

공학석사 학위논문

도시고속도로의 유출입연결로
접속영향권에서 차로별 용량평가에
관한 연구

*Lane-based Capacity Assessment within the Ramp
Junction Influence Areas of Urban Freeway*

지도교수 김 태 곤

2008년 2월

한국해양대학교 대학원

토목환경공학과

박 종 만

목 차

Nomenclature	iii
List of Tables	iv
List of Figures	v
Abstract	vi
제 1 장 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적 및 필요성	2
1.3 문헌조사	3
1.4 자료수집	5
제 2 장 교통특성분석	7
2.1 교통류	7
2.2 속도	13
2.3 밀도	18
제 3 장 교통특성의 상관분석	23
3.1 교통류와 속도	23
3.2 속도와 밀도	28
3.3 교통류와 밀도	33

제 4 장 용량추정 및 평가	38
4.1 용량추정	38
4.2 용량평가	45
제 5 장 결 론	49
참고문헌	51

Nomenclature

Q	Hourly volume (pc/h)
Q_i	Volume for 15 minutes (pc/15 min.)
N	Number of vehicles passed the detector
T	Unit period (15 minutes)
n_i	Number of vehicles in the speed class (pc/15 min)
$\sum n_i$	Number of vehicles for every 15 minutes (N)
U_i	Mean speed in the speed class (km/h)
U_s	Space mean speed converted (km/h)
U_t	Time mean speed observed (km/h)
h	Mean headway for 15 min. (sec)
h_i	Headway for every 15 min. (sec)
t_i	Arrival time of vehicle i (sec)
t_{i-1}	Arrival time of vehicle $i-1$ (sec)
U_{si}	Space mean speed for every 15 min (km/h)

List of Tables

Table 1.1	Capacity values for merge areas	3
Table 1.2	Capacity values for diverge areas	3
Table 1.3	Approximate capacity of ramp roadways	4
Table 1.4	Geometric characteristics of the study section	5
Table 2.1	Results of flow characteristic analysis within the ramp junctions	9
Table 2.2	Results of speed characteristic analysis within the ramp junctions	14
Table 2.3	Results of density characteristic analysis within the ramp junctions	19
Table 3.1	Correlation analysis of flow and speed within the ramp junctions	24
Table 3.2	Correlation analysis of speed and density within the ramp junctions	29
Table 3.3	Correlation analysis of flow and density within the ramp junctions	34
Table 4.1	Capacity predictive models on the ramp junctions	41
Table 4.2	Results of capacity assessment within the on-ramp junctions	46
Table 4.3	Results of capacity assessment within the off-ramp junctions	47

List of Figures

Figure 1.1 Sketch of freeway under the study	2
Figure 1.2 Geometry and Equipments of on-ramp under the study	5
Figure 2.1(a) Flow trends within the inbound ramp influence area	10
Figure 2.1(b) Flow trends within the outbound ramp influence area	11
Figure 2.1(c) Flow trends within the outbound ramp influence area	12
Figure 2.2(a) Speed trends within the inbound ramp influence area	15
Figure 2.2(b) Speed trends within the outbound ramp influence area	16
Figure 2.2(c) Speed trends within the outbound ramp influence area	17
Figure 2.3(a) Density trends within the inbound ramp influence area	20
Figure 2.3(b) Density trends within the outbound ramp influence area	21
Figure 2.3(c) Density trends within the outbound ramp influence area	22
Figure 3.1(a) Flow and speed on the on-ramp junctions	25
Figure 3.1(b) Flow and speed on the on-ramp junctions	26
Figure 3.1(c) Flow and speed on the off-ramp junctions	27
Figure 3.2(a) Speed and density on the on-ramp junctions	30
Figure 3.2(b) Speed and density on the on-ramp junctions	31
Figure 3.2(c) Speed and density on the off-ramp junctions	32
Figure 3.3(a) Flow and density on the on-ramp junctions	35
Figure 3.3(b) Flow and density on the on-ramp junctions	36
Figure 3.3(c) Flow and density on the off-ramp junctions	37
Figure 4.1(a) Capacity models on the inbound on-ramp junctions	42
Figure 4.1(b) Capacity models on the outbound on-ramp junctions	43
Figure 4.1(c) Capacity models on the outbound off-ramp junctions	44

Lane-based Capacity Assessment within the Ramp Junction Influence Areas of Urban Freeway

Jong Man Park

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

Abstract

Urban freeway is defined as the roadway with 4 lanes or more which requires a high design criteria for handling a large capacity of vehicles rapidly as a high-speed exclusive roadway in the city. However, most of the urban freeways suffer from severe traffic congestion due to the increased traffic exceeding their capacities regardless of the morning and afternoon rush-hours or the inbound and outbound directions.

The purpose in this study is to collect and investigate the real-time traffic characteristics within the ramp junction influence areas of the urban freeway, compare and analyze the traffic characteristic relationship for each lane within the ramp junction influence areas of the urban freeway, and finally assess and suggest the optimal capacity for each lane within the ramp junction influence area of the urban freeway.

By analyzing the real-time traffic characteristics and assessing the capacity for each lane within the ramp junction influence area of the urban freeway, the following conclusions were drawn:

- i) Traffic characteristics within the ramp junction influence area were found to have a distinct difference between the urban and suburban areas, the upstream and downstream locations, or the 1st lane and 2nd lane within the ramp junction influence area in the inbound and outbound directions of the urban freeway.
- ii) Correlation analyses were found to have a high coefficient of determination(R^2) of about 0.8 or more between the flow and speed, a considerable high coefficient of determination(R^2) of about 0.6 or more between the speed and density, and a very high coefficient of determination(R^2) of about 0.9 or more between the flow and density.
- iii) Capacity characteristics were found to be more traffic on the 1st lane than the 2nd lane, in the urban areas than the suburban areas, and at the downstream location than the upstream locations within the ramp junction influence area of the urban freeway by showing the parabolic relationship between flow and density.
- iv) Lane-based capacities were found to decrease by about 60% within the on-ramp junction influence areas in the inbound direction, about 40% or more within the on-ramp junction influence areas in the outbound direction and about 50% or more within the off-ramp junction influence areas in the outbound direction.
- v) Lane-based capacities were found to decrease by about 40% at the upstream locations and about 10% or more at the downstream locations within the on-ramp junction influence areas in the inbound direction and about 20% or more at downstream locations within the off-ramp junction influence areas in the outbound direction.

1. 서론

1.1 연구 배경

일반적으로 도시고속도로란 도시지역에 존재하는 자동차 전용도로로서 출입 제한의 기능을 갖추면서 대량의 교통을 신속하게 처리하기 위해 높은 설계기준이 요구되는 4차선 이상의 도로를 의미하며, 대형차량의 이용이 많은 경우에는 6차선 이상의 도로로 건설된다. 그러나 대부분의 대도시에서는 이러한 도시고속도로도 이용차량의 급격한 증가와 지역의 도로분류에 따른 위계(hierarchy)가 제대로 구축되어 있지 않기 때문에 극심한 정체와 함께 심각한 교통문제를 겪고 있는 실정이다.

한편 부산광역시에는 우리나라 제2의 대도시로 인구는 약 370만 명이 거주하고 있고, 국내 최대의 국제무역항을 갖춘 항구도시이다. 게다가 부산광역시에는 현재 등록차량이 이미 100만대를 넘어섰고, 경부고속국도와 연계되는 제1 도시고속도로(변영로)를 포함하여 3개의 도시고속도로가 운영되고 있으며, 1개의 외곽 순환도로(ring road)가 건설 중에 있다. 특히, 부산광역시의 3개 도시고속도로 중에서 변영로는 대표적인 도시고속도로로 가장 오래되었고, 아래의 Figure 1.1에서 보는 바와 같이 도심지역(문현)과 부도심지역(구서)사이의 약 15.7km에 걸쳐서 건설되었으며, 대형차량을 포함하여 통행량의 집중으로 출퇴근시간대와 관계없이 극심한 정체에 시달리고 있는 핵심도로이다. 또한 변영로는 부산광역시의 남북 교통축으로서 도심지역과 부도심지역의 중추적인 연계역할을 수행하면서 1980년에 건설된 이후 승용차의 이동성 향상과 대형화물차량의 수송능력 증진에 막대한 기여를 해오고 있는 주요 간선도로이다.

그런데, 부산광역시에는 1990년대 이후 도시영역의 확대와 함께 생활 및 통행패턴이 다양해졌고, 더불어 승용차의 이용수요가 급격히 증가함으로써 변영로를 포함한 대부분의 간선도로에서 차량의 이동성과 수송능력이 현저히 저하되었으며, 또한 출퇴근시간대에 관계없이 통행량 집중으로 변영로의 소통능력

은 현저하게 감소됨으로써 도시고속도로로서 제 역할을 제대로 수행하지 못하는 상황에 처해있다.

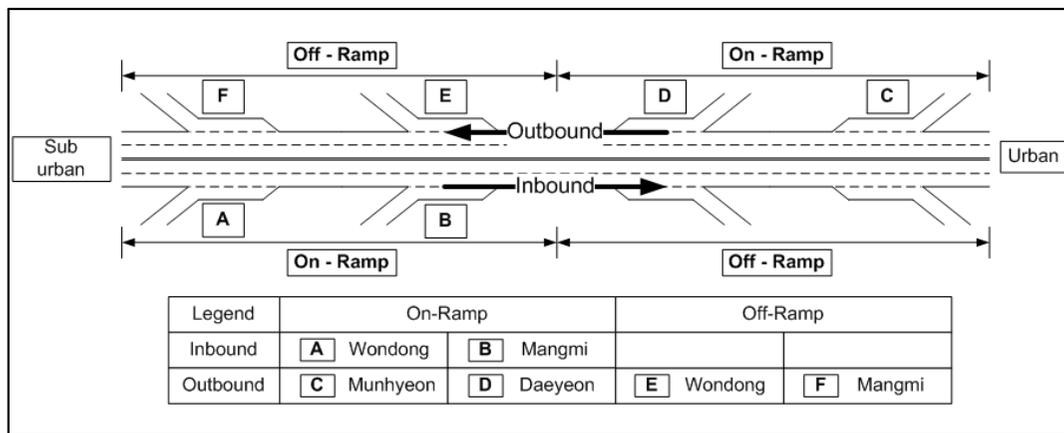


Figure 1.1 Sketch of freeway under the study

1.2 연구목적 및 필요성

도시지역에 있어서 도시고속도로는 핵심간선도로로서 출퇴근시간대를 제외하고는 일상적인 도로교통여건 하에서 자유흐름속도(free flow speed, FFS)를 유지해야 한다. 그러나 이 연구대상 도시고속도로인 변영로는 출퇴근시간대뿐만 아니라 그 외의 시간대에도 자유흐름속도가 거의 유지되지 못하고 있는 상황이다. 게다가, 이 연구대상 도시고속도로의 주요 곡선부와 가속예측지점에는 속도감시카메라들이 설치되어 있고, 또한 도시고속도로의 유출입연결로 합·분류영향권과 인접하여 터널들이 존재함으로써 통행차량의 속도저하를 가중시키고 있다. 따라서 이 연구에서는 부산지역의 주요 도심지역과 부도심지역을 연계하는 핵심간선도로인 제1도시고속도로(변영로)를 연구대상으로 하여 교통정체가 자주 발생하는 주요 연결로 접속영향권을 선정하여 실시간의 교통특성(교통량, 속도, 밀도 등)을 파악하고, 다음으로 주요 연결로 접속영향권내 교통특성의 상호관계를 비교 분석하며, 마지막으로 주요 연결로 접속영향권내 교통특성의 차로별/방향별 용량을 추정 평가함으로써 차로별 소통능력을 제시하고자 한다.

1.3 문헌조사

이 연구와 관련하여 미국의 도로용량편람(USHCM, 2000)에서는 고속도로의 유입연결로 합류부의 용량은 고속도로 유입연결로 접속부의 하류부 본선 1, 2차로의 용량에 의해 제약을 받게 되는데, 유입연결로 접속영향권으로 유입되는 최대 교통류는 4,600pc/h를 초과할 수 없고, 유출연결로 분류부의 용량은 고속도로 유출연결로 접속부의 상류부나 하류부 본선 1, 2차로의 용량을 초과할 수 없는데, 유출연결로 접속영향권을 통해 유출되는 최대 교통류는 4,400pc/h를 초과할 수 없다고 고속도로 유출입연결로 접속부의 용량을 규정하고 있다. 또한, 연결로 용량은 속도변화에 따라 최소 1,800pc/h에서 최대 2,200pc/h로 다양하게 규정하고 있다.

Table 1.1 Capacity values for merge areas

본선의 자유흐름속도 (km/h)	고속도로의 최대 하류부 교통류				영향권 내 최대 교통류, V_{12}
	2차로	3차로	4차로	>4차로	
120	4,800	7,200	9,600	2,400/차로	4,600
110	4,700	7,050	9,400	2,350/차로	4,600
100	4,600	6,900	9,200	2,300/차로	4,600
90	4,500	6,750	9,000	2,250/차로	4,600

Table 1.2 Capacity values for diverge areas

본선의 자유흐름속도 (km/h)	고속도로의 최대 상류부나 하류부 교통류				영향권 내 최대 교통류, V_{12}
	2차로	3차로	4차로	>4차로	
120	4,800	7,200	9,600	2,400/차로	4,400
110	4,700	7,050	9,400	2,350/차로	4,400
100	4,600	6,900	9,200	2,300/차로	4,400
90	4,500	6,750	9,000	2,250/차로	4,400

Table 1.3 Approximate capacity of ramp roadways

연결로의 자유흐름속도(km/h)	연결로의 용량(pc/h)	
	1차로	2차로
>80	2,200	4,400
>65-80	2,100	4,100
>50-65	2,000	3,800
≥ 30-50	1,900	3,500
<30	1,800	3,200

또한 이 연구와 관련하여 우리나라의 도로용량편람(KHCM, 2005)에서는 설계속도에 따라 다소 차이가 있으나 본선의 설계속도가 80Km/h이고 연결로의 설계속도가 50km/h인 경우, 고속도로 연결로 접속영향권에서 1, 2차로의 용량은 4,000pc/h이고 연결로 1차로의 용량은 1,700pc/h를 초과할 수 없다고 규정하고 있다.

1.4 자료수집

이 연구대상 도시고속도로는 양방향으로 분리된 4개 차로의 입체도로시설로 각각 7개의 유출입연결로와 5개의 터널로 구성되어 있다. 특히 이 연구대상 도시고속도로의 유출입연결로 합·분류영향권의 설정 위치와 기하구조특성 및 검지기의 설치 위치는 미국의 도로용량편람에서 제시된 450m(1,500ft)의 기준에 따라 Figure 1.2와 같다. 또한 이 연구대상 도시고속도로의 제한속도는 Table 1.1에서 알 수 있듯이 본선에서 80km/h, 연결로에서 50km/h로 운영되고 있으며, 차량의 과속을 통제하기 위하여 본선 상에 방향별로 각각 4개의 속도 감시 카메라가 설치 운영되고 있는 실정이다.

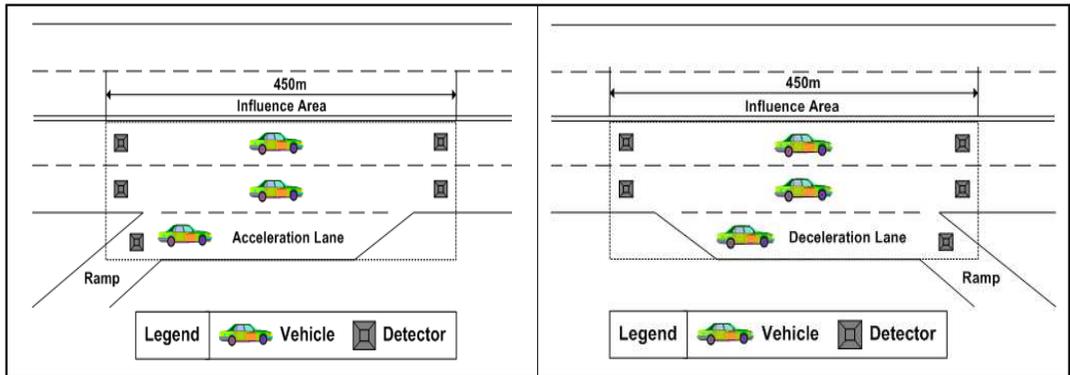


Figure 1.2 Geometry and Equipments of ramp under the study

Table 1.4 Geometric characteristics of the study section

<i>Geometric characteristics</i>	<i>Dimension</i>
No. of lanes on the mainline section	2 lanes
No. of lanes on the ramp section	1 lane
Lane width of mainline section	3.7m
Lane width of acceleration sections	3.7m
Lane width of ramp section	4.3~4.5m

따라서 이 연구를 위한 자료관측을 위해 연구대상 도시고속도로에 총 6개 지점(유입연결로에 4개 지점, 유출연결로 2개 지점)을 계획하여 도심방향으로 2개 유입연결로와 부도심방향으로 2개 유입연결로 그리고 2개 유출연결로가 배정되었다. 특히 이 연구대상 유입연결로로는 도심방향의 A(Wondong)과 B(Mangmi), 부도심방향으로는 C(Munhyeon)와 D(Daeyeon), 유출연결로로는 부도심방향의 E(Mangmi)와 F(Wondong)가 선정되었는데, 선정된 각 본선지점의 1, 2차로와 각 유출입연결로의 합·분류영향권내 5개 지점(상류지점 1, 2차로, 하류지점 1, 2차로 및 램프)에 자료관측 검지기(NC-97)를 설치하여 매 15분 단위로 1일 24시간씩 실시간의 교통특성자료를 2007년 2월~2007년 5월에 걸쳐 반복적으로 수집하였다. 특히 수집된 교통특성자료는 오류를 배제하고 자료 분석을 위해 주중(화, 수, 목)자료를 중심으로 데이터베이스(DB)를 구축하여 Excel의 스프레드시트(spread sheet)와 함께 자료의 특성분석, 상관분석, 용량추정 및 평가에 사용되었다.

2. 교통 특성 분석

이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권내 각 차로별/방향별 교통 특성 분석을 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.

