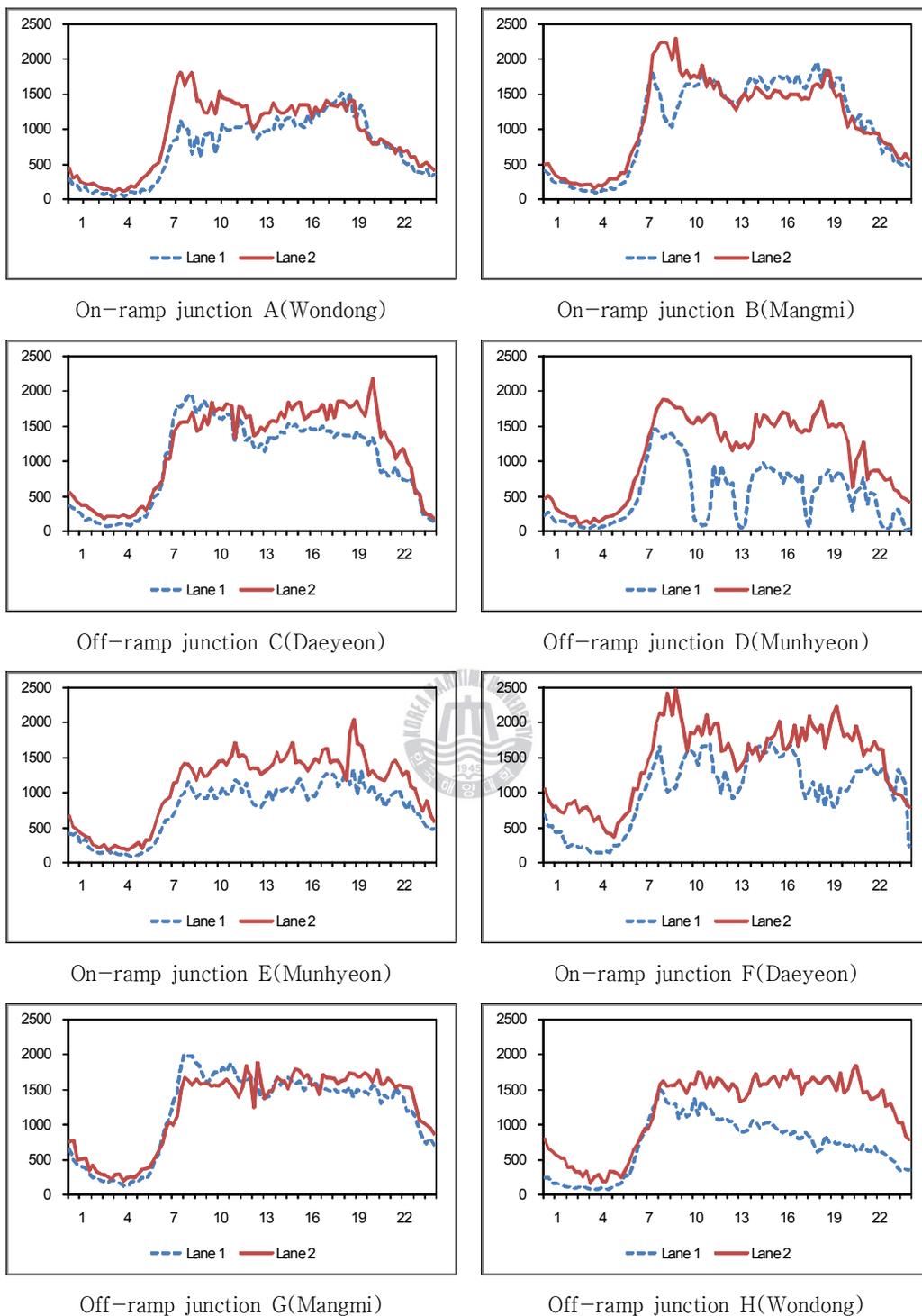


Fig. 2.6 Flow rates at the ramp junctions(pc/h)

### 2.2.2 속도(Speed)

속도(speed)란 단위시간당 차량의 주행거리로서 일반적으로 kilometer per hour(km/h)로 표현되며, 연구대상 진출입연결로의 접속영향권역 내 상류부, 하류부 및 연결로에서 수집된 속도자료는 관측지점의 시간평균속도(time mean speed,  $u_i$ )로서 다음과 같이 공간평균속도(space mean speed,  $u_s$ )로 전환되었다.

$$u_s = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum \frac{1}{u_i}} \quad (2. 4)$$

여기서,

- $u_s$  : 공간평균속도(km/h)
- $u_i$  : 속도등급 내 시간평균속도(km/h)
- $n$  : 차량대수



그리고 연구대상 진출입연결로의 접속영향권역 내 공간평균속도( $u_j$ )는 상류부, 하류부 및 연결로의 교통특성자료와 함께 다음과 같은 계산과정을 거쳤는데, 특히 진입연결로 접속영향권역의 공간평균속도는 식 (2. 5)~(2. 8)로부터 산정되었고, 진출연결로 접속영향권역의 공간평균속도는 식 (2. 9)~(2. 12)로부터 산정되었다.

$$u_{us} = \frac{q_{ui} + q_{uo}}{\left( \frac{q_{ui}}{u_{ui}} + \frac{q_{uo}}{u_{uo}} \right)} \quad (2. 5)$$

$$u_{ds} = \frac{q_{ui} + q_{uo} + q_r}{\left( \frac{q_{ui}}{u_{ui}} + \frac{q_{uo} + q_r}{u_{do}} \right)} \quad (2. 6)$$

$$u_{do} = \frac{k_{uo} \times u_{uo} + k_r \times u_r}{k_{uo} + k_r} \quad (2. 7)$$

$$u_j = u_{us} \text{ if } (u_{us} + u_{ds})/2 \geq u_{us},$$

$$= (u_{us} + u_{ds})/2 \text{ otherwise} \quad (2. 8)$$

$$u_{ds} = \frac{q_{di} + q_{do}}{\left(\frac{q_{di}}{u_{di}} + \frac{q_{do}}{u_{do}}\right)} \quad (2. 9)$$

$$u_{us} = \frac{q_{di} + q_{do} + q_r}{\left(\frac{q_{di}}{u_{di}} + \frac{q_{do} + q_r}{u_{do}}\right)} \quad (2. 10)$$

$$u_{uo} = \frac{k_{do} \times u_{do} + k_r \times u_r}{k_{do} + k_r} \quad (2. 11)$$

$$u_j = u_{ds} \text{ if } u_{us} \geq u_{ds}$$

$$= (u_{us} + u_{ds})/2 \text{ otherwise} \quad (2. 12)$$

- 여기서,  $u_{us}$  : 연결로 접속영향권역 내 상류부 평균속도(km/h)
- $u_{ds}$  : 연결로 접속영향권역 내 하류부 평균속도(km/h)
- $u_{ui}$  : 연결로 접속영향권역 내 상류부 1차로 평균속도(km/h)
- $u_{uo}$  : 연결로 접속영향권역 내 상류부 2차로 평균속도(km/h)
- $u_{di}$  : 연결로 접속영향권역 내 하류부 1차로 평균속도(km/h)
- $u_{do}$  : 연결로 접속영향권역 내 하류부 2차로 평균속도(km/h)
- $u_j$  : 연결로 접속영향권역 내 공간평균속도(km/h)
- $q_r$  : 연결로 접속영향권역 내 연결로 통행량(pc/h)
- $q_{ui}$  : 연결로 접속영향권역 내 상류부 1차로 통행량(pc/h)
- $q_{uo}$  : 연결로 접속영향권역 내 상류부 2차로 통행량(pc/h)
- $q_{di}$  : 연결로 접속영향권역 내 하류부 1차로 통행량(pc/h)
- $q_{do}$  : 연결로 접속영향권역 내 하류부 2차로 통행량(pc/h)

특히, 연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 속도의 특성 분석결과를 살펴보면 다음과 같았다.

도심방향의 속도특성에서 진출입연결로의 접속영향권역 내 평균속도는 약 61km/h로 비교적 낮은 속도특성을 보였으나, 오전·오후 출퇴근시간대에 진입연결로의 접속영향권역 내 평균속도는 약 32km/h~58km/h로 현저하게 감소하는 것으로 나타났으며, 진출연결로의 접속영향권역 내에서는 다소 높은 약 60km/h~65km/h의 평균속도를 유지하는 것으로 나타났다. 반면 부도심방향의 속도특성에서 진출입연결로의 접속영향권역 내 평균속도는 약 52km/h~65km/h로 도심방향과 비슷한 속도특성을 유지하고 있었으나, 오전·오후 출퇴근시간대(오전 07:00~09:00과 오후 17:00~19:00)의 진입연결로의 접속영향권역 내에서는 약 28km/h~56km/h로 도심방향의 출퇴근시간대의 평균속도보다 다소 낮은 속도분포를 보였고, 진출연결로의 접속영향권역 내에서는 약 56km/h~70km/h로 도심방향의 출퇴근시간대 평균속도보다 다소 높은 속도분포를 보였다. 이는 출퇴근시간대 진출차량에 비해 진입차량이 집중되는 통행특성 때문에 진입연결로 접속영향권역 내 평균속도가 진출연결로 접속영향권역 내 평균속도에 비하여 더욱 감소하는 것으로 판단되었다.

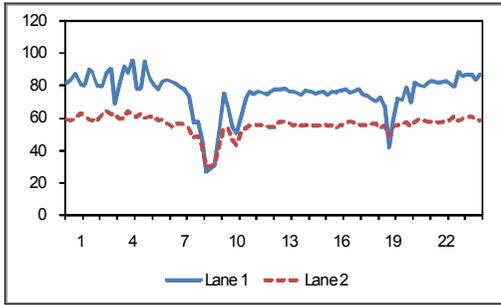
또한, 연결로별 속도특성 분석결과를 비교해보면, 진출연결로 접속영향권역 내에서 도심방향이나 부도심방향의 평균속도는 약 60km/h~65km/h로 상당히 높게 나타났고, 출퇴근시간대의 평균속도도 약 55km/h~70km/h로 비교적 낮지 않은 평균속도를 유지하고 있었으며, 진입연결로 접속영향권역에서는 방향에 관계없이 출퇴근시간대 평균속도가 약 22km/h~58km/h로 낮게 분포하면서 뚜렷한 대조를 보였다.

더구나 차로별 속도특성 분석결과를 비교해 보면, 특히 도심방향의 진입연결로 접속영향권역 내에서 1차로의 속도분포는 최소 22km/h에서 최대 110km/h로 2차로의 속도분포 최소 26km/h에서 최대 74km/h에 비해 상대적으로 높게 나타났고, 부도심방향도 진입연결로 접속영향권역 내에서 1차로의 속도분포는 1차로에서 최소 22km/h에서 최대 101km/h로 2차로의 속도분포 최소 26km/h

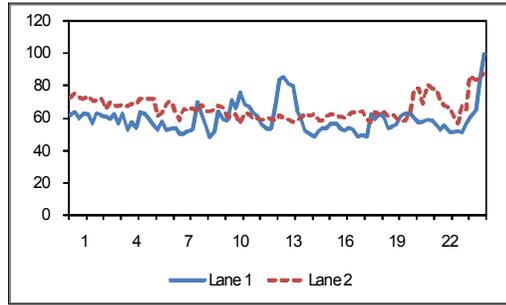
에서 최대67km/h에 비해 높게 나타났다. 그러나 출퇴근시간대에 진입연결로 접속영향권에서 방향에 관계없이 최소 28km/h에서 최대 58km/h로 나타났으나, 특히 진출연결로에서는 최소 55km/h에서 최대 70km/h의 속도분포를 보이는 것으로 나타났다. 이는 1차로가 2차로보다 차량과의 상충이 적고 통행속도를 계속 유지할 수 있기 때문에 상대적으로 평균 속도가 다소 높은 특성을 보이는 것으로 판단되었다(참조 Table 2.4, 2.5와 Fig. 2.7, 2.8, 2.9).

따라서 본 연구대상 진출입연결로의 접속영향권역 내 속도특성의 분석결과 심야시간대를 제외한 거의 모든 시간대에 걸쳐서 차량이용수요의 집중으로 높은 통행속도를 기대할 수 없었고, 특히 출퇴근시간대 도심방향의 진입연결로 접속영향권역 내에서 평균속도가 현저하게 감소하고 있었으므로 도심방향의 통행차량 집중도를 적절히 조절하고, 본선과 연결로의 교통상황이 최적상태로 유지될 수 있도록 첨두시간대를 중심으로 Ramp Metering 시스템이나 교통정보 시스템과 같은 도시고속도로 교통관리체계방안과 함께 적절한 교통수요관리방안이 수립되어야 할 것으로 판단되었다.



