



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



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

차로별 속도특성을 이용한 다차로 고속도로의
속도추정에 관한 연구

- Michigan주 I-696을 대상으로 -

Multi-lane Freeway Speed Prediction Using Lane-based
Speed Characteristics

- Based on I-696 in the State of Michigan -



지도교수 김 태 곤

2011년 2월

한국해양대학교 대학원

토목환경공학과

박 소 연

本 論文을 朴素娟의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

위원장 김 도 삼 (인)

위 원 경 갑 수 (인)

위 원 김 태 곤 (인)



2011年 2月

한국해양대학교 대학원

목 차

목 차	i
Nomenclature	iii
List of Tables	v
List of Figures	vi
Abstract	vii
제 1 장 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적	2
1.3 문헌연구	3
1.4 자료수집	3
제 2 장 자료 분석	6
2.1 교통량	6
2.2 속도	9
2.3 밀도	13
제 3 장 자료의 상관특성	17
3.1 $Q-K$ 의 상관특성	17
3.2 $Q-U$ 의 상관특성	21
3.3 $U-K$ 의 상관특성	25

제 4 장 모형구축 및 검증	30
4.1 모형결정	30
4.2 모형구축	33
4.3 모형검증	35
제 5 장 결론 및 향후 연구과제	39
참고문헌	41
부록	



Nomenclature

t	Unit time(2min)
q_t	Flow rate in 2-min(veh/2min)
q	Hourly flow rate(veh/h)
u_s	Means speed in basic segment(km/h)
u_i	Means speed for each vehicle(km/h)
n	Number of vehicle
t_h	Head way time(sec/veh)
t_n	Arrival time of nth vehicle(sec)
u_s	Means speed in segment
k	Density(veh/km)
Q_1	Flow rate in Lane 1(veh/h)
Q_2	Flow rate in Lane 2(veh/h)
Q_3	Flow rate in Lane 3(veh/h)
Q_4	Flow rate in Lane 4(veh/h)
K_1	Density in Lane 1(veh/km)
K_2	Density in Lane 2(veh/km)
K_3	Density in Lane 3(veh/km)
K_4	Density in Lane 4(veh/km)
S	Speed in segment(km/h)
S_1	Speed in Lane 1(km/h)
S_2	Speed in Lane 2(km/h)
S_3	Speed in Lane 3(km/h)
S_4	Speed in Lane 4(km/h)

U_s	Mean speed in basic segment(km/h)
U_{S_i}	Mean Speed of ith Lane in basic segment(km/h)
β_j	Factor of speed function($j=0,1,2,3$)



List of Tables

Table 1.1 Geometry of basic freeway segment (I-696)	5
Table 2.1 Flow rate statistics at basic freeway segment 2(I-696)	8
Table 2.2 Flow rate statistics at basic freeway segment 4(I-696)	8
Table 2.3 Speed statistics at basic freeway segment 2(I-696)	11
Table 2.4 Speed statistics at basic freeway segment 4(I-696)	12
Table 2.5 Density statistics at basic freeway segment 2(I-696)	15
Table 2.6 Density statistics at basic freeway segment 4(I-696)	15
Table 3.1 Correlation characteristics of $Q_{\max} - K_M$	18
Table 3.2 Correlation characteristics of $Q_{\max} - U_M$	22
Table 3.3 Correlation characteristics of $K_M - U_M$	26
Table 4.1 Correlation of $U_S - U_{S_i}$ at basic freeway segments(I-696) ..	32
Table 4.2 Speed models at freeway segments	34
Table 4.3 Speed models at freeway sections using U_{S2}	35
Table 4.4 Speed models at freeway sections using U_{S3}	35
Table 4.5 Verification results of speed models	38

List of Figures

Fig. 1.1 Freeway network near the Detroit area	3
Fig. 1.2 Basic freeway segments	4
Fig. 2.1 Flow distribution at segment 2	9
Fig. 2.2 Flow distribution at segment 4	9
Fig. 2.3 Speed distribution at segment 2	12
Fig. 2.4 Speed distribution at segment 4	13
Fig. 2.5 Density distribution at segment 2	16
Fig. 2.6 Density distribution at segment 4	16
Fig. 3.1 Q-K relationship at segment 2(I-696)	19
Fig. 3.2 Q-K relationship at segment 4(I-696)	20
Fig. 3.3 Q-U relationship at segment 2(I-696)	23
Fig. 3.4 Q-U relationship at segment 4(I-696)	24
Fig. 3.5 U-K relationship at segment 2(I-696)	27
Fig. 3.6 U-K relationship at segment 4(I-696)	28
Fig. 4.1 Verification 1	36
Fig. 4.2 Verification 2	36
Fig. 4.3 Verification 3	37
Fig. 4.4 Verification 4	37
Fig. 4.5 Verification 5	38

Multi-lane Freeway Speed Prediction Using Lane-based Speed Characteristics

– Based on I-696 in the State of Michigan –

So Yeoun, Park

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

Abstract

Generally multi-lane freeway means the freeway with 6 lanes or more, which plays a key role in the regional transportation system, carries the tremendous automobiles, and keeps the free flow speed except for the peak periods. The multi-lane freeway (I-696) under the study is a divided ground-level freeway having 3 to 4 lanes in each direction of I-696 from Novi in the west to St. Clair Shores in the east in the State of Michigan, and is also suffering from severe traffic congestion during the morning rush hours. So it is absolutely needed to study the appropriate travel characteristics on the multi-lane freeway segments congested during the rush hours.

The purpose in this study is to investigate roadway and traffic characteristic data in the multi-lane freeway segments congested during the rush hours (06:30~07:30), analyze the correlation between the lane-based traffic characteristics in the multi-lane freeway segments congested, and finally suggest the optimal speed model for predicting the average speed in the multi-lane freeway using the lane-based speed characteristics.

From the traffic characteristic analyses, and development and validation of speed model in the multi-lane freeway, the following conclusions were drawn:

i) Freeway traffic management system (FTMS) using the lane-based traffic characteristics was thought to need for increasing traffic safety, reducing traffic congestion, and maximizing lane utilization because there was a distinct difference in the lane-based traffic characteristics.

ii) Freeway speed prediction technique using the lane-based traffic characteristics was thought to need for speed control on the freeway because there was a correlation between the lane-based speeds and average speed in freeway, especially a high correlation between the 3rd lane speed and average speed in freeway.

iii) Cubic model, exponential model, and power model proved to fit for predicting average speed in freeway, but especially exponential model proved to fit for best predicting average speed of freeway with the higher explanatory power of the determination coefficients(R^2) of 0.943.

iv) Exponential speed model in the multi-lane freeway proved to have a high correlation with average speed in freeway, and also proved a high correlation between observed speeds and expected speeds with the high correlation coefficients(r) of about 0.9316 to 0.9526.

제 1 장 서론

1.1 연구 배경

일반적으로 다차로 고속도로(multi-lane freeway)란 지역과 지역사이에 설치 운행되는 6차선이상의 고속도로로서 지역교통체계의 중추적인 역할을 담당하고 있고, 지역과 지역사이에서 유발되는 대량의 통행수요를 신속하게 처리하기 위한 도로교통시설로서 특정시간대를 제외하고는 거의 자유흐름속도(free flow speed)를 유지하는 고속화도로라 할 수 있다.

이 연구대상이 된 미국 Michigan 주의 핵심 고속도로인 I-696은 Walter P. Reuther Freeway라고 알려져 있고 Detroit지역의 아우토반(Autobahn of Detroit)이라고 불릴 정도로 출퇴근차량이 집중되고 있는 핵심 고속도로이며, 또한 미국 동북부지역의 동서를 가로지르는 대표적인 고속도로인 I-96의 Detroit북부지역을 통과하는 고속도로로 아래 Fig. 1.1에서 알 수 있듯이 서쪽으로는 Novi지역으로부터 동쪽으로는 St. Clair Shores에 이르는 연장 47.06Km의 6~8차선의 대표적인 다차로 고속도로이다.

그런데 이 연구대상 고속도로 I-696의 서쪽 경계구역(west end)인 Novi지역은 아래 Fig. 1.1에서 보여주듯이 I-96, I-275, M-5 및 I-696이 합·분류되는 지역으로 출퇴근통행량이 집중되는 지역이기 때문에 고속도로의 출퇴근통행에 따른 교통특성에 관한 연구가 절실히 요구되고 있는 상황 하에서 미연방교통부(United States department of transportation, USDOT)의 미시간 지능형 차량운행(Michigan IntelliDrive)에 관한 연구대상지역으로 선정된 지역이다.

선진외국에서는 이러한 고속도로 계획의 시작단계에서부터 다차로 고속도로의 적절한 배치와 규모로 통행수요의 급격한 변화에 적절히 대처할 수 있도록 계획, 설계, 유지 및 관리가 이루어지고 있기 때문에 고속도로 본래의 기능과 역할이 제대로 수행됨으로써 심각한 교통문제는 발생되지 않고 있다.

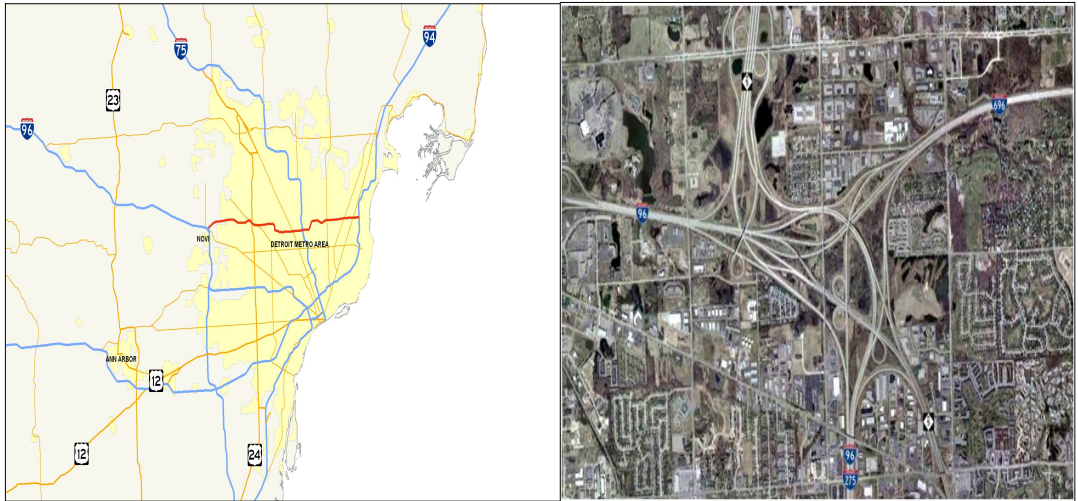


Fig. 1.1 Freeway network near the Detroit area

그러나 국내에서는 대부분의 고속도로가 장기 도로계획의 중간단계나 추가 확충단계에서 계획되어 고속도로 배치 및 규모의 한계, 통행수요예측의 부정확성 그리고 주변 간선도로와의 연계성부족 등으로 인하여 심각한 교통문제가 발생되고 있다. 더구나 국내 고속도로는 그 규모가 통행수요에 비해 상당히 부족하고, 지역과 지역사이의 교류확대와 유출입인구의 증가에 따라 새로이 유발되는 통행수요에 비해 새로운 고속도로의 공급 역시 부족하며, 고속도로의 효율적인 운영을 위한 고속도로의 교통관리체계(freeway traffic management system, FTMS)에 대한 연구도 아직 미흡하기 때문에 다차로 고속도로의 교통특성에 대한 연구 필요성이 날로 증대되고 있는 상황이다.

따라서 이 연구에서는 국내 고속도로의 차로별 교통특성연구를 통해 고속도로 운행의 효율성을 증대시키고자 한다.

1.2 연구 목적

다차로 고속도로의 구성은 일반 고속도로와 같이 기본구간, 엇갈림구간, 연결로구간 및 연결로 접속구간으로 되어 있다. 그런데 다차로 고속도로는 기존의 고속도로에 비해 차로 수가 상대적으로 많기 때문에 차량의 차로변경에 따른

상충과 엇갈림으로 인한 교통정체와 사고가 자주 발생되고 있는데, 이러한 차량의 상충과 엇갈림행위는 출퇴근시간대를 중심으로 많이 발생되고 있는 실정이다.

따라서 이 연구에서는 이러한 다차로 고속도로의 차량상충과 엇갈림 행위가 빈발하고 있는 오전 출근시간대(06:30 ~ 07:30)를 중심으로 연구대상 고속도로 I-696의 10개 기본구간(basic segment)을 대상으로 차로별 교통특성자료를 수집하고, 수집된 교통특성자료를 중심으로 차로별 특성분석과 상관분석을 실시하며, 차로별 특성분석과 상관분석의 결과를 바탕으로 보다 설명력 있고 신뢰성이 있는 평균속도를 추정하려는데 목적이 있다.

1.3 문헌연구

국외 연구에서 미국의 도로용량편람(HCM, 2000)(9)에서는 고속도로의 연결로 접속영향권역내평균속도는 연결로 접속부의 가감속차로와 고속도로 기본구간의 1, 2차로를 포함하는 450m구간의 영향구간으로 한정함으로써 연결로 접속부의 평균속도를 추정을 위해서는 450m의 영향구간 내 속도추정의 필요성을 역설하였다.

일본의 Masao K. et al.(1991)(9)은 고속도로의 연결로 접속부에서 차로변경이나 속도저하로 인하여 연결로 접속부의 평균속도가 감소하고 더불어 용량도 고속도로의 기본구간에 비해 12~26%정도 감소된다고 보고함으로써 연결로 접속부내의 속도와 용량저하의 요인에 대한 연구의 필요성을 역설하였다.

국내 연구에서 이승준(4)은 올림픽대로를 대상으로 한 차로별 교통류 특성에 관한 연구에서 낮은 교통량 수준에서는 기본구간 1차로의 속도가 가장 높게 나타났고 4차로의 속도가 가장 낮게 나타났으며, 특히 기본구간의 차로별 교통량-속도관계와 기본구간 전체의 교통량-속도관계를 비교하여 볼 때 2차로의 교통특성이 기본구간 전체의 교통특성과 거의 비슷한 형태를 보였다고 보고하였다.

지금까지 많은 연구가 고속도로의 연결로 접속부에 대한 교통특성연구를 중심으로 수행되었지만, 이 연구와 같이 출근시간대 정체가 심한 고속도로의 기본구간에 대해 차로별 교통특성을 이용한 교통특성분석과 평균속도의 추정에 대한 연구는 거의 없었다.

