



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.

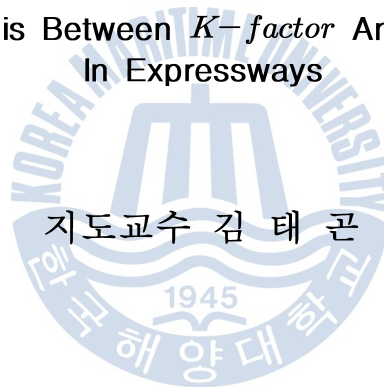
[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

고속도로의 $K-factor$ 와 차로별 점유율사이의
상관분석에 관한 연구

Correlation Analysis Between $K-factor$ And Lane Occupancy
In Expressways

지도교수 김 태 곤



2015년 2월

한국해양대학교 대학원

토목환경공학과 전 재 현

本 論文을 田 在玟의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

위원장 이 중 우 (인)

위 원 이 재 하 (인)

위 원 김 태 곤 (인)

2014년 12월 23일

한국해양대학교 대학원

목 차

목 차	i
Nomenclature	iii
List of Tables	v
List of Figures	vii
Abstract	xiii
제 1 장 서 론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 목적	3
1.3 연구 수행과정	3
제 2 장 문헌연구	5
2.1 국외 문헌연구	5
2.2 국내 문헌연구	8
제 3 장 자료 수집 및 분석	11
3.1 자료 수집	11
3.2 자료 분석	13
제 4 장 점유율(O)과 시간교통량비율(K -factor)의 상관관계분석 ...	65
4.1 상관관계분석의 개념	65

4.2 점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)의 상관관계분석	65
제 5 장 모형 구축 및 검증	79
5.1 모형 구축	79
5.2 모형 검증	105
제 6 장 결론 및 향후 연구과제	132
참 고 문 헌	134



Nomenclature

Q	Flow rate for 1hour(veh/h)
n	Number of vehicles observed(veh)
T	Unit time(1hour)
h_i	Headway of each vehicle i (sec)
q_i	Each vehicle i (veh)
U_s	Spot mean speed(km/h)
u_i	Spot speed for each vehicle i (m/sec)
D	Distance between loop detectors at spot(m)
$\bar{t}$	Mean travel time(sec)
d_h	Mean distance headway(m)
K	Density(veh/km)
$\bar{t}_h$	Mean time headway(sec)
O	Occupancy(%)
$(t_o)_i$	Time that detector is occupied by i -th vehicle(sec)
β_j	Regression coefficients($j=0, 1, 2, 3$)
r	Correlation coefficients
O_j	Occupancy observed at j -th hour(%)
K_j	Density calculated at j -th hour(veh/km)
N	Number of paired samples
O_i	Occupancy of i -th lane(%)($i = 1, 2, 3, 4$)
β_j	Regression coefficients($j = 0, 1$)
$K-factor_{cal}$	Density calculated(veh/km)
$K-factor_{exp}$	Density expected(veh/km)
$(K-factor_{cal})_i$	i -th density calculated(veh/km)

$(K-factor_{exp})_i$	$i-th$ density expected(veh/km)
t	t statistic of matched paired samples
s_D	Standard deviation of difference in $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ (veh/km)
$\bar{D}$	Mean of difference in $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ (veh/km)
D_i	Difference in $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ (veh/km)



List of Tables

Table 2. 1	Typical K -factors	6
Table 3. 1	Stations selected for analyses(unit: km)	11
Table 3. 2	Geometry of expressways under the study	12
Table 3. 3	Flow analysis in EX-1(veh/h/l, %)	16
Table 3. 4	Flow analysis by lane in EX-1(NB)(veh/h/l)	17
Table 3. 5	Flow analysis by lane in EX-1(SB)(veh/h/l)	19
Table 3. 6	Flow analysis in EX-10(veh/h/l, %)	20
Table 3. 7	Flow analysis by lane in EX-10(EB)(veh/h/l)	21
Table 3. 8	Flow analysis by lane in EX-10(WB)(veh/h/l)	22
Table 3. 9	Speed analysis in EX-1(km/h, %)	27
Table 3.10	Speed analysis by lane in EX-1(NB)(km/h)	28
Table 3.11	Speed analysis by lane in EX-1(SB)(km/h)	30
Table 3.12	Speed analysis in EX-10(km/h, %)	31
Table 3.13	Speed analysis by lane in EX-10(EB)(km/h)	32
Table 3.14	Speed analysis by lane in EX-10(WB)(km/h)	33
Table 3.15	Occupancy analysis in EX-1(%)	38
Table 3.16	Occupancy analysis by lane in EX-1(NB)(%)	39
Table 3.17	Occupancy analysis by lane in EX-1(SB)(%)	41
Table 3.18	Occupancy analysis in EX-10(%)	42
Table 3.19	Occupancy analysis by lane in EX-10(EB)(%)	43
Table 3.20	Occupancy analysis by lane in EX-10(WB)(%)	44
Table 3.21	Density analysis in EX-1(veh/km, %)	49
Table 3.22	Density analysis by lane in EX-1(NB)(veh/km)	50
Table 3.23	Density analysis by lane in EX-1(SB)(veh/km)	52
Table 3.24	Density analysis in EX-10(veh/km, %)	53
Table 3.25	Density analysis by lane in EX-10(EB)(veh/km)	54
Table 3.26	Density analysis by lane in EX-10(WB)(veh/km)	55
Table 3.27	K -factor analysis in EX-1(%)	59
Table 3.28	K -factor analysis in EX-10(%)	62

Table 4. 1	Correlation analysis between O and K -factor in EX-1	67
Table 4. 2	Correlation analysis between O and K -factor in EX-10	73
Table 5. 1	K -factor predictive models in EX-1	82
Table 5. 2	K -factor predictive models in EX-1 for weekday	82
Table 5. 3	K -factor predictive models in EX-1 for weekend	83
Table 5. 4	K -factor predictive models in EX-10	94
Table 5. 5	K -factor predictive models in EX-10 for weekday	94
Table 5. 6	K -factor predictive models in EX-10 for weekend	95
Table 5. 7	Correlation analysis between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-1	107
Table 5. 8	Correlation analysis between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-1 for weekday	108
Table 5. 9	Correlation analysis between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-1 for weekend	108
Table 5. 10	t-Test results between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-1	109
Table 5. 11	t-Test results between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-1 for weekday	109
Table 5. 12	t-Test results between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-1 for weekend	109
Table 5. 13	Correlation analysis between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-10	120
Table 5. 14	Correlation analysis between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-10 for weekday	120
Table 5. 15	Correlation analysis between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-10 for weekend	121
Table 5. 16	t-Test results between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-10	121
Table 5. 17	t-Test results between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-10 for weekday	121
Table 5. 18	t-Test results between K -factor _{cal} and K -factor _{exp} in EX-10 for weekend	122

List of Figures

Figure 1. 1	Expressways under the study	2
Figure 1. 2	Process of study	4
Figure 2. 1	Ranked hourly volumes(Source: HCM2000)	7
Figure 2. 2	Ranked hourly volumes(Source: AASHTO)	7
Figure 2. 3	Ranked hourly volumes(Source: MLTM)	9
Figure 3. 1	Expressway segments under the study	12
Figure 3. 2	3D Flow graph by lane in EX-1(NB)	14
Figure 3. 3	3D Flow graph by lane in EX-1(SB)	14
Figure 3. 4	3D Flow graph by lane in EX-10(EB)	15
Figure 3. 5	3D Flow graph by lane in EX-10(WB)	15
Figure 3. 6	Flow distribution in EX-1(NB)	17
Figure 3. 7	Flow distribution in EX-1(SB)	18
Figure 3. 8	Flow distribution in EX-10(EB)	20
Figure 3. 9	Flow distribution in EX-10(WB)	22
Figure 3.10	3D Speed graph by lane in EX-1(NB)	25
Figure 3.11	3D Speed graph by lane in EX-1(SB)	25
Figure 3.12	3D Speed graph by lane in EX-10(EB)	26
Figure 3.13	3D Speed graph by lane in EX-10(WB)	26
Figure 3.14	Speed distribution in EX-1(NB)	28
Figure 3.15	Speed distribution in EX-1(SB)	29
Figure 3.16	Speed distribution in EX-10(EB)	31
Figure 3.17	Speed distribution in EX-10(WB)	33
Figure 3.18	3D Occupancy graph by lane in EX-1(NB)	36
Figure 3.19	3D Occupancy graph by lane in EX-1(SB)	36
Figure 3.20	3D Occupancy graph by lane in EX-10(EB)	37
Figure 3.21	3D Occupancy graph by lane in EX-10(WB)	37
Figure 3.22	Occupancy distribution in EX-1(NB)	39

Figure 3.23	Occupancy distribution in EX-1(SB)	40
Figure 3.24	Occupancy distribution in EX-10(EB)	42
Figure 3.25	Occupancy distribution in EX-10(WB)	44
Figure 3.26	3D Density graph by lane in EX-1(NB)	47
Figure 3.27	3D Density graph by lane in EX-1(SB)	47
Figure 3.28	3D Density graph by lane in EX-10(EB)	48
Figure 3.29	3D Density graph by lane in EX-10(WB)	48
Figure 3.30	Density distribution in EX-1(NB)	50
Figure 3.31	Density distribution in EX-1(SB)	51
Figure 3.32	Density distribution in EX-10(EB)	53
Figure 3.33	Density distribution in EX-10(WB)	55
Figure 3.34	3D K -factor graph in EX-1	58
Figure 3.35	3D K -factor graph in EX-10	58
Figure 3.36	K -factor distribution in EX-1(NB)	60
Figure 3.37	K -factor distribution in EX-1(SB)	61
Figure 3.38	K -factor distribution in EX-10(EB)	62
Figure 3.39	K -factor distribution in EX-10(WB)	63
Figure 4. 1	Correlation between O_i and K -factor in EX-1(NB)	68
Figure 4. 2	Correlation between O and K -factor in EX-1(NB)	68
Figure 4. 3	Correlation between O_i and K -factor in EX-1(SB)	69
Figure 4. 4	Correlation between O and K -factor in EX-1(SB)	69
Figure 4. 5	Correlation between O_i and K -factor in EX-1	71
Figure 4. 6	Correlation between O and K -factor in EX-1	71
Figure 4. 7	Correlation between O_i and K -factor in EX-10(EB)	74
Figure 4. 8	Correlation between O and K -factor in EX-10(EB)	74
Figure 4. 9	Correlation between O_i and K -factor in EX-10(WB)	75
Figure 4.10	Correlation between O and K -factor in EX-10(WB)	75
Figure 4.11	Correlation between O_i and K -factor in EX-10	77
Figure 4.12	Correlation between O and K -factor in EX-10	77

Figure 5. 1	LIN Model of K -factor in EX-1(NB)	83
Figure 5. 2	LOG Model of K -factor in EX-1(NB)	84
Figure 5. 3	LIN Model of K -factor in EX-1(SB)	85
Figure 5. 4	LOG Model of K -factor in EX-1(SB)	85
Figure 5. 5	LIN Model of K -factor in EX-1	86
Figure 5. 6	LOG Model of K -factor in EX-1	86
Figure 5. 7	LIN Model of K -factor in EX-1(NB) for weekday	87
Figure 5. 8	LOG Model of K -factor in EX-1(NB) for weekday	87
Figure 5. 9	LIN Model of K -factor in EX-1(SB) for weekday	88
Figure 5.10	LOG Model of K -factor in EX-1(SB) for weekday	88
Figure 5.11	LIN Model of K -factor in EX-1 for weekday	89
Figure 5.12	LOG Model of K -factor in EX-1 for weekday	89
Figure 5.13	LIN Model of K -factor in EX-1(NB) for weekend	90
Figure 5.14	LOG Model of K -factor in EX-1(NB) for weekend	90
Figure 5.15	LIN Model of K -factor in EX-1(SB) for weekend	91
Figure 5.16	LOG Model of K -factor in EX-1(SB) for weekend	91
Figure 5.17	LIN Model of K -factor in EX-1 for weekend	92
Figure 5.18	LOG Model of K -factor in EX-1 for weekend	92
Figure 5.19	LIN Model of K -factor in EX-10(EB)	95
Figure 5.20	LOG Model of K -factor in EX-10(EB)	96
Figure 5.21	LIN Model of K -factor in EX-10(WB)	96
Figure 5.22	LOG Model of K -factor in EX-10(WB)	97
Figure 5.23	LIN Model of K -factor in EX-10	97
Figure 5.24	LOG Model of K -factor in EX-10	98
Figure 5.25	LIN Model of K -factor in EX-10(EB) for weekday	98
Figure 5.26	LOG Model of K -factor in EX-10(EB) for weekday	99
Figure 5.27	LIN Model of K -factor in EX-10(WB) for weekday	99
Figure 5.28	LOG Model of K -factor in EX-10(WB) for weekday	100
Figure 5.29	LIN Model of K -factor in EX-10 for weekday	100

Figure 5.30	LOG Model of K -factor in EX-10 for weekday	101
Figure 5.31	LIN Model of K -factor in EX-10(EB) for weekend	101
Figure 5.32	LOG Model of K -factor in EX-10(EB) for weekend	102
Figure 5.33	LIN Model of K -factor in EX-10(WB) for weekend	102
Figure 5.34	LOG Model of K -factor in EX-10(WB) for weekend	103
Figure 5.35	LIN Model of K -factor in EX-10 for weekend	103
Figure 5.36	LOG Model of K -factor in EX-10 for weekend	104
Figure 5.37	Verification of LIN K -factor Model in EX-1(NB)	110
Figure 5.38	Verification of LOG K -factor Model in EX-1(NB)	110
Figure 5.39	Verification of LIN K -factor Model in EX-1(SB)	111
Figure 5.40	Verification of LOG K -factor Model in EX-1(SB)	111
Figure 5.41	Verification of LIN K -factor Model in EX-1	112
Figure 5.42	Verification of LOG K -factor Model in EX-1	112
Figure 5.43	Verification of LIN K -factor Model in EX-1(NB) for weekday	113
Figure 5.44	Verification of LOG K -factor Model in EX-1(NB) for weekday	113
Figure 5.45	Verification of LIN K -factor Model in EX-1(SB) for weekday	114
Figure 5.46	Verification of LOG K -factor Model in EX-1(SB) for weekday	114
Figure 5.47	Verification of LIN K -factor Model in EX-1 for weekday	115
Figure 5.48	Verification of LOG K -factor Model in EX-1 for weekday	115
Figure 5.49	Verification of LIN K -factor Model in EX-1(NB) for weekend	116
Figure 5.50	Verification of LOG K -factor Model in EX-1(NB) for weekend	116

Figure 5.51	Verification of LIN K -factor Model in EX-1(SB) for weekend	117
Figure 5.52	Verification of LOG K -factor Model in EX-1(SB) for weekend	117
Figure 5.53	Verification of LIN K -factor Model in EX-1 for weekend	118
Figure 5.54	Verification of LOG K -factor Model in EX-1 for weekend	118
Figure 5.55	Verification of LIN K -factor Model in EX-10(EB)	122
Figure 5.56	Verification of LOG K -factor Model in EX-10(EB)	123
Figure 5.57	Verification of LIN K -factor Model in EX-10(WB)	123
Figure 5.58	Verification of LOG K -factor Model in EX-10(WB)	124
Figure 5.59	Verification of LIN K -factor Model in EX-10	124
Figure 5.60	Verification of LOG K -factor Model in EX-10	125
Figure 5.61	Verification of LIN K -factor Model in EX-10(EB) for weekday	125
Figure 5.62	Verification of LOG K -factor Model in EX-10(EB) for weekday	126
Figure 5.63	Verification of LIN K -factor Model in EX-10(WB) for weekday	126
Figure 5.64	Verification of LOG K -factor Model in EX-10(WB) for weekday	127
Figure 5.65	Verification of LIN K -factor Model in EX-10 for weekday	127
Figure 5.66	Verification of LOG K -factor Model in EX-10 for weekday	128
Figure 5.67	Verification of LIN K -factor Model in EX-10(EB) for weekend	128
Figure 5.68	Verification of LOG K -factor Model in EX-10(EB) for	

weekend	129
Figure 5.69 Verification of LIN K -factor Model in EX-10(WB) for weekend	129
Figure 5.70 Verification of LOG K -factor Model in EX-10(WB) for weekend	130
Figure 5.71 Verification of LIN K -factor Model in EX-10 for weekend	130
Figure 5.72 Verification of LOG K -factor Model in EX-10 for weekend	131



Correlation Analysis Between K -factor and Lane Occupancy in Expressways

Jae Hyun Jeon

Department of Civil and Environmental Engineering,

Graduate School, Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea

Abstract

Expressways are generally classified into urban and rural ones by the region or location of the expressway as the exclusive motorways, and also arterial highways that have medians and two lanes or more in one direction with full control of access. However, most expressways in Korea are experiencing transportation problems with increased traffic volumes and high proportions of heavy vehicles, because they are focused on a big cities in the country and are not properly linked with the small cities. Thus, it is strongly needed to study the traffic characteristics for improving the expressway traffic management system(ETMS) in expressways.

The purpose of this study is to identify the lane traffic characteristics(volume, speed, occupancy, density and K -factor) at the 8-lane basic segments for the reserved lane system aimed at Gyeongbu and Namhae expressways, conduct correlation analysis between lane occupancy and K -factor at the 8-lane basic expressway segments for the reserved lane system, and finally select the appropriate regression model between the lane occupancy and K -factor at the 8-lane basic expressway

segments for the reserved lane system.