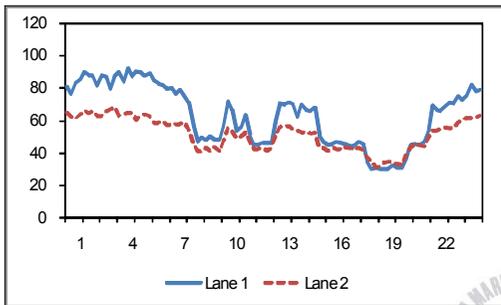


On-ramp

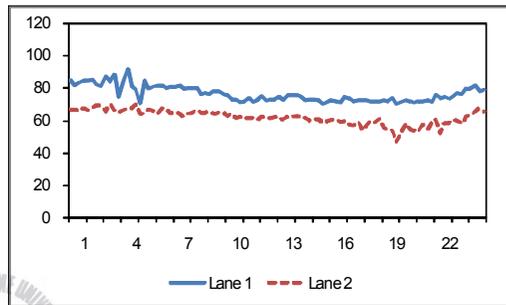


Off-ramp

Fig. 2.7 Speeds at the inbound ramp junctions(km/h)



On-ramp



Off-ramp

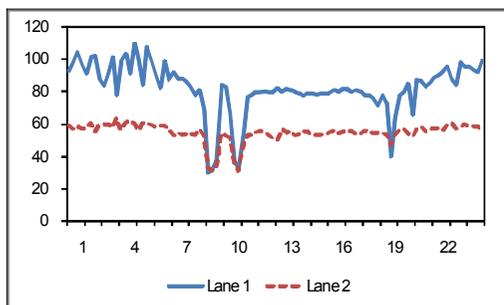
Fig. 2.8 Speeds at the outbound ramp junctions(km/h)

Table 2.4 Speed statistics at the inbound ramp junctions

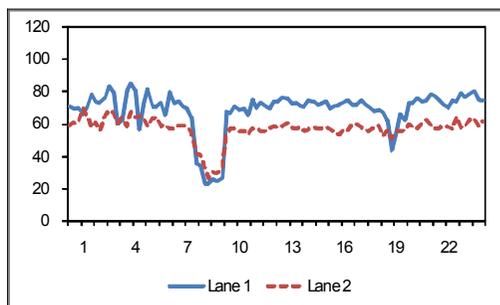
Ramp junction			Speed(km/h)		
			Lane 1		Lane 2
Inbound	On-ramp	A	Max.	110	63
			Min.	30	29
			Avg.	61	
			AM Peak	51	
			PM Peak	58	
		B	Max.	87	71
			Min.	22	26
			Avg.	61	
			AM Peak	32	
			PM Peak	58	
	Off-ramp	C	Max.	104	94
			Min.	71	48
			Avg.	65	
			AM Peak	68	
			PM Peak	62	
		D	Max.	116	88
			Min.	20	55
			Avg.	60	
			AM Peak	55	
			PM Peak	56	

Table 2.5 Speed statistics at the outbound ramp junctions

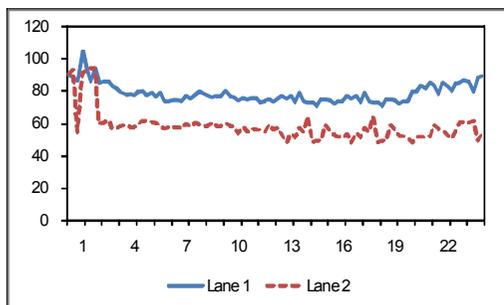
Ramp junction			Speed(km/h)		
			Lane 1		Lane 2
Outbound	On-ramp	E	Max.	85	67
			Min.	33	31
			Avg.	56	
			AM Peak	56	
			PM Peak	44	
		F	Max.	101	70
			Min.	22	26
			Avg.	52	
			AM Peak	39	
			PM Peak	28	
	Off-ramp	G	Max.	84	69
			Min.	41	37
			Avg.	63	
			AM Peak	69	
			PM Peak	56	
		H	Max.	103	77
			Min.	65	50
			Avg.	65	
		AM Peak	70		
		PM Peak	57		



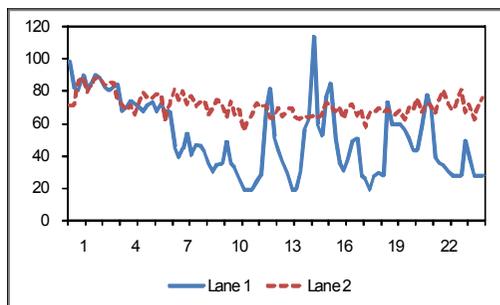
On-ramp junction A(Wondong)



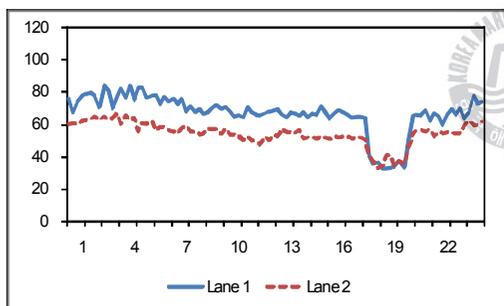
On-ramp junction B(Mangmi)



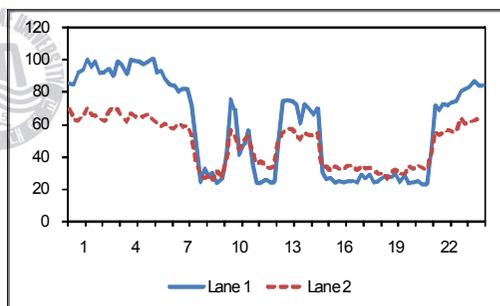
Off-ramp junction C(Daeyeon)



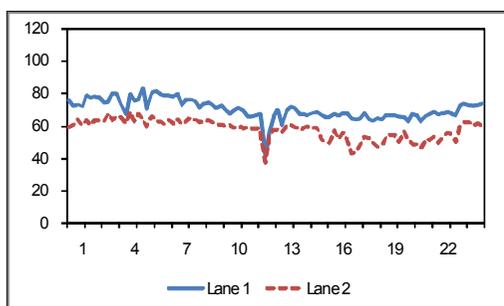
Off-ramp junction D(Munhyeon)



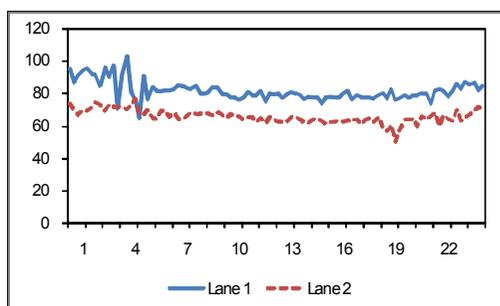
On-ramp junction E(Munhyeon)



On-ramp junction F(Daeyeon)



Off-ramp junction G(Mangmi)



Off-ramp junction H(Wondong)

Fig. 2.9 Speeds at the ramp junctions(km/h)

### 2.2.3 밀도(Density)

밀도(density)란 특정시간에 단위구간을 통행하는 차량대수로서 단위는 passenger car per kilometer(pc/km)로 표현되며, 본 연구대상 진출입연결로 접속영향권역 내 밀도는 차두거리의 역비례관계를 이용하여 다음의 식 (2. 13), (2. 14)과 같이 산정되었다.

$$h = \frac{\Sigma(t_i - t_{i-1})}{\Sigma n_i} \quad (2. 13)$$

$$K = \frac{3.6}{h_i \times u_{si}} \quad (2. 14)$$

여기서,

- $h$  : 15분 동안 평균 차두시간(sec)
- $h_i$  : 매 15분 동안 차두시간(sec)
- $t_i$  :  $i$ 번째 차량의 도착시간(sec)
- $t_{i-1}$  :  $i-1$ 번째 차량의 도착시간(sec)
- $u_{si}$  : 매 15분 동안 공간평균속도(km/h)
- $K$  : 추정밀도(pc/km)

한편, 연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 밀도의 특성 분석결과를 살펴보면 다음과 같았다.

도심방향에서 진출입연결로의 접속영향권역 내 평균밀도는 약 17.0pc/km로 비교적 원활한 밀도특성을 보였으나, 오전·오후 출퇴근시간대에 진입연결로의 접속영향권역 내 평균밀도는 약 33.7pc/km로 현저하게 높게 나타났고 진출연결로의 접속영향권역 내에서는 상당히 낮은 약 23.6pc/km의 다소 낮은 평균밀도를 유지하는 것으로 나타났다. 반면 부도심방향에서 진입연결로의 접속영향권역 내 평균밀도는 약 20.4pc/km로 진출연결로의 접속영향권역 내 평균밀도

약 17.0pc/km에 비해 다소 높았고, 도심방향의 평균밀도에 비해 상당히 낮은 밀도특성을 유지하고 있었으나, 오전·오후 출퇴근시간대(오전 07:00~09:00과 오후 17:00~19:00)에 진입연결로의 접속영향권역 내에서는 약 37.4pc/km, 진출연결로의 접속영향권역 내에서는 약 23.4pc/km로 진입연결로 접속영향권이 진출연결로 접속영향권에 비해 약 1.5배정도의 높은 밀도특성을 보이는 것으로 나타났다. 이는 출퇴근시간대 진출차량에 비해 진입차량이 집중되는 통행특성 때문에 진입연결로 접속영향권역 내 평균밀도가 진출연결로 접속영향권역 내 평균밀도에 비하여 더욱 증가하는 것으로 판단되었다.

또한, 연결로별 속도특성에서 진입연결로 접속영향권역 내에서 평균밀도 약 20.6pc/km로 진출연결로 접속영향권 내 평균밀도 약 16.9pc/km에 비해 다소 높게 나타났으나, 출퇴근시간대의 진입연결로 접속영향권역 내에서 평균밀도는 약 35.6pc/km로 진출연결로 접속영향권역 내에서 평균밀도 23.5pc/km에 비해 현저하게 높게 나타남으로써 연결로별 뚜렷한 대조를 보였다.

더구나 차로별 밀도특성에서 도심방향의 진입연결로 접속영향권역 내에서 1차로의 최대 밀도는 약 67.6pc/km, 2차로의 최대 밀도는 약 84.6pc/km로 약 25%정도 2차로가 높게 나타났고, 부도심방향의 진입연결로 접속영향권역 내에서 1차로의 최대 밀도는 약 60.3pc/km, 2차로의 최대밀도는 약 84.0pc/km로 약 40%정도 2차로가 높게 나타났다. 그러나 부도심방향의 진출연결로 접속영향권역 내 1차로의 최대 밀도가 약 36.0pc/km로 도심방향의 진출연결로 1차로의 최대 밀도 약 46.4pc/km에 비해 다소 낮게 나타났고, 2차로에 있어서도 부도심방향이 도심방향에 비해 10%이상 높게 나타났다. 이는 차량의 진출입이 2차로에서 이루어지기 때문에 당연히 밀도가 높게 나타났고, 출퇴근시간대 차량의 집중정도에 따라 부도심방향의 밀도가 도심방향보다 다소 높은 특성을 보이는 것으로 판단되었다(참조 Table 2.6, 2.7과 Fig. 2.10, 2.11, 2.12).

따라서 본 연구대상 진출입연결로의 접속영향권역 내 밀도특성의 분석결과 심야시간대를 제외한 거의 모든 시간대에 걸쳐서 차량이용수요가 집중되고 있고, 특히 출퇴근시간대 도심방향의 진입연결로 접속영향권역 내에서 평균밀도

가 현저하게 증가하고 있으므로 도심방향의 통행차량 집중도를 적절히 조절하고, 본선과 연결로의 교통상황이 최적상태로 유지될 수 있도록 첨두시간대를 중심으로 Ramp Metering 시스템이나 교통정보시스템과 같은 도시고속도로 교통관리체계방안과 함께 적절한 교통수요관리방안이 수립되어야 할 것으로 판단되었다.