2.1 교통류

교통류(flow)이란 단위시간동안에 관측검지기(NC-97)를 통과한 승용차 환산 차량대수로서 passenger car per hour(pc/h)로 표현되고, 이 연구대상 연결로 접속영향권내 교통류는 1시간단위의 교통류로서 다음과 같이 산정되었다.

$$Q_i = \frac{N}{T} \quad (2.1)$$

$$Q = \sum_{i=1}^4 Q_i \quad (2.2)$$

여기서,

N : 검지기를 통과한 차량대수(pc)

T : 단위시간(15min.)

Q : 1시간 교통류(pc/h)

Q_i : 15분 교통류(pc/15min.)

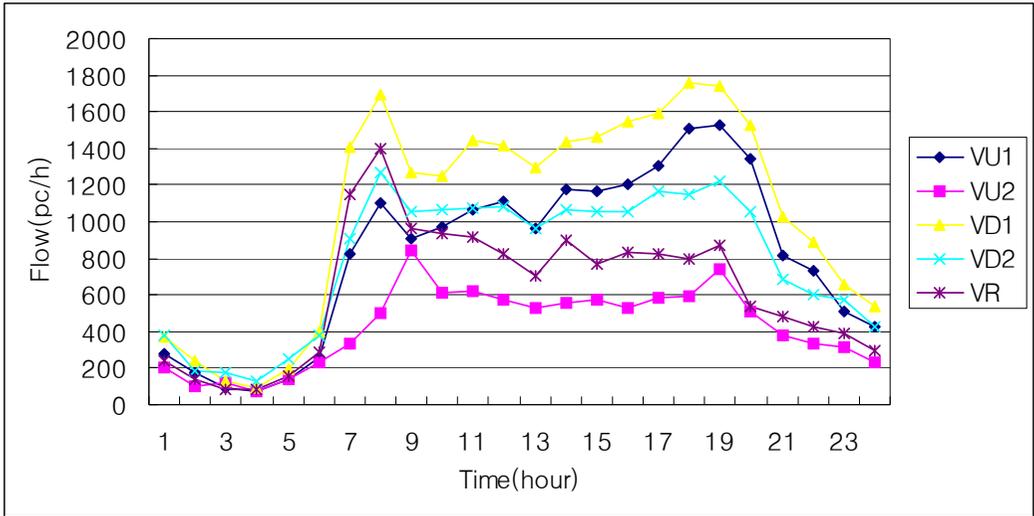
한편 이 연구대상 연결로 접속영향권내 각 차로별 교통류의 특성분포를 살펴 보면, 연결로 접속부에서는 대체적으로 도심지역이나 부도심지역에 관계없이 연결로접속부의 상류지점보다 하류지점에서 그리고 하류지점에서 2차로보다는 1차로에서 상대적으로 높게 나타났으며, 또한 도심지역과 부도심지역에 근

접한 연결로 접속부에서는 낮 시간대에 교통류가 급격하게 증가하는 것으로 나타났다.

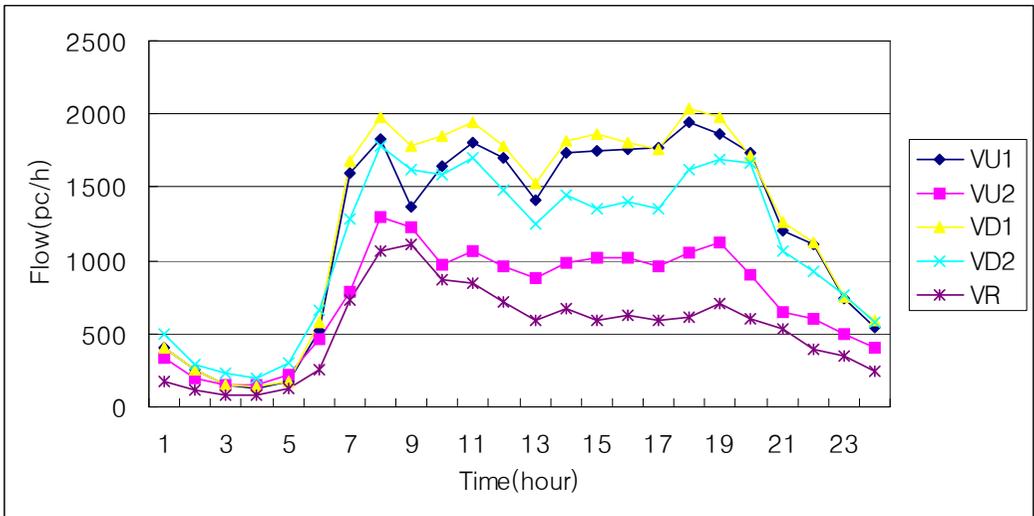
게다가 이 연구대상 연결로 접속부에서는 도심지역과 부도심지역에 근접할수록 1차로의 평균 교통류가 2차로의 평균 교통류에 비하여 상대적으로 높게 나타났고, 상류부에 비하여 하류부의 교통류가 상대적으로 높게 나타남으로써 통행량의 집중으로 인한 교통정체가 심화되는 것으로 나타났다(참조 Table 2.1 와 Figure 2.1). 따라서 이 연구대상 연결로 접속영향권내 교통류의 특성분석결과로부터 낮 시간대(오전 7:00시~오후 7:00시)에 상류부와 하류부 그리고 연결로의 각 차로별 교통특성분석의 필요성이 확인되었다.

Table 2.1 Results of flow characteristic analysis within the ramp junctions

<i>Junction</i>			<i>Flow (pc/h)</i>				
			<i>Upstream</i>		<i>Downstream</i>		<i>Ramp</i>
			<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	
<i>Inbound On-Ramp</i>	<i>A</i>	<i>Max.</i>	1,528	872	1,780	1,304	1,396
		<i>Min.</i>	64	76	88	132	80
		<i>Avg.</i>	831	427	1,081	804	630
	<i>B</i>	<i>Max.</i>	1,948	1,332	2,036	2,060	1,460
		<i>Min.</i>	132	148	140	196	68
		<i>Avg.</i>	1,164	746	1,245	1,108	547
<i>Outbound On-ramp</i>	<i>C</i>	<i>Max.</i>	1,568	1,304	1,532	1,520	1,152
		<i>Min.</i>	132	92	132	192	148
		<i>Avg.</i>	854	482	1,003	937	759
	<i>D</i>	<i>Max.</i>	1,716	1,368	1,676	1,560	1,284
		<i>Min.</i>	152	132	204	188	84
		<i>Avg.</i>	1,114	818	1,222	1,034	773
<i>Outbound Off-Ramp</i>	<i>E</i>	<i>Max.</i>	2,060	1,604	2,004	1,276	916
		<i>Min.</i>	192	272	184	156	96
		<i>Avg.</i>	1,370	1,141	1,278	807	544
	<i>F</i>	<i>Max.</i>	1,680	1,488	1,504	792	1,436
		<i>Min.</i>	112	236	92	108	132
		<i>Avg.</i>	945	1,056	784	483	850

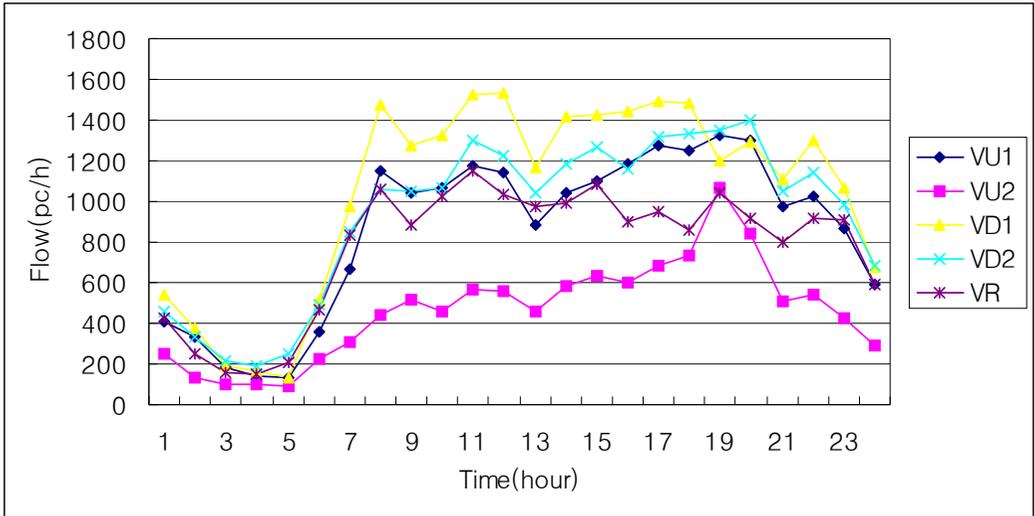


Wondong (A)

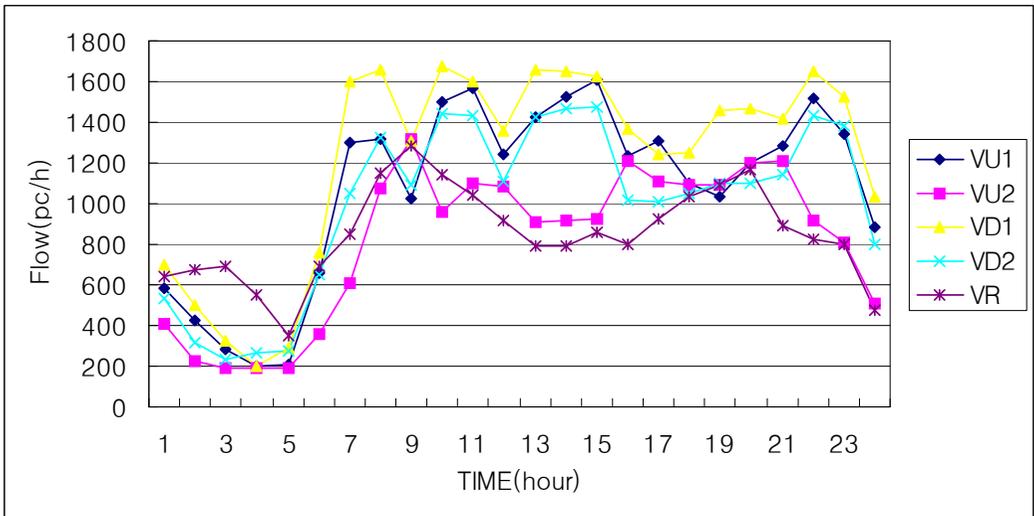


Mangmi (B)

Figure 2.1(a) Flow trends within the inbound ramp influence area

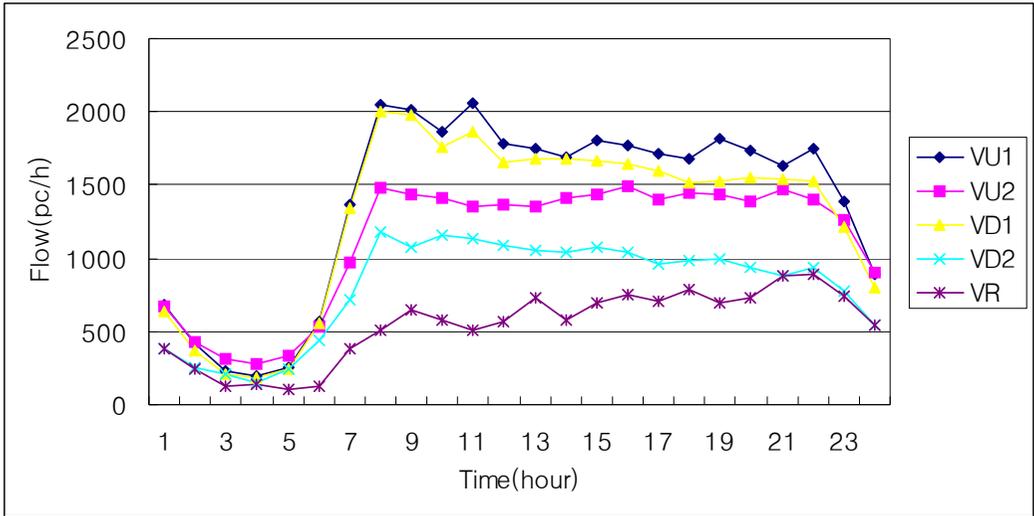


Munhyeon (C)

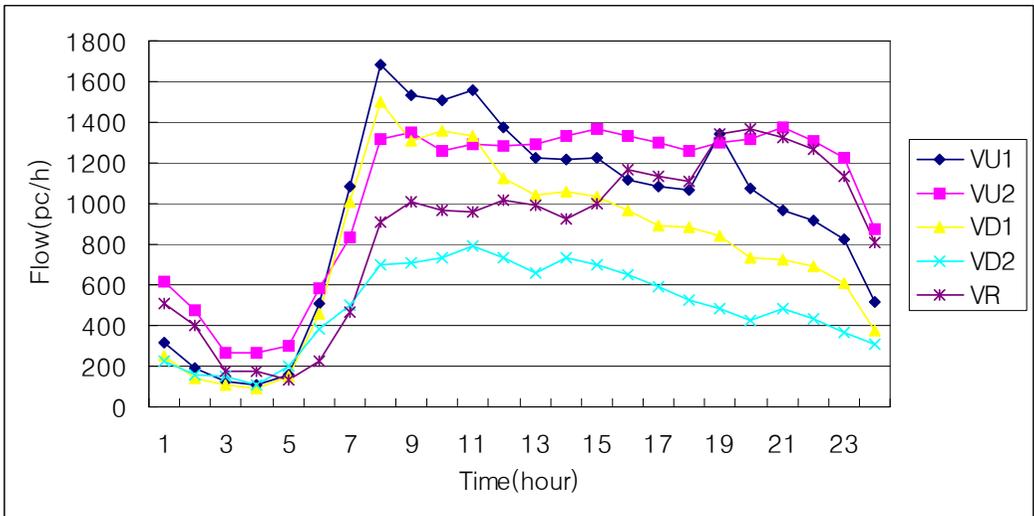


Daeyeon (D)

Figure 2.1(b) Flow trends within the outbound ramp influence area



Mangmi (E)



Wondong (F)

Figure 2.1(c) Flow trends within the outbound ramp influence area

2.2 속도

속도(speed)란 단위시간동안에 차량이 주행한 거리로서 일반적으로 kilometer per hour(km/h)로 표현되고, 이 연구대상 연결로 접속영향권 내 속도는 공간평균속도(space mean speed)로서 다음과 같이 산정되었다(May, A. D., 1990).

$$U_t = \frac{\sum n_i U_i}{\sum n_i} \quad (2.3)$$

$$U_s = \frac{\sum n_i}{\sum \frac{n_i}{U_i}} \quad (2.4)$$

여기서,

- n_i : 속도등급에 따른 차량대수(veh/15min)
- $\sum n_i$: 매 15분 동안 차량대수(N)
- U_i : 속도등급 내 평균속도(km/h)
- U_s : 공간평균속도(km/h)
- U_t : 시간평균속도(km/h)

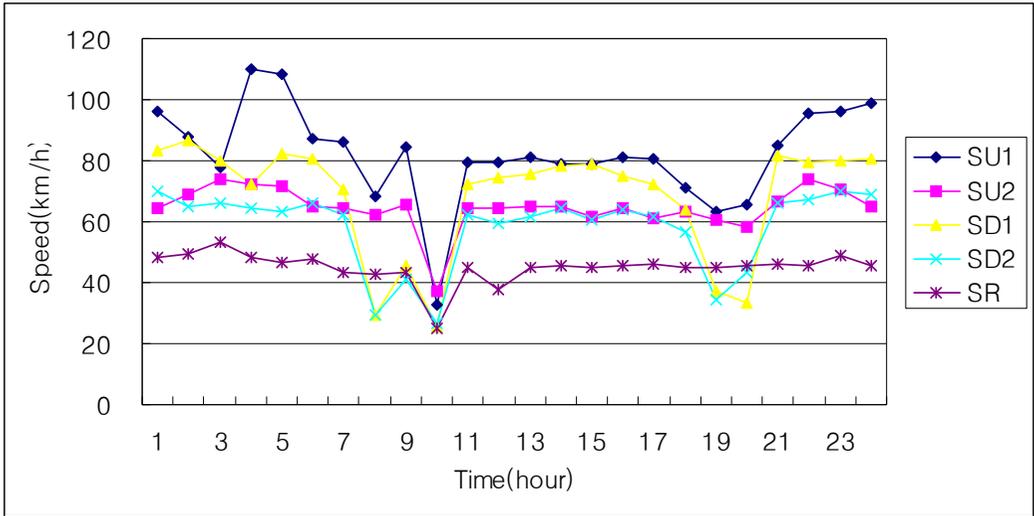
한편 이 연구대상 연결로 접속영향권내 각 차로별 속도의 특성분포를 살펴보면, 연결로 접속부에서는 대체적으로 도심방향이나 부도심방향에 관계없이 연결로접속부의 상류부보다 하류부에서 그리고 하류부에서도 1차로보다는 2차로에서 상대적으로 낮게 나타났으며, 또한 도심지역과 부도심지역에 근접한 연결로 접속부에서는 속도가 상대적으로 높게 나타났다.