From the traffic characteristic analysis, correlation analysis of lane occupancy and *K-factor*, and modeling between lane occupancy and *K-factor* in the 8-lane basic expressway segments for the reserved lane system, the following conclusions were drawn:

i) Traffic characteristic analyses appeared to show a distinct difference depending on the direction, day of the week, time of the day and location of lane. So, it was concluded that the expressway traffic management systems(ETMS) based on traffic characteristics could be very effective in improving the safety and mobility of expressways

ii) Correlation analyses appeared to show the highest correlation between *K-factor* and the 2nd lane occupancy and the lowest correlation between *K-factor* and the 4th lane occupancy regardless of the direction in expressways. So, it is concluded that the 2nd lane occupancy could be very effective in building the *K-factor* models of expressway

iii) *K-factor* appeared to show a linear relationship with the 2nd lane occupancy by the high determination coefficients(R^2) and valid probability(p-value) in expressways, in case of aggregating weekday and weekend. So, it was concluded that linear *K-factor* models could be effective in predicting *K-factor* for the whole week.

iv) *K-factor* appeared to show the linear or logarithmic relationship with the 2nd lane occupancy by the high determination coefficients(R^2) and

valid probability(p-value) in expressways, in case of segregating weekday and weekend. So, it was concluded that linear or logarithmic *K-factor* models could be effective in predicting *K-factor* for weekday or weekend.



1. 서 론

1.1 연구 배경

국내의 도로용량편람(국토해양부, 2013)에서 ‘고속도로(expressways)란 중앙분리대가 설치되어 있고, 한 방향 2차로 이상의 차로를 가진 최상급 도로로서, 이 도로를 이용하는 차량은 반드시 연결로를 통해서만 출입할 수 있는 완전 출입통제 방식을 취한다.’라고 정의하고 있다. 일반적으로 국내 고속도로는 고속도로의 위치와 지역에 따라 도시부 고속도로(urban expressways)와 지방부 고속도로(rural expressways)로 분류되고 있고 고속도로의 등급은 연결로 접속부나 기본구간에서 첨두시간대 발생하는 교통정체의 서비스수준(level of service, LOS)에 의해 평가되는데, 지속적인 고속도로의 확충과 함께 개인교통수단의 이동성(mobility)향상과 화물수송차량의 수송능력 증진에 막대한 기여를 하고 있음에도 불구하고 날로 급증하는 교통량으로 인하여 고속도로가 겪고 있는 심각한 교통문제는 국가경제에 막대한 영향을 미치고 있는 상황이다.

이러한 국내 고속도로의 교통문제를 해결하기 위해서는 새로운 고속도로의 건설이나 추가적인 도로확충이 시급하게 요구되지만, 새로운 도로건설 및 확충에는 막대한 예산과 시간이 소요되기 때문에 단 기간 내에 고속도로의 교통문제를 해결하는 데에는 한계에 직면할 수밖에 없고, 또한 고속도로 주변지역의 개발에 따른 토지이용수요의 증가와 함께 고속도로의 교통량 증가로 교통문제는 한층 더 심화되고 있기 때문에 중앙정부의 재정여건이 허용되는 범위 내에서 시설확충과 더불어 기존 시설에 대한 교통특성연구를 통해 고속도로의 관리체계를 개선하는 방안을 모색할 필요성이 날로 증가하고 있다.

그리하여 본 연구에서는 아래 **Figure 1.1**에서 보여주듯이 국내 남북방향 경부고속도로(EX-1)와 동서방향 남해고속도로(EX-10)의 양방향 8차로 기본구간을 대상으로 차로별 통행특성을 비교 분석하고, 차로별 점유율과 시간별교통량비율($K-factor$)사이의 상관분석을 토대로 시간별교통량비율($K-factor$)모형

을 제시함으로써 향후 고속도로의 관리체계개선 연구에 조금이나마 기여하고자 한다.

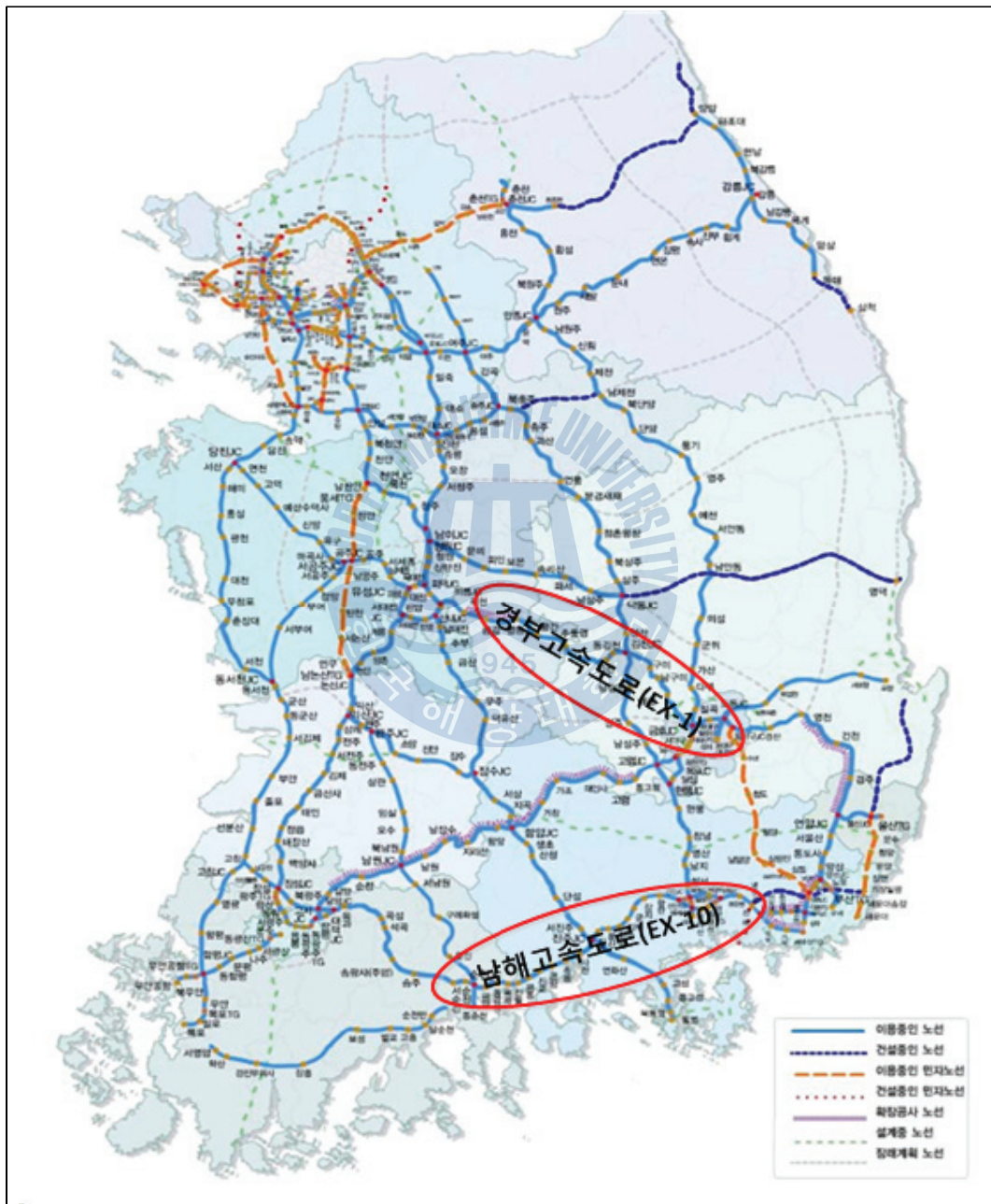


Figure 1.1 Expressways under the study

1.2 연구 목적

대부분의 국내 고속도로(expressways)는 자동차 전용도로로서 지역과 지역 사이의 상호 연계교통체계를 구축하고 있고, 또한 주요 거점지역으로부터 발생되는 대량의 교통량을 신속하게 처리하기 위하여 첨두시간대를 제외하고는 거의 자유흐름속도(free flow speed)를 유지하고 있다. 이러한 국내 고속도로 중에서 남북방향의 경부고속도로(EX-1)는 수도 서울과 국내 최대 무역항인 부산항을 연결하고 있고 동서방향의 남해고속도로(EX-10)는 서부 광양과 부산항을 연결하고 있어서 거점지역의 접근 및 수출입화물수송을 위한 통행량이 집중됨으로써 교통문제가 종종 발생하고 있다.

그리하여 본 연구에서는 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)를 대상으로 대량의 교통량이 발생되고 있는 8차로 기본구간으로부터 관측된 교통특성자료인 차로별 점유율(occupancy)과 일평균교통량(average daily traffic, ADT)에 대한 시간별교통량의 상대비율(%)사이의 상존하는 특성관계의 연구 목적을 위해 연구대상 고속도로의 차로별 교통특성자료(교통량, 속도, 점유율, 밀도 및 시간교통량비율 등)를 수집 가공하고, 차로별 점유율과 시간교통량비율(K -factor)사이의 상관특성에 기초한 선형 및 곡선형의 회귀모형을 구축 검증하며, 마지막으로 보다 설명력 있고 신뢰성이 높은 최적의 K -factor모형을 구축 제시하려고 한다.

1.3 연구 수행과정

본 연구가 위의 연구목적에 중심으로 계획대로 진행되어 기대되는 연구결과를 얻기 위해서는 다음과 같은 단계적 연구수행과정을 필요로 한다.

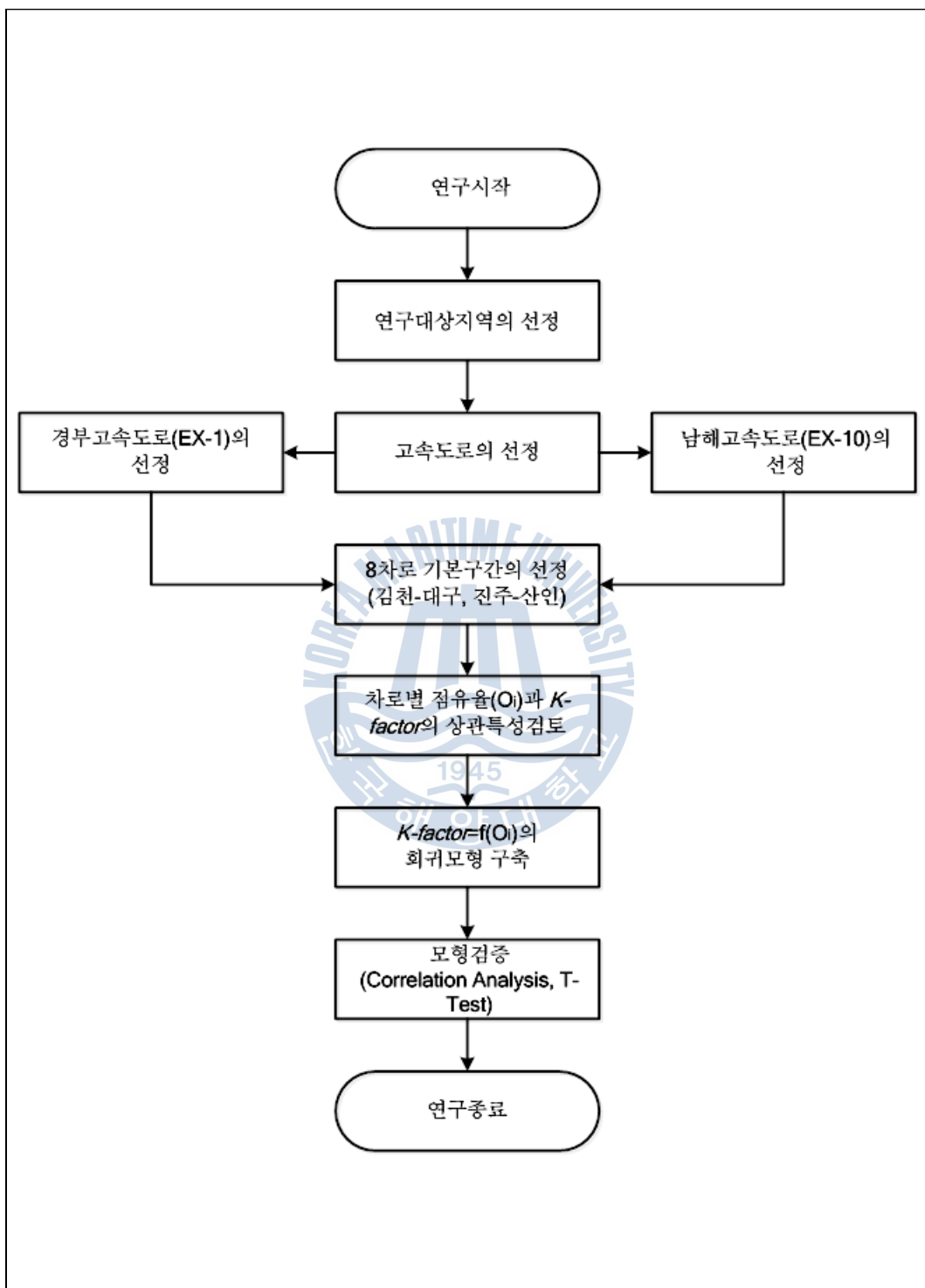


Figure 1.2 Process of study

2. 문헌연구

2.1 국외 문헌연구

시간교통량비율(K -factor)과 관련하여 미국의 HCM(TRB, 2000)에서는 “시간교통량비율(K -factor)은 분석시간에 발생하는 시간교통량(hourly volume, HV)에 대한 연평균일교통량(annual average daily traffic, AADT)의 비율이라고 말하는데, 흔히 소수(decimal fraction)로 표현된다. 일반적으로 도로상의 연평균일교통량(AADT)이 증가하면 시간교통량비율(K -factor)은 감소하게 되고, 높은 수치의 시간교통량비율(K -factor)은 낮은 수치의 시간교통량비율(K -factor)에 비해 감소율이 더 빠르게 나타나고 있으며, 개발밀도가 증가하면 시간교통량비율(K -factor)은 감소하게 된다(참조 Table 2.1). 또한 시간교통량비율(K -factor)가 여가시설이 밀집된 도로시설에서 가장 높게 나타나고, 다음으로 지방부 도로시설, 교외 도로시설 그리고 도시부 도로시설 순으로 점점 감소하는 것으로 나타나고 있다. 그리고 가능하다면 유사한 통행수요특성을 가지는 유사한 시설에 대한 지역 자료를 바탕으로 시간교통량비율(K -factor)이 결정되어야 한다.”라고 보고하고 있고(참조 Figure 2.1), 미국의 AASHTO(2001)에서는 “일반적으로 도로설계에 사용되는 시간교통량(HV)이란 일 년 동안의 시간교통량(HV) 중에서 30번째로 높은 시간교통량(30th HV)으로 30번째 시간교통량(30th HV)지점을 기준으로 좌측에서는 곡선이 급격히 감소하다가 우측에서는 다소 완만하게 감소하는 곡선형태를 취하게 된다. 전형적으로 교통량의 변화가 심하지 않는 지방부 도로에서 30번째 시간교통량(30th HV)은 일평균교통량(average daily traffic, ADT)의 약 15%에 해당하고, 일평균교통량(ADT)의 약 25%에 해당하는 최대 시간교통량(HV)은 30번째 시간교통량(30th HV)에 비해 약 67%정도 증가하는 것으로 나타나며, 일평균교통량(HV)의 약 11.5%에 해당하는 170번째 시간교통량(170th HV)은 30번째 시간교통량(30th HV)에 비해 약 23%정도 감소하는 것으로 나타난다.”고

보고하고 있다(참조 Figure 2.2).

Table 2.1 Typical K -factors

Area Type	K -factor
Urbanized	0.091
Urban	0.093
Transitioning/Urban	0.093
Rural Developed	0.095
Rural Undeveloped	0.100

Source: Florida Department of Transportation

또한, 미국의 May(1990)는 “차량의 점유율은 밀도를 대신하여 사용될 수 있고 차량이 감지기를 점유하고 있는 시간의 비율로서 결정되는데, 이러한 점유율은 계측, 전송 및 계산하기가 쉽고 또한 고속도로의 제어시스템을 위한 제어 변수로서 사용되는 매우 중요한 교통류특성이다.”라고 언급하고 있고, 캐나다의 Hall(1986)은 “고속도로 관리시스템을 위한 세 가지 교통특성자료인 교통량, 점유율과 속도는 쌍으로 설치된 검지기로부터 수집되는데, 일반적으로 점유율은 통행밀도의 추정치로 사용되고 있고 그 자체로는 유용한 변수로 생각되지는 않는다. 특히, 점유율과 밀도사이에 수용 가능한 이론이 제시될 정도로 변함없는 증거가 제시되지 못하기 때문에 고속도로 관리를 위해 점유율이 차량밀도의 바람직한 측정이 되고 검지기 정보로부터 점유율 계산을 위한 기준을 개발할 필요가 있다.”고 언급하고 있으며, Kim and Hall(2004)은 “차량의 평균길이를 고려한 점유율과 밀도의 연구에서 점유율과 밀도사이에 선형성이 보이는 것으로 나타났고 선형관계는 차량의 길이변화에 영향을 받는 것으로 나타났으며 대형트럭의 비율이 점유율과 밀도의 선형관계에 상당한 효과를 미치는 것으로 나타났다.”고 언급하고 있다.