1.4 자료수집

이 연구대상지역은 Michigan주의 Detroit에서 북서방향으로 40Km떨어져 위치한 Oakland County내의 Nov이지역으로 Michigan주에서 급성장하고 있는 도시 중의 하나이며, 주변에 많은 호수들이 산재되어 있다.

특히, 이 Nov이지역을 중심으로 동서로 통과하고 있는 고속도로인 I-96의 도시지역 통과구간인 I-696은 양방향 6~8차로의 다차로 고속도로로 남북방향의 I-275와 입체교차하고 있고, 기본구간의 제한속도는 112km(70mile)/h이고, 연결로에서는 40km(25mile)/h로 운영되고 있다. 그런데 이 고속도로는 오전 출근시간대에 교통정체가 심하여 주변지역의 이동성과 접근성에 많은 문제가 제기됨으로써 출근시간대 고속도로 기본구간의 교통특성분석과 평균속도추정을 위해 교통정체가 심한 1.4km의 고속도로 기본구간을 설계 속도 120km/h의 고속도로에 대해 차간거리인 최소 정지거리 산정식(정지거리 = $V^2/100$)을 적용하여 140m의 간격으로 세분하여 오전 출근 1시간(06:30 ~ 07:30)동안 매 2분 단위의 교통특성자료가 수집되었다. 수집된 자료를 중심으로 구축된 교통특성 데이터베이스를 이용하여 자료 분석, 상관 분석, 모형 구축 및 검증 등을 실시하였으며, 이를 위해 MS Office 2007과 SPSS(Ver. 12.0)등의 소프트웨어가 사용되었다. (참조 Fig. 1.2)

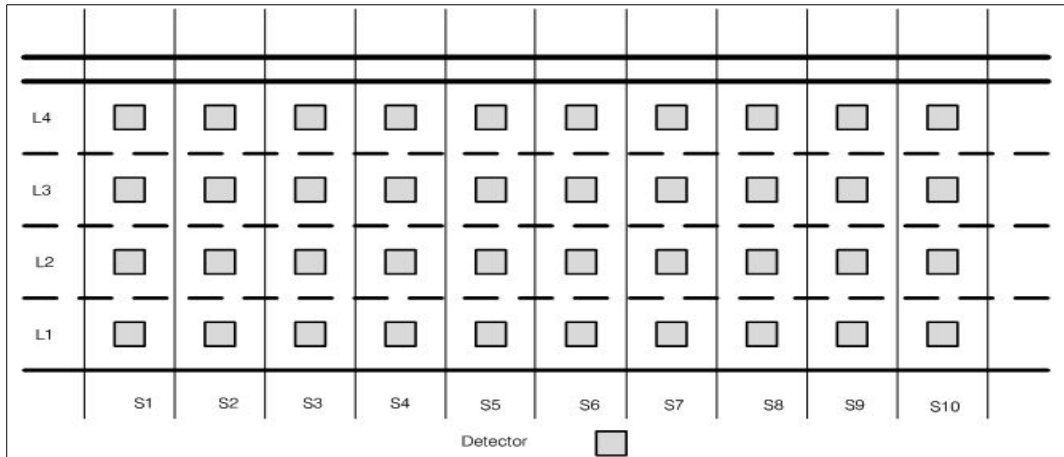


Fig. 1.2 Basic freeway segments

Table 1.1 Geometry of basic freeway segment (I-696)

Item	Geometric data
No. of lanes	4
Width of lane	3.6m
Speed limit	112km/h
Right shoulder	$\geq 1.5\text{m}$
Left shoulder	$\geq 1.5\text{m}$
Length	1.37 km

제 2 장 자료 분석

이 연구대상지역에서 수집된 교통특성자료는 각 차로별 특성자료로 가공 분류되었는데, 이 연구대상 다차로 고속도로의 교통특성분석에서 교통량(volume)은 1시간분단위의 교통류율로 산정되었고, 속도(speed)는 구간속도를 이용하여 평균속도(mean speed)가 산정되었다. 또한 차두시간(headway)은 차로별 평균 차두시간(mean headway)으로 산정되었으며, 밀도(density)는 속도와 차두시간(headway)과의 관계를 이용하여 평균밀도(mean density)로 산정되어 기초자료의 특성분석에 사용되었다.

2.1 교통량

교통량(flow)이란 일정한 시간동안 수집된 차량대수를 의미하는데, 단위 교통량 자료의 상호 비교 분석을 위해서 1시간단위의 교통류율로 전환되었다.

그리하여 연구대상 다차로 고속도로의 10개 기본구간에서 매 2분단위로 수집 가공된 단위 교통량은 1시간단위의 교통류율로 전환되었고, 교통류율의 단위는 vehicle per hour(veh/h)로 표현되었으며, 다음과 같은 계산과정을 통해 산정되었다.

$$q_t = \frac{N}{t} \quad (1)$$

$$q = \sum_{i=1}^{30} q_t \quad (2)$$

여기서,

N : 단위시간동안 통과한 차량 수(veh)

t : 단위시간(2min)

q_t : 2분 단위의 교통량(veh/2min)

q : 1시간 단위의 교통류율(veh/h)

한편, 이 연구대상 다차로 고속도로의 10개 기본구간 내 오전 출근시간대 차로별 평균 통행량이 약 1,542veh/h/l, 최소 통행량이 약 1,059veh/h/l 그리고 최대 통행량이 약 1,971veh/h/l로 나타났는데, 각 구간별 통행량에 있어서는 약간의 차이를 보였으나 차로별 통행량에 있어서 뚜렷한 차이를 보였다.

특히, 10개의 연구대상 기본구간 중 임의로 선정한 2개의 기본구간(segment 2와 segment 4)에서 오전 출근시간대 평균 통행량이 약 1,540veh/h/l, 최소 통행량이 약 960veh/h/l 그리고 최대 통행량이 약 2,000veh/h/l로 나타났는데, 각 차로별 통행량에 있어서 뚜렷한 차이를 보였다. 특히, 1차로의 평균 통행량이 약 1,180veh/h로 약 24% 감소하였고, 최소 통행량은 약 720veh/h로 약 25% 감소하였으며, 최대 통행량은 약 1,490veh/h로 약 25% 감소함으로써 낮은 차로 이용률을 보였다. 반면, 2차로의 평균 통행량은 약 2,210veh/h로 약 44% 증가하였고, 최소 통행량은 약 860veh/h로 약 10% 감소하였으며, 최대 통행량은 약 3,050veh/h로 약 53%의 증가함으로써 가장 높은 차로 이용률을 보였다. 그러나 3차로의 평균 통행량은 약 1,650veh/h로 약 7% 증가하였고, 최소 통행량은 약 750veh/h로 약 22% 감소하였으며, 최대 통행량은 약 2,090veh/h로 약 5% 증가함으로써 분할구간 내 차로의 평균 이용률과 비슷한 차로 이용률을 보였다. 그리고 4차로의 평균 통행량은 약 1,130veh/h로 약 27% 감소하였고, 최소 통행량은 약 510veh/h로 약 47% 감소하였으며, 최대 통행량은 약 1,920veh/h로 약 4%정도 감소함으로써 1차로와 마찬가지로 낮은 차로 이용률을 보였다(참조 Table 2.1과 2.2, Fig. 2.1과 2.2).

따라서 다차로 고속도로의 구간별 차로별 통행 집중도에 따라 현저하게 다른 차로 이용률을 보임으로써 다차로 고속도로의 기능이 극대화될 수 있도록 차로별 통행 특성에 기초하여 실시간 가변정보표지판(variable message sign, VMS)이나 이용자 안내표지판(traveler information system, TIS)과 같은 다차로 고속도로교통관리체계(freeway traffic management system, FTMS)의 구

축여부를 검토할 필요가 있다고 판단되었다.

Table 2.1 Flow rate statistics at basic freeway segment 2(I-696)

Basic segment			Flow rate(veh/h/l)	Shift(%)
Segment 2	Lane1	Max	1,710	-14.6
		Min	660	-36.2
		Avg	1,244	-19.9
	Lane2	Max	2,970	48.3
		Min	1,250	20.8
		Avg	2,236	44.0
	Lane3	Max	2,130	6.3
		Min	1,080	4.3
		Avg	1,565	0.8
	Lane4	Max	1,950	-2.6
		Min	570	-44.9
		Avg	1,167	-24.9
Segment	Max	2,003	-	
	Min	1,035	-	
	Avg	1,553	-	

Table 2.2 Flow rate statistics at basic freeway segment 4(I-696)

Basic segment			Flow rate(veh/h/l)	Shift(%)
Segment 4	Lane1	Max	1,470	-24.9
		Min	690	-28.1
		Avg	1,165	-24.3
	Lane2	Max	2,910	48.6
		Min	840	-12.5
		Avg	2,216	44.1
	Lane3	Max	2,160	10.3
		Min	660	-31.3
		Avg	1,652	7.4
	Lane4	Max	1,830	-6.5
		Min	570	-40.6
		Avg	1,116	-27.4
	Segment	Max	1,958	-
		Min	960	-
		Avg	1,538	-

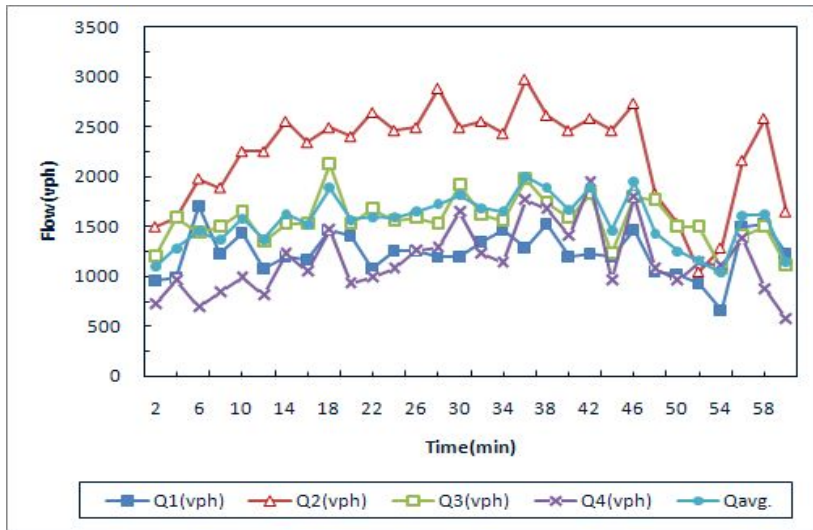


Fig. 2.1 Flow distribution at segment 2

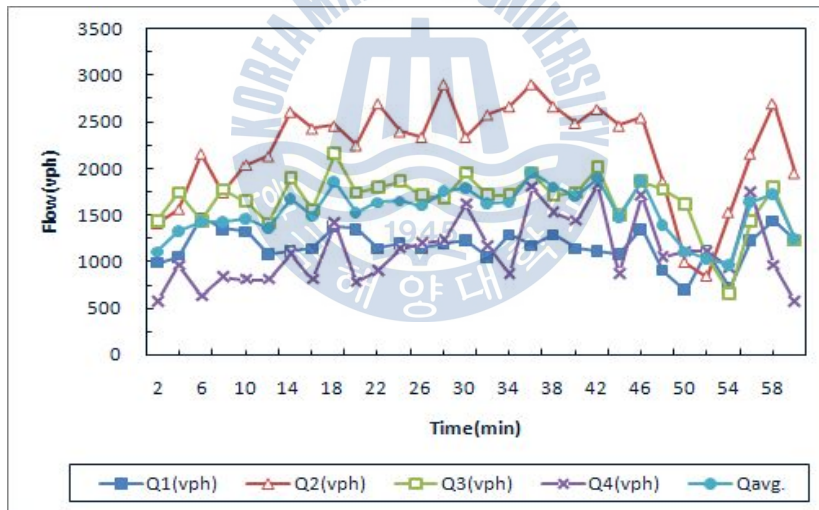


Fig. 2.2 Flow distribution at segment 4

2.2 속도

속도(speed)란 단위시간동안에 차량이 주행한 거리로서 속도 자료의 상호 비교 분석을 위해서 1시간 단위의 평균속도로 전환되었다.

그리하여 연구대상 다차로 고속도로의 10개 기본구간에서 차량별로 수집된

속도는 1시간 단위의 평균속도로 전환되었고, 속도의 단위는 kilometers per hour(veh/h)로 표현되었으며, 다음과 같은 계산과정을 거쳐 특성분석에 사용되었다.

$$u_s = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n} \quad (3)$$

여기서,

u_s : 기본구간 내 평균속도(km/h)

u_i : 개별차량의 평균속도(km/h)

n : 차량대수

한편, 연구대상 다차로 고속도로의 10개 기본구간에서 오전 출근시간대 평균 속도는 약 95km/h, 최소 속도는 약 37km/h 그리고 최대 속도는 약 114km/h로 나타났는데, 각 기본구간별 속도분포에서는 약간의 차이를 보였으나 차로별 속도분포에서는 뚜렷한 차이를 보였다.

특히, 10개의 연구대상 기본구간 중 임의로 선정한 2개의 기본구간(segment 2와 segment 4)에서 오전 출근시간대 평균 속도는 약 96km/h, 최소 속도는 약 29km/h 그리고 최대 속도는 약 114km/h로 나타났는데, 각 차로별 속도 특성에 있어서 뚜렷한 차이를 보였다. 특히, 1 차로의 평균 속도가 약 85km/h로 약 11% 감소하였고, 최소 속도는 약 30km/h로 약 3% 증가하였으며, 최대 속도는 약 102km/h로 약 11% 감소함으로써 다소 낮은 속도특성을 보였다. 반면, 2차로의 평균 속도는 약 87km/h로 약 9% 감소하였고, 최소 속도는 약 10km/h로 약 66% 감소하였으며, 최대 속도는 약 112km/h로 약 2% 감소하였다. 그리고 3차로의 평균 속도는 약 100km/h로 약 4% 증가하였고, 최소 속도는 약 8km/h로 약 72% 감소하였으며, 최대 속도는 약 123km/h로 약 8% 증가함으로써 기본구간 내 속도특성과 비슷한 속도특성을 보였다. 그러나 4차로

의 평균 속도는 약 122km/h로 약 27% 증가하였고, 최소 속도는 약 30km/h로 약 3% 증가하였으며, 최대 속도는 약 136km/h로 약 19% 증가함으로써 차로 중에서 가장 높은 속도특성을 보였다(참조 Table 2.3과 2.4, Fig. 2.3과 2.4).