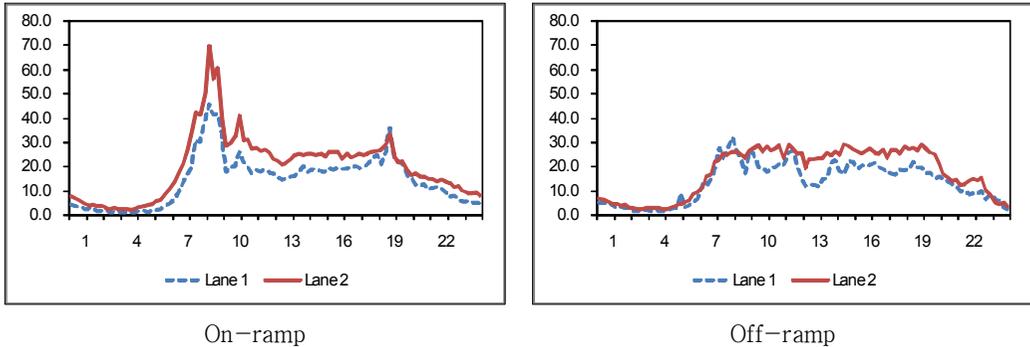


Fig. 2.10 Densities by lanes at the inbound ramp junctions(pc/km)

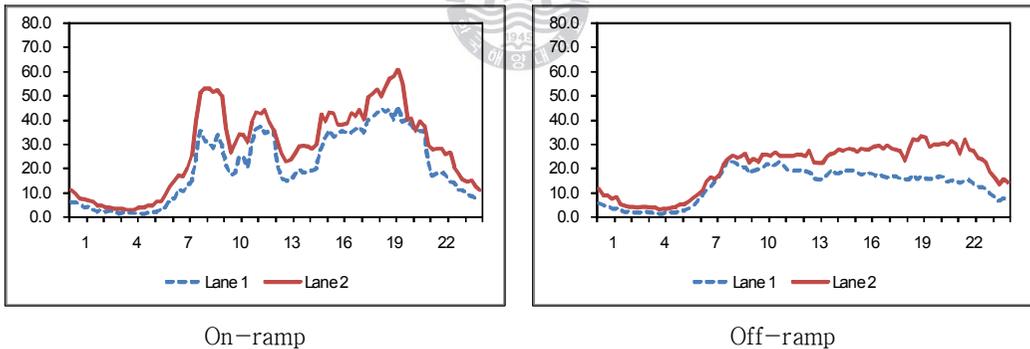


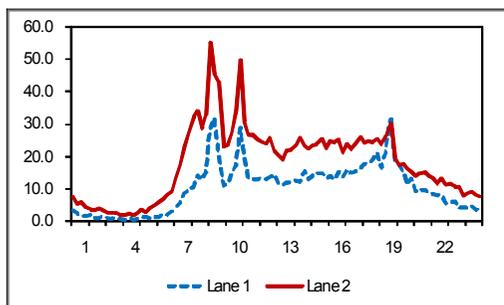
Fig. 2.11 Densities by lanes at the outbound ramp junctions(pc/km)

Table 2.6 Density statistics at the inbound ramp junctions

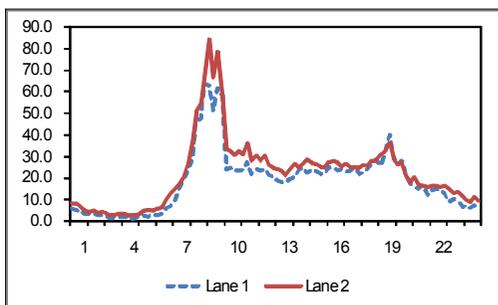
Ramp junction			Density(pc/km)		
			Lane 1		Lane 2
Inbound	On-ramp	A	Max.	31.9	55.3
			Min.	0.4	1.8
			Avg.	14.3	
			AM Peak	25.5	
			PM Peak	23.3	
		B	Max.	67.6	84.2
			Min.	0.9	2.5
			Avg.	21.3	
			AM Peak	55.7	
			PM Peak	30.2	
	Off-ramp	C	Max.	25.5	35.3
			Min.	0.6	1.5
			Avg.	18.8	
			AM Peak	22.8	
			PM Peak	25.3	
		D	Max.	46.4	29.4
			Min.	0.7	1.2
			Avg.	13.7	
			AM Peak	26.3	
			PM Peak	20.1	

Table 2.7 Density statistics at the outbound ramp junctions

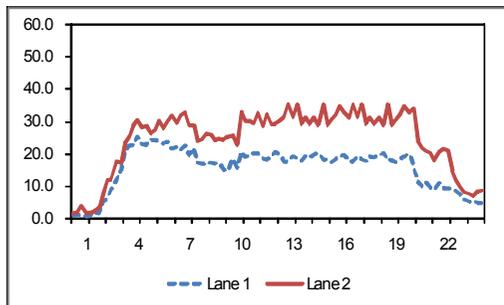
Ramp junction			Density(pc/km)		
			Lane 1		Lane 2
Outbound	On-ramp	E	Max.	44.0	51.8
			Min.	1.1	2.7
			Avg.	17.6	
			AM Peak	20.0	
			PM Peak	30.9	
		F	Max.	60.3	83.2
			Min.	1.3	3.0
			Avg.	29.1	
			AM Peak	46.6	
			PM Peak	52.2	
	Off-ramp	G	Max.	36.0	41.3
			Min.	1.2	2.7
			Avg.	20.0	
			AM Peak	24.2	
			PM Peak	28.2	
		H	Max.	18.9	31.2
			Min.	0.7	2.3
			Avg.	15.0	
		AM Peak	19.9		
		PM Peak	21.1		



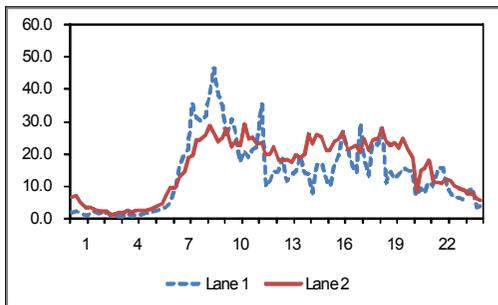
On-ramp junction A(Wondong)



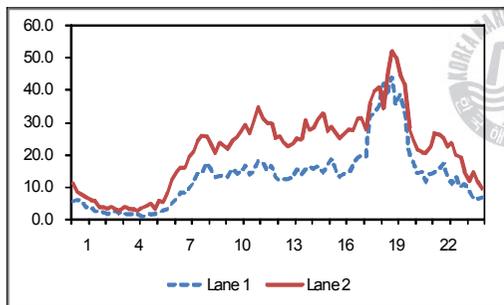
On-ramp junction B(Mangmi)



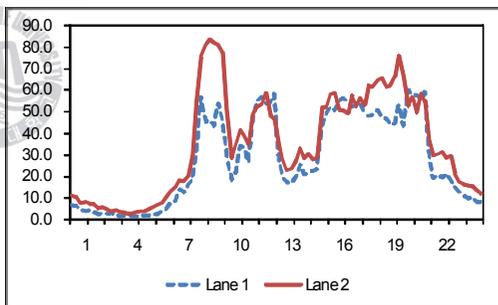
Off-ramp junction C(Daeyeon)



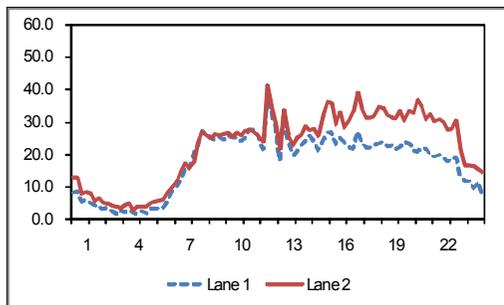
Off-ramp junction D(Munhyeon)



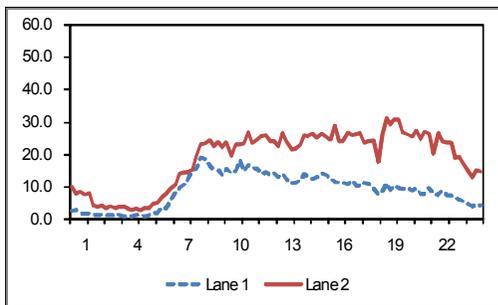
On-ramp junction E(Munhyeon)



On-ramp junction F(Daeyeon)



Off-ramp junction G(Mangmi)



Off-ramp junction H(Wondong)

Fig. 2.12 Densities at the ramp junctions(pc/km)

## 2.2.4 통행지체(travel delay)

통행지체(travel delay)란 특정 정체구간을 차량정체로 인하여 차량이 제 시간에 도착하지 못하여 발생하는 초과시간으로서 그 단위는 second per passenger car(sec/pc)로 표현된다. 연속류 상태인 도시고속도로의 정체구간 내 통행지체( $d_j$ )는 정체구간 상류부 차량진입속도와 하류부 차량진출속도의 차이로 식 (2. 15)~(2. 17)로 나타낼 수 있다.

$$d_j = t_u - t_d \quad (2. 15)$$

$$t_u = \frac{L}{u_{jus}} \quad (2. 16)$$

$$t_d = \frac{L}{u_{jds}} \quad (2. 17)$$

여기서,

- $d_j$  : 정체구간의 평균통행지체(sec/pc)
- $t_u$  : 정체구간의 상류부 차량통과시간(sec)
- $t_d$  : 정체구간의 하류부 차량통과시간(sec)
- $L$  : 정체구간의 길이(m)
- $u_{jus}$  : 정체구간의 상류부 공간평균속도(km/h)
- $u_{jds}$  : 정체구간의 하류부 공간평균속도(km/h)

한편, 본 연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 통행지체의 분석결과를 살펴보면 다음과 같았다.

도심방향에서 연결로별로 다소 차이는 있었으나 진입연결로의 평균 통행지체는 약 6sec/pc로 낮게 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대 평균 통행지체는 약 15sec/pc로 상당히 높게 나타났으며, 진출연결로의 평균 통행지체는 약 8sec/pc로 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대 평균 통행지체는 약 8sec/pc로 진

입연결로에 비해 상당히 낮게 나타났다.

또한, 부도심방향에서도 연결로별로 역시 차이가 있었는데, 진입연결로에서 평균 통행지체는 약 13sec/pc로 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대 평균 통행지체는 약 24sec/pc로 상당히 높게 나타났으며, 진출연결로의 평균 통행지체는 약 4sec/pc로 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대 평균 통행지체는 약 3sec/pc로 역시 진입연결로에 비해 현저하게 낮게 나타났다.

따라서 본 연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내에 출퇴근 시간대의 진입연결로 접속영향권역을 중심으로 통행지체감소를 위해 Ramp Metering System이나 도시고속도로 안내정보시스템과 같은 도시고속도로 교통관리체계의 도입을 검토할 필요가 있다고 생각되었다.

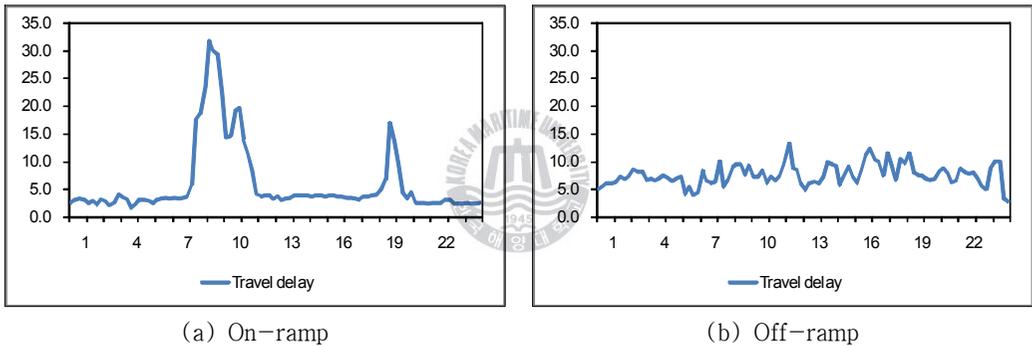


Fig. 2.13 Travel delay at the inbound ramp junctions(sec/pc)

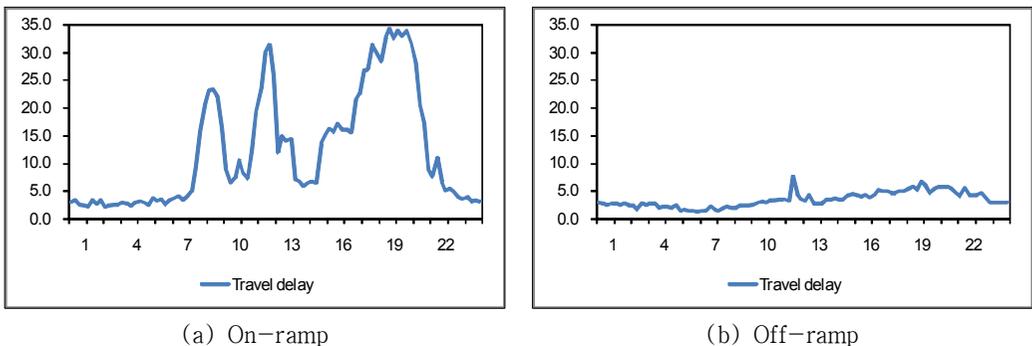


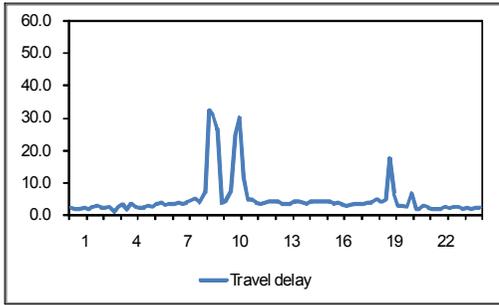
Fig. 2.14 Travel delay at the outbound ramp junctions(sec/pc)

Table 2.8 Travel delay statistics at the inbound ramp junctions

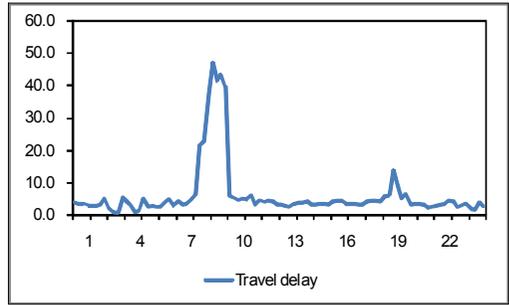
Ramp junction			Delay(sec)	
Inbound	On-ramp	A	Max.	32
			Min.	1
			Avg.	4
			AM Peak	10
			PM Peak	6
		B	Max.	47
			Min.	1
			Avg.	8
			AM Peak	35
			PM Peak	8
	Off-ramp	C	Max.	6
			Min.	0
			Avg.	3
			AM Peak	2
			PM Peak	4
			D	Max.
Min.	0			
Avg.	12			
PM Peak	14			