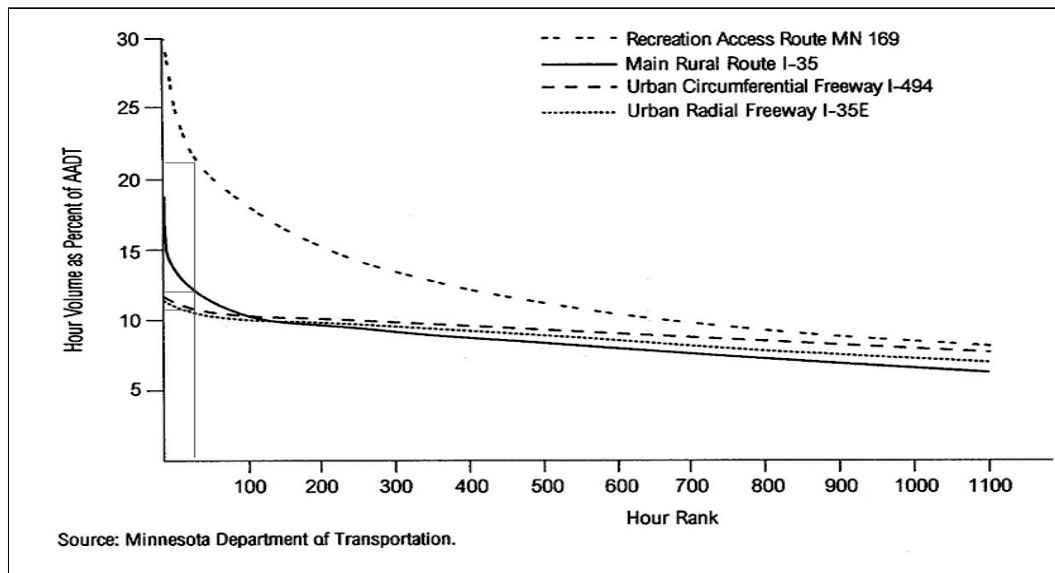


Figure 2.1 Ranked hourly volumes(Source: HCM, 2000)

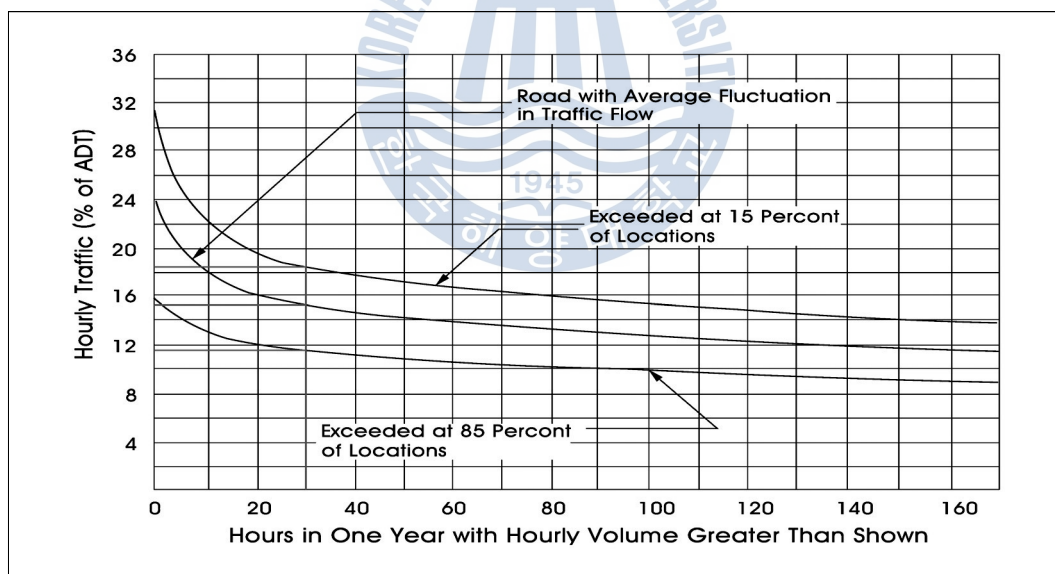


Figure 2.2 Ranked hourly volumes(Source: AASHTO, 2001)

2.2 국내 문헌연구

설계시간계수(K)과 관련하여 국내의 도로설계기준(국토해양부, 2005)에서는 “설계시간계수(K)이란 연평균 일교통량에 대한 설계시간교통량(design hourly volume, DHV)의 비율(백분율)이고, 이 계수는 하루 교통량 중 어느 정도의 교통량을 시간 교통량으로 볼 것인가를 결정해주는 값이다. 일반적으로 대상 도로구간의 상시교통량 조사에서 나타난 1년간의 시간 교통량을 순서대로 나열하여 각 시간 교통량을 나타내는 점들을 완만한 곡선으로 연결한 후 곡선의 기울기가 급격히 변하는 지점의 교통량을 설계시간교통량으로 정할 수 있는데, 설계시간계수는 기울기가 급격히 변하는 지점의 시간 교통량을 연평균일교통량으로 나누어 얻은 값이다.”라고 보고하고 있고, 국내 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(국토해양부, 2009)에서는 “일반적으로 연평균일교통량(AADT)의 증가와 함께 그 대상도로 구간의 30번째 설계시간계수(K_{30})는 감소하고, 30번째 설계시간계수(K_{30})가 높을수록 교통량의 변화가 심하며, 대상도로 구간 인접지역의 개발이 많을수록 30번째 설계시간계수(K_{30})는 감소하고, 관광도로에서 30번째 설계시간계수(K_{30})가 가장 높게 나타나며, 지방부 도로, 도시외곽도로, 도시부 도로 순으로 30번째 설계시간계수(K_{30})가 낮게 나타난다.”고 보고하고 있다(참조 **Figure 2.3**). 오와 임(2007)은 “일반국도를 대상으로 30번째 설계시간계수(K_{30})의 시계열적인 특성 분석에 관한 연구에서 도로설계 시 차로수 결정에 사용되는 적정 설계시간계수(K_{30})의 특성분석과 적정 설계시간계수(K_{30})를 적용하는데 있어 세부기준을 제시하고자 하였다. 이를 위해 국내 93개 일반국도의 상시교통량 조사지점에서 8년 동안 수집한 시간교통량(HV) 및 연평균 일교통량(AADT) 자료를 이용하여 연평균일교통량(AADT) 증가와 시간적 변화에 따른 설계시간계수(K)의 변화를 회귀모형을 통해 분석하였고, 회귀모형은 30번째 시간교통량(30th HV)을 독립변수로 연평균일교통량(AADT)을 종속변수로 하는 상수항이 없는 단순 회귀식으로 구성하였다. 특히, 회귀식은 차로수 구분(2차로, 4차로)과 연평균일교통량(AADT) 수준(3개 그룹)에 따라 별

도로 적용하였는데, 제안한 회귀모형은 추정오차가 작고 모형의 설명력이 높게 나타났으며, 설계시간계수(K)의 시계열적인 변동특성 분석결과, 설계시간계수(K)의 연도별 변화가 크지 않고 차로수 또는 교통량이 클수록 작아지는 특성이 뚜렷하게 확인되었으나 기존방법에서 채택하고 있는 30번째 혹은 100번째 순위의 설계시간계수(K_{30} 혹은 K_{100})가 부합된다는 가정 하에 분석한 것이기 때문에 주 5일제 확대에 따른 여가통행 증가나 도로의 지역적 교통특성 등에 따른 설계시간계수(K) 변화를 반영하지 못하고 있어 향후에 국내 여건에 적합한 최적순위의 설계시간계수(K) 제시를 위한 추가연구가 필요하다.”고 보고하고 있다.

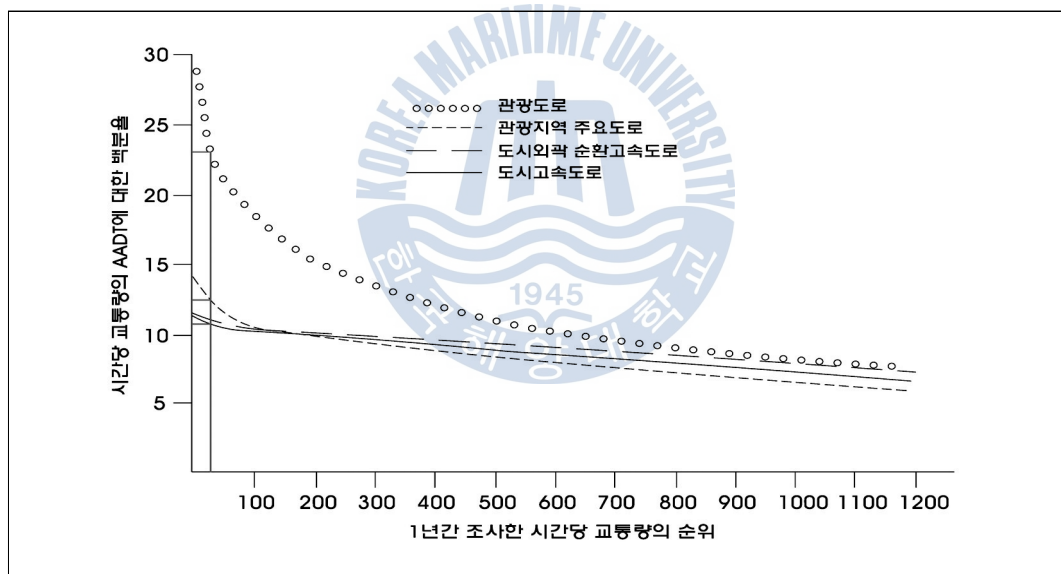


Figure 2.3 Ranked hourly volumes(Source: MLTM)

또한 백 등(2007)은 “차량검지기자료를 이용한 고속도로 설계시간계수(K)의 산정 연구에서 서해안 고속도로의 연간 시간대별 교통량자료를 이용하여 고속도로 설계시간계수(K)의 분석을 통해 정기교통량조사 자료로는 실제 시간교통량 특성을 제대로 반영하기 어렵다는 사실을 알게 되었다. 특히, 정기교통량조사 자료를 이용한 평균 설계시간계수(K)는 기존 지침이나 연구에서 제시되었

던 결과와 다르게 산출되었고, 기존 지침과 상반되게 도시부가 지방부보다 더 높게 나타난 반면, 차량검지기자료를 이용한 설계시간계수(K)는 기존 지침에서 제시된 설계시간계수(K)와 비교하여 도시부는 유사하게, 지방부는 약간 높게 산출됨으로써 정기교통량 자료를 이용하는 것보다 차량검지기 자료를 이용하여 산정한 설계시간계수(K)가 기존 관련지침에 제시된 값들과 비교적 유사한 결과를 도출하는 것으로 분석되었다.”고 보고하고 있고, 신(2013)은 “고속도로의 설계시간계수(K) 추정을 위해 점유율과 설계시간계수(K)의 추정치 사이에 상관분석을 통해 높은 상관성을 확인할 수 있었고, 상관특성을 전제로 회귀모형을 구축한 결과, 선형모형, 2차 함수모형, 3차 함수모형 및 파워모형 등이 높은 설명력과 유의확률을 보이는 것으로 나타났다.”고 보고하고 있다.

한편, 점유율과 관련하여 이와 천(1999)은 “고속도로의 밀도와 점유율관계 분석 연구에서 고속도로의 기본구간에서의 밀도와 점유율의 상호관계 분석을 통해 교통류 와해구간 이전인 비정체 영역에서 상당히 높은 정도의 선형관계가 성립한다.”고 보고하고 있고, 조(2012)는 “점유율과 밀도의 상관특성에 의한 밀도예측모형 구축에 관한 연구에서 고속도로의 차량 점유율과 밀도사이에 높은 상관성이 존재한다는 사실을 확인하였고 선형과 비선형모형은 방향별 통행량의 집중정도에 따라 다소 차이를 보였는데, 선형 모형을 고려하기 위해서는 적절한 경계밀도가 필요하다.”고 보고하고 있다.

지금까지의 국내·외 문헌연구에서는 도시부와 지방부 고속도로의 설계시간계수(K) 추정 및 분석에 집중되어 있고, 점유율과 밀도의 상관관계에 집중되어 있으나, 고속도로의 기본구간을 대상으로 차로별 점유율과 시간교통량비율(K -factor)의 상관성 및 회귀모형에 대한 연구는 거의 없었다. 그러므로 본 연구에서는 국내 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)의 8차로 기본구간에 대해 차로별 점유율과 시간교통량비율(K -factor)의 상관성을 토대로 시간교통량비율(K -factor)예측모형을 제시하고자 한다.

3. 자료 수집 및 분석

3.1 자료 수집

연구대상 고속도로로 경부고속도로와 남해고속도로가 선정되었는데, 경부고속도로는 부산항을 기·종점으로 하는 고속도로로 서울과 부산사이의 총 연장 416.05km에 양방향 4~10차로로 운행되고 있는 남북방향의 고속도로(EX-1)이고, 남해고속도로는 전남 영암과 부산사이의 총 연장 273.1km로 양방향 4~8차로로 운행되고 있는 동서방향의 고속도로(EX-10)이다. 고속도로의 차로별 특성 분석을 위해 지정차로제로 운영되는 8차로구간(경부고속도로: 김천과 대구구간과 남해고속도로: 진주와 산인구간)중 15km를 대상으로 방향별로 9개 지점(총 36개 지점)을 선정하여 매15분 단위로 1일 24시간씩 2주일(2013년 6월 19일~7월 3일)동안 VDS자료(교통량, 속도 및 점유율)가 수집되었다(참조 Tables 3.1~3.2과 Figure 3.1).

Table 3.1 Stations selected for analyses(unit: km)

Station	EX-1	EX-10
	km Point from the South	km Point from the West
Station 1	140.84	83.70
Station 2	142.27	84.60
Station 3	144.11	86.60
Station 4	145.97	87.40
Station 5	147.54	89.40
Station 6	149.92	91.60
Station 7	150.95	93.60
Station 8	152.14	95.60
Station 9	154.32	97.60

Table 3.2 Geometry of expressways under the study

	Gyeongbu(EX-1)		Namhae(EX-10)	
	Total	Segment	Total	Segment
Length(km)	416.0	15	273.1	15
Number of Lanes	4 to 10	8	4 to 8	8
Regulatory Speed (km/h)	100	100	100	100

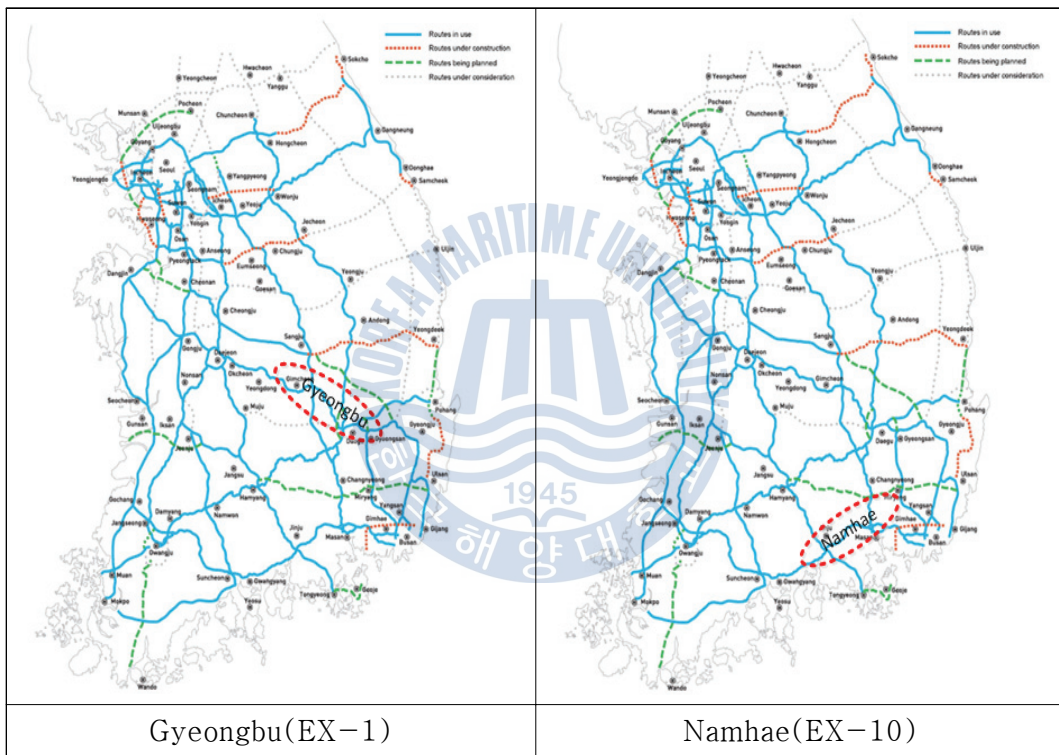


Figure 3.1 Expressway segments under the study

위의 VDS자료 중에서 오류가 없는 지점자료를 선정하여 자료 분석을 위한 데이터베이스(DB)를 구축하였으며, 구축된 데이터베이스와 함께 차로별 특성분석, 점유율과 시간교통량비율($K-factor$)의 상관분석, 모형구축 및 검증을 위해 MS OFFICE 2010, SPSS 19 및 SIGMA PLOT 12 등의 소프트웨어를 사용하였다.

3.2 자료 분석

연구대상 고속도로(EX-1과 EX-10)의 8차로 기본구간 15km를 대상으로 수집된 자료는 자료 분석을 위해서 가공하였는데, 교통량(volume)은 1시간단위의 교통류율로 전환하였고, 속도(speed)는 지점평균속도(spot mean speed)로 전환하였으며, 점유율(occupancy)은 1시간단위의 평균점유율로 전환하였다. 그리고 교통량비율(hourly volume proportion, K-factor)은 시간별 교통량과 일 평균교통량(average daily traffic, ADT)의 상호비율로 전환하였다.