따라서 다차로 고속도로의 차로별 통행 집중도에 따라 현저하게 다른 속도특성을 보임으로써 다차로 고속도로의 기능이 극대화될 수 있도록 차로별 속도특성에 기초하여 실시간의 가변정보표지판(variable message sign, VMS)이나 이용자 안내표지판(traveler information system, TIS)과 같은 다차로 고속도로 교통관리체계(freeway traffic management system, FTMS)의 구축여부를 검토할 필요가 있다고 판단되었다.

Table 2.3 Speed statistics at basic freeway segment 2(I-696)

Basic segment		Speed(km/h)	Shift(%)	
Segment 2	Lane1	Max	103	-10.4
		Min	24	-22.6
		Avg	85	-12.4
	Lane2	Max	118	2.6
		Min	22	-29.0
		Avg	88	-9.3
	Lane3	Max	120	4.3
		Min	11	-64.5
		Avg	100	3.1
	Lane4	Max	133	15.7
		Min	31	0.0
		Avg	122	25.8
Segment	Max	115	-	
	Min	31	-	
	Avg	97	-	

Table 2.4 Speed statistics at basic freeway segment 4(I-696)

Basic segment			Speed(km/h)	Shift(%)
Segment 4	Lane1	Max	102	-9.7
		Min	21	-27.6
		Avg	84	-12.5
	Lane2	Max	119	5.3
		Min	13	-55.2
		Avg	86	-10.4
	Lane3	Max	124	9.7
		Min	7	-75.9
		Avg	100	4.2
	Lane4	Max	136	20.4
		Min	44	51.7
		Avg	122	27.1
Segment	Max	113	-	
	Min	29	-	
	Avg	96	-	

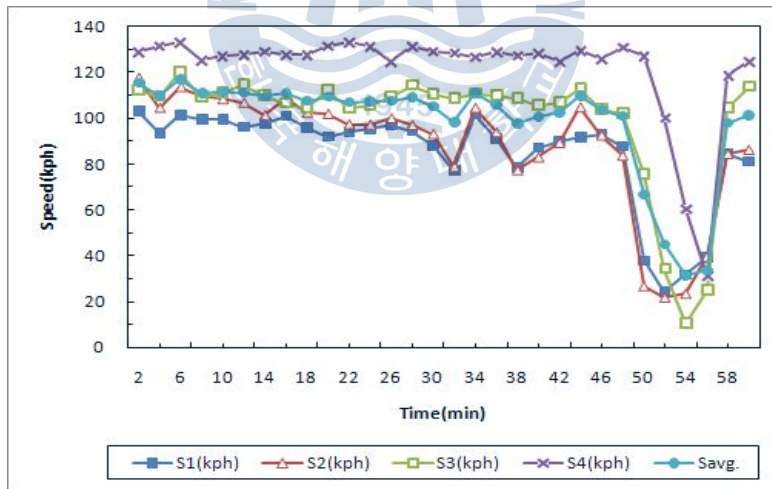


Fig. 2.3 Flow distribution at segment 2

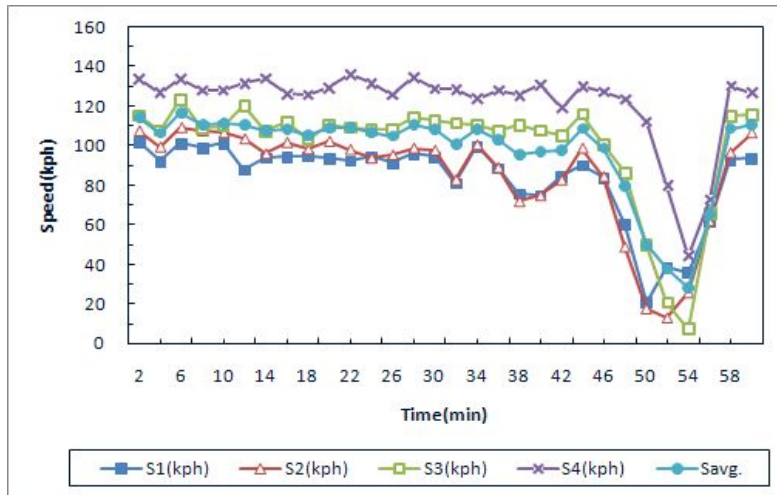


Fig. 2.4 Flow distribution at segment 4

2.3 밀도

밀도(density)란 단위구간 내 통행하고 있는 차량대수를 의미하는데, 밀도 자료의 신뢰성을 위해 단위구간 내 이동차량의 대수를 직접 관측한다는 것은 쉽지 않기 때문에 1km 단위거리를 중심으로 속도와 차두시간으로부터 산정되었다.

그리하여 연구대상 다차로 고속도로의 10개 기본구간에서 매 1km 단위로 수집 가공된 밀도의 단위는 vehicle per kilometer(veh/km)로 표현되었으며, 다음과 같은 계산과정을 거쳐 특성분석에 사용되었다.

$$t_h = t_n - t_{n-1} \quad (4)$$

$$k = \frac{3,600}{t_h \times u_s} \quad (5)$$

여기서,

t_h : 차두시간(sec/veh)

t_n : n번째 차량의 도착시간(sec)

u_s : 구간의 평균속도(km/h)

k : 밀도(veh/km)

한편, 연구대상 다차로 고속도로의 10개 기본구간에서 오전 출근시간대 평균 밀도가 약 20veh/km, 최소 밀도가 약 10veh/km 그리고 최대 밀도가 46veh/km로 나타났는데, 구간별 밀도분포에 있어서 약간의 차이를 보였으나, 차로별 밀도분포에 있어서 뚜렷한 차이를 보였다.

특히, 10개의 연구대상 기본구간 중 임의로 선정한 2개의 기본구간(segment 2와 segment 4)에서 오전 출근시간대 평균 밀도가 약 18veh/km, 최소 밀도가 약 10veh/km 그리고 최대 밀도가 42veh/km로 나타났는데, 각 차로별 밀도 특성에 있어서 뚜렷한 차이를 보였다. 특히, 1 차로의 평균 밀도가 약 15veh/km로 약 17% 감소하였고, 최소 밀도는 약 10veh/km로 거의 변화가 없었으며, 최대 밀도는 약 33veh/km로 약 21% 감소함으로써 차로 중에서 가장 낮은 밀도특성을 보였다. 반면, 2차로의 평균 밀도는 약 30veh/km로 약 67% 증가하였고, 최소 밀도는 약 14veh/km로 약 40% 증가하였으며, 최대 밀도는 약 96veh/km로 약 128% 증가함으로써 가장 높은 밀도특성을 보였다. 그리고 3차로의 평균 밀도는 약 22veh/km로 약 22% 증가하였고, 최소 밀도는 약 11veh/km로 약 10% 증가하였으며, 최대 밀도는 약 97veh/km로 약 131% 증가함으로써 2차로와 거의 비슷한 밀도특성을 보였다. 그러나 4차로의 평균 밀도는 약 11veh/km로 약 39% 감소하였고, 최소 밀도는 약 4veh/km로 약 60% 감소하였으며, 최대 밀도는 약 48veh/km로 약 14% 증가함으로써 1차로와 마찬가지로 낮은 밀도특성을 보였다(참조 Table 2.5와 2.6, Fig. 2.5와 2.6).

따라서 다차로 고속도로의 구간별 차로별 통행 집중도에 따라 현저하게 다른 밀도특성을 보임으로써 다차로 고속도로의 기능이 극대화될 수 있도록 차로별 밀도특성에 기초하여 실시간의 가변정보표지판(variable message sign, VMS)이나 이용자 안내표지판(traveler information system, TIS)과 같은 다차로 고속도로교통관리체계(freeway traffic management system, FTMS)의 구축여부

를 검토할 필요가 있다고 판단되었다.

Table 2.5 Density statistics at basic freeway segment 2(I-696)

Basic segment		Density(veh/km)	Shift(%)	
Segment 2	Lane1	Max	41	-10.9
		Min	10	0.0
		Avg	16	-5.9
	Lane2	Max	58	26.1
		Min	13	30.0
		Avg	28	64.7
	Lane3	Max	102	121.7
		Min	10	0.0
		Avg	20	17.6
	Lane4	Max	43	-6.5
		Min	4	-60.0
		Avg	11	-35.3
Segment	Max	46	-	
	Min	10	-	
	Avg	17	-	

Table 2.6 Density statistics at basic freeway segment 4(I-696)

Basic segment		Density(veh/km)	Shift(%)	
Segment 4	Lane1	Max	34	6.3
		Min	10	0.0
		Avg	15	-11.8
	Lane2	Max	70	118.8
		Min	13	30.0
		Avg	29	70.6
	Lane3	Max	92	187.5
		Min	11	10.0
		Avg	20	17.6
	Lane4	Max	24	-25.0
		Min	4	-60.0
		Avg	10	-41.2
	Segment	Max	32	-
		Min	10	-
		Avg	17	-

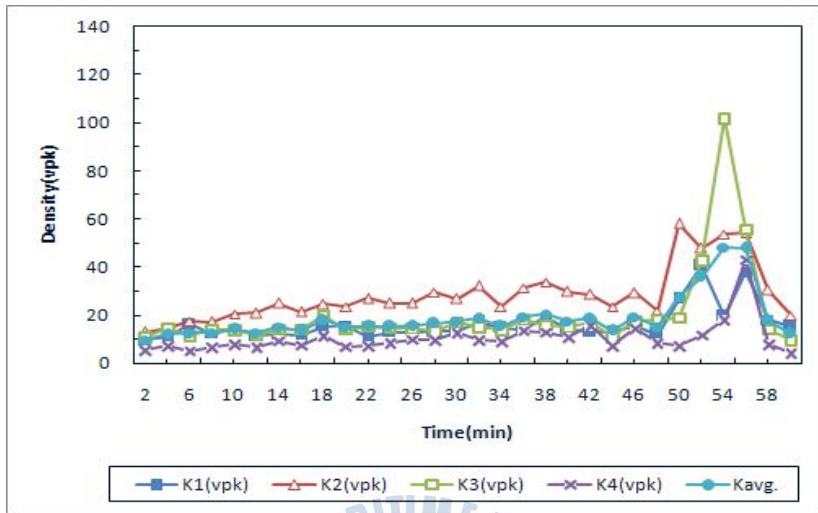


Fig. 2.5 Flow distribution at segment 2

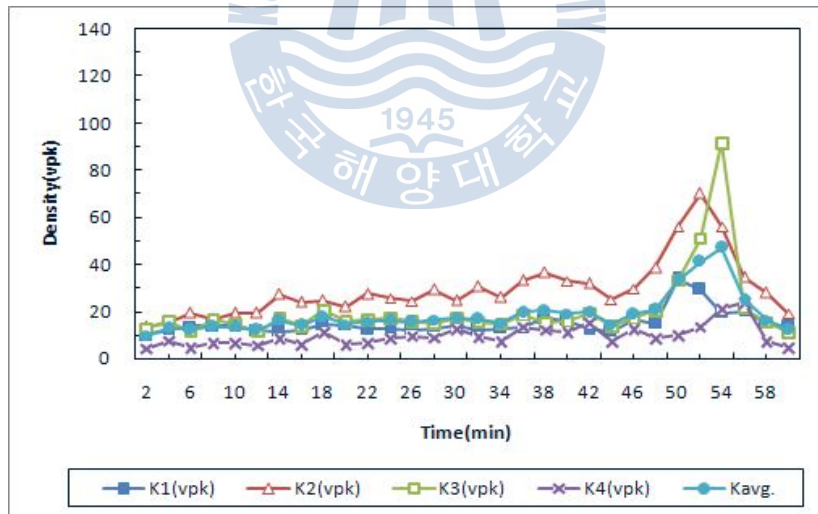


Fig. 2.6 Flow distribution at segment 4

제 3 장 자료의 상관특성

이 연구대상 다차로 고속도로(I-696)의 10개 기본구간(basic segment)을 중심으로 교통량(Q), 밀도(K) 그리고 속도(U)사이의 상관특성을 비교 분석하였다.

3.1 $Q-K$ 의 상관특성

다차로 고속도로(I-696)의 기본구간 차로에 있어서 교통량(Q)과 밀도(K)사이의 상관특성을 비교해보면, 아래의 Fig. 3.1과 3.2에서 보는 바와 같이 진행 방향의 우측 1차로를 제외하고는 대체적으로 유사한 상관특성을 보였고, 최대 교통량 상태에 도달하기 전까지 밀도증가와 함께 교통량이 계속 증가하였으며, 최대 교통량 상태에 도달한 후 지속적인 밀도증가와 함께 교통량이 감소하는 포물선 형태를 보이는 것으로 나타났다.

특히, 포물선형태의 $Q-K$ 곡선에 있어서 2개의 기본구간(segment 2와 segment 4)에서의 최대 교통량(Q_{max})이 대체적으로 약 7,900veh/h에 밀도(K_M)는 약 19veh/km로 나타났다. 반면, 차로별 $Q-K$ 곡선에 있어서 2차로의 최대 교통량(Q_{2max})이 약 2,940veh/h에 밀도(K_{2M})는 약 32veh/h로 나타났고, 3차로와 4차로에서는 최대 교통량(Q_{3max} 과 Q_{4max})이 약 2,150veh/h와 1,890veh/h에 밀도(K_{3M} 과 K_{4M})는 약 21veh/h와 16veh/h로 나타난 반면, 1차로에서는 최대 교통량(Q_{1max})이 약 1,590veh/h에 밀도(K_{1M})는 약 15veh/km로 나타남으로써 기본구간 내 구간별 차로별 통행량 집중행태에서 상당한 차이를 파악할 수 있었다. (참조 Table 3.1) 따라서 다차로 고속도로의 이용률을 극대화시키기 위해서는 구간별 차로별 통행패턴을 고려한 교통관리체계 구축의 필요성이 요구된다고 판단되었다.