게다가 이 연구대상 연결로 접속부에서는 도심지역과 부도심지역에 근접할수록 1차로의 평균 속도가 2차로의 평균 속도에 비하여 상대적으로 높게 나타났고, 상류부에 비하여 하류부의 속도가 상대적으로 낮게 나타남으로써 통행량의 집중으로 인한 교통정체가 심화되는 것으로 나타났다(참조 Table 2.2와 Figure 2.2(a)~(c)). 따라서 이 연구대상 연결로 접속영향권내 속도의 특성분석결과로

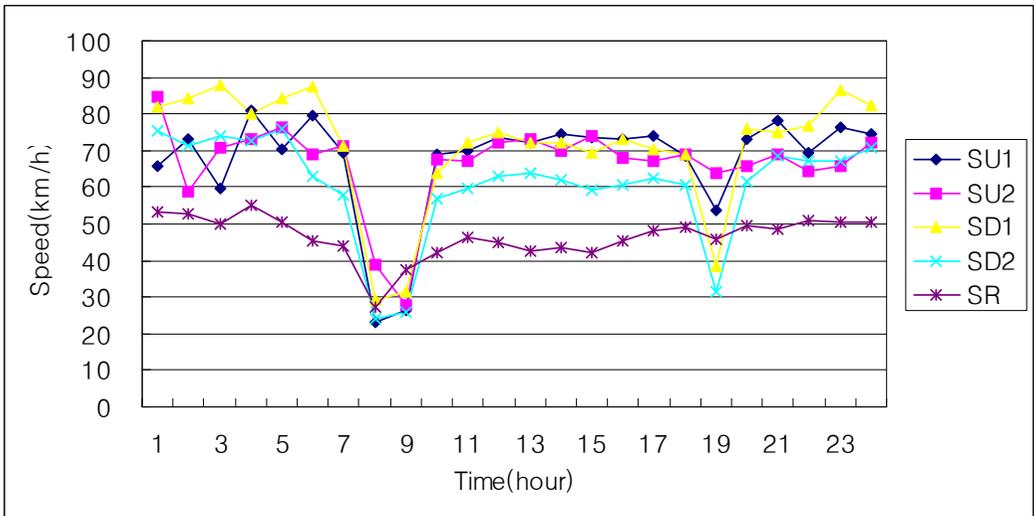
부터 낮 시간대(오전 7:00시~오후 7:00시)에 상류부와 하류부 그리고 연결로의 각 차로별 교통특성분석의 필요성이 확인되었다.

Table 2.2 Results of speed characteristic analysis within the ramp junctions

<i>Junction</i>			<i>Speed rate(km/h)</i>				
			<i>Upstream</i>		<i>Downstream</i>		<i>Ramp</i>
			<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	
<i>Inbound On-Ramp</i>	<i>A</i>	<i>Max.</i>	110	75	88	75	53
		<i>Min.</i>	33	32	26	23	25
		<i>Avg.</i>	84	65	72	61	46
	<i>B</i>	<i>Max.</i>	84	86	89	80	57
		<i>Min.</i>	23	25	27	24	27
		<i>Avg.</i>	65	63	67	59	47
<i>Outbound On-ramp</i>	<i>C</i>	<i>Max.</i>	83	73	82	68	61
		<i>Min.</i>	32	31	26	24	29
		<i>Avg.</i>	64	59	61	52	48
	<i>D</i>	<i>Max.</i>	101	82	93	76	58
		<i>Min.</i>	22	21	24	21	29
		<i>Avg.</i>	62	54	50	46	45
<i>Outbound Off-Ramp</i>	<i>E</i>	<i>Max.</i>	79	81	82	75	59
		<i>Min.</i>	44	39	63	60	26
		<i>Avg.</i>	67	67	71	68	49
	<i>F</i>	<i>Max.</i>	79	73	94	95	59
		<i>Min.</i>	40	27	71	69	26
		<i>Avg.</i>	69	61	80	79	51

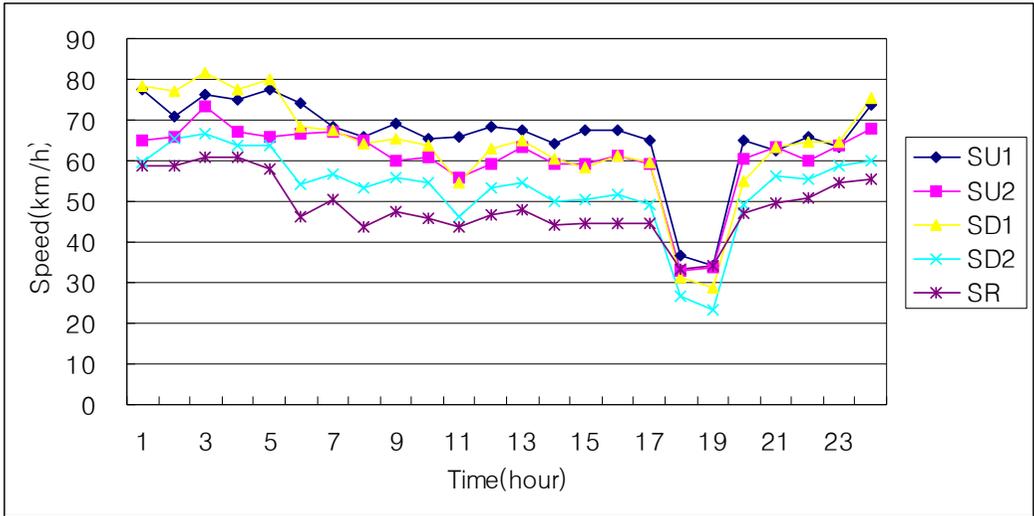


Wondong (A)

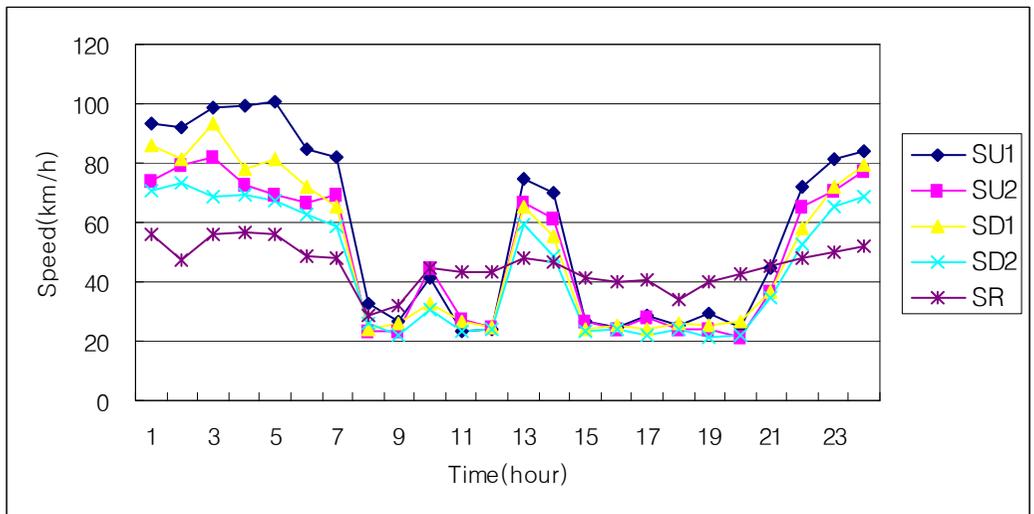


Mangmi (B)

Figure 2.2(a) Speed trends within the inbound ramp influence area

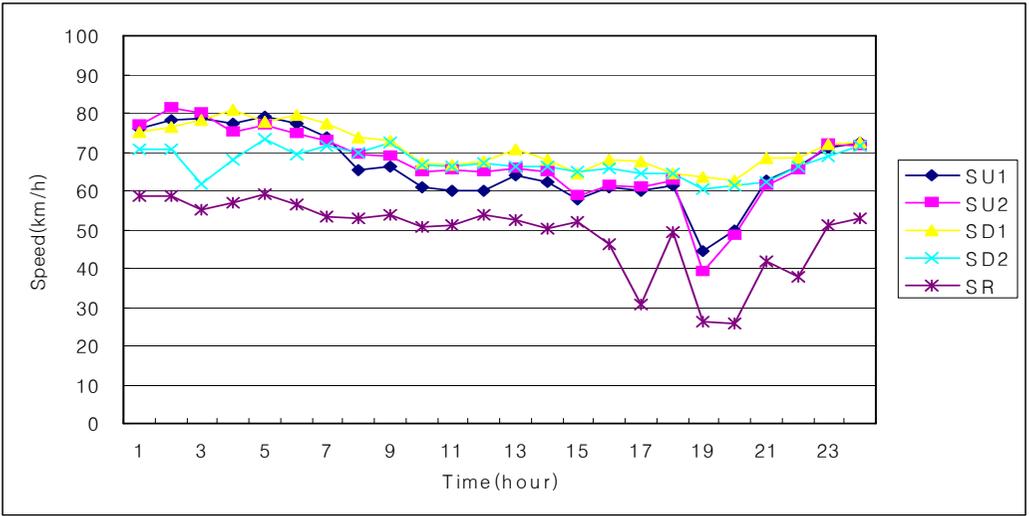


Munhyeon (C)

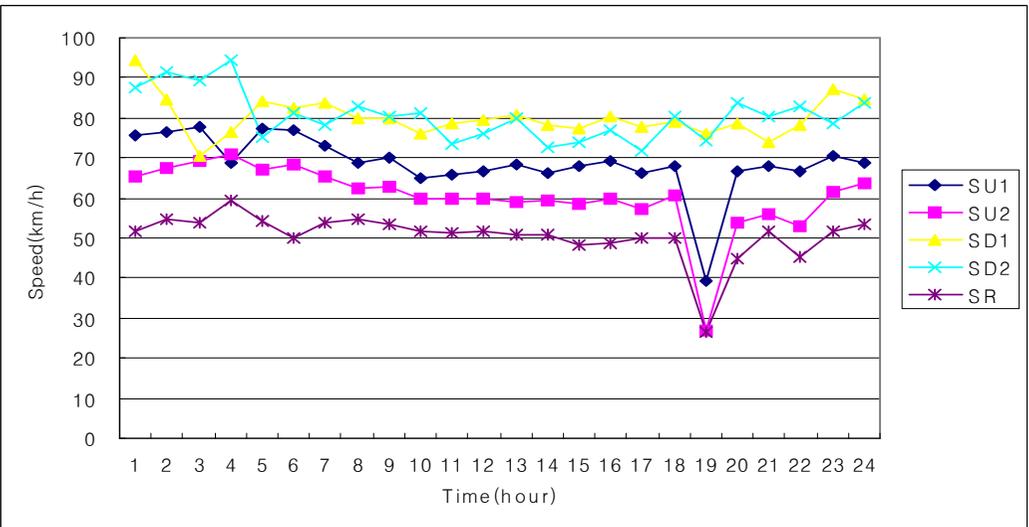


Daeyeon (D)

Figure 2.2(b) Speed trends within the outbound ramp influence area



Mangmi (E)



Wondong (F)

Figure 2.2(c) Speed trends within the outbound ramp influence area

2.3 밀도

밀도(density)란 단위구간 내 통행차량수로서 단위는 passenger car per kilometer (pc/km)로 표현되며, 이 연구대상 연결로 접속영향권내 밀도는 차두거리의 역수로서 다음과 같이 산정되었다(TRB, 1975).

$$h = \frac{\sum(t_i - t_{i-1})}{\sum n_i} \quad (2.5)$$

$$K = \frac{3.6}{h_i \times U_{si}} \quad (2.6)$$

여기서,

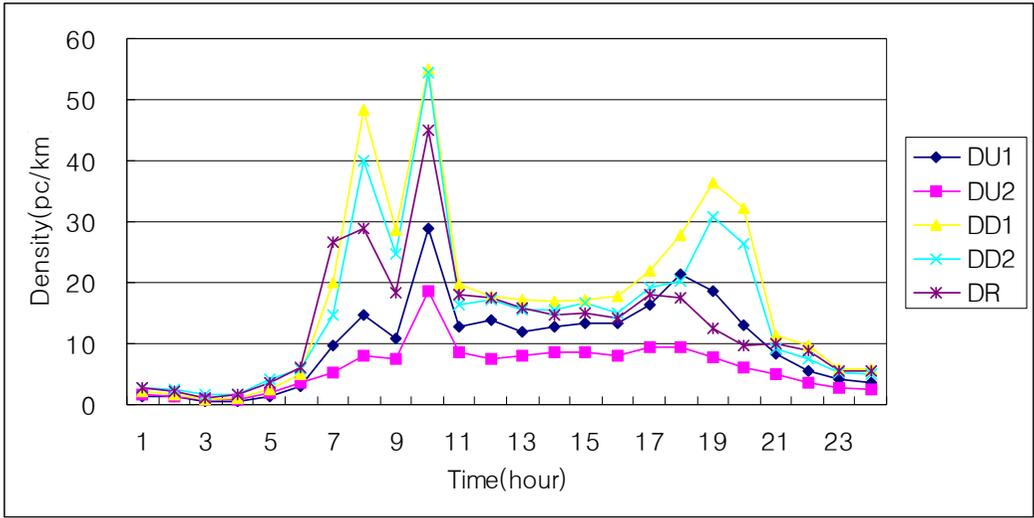
- h : 15분 동안 평균 차두시간(sec)
- h_i : 매 15분 동안 차두시간(sec)
- t_i : i 번째 차량의 도착시간(sec)
- t_{i-1} : $i-1$ 번째 차량의 도착시간(sec)
- U_{si} : 매 15분 동안 공간평균속도(km/h)

한편 이 연구대상 연결로 접속영향권내 각 차로별 밀도의 특성분포를 살펴보면, 연결로 접속부에서는 대체적으로 도심방향이나 부도심방향에 관계없이 연결로접속부의 상류부보다 하류부에서 그리고 하류부에서도 1차로보다는 2차로에서 상대적으로 높게 나타났으며, 또한 도심지역과 부도심지역에 근접한 연결로 접속부에서는 밀도가 상대적으로 낮게 나타났다.

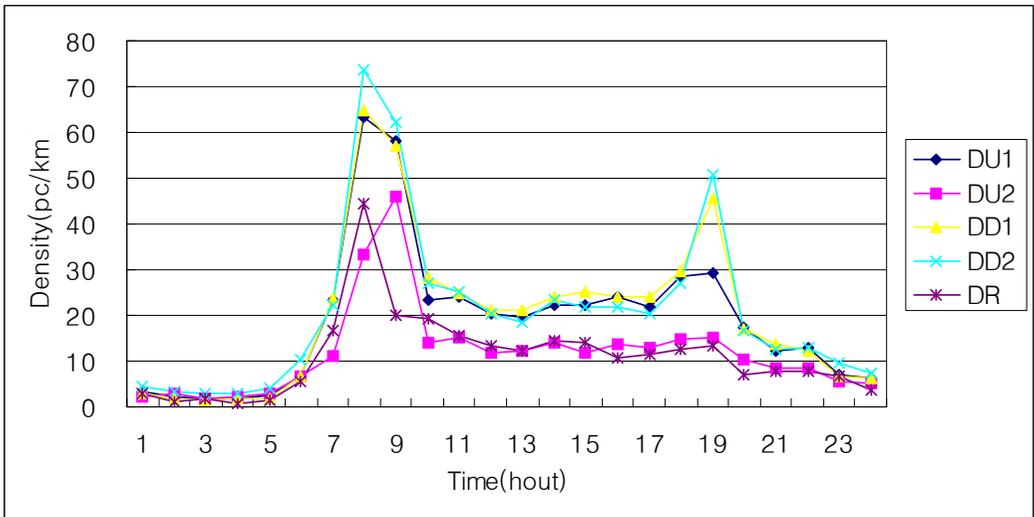
따라서 이 연구대상 연결로 접속영향권내 밀도의 특성분석결과로부터 낮 시간대(오전 7:00시~오후 7:00시)에 하류부와 연결로의 각 차로별 교통특성분석의 필요성이 확인되었다.

Table 2.3 Results of density characteristic analysis within the ramp junctions

Junction			Density rate(pc/km)				
			Upstream		Downstream		Ramp
			Lane1	Lane2	Lane1	Lane2	
Inbound On-Ramp	A	Max.	34	24	55	54	45
		Min.	0	1	1	2	1
		Avg.	10	6	16	14	13
	B	Max.	66	50	65	74	45
		Min.	1	2	1	3	1
		Avg.	21	14	22	22	12
Outbound On-ramp	C	Max.	40	29	47	51	29
		Min.	1	1	2	2	2
		Avg.	14	8	18	19	15
	D	Max.	60	57	60	63	45
		Min.	1	1	2	3	2
		Avg.	26	21	34	31	17
Outbound Off-Ramp	E	Max.	41	26	28	18	31
		Min.	2	3	1	2	2
		Avg.	20	16	17	11	11
	F	Max.	34	33	18	10	49
		Min.	1	2	1	1	2
		Avg.	13	17	9	6	16

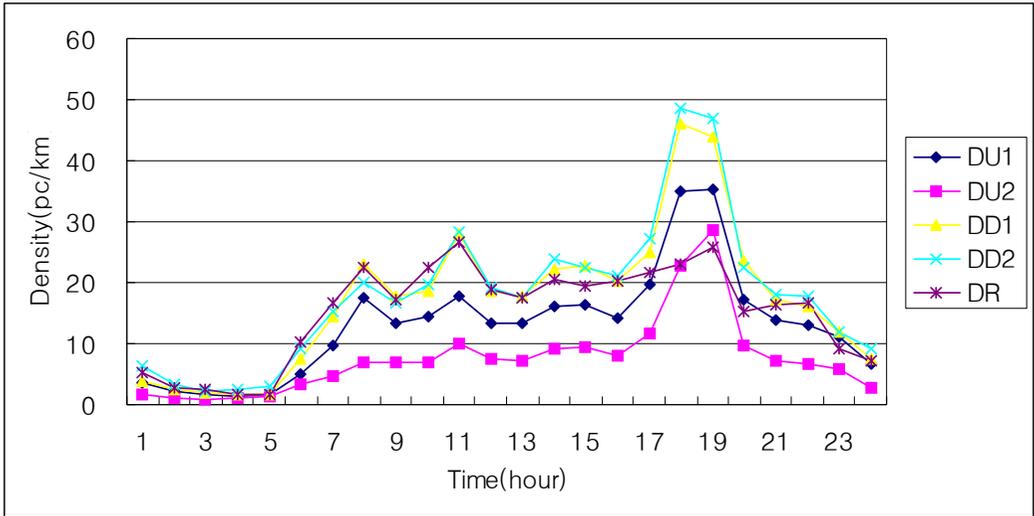


Wondong (A)