3.2.1 교통량 분석

교통량(flow)이란 단위시간동안 수집된 차량대수를 의미하고, 단위는 vehicle per hour per lane(veh/h/l)으로 표현되며, 다음과 같은 계산과정을 통해 특성 분석에 사용하였다(TRB, 1975).

$$Q = \frac{n}{t} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n t_{hi}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{q_i}} \quad (3.1)$$

여기서,

- Q : flow rate for 1hour(veh/h/l)
- n : number of vehicles observed for unit time(veh)
- t : unit time(1hour)
- t_{hi} : headway time of each vehicle i (sec)
- q_i : each vehicle i (veh)

교통량특성을 비교한 결과, 아래의 **Figures 3.2~3.5**에서 보는 바와 같이 방향별 요일별 시간별 차로별 특성에서 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다.

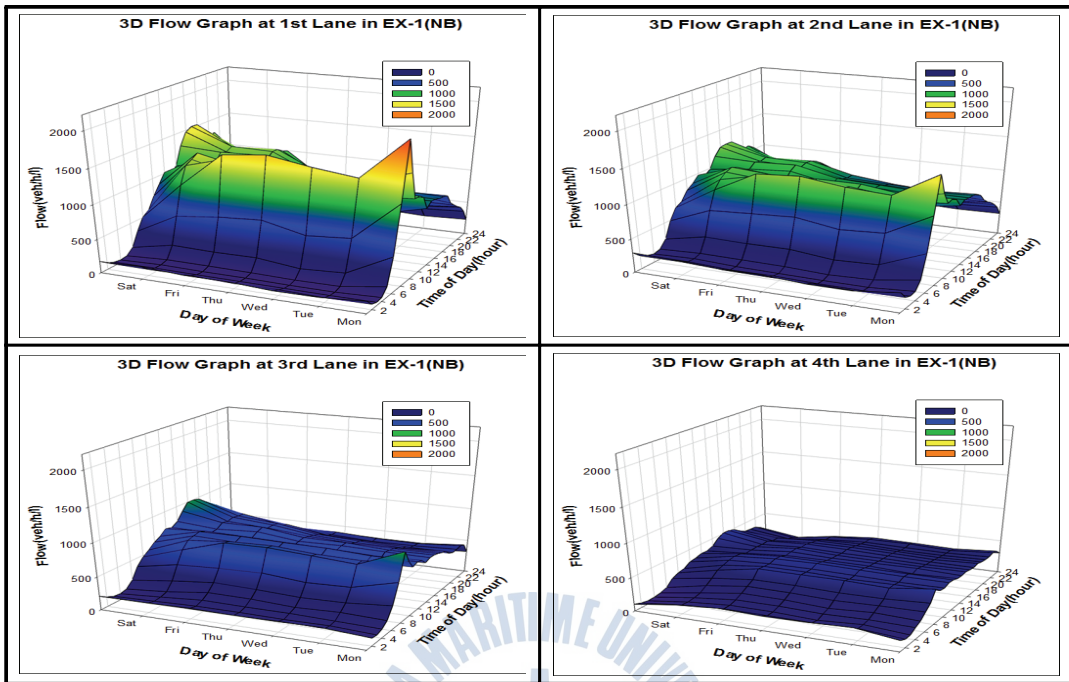


Figure 3.2 3D Flow graph by lane in EX-1(NB)

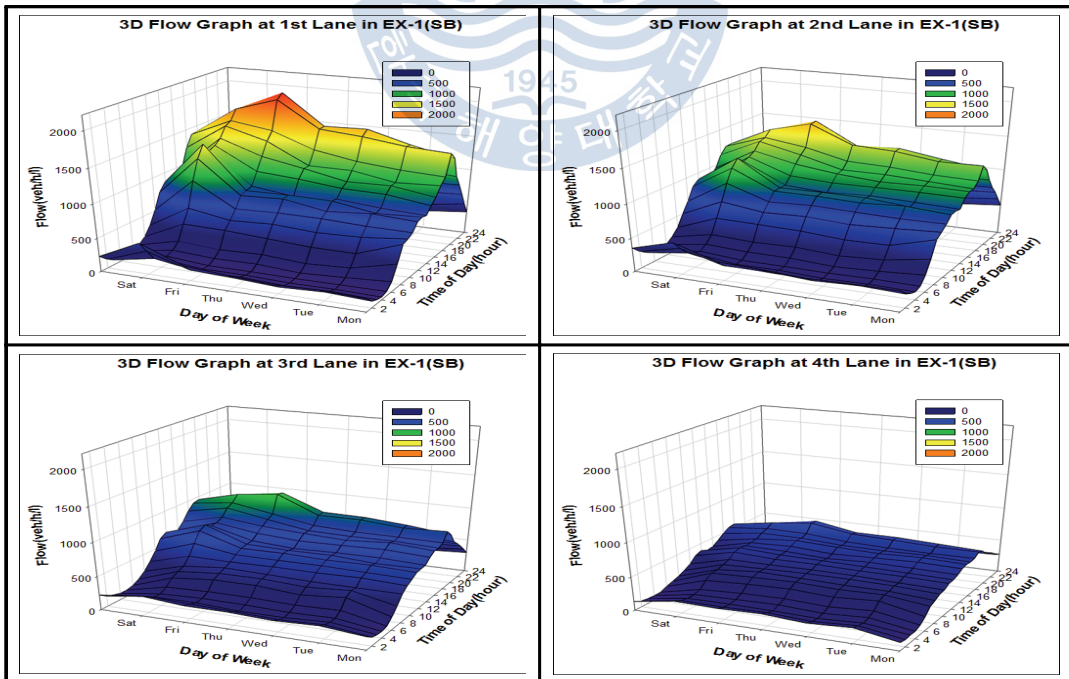


Figure 3.3 3D Flow graph by lane in EX-1(SB)

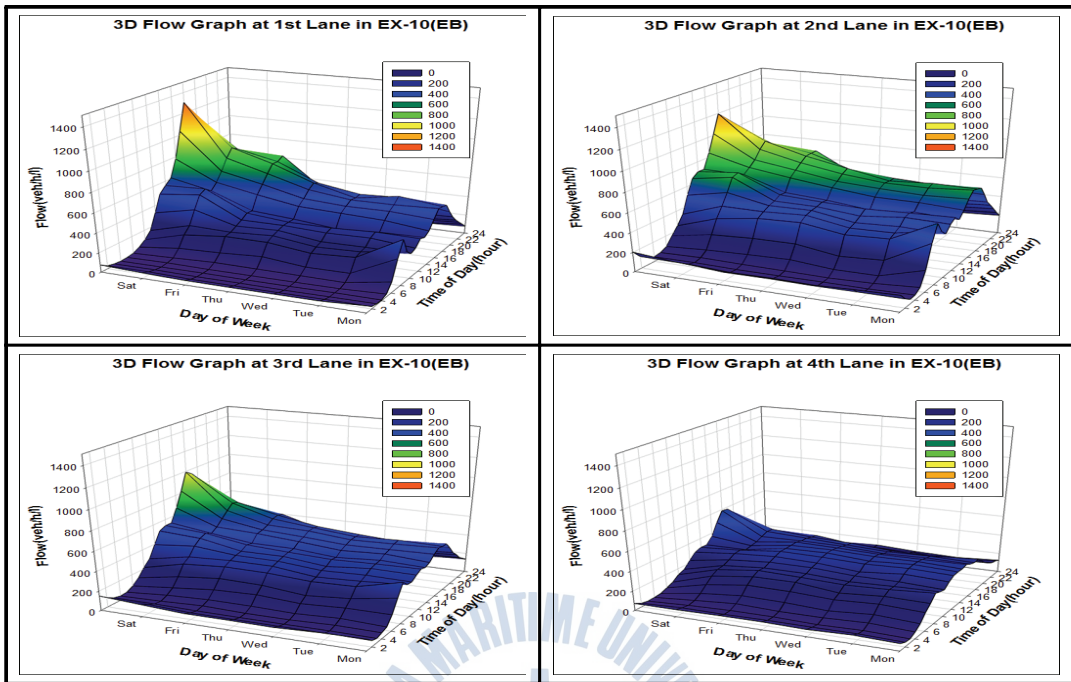


Figure 3.4 3D Flow graph by lane in EX-10(EB)

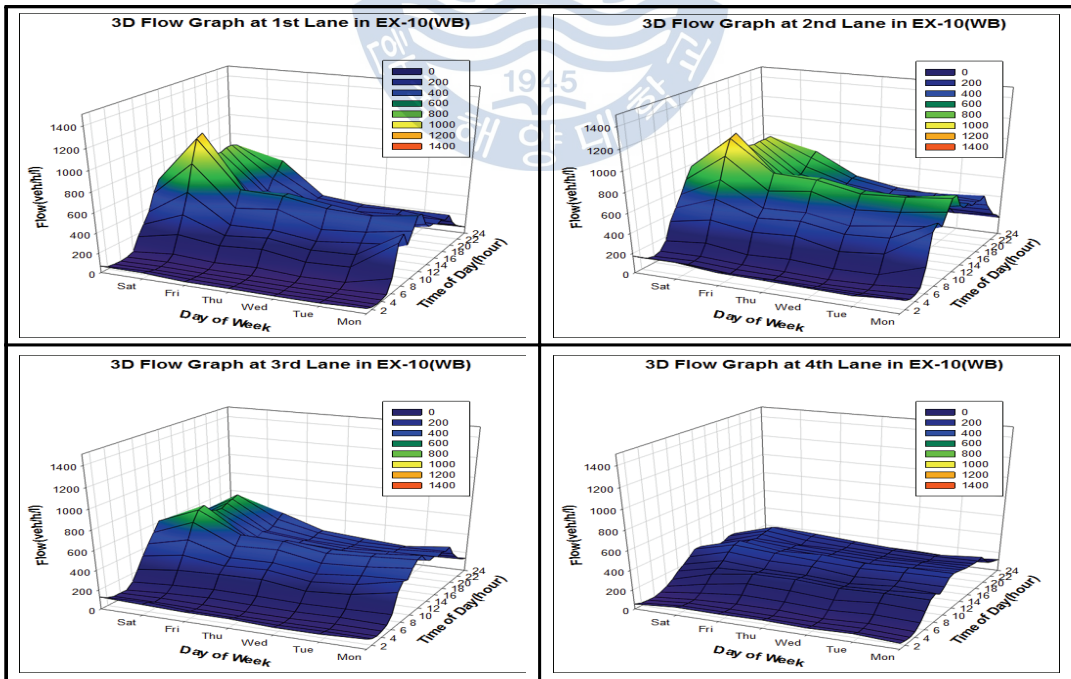


Figure 3.5 3D Flow graph by lane in EX-10(WB)

우선적으로 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(northbound, NB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 통행량이 약 946대(veh/h/l)로 평균통행량에 비해 약 61% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 통행량에서 추월차로인 1차로는 약 1,391대(veh/h/l), 소형차로인 2차로는 약 1,185대(veh/h/l), 중형차로인 3차로는 약 784대(veh/h/l) 그리고 대형차로인 4차로는 약 449대(veh/h/l)로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.3). 특히, 주중에는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 통행량에서 1차로는 약 1,635대(veh/h/l), 2차로는 약 1,332대(veh/h/l), 3차로는 약 870대(veh/h/l) 그리고 4차로는 약 475대(veh/h/l)로 나타났으나, 오히려 주말에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 통행량에서 1차로는 약 1,403대(veh/h/l), 2차로는 약 1,190대(veh/h/l), 3차로는 약 892대(veh/h/l) 그리고 4차로는 약 457대(veh/h/l)로 주중보다 다소 낮게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.4과 Figure 3.6).

Table 3.3 Flow analysis in EX-1(veh/h/l, %)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
		Flow	Shift	Flow	Shift	Flow	Shift
EX-1 (NB)	Max	946	+61	1,077	+85	985	+64
	Min	110	-81	113	-79	98	-84
	Avg	588	-	583	-	602	-
	AM-Peak	946	+61	1,077	+85	-	-
	PM-Peak	-	-	-	-	985	+64
EX-1 (SB)	Max	1,151	+93	1,150	+94	1,152	+91
	Min	133	-78	135	-77	130	-78
	Avg	596	-	593	-	604	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	1,151	+93	1,150	+94	1,152	+91

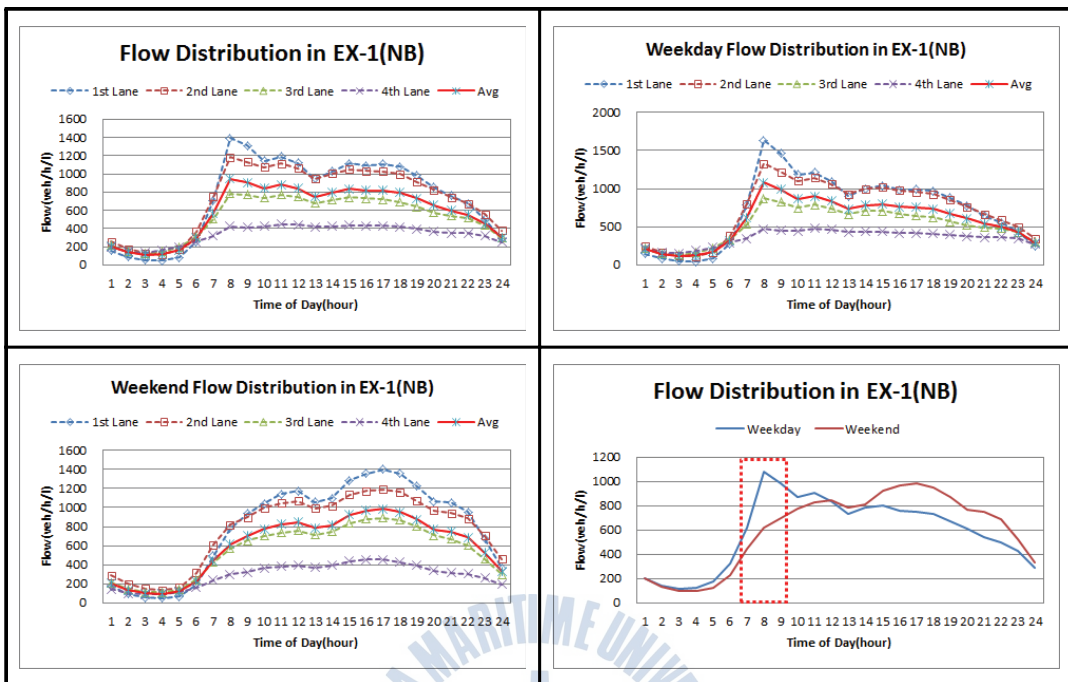


Figure 3.6 Flow distribution in EX-1(NB)

Table 3.4 Flow analysis by lane in EX-1(NB)(veh/h/l)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	1,391	1,185	784	449
	Min	46	117	126	136
	Avg	748	735	531	339
	AM-Peak	1,391	1,185	784	449
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekday	Max	1,635	1,332	870	475
	Min	450	111	131	156
	Avg	729	723	521	357
	AM-Peak	1,635	1,332	870	475
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekend	Max	1,403	1,190	892	457
	Min	48	133	112	87
	Avg	795	766	554	294
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	1,403	1,190	892	457

반면 경부고속도로(EX-1)의 남쪽방향(southbound, SB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 통행량이 약 1,151대(veh/h/l)로 평균통행량에 비해 약 93% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 통행량에서 주일차로인 1차로는 약 1,628대(veh/h/l), 소형차로인 2차로는 약 1,386대(veh/h/l), 중형차로인 3차로는 약 973대(veh/h/l) 그리고 대형차로인 4차로는 약 618대(veh/h/l)로 북쪽방향보다 높게 나타나면서 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.3). 특히, 주중에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 통행량에서 1차로는 약 1,641대(veh/h/l), 2차로는 약 1,395대(veh/h/l), 3차로는 약 950대(veh/h/l) 그리고 4차로는 약 622대(veh/h/l)로 나타났고, 주말에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 통행량에서 1차로는 약 1,612대(veh/h/l), 2차로는 약 1,364대(veh/h/l), 3차로는 약 1,028대(veh/h/l) 그리고 4차로는 약 606대(veh/h/l)로 거의 비슷하게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 피크확산(peak spreading)을 보이지 않았다(참조 Table 3.5과 Figure 3.7).