Table 3.1 Correlation characteristics of $Q_{\max} - K_M$

Segment		Q_{\max}	$Q1_{\max}$	$Q2_{\max}$	$Q3_{\max}$	$Q4_{\max}$
Segment 2	K_M	19	8,010			
	$K1_M$			1,710		
	$K2_M$				2,970	
	$K3_M$					2,130
	$K4_M$					
Segment 4	K_M	19	7,830			
	$K1_M$			1,470		
	$K2_M$				2,910	
	$K3_M$					2,160
	$K4_M$					



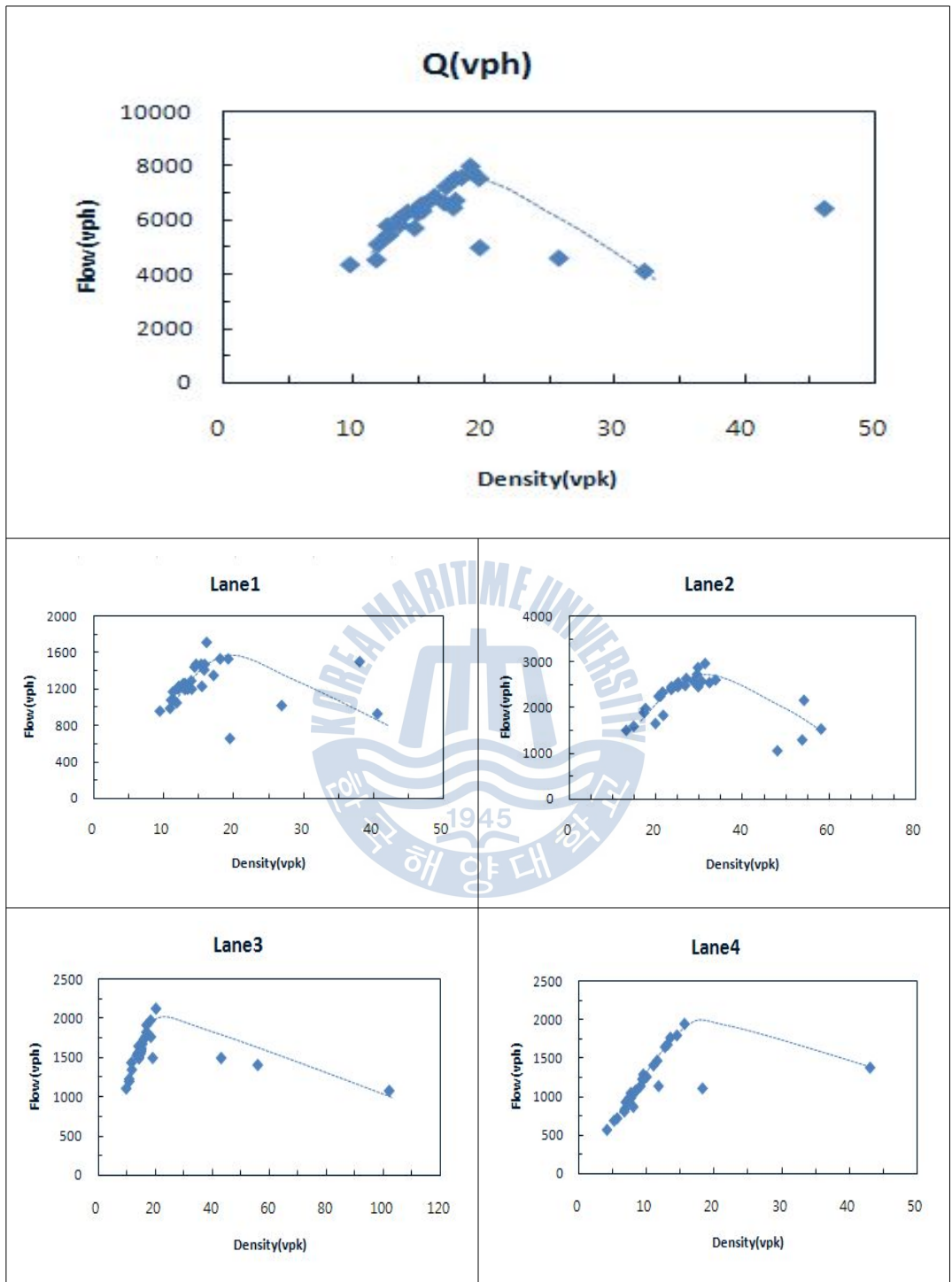


Fig. 3.1 Q-K relationship at segment 2(I-696)

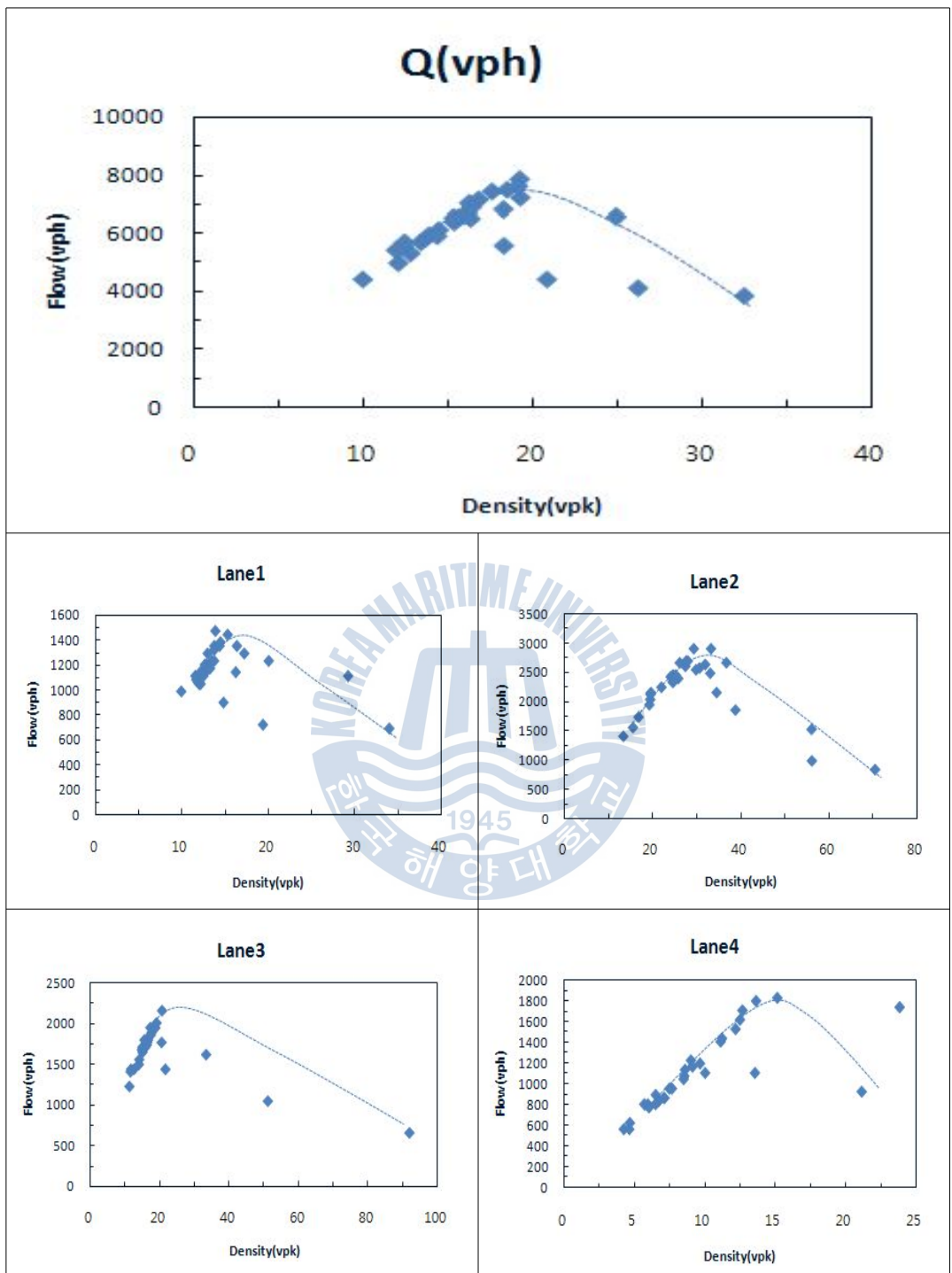


Fig. 3.2 Q-K relationship at segment 4(I-696)

3.2 $Q-U$ 의 상관특성

다차로 고속도로(I-696)의 기본구간에 있어서 교통량(Q)과 속도(U)사이의 상관특성을 비교해보면, 아래의 Fig. 3.3과 3.4에서 보는 바와 같이 동측방향의 우측 1차로를 제외하고는 대체적으로 유사한 상관특성을 보였고, 최대 교통량 상태에 도달하기 전까지 속도감소와 함께 교통량이 계속 증가하였으며, 최대 교통량 상태에 도달한 후 지속적인 속도감소와 함께 교통량도 감소하는 포물선 형태를 보이는 것으로 나타났다.

특히, 포물선형태의 $Q-U$ 곡선에 있어서 기본구간의 최대 교통량(Q_{max})이 대체적으로 약 7,900veh/h에 속도(U_M)는 약 105km/h로 나타났다. 반면, 차로별 $Q-U$ 곡선에 있어서 2차로에서는 최대 교통량(Q_{2max})이 약 2,940veh/h에 속도(U_{2M})가 약 92km/h로 나타났으며, 3차로와 4차로에서는 최대 교통량(Q_{3max} 과 Q_{4max})이 약 2,030veh/h에 속도(U_{3M} 과 U_{4M})가 약 113km/h로 나타난 반면, 1차로에서는 최대 교통량(Q_{1max})이 약 1,590veh/h에 속도(U_{1M})는 약 101km/h로 나타남으로써 기본구간 내 차로별 통행량 집중행태에서 상당한 차이를 파악할 수 있었다. (참조 Table 3.2) 따라서 다차로 고속도로의 이용률을 극대화시키기 위해서는 구간별 차로별 통행패턴을 고려한 교통관리체계 구축의 필요성이 요구된다고 판단되었다.

Table 3.2 Correlation characteristics of $Q_{\max} - U_M$

Segment		Q_{\max}	$Q1_{\max}$	$Q2_{\max}$	$Q3_{\max}$	$Q4_{\max}$
Segment 2	U_M	8,010				
	$U1_M$	105	1,710			
	$U2_M$		101	2,970		
	$U3_M$			94	2,130	
	$U4_M$				105	1,950
Segment 4	U_M	7,830				
	$U1_M$	103	1,470			
	$U2_M$		101	2,910		
	$U3_M$			89	2,160	
	$U4_M$				103	1,830
					119	



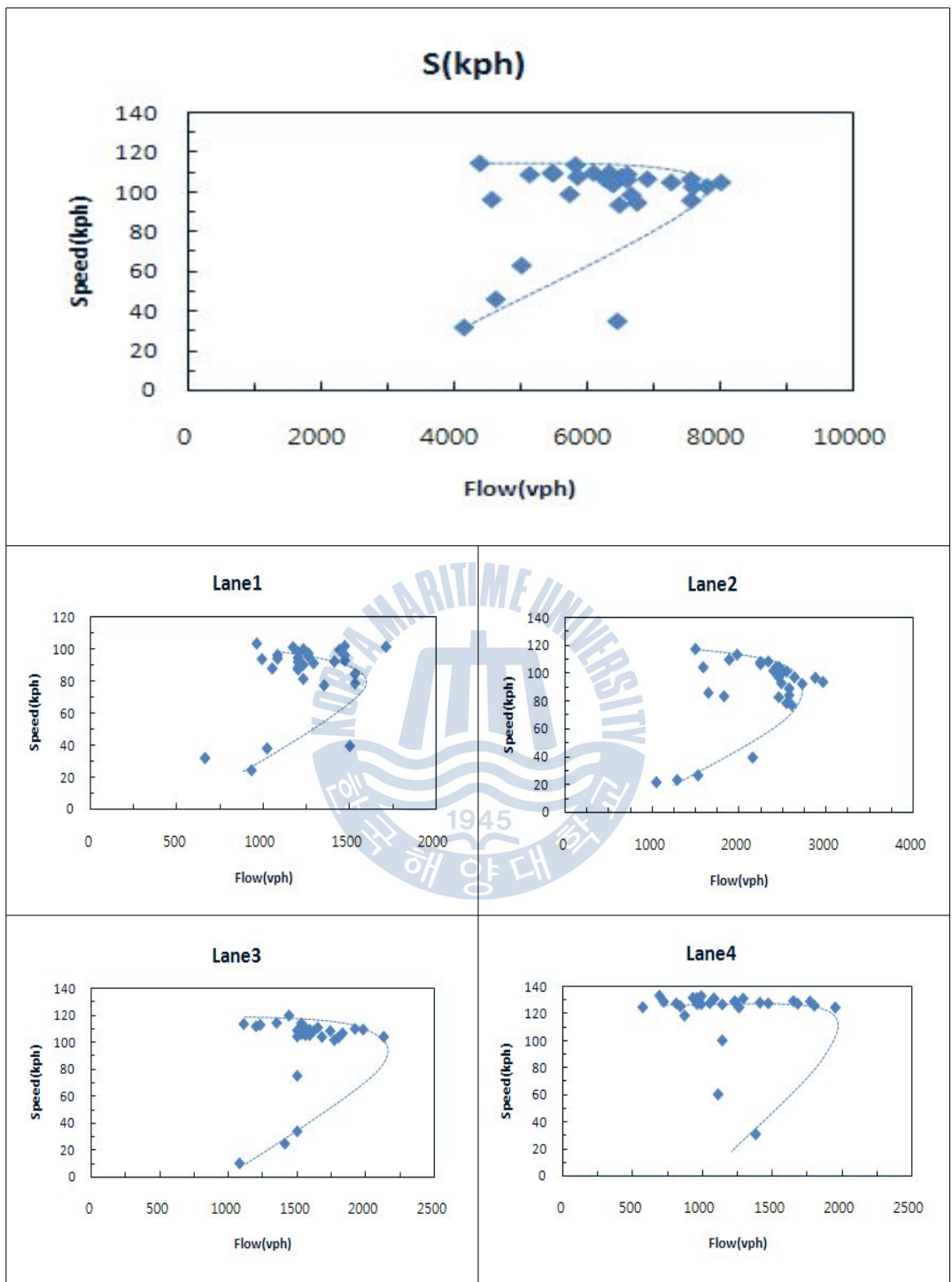


Fig. 3.3 Q-U relationship at segment 2(I-696)