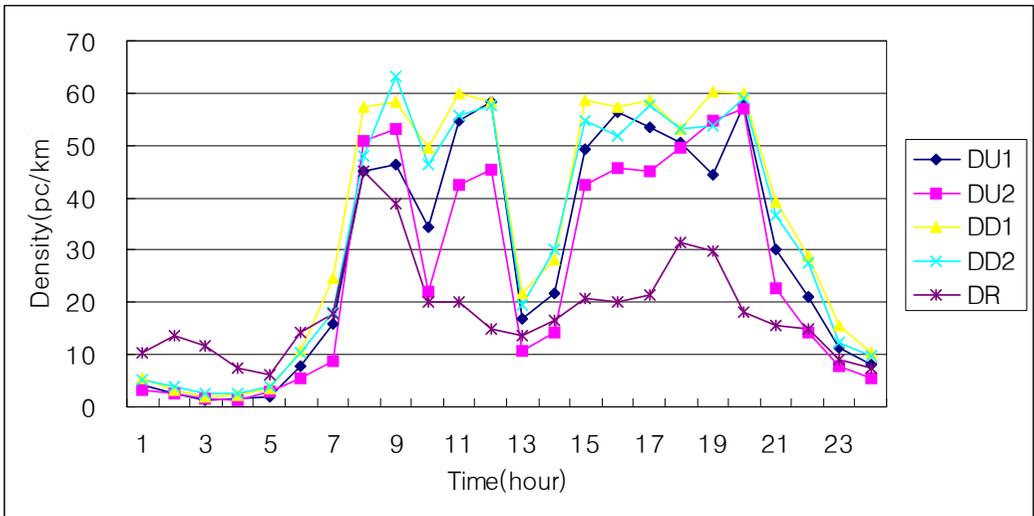


Mangmi (B)

Figure 2.3(a) Density trends within the inbound ramp influence area

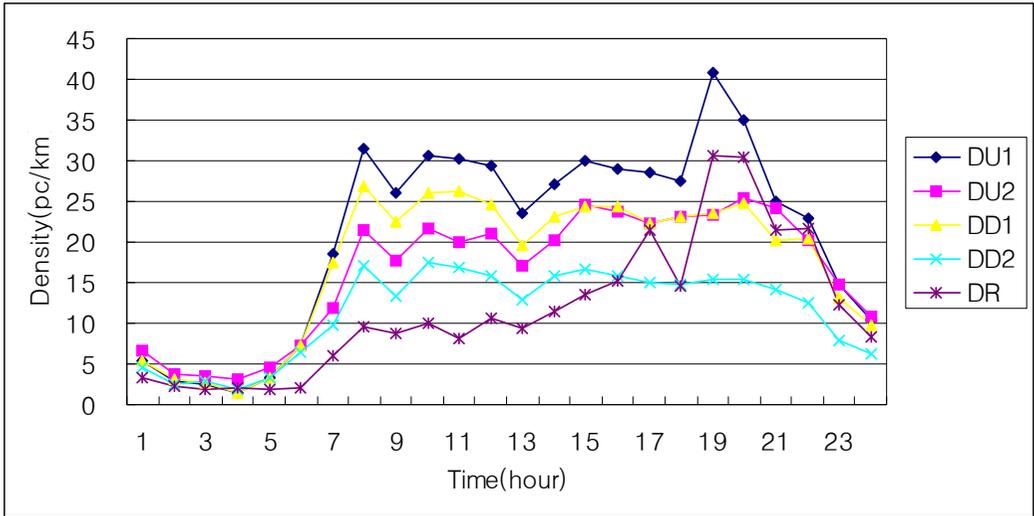


Munhyeon (C)

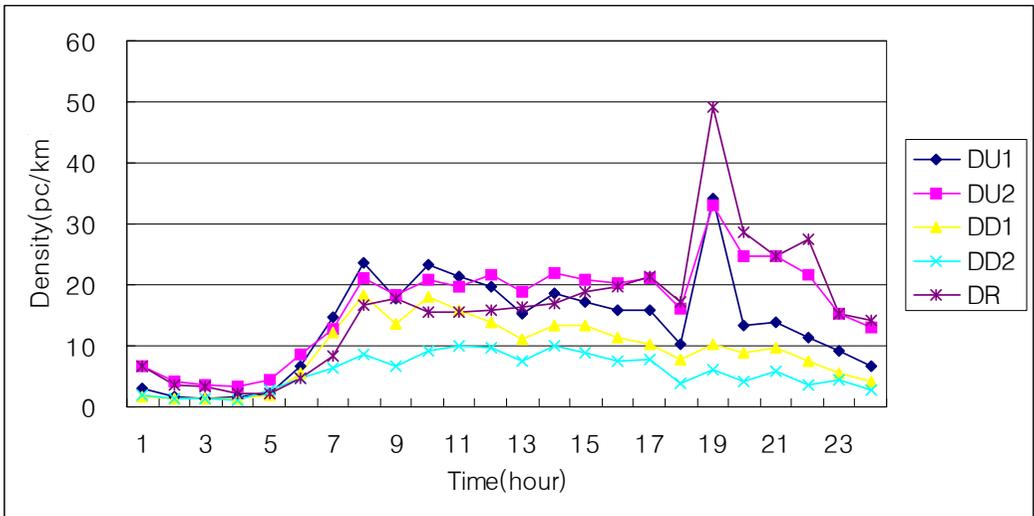


Daeyeon (D)

Figure 2.3(b) Density trends within the outbound ramp influence area



Mangmi (E)



Wondong (F)

Figure 2.3(c) Density trends within the outbound ramp influence area

3. 교통특성의 상관분석

이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권에 대해 각 차로별/방향별 교통특성의 상호관계를 파악하기 위해서 관측된 실시간의 교통류와 속도, 속도와 밀도 그리고 교통류와 밀도를 중심으로 상관특성을 비교 분석하였다.

3.1 교통류와 속도

이 연구대상 연결로 접속영향권에 대해 각 차로별/방향별 교통류와 속도사이의 특성관계에서 현저한 차이를 보였다. 그러나 Figure 3.1(a)~3.1(c)에서 보는 바와 같이 모든 차로별/방향별 교통류와 속도사이의 특성관계에서 교통류가 용량상태에 도달할 때까지 교통류의 증가와 함께 속도는 점차 감소하였고, 용량상태에 도달한 후 추가적인 교통류 유입과 더불어 속도가 급격히 감소함으로써 교통류와 속도사이에는 포물선형의 상관관계를 확인할 수 있었다.

한편 이 연구대상 연결로 접속영향권에 대해 교통류와 속도사이의 상관분석 결과를 비교해보면, 도심방향이나 부도심방향, 상류부나 하류부 그리고 1차로나 2차로에 관계없이 대체적으로 0.8이상의 상당히 높은 결정계수(R^2)값을 보임으로써 교통류와 속도사이에는 포물선 형태의 상관특성과 함께 높은 설명력을 가지는 것으로 나타났다. 특히, 도심방향의 유입연결로 접속부에서는 교통류와 속도사이의 결정계수(R^2)값이 0.825~0.958로 나타났고, 부도심방향의 유입연결로 접속부에서는 결정계수(R^2)값이 0.871~0.960으로 나타났으며, 또한 부도심방향의 유출연결로 접속부에서도 결정계수(R^2)값이 0.842~0.966으로 나타남으로써 부도심방향의 연결로 접속영향권에서 관측된 교통류와 속도사이의 상관특성이 도심방향의 연결로 접속영향권에서 관측된 교통류와 속도사이의 상관특성에 비해 다소 높게 나타났다.

게다가 이 연구대상 주요 연결로 접속영향권의 상류부에서는 도심방향의 결정계수(R^2)값이 0.825~0.925로 나타났고 부도심방향의 결정계수(R^2)값이 0.89

1~0.976으로 나타났으며, 또한 하류부에서는 도심방향의 결정계수(R^2)값이 0.860~0.958로 나타났고 부도심방향의 결정계수(R^2)값이 0.842~0.960으로 나타남으로써 연결로 접속영향권의 상류부에 비해 하류부에서 교통류와 속도사이의 상관특성이 상대적으로 높게 나타났다.

따라서 이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권에 대해 각 차로 별/방향별 교통특성에 기초하여 교통관리체계가 수립되어야 할 것으로 생각되었다.

Table 3.1. Correlation analysis of flow and speed within the ramp junctions

<i>Ramp</i>		<i>Determination Coefficients(R^2)</i>				
		<i>Upstream</i>		<i>Downstream</i>		<i>Ramp</i>
		<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	
<i>Inbound On-ramp</i>	<i>A</i>	0.925	0.872	0.860	0.912	0.886
	<i>B</i>	0.825	0.856	0.880	0.958	0.928
<i>Outbound On-ramp</i>	<i>C</i>	0.923	0.891	0.956	0.949	0.950
	<i>D</i>	0.959	0.938	0.871	0.960	0.941
<i>Outbound Off-ramp</i>	<i>E</i>	0.966	0.954	0.936	0.886	0.951
	<i>F</i>	0.912	0.976	0.842	0.908	0.897

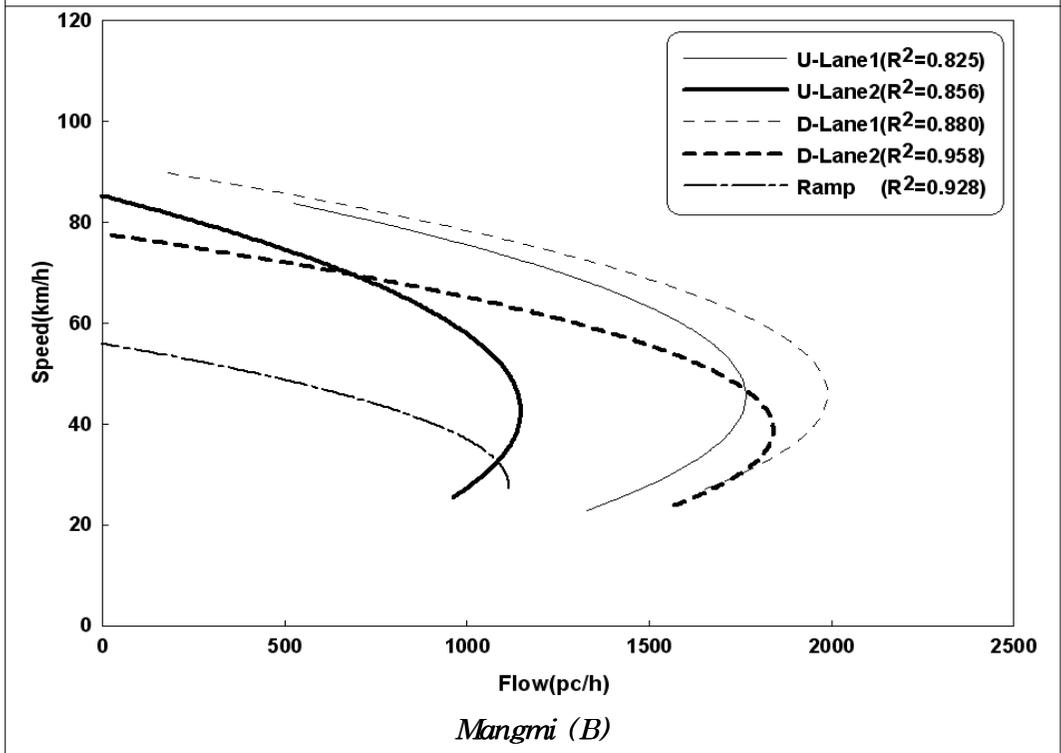
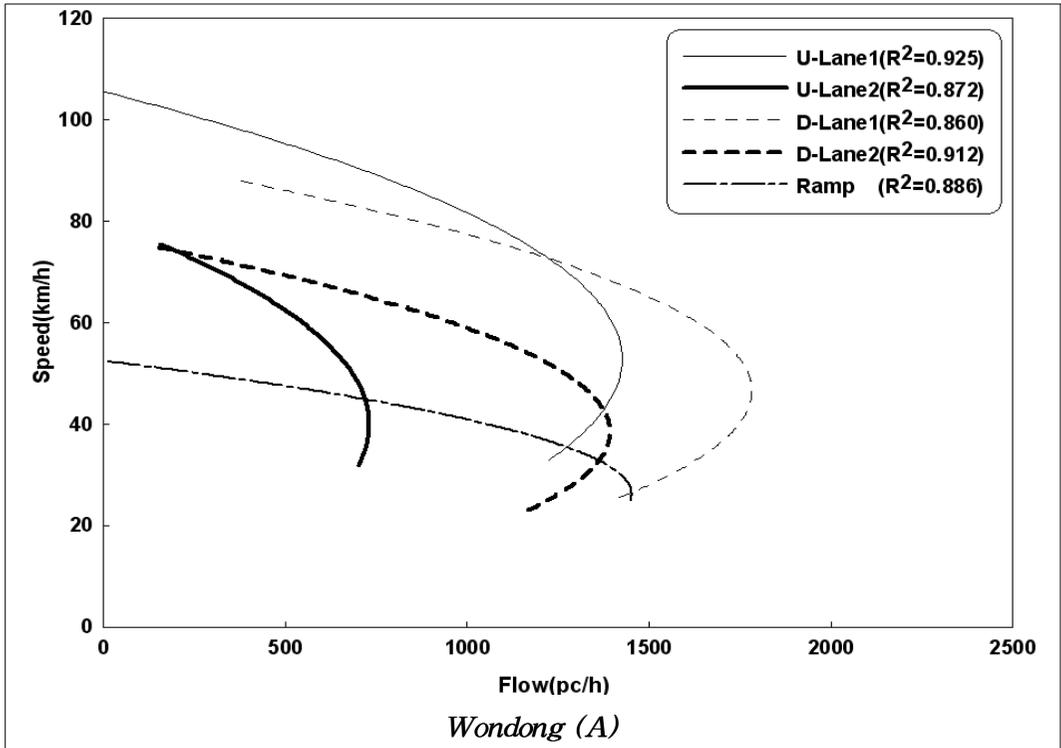


Figure 3.1(a) Flow and speed on the on-ramp junctions

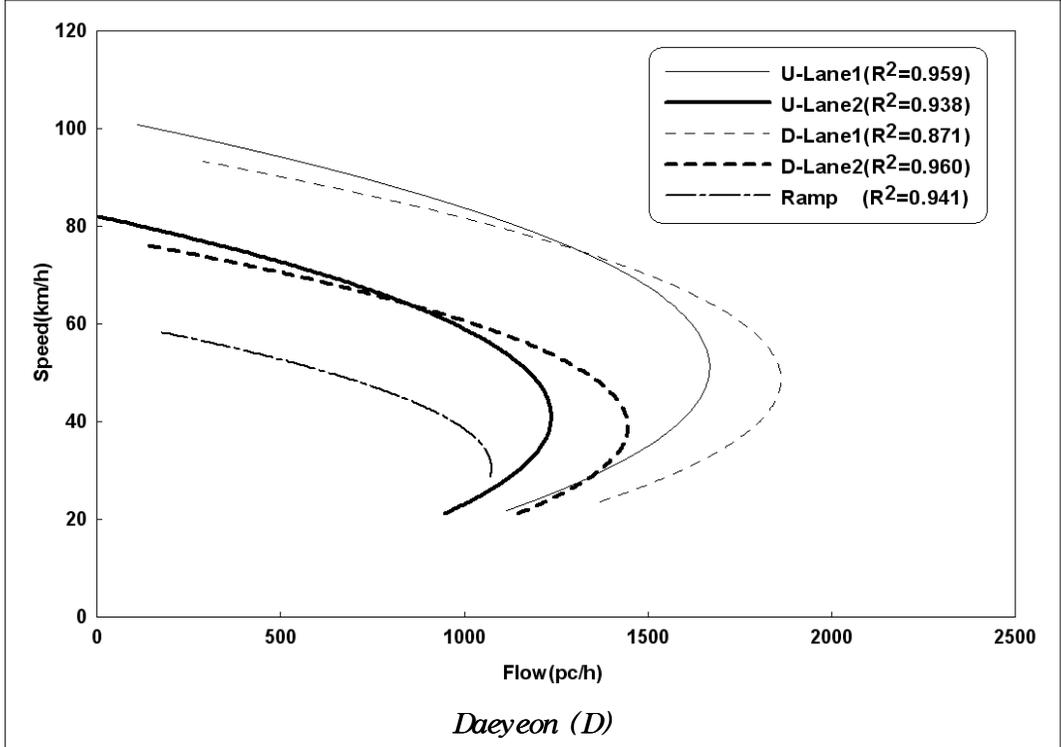
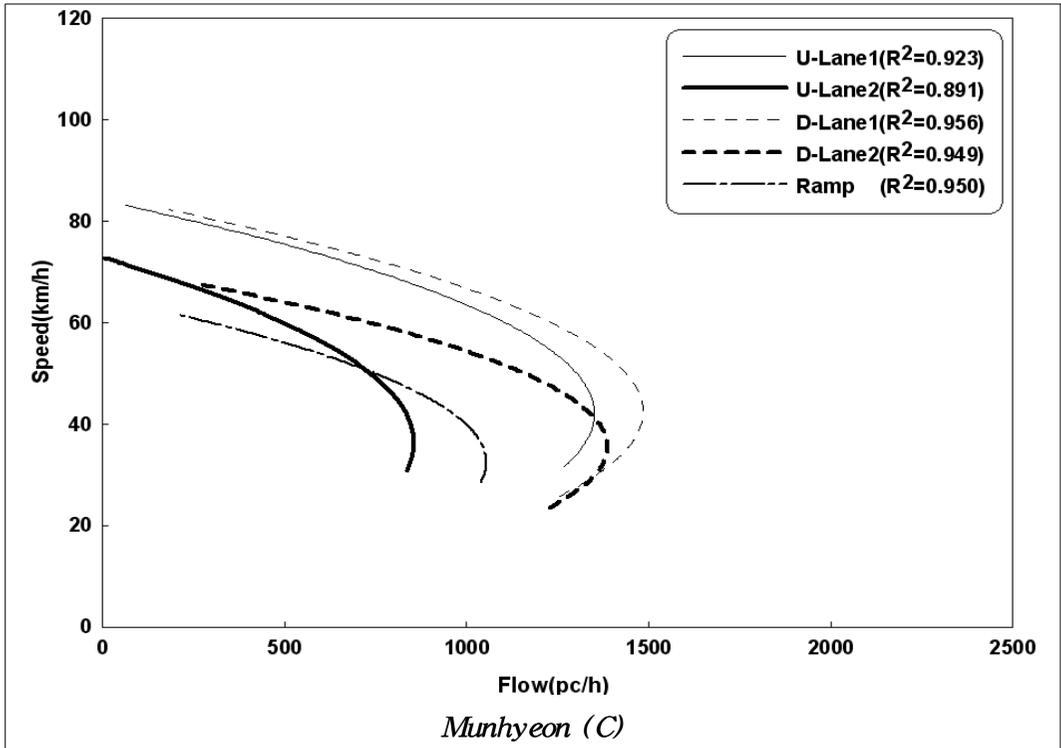