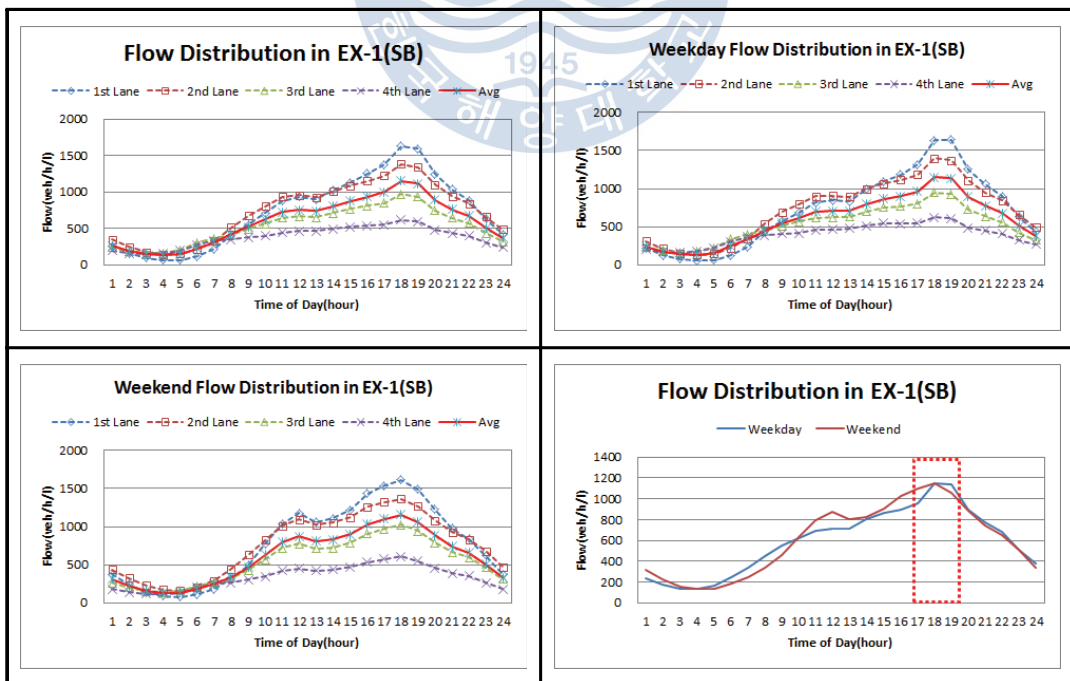


Figure 3.7 Flow distribution in EX-1(SB)

Table 3.5 Flow analysis by lane in EX-1(SB)(veh/h/l)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	1,628	1,386	973	618
	Min	65	142	157	148
	Avg	733	736	534	381
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	1,628	1,386	973	618
Weekday	Max	1,641	1,395	950	622
	Min	56	130	159	160
	Avg	718	726	529	398
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	1,641	1,395	950	622
Weekend	Max	1,612	1,364	1,028	606
	Min	80	159	137	120
	Avg	770	759	547	341
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	1,612	1,364	1,028	606

다음으로 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(eastbound, EB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 통행량이 약 624대(veh/h/l)로 평균통행량에 비해 약 92% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 통행량에서 추월차로인 1차로는 약 708대(veh/h/l), 소형차로인 2차로는 약 809대(veh/h/l), 중형차로인 3차로는 약 601대(veh/h/l) 그리고 대형차로인 4차로는 약 383대(veh/h/l)로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.6). 특히, 주중에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 통행량에서 1차로는 약 576대(veh/h/l), 2차로는 약 719대(veh/h/l), 3차로는 약 514대(veh/h/l) 그리고 4차로는 약 368대(veh/h/l)로 2차로에서 높게 나타났으나, 주말에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 통행량에서 1차로는 약 1,043대(veh/h/l), 2차로는 약 1,035대(veh/h/l), 3차로는 약 820대(veh/h/l) 그리고 4차로는 약 480대(veh/h/l)로 주중보다 높게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.7과 Figure 3.8).

Table 3.6 Flow analysis in EX-10(veh/h/l, %)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
			Shift	Flow	Shift	Flow	Shift
EX-10 (EB)	Max	624	+92	536	+80	843	+115
	Min	41	-87	39	-87	38	-90
	Avg	325	-	298	-	392	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	624	+92	536	+80	843	+115
EX-10 (WB)	Max	601	+85	556	+84	714	+87
	Min	44	-86	42	-86	48	-87
	Avg	325	-	302	-	381	-
	AM-Peak	601	+85	556	+84	714	+87
	PM-Peak	-	-	-	-	-	-

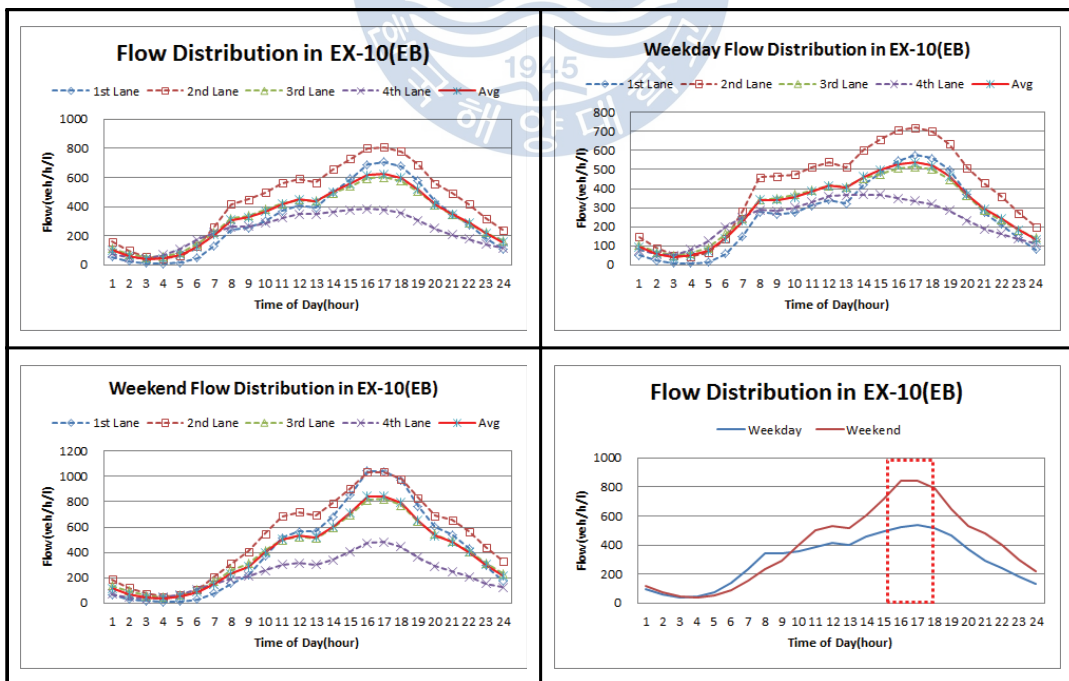


Figure 3.8 Flow distribution in EX-10(EB)

Table 3.7 Flow analysis by lane in EX-10(EB)(veh/h/l)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	708	809	601	383
	Min	9	46	52	46
	Avg	306	432	326	235
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	708	809	601	383
Weekday	Max	576	719	514	368
	Min	9	44	49	50
	Avg	261	398	298	235
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	576	719	514	368
Weekend	Max	1,043	1,035	820	480
	Min	9	49	48	34
	Avg	418	518	397	235
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	1,043	1,035	820	480

반면 남해고속도로(EX-10)의 서쪽방향(westbound, WB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 통행량이 약 601대(veh/h/l)로 평균통행량에 비해 약 85% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 통행량에서 주월차로인 1차로는 약 669대(veh/h/l), 소형차로인 2차로는 약 810대(veh/h/l), 중형차로인 3차로는 약 575대(veh/h/l) 그리고 대형차로인 4차로는 약 364대(veh/h/l)로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.6). 특히, 주중에는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 통행량에서 1차로는 약 590대(veh/h/l), 2차로는 약 757대(veh/h/l), 3차로는 약 528대(veh/h/l) 그리고 4차로는 약 363대(veh/h/l)로 2차로에서 높게 나타났고, 주말에도 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 통행량에서 1차로는 약 868대(veh/h/l), 2차로는 약 940대(veh/h/l), 3차로는 약 691대(veh/h/l) 그리고 4차로는 약 365대(veh/h/l)로 주중보다 높게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.7과 Figure 3.9).

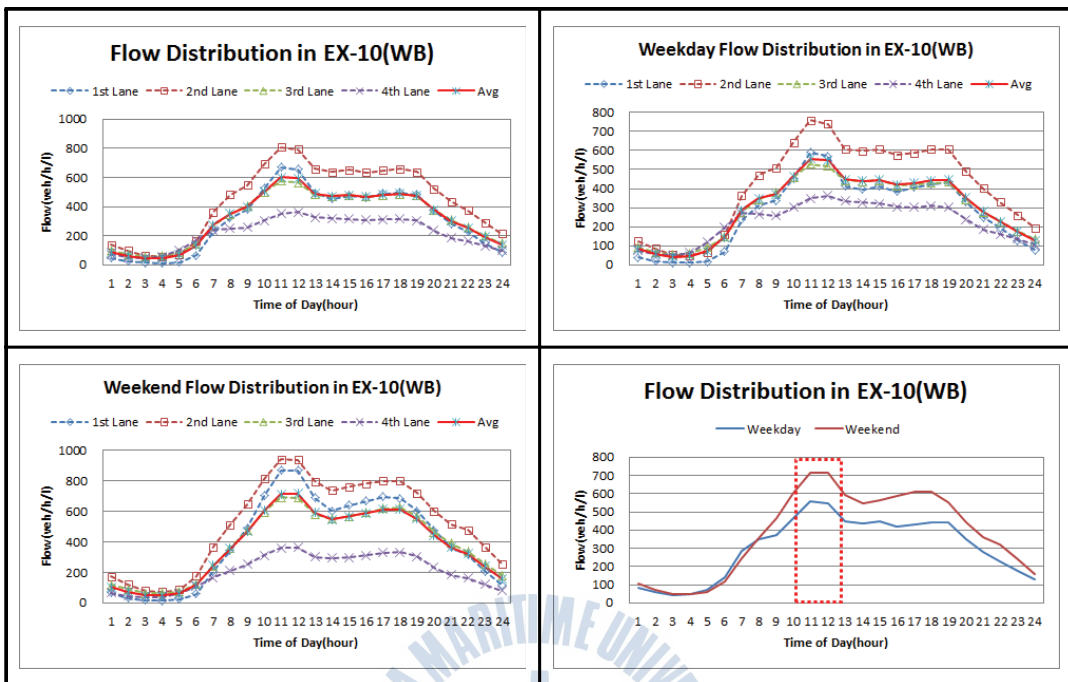


Figure 3.9 Flow distribution in EX-10(WB)

Table 3.8 Flow analysis by lane in EX-10(WB)(veh/h/l)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	669	810	575	364
	Min	13	57	56	47
	Avg	310	443	325	220
	AM-Peak	669	810	575	364
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekday	Max	590	757	528	363
	Min	12	51	52	51
	Avg	272	412	300	225
	AM-Peak	590	757	528	363
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekend	Max	868	940	691	365
	Min	15	72	63	37
	Avg	406	522	388	207
	AM-Peak	868	940	691	365
	PM-Peak	—	—	—	—

결과적으로 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)에서는 요일별 시간별 통행량분포에서 뚜렷한 차이가 확인되었고 고속도로의 방향별 통행량분포에서도 서로 다른 첨두 특성이 확인되었다. 특히, 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서는 오전에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보였으나 남쪽방향(SB)에서는 오후에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보이지 않았다. 반면 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB)에서는 오후에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보였고 서쪽방향(WB)에서도 오전에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보였다. 그러므로 고속도로의 방향별 요일별 시간별 차로별 교통량특성에 기초한 고속도로교통관리시스템(expressway traffic management system, ETMS)을 구축하여 고속도로의 효율성 증대를 위한 개선방안을 강구할 필요가 있다고 생각하였다.



3.2.2 속도 분석

속도(speed)란 단위시간동안에 차량이 주행한 거리를 의미하고, 단위는 kilometers per hour(km/h)로 표현되며, 자료의 상호 비교를 위해서 1시간 단위의 지점평균속도로 전환하여 분석에 사용하였다(May, 1990; Garber and Hoel, 1988).

$$U_s = \frac{3.6 \times D}{\bar{t}} = \frac{3.6 \times D}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{D}{u_i}\right)} \quad (3.2)$$

여기서,

- U_s : spot mean speed(km/h)
- D : distance between loop detectors at spot(m)
- $\bar{t}$: mean travel time(sec)
- u_i : spot speed for each vehicle i (m/sec)
- n : number of vehicles observed(veh)

속도특성을 비교한 결과, 아래의 **Figures 3.10~3.13**에서 보는 바와 같이 요일별 시간별 차로별 특성에서 상당한 차이를 확인할 수 있었다.

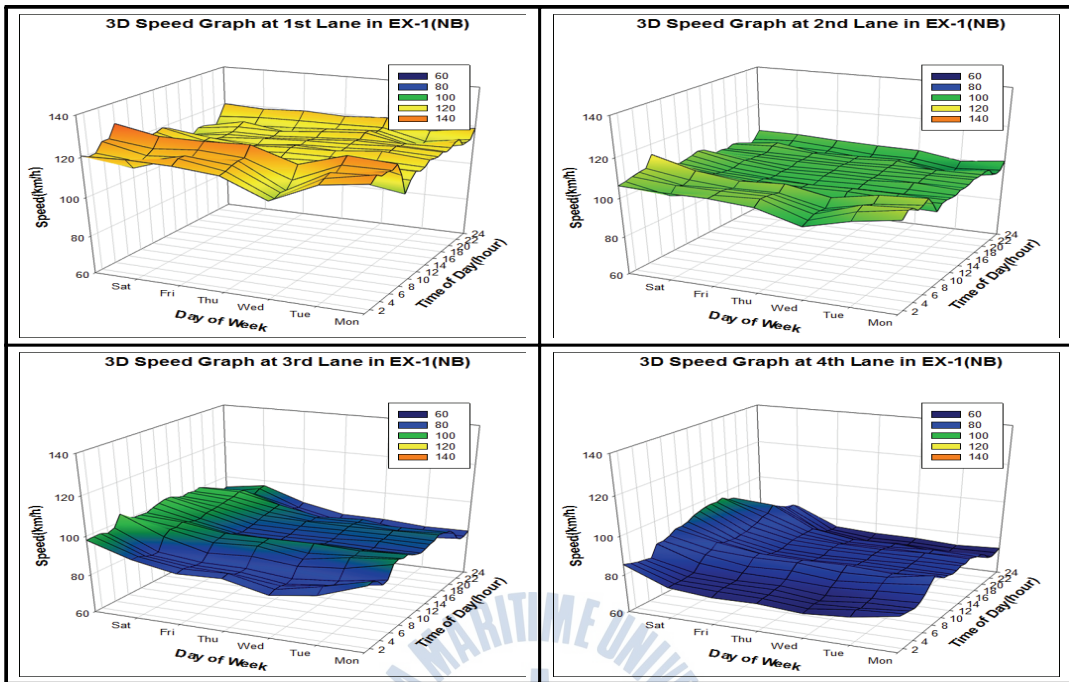


Figure 3.10 3D Speed graph by lane in EX-1(NB)

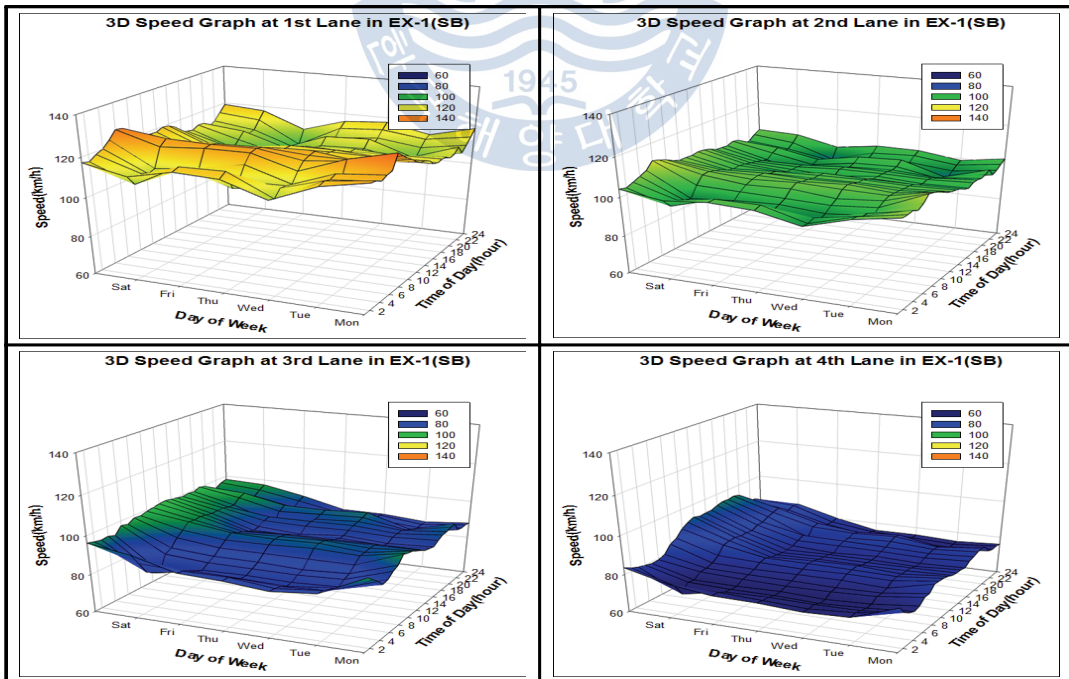


Figure 3.11 3D Speed graph by lane in EX-1(SB)

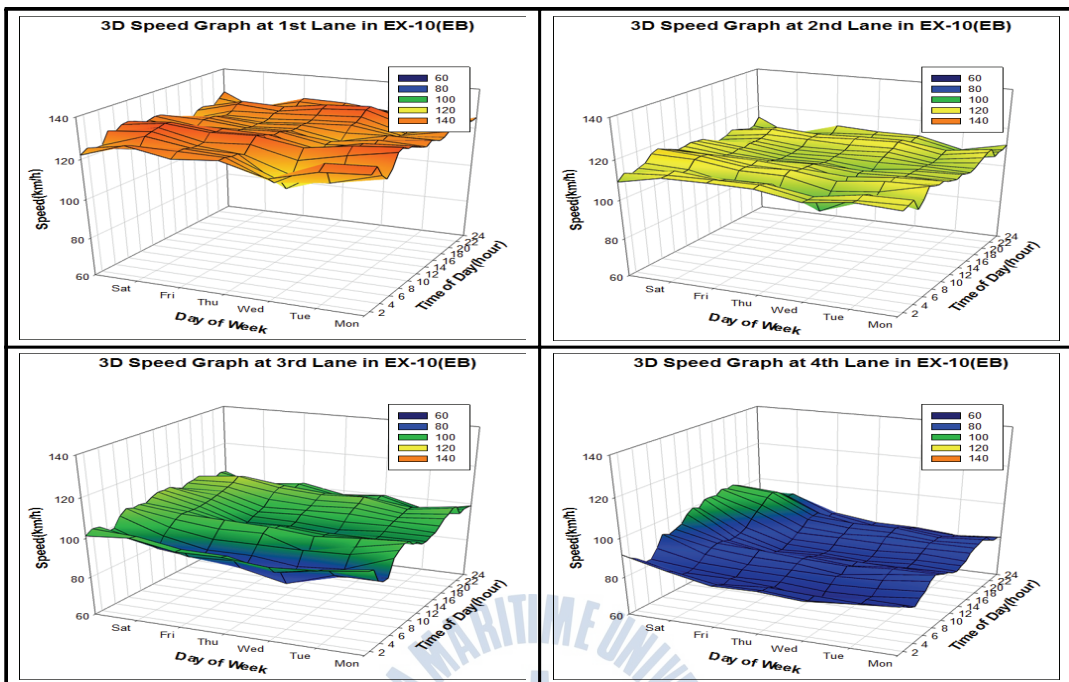


Figure 3.12 3D Speed graph by lane in EX-10(EB)