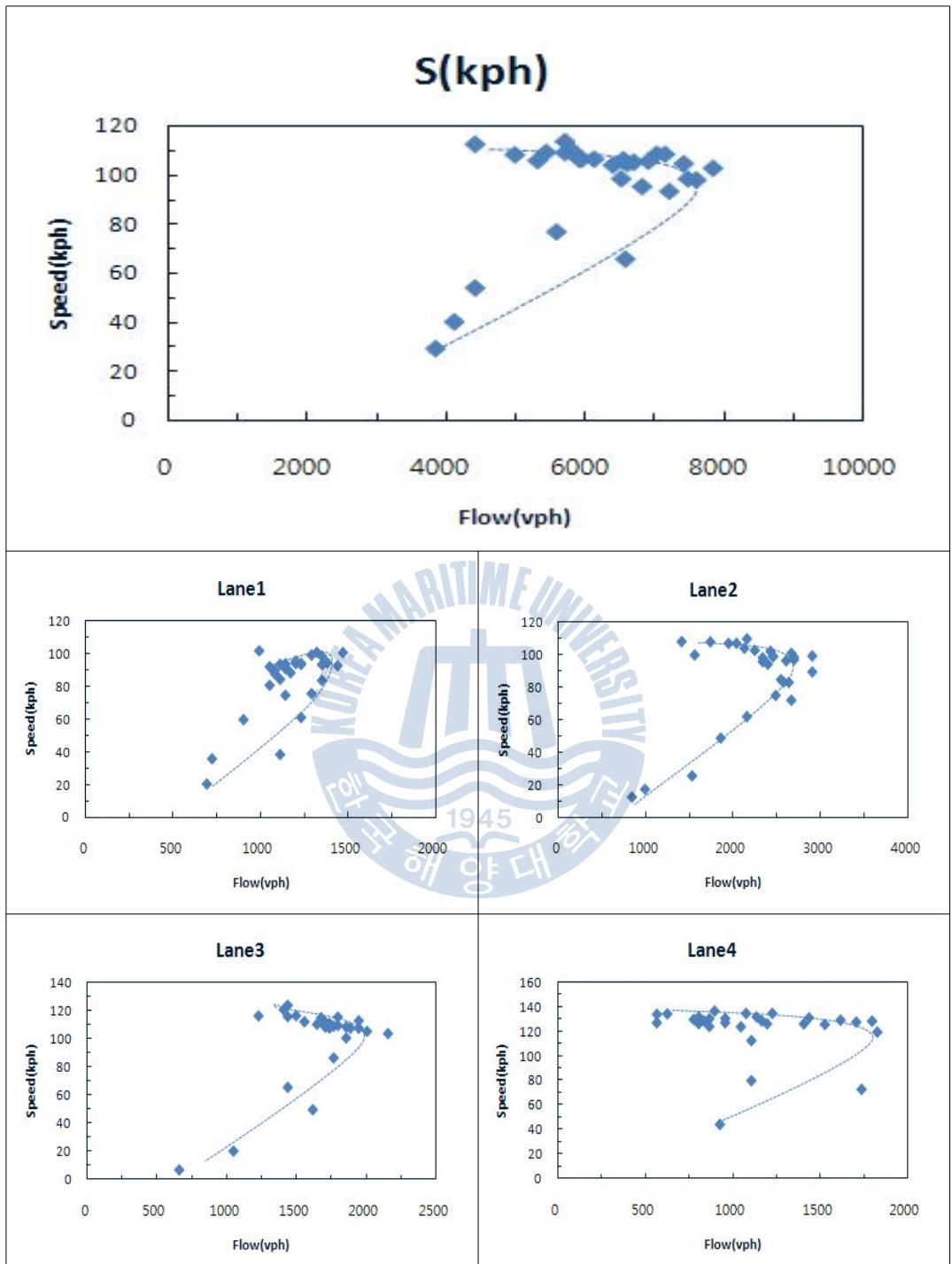


Fig. 3.4 Q-U relationship at segment 4(I-696)

3.3 $U-K$ 의 상관특성

다차로 고속도로(I-696)의 기본구간에 있어서 속도(U)와 밀도(K)의 상관특성을 비교해보면, 아래의 Fig. 3.5와 3.6에서 보는 바와 같이 진행방향의 우측 1차로를 제외하고는 대체적으로 유사한 상관특성을 보였고, 최대 교통량 상태에 도달하기 전까지 속도감소와 함께 밀도도 계속 감소하였으며, 최대 속도에 도달한 후 지속적인 속도감소와 함께 밀도도 감소하는 3차함수의 형태를 보이는 것으로 나타났다.

특히, 3차함수형태의 $U-K$ 곡선에 있어서 기본구간의 밀도(K_M)가 약 20veh/km정도에 속도(U_M)는 약 105km/h로 나타났다. 차로별 $U-K$ 곡선에 있어서 2차로와 3차로에서는 속도(U_{2M} 과 U_{3M})가 약 98km/h에 밀도(K_{2M} 과 K_{3M})는 약 26veh/km로 나타났으며, 4차로에서는 속도(U_{4M})가 약 122km/h에 밀도(K_{4M})가 약 16veh/km로 나타났고, 1차로에서는 속도(U_{1M})가 약 104km/h에 밀도(K_{1M})는 약 19veh/km로 나타남으로써 기본구간 내 차로별 통행량 집중행태에서 상당한 차이를 파악할 수 있었다. (참조 Table 3.3) 따라서 다차로 고속도로의 이용률을 극대화시키기 위해서는 각 구간별 차로별 통행패턴을 고려한 고속도로 교통관리체계 구축의 필요성이 요구된다고 판단되었다.

Table 3.3 Correlation characteristics of K_M-U_M

Segment		K_M	$K1_M$	$K2_M$	$K3_M$	$K4_M$
Segment 2	U_M	19				
	$U1_M$	105	16			
	$U2_M$		101	31		
	$U3_M$			94	20	
	$U4_M$				105	16
						125
Segment 4	U_M	19				
	$U1_M$	103	14			
	$U2_M$		101	33		
	$U3_M$			89	21	
	$U4_M$				103	15
						119



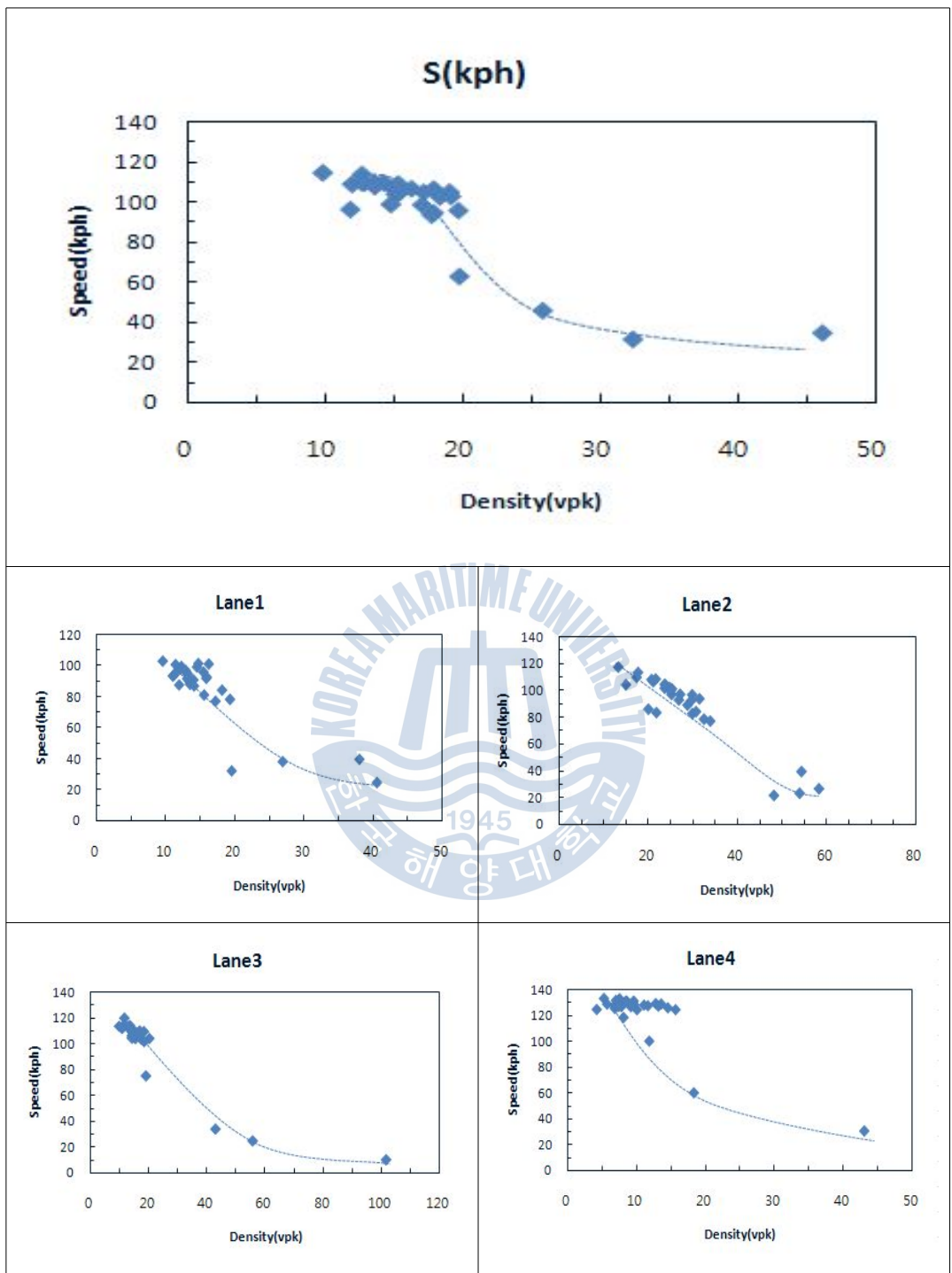


Fig. 3.5 U-K relationship at segment 2(I-696)

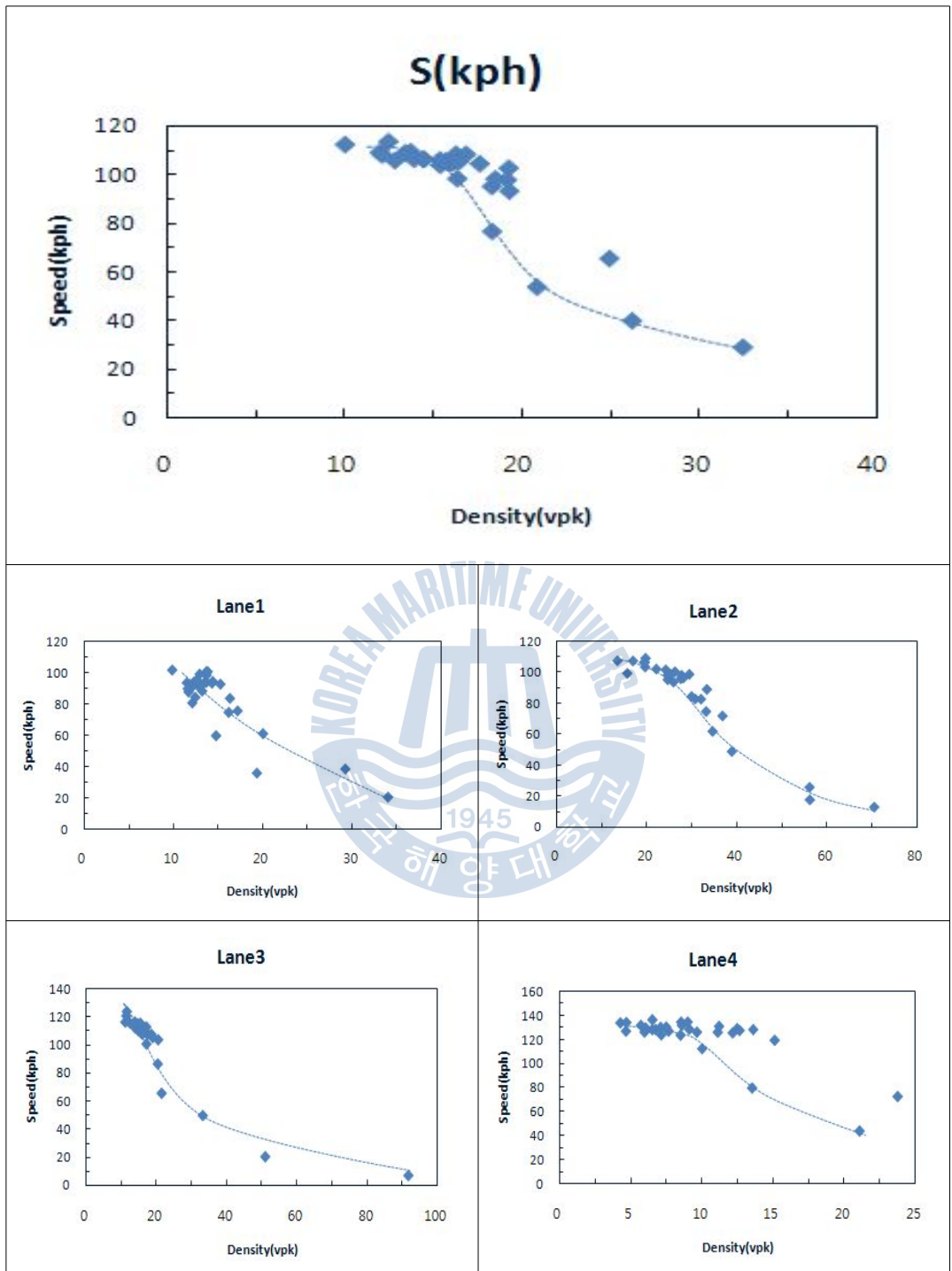


Fig. 3.6 S-Q relationship at segment 4(I-696)

이상과 같이 연구대상 고속도로의 구간과 차로를 대상으로 교통특성자료의 상관특성을 비교 분석한 결과, 교통량과 밀도, 교통량과 속도 그리고 속도 및 밀도사이에 전형적인 상관특성이 존재하고 있음을 확인할 수 있었다.



제 4 장 모형구축 및 검증

이 연구대상 다차로 고속도로(I-696)의 10개 기본구간(basic segment)에 대해 기본구간의 평균속도(U_S)와 차로별 평균속도(U_{Si})와의 상관특성을 검토하여 최적 차로의 평균속도를 중심으로 모형형태를 결정하였고, 결정된 모형형태와 함께 속도자료를 중심으로 중 회귀분석(multiple regression analysis)을 통해 최적의 속도모형을 구축하였으며, 예측된 속도모형자료와 관측된 속도자료와의 부합성을 비교하기 위해 상관관계분석(correlation analysis)이 수행되었다.