Figure 3.1(b) Flow and speed on the on-ramp junctions

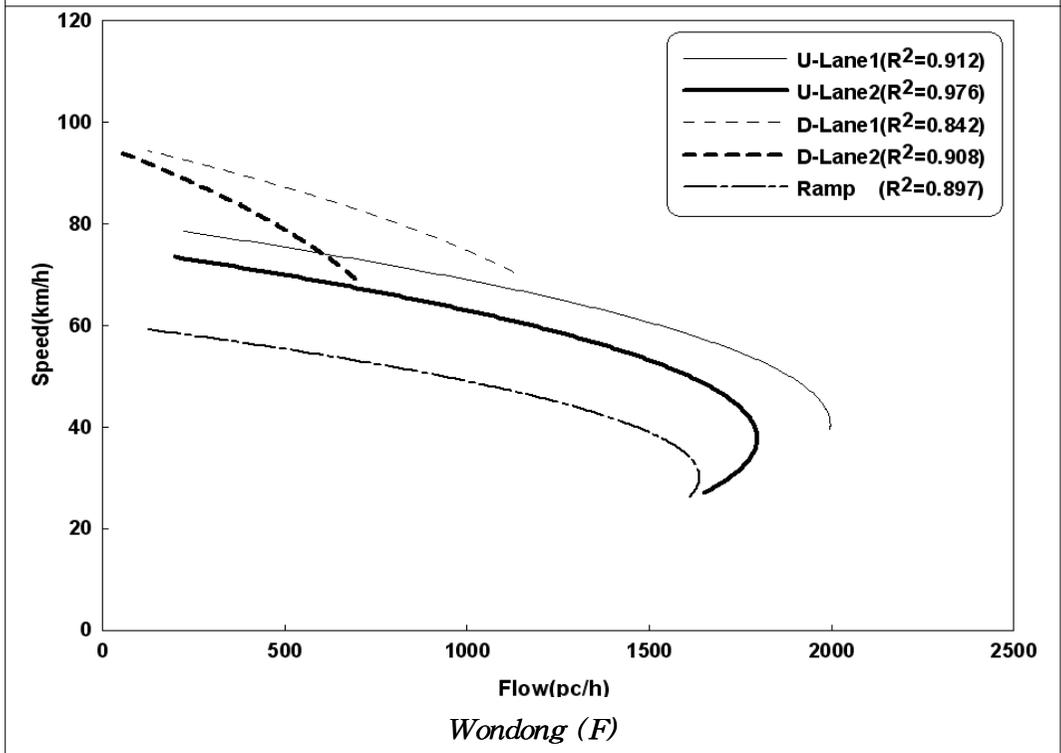
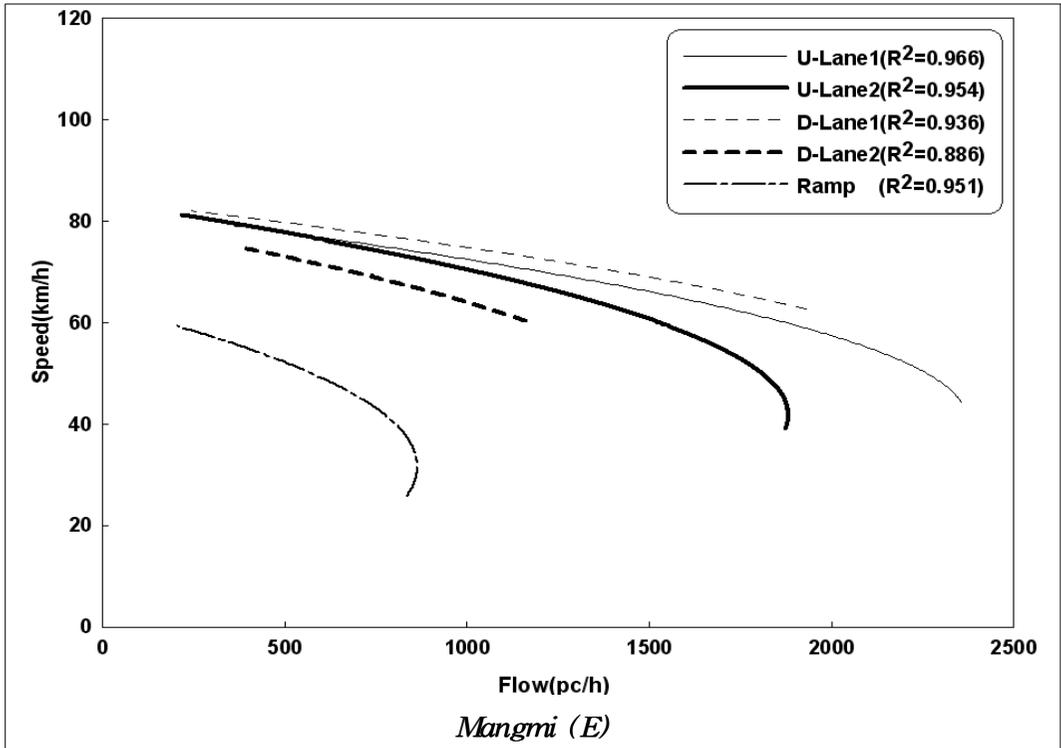


Figure 3.1(c) Flow and speed on the off-ramp junctions

3.2 속도-밀도

이 연구대상 연결로 접속영향권에 대해 각 차로별/방향별 속도와 밀도사이의 특성관계에서 현저한 차이를 보였다. 그러나 Figure 3.2(a)~3.2(c)에서 보는 바와 같이 모든 차로별/방향별 속도와 밀도사이의 특성관계에서 밀도의 증가와 함께 속도가 감소하는 것으로 나타남으로써 Greenshields(1935)가 제안한 음(-)의 선형관계를 확인할 수 있었다.

한편 이 연구대상 연결로 접속영향권에 대해 속도와 밀도사이의 상관분석결과를 비교해보면, 부도심방향 연결로 접속영향권의 일부 2차로와 도심방향 본선부의 일부 2차로를 제외하고 대체적으로 0.6이상의 결정계수(R^2)값을 보임으로써 속도와 밀도사이에는 선형의 상관특성과 함께 다소 높은 설명력을 가지는 것으로 나타났다. 특히, 도심방향의 유입연결로 접속영향권에서는 속도와 밀도사이의 결정계수(R^2)값이 0.650~0.959로 나타났고, 부도심방향의 유입연결로 접속영향권에서는 결정계수(R^2)값이 0.691~0.976으로 다소 높게 나타났다. 그러나 부도심방향의 유출연결로 접속영향권에서는 결정계수(R^2)값이 0.331~0.905로 나타남으로써 속도와 밀도사이의 상관특성이 현저히 떨어지는 것으로 나타났다.

따라서 이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권에 대해 각 차로별/방향별 교통특성에 기초하여 교통관리체계가 수립되어야 할 것으로 생각되었다.

Table 3.2 Correlation analysis of speed and density within the ramp junctions

<i>Ramp</i>		<i>Correlation Coefficients(R^2)</i>				
		<i>Upstream</i>		<i>Downstream</i>		<i>Ramp</i>
		<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	
<i>Inbound On-ramp</i>	<i>A</i>	0.792	0.662	0.757	0.873	0.650
	<i>B</i>	0.823	0.841	0.842	0.959	0.832
<i>Outbound On-ramp</i>	<i>C</i>	0.813	0.773	0.845	0.922	0.727
	<i>D</i>	0.964	0.942	0.691	0.976	0.799
<i>Outbound Off-ramp</i>	<i>E</i>	0.865	0.657	0.675	0.331	0.905
	<i>F</i>	0.636	0.760	0.331	0.464	0.583

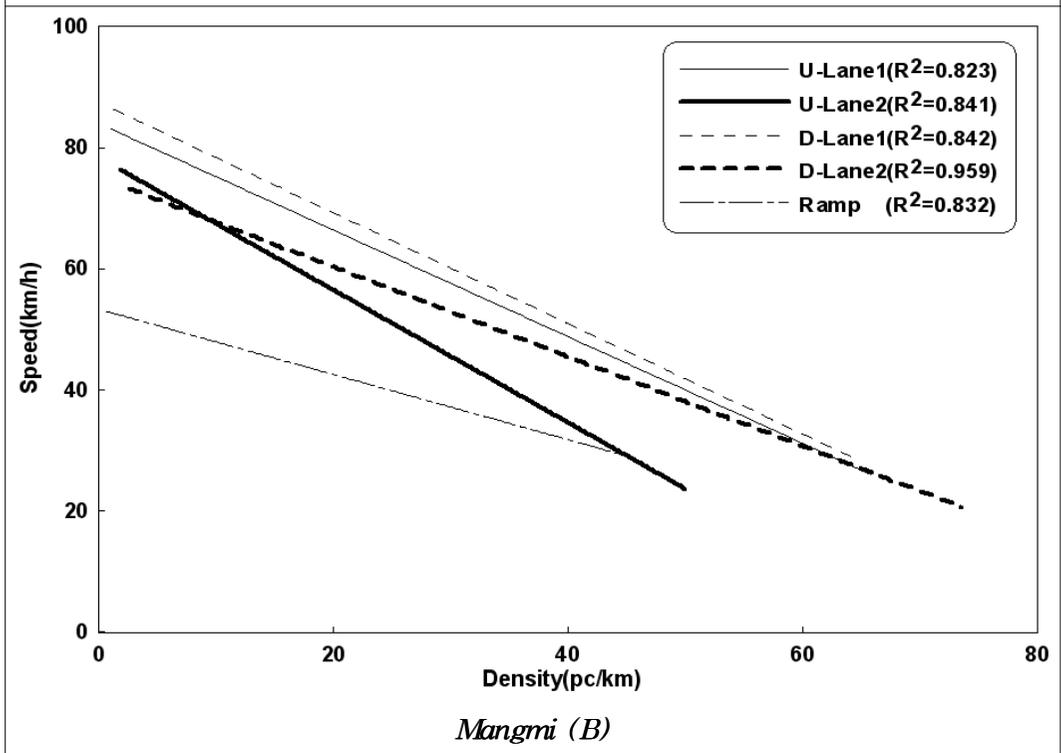
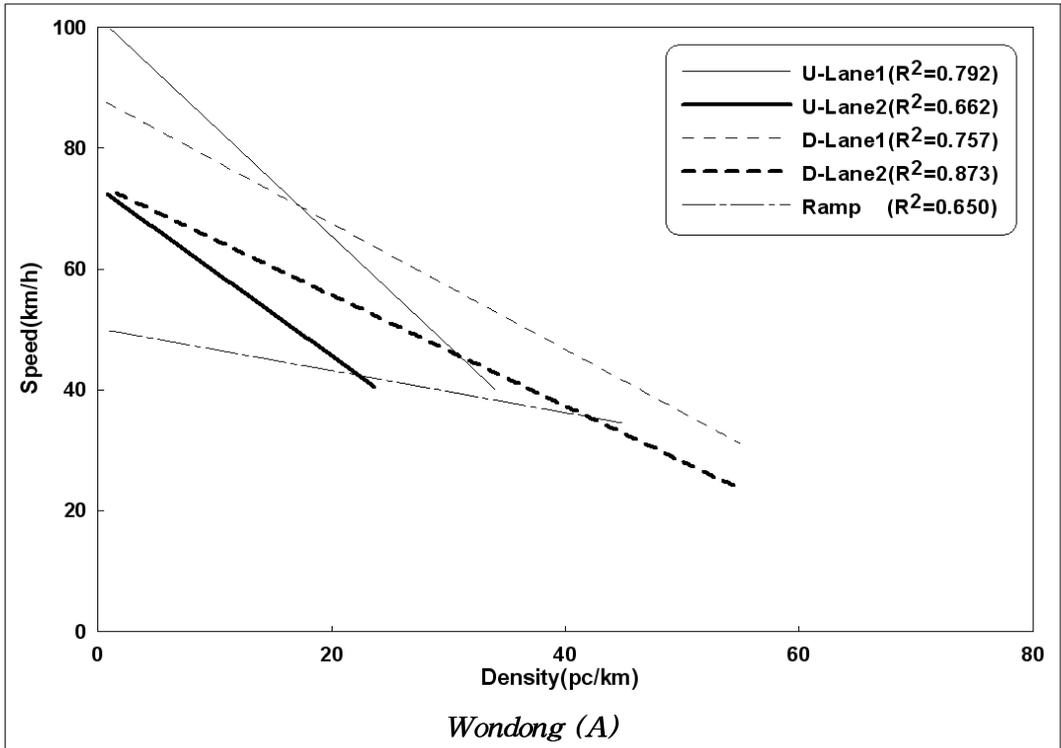


Figure 3.2(a) Speed and density on the on-ramp junctions

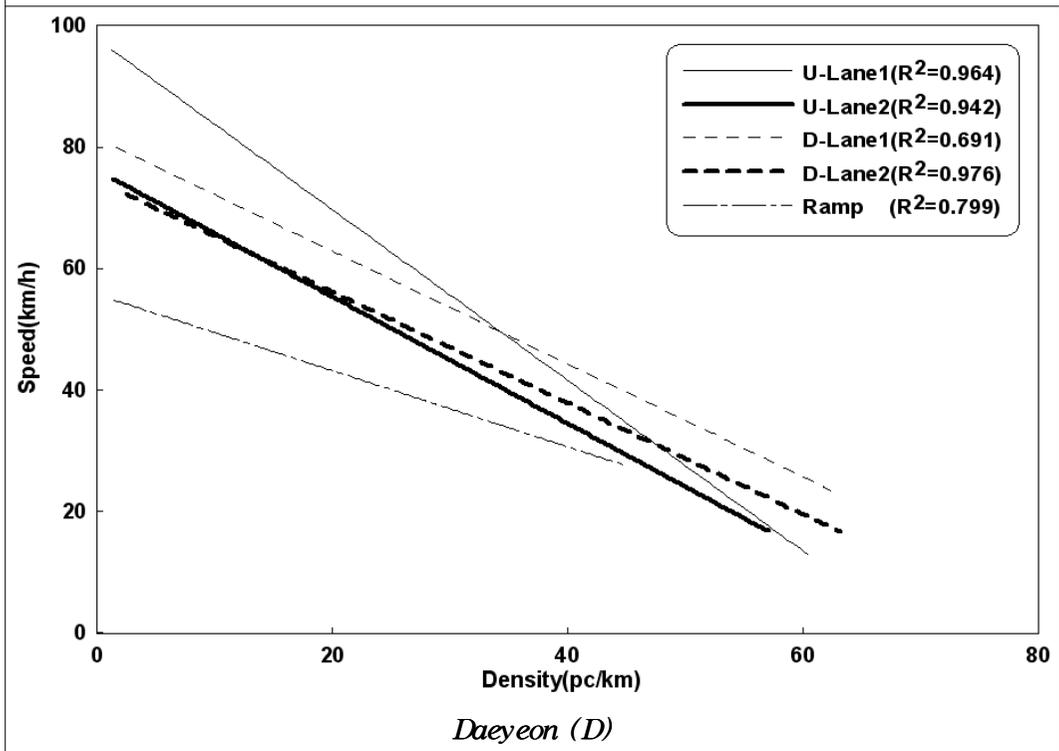
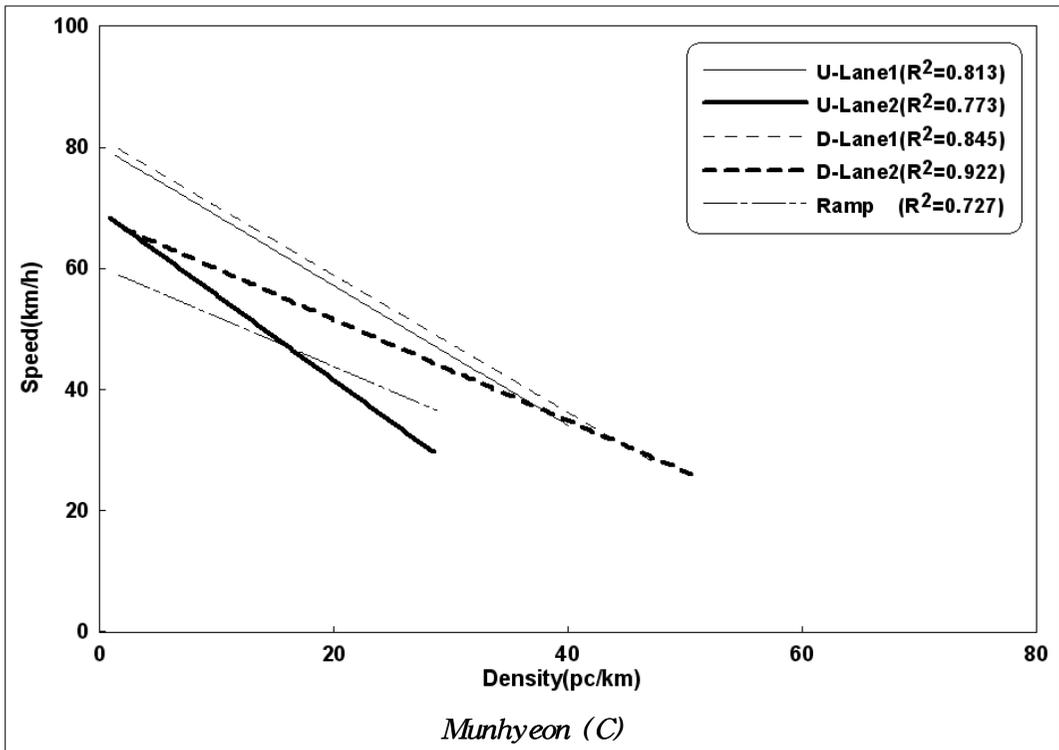