Table 2.9 Travel delay statistics at the outbound ramp junctions

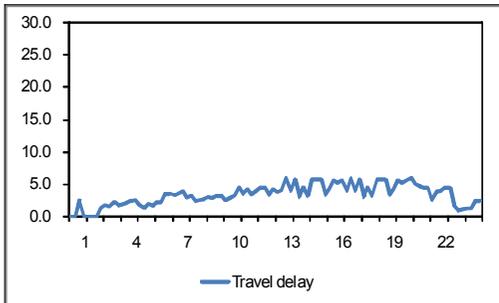
Ramp junction			Delay(sec)	
Outbound	On-ramp	E	Max.	28
			Min.	2
			Avg.	8
			AM Peak	7
			PM Peak	17
		F	Max.	52
			Min.	1
			Avg.	17
			AM Peak	27
			PM Peak	43
	Off-ramp	G	Max.	21
			Min.	1
			Avg.	4
			AM Peak	3
			PM Peak	7
		H	Max.	8
			Min.	1
			Avg.	3
		AM Peak	2	
		PM Peak	4	



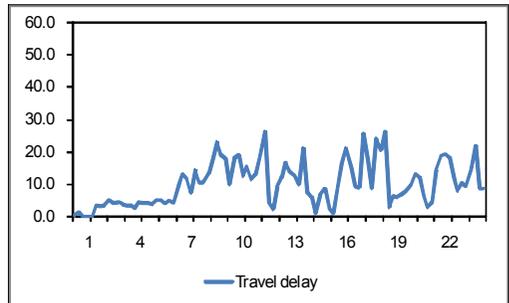
On-ramp junction A(Wondong)



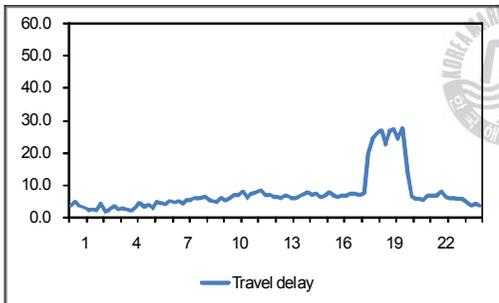
On-ramp junction B(Mangmi)



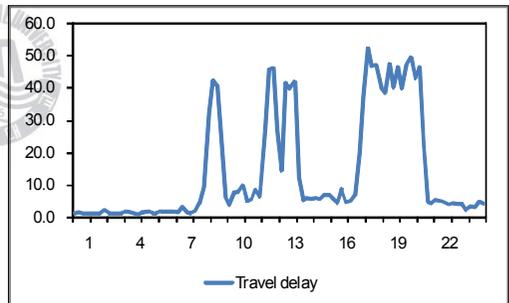
Off-ramp junction C(Daeyeon)



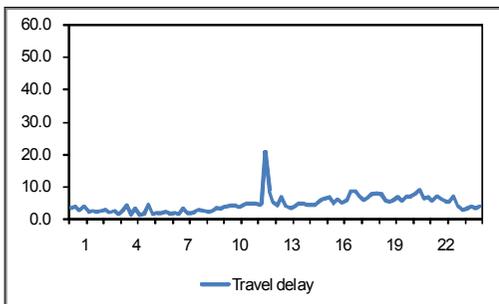
Off-ramp junction D(Munhyeon)



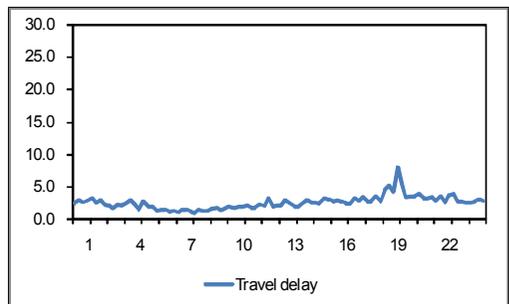
On-ramp junction E(Munhyeon)



On-ramp junction F(Daeyeon)



Off-ramp junction G(Mangmi)



Off-ramp junction H(Wondong)

Fig. 2.15 Travel delay on the ramp junctions(sec/pc)

## 2.3 상호 관계

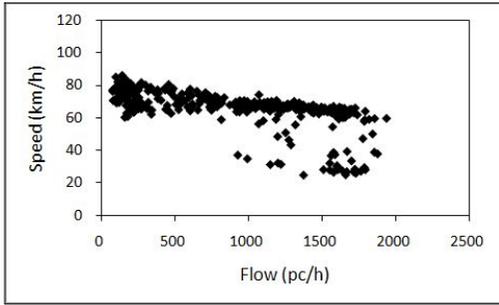
본 연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 교통특성자료를 중심으로 교통류율과 속도, 속도와 밀도 그리고 교통류율과 밀도사이의 상호관계를 비교 분석하였다.

### 2.3.1 교통류율과 속도

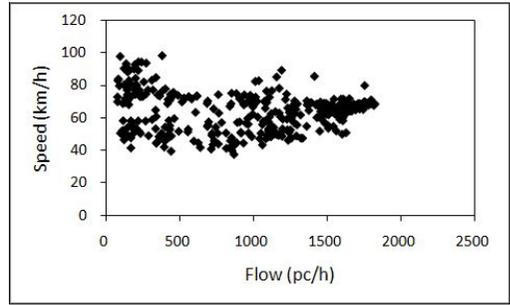
연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 교통류율과 속도사이의 상호특성관계를 살펴보면 다음과 같았다.

도심방향의 진출입연결로 접속영향권역 내에서 최대 교통류율은 약 1,900pc/h에 최소 속도는 약 20km/h로 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대의 평균 교통류율은 약 1,450pc/h에 평균 속도는 약 55km/h로 나타났다. 반면, 부도심방향에서 최대 교통류율은 약 1,900pc/h에 최대 속도는 약 20km/h로 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대의 평균 교통류율은 약 1,400pc/h에 평균 속도는 약 50km/h로 도심방향보다 약간 낮게 나타났다. 특히, 교통류율의 증가와 함께 속도가 감소함으로써 연결로 접속영향권역에서 전형적인 교통류율과 속도의 상호관계를 확인할 수 있었다(참조 Fig 2.16, 2.17, 2.18).

따라서 본 연구대상 도시고속도로의 주요 진출입연결로 접속영향권역 내에 대해 방향별 교통특성에 기초하여 적절한 교통관리체계가 수립되어야 할 것으로 생각되었다.

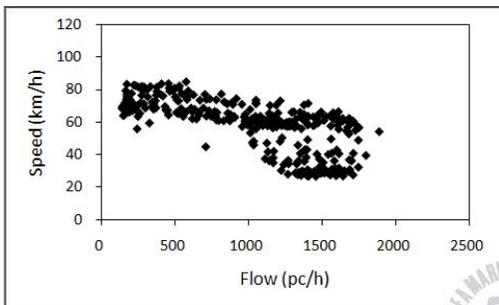


On-ramp

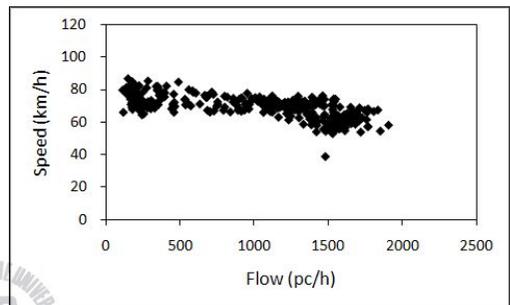


Off-ramp

Fig. 2.16 Flow – speed relationship at the inbound ramp junctions



On-ramp



Off-ramp

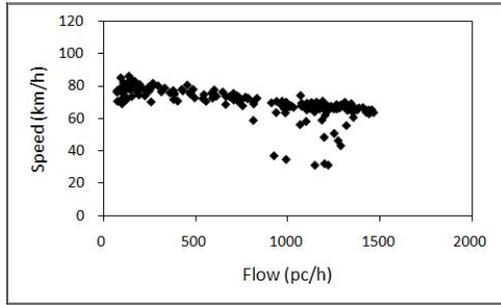
Fig. 2.17 Flow – speed relationship at the outbound ramp junctions

**Table 2.10 Flow vs speed statistics at the inbound ramp junctions**

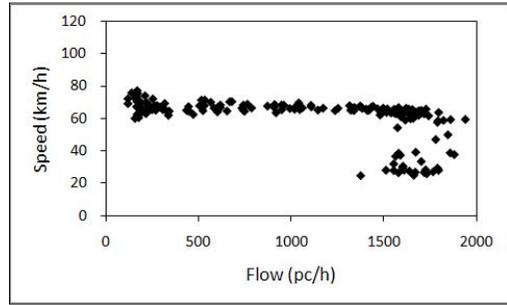
Ramp junction		Speed(km/h)			
		Max. Speed	Min. Speed	AM peak Speed	PM Peak Speed
On-ramp	Max. Flow	–	1,938 \ 24	–	–
	Min. Flow	76 \ 86	–	–	–
	AM Peak Flow	–	–	1,483 \ 42	–
	PM Peak Flow	–	–	–	1,515 \ 58
Off-ramp	Max. Flow	–	1,822 \ 37	–	–
	Min. Flow	80 \ 98	–	–	–
	AM Peak Flow	–	–	1,483 \ 61	–
	PM Peak Flow	–	–	–	1,328 \ 59

**Table 2.11 Flow vs speed statistics at the outbound ramp junctions**

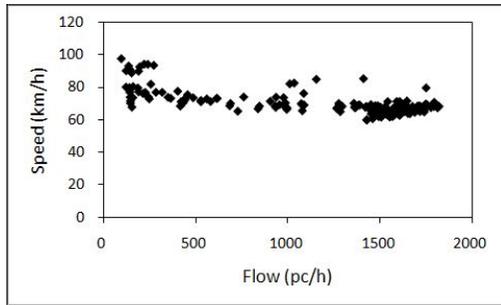
Ramp junction		Speed(km/h)			
		Max. Speed	Min. Speed	AM peak Speed	PM Peak Speed
On-ramp	Max. Flow	–	1,892 \ 26	–	–
	Min. Flow	140 \ 85	–	–	–
	AM Peak Flow	–	–	1,357 \ 47	–
	PM Peak Flow	–	–	–	1,385 \ 36
Off-ramp	Max. Flow	–	1,906 \ 39	–	–
	Min. Flow	112 \ 87	–	–	–
	AM Peak Flow	–	–	1,527 \ 70	–
	PM Peak Flow	–	–	–	1,371 \ 56



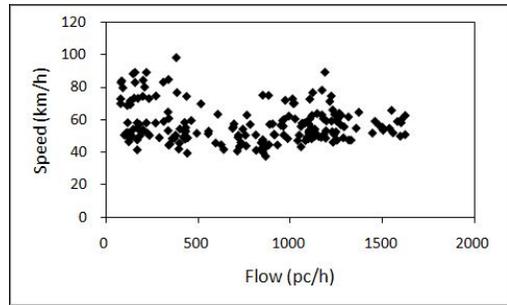
On-ramp junction A(Wondong)



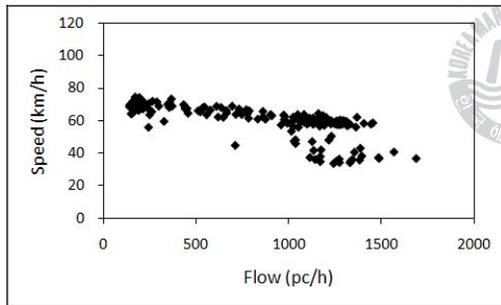
On-ramp junction B(Mangmi)



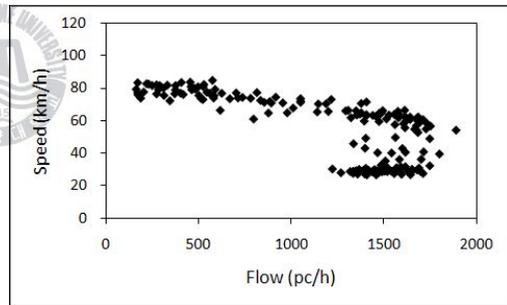
Off-ramp junction C(Daeyeon)



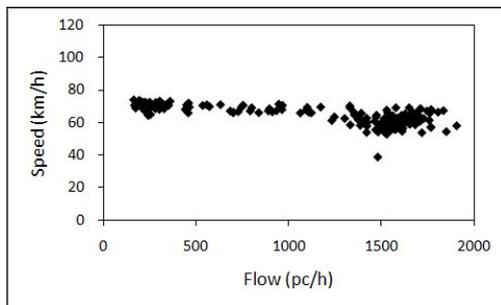
Off-ramp junction D(Munhyeon)



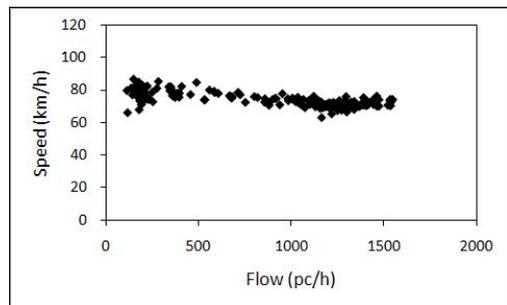
On-ramp junction E(Munhyeon)



On-ramp junction F(Daeyeon)



Off-ramp junction G(Mangmi)



Off-ramp junction H(Wondong)

Fig. 2.18 Flow – speed relationship on the individual ramp junctions

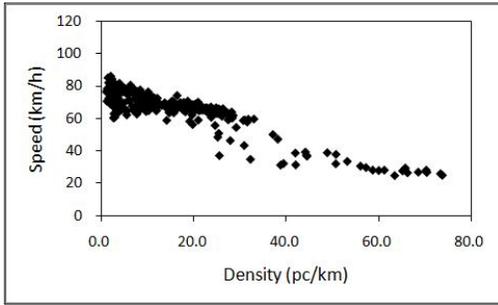
### 2.3.2 속도와 밀도

연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 속도와 밀도사이의 상호특성관계를 살펴보면 다음과 같았다.