4.1 모형결정

일반적으로 다차로 고속도로의 평균속도를 관측한다는 것은 모든 차로에 설치된 관측센서를 통해 관측된 속도자료를 중심으로 평균속도를 산정해야 된다. 그러나 다차로 고속도로의 차로별 평균속도에서 현저한 차이를 보이고 있기 때문에 다차로 고속도로의 평균속도를 대표할 수 있는 특정 차로의 평균속도를 중심으로 속도모형을 구축 활용한다면 보다 효율적으로 평균속도를 산정할 수 있으며, 다차로 고속도로의 평균속도를 특정 차로의 평균속도함수로 표시하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_S = f(U_{Si}) \quad (6)$$

여기서,

U_S : 기본구간의 평균속도(km/h)

U_{Si} : 기본구간 i 차로의 평균속도(km/h)

그리고 이 연구대상 다차로 고속도로(I-696)에서 기본구간의 평균속도특성과 가장 부합되는 차로 및 모형형태를 결정하기 위하여 관측대상 10개의 기본

구간에 대해 기본구간의 평균속도와 각 차로별 평균속도와의 상관성을 비교하였다. 특히, 가장 높은 상관계수 값을 중심으로 속도특성에 가장 부합되는 선형 및 비선형의 함수관계를 적용한 결과, 아래 Table 4.1에서 보여주듯이 거의 모든 구간에서 2차로나 3차로 또는 1차로의 속도특성이 기본구간의 속도특성과 가장 부합하는 것으로 나타났고, 또한, 최적의 속도모형으로는 차로별로 약간 차이는 있었으나 대체적으로 지수함수(exponential function, EXP)가 가장 적합한 것으로 나타났으며 일부 기본구간에서 3차 함수나 멱함수(power function, POW)가 속도특성을 표현하는데 적합한 것으로 나타났다.

따라서 이 연구대상 다차로 고속도로(I-696)의 속도모형을 구축하기 위해서는 기본구간의 평균속도(U_s)를 종속변수로 하고 2차로 또는 3차로의 평균속도(U_{s2} , U_{s3})를 독립변수로 하여 3차 함수, 지수함수 또는 멱함수 등의 결정계수(R^2)값을 기준으로 최적의 속도모형을 결정할 필요가 있다고 판단되었다.



Table 4.1 Correlation of $U_S - U_{S_i}$ at basic freeway segments(I-696)

Segment 1		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	<u>0.977</u>	0.961	0.942	0.835
	최적모형	CUB	CUB	POW	EXP
Segment 2		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	0.968	0.954	<u>0.969</u>	0.858
	최적모형	CUB	CUB	EXP	CUB
Segment 3		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	0.968	0.949	<u>0.974</u>	0.868
	최적모형	CUB	CUB	EXP	QUA
Segment 4		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	0.950	0.961	<u>0.979</u>	0.891
	최적모형	CUB	CUB	EXP	EXP
Segment 5		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	0.965	0.957	<u>0.984</u>	0.914
	최적모형	CUB	CUB	CUB	EXP
Segment 6		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	<u>0.978</u>	0.968	0.977	0.934
	최적모형	CUB	CUB	CUB	CUB
Segment 7		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	0.963	<u>0.975</u>	0.971	0.964
	최적모형	CUB	CUB	CUB	EXP
Segment 8		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	0.956	0.967	<u>0.970</u>	0.953
	최적모형	CUB	CUB	CUB	EXP
Segment 9		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	0.948	0.963	<u>0.978</u>	0.923
	최적모형	CUB	CUB	POW	EXP
Segment 10		U_{S1}	U_{S2}	U_{S3}	U_{S4}
U_S	상관계수	0.954	<u>0.979</u>	0.979	0.917
	최적모형	CUB	CUB	POW	POW
No. of lanes modeled		2	2	6	0

4.2 모형구축

이 연구대상 다차로 고속도로(I-696)의 10개 기본구간 중에서 총 5개 기본구간을 중심으로 개별구간별 모형(S1~S5)과 통합모형(S)을 구축하였다.

그런데 개별구간별 모형에서는 5개의 기본구간자료가 5개의 모형구축에 각각 사용되었고, 통합모형(S)에서는 5개의 기본구간자료가 1개의 모형구축에 사용되었다. 그리고 나머지 5개 기본구간자료는 구간모형과 통합모형의 검증에 사용되었다. 특히, 모형에 사용된 종속변수로는 다차로 고속도로 기본구간의 평균속도(U_S)가 사용되었고, 독립변수로는 다차로 고속도로 기본구간의 차로별 평균속도(U_{S2} 또는 U_{S3})가 사용되었으며, 위의 4.1절에서 결정된 모형들에 이러한 변수들을 적용할 경우 아래와 같이 제시될 수 있다.

$$\text{CUB: } D = \beta_0 + \beta_1 \times U_{Si} + \beta_2 \times U_{Si}^2 + \beta_3 \times U_{Si}^3$$

$$\text{EXP: } D = \beta_0 \times e^{\beta_1 \times U_S}$$

$$\text{POW: } D = \beta_0 \times U_{Si}^{\beta_1}$$

여기서,

U_S : 기본구간 평균속도(km/h)

U_{Si} : 기본구간 i 차로의 평균속도(km/h) ($i=2, 3$)

β_j : 속도함수의 계수 ($j=0, 1, 2, 3$)

한편, 위의 다차로 고속도로 기본구간의 평균속도 추정에서는 중 회귀분석이 사용되었는데, 중 회귀분석을 이용한 속도 추정에서 발생할 수 있는 다중공선성(multi-collinearity)의 문제해결을 위해 축차변수선택법(stepwise)이 이용되었다. 다차로 고속도로의 속도 추정을 위한 개별모형에서는 3차 함수와 지수함수를 포함하여 다양한 함수형태를 보였는데, 결정계수(R^2)값이 0.956~0.974로 나타났다. 반면, 다차로 고속도로의 속도 추정을 위한 통합모형에서는 2차로와

3차로의 평균속도에 대해서 각각 3차 함수, 지수함수 및 멱함수가 상호 비교되었다. 특히, 통합모형에서는 3차로의 평균속도와 함께 지수함수의 결정계수 (R^2)값이 0.943으로 높게 나타났고 3차로의 평균속도와 함께 3차 함수의 결정계수 (R^2)값도 0.940으로 나타났으나, 멱함수의 결정계수 (R^2)값은 0.914로 나타남으로써 지수함수가 가장 높은 설명력을 보여주는 것으로 나타났다.

또한, 평균속도의 추정에 대한 유의확률을 나타내는 F-통계량도 0.000으로 나타나 매우 유의한 것으로 분석되었으며, 개별독립변수의 유의성을 나타내는 값들 역시 유의확률이 모두 0.000으로 매우 유의한 것으로 나타났다(참조 Table 4.2, 4.3, 4.4).

따라서 연구대상 다차로 고속도로의 속도 모형은 3차로의 평균속도(U_{S2})와 함께 지수함수(EXP)모형을 적용하는 것이 가장 높은 설명력을 보여줄 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 4.2 Speed models at freeway segment

Segment	Speed models	R^2	F-sig.
S1	$U_S = 20.7805 + 0.5347 \times U_{S1} + 0.0083 \times U_{S1}^2 - 0.00005 \times U_{S1}^3$	0.956	0.000
S2	$U_S = 27.4615 \times e^{0.0122 \times U_S}$	0.970	0.000
S3	$U_S = 30.6002 \times e^{0.0111 \times U_S}$	0.974	0.000
S4	$U_S = 29.8406 \times e^{0.0113 \times U_S}$	0.974	0.000
S5	$U_S = 23.1562 + 0.4223 \times U_{S3} + 0.0065 \times U_{S3}^2 - 0.00003 \times U_{S3}^3$	0.969	0.000

Table 4.3 Speed models at freeway segments using U_{S2}

Segment	Speed models	R^2	F-sig.
S	CUB $U_S = 41.7502 - 0.4737 \times U_{S2} + 0.0248 \times U_{S2}^2 - 0.0001 \times U_{S2}^3$	0.933	0.000
	EXP $U_S = 7.5865 \times e^{0.5711 \times U_{S2}}$	0.818	0.000
	POW $U_S = 34.2539 \times U_{S2}^{0.0114}$	0.829	0.000

Table 4.4 Speed models at freeway segments using U_{S3}

Segment	Speed models	R^2	F-sig.
S	CUB $U_S = 30.3193 - 0.1144 \times U_{S3} + 0.0155 \times U_{S3}^2 - 0.00007 \times U_{S3}^3$	0.940	0.000
	EXP $U_S = 28.4759 \times e^{0.0119 \times U_{S3}}$	0.943	0.000
	POW $U_S = 7.0319 \times U_{S3}^{0.5722}$	0.914	0.000

4.3 모형검증

이 연구대상 다차로 고속도로(I-696)의 구간 내 10개 기본구간 중에서 속도 모형을 구축하고 남은 5개 기본구간을 대상으로 속도모형을 검증하였으며, 속도모형을 검증하기 위하여 속도모형으로부터 예측된 평균속도 자료(U_{Sexp})와 관측된 평균속도 자료(U_{Sobs})사이의 상관관계분석이 수행되었다.

특히, 두 평균속도 자료사이의 상관관계분석을 수행한 결과, 상관계수(r)값이 통합모형에서 0.9267~0.9547로 모형의 유효성이 매우 높게 나타났다(참조 Fig. 4.1~4.5).

따라서 다차로 고속도로의 기본구간 속도모형을 구축하기 위해서 차량이나 장애물과의 상충 위험이 상대적으로 낮은 3차로의 평균속도와 지수함수 모형을 사용할 경우 보다 높은 모형의 설명력과 유효성을 기대할 수 있을 것으로 판단되었다.