Figure 3.2(b) Speed and density on the on-ramp junctions

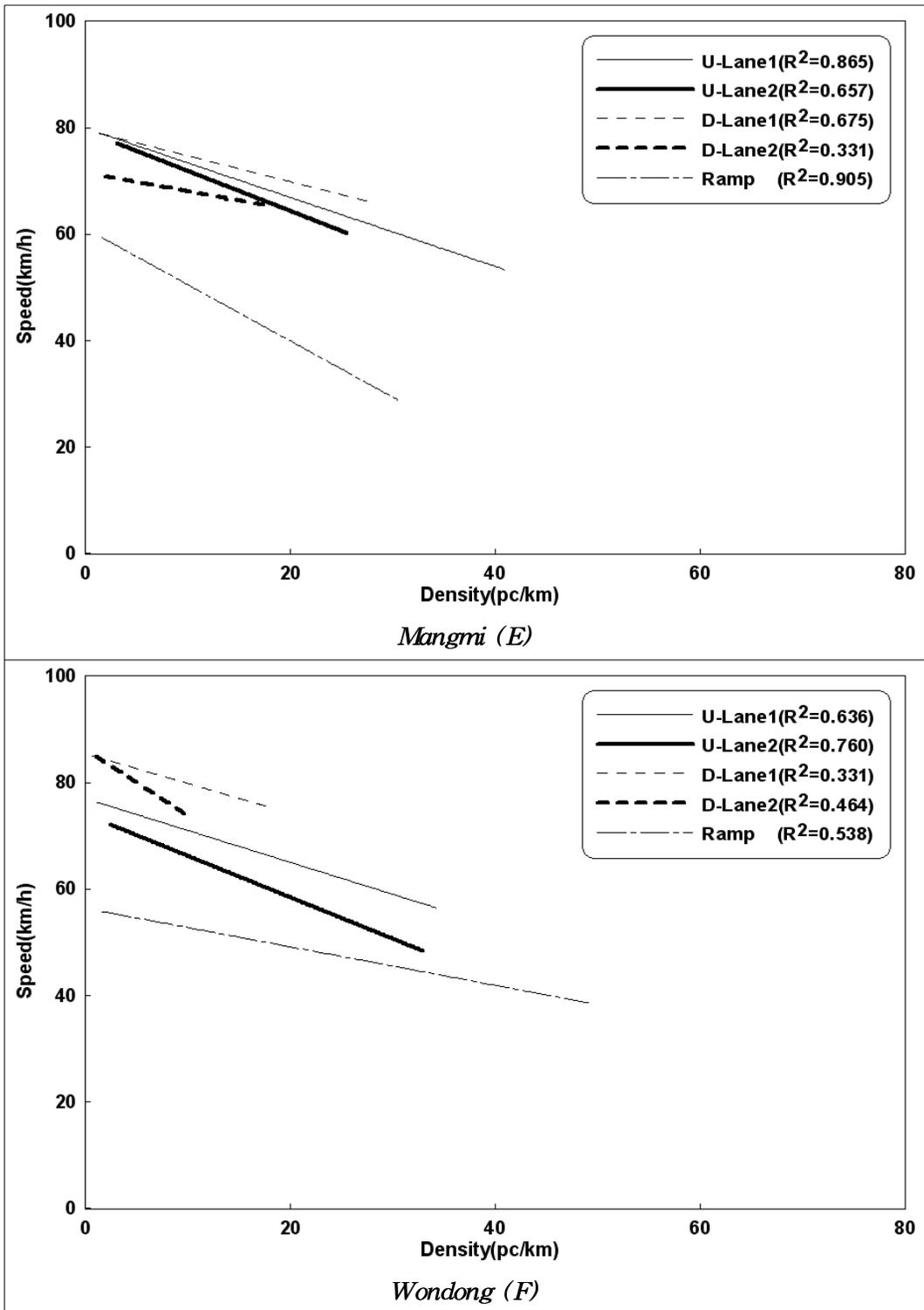


Figure 3.2(c) Speed and density on the off-ramp junctions

3.3 교통류-밀도

이 연구대상 연결로 접속영향권에 대해 각 차로별/방향별 교통류와 밀도사이의 특성관계에서 현저한 차이를 보였다. 그러나 Figure 3.3(a)~3.3(c)에서 보는 바와 같이 모든 차로별/방향별 교통류와 밀도사이의 특성관계에서 교통류가 용량상태에 도달할 때까지 교통류의 증가와 함께 밀도는 점차 증가하였고, 용량상태에 도달한 후 추가적인 교통류 유입과 더불어 밀도가 급격히 감소함으로써 교통류와 밀도사이에는 포물선 형태의 상관관계를 확인할 수 있었다.

한편 이 연구대상 연결로 접속영향권에 대해 교통류와 밀도사이의 상관분석 결과를 비교해보면, 도심방향이나 부도심방향, 상류부나 하류부 그리고 1차로나 2차로에 관계없이 대체적으로 0.9이상의 매우 높은 결정계수(R^2)값을 보임으로써 교통류와 속도사이에는 포물선 형태의 상관특성과 함께 매우 높은 설명력을 가지는 것으로 나타났다. 특히, 도심방향의 유입연결로접속부 접속부에서는 교통류와 속도사이의 결정계수(R^2)값이 0.971~0.989로 나타났고, 부도심방향의 유입연결로접속부 접속부에서는 결정계수(R^2)값이 0.932~0.988로 나타났으며, 또한 부도심방향의 유출연결로접속부 접속부에서도 결정계수(R^2)값이 0.989~0.995로 나타남으로써 부도심방향의 유출연결로 접속영향권에서 관측된 교통류와 밀도사이의 상관특성이 도심과 부도심방향의 유입연결로 접속영향권에서 관측된 교통류와 밀도사이의 상관특성에 비해 상대적으로 높게 나타났다.

따라서 이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권에 대해 각 차로별/방향별 교통특성에 기초하여 교통관리체계가 수립되어야 할 것으로 생각되었다.

Table 3.3 Correlation analysis of flow and density within the ramp junctions

<i>Ramp</i>		<i>Correlation Coefficients(R^2)</i>				
		<i>Upstream</i>		<i>Downstream</i>		<i>Ramp</i>
		<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	
<i>Inbound</i>	<i>A</i>	0.986	0.971	0.989	0.985	0.986
	<i>B</i>	0.988	0.986	0.988	0.985	0.982
<i>Outbound</i>	<i>C</i>	0.988	0.953	0.984	0.984	0.987
	<i>D</i>	0.959	0.963	0.932	0.980	0.983
	<i>E</i>	0.994	0.995	0.993	0.992	0.989
	<i>F</i>	0.990	0.995	0.992	0.993	0.991

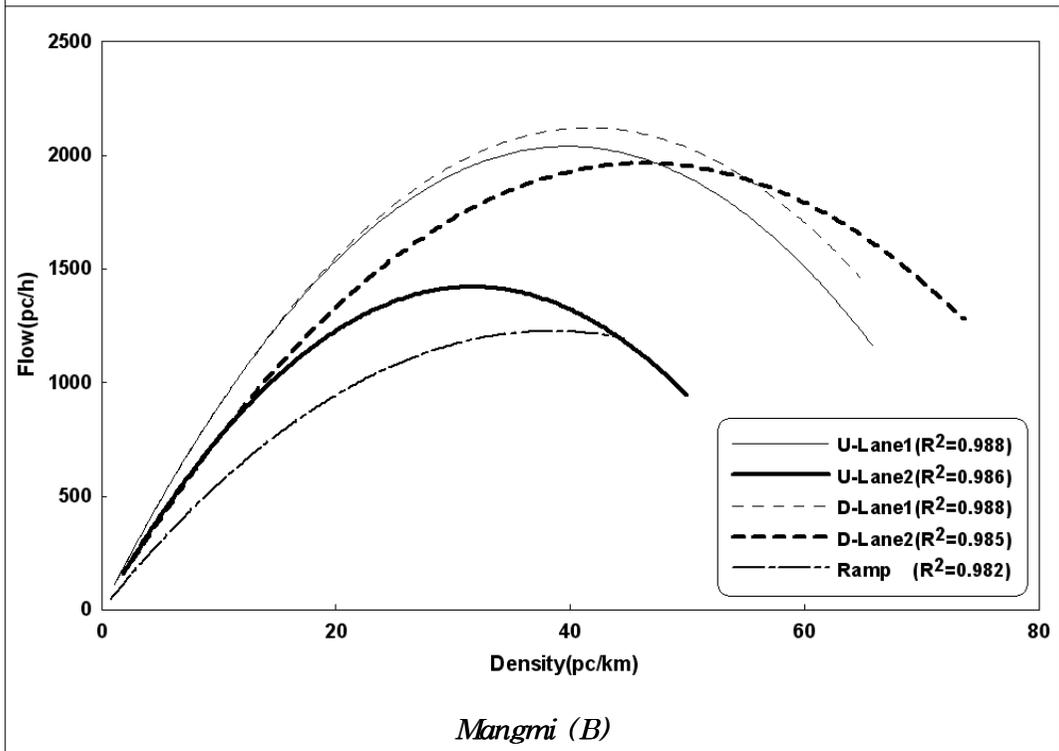
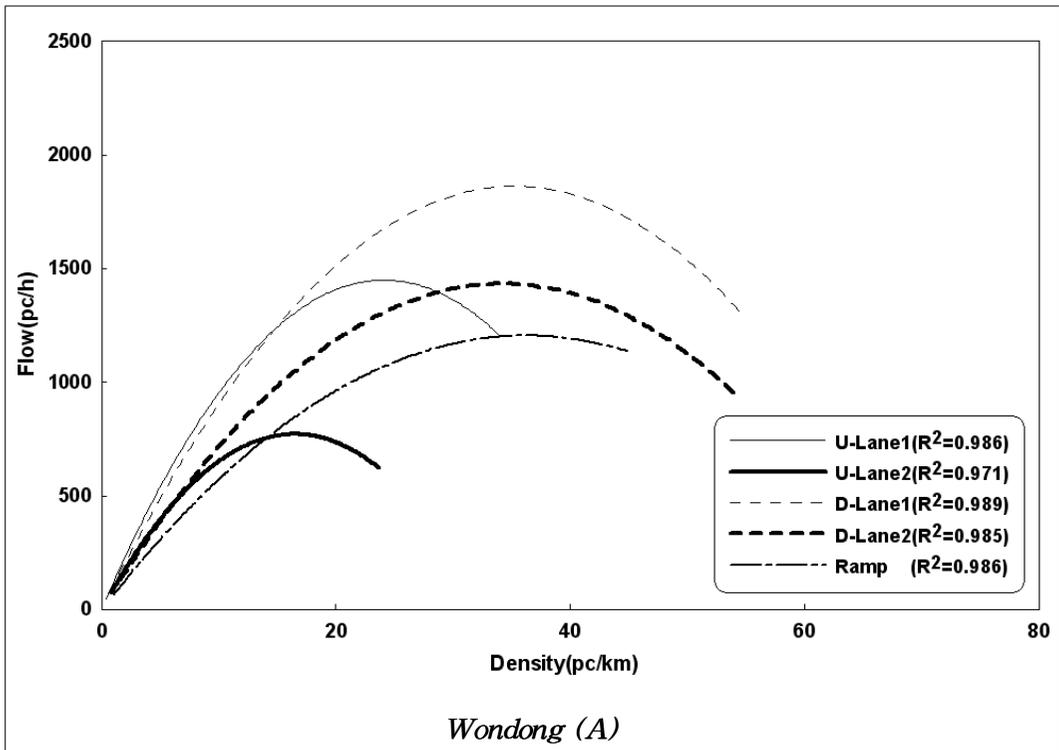


Figure 3.3(a) Flow and density on the on-ramp junctions

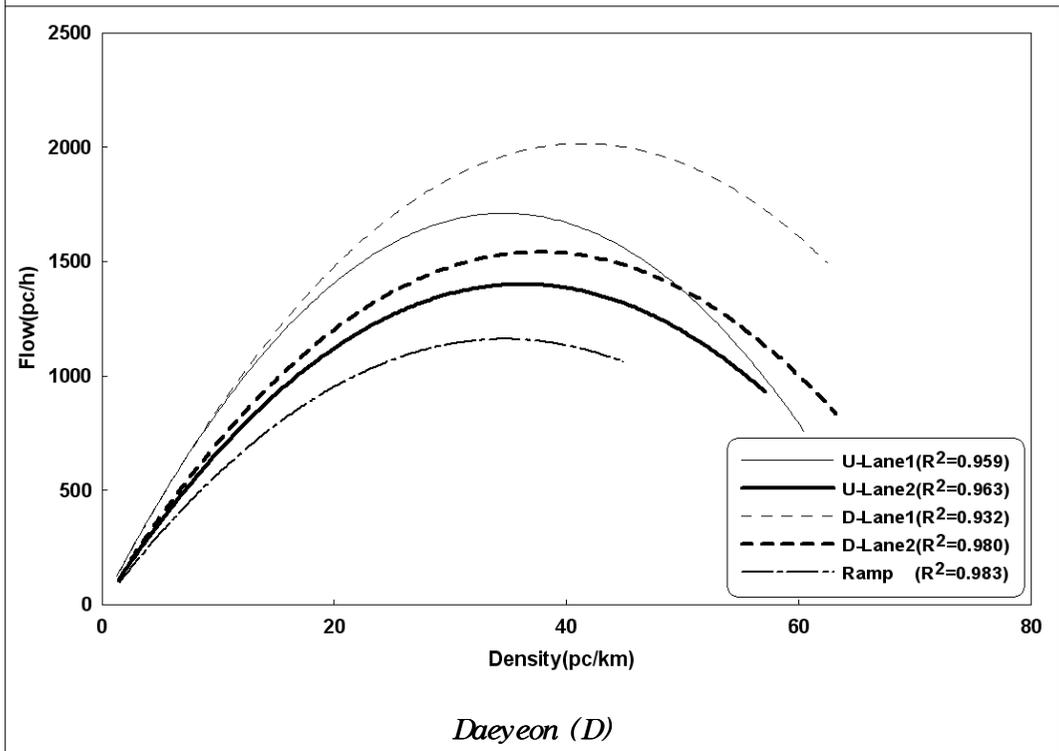
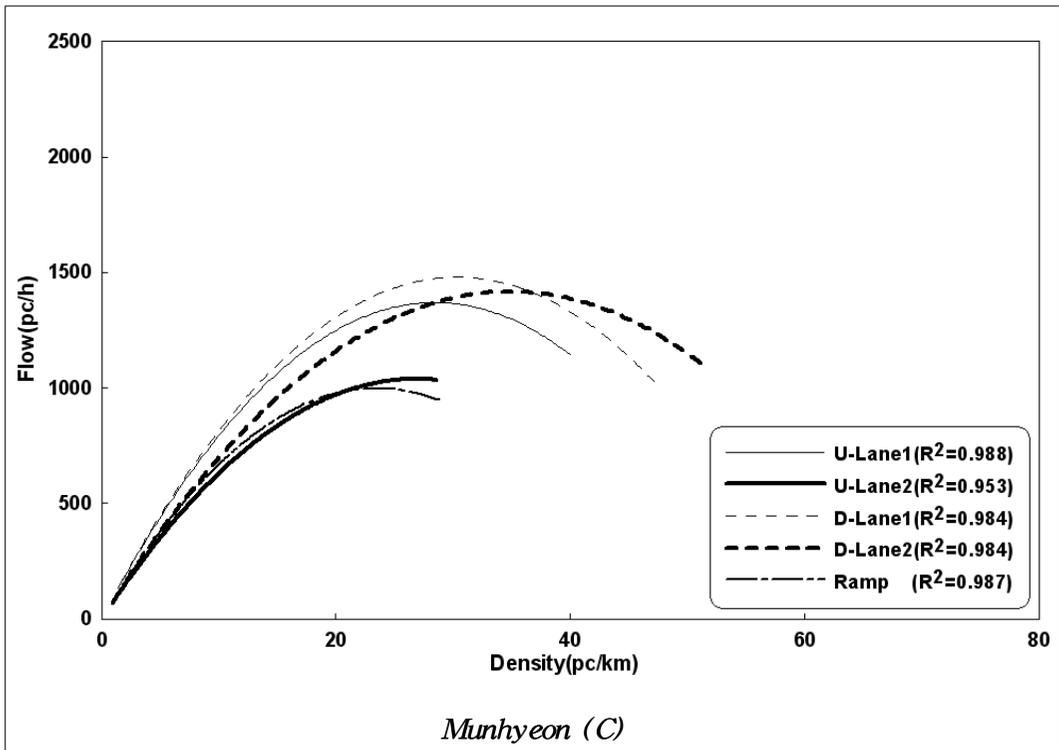