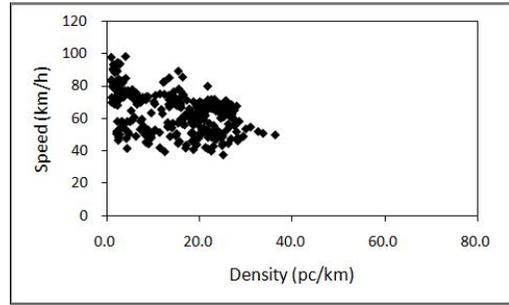
도심방향의 진출입연결로 접속영향권역 내에서 최대 속도는 약 100km/h에 최소 밀도는 약 1.0pc/km로 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대의 평균 속도는 약 55km/h에 평균 밀도는 약 25pc/km로 나타났다. 반면, 부도심방향에서 최대 속도는 약 80km/h에 최소 밀도는 약 1.5pc/km로 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대의 평균 속도는 약 50km/h에 평균 밀도는 약 30pc/km로 도심방향보다 다소 높게 나타났다. 특히, 속도의 증가와 함께 밀도가 감소함으로써 연결로 접속영향권역에서도 전형적인 속도와 밀도의 상호관계를 확인할 수 있었다(참조 Fig. 2.19, 2.20, 2.21).

따라서 본 연구대상 도시고속도로의 주요 진출입연결로 접속영향권역 내에 대해 방향별 교통특성에 기초하여 적절한 교통관리체계가 수립되어야 할 것으로 생각되었다.



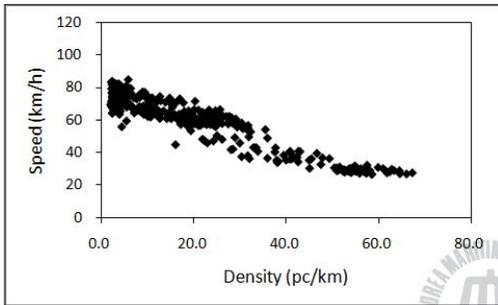


On-ramp

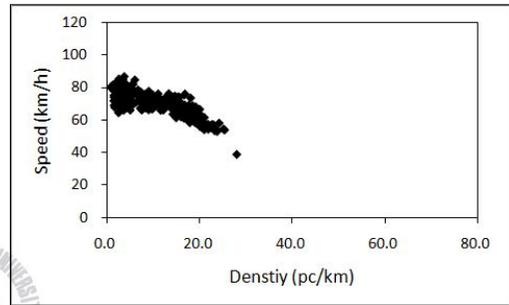


Off-ramp

Fig. 2.19 Speed – density relationship at the inbound ramp junctions



On-ramp



Off-ramp

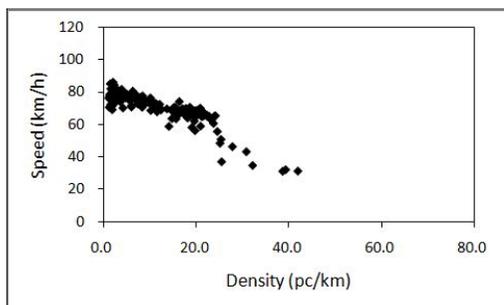
Fig. 2.20 Speed – density relationship at the outbound ramp junctions

**Table 2.12 Speed vs density statistics at the inbound ramp junctions**

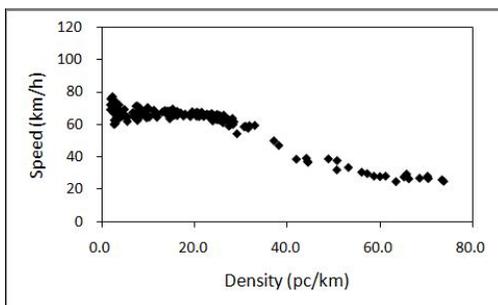
Ramp junction		Density(pc/km)			
		Max. Density	Min. Density	AM peak Density	PM Peak Density
On-ramp	Max. Speed	–	86 \ 1.1	–	–
	Min. Speed	24 \ 73.7	–	–	–
	AM Peak Speed	–	–	42 \ 35.3	–
	PM Peak Speed	–	–	–	58 \ 26.1
Off-ramp	Max. Speed	–	98 \ 1.1	–	–
	Min. Speed	37 \ 36.3	–	–	–
	AM Peak Speed	–	–	61 \ 24.3	–
	PM Peak Speed	–	–	–	59 \ 22.5

**Table 2.13 Speed vs density statistics at the outbound ramp junctions**

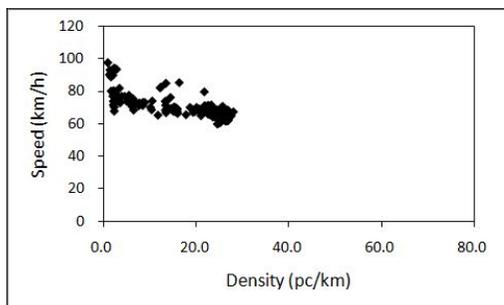
Ramp junction		Density(pc/km)			
		Max. Density	Min. Density	AM peak Density	PM Peak Density
On-ramp	Max. Speed	–	85 \ 2.1	–	–
	Min. Speed	26 \ 67.3	–	–	–
	AM Peak Speed	–	–	47 \ 28.9	–
	PM Peak Speed	–	–	–	36 \ 38.5
Off-ramp	Max. Speed	–	87 \ 1.0	–	–
	Min. Speed	39 \ 28.1	–	–	–
	AM Peak Speed	–	–	70 \ 21.8	–
	PM Peak Speed	–	–	–	56 \ 24.5



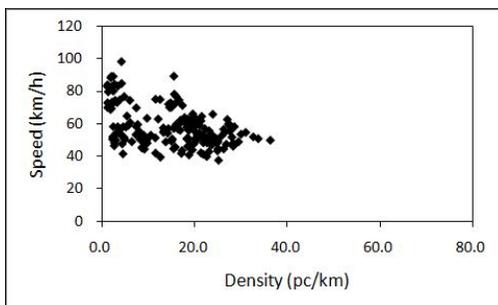
On-ramp junction A(Wondong)



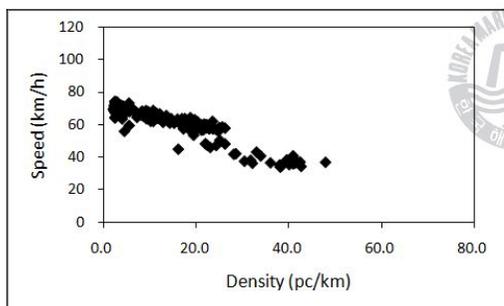
On-ramp junction B(Mangmi)



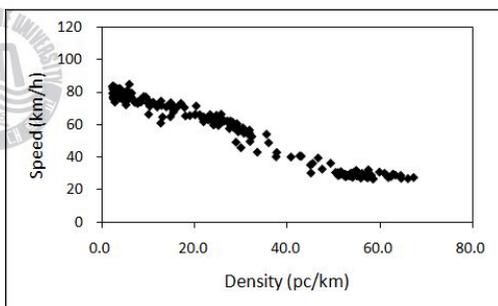
Off-ramp junction C(Daeyeon)



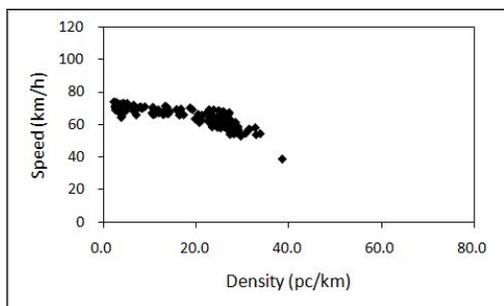
Off-ramp junction D(Munhyeon)



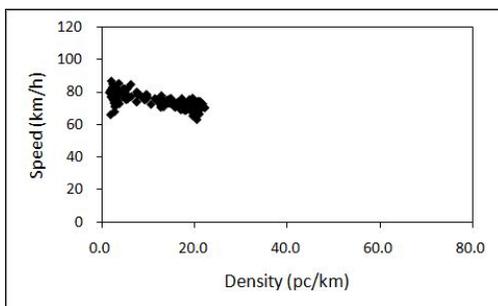
On-ramp junction E(Munhyeon)



On-ramp junction F(Daeyeon)



Off-ramp junction G(Mangmi)



Off-ramp junction H(Wondong)

Fig. 2.21 Speed – density relationship on the individual ramp junctions

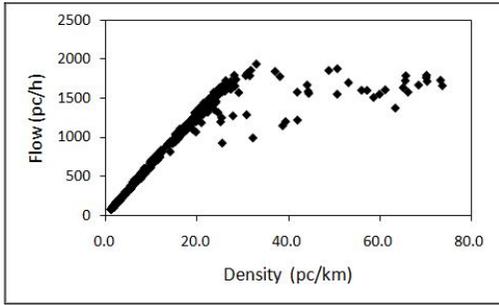
### 2.3.3 교통류율과 밀도

연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 교통류율과 밀도사이의 상호특성관계를 살펴보면 다음과 같았다.

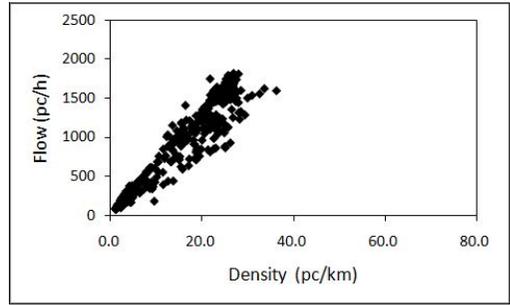
도심방향의 진출입연결로 접속영향권역 내에서 최대 교통류율은 약 1,900pc/h에 최대 밀도는 약 78pc/km로 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대의 평균 교통류율은 약 1,450pc/h에 평균 밀도는 약 35pc/km로 나타났다. 반면, 부도심방향에서 최대 교통류율은 약 1,900pc/h에 최대 밀도는 약 50pc/km로 나타났고, 오전·오후 출퇴근시간대의 평균 교통류율은 약 1,400pc/h에 평균 밀도는 약 25pc/km로 도심방향보다 상당히 낮게 나타났다. 특히, 교통류율의 증가와 함께 밀도도 증가함으로써 연결로 접속영향권역에서 전형적인 교통류율과 밀도의 상호관계를 확인할 수 있었다(참조 Fig. 2.22, 2.23, 2.24).

따라서 본 연구대상 도시고속도로의 주요 진출입연결로 접속영향권역 내에 대해 방향별 교통특성에 기초하여 적절한 교통관리체계가 수립되어야 할 것으로 생각되었다.