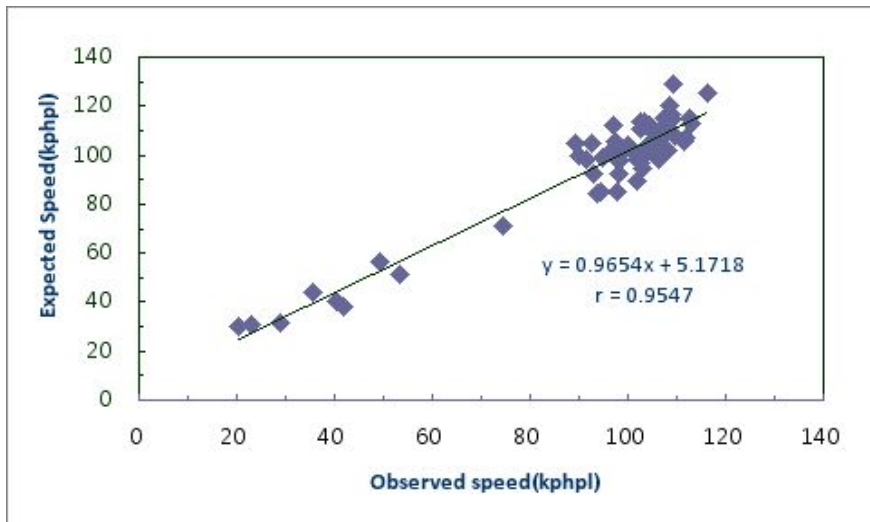


Fig. 4.1 Verification 1

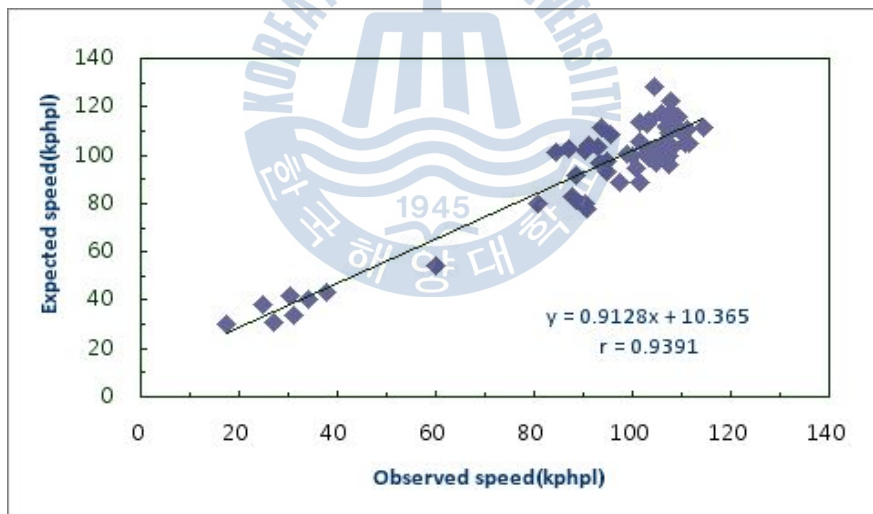


Fig. 4.2 Verification 2

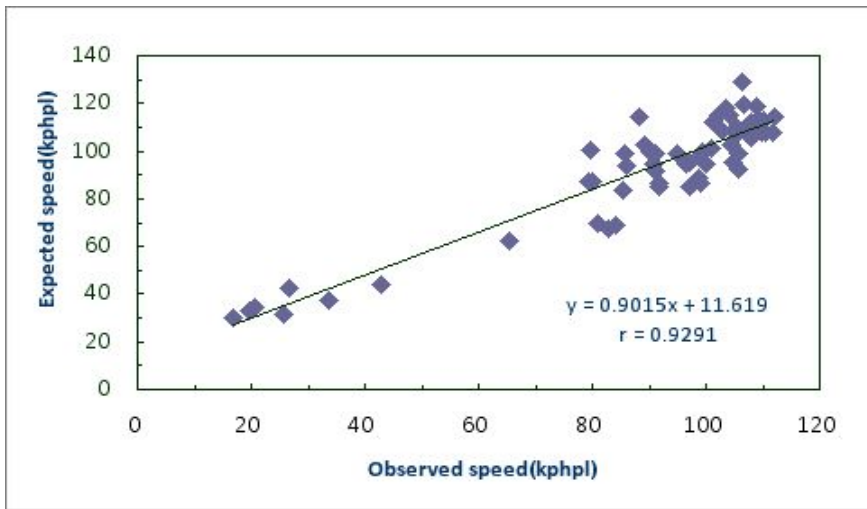


Fig. 4.3 Verification 3

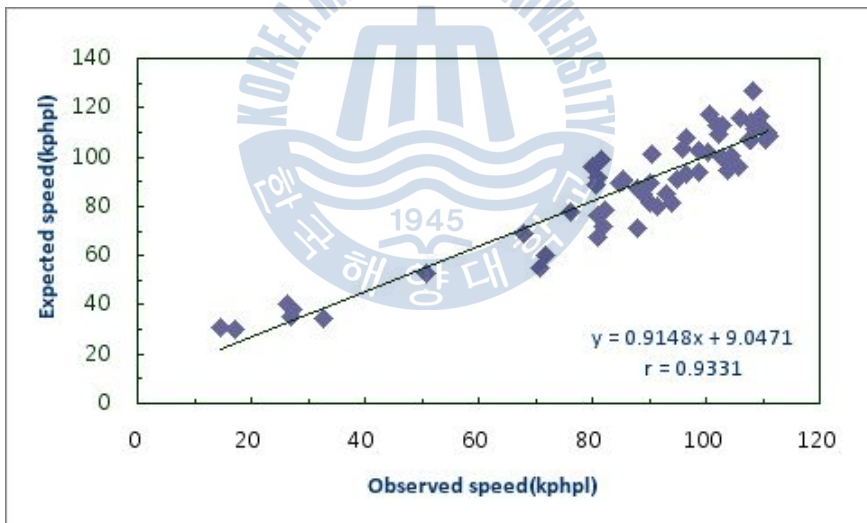


Fig. 4.4 Verification 4

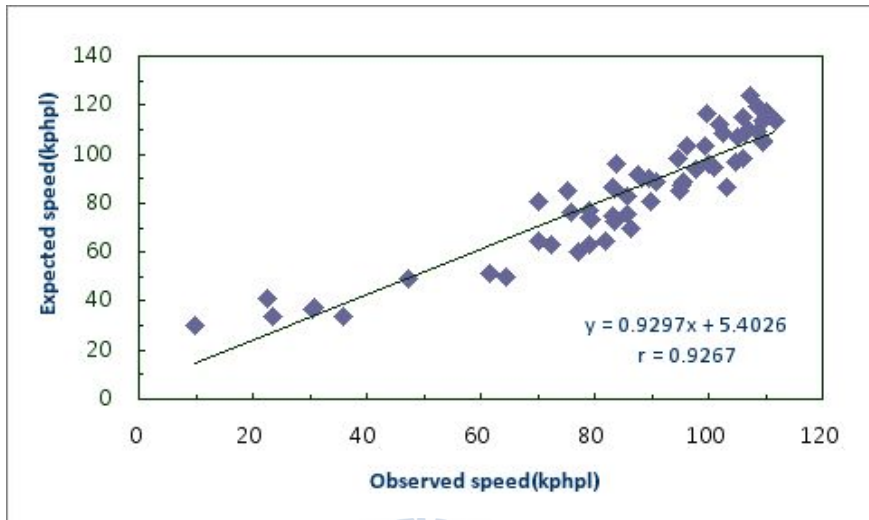


Fig. 4.5 Verification 5

Table 4.5 Verification results of speed model

Segment	Correlation coefficient(r)
Segment 6	0.9547
Segment 7	0.9391
Segment 8	0.9291
Segment 9	0.9331
Segment 10	0.9267

제 5 장 결론 및 향후 연구과제

이 연구대상 다차로 고속도로(I-696)의 10개 기본구간에 대해서 수집된 자료의 분석과 차로별 평균속도를 이용한 속도모형의 구축 및 검증을 통해서 다음과 같은 결론에 도달할 수 있었다.

- i) 다차로 고속도로의 기본구간에 있어서 통행수요가 집중하는 시간대 차로별 교통특성에서 현저한 차이를 보였는데, 특히 고속도로의 안전성을 증대시키고, 교통정체를 감소시키며, 이용률을 극대화시키기 위해서는 각 차로별 특성을 고려한 고속도로 교통관리체계(FTMS)의 수립이 필요할 것으로 판단되었다.
- ii) 다차로 고속도로의 기본구간에서 통행수요가 집중하는 시간대 기본구간의 평균속도는 2차로나 3차로의 평균속도와 상관성이 있다는 사실을 확인할 수 있었고, 특히 기본구간의 평균속도와 차로별 평균속도사이의 상관성을 비교 분석해본 결과, 기본구간의 평균속도가 3차로 평균속도(U_{S3})와 높은 상관성을 확인할 수 있었다.
- iii) 다차로 고속도로에서 통행수요가 집중하는 시간대 기본구간의 속도특성은 3차 함수, 지수함수 또는 멱함수와 부합되는 것으로 나타났으나, 특히 차로별 속도를 고려할 경우 지수함수 모형이 가장 적합한 것으로 나타났으며, 3차로의 속도와 지수함수 모형을 구축한 결과, 0.943의 결정계수(R^2)값으로 높은 설명력을 보여 주었다.
- iv) 다차로 고속도로에서 통행수요가 집중하는 시간대 기본구간 내 속도모형의 검증을 실시한 결과, 특히 상관계수(r)값이 0.9316~0.9526으로 높게 나타남으로써 3차로의 속도특성을 이용한 지수함수 모형이 다차로 고속도로의 기본구간 속도추정에 매우 유효하다는 사실을 확인할 수 있었다.

V) 미국의 다차로 고속도로와 국내 다차로 고속도로가 통행특성에서 다소 차이를 보일 수도 있겠으나, 통행수요가 집중하는 시간대에 국내 다차로 고속도로의 기본구간 내 속도추정에서는 이 속도모형이 상당히 유효할 것으로 생각되며, 특히 출퇴근 통행특성이 강한 대도시 주변 다차로 고속도로에서는 높은 설명력과 유효성을 보일 것으로 판단되었다.

따라서 이 연구에서 제시된 다차로 고속도로의 기본구간 내 속도모형은 통행수요가 집중되고 유사한 기하구조와 통행특성을 가지는 기본구간의 평균속도를 추정할 수 있는 척도로 사용되어질 수 있을 것으로 판단되며, 향후 다양한 기하구조특성과 통행특성을 고려한 고속도로에 대해서도 추가적인 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 생각된다.

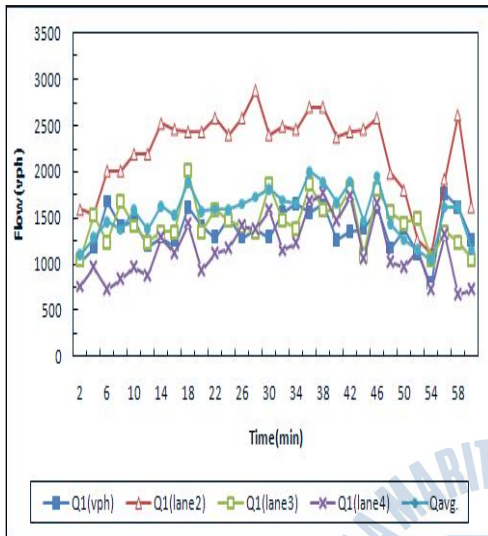


참 고 문 헌

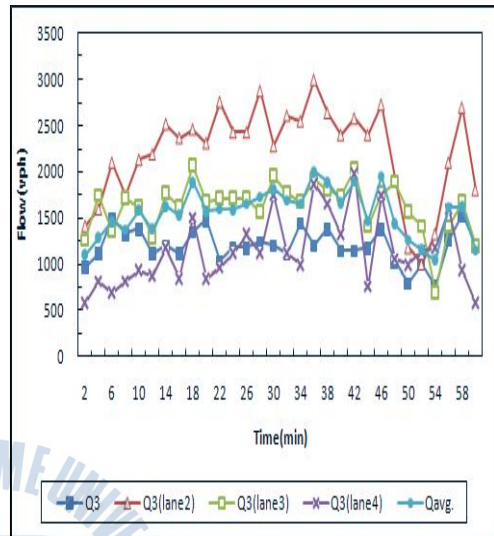
- 1) 건설교통부, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000.
- 2) 건설교통부, 도로용량편람, 2005.
- 3) 도철웅, <교통공학원론(상)>, 청문각(2005).
- 4) 이승준, 「도시고속도로 차로별 교통류특성에 관한 연구」 서울대학교 대학원 학위논문(1998).
- 5) 김동수, 「ITS 상황 하에서 도시고속도로의 유출입램프 접속구간내 속도예측모형 구축에 관한 연구」 한국해양대학교 대학원 학위논문(2000).
- 6) 김승길, 「70mph 제한 속도를 갖는 고속도로 연결로 접속부상에서의 속도추정모형에 관한 연구」 한국해양대학교 대학원 학위논문(2000)
- 7) 김정서, 「도시고속도로의 유입연결로 접속부내 선형의 속도-밀도 모형구축에 관한 연구」 한국해양대학교 대학원 학위논문(2006).
- 8) Rigert J. and Urbank II T., Study of Freeway Bottlenecks in Texas, Transportation Research Record 1398, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1993.
- 9) Masao, K., Masaki, K. and Takashi, S., Capacity and Speed of Weaving Sections of Tokyo Metropolitan Expressway, ITE Journal, March, pp. 27-32, 1991.
- 10) Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Washington, D.C., 2000.
- 11) America Association of State Highway and Transportation Officials, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, Washington, D.C., 2004.

<부록>

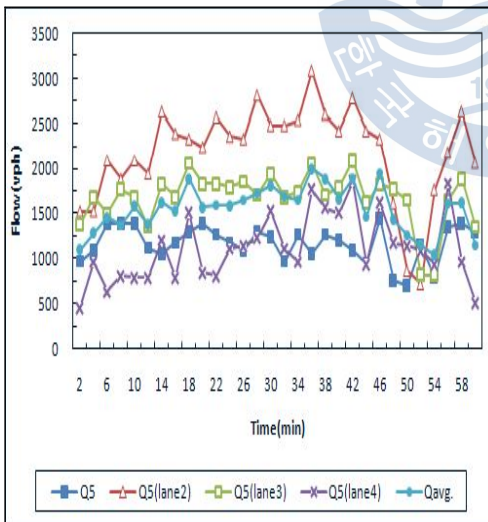
A. Flow distribution



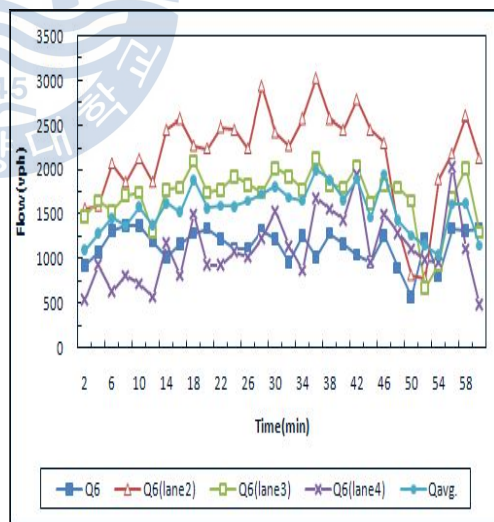
(segment 1)



(segment 3)

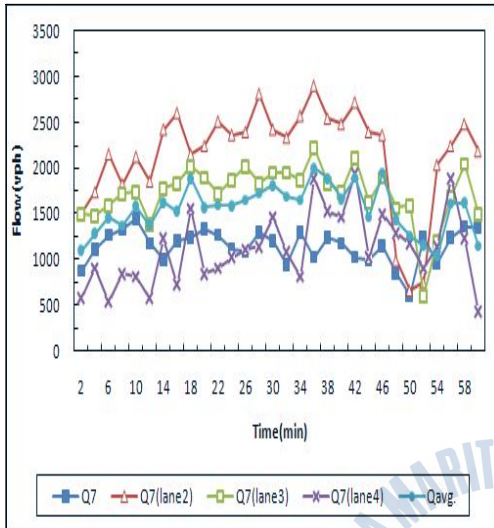


(segment 5)

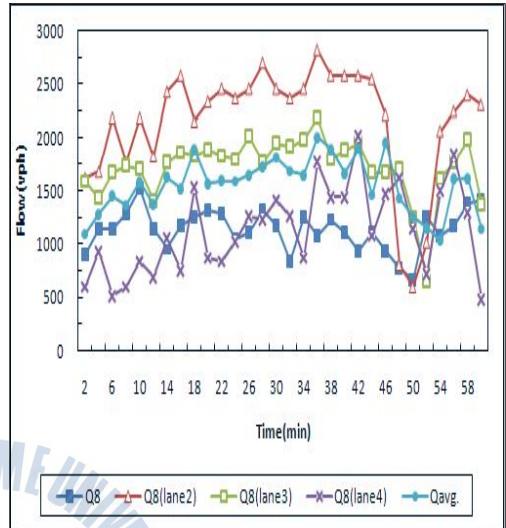


(segment 6)

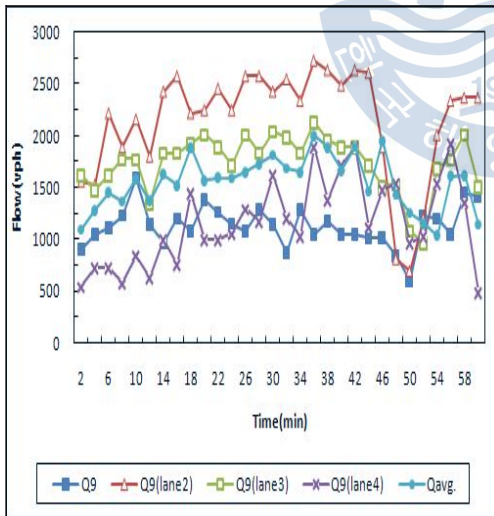
(continue)



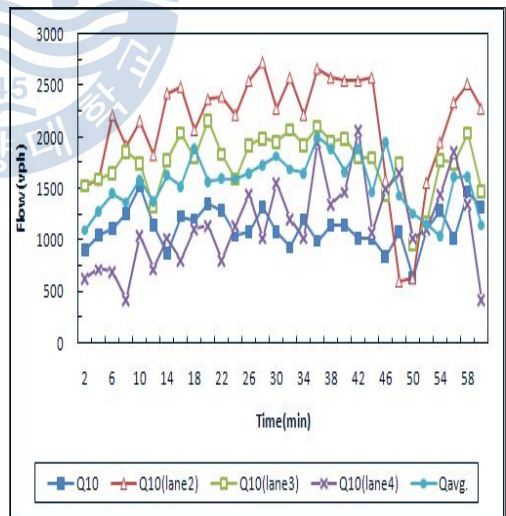
(segment 7)