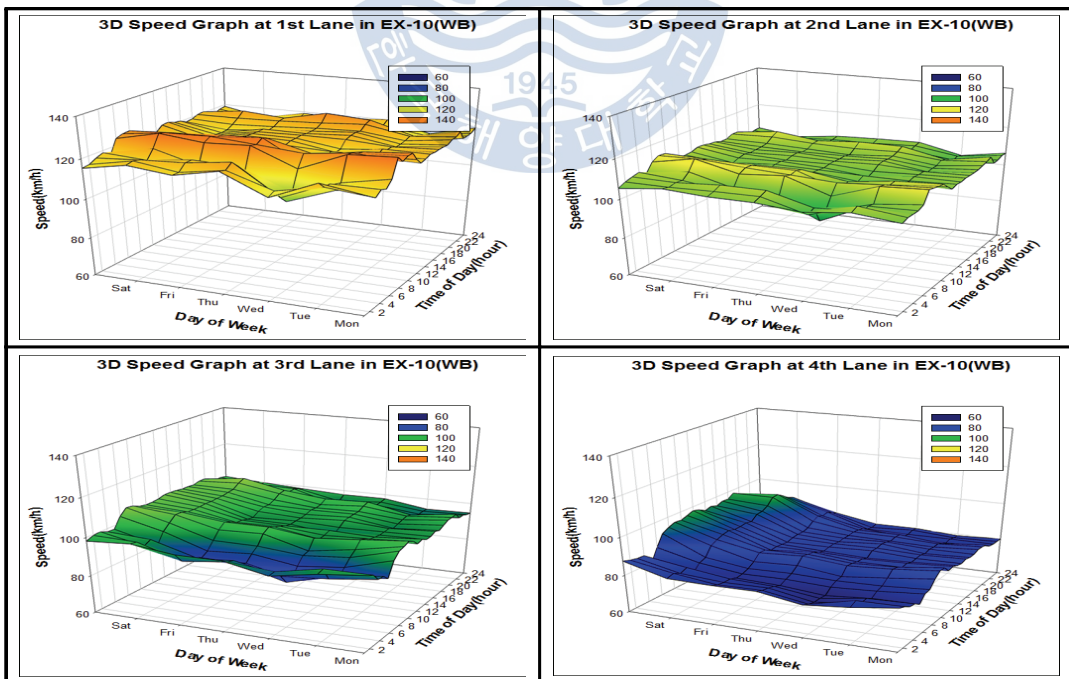


Figure 3.13 3D Speed graph by lane in EX-10(WB)

우선적으로 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(northbound, NB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 속도가 약 105km/h로 평균속도에 비해 약 5% 높게 나타났는데, 차로별 첨두시간대 속도에서 추월차로인 1차로는 약 113km/h, 소형차로인 2차로는 약 101km/h, 중형차로인 3차로는 약 95km/h 그리고 대형차로인 4차로는 약 83km/h로 뚜렷한 차이를 보이면서 새벽에 속도 감소를 보였다(참조 Table 3.9). 특히, 주중에도 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두시간대 속도에서 1차로는 약 110km/h, 2차로는 약 100km/h, 3차로는 약 93km/h 그리고 4차로는 약 80km/h로 나타났으나, 오히려 주말에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두시간대 속도에서 1차로는 약 112km/h, 2차로는 약 103km/h, 3차로는 약 99km/h 그리고 4차로는 약 93km/h로 주중보다 다소 높게 나타났지만, 주중과 주말에 관계없이 새벽에 속도 감소를 보였다(참조 Table 3.10과 Figure 3.14).

Table 3.9 Speed analysis in EX-1(km/h, %)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
		Speed	Shift	Speed	Shift	Speed	Shift
EX-1 (NB)	Max	105	+5	104	+6	107	+4
	Min	92	-8	89	-9	98	-5
	Avg	100	-	98	-	103	-
	AM-Peak	102	+2	101	+2	-	-
	PM-Peak	-	-	-	-	104	+1
EX-1 (SB)	Max	102	+4	102	+5	104	+3
	Min	89	-9	87	-10	94	-7
	Avg	98	-	97	-	101	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	98	0	97	0	101	0

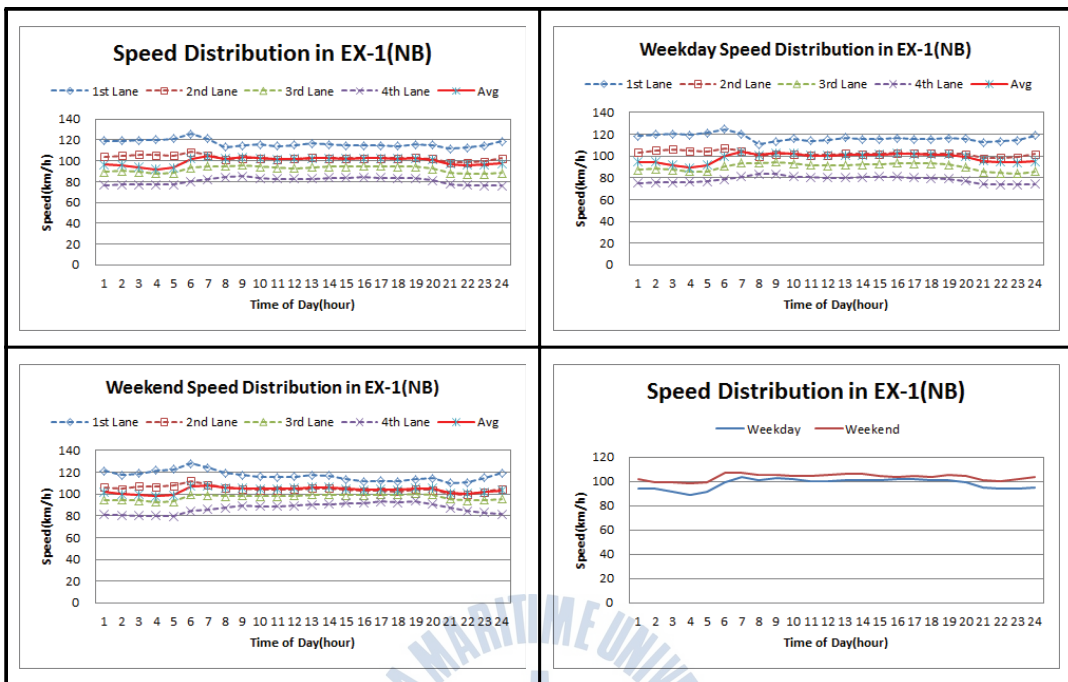


Figure 3.14 Speed distribution in EX-1(NB)

Table 3.10 Speed analysis by lane in EX-1(NB)(km/h)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	126	108	96	85
	Min	112	99	87	76
	Avg	117	103	92	81
	AM-Peak	113	101	95	83
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekday	Max	125	107	95	83
	Min	110	98	84	73
	Avg	117	102	90	78
	AM-Peak	110	100	93	80
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekend	Max	128	112	100	94
	Min	110	99	93	80
	Avg	117	105	97	87
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	112	103	99	93

반면 경부고속도로(EX-1)의 남쪽방향(southbound, SB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 속도가 약 102km/h로 평균속도에 비해 약 4% 높게 나타났는데, 차로별 첨두시간대 속도에서 추월차로인 1차로는 약 107km/h, 소형차로인 2차로는 약 98km/h, 중형차로인 3차로는 약 92km/h 그리고 대형차로인 4차로는 약 83km/h로 뚜렷한 차이를 보이면서 새벽에 속도감소를 보였다(참조 Table 3.9). 특히, 주중에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두시간대 속도에서 1차로는 약 108km/h, 2차로는 약 97km/h, 3차로는 약 91km/h 그리고 4차로는 약 80km/h로 나타났고, 주말에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두시간대 속도에서 1차로는 약 108km/h, 2차로는 약 100km/h, 3차로는 약 96km/h 그리고 4차로는 약 91km/h로 주중보다 다소 높게 나타났지만, 주중과 주말에 관계없이 새벽에 속도감소를 보였다(참조 Table 3.11과 Figure 3.15).

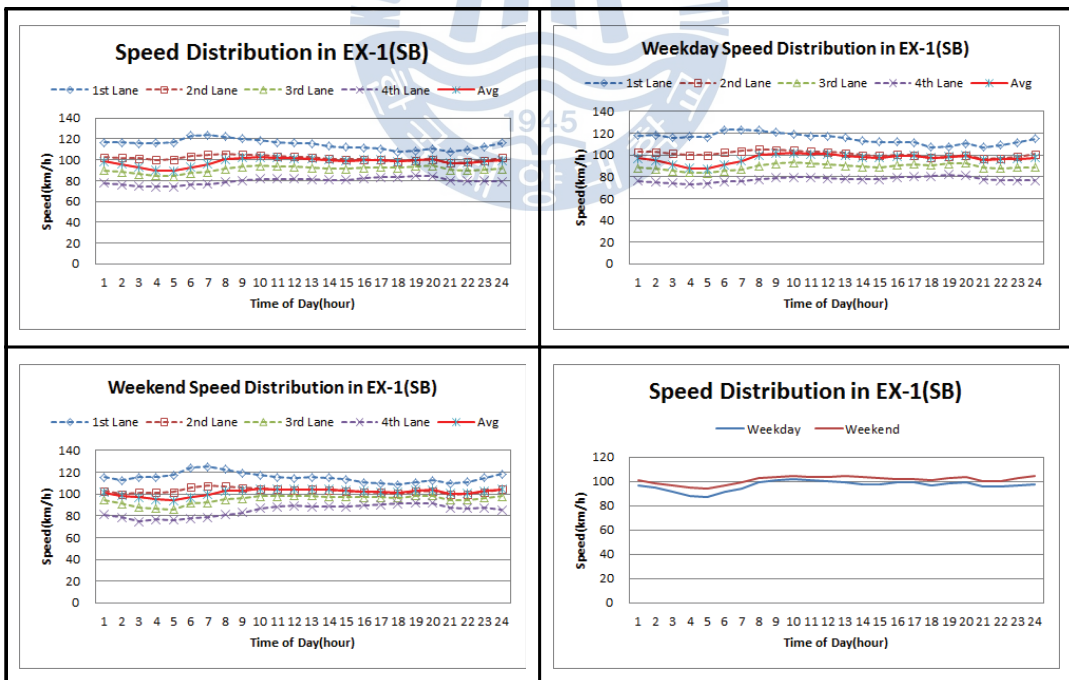


Figure 3.15 Speed distribution in EX-1(SB)

Table 3.11 Speed analysis by lane in EX-1(SB)(km/h)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	124	106	94	85
	Min	107	97	84	74
	Avg	115	101	91	80
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	107	98	92	83
Weekday	Max	123	105	93	82
	Min	107	96	83	73
	Avg	115	101	89	78
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	108	97	91	80
Weekend	Max	125	108	99	92
	Min	108	99	86	75
	Avg	115	103	95	85
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	108	100	96	91

다음으로 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(eastbound, EB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 속도가 약 112km/h로 평균속도에 비해 약 7% 높게 나타났는데, 차로별 첨두시간대 속도에서 추월차로인 1차로는 약 124km/h, 소형차로인 2차로는 약 111km/h, 중형차로인 3차로는 약 103km/h 그리고 대형차로인 4차로는 약 89km/h로 뚜렷한 차이를 보이면서 새벽에 속도 감소를 보였다(참조 Table 3.12). 특히, 주중에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두시간대 속도에서 1차로는 약 125km/h, 2차로는 약 111km/h, 3차로는 약 93km/h 그리고 4차로는 약 82km/h로 나타났고, 주말에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두시간대 속도에서 1차로는 약 121km/h, 2차로는 약 110km/h, 3차로는 약 106km/h 그리고 4차로는 약 100km/h로 주중보다 다소 높게 나타났지만, 주중과 주말에 관계없이 새벽에 속도감소를 보였다(참조 Table 3.13과 Figure 3.16).

Table 3.12 Speed analysis in EX-10(km/h, %)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
		Speed	Shift	Speed	Shift	Speed	Shift
EX-10 (EB)	Max	112	+7	111	+7	114	+5
	Min	93	-11	90	-13	99	-9
	Avg	105	-	104	-	109	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	109	+4	109	+5	112	+3
EX-10 (WB)	Max	108	+5	107	+6	111	+5
	Min	91	-12	89	-12	98	-8
	Avg	103	-	101	-	106	-
	AM-Peak	105	+2	104	+3	107	+1
	PM-Peak	-	-	-	-	-	-

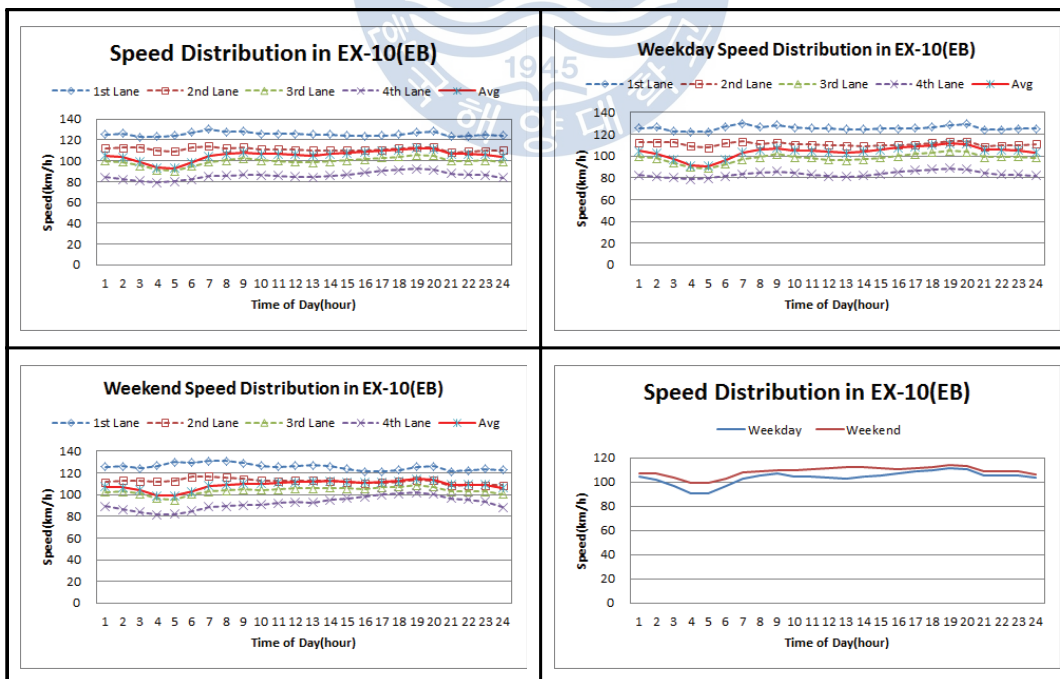


Figure 3.16 Speed distribution in EX-10(EB)

Table 3.13 Speed analysis by lane in EX-10(EB)(km/h)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	130	114	106	92
	Min	123	108	90	79
	Avg	126	111	100	86
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	124	111	103	89
Weekday	Max	130	113	104	88
	Min	122	108	89	78
	Avg	126	111	98	83
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	125	111	93	82
Weekend	Max	131	117	109	102
	Min	121	108	95	81
	Avg	125	112	103	92
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	121	110	106	100

반면 남해고속도로(EX-10)의 서쪽방향(westbound, WB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 속도가 약 108km/h로 평균속도에 비해 약 5% 높게 나타났는데, 차로별 첨두시간대 속도에서 추월차로인 1차로는 약 118km/h, 소형차로인 2차로는 약 107km/h, 중형차로인 3차로는 약 99km/h 그리고 대형차로인 4차로는 약 86km/h로 뚜렷한 차이를 보이면서 새벽에 속도감소를 보였다(참조 Table 3.12). 특히, 주중에도 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두시간대 속도에서 1차로는 약 118km/h, 2차로는 약 106km/h, 3차로는 약 98km/h 그리고 4차로는 약 83km/h로 나타났고, 주말에도 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두시간대 속도에서 1차로는 약 116km/h, 2차로는 약 107km/h, 3차로는 약 103km/h 그리고 4차로는 약 94km/h로 주중보다 다소 높게 나타났지만, 주중과 주말에 관계없이 새벽에 속도감소를 보였다(참조 Table 3.14과 Figure 3.17).