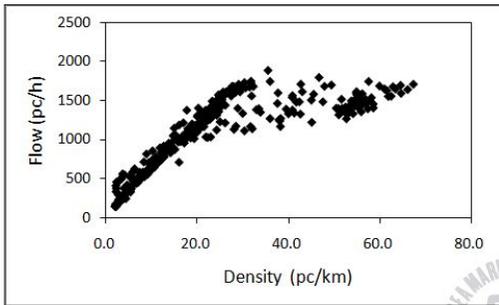


On-ramp

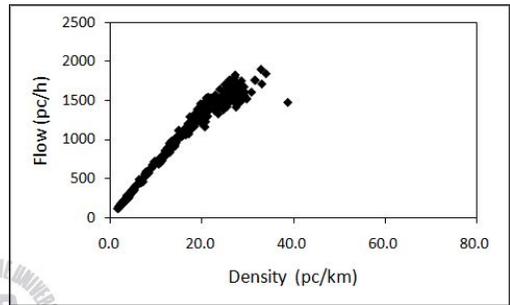


Off-ramp

Fig. 2.22 Flow – density relationship at the inbound ramp junctions



On-ramp



Off-ramp

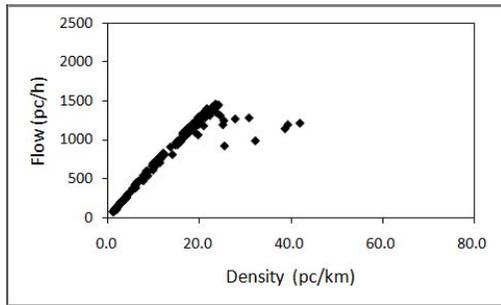
Fig. 2.23 Flow – density relationship at the outbound ramp junctions

**Table 2.14 Flow vs density statistics at the inbound ramp junctions**

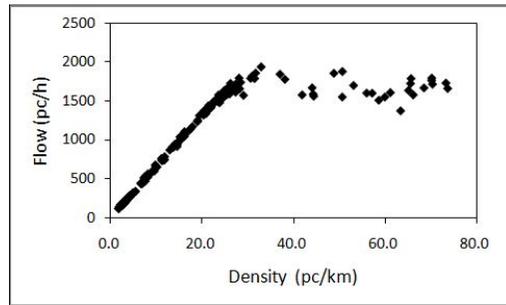
Ramp junction		Density(pc/km)			
		Max. Density	Min. Density	AM peak Density	PM Peak Density
On-ramp	Max. Flow	1,938 \ 73.7	–	–	–
	Min. Flow	–	76 \ 1.1	–	–
	AM Peak Flow	–	–	1,483 \ 35.3	–
	PM Peak Flow	–	–	–	1,515 \ 26.1
Off-ramp	Max. Flow	1,822 \ 36.3	–	–	–
	Min. Flow	–	80 \ 1.1	–	–
	AM Peak Flow	–	–	1,483 \ 24.3	–
	PM Peak Flow	–	–	–	1,328 \ 22.5

**Table 2.15 Flow vs density statistics at the outbound ramp junctions**

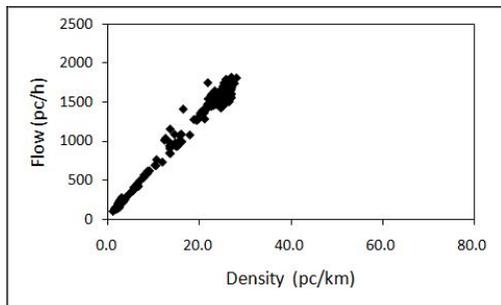
Ramp junction		Density(pc/km)			
		Max. Density	Min. Density	AM Peak Density	PM Peak Density
On-ramp	Max. Flow	1,892 \ 67.3	–	–	–
	Min. Flow	–	140 \ 2.1	–	–
	AM Peak Flow	–	–	1,362 \ 24.8	–
	PM Peak Flow	–	–	–	1,385 \ 38.5
Off-ramp	Max. Flow	1,906 \ 38.6	–	–	–
	Min. Flow	–	112 \ 1.5	–	–
	AM Peak Flow	–	–	1,527 \ 21.8	–
	PM Peak Flow	–	–	–	1,371 \ 24.5



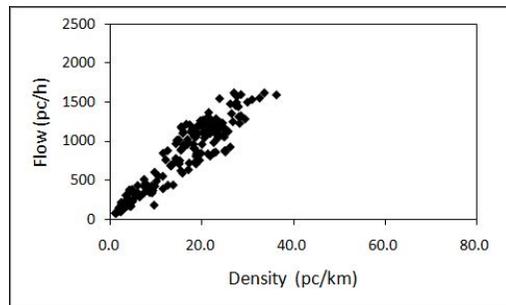
On-ramp junction A(Wondong)



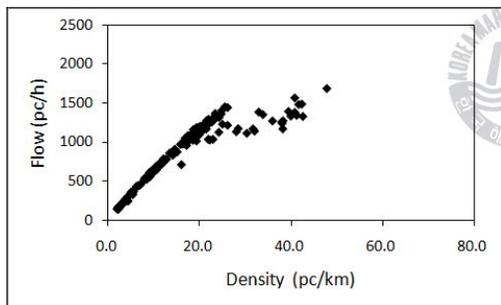
On-ramp junction B(Mangmi)



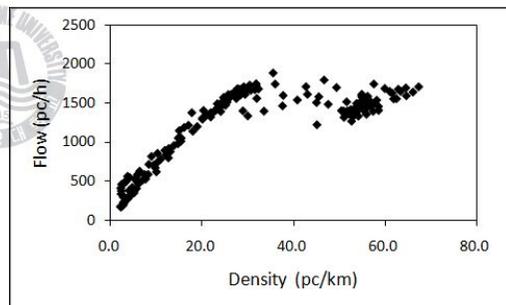
Off-ramp junction C(Daeyeon)



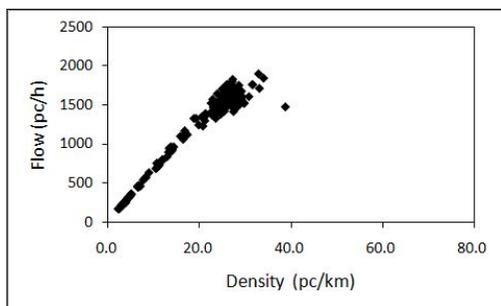
Off-ramp junction D(Munhyeon)



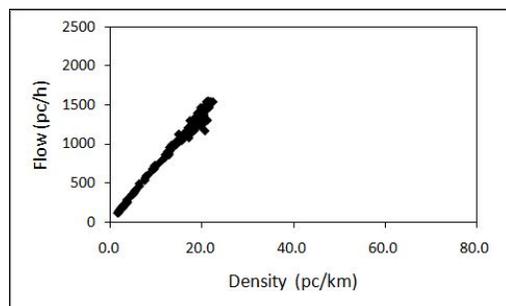
On-ramp junction E(Munhyeon)



On-ramp junction F(Daeyeon)



Off-ramp junction G(Mangmi)



Off-ramp junction H(Wondong)

Fig. 2.24 Flow – density relationship on the individual ramp junctions

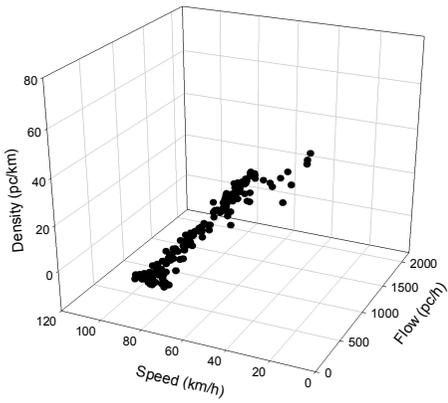
### 2.3.4 교통류율, 속도와 밀도

연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 교통류율, 속도와 밀도사이의 3차원 상호관계를 살펴보면 다음과 같았다.

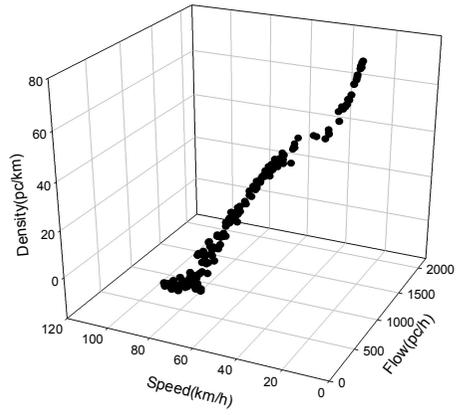
도심방향과 부도심방향의 진입연결로 접속영향권역 내에서는 아래의 3차원 그래프를 통해서 교통류율의 증가와 함께 속도가 점점 감소하는 것을 확인할 수 있었고, 밀도는 점점 증가함으로써 정체가 심화되는 것을 확인할 수 있었으나, 진출연결로 접속영향권역 내에서는 역시 아래의 3차원 그래프를 통해서 교통류율의 증가와 함께 속도가 약간 감소하였고, 밀도는 약간 증가하였으나 곧바로 차량진출로 차량집중이 와해되면서 정체가 해소되는 것을 확인할 수 있었다(참조 Fig. 2.25).

따라서 본 연구대상 도시고속도로의 주요 진출입연결로 접속영향권역 내에 대해 방향별 교통특성에 기초하여 적절한 교통관리체계가 수립되어야 할 것으로 생각되었다.

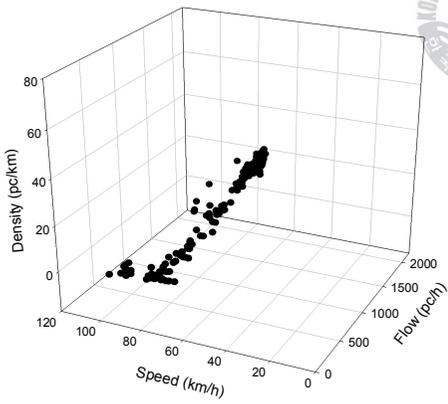




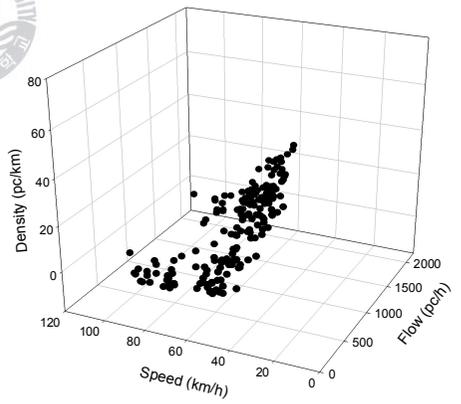
A. Wondong



B. Mangmi

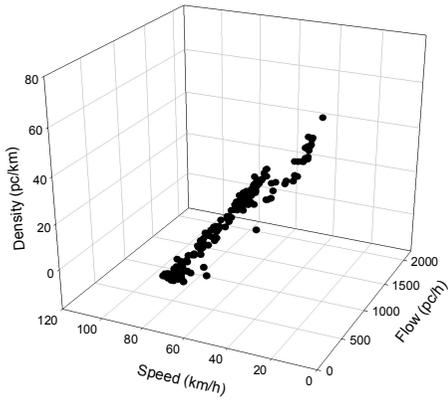


C. Daeyeon

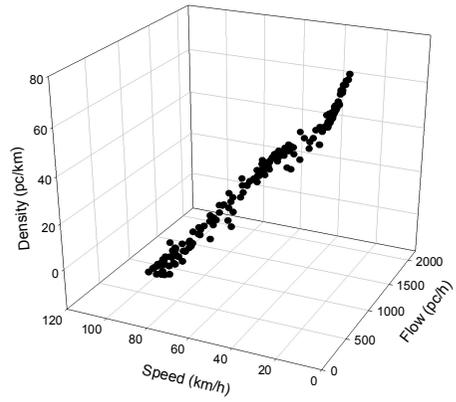


D. Munhyeon

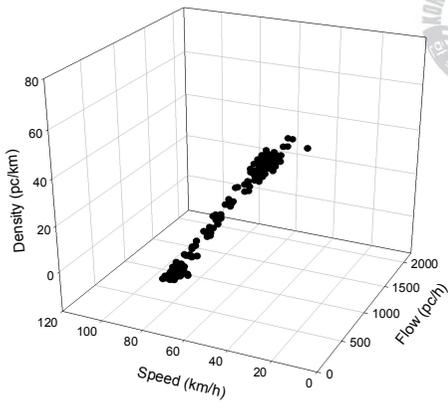
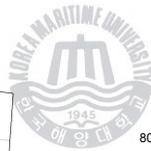




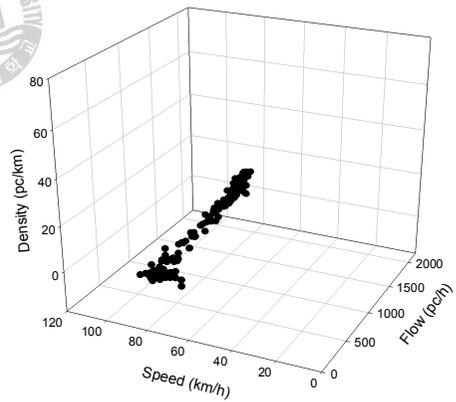
E. Munhyeon



F. Daeyeon



G. Mangmi



H. Wondong

Fig. 2.25 Flow – speed – density relationship at the ramp junctions

## 제 3 장 모형 구축

일반적으로 연속류 상태의 도로시설에서는 차량이 특정 정체구간에 접근하면서 발생하는 접근지체(approach delay)와 특정 정체구간을 통과하면서 소요되는 통행지체(travel delay)로 나누어 생각할 수 있는데, 본 연구에서는 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 통행지체를 중심으로 지체 모형을 구축하였다.