(segment 8)



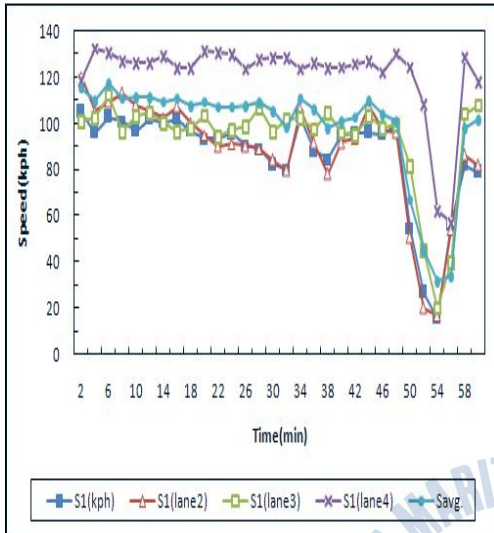
(segment 9)



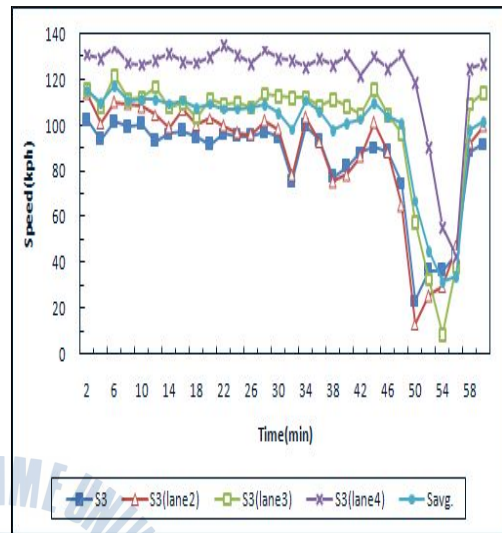
(segment 10)

<부록>

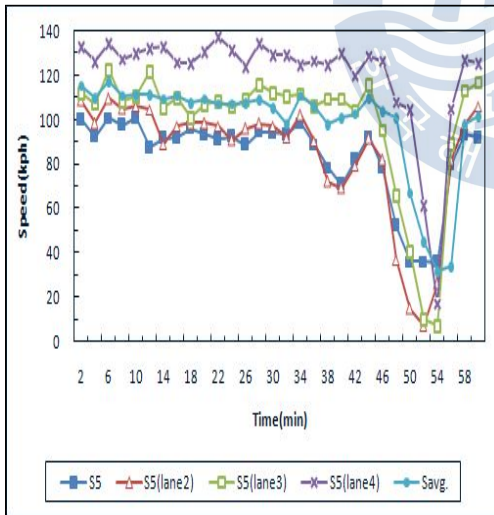
B. Speed distribution



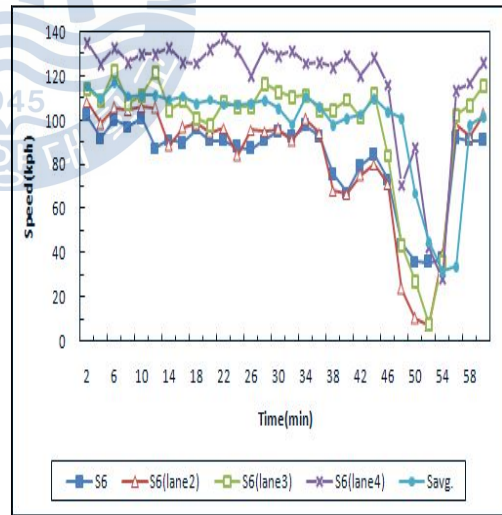
(segment 1)



(segment 3)

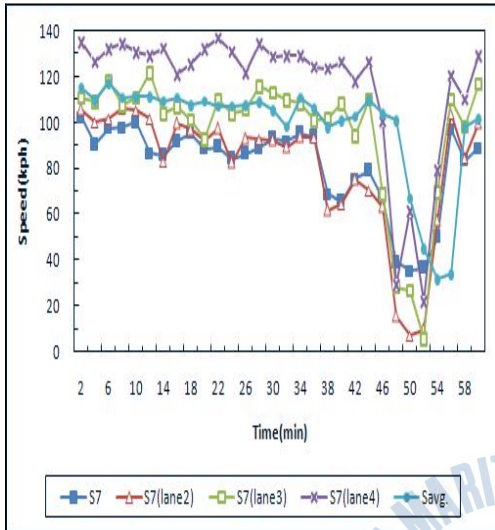


(segment 5)

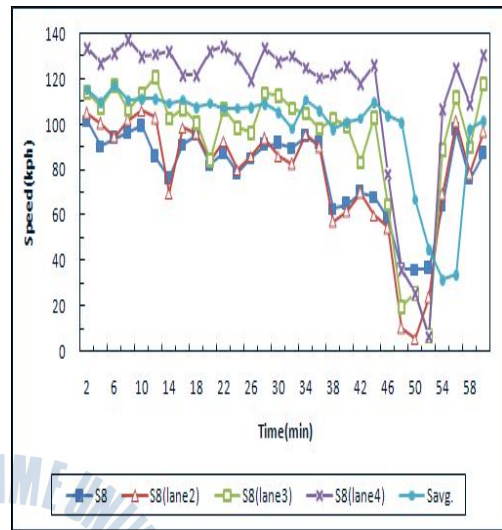


(segment 6)

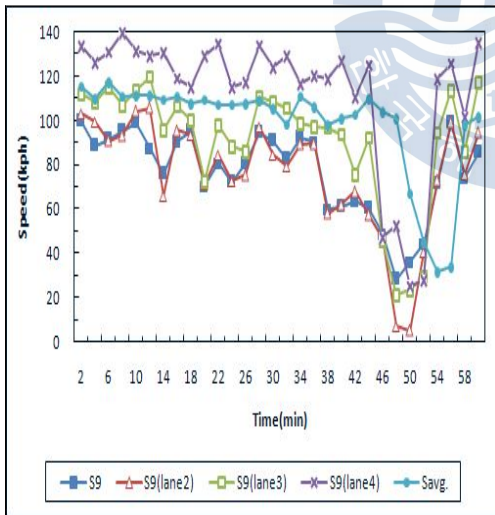
(continue)



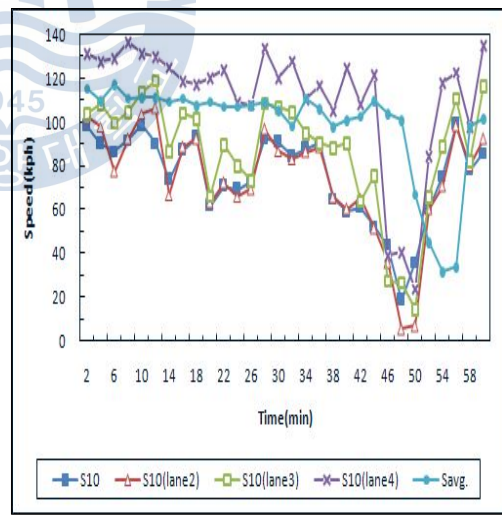
(segment 7)



(segment 8)



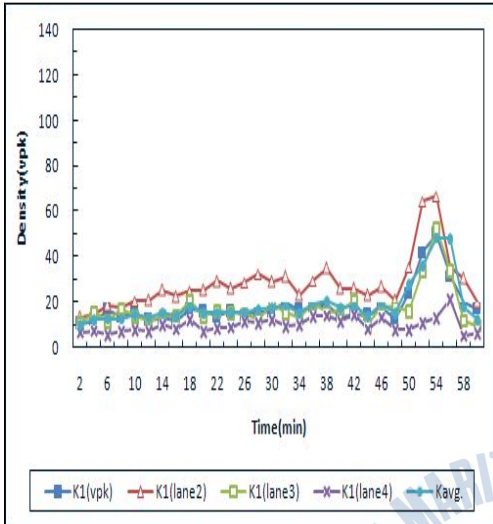
(segment 9)



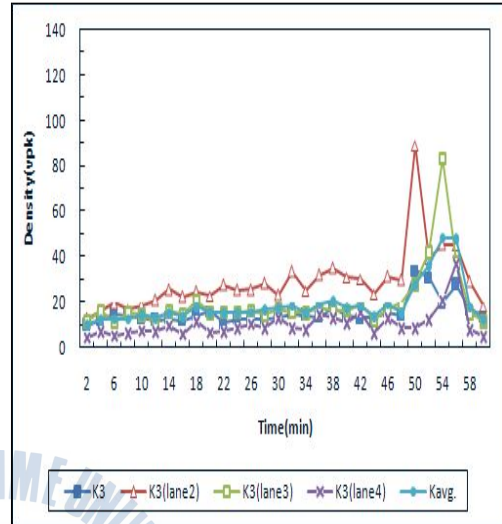
(segment 10)

<부록>

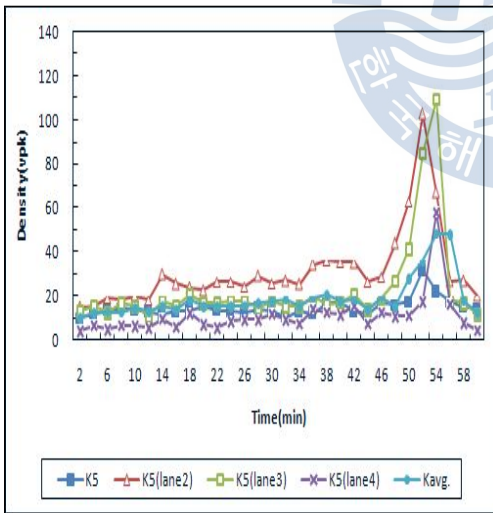
C. Density distribution



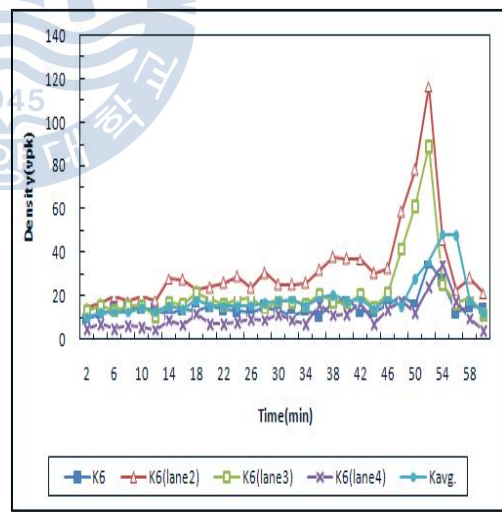
(segment 1)



(segment 3)

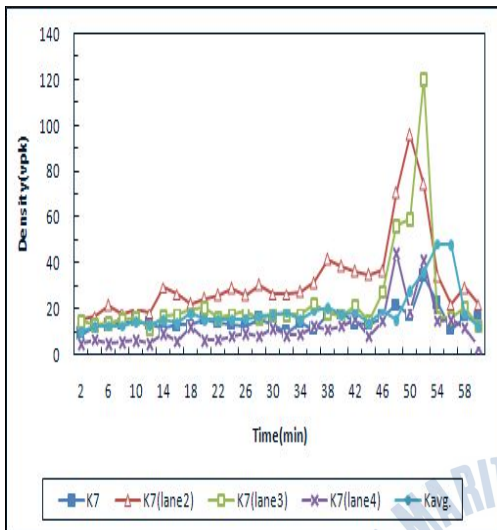


(segment 5)

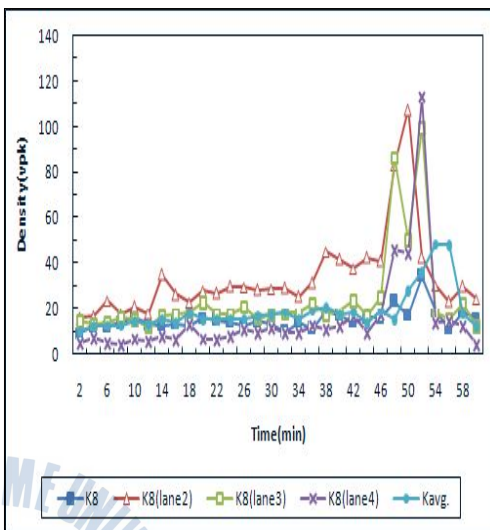


(segment 6)

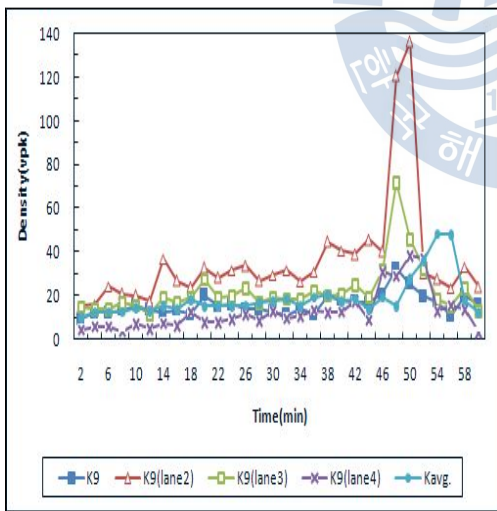
(continue)



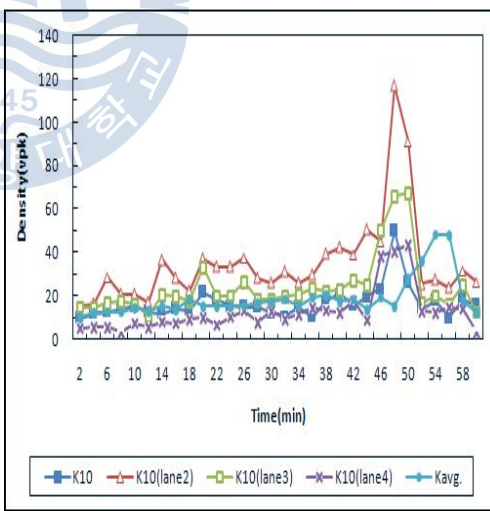
(segment 7)



(segment 8)



(segment 9)



(segment 10)