Figure 3.3(b) Flow and density on the on-ramp junctions

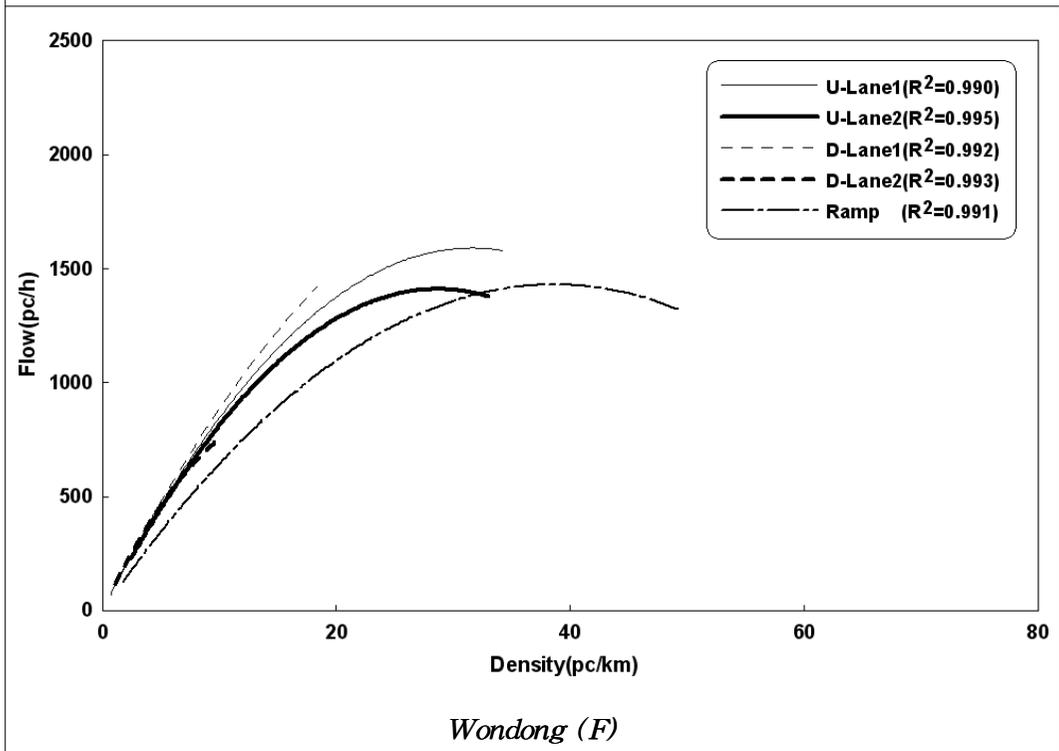
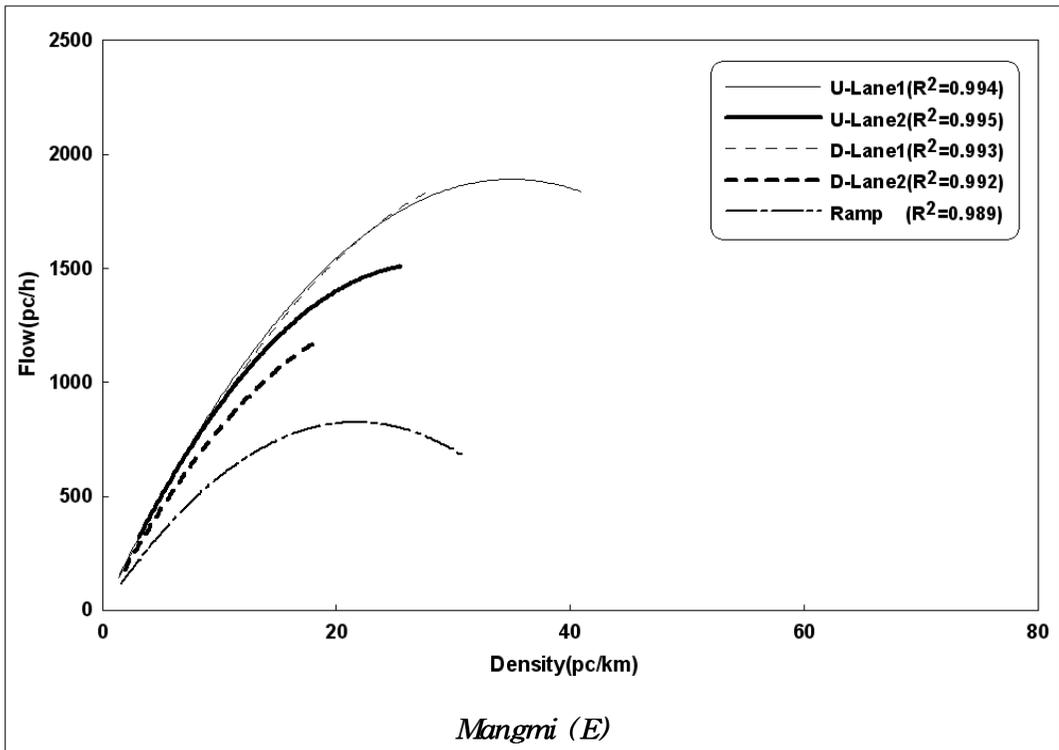


Figure 3.3(c) Flow and density on the off-ramp junctions

4. 용량추정 및 평가

이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권에 대해 각 차로별/방향별 실시간의 교통류와 밀도의 상호관계와 회귀분석을 이용하여 포물선형의 교통류-밀도모형이 구축되었고, 또한 구축된 교통류-밀도모형과 국내의 도로용량 편람의 용량기준에 따라 용량평가가 수행되었다.

4.1 용량추정

이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권에 대해 각 차로별/방향별 교통류와 밀도의 상관특성에 기초하여 포물선형의 회귀모형이 구축되었다. 그런데 이 연구대상 도시고속도로의 회귀모형의 구축에 있어서 속도와 밀도사이에는 Greenshields(1935)에 의해 제안된 가장 일반적인 선형의 속도-밀도모형이 사용되었고, 교통류이론에 따라 교통류, 속도 및 밀도사이의 상호관계에 기초하여 포물선형의 교통류-밀도모형이 구축되었다. 특히, 회귀분석을 이용한 포물선형의 교통류-밀도모형에서 독립변수로는 밀도가 사용되었고, 종속변수로는 교통류가 사용되었으며, 구축된 교통류-밀도모형으로부터 다음과 같이 용량이 추정되었다.

먼저 Greenshields에 의해 제안된 일반적인 선형의 속도-밀도모형으로부터

$$U = a - bK \quad (a, b \text{는 임의의 양}(+) \text{의 상수}) \quad (4.1)$$

식(4.1)이 성립되고, 다음으로 교통류-속도-밀도의 상호관계로부터

$$Q = KU \quad (4.2)$$

식(4.2)이 성립되며, 식(4.1)을 식(4.2)에 대입하면

$$Q = K(a - bK) \quad (4.3)$$

식(4.3)와 같이 된다. 이를 전개하면

$$Q = aK - bK^2 \quad (4.4)$$

식(4.4)과 같이 포물선형의 교통류-밀도모형이 된다. 여기에서 극값을 구하기

위해 식(4.4)을 미분하여 0으로 하면

$$\frac{dQ}{dK} = a - 2bK = 0 \quad (4.5)$$

식(4.5)와 같이 되므로, 식(4.5)로부터 교통류가 최대일 때의 밀도를 K_m 이라 할 때

$$K_m = \frac{a}{2b} \quad (4.6)$$

K_m 은 식(4.6)과 같이 된다. 여기에서 식(4.6)를 식(4.4)에 대입하면

$$Q = a\left(\frac{a}{2b}\right) - b\left(\frac{a}{2b}\right)^2 \quad (4.7)$$

식(4.7)과 같이 되는데, 이때 교통류가 최대로 집중하므로 최대교통류를 Q_M 이라고 하면

$$Q_M = \frac{a^2}{4b} \quad (4.8)$$

Q_M 은 식(4.8)과 같이 된다. 그런데, 여기에서 사용된 교통류는 1시간단위의 교통류이므로 최대교통류(Q_M)는 용량(capacity)이 되며, 위의 포물선형의 교통류-밀도함수로부터 용량추정이 가능하게 된다. 따라서 이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권의 용량을 추정하기 위한 포물선형의 일반 모형은 다음과 같이 제시되었다.

$$Q = \beta_0 \times K + \beta_1 \times K^2 \quad (4.9)$$

여기서,

Q : Flow(pc/h)

β_0, β_1 : Regression coefficients

K : Density(pc/km)

한편, 위의 용량추정모형에서는 회귀모형이 사용되었고, 결정계수(R^2)의 판단 기준과 함께 독립변수의 종속변수와의 상관성에 기초하여 회귀분석방법이 이용되었다. 그런데, 이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권의 용량추정모형을 구축한 결과, 모형의 결정계수(R^2)값에서 각 차로별로 미미한 차이를 보였으나, 대체적으로 0.93이상을 보임으로써 용량추정에 높은 설명력을 나타내었다. 또한, 이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권내 각 차로별 밀도와 용량은 현저한 차이를 보였고, 중앙분리대를 중심으로 1차로의 용량은 2차로에 비하여 상대적으로 높게 추정되었으며, 도심방향과 부도심방향에 관계없이 상류부의 용량에 비하여 하류부의 용량이 상대적으로 높게 추정됨으로써 각 차로별/방향별 용량특성을 고려한 교통관리체계가 필요할 것으로 생각되었다(참조 Table 4.1(a)~4.1(b)과 Figure 4.1(a)~4.1(e)).

Table 4.1 Capacity predictive models on the ramp junctions

Ramp		R^2	Model	K_M	Q_{Max}	
Inbound On-ramp	A	U-Lane 1	0.986	$Q = -2.4975K^2 + 120.320K$	24	1,450
		U-Lane 2	0.971	$Q = -2.8430K^2 + 93.6592K$	16	800
		D-Lane 1	0.989	$Q = -1.4989K^2 + 105.681K$	35	1,900
		D-Lane 2	0.985	$Q = -1.2265K^2 + 83.8728K$	34	1,450
		Ramp	0.986	$Q = -0.9191K^2 + 66.5590K$	36	1,250
	B	U-Lane 1	0.986	$Q = -1.2906K^2 + 102.597K$	40	2,050
		U-Lane 2	0.982	$Q = -1.4180K^2 + 89.7719K$	32	1,450
		D-Lane 1	0.990	$Q = -1.2475K^2 + 102.481K$	41	2,150
		D-Lane 2	0.984	$Q = -0.9184K^2 + 84.9690K$	46	2,000
		Ramp	0.979	$Q = -0.8336K^2 + 63.9455K$	38	1,250
Outbound On-ramp	C	U-Lane 1	0.988	$Q = -1.6931K^2 + 96.2874K$	28	1,400
		U-Lane 2	0.953	$Q = -1.4431K^2 + 77.4128K$	27	1,050
		D-Lane 1	0.984	$Q = -1.6056K^2 + 97.4582K$	30	1,500
		D-Lane 2	0.984	$Q = -1.1666K^2 + 81.3167K$	35	1,450
		Ramp	0.987	$Q = -1.8127K^2 + 85.0378K$	23	1,000
	D	U-Lane 1	0.959	$Q = -1.4292K^2 + 98.9116K$	35	1,750
		U-Lane 2	0.963	$Q = -1.0720K^2 + 77.5085K$	36	1,450
		D-Lane 1	0.932	$Q = -1.1782K^2 + 97.4848K$	41	2,050
		D-Lane 2	0.980	$Q = -1.0854K^2 + 81.8230K$	38	1,550
		Ramp	0.983	$Q = -0.9667K^2 + 67.0190K$	35	1,200
Outbound Off-ramp	E	U-Lane 1	0.994	$Q = -1.5468K^2 + 108.146K$	35	1,900
		U-Lane 2	0.995	$Q = -1.9818K^2 + 109.647K$	28	1,550
		D-Lane 1	0.993	$Q = -1.3768K^2 + 104.305K$	38	2,000
		D-Lane 2	0.992	$Q = -1.8071K^2 + 97.5046K$	27	1,350
		Ramp	0.989	$Q = -1.7599K^2 + 76.2139K$	22	850
	F	U-Lane 1	0.990	$Q = -1.5883K^2 + 100.518K$	32	1,600
		U-Lane 2	0.995	$Q = -1.7171K^2 + 98.4031K$	29	1,450
		D-Lane 1	0.992	$Q = -1.3307K^2 + 101.915K$	38	2,000
		D-Lane 2	0.993	$Q = -3.3597K^2 + 108.997K$	16	900
		Ramp	0.991	$Q = -0.9596K^2 + 74.0888K$	39	1,450

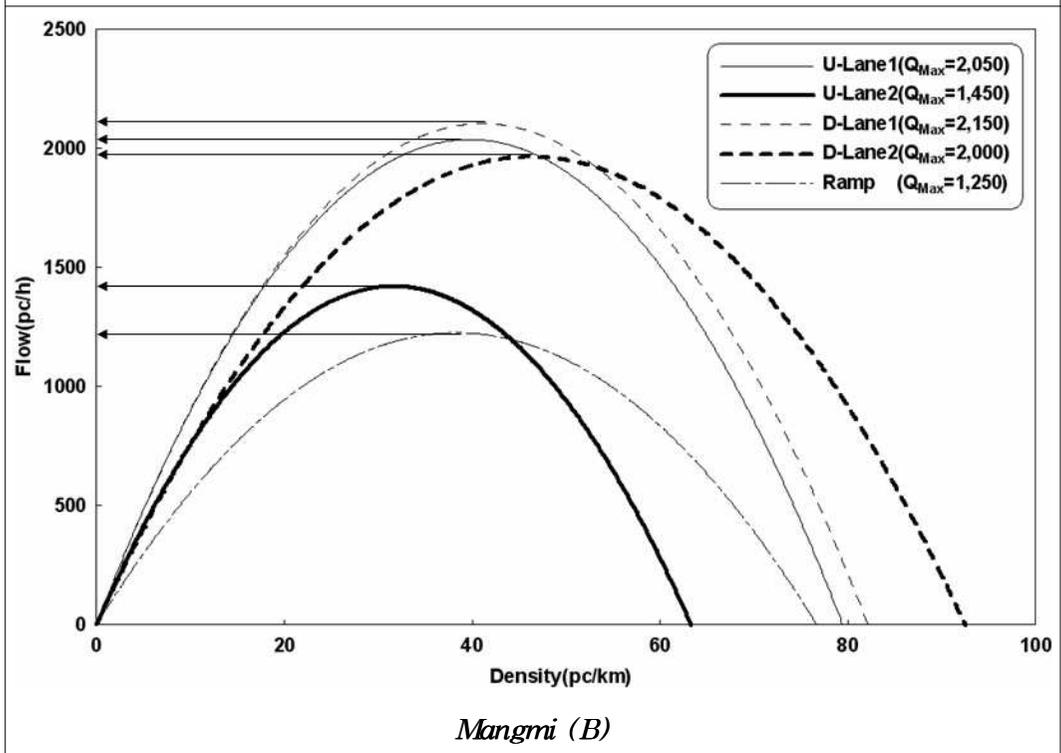
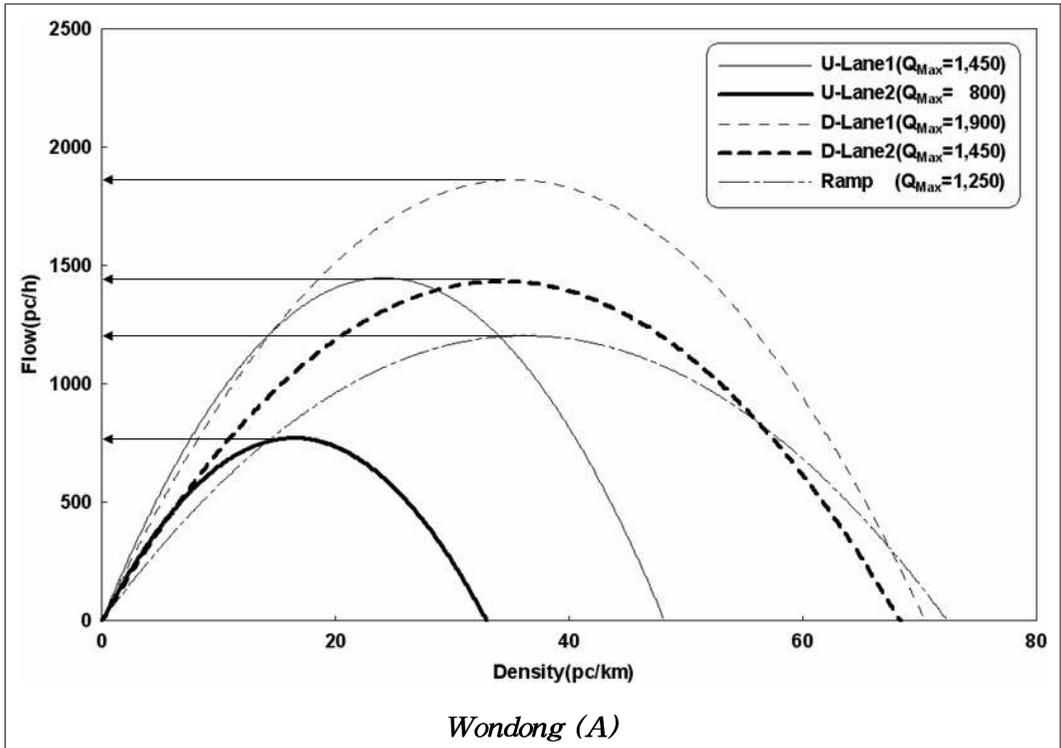


Figure 4.1(a) Capacity models on the inbound on-ramp junctions

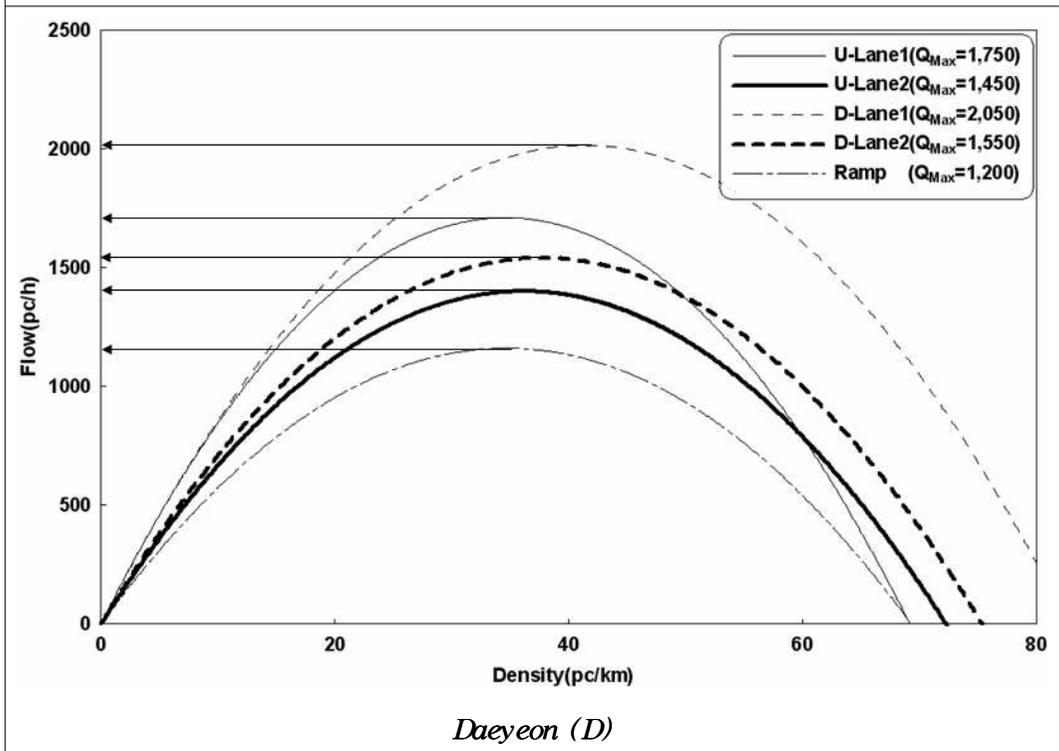
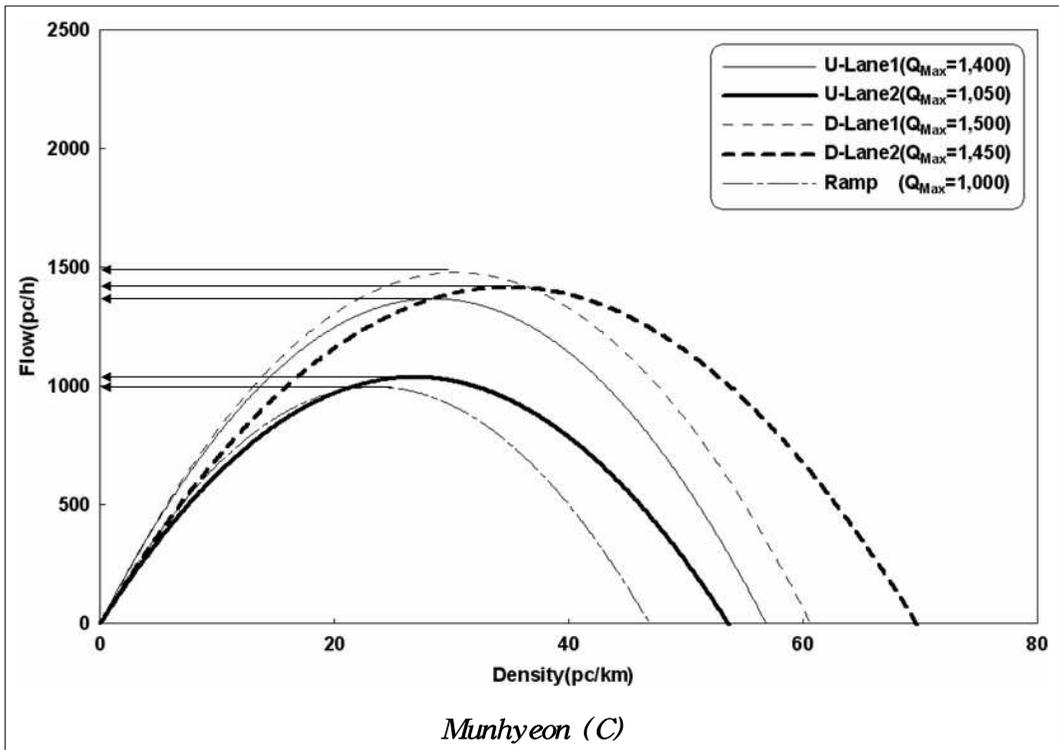