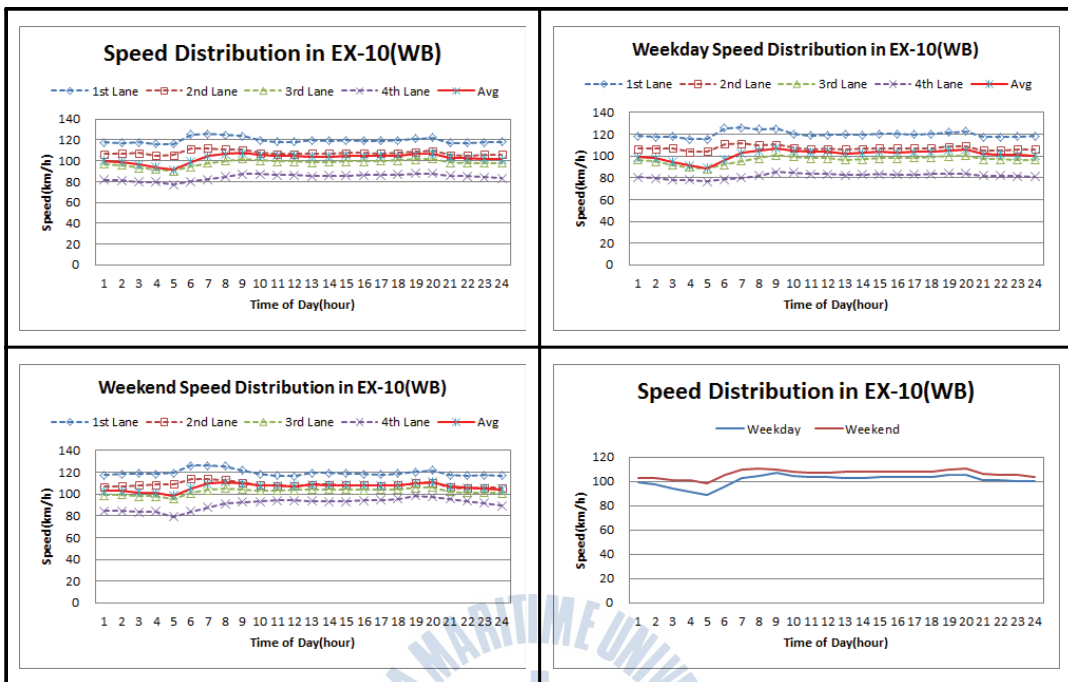


Figure 3.17 Speed distribution in EX-10(WB)

Table 3.14 Speed analysis by lane in EX-10(WB)(km/h)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	126	112	102	88
	Min	116	105	90	77
	Avg	120	108	98	84
	AM-Peak	118	107	99	86
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekday	Max	126	112	101	85
	Min	115	104	88	77
	Avg	120	107	96	82
	AM-Peak	118	106	98	83
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekend	Max	126	114	106	98
	Min	116	105	95	79
	Avg	119	108	102	91
	AM-Peak	116	107	103	94
	PM-Peak	—	—	—	—

결과적으로 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)에서는 요일별 시간별 차로별 속도특성에서 뚜렷한 차이가 확인되었으나, 고속도로의 방향별 속도특성에서는 별다른 차이가 확인되지 않았다. 특히, 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)에서는 방향에 관계없이 새벽에 속도감소를 보였다가 아침시간부터 저녁시간까지 거의 균일한 속도를 유지하였고 저녁시간 이후에는 속도가 다소 감소하였으며 주중보다는 주말에 속도가 다소 증가하였다. 그러므로 고속도로의 방향별 요일별 시간별 차로별 속도특성에 기초한 고속도로교통 관리시스템(ETMS)을 구축하여 고속도로의 효율성 증대를 위한 개선방안을 강구할 필요가 있다고 생각하였다.



3.2.3 점유율 분석

점유율(occupancy)이란 단위시간동안 교통량에 의해 검지기를 점유하고 있는 시간의 상대비율을 의미하고, 단위는 percent(%)로 표현되며, 1시간 단위의 평균점유율로 전환하여 특성분석에 사용하였다(May, 1990).

$$O = \frac{\sum_{i=1}^n (t_o)_i}{t} \quad (3.3)$$

여기서,

- O : occupancy(%)
- $(t_o)_i$: time that detector is occupied by i -th vehicle(sec)
- n : number of vehicles detected in time period t (veh)
- t : unit time period(1hour)

점유율특성을 비교한 결과, 아래의 **Figures 3.18~3.21**에서 보는 바와 같이 방향별 요일별 시간별 차로별 특성에서 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다.

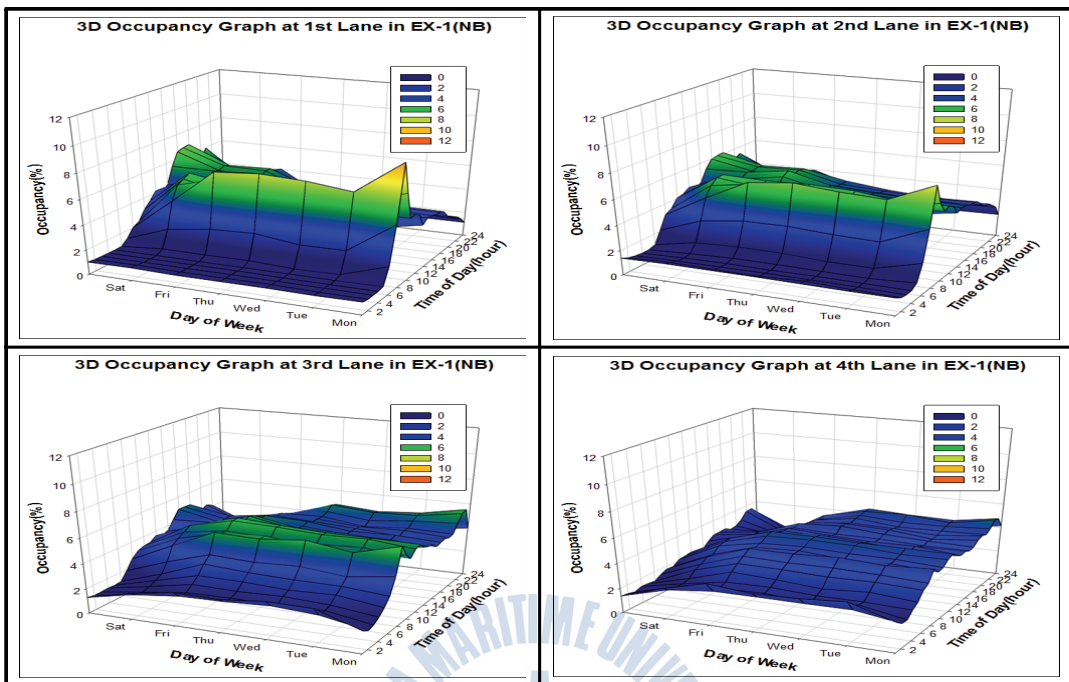


Figure 3.18 3D Occupancy graph by lane in EX-1(NB)

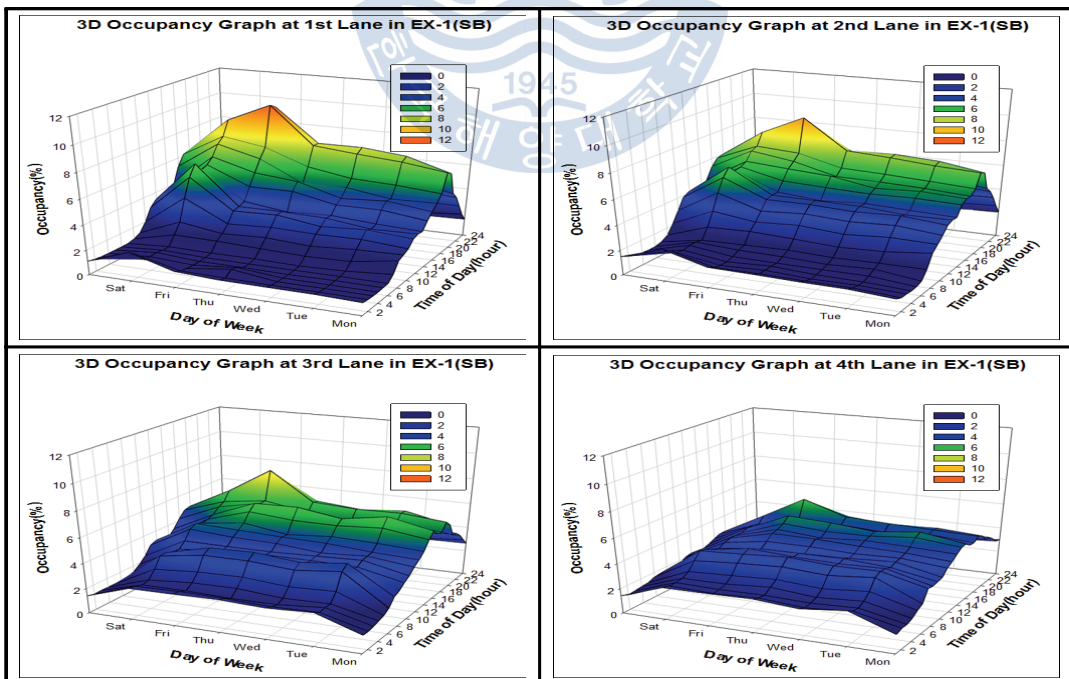


Figure 3.19 3D Occupancy graph by lane in EX-1(SB)

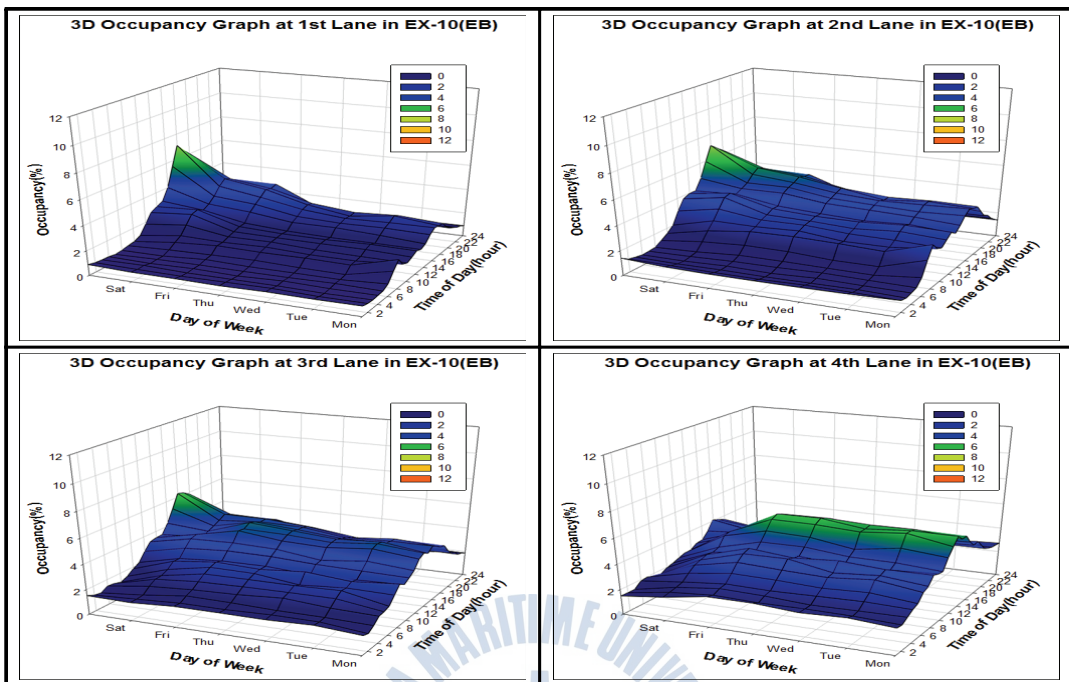


Figure 3.20 3D Occupancy graph by lane in EX-10(EB)

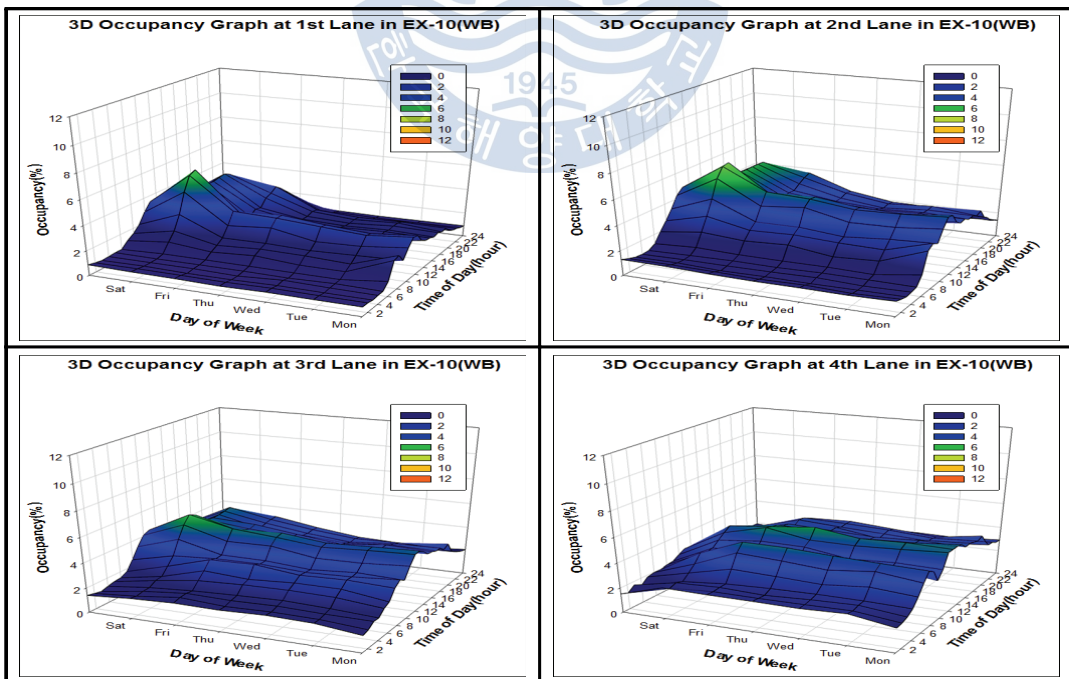


Figure 3.21 3D Occupancy graph by lane in EX-10(WB)

우선적으로 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(northbound, NB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 점유율이 약 5.8%로 평균점유율에 비해 약 57% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 점유율에서 추월차로인 1차로는 약 6.5%, 소형차로인 2차로는 약 6.1%, 중형차로인 3차로는 약 5.1% 그리고 대형차로인 4차로는 약 4.1%로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.3). 특히, 주중에는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 점유율에서 1차로는 약 7.8%, 2차로는 약 6.9%, 3차로는 약 5.7% 그리고 4차로는 약 4.6%로 나타났으나, 오히려 주말에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 점유율에서 1차로는 약 6.2%, 2차로는 약 5.8%, 3차로는 약 4.7% 그리고 4차로는 약 3.0%로 주중보다 다소 낮게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.4과 Figure 3.22).

Table 3.15 Occupancy analysis in EX-1(%)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
		Occupancy	Shift	Occupancy	Shift	Occupancy	Shift
EX-1 (NB)	Max	5.8	+57	6.7	+72	5.3	+56
	Min	1.6	-57	1.7	-56	1.2	-65
	Avg	3.7	-	3.9	-	3.4	-
	AM-Peak	5.8	+57	6.7	+72	-	-
	PM-Peak	-	-	-	-	5.3	56
EX-1 (SB)	Max	6.9	+86	7.1	+82	6.5	+86
	Min	1.6	-57	1.7	-56	1.5	-57
	Avg	3.7	-	3.9	-	3.5	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	6.9	+86	7.1	+82	6.5	+86

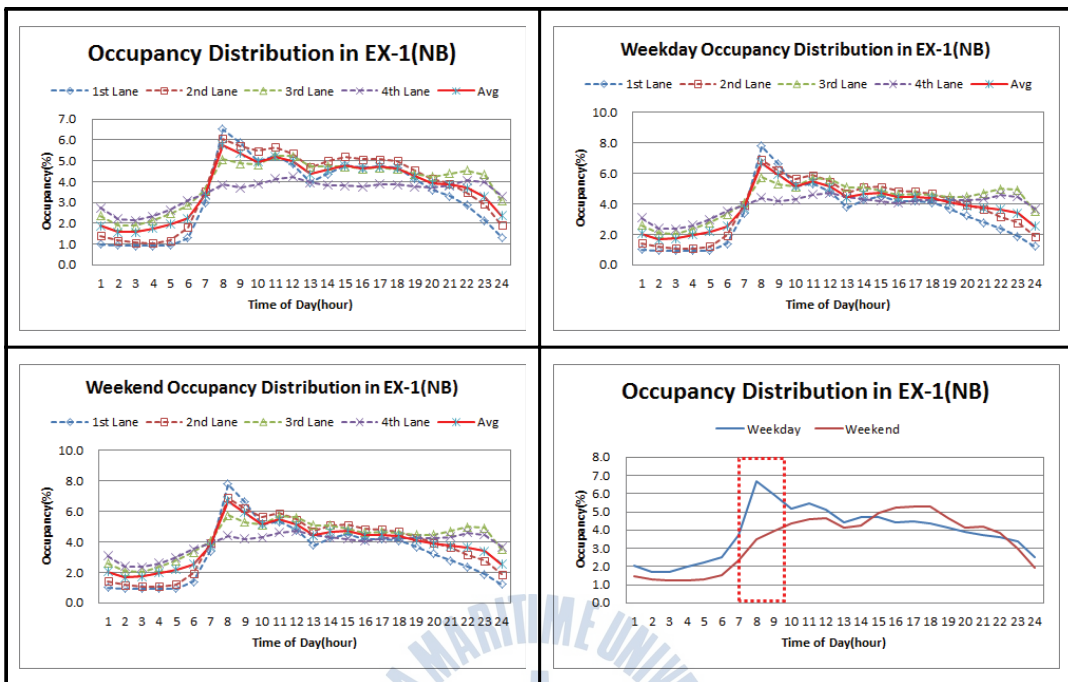


Figure 3.22 Occupancy distribution in EX-1(NB)

Table 3.16 Occupancy analysis by lane in EX-1(NB)(%)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	6.5	6.1	5.2	4.2
	Min	0.9	1.0	1.9	2.1
	Avg	3.4	3.8	4.0	3.5
	AM-Peak	6.5	6.1	5.1	4.1
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekday	Max	7.8	6.9	5.7	4.7
	Min	0.9	1.1	2.1	2.4
	Avg	3.3	3.8	4.3	3.9
	AM-Peak	7.8	6.9	5.7	4.6
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekend	Max	6.2	5.8	4.7	3.0
	Min	0.9	1.0	1.4	1.6
	Avg	3.6	3.7	3.2	2.5
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	6.2	5.8	4.7	3.0

반면 경부고속도로(EX-1)의 남쪽방향(southbound, SB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 점유율이 약 6.9%로 평균점유율에 비해 약 86% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 점유율에서 주월차로인 1차로는 약 7.8%, 소형차로인 2차로는 약 7.4%, 중형차로인 3차로는 약 6.3% 그리고 대형차로인 4차로는 약 4.7%로 북쪽방향보다 높게 나타나면서 차로별로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.15). 특히, 주중에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 점유율에서 1차로는 약 7.9%, 2차로는 약 7.5%, 3차로는 약 6.5% 그리고 4차로는 약 5.1%로 나타났고, 주말에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 점유율에서 1차로는 약 7.7%, 2차로는 약 7.1%, 3차로는 약 5.6% 그리고 4차로는 약 3.5%로 다소 낮게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 피크확산(peak spreading)을 보이지 않았다(참조 Table 3.16과 Figure 3.23).