### 3.1 통행 지체의 산정

도시고속도로의 통행지체는 불규칙적인 통행지체와 규칙적인 통행지체로 분류할 수 있다. 특히, 불규칙적인 통행지체란 교통사고나 도로공사로 일시적인 병목현상으로 인하여 발생하는 정체구간을 통과하면서 발생하는 통행지체를 의미하는 반면, 규칙적인 통행지체란 고속국도나 도시고속도로의 연결로 접속구간과 반복적으로 발생하는 통행지체를 의미하는데, 본 연구에서는 진출입연결로 길이 450m의 접속영향권역 내 통행지체( $d_{jon}$ ,  $d_{jof}$ )는 접속영향권역 내 상류부와 하류부의 공간평균속도와 도시고속도로의 제한속도(80km/h)를 고려하여 다음 식(3. 1)~ 식(3. 2)과 같이 산정될 수 있다.

$$\begin{aligned} d_{jon} &= 0.45 \times (1/u_{js} - 1/u_{us}) \times 3,600, \text{ if } (u_{us} \geq 80\text{km/h}) \\ &= 0.45 \times (1/u_{js} - 1/80) \times 3,600, \text{ otherwise : on-ramp} \end{aligned} \quad (3. 1)$$

$$\begin{aligned} d_{jof} &= 0.45 \times (1/u_{js} - 1/u_{ds}) \times 3,600, \text{ if } (u_{ds} \geq 80\text{km/h}) \\ &= 0.45 \times (1/u_{js} - 1/80) \times 3,600, \text{ otherwise : off-ramp} \end{aligned} \quad (3. 2)$$

여기서,

$d_{jon}$  : 진입연결로 접속영향권역 내 평균통행지체(sec/pc)

$d_{jof}$  : 진출연결로 접속영향권역 내 평균통행지체(sec/pc)

- $u_{us}$  : 연결로 접속영향권역 내 상류부 평균속도(km/h)
- $u_{ds}$  : 연결로 접속영향권역 내 하류부 평균속도(km/h)
- $u_{js}$  : 진출입연결로 접속영향권역 내 공간평균속도(km/h)

### 3.2 지체 모형의 구축

본 연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 평균통행지체를 추정하기 위해 위의 3.1절에서 제시된 지체 함수로부터 산정된 통행지체( $d_{jon}$ ,  $d_{jof}$ )를 종속변수로 하고 연결로 접속영향권역 내 상류부, 하류부 및 연결로의 교통특성변수를 독립변수로 하여 다음과 같이 구축되었다.

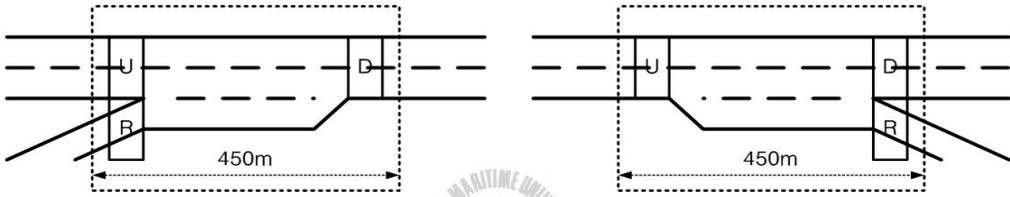


Fig. 3.1 Sketch of the ramp junction influence area

$$d_{jon} = \beta_0 + \beta_1 u_u + \beta_2 u_d + \beta_3 u_r + \beta_4 q_{u2} + \beta_5 q_r \quad : \text{on-ramp} \quad (3. 3)$$

$$d_{jof} = \beta_0 + \beta_1 u_u + \beta_2 u_d + \beta_3 u_r + \beta_4 q_{d2} + \beta_5 q_r \quad : \text{off-ramp} \quad (3. 4)$$

여기서,

$\beta_0, \dots, \beta_5$  : 회귀계수

$d_{jon}$  : 진입연결로 접속영향권역 내 평균통행지체(sec/pc)

$d_{jof}$  : 진출연결로 접속영향권역 내 평균통행지체(sec/pc)

$u_u$  : 연결로 접속영향권역 내 상류부 평균통행속도(km/h)

$u_d$  : 연결로 접속영향권역 내 하류부 평균통행속도(km/h)

$u_r$  : 연결로 접속영향권역 내 연결로 평균통행속도(km/h)

$q_{u2}$  : 연결로 접속영향권역 내 상류부 2차로 평균통행량(pc/h)

$q_{d2}$  : 연결로 접속영향권역 내 하류부 2차로 평균통행량(pc/h)

한편, 연구대상 진출입연결로 접속영향권역 내에 통행지체를 추정하기 위해서 중 회귀분석이 사용되었고, 중 회귀분석을 이용한 모형구축에서 발생할 수 있는 다중공선성(multicollinearity)의 문제 해결을 위해 모형에 유효한 독립변수들을 선택하여 주는 계산절차로써 축차변수선택법(stepwise)이 사용되었다. 또한, 통행지체 모형을 구축한 결과 아래의 Table 3.2와 3.3에서 알 수 있듯이 모든 연결로 접속영향권역 내 모형의 결정계수( $R^2$ )값이 0.9이상으로 나타나 높은 설명력을 보여 주었으며, 특히 진입연결로에서는 모형의 결정계수( $R^2$ )값이 0.943과 진출연결로에서는 결정계수( $R^2$ )값이 0.934로 나타나 모형의 설명력을 더욱 높이는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구의 통행지체모형은 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 통행지체를 추정하는 데 높은 설명력과 함께 적용에 무리가 없을 것으로 판단되었다.

Table 3.1 Travel delay models on the ramp junction

Ramp junction	Models					
On-ramp	$d_{jon} = 60.679 - 1.078u_d + 0.268u_r + 0.006q_{u2} - 0.009q_r$					
	$R^2$	0.943	F-sig.	0.000	DW value*	0.943
Off-ramp	$d_{jof} = 38.611 - 0.22u_d - 0.321u_u + 0.071u_r - 0.002q_{d2} - 0.001q_r$					
	$R^2$	0.934	F-sig.	0.000	DW value	0.934

\* Durbin-Watson value

**Table 3.2 Travel delay predictive models on the inbound ramp junctions**

Ramp Junction		Models	$R^2$	F-sig.
On	A	$d_{jon} = 54.752 - 0.333u_d - 0.221u_u - 0.254u_r - 0.004q_r$	0.929	0.000
	B	$d_{jon} = 73.428 - 0.704u_u - 0.354u_r - 0.004q_{u2}$	0.964	0.000
On-ramp		$d_{jon} = 58.831 - 1.132u_d + 0.372u_r + 0.007q_{u2} - 0.01q_r$	0.947	0.000
Off	C	$d_{jof} = 19.361 - 0.192u_u - 0.006u_d + 0.024u_r$	0.934	0.000
	D	$d_{jof} = 38.481 - 0.313u_d - 0.274u_u + 0.086u_r$	0.919	0.000
Off-ramp		$d_{jof} = 40.462 - 0.265u_d - 0.293u_u + 0.059u_r - 0.002q_r$	0.943	0.000

**Table 3.3 Travel delay predictive models on the outbound ramp junctions**

Ramp Junction		Models	$R^2$	F-sig.
On	E	$d_{jon} = 48.457 - 0.211u_u - 0.682u_d + 0.259u_r - 0.002q_r$	0.976	0.000
	F	$d_{jon} = 71.705 - 0.811u_u - 0.011q_r$	0.936	0.000
On-ramp		$d_{jon} = 63.467 - 0.614u_d - 0.258u_u - 0.004q_r$	0.937	0.000
Off	G	$d_{jof} = 36.530 - 0.207u_u - 0.264u_d - 0.002q_r$	0.971	0.000
	H	$d_{jof} = 15.165 - 0.187u_u - 0.001q_r$	0.906	0.000
Off-ramp		$d_{jof} = 24.815 - 0.369u_u + 0.056u_r + 0.002q_{d2} - 0.003q_r$	0.924	0.000

## 제 4 장 모형 검증

모형의 검증단계에서는 상관관계분석과 함께 여러 가지 검증과정을 수행할 수 있는데, 본 연구에서는 수집된 자료에 기초한 통행지체와 모형에 기초한 통행지체사이의 상관관계분석과 상관계수(correlation coefficient,  $r$ )의 크기, 회귀모형의 유의성 여부( $F$ -검정), D-W value(Durbin-Watson value) 및 분산팽창인자(VIF) 등의 유효성 평가를 실시하였다.

### 4.1 상관관계 분석

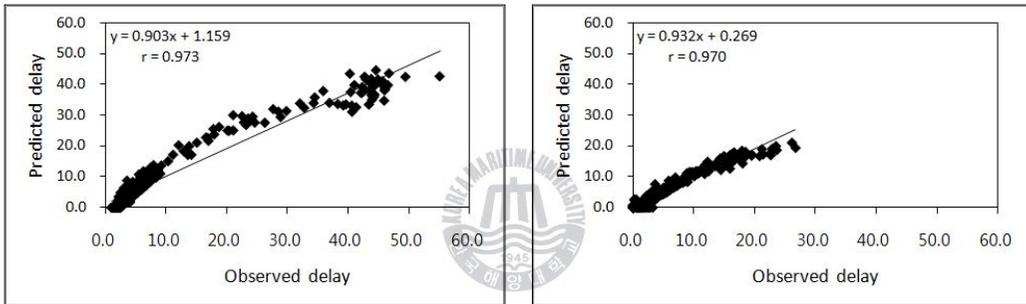
연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 통행지체 예측모형을 검증하기 위해서 수집된 자료를 바탕으로 산정된 통행지체와 모형으로부터 예측된 통행지체사이의 상관관계분석(correlation analysis)을 실시한 결과 다음과 같았다.

진출입연결로의 통합모형, 방향별 진출입연결로 모형 및 개별 진출입연결로 모형의 예측 자료와 관측 자료사이의 상관계수 값( $r$ )이 Table 4.1에서 보여주듯이 부도심방향의 진출연결로 H(Wondong)를 제외하고 모두 0.90이상으로 모형의 유효성이 높은 것으로 나타났으며, 방향과 관계없이 진입연결로가 진출연결로보다 다소 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구의 통합지체 예측모형에 대한 상관관계분석은 연결로별로 다소 차이는 있으나 대체적으로 높은 상관계수와 함께 매우 유효한 것으로 분석되었다.

Table 4.1 Correlation analysis of models at the ramp junctions

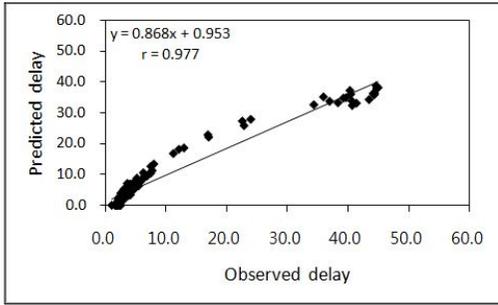
Ramp junction			<i>r</i>	Ramp junction			<i>r</i>
Inbound	On	A	0.960	Outbound	On	E	0.987
		B	0.988			F	0.972
	On-ramp		0.977		On-ramp		0.974
	Off	C	0.956		Off	G	0.987
		D	0.970			H	0.850
	Off-ramp		0.974		Off-ramp		0.952
On-ramp			0.973	Off-ramp			0.970



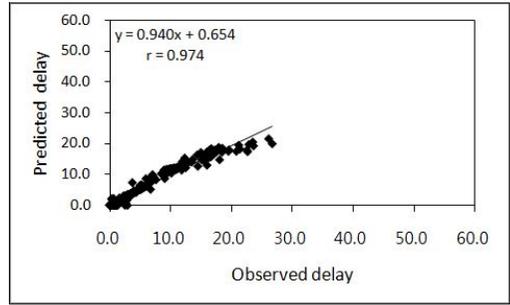
On-ramp

Off-ramp

Fig 4.1 Travel delay correlation within the ramp junctions

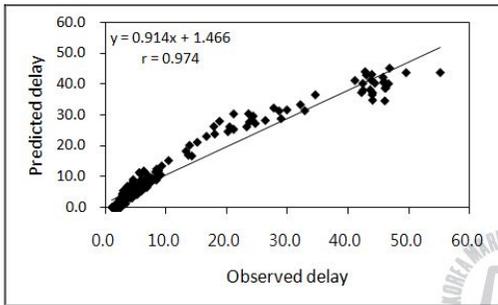


On-ramp

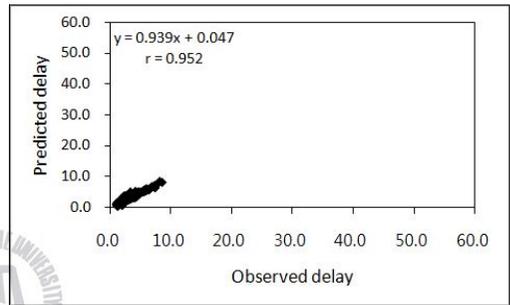


Off-ramp

Fig 4.2 Travel delay correlation within inbound ramp junctions

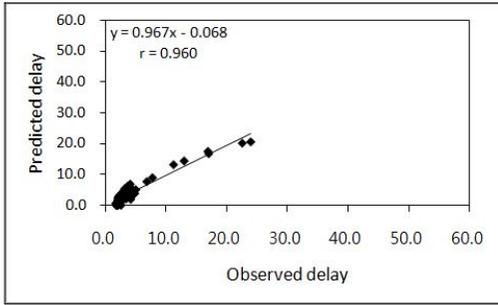


On-ramp

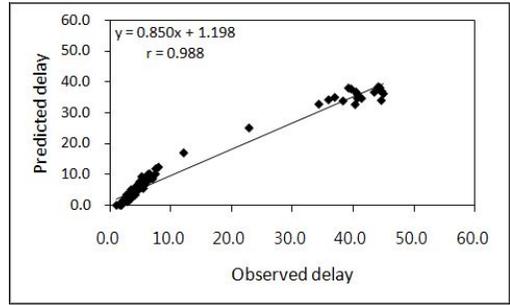


Off-ramp

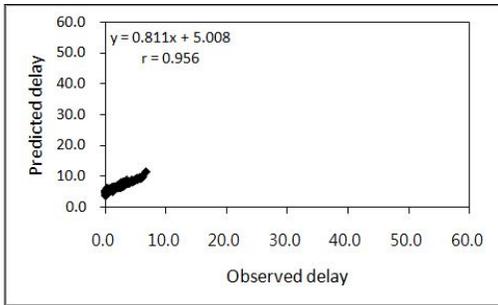
Fig 4.3 Travel delay correlation within the outbound ramp junctions