Figure 4.1(b) Capacity models on the outbound on-ramp junctions

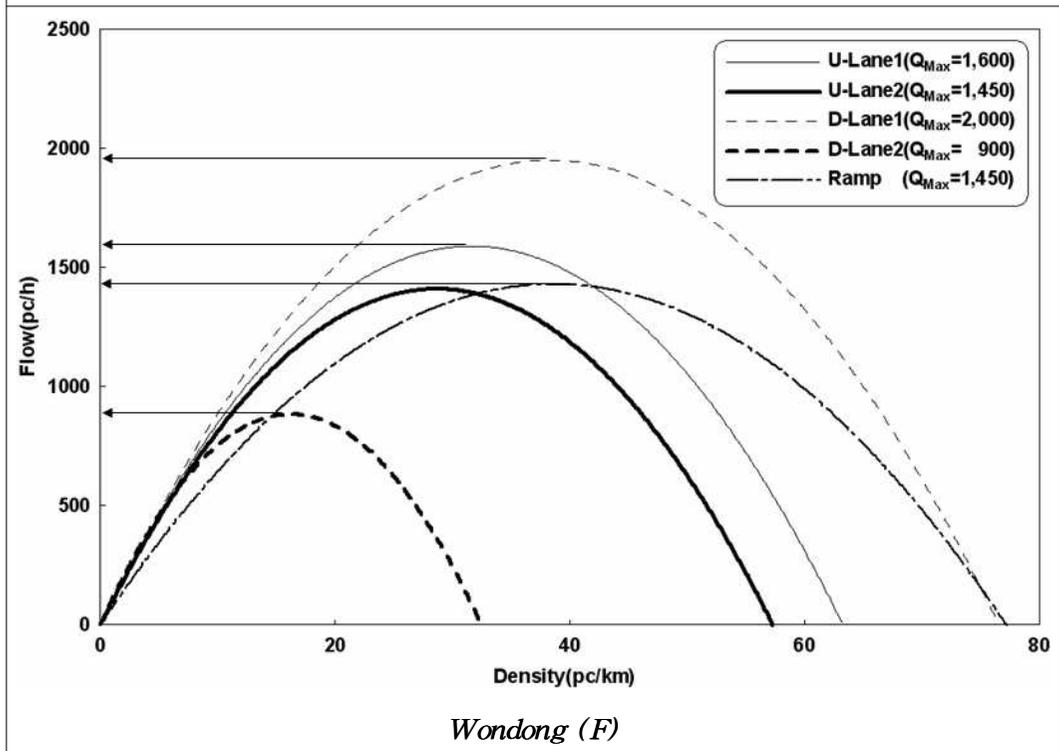
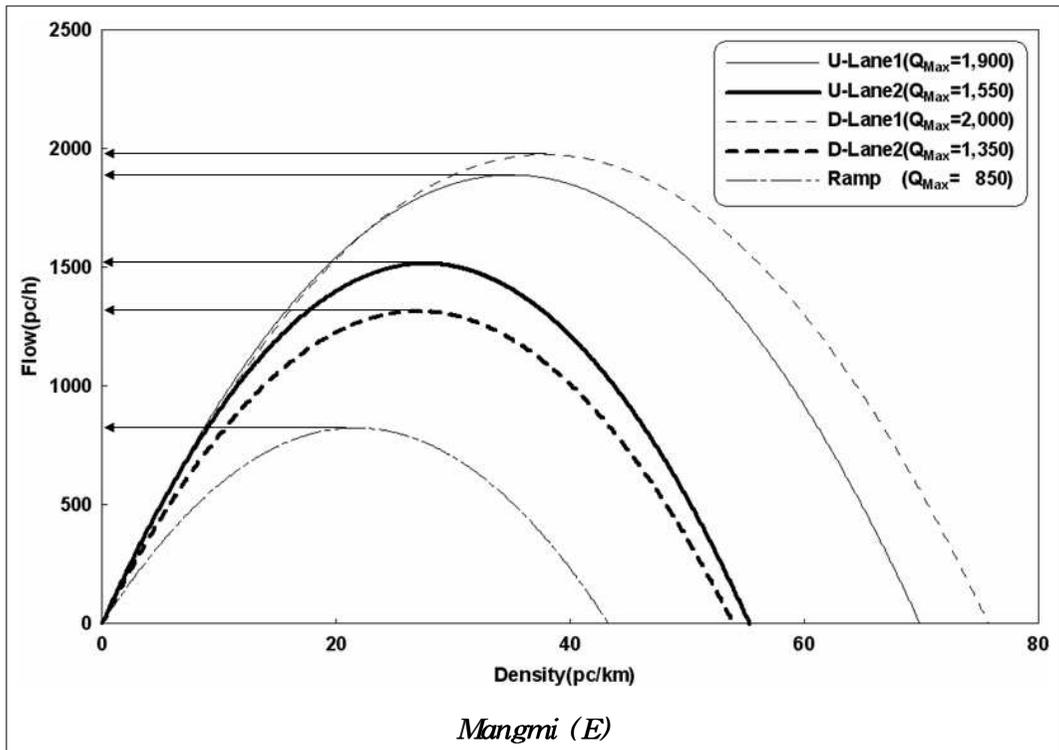


Figure 4.1(c) Capacity models on the outbound off-ramp junctions

4.2 용량평가

이 연구대상 도시고속도로의 주요 연결로 접속영향권에 대해 각 차로별/방향별 실시간의 교통류와 밀도의 상호관계와 회귀모형을 통해 산정된 용량추정결과와 국내의 도로용량편람의 용량기준을 비교하여 용량평가가 다음과 같이 분류 수행되었다.

4.2.1 유입연결로 접속영향권

이 연구대상 도시고속도로의 주요 유입연결로 접속영향권에 대해 용량추정모형을 통해 추정된 용량과 국내의 도로용량편람의 기준을 비교하여 용량평가를 수행한 결과, 유입연결로 접속영향권 중에서 도심방향의 유입연결로 접속영향권 B(Mangmi)와 D(Daeyeun)의 1차로를 제외하고 대부분의 차로에서 도로용량편람의 용량기준(본선차로의 용량기준 2,000pc/h, 연결로접속부차로의 용량기준 1,700pc/h)이하에서 용량상태에 도달하는 것으로 나타났고, 방향에 관계없이 1차로에 비하여 2차로의 용량이 상대적으로 낮게 평가되었다.

특히, 도심방향과 부도심방향의 유입연결로 접속영향권에 대한 용량을 평가할 경우 도심방향의 유입연결로 접속영향권에서는 국내의 도로용량편람 기준에 비하여 최대 60%까지 용량이 감소하는 것으로 나타났고, 부도심방향의 유입연결로 접속영향권에서는 최대 40%이상의 용량이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 유입연결로 접속영향권의 상류부와 하류부에 대한 용량을 평가할 경우 방향에 관계없이 상류부보다 하류부에서 용량감소가 낮게 나타났는데, 도심방향의 유입연결로 접속영향권에 있어서 상류부 용량은 국내의 도로용량편람 기준과 비교하여 최대 40%이상까지 감소하는 것으로 나타났고, 부도심방향의 유입연결로 접속영향권에 있어서 상류부 용량은 국내의 도로용량편람 기준에 비하여 최대 30%이상까지 용량이 감소하는 것으로 나타났으며, 연결로접속부의 용량은 도심과 부도심방향에 관계없이 적어도 20%이상 용량이 감소하는 것으로 나타났다(참조 Table 4.2).

Table 4.2 Results of capacity assessment within the on-ramp junctions

<i>Ramp</i>		<i>Capacity</i>				<i>Ramp</i>
		<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	
		<i>Upstream</i>		<i>Downstream</i>		
<i>Inbound On-ramp</i>	<i>A</i>	1,450 (-27.5%)	800 (-60.0%)	1,900 (-5.0%)	1,450 (-27.5%)	1,250 (-26.5%)
		2,250(-43.75%)		3,350(-16.25%)		
	<i>B</i>	1,900 (-5.0%)	1,550 (-22.5%)	2,000 (0.0%)	1,350 (-32.5%)	1,250 (-26.5%)
		3,450(-13.75%)		3,350(-16.25%)		
<i>Outbound On-ramp</i>	<i>C</i>	1,400 (-30.0%)	1,050 (-47.5%)	1,500 (-25.0%)	1,450 (-27.5%)	1,000 (-41.2%)
		2,450(-38.75%)		2,950(-26.25%)		
	<i>D</i>	1,750 (-12.5%)	1,450 (-27.5%)	2,050 (+2.5%)	1,550 (-22.5%)	1,200 (-29.4%)
		3,200(-20.0%)		3,600(-10.0%)		

따라서 이 연구대상 도시고속도로의 주요 유입연결로 접속영향권에서 용량은 통행량의 집중으로 최대 40%까지 감소하는 것으로 나타났으므로, 유입연결로 접속영향권의 용량증대를 위해 실시간의 연결로접속부관리체계(ramp metering system)와 가변정보표지판(changeable message sign)을 포함하여 유입연결로 접속부 교통관리체계의 구축에 대한 방안을 고려할 필요가 있을 것으로 생각되었다.

4.2.2 유출연결로 접속영향권

이 연구대상 도시고속도로의 주요 유출연결로 접속영향권에 대해 용량추정모형을 통해 추정된 용량과 국내의 도로용량편람 기준을 비교하여 용량평가를 실시한 결과, 유출연결로 접속영향권에서 하류부 1차로를 제외하고 대부분의 차로에서 도로용량편람 기준(본선차로의 용량기준 2,000pc/h, 연결로접속부차로의 용량기준 1,700pc/h)이하의 용량상태에 도달하는 것으로 나타났고, 방향에 관계없이 1차로에 비하여 2차로의 용량이 상대적으로 낮게 평가되었다.

특히, 유출연결로 접속영향권에 대해 상류부와 하류부의 용량을 평가할 경우, 상류부의 용량은 국내의 도로용량편람 기준과 비교하여 최대 20%이상 용량이 감소하는 것으로 나타났고, 하류부의 용량도 국내의 도로용량편람 기준에 비하여 최대 20%이상의 용량이 감소하는 것으로 나타났으며, 연결로접속부의 용량은 도심방향과 부도심방향에 관계없이 적어도 20%이상 용량이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 유출연결로 접속영향권에 대해 차로별로 용량을 평가할 경우, 중앙분리대를 중심으로 1차로의 용량은 국내의 도로용량편람 기준과 비교하여 최대 20%까지 용량이 감소하는 것으로 나타났고, 2차로의 용량은 국내의 도로용량편람 기준에 비하여 최대 50%이상의 용량이 감소하는 것으로 나타났다(참조 Table 4.3).

Table 4.3 Results of capacity assessment within the off-ramp junctions

<i>Ramp</i>		<i>Capacity</i>				<i>Ramp</i>
		<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	<i>Lane1</i>	<i>Lane2</i>	
		<i>Upstream</i>		<i>Downstream</i>		
<i>Outbound Off-ramp</i>	<i>E</i>	1,900 (-5.0%)	1,550 (-22.5%)	2,000 (0.0%)	1,350 (-32.5%)	850 (-52.8%)
		3,450(-13.75%)		3,350(-16.25%)		
	<i>F</i>	1,600 (-20.0%)	1,450 (-27.5%)	2,000 (0.0%)	900 (-55.0%)	1,450 (-27.5%)
		3,050(-23.75%)		2,900(-27.5%)		

따라서 이 연구대상 도시고속도로의 유출연결로 접속영향권에서 용량은 유출
통행량에 비하여 연결로접속부의 길이 부족과 연계 간선도로의 교통체계의 미
흡으로 최대 20%이상 감소하는 것으로 나타났으므로, 유출연결로 접속영향권
의 용량증대를 위해 실시간의 연결로접속부의 관리체계(ramp metering
system, RMS)와 가변정보표지판(changeable message sign, CMS)을 포함하여
연계도로와의 통합교통관리체계의 구축에 대한 방안을 고려할 필요가 있을 것
으로 생각되었다.

5. 결 론

이 연구대상 도시고속도로의 도심방향과 부도심방향으로 설계된 유출입연결로 접속영향권내 상·하향류의 차로별 교통특성분석과 용량평가를 통해서 다음과 같은 결론에 도달하게 되었다.

- i) 도시고속도로에 있어서 도심방향과 부도심방향의 유출입연결로 접속영향권내 교통특성분석은 도심지역과 부도심지역, 상류부와 하류부, 1차로로 2차로에서 현저한 차이를 보임으로써 차로별 교통특성분석의 필요성이 제기되었다.
- ii) 유출입연결로 접속영향권내 차로별 교통특성의 상관분석에서 교통류와 속도사이에는 0.8이상의 결정계수(R^2)값으로 높은 설명력을 보였고, 속도와 밀도사이에서는 0.6이상의 R^2 값으로 설명력이 다소 높았으며, 교통류와 밀도사이에는 0.9이상의 R^2 값과 함께 설명력이 매우 높은 것으로 나타났다.
- iii) 도시고속도로의 유출입연결로 접속영향권내 교통류와 밀도사이의 포물선 형태의 관계로부터 용량특성을 비교해보면, 2차로보다는 1차로에서, 부도심지역보다는 도심지역에서 용량이 높은 것으로 나타났으며, 유입연결로에서는 하류부, 유출연결로에서는 상류에서 용량이 높은 것으로 나타났다.
- vi) 도시고속도로의 도심방향의 유입연결로 접속영향권내 차로별 용량은 최대 60%까지 감소하는 것으로 나타났고, 부도심방향의 유입연결로 접속영향권내 차로별 용량은 최대 40%이상까지 감소하는 것으로 나타났으며, 부도심방향의 유출연결로 접속영향권내 차로별 용량에서는 최대 50%이상 감소하는 것으로 나타났다.
- v) 도시고속도로의 도심방향의 유입연결로 접속영향권내 상류부의 1, 2차로의 용량은 최대 40%까지 감소하는 것으로 나타났고, 하류부에서는 10%

이상 감소하는 것으로 나타났으며, 부도심방향의 유출연결로 접속영향권 내 하류부의 1, 2차로의 용량은 최대 40%이상 감소하는 것으로 나타났다.

따라서 도시고속도로의 유출입연결로 접속영향권내에서 차로별 용량이 본선 용량과 비교해서 최소 10%이상에서 최대 60%까지 감소하는 것으로 나타났으므로 적절한 교통관리체계의 필요성이 요구되었고, 향후 보다 신뢰성 있는 차로별 용량분석을 위해서는 다양한 기하구조의 특성을 갖는 도시고속도로에 대해 교통특성조사와 함께 다양한 용량특성모형을 고려할 필요가 있을 것으로 사려된다.

참 고 문 헌

- 1) 건설교통부, 도로용량편람, 2005.
- 2) 김태곤, 김승길, 신광식, 권인영, 도시고속도로 합류영향권상에서의 속도예측 모형 구축에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제27권, 제1D호, 2007. 01.
- 3) 오연선, 도시고속도로 합류구간 용량산정에 관한 연구, 홍익대학교 대학원 학위논문, 2001.
- 4) 이지영, 선형의 속도/밀도모형을 이용한 도시고속도로 진입램프 접속부의 용량평가에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 학위논문, 2005.
- 5) AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, Washington, D. C., 2001.
- 6) 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.
- 7) Greenshields, B.D., A Study of Traffic Capacity, Proceedings of the Highway Research Board, Vol. 14, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 1935
- 8) Masao, K., Masaki, K., and Takashi, S., Capacity and Speed of Weaving Sections of the Tokyo Metropolitan Expressway, ITE Journal, Institute of Transportation Engineers, Washington, D. C., 1991.
- 9) May, A. D., Traffic Flow Fundamentals, Prentice-Hall, 1990.
- 10) Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 2000.