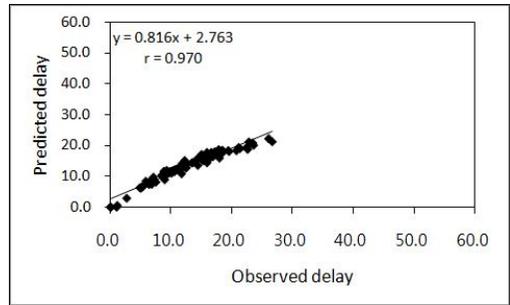
On-ramp junction A(Wondong)



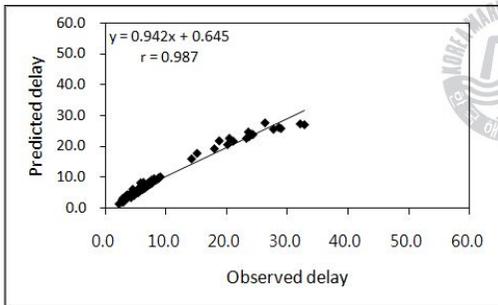
On-ramp junction B(Mangmi)



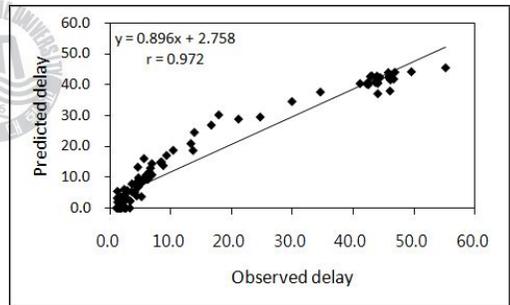
Off-ramp junction C(Daeyeon)



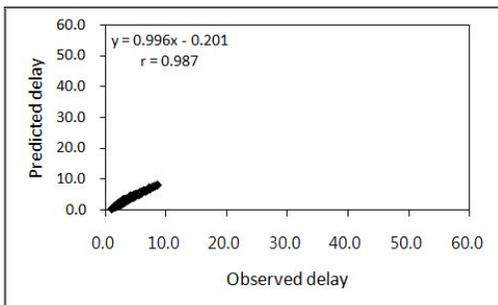
Off-ramp junction D(Munhyeon)



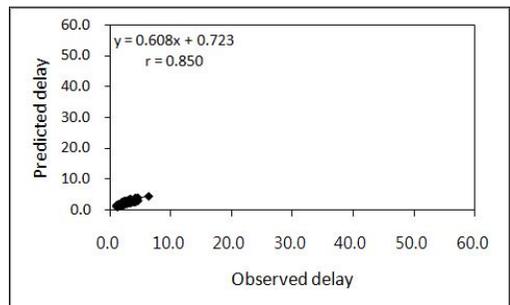
On-ramp junction E(Munhyeon)



On-ramp junction F(Daeyeon)



Off-ramp junction G(Mangmi)



Off-ramp junction H(Wondong)

Fig 4.4 Travel delay correlation within the ramp junctions

## 4.2 유효성 분석

통행지체 예측모형의 상관관계분석결과를 바탕으로 유효성을 평가한 결과, 아래의 Table 4.2와 같이 나타났다.

진출입연결로의 통합모형과 진출입연결로의 개별모형의 상관계수( $r$ ) 값이 부도심방향의 진출연결로 H(Wondong)를 제외하고는 0.90이상으로 모형의 유효성이 매우 높게 나타났으며, 회귀모형 및 회귀계수의 유의성 검정 결과에서도 방향별·진출입램프별 모든 지점에서 유의수준이 0.000으로 나타나 구축된 회귀모형이 매우 적합한 것으로 나타났다.

흔히 시계열자료(time series data)를 중심으로 회귀분석을 실시한 경우 회귀모형에 대한 다중공선성의 판단기준이 되는 D-W value( $d$ )가 2에 가까워질수록 잔차(residuals)사이에 자기상관(autocorrelation)이 무의미할 정도로 거의 존재하지 않는다고 할 수 있으나 D-W value( $d$ )가 2로부터 멀어질수록 잔차(residuals)사이에 자기상관(autocorrelation)이 유의미할 정도로 존재한다고 할 수 있는데, 본 연구대상 진출입연결로 접속영향권역에 대한 D-W value( $d$ )는 도심방향의 진출연결로인 D(Munhyeon), 부도심방향의 진입연결로인 E(Munhyeon), 진출연결로인 G(Mangmi)와 H(Wondong)에서는 대체적으로 자기상관이 거의 존재하지 않는다고 생각할 수 있었으며, 나머지 진출입연결로에서는 조금이나마 자기상관이 존재한다고 생각할 수 있었다. 그러나 아래의 Table 4.2에서 보는 바와 같이 공선성 통계량에서 변수의 최소값과 최대값이 모두 공차한계인 0.10보다 상대적으로 크고, VIF는 10보다 상대적으로 작으므로 각 독립변수 간에는 공선성의 문제가 거의 존재하지 않음을 확인할 수 있었다.

따라서 본 연구의 통합지체 예측모형이 모형의 유효성 평가기준에 부합하였고 공선성과 유의성에서 문제가 거의 없었던 것으로 평가되었다.

**Table 4.2 Model validity at the ramp junctions**

Ramp junction		$R^2$	F-sig.	D-W value	Collinearity Statistics	
					Tolerance	VIF
Inbound	A	0.929	0.000	1.407	0.118~0.674	1.483~8.496
	B	0.964	0.000	1.168	0.272~0.457	2.189~3.673
	On-ramp	0.947	0.000	0.840	0.281~0.461	2.171~3.558
	C	0.934	0.000	1.287	0.243~0.732	1.366~4.121
	D	0.967	0.000	1.997	0.262~0.419	2.389~3.810
	Off-ramp	0.943	0.000	1.018	0.134~0.786	1.272~7.477
Outbound	E	0.976	0.000	2.014	0.262~0.518	1.929~3.816
	F	0.936	0.000	0.857	0.557	1.797
	On-ramp	0.937	0.000	0.913	0.193~0.796	1.256~5.193
	G	0.971	0.000	1.862	0.231~0.432	2.312~4.324
	H	0.906	0.000	1.837	0.487	2.055
	Off-ramp	0.924	0.000	1.573	0.177~0.636	1.573~5.664
On-ramp		0.943	0.000	0.879	0.361~0.491	2.035~2.771
Off-ramp		0.934	0.000	0.959	0.177~0.636	1.573~5.664

## 제 5 장 결 론

본 연구대상 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내에서 수집된 자료 분석과 통행지체 예측모형의 구축 및 검증을 실시한 결과 다음과 같은 결론에 도달할 수 있었다.

- i) 심야시간대를 제외하고는 거의 모든 시간대에 통행수요가 발생하고 있었고, 특히 차로별 통행량이 본선 2차로가 1차로에 비하여 상대적으로 높게 나타남으로써 차로별 특성을 고려한 도로교통정보시스템과 같은 교통관리체계를 수립할 필요가 있었다.
- ii) 진출연결로에 비하여 진입연결로의 차량집중이 상대적으로 높았고, 특히 출·퇴근시간대를 중심으로 차량이용수요가 집중되어 도시고속도로의 이동성 및 접근성이 약화됨으로써 고속화도로의 기능이 최대로 유지될 수 있는 Ramp Metering 시스템과 같은 교통관리체계를 수립할 필요가 있었다.
- iii) 지체모형의 구축단계에서 수집된 교통특성변수와 함께 지체모형의 결정계수( $R^2$ ) 값이 모두 0.90이상으로 높게 나타남으로써 높은 설명력과 함께 보다 신뢰성 있는 통행지체 예측모형으로의 적용가능성이 확인되었다.
- iv) 지체모형의 검증단계에서 진출연결로 H(Wondong)를 제외하고 상관계수( $r$ )값이 0.9이상으로 높게 나타났고, 유의수준이 0.000으로 추정지체와 관측지체사이에 차이가 거의 없었으며, 공선성 문제가 거의 존재하지 않음으로써 지체모형의 유효성이 입증되었다.

따라서 본 연구에서 제시된 도시고속도로의 진출입연결로 접속영향권역 내 통행지체 예측모형은 유사한 기하구조와 교통특성을 가지는 도시고속도로의 진

출입연결로 접속영향권역 내 통행지체를 추정할 수 있는 척도로 사용되어질 수 있을 것으로 판단되며, 향후 다양한 기하구조특성을 고려한 고속도로의 진출입 연결로 접속영향권역에 대한 추가적인 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 생각된다.



## 참 고 문 헌

- 1) 김정훈과 김태곤, “고속도로 진출입램프 접속부상의 지체예측모형 구축에 관한 연구”, 한국항만학회지 제 14권 제 2호, 2000, pp. 175~185
- 2) 김승길, “교통류 상황변화에 따른 혼잡통행료 추정 및 평가에 관한 연구”, 한국해양대학교 공학박사 학위논문, 2008.
- 3) 김정훈, “고속도로 진출입램프 접속부상의 지체예측모형 구축에 관한 연구”, 공학석사 학위논문, 2000.
- 4) 김경진, “실시간 교통특성에 기초한 도시고속도로 IC 합류부의 지체예측모형 구축에 관한 연구”, 한국해양대학교 공학석사 학위논문, 2003.
- 5) 장태준, “실시간 교통특성에 기초한 도시고속도로 IC 분류부의 지체예측모형 구축에 관한 연구”, 한국해양대학교 공학석사 학위논문, 2003.
- 6) 박여정, “도시고속도로의 램프접속 영향권 내 속도전환 모형구축에 관한 연구”, 한국해양대학교 공학석사 학위논문, 2003.
- 7) 표종진, “도시고속도로의 유입연결로 접속영향권내 밀도예측모형 구축에 관한 연구”, 한국해양대학교 공학석사 학위논문, 2008.
- 8) 이수일, “도시 고속도로 램프 미터링 모형 개발에 관한 연구”, 한양대학교 공학석사 학위논문, 2000.
- 9) 정호영, “반복정체 관리를 위한 램프미터링 기법에 관한 연구”, 홍익대학교 공학석사 학위논문, 2003.
- 10) 김승일, “연속류 교통특성을 활용한 실시간 구간 통행시간 예측에 관한 연구”, 서울시립대학교 공학박사 학위논문, 2006.
- 11) 허진녕, “도시고속도로 좌·우측 진입램프의 교통류특성 비교, 분석”, 연세대학교 공학석사 학위논문, 2005.
- 12) 김갑수·신판식, “도시고속도로 연결로 접속부에 있어서 KHCM모형의 적용성 분석”, 영남대학교 산업기술연구논문집, Vol. 26 No.2, 1998.

- 13) 이학식 · 임지훈, "SPSS 12.0 매뉴얼", 법문사, 2008.
- 14) 도철웅, "교통공학원론(상)", 청문각, 2007.
- 15) 원제무 · 최재성, "교통공학", 박영사, 2006.
- 16) 건설교통부, "도로의 구조 · 시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침", 2000.
- 17) Wattleworth, J. A., Wallance, C. E., and Moshe, L., "DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A RAMP METERING SYSTEM ON THE LODGE FREEWAY", Texas Transportation Institute Research Report 488-3, 1967.
- 18) Lindley, J. A., "Urban Freeway Congestion Problem and Solution : An Update", ITE Journal, December 1989.
- 19) Davis, G. A., Nihan, N. L., Hamed, M. M., and Jacobson, L. N., "Adaptive Forecasting of Freeway Traffic Congestion", TRB NO.1287, 1990, pp. 96~107, 151~166.
- 20) Thompson, N., "Ramp up the volume", ITS International, 1997, pp. 40~42