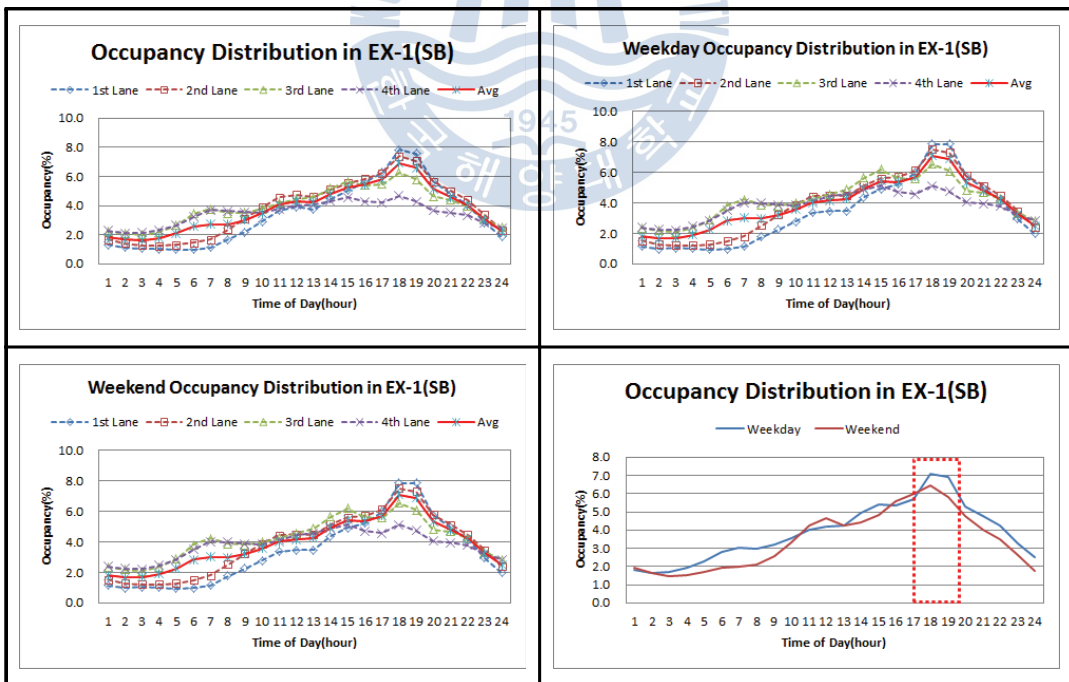


Figure 3.23 Occupancy distribution in EX-1(SB)

Table 3.17 Occupancy analysis by lane in EX-1(SB)(%)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	7.8	7.4	6.3	4.7
	Min	1.0	1.2	2.0	2.1
	Avg	3.4	3.8	3.9	3.5
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	7.8	7.4	6.3	4.7
Weekday	Max	7.9	7.5	6.5	5.1
	Min	1.0	1.2	2.1	2.2
	Avg	3.3	3.8	4.2	3.8
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	7.9	7.5	6.5	5.1
Weekend	Max	7.7	7.1	5.6	3.5
	Min	1.0	1.3	1.7	1.6
	Avg	3.5	3.8	3.3	2.6
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	7.7	7.1	5.6	3.5

다음으로 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(eastbound, EB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 점유율이 약 4.4%로 평균점유율에 비해 약 52% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 점유율에서 추월차로인 1차로는 약 3.8%, 소형차로인 2차로는 약 4.8%, 중형차로인 3차로는 약 4.6% 그리고 대형차로인 4차로는 약 4.5%로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.18). 특히, 주중에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 점유율에서 1차로는 약 3.1%, 2차로는 약 4.3%, 3차로는 약 4.3% 그리고 4차로는 약 5.7%로 4차로에서 높게 나타났으나, 주말에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 점유율에서 1차로는 약 5.6%, 2차로는 약 6.1%, 3차로는 약 5.4% 그리고 4차로는 약 3.7%로 2차로에서 높게 나타났으며 대체적으로 주중보다 높게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.19과 Figure 3.24).

Table 3.18 Occupancy analysis in EX-10(%)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
		Occupancy	Shift	Occupancy	Shift	Occupancy	Shift
EX-10 (EB)	Max	4.4	+52	4.1	+46	5.4	+86
	Min	1.3	-55	1.4	-50	1.2	-59
	Avg	2.9	-	2.8	-	2.9	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	4.4	+52	4.0	+43	5.4	+86
EX-10 (WB)	Max	4.6	+59	4.4	+52	5.0	+72
	Min	1.4	-52	1.5	-48	1.2	-59
	Avg	2.9	-	2.9	-	2.9	-
	AM-Peak	4.6	+59	4.4	+52	4.9	+69
	PM-Peak	-	-	-	-	-	-

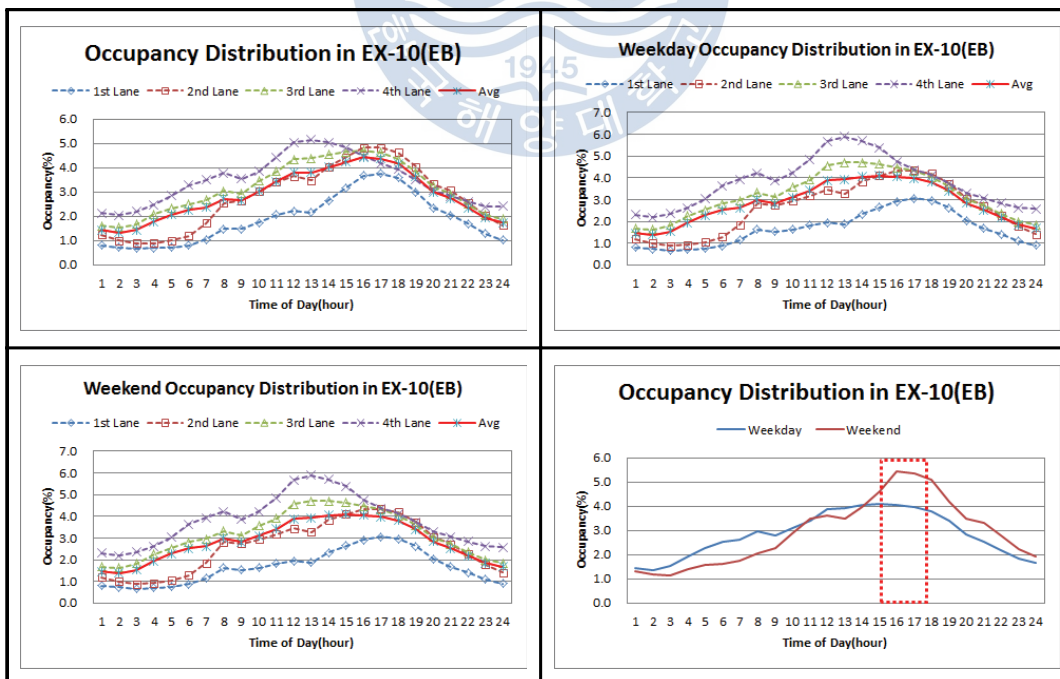


Figure 3.24 Occupancy distribution in EX-10(EB)

Table 3.19 Occupancy analysis by lane in EX-10(EB)(%)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	3.8	4.8	4.7	5.1
	Min	0.7	0.9	1.6	2.1
	Avg	1.9	2.8	3.2	3.5
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	3.8	4.8	4.6	4.5
Weekday	Max	3.1	4.3	4.7	5.9
	Min	0.7	0.9	1.6	2.2
	Avg	1.7	2.6	3.2	3.8
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	3.1	4.3	4.3	5.7
Weekend	Max	5.6	6.1	5.4	3.8
	Min	0.6	0.8	1.3	1.7
	Avg	2.4	3.2	3.1	2.7
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	5.6	6.1	5.4	3.7

반면 남해고속도로(EX-10)의 서쪽방향(westbound, WB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 점유율이 약 4.6%로 평균점유율에 비해 약 59% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 점유율에서 추월차로인 1차로는 약 3.7%, 소형차로인 2차로는 약 5.1%, 중형차로인 3차로는 약 4.9% 그리고 대형차로인 4차로는 약 4.7%로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.18). 특히, 주중에는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 점유율에서 1차로는 약 3.3%, 2차로는 약 4.8%, 3차로는 약 4.9% 그리고 4차로는 약 5.2%로 4차로에서 높게 나타났고, 주말에도 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 점유율에서 1차로는 약 4.8%, 2차로는 약 5.7%, 3차로는 약 5.1% 그리고 4차로는 약 3.7%로 2차로에서 높게 나타났으며 주중보다 높게 나타나면서 주중과 주말 사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.20과 Figure 3.25).

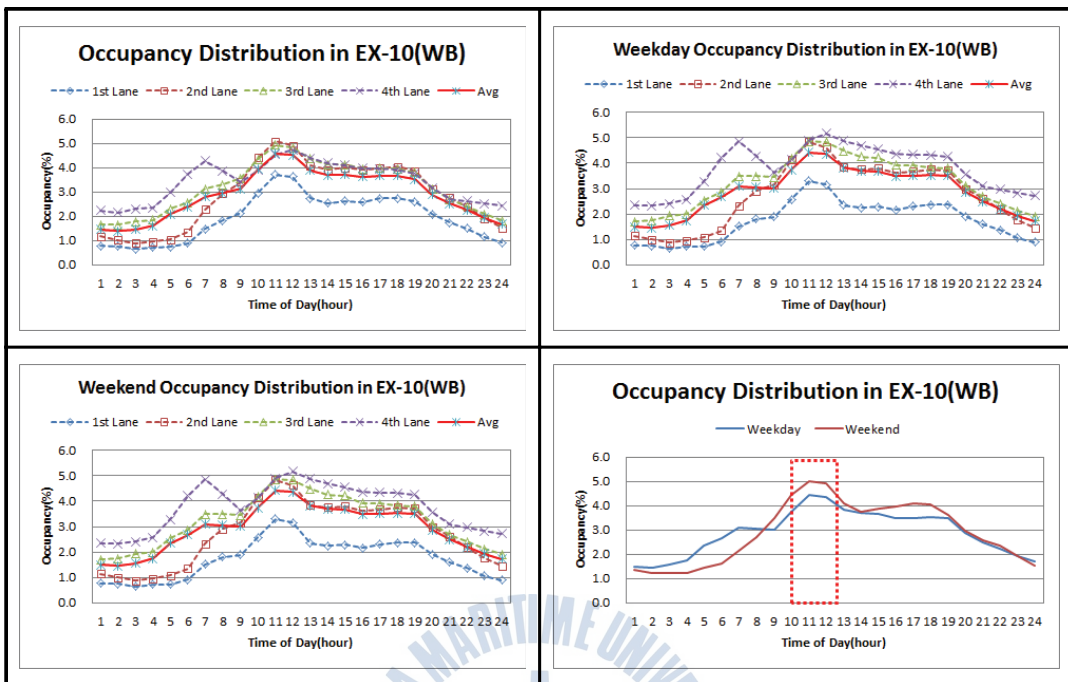


Figure 3.25 Occupancy distribution in EX-10(WB)

Table 3.20 Occupancy analysis by lane in EX-10(WB)(%)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	3.7	5.1	4.9	4.7
	Min	0.7	0.9	1.7	2.2
	Avg	1.9	2.9	3.2	3.4
	AM-Peak	3.7	5.1	4.9	4.7
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekday	Max	3.3	4.8	4.9	5.2
	Min	0.7	0.9	1.7	2.3
	Avg	1.7	2.7	3.2	3.8
	AM-Peak	3.3	4.8	4.9	5.2
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekend	Max	4.8	5.7	5.1	3.7
	Min	0.7	0.9	1.4	1.7
	Avg	2.4	3.2	3.0	2.6
	AM-Peak	4.8	5.7	5.1	3.7
	PM-Peak	—	—	—	—

결과적으로 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)에서는 요일별 시간별 점유율특성에서 뚜렷한 차이가 확인되었고, 또한 고속도로의 방향별 점유율특성에서도 서로 다른 첨두 특성이 확인되었다. 특히, 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서는 오전에 첨두 특성을 보였고 남쪽방향(SB)에서는 오후에 첨두 특성을 보였는데, 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보였다. 반면 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB)에서는 오후에 첨두 특성을 보였고 서쪽방향(WB)에서는 오전에 첨두 특성을 보였는데, 역시 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보였다. 그러므로 고속도로의 방향별 요일별 시간별 차로별 점유율특성에 기초한 고속도로교통관리시스템(ETMS)을 구축하여 고속도로의 효율성 증대를 위한 개선방안을 강구할 필요가 있다고 생각하였다.



3.2.4 밀도 분석

밀도(density)란 단위구간 내 통행하고 있는 차량대수이고, 단위는 vehicles per kilometer(veh/km)로 표현되며, 속도와 차두시간의 관계로부터 밀도를 산정하여 특성분석에 사용하였다(TRB, 1975).

$$d_h = \frac{\bar{t}_h \times U_s}{3.6} \quad (3.4)$$

$$K = \frac{1,000}{d_h} \quad (3.5)$$

여기서,

$\bar{t}_h$: mean time headway(sec)

d_h : mean distance headway(m)

U_s : spot mean speed(km/h)

K : density(veh/km)

밀도특성을 비교한 결과, 아래의 **Figures 3.26~3.29**에서 보는 바와 같이 방향별 요일별 시간별 차로별 특성에서 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다.

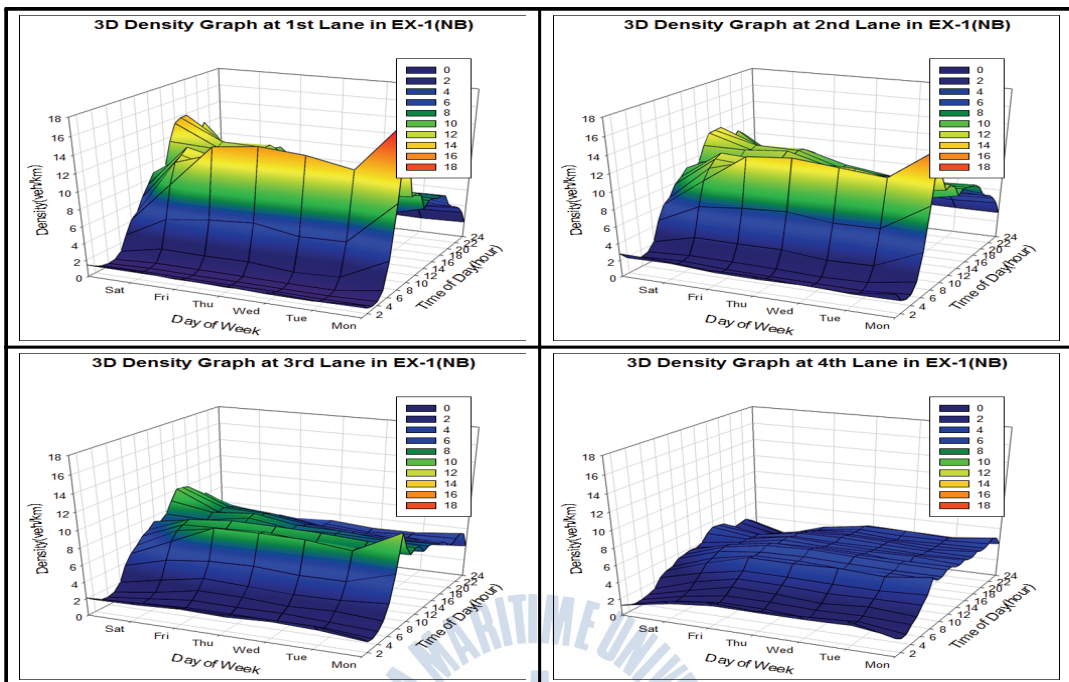


Figure 3.26 3D Density graph by lane in EX-1(NB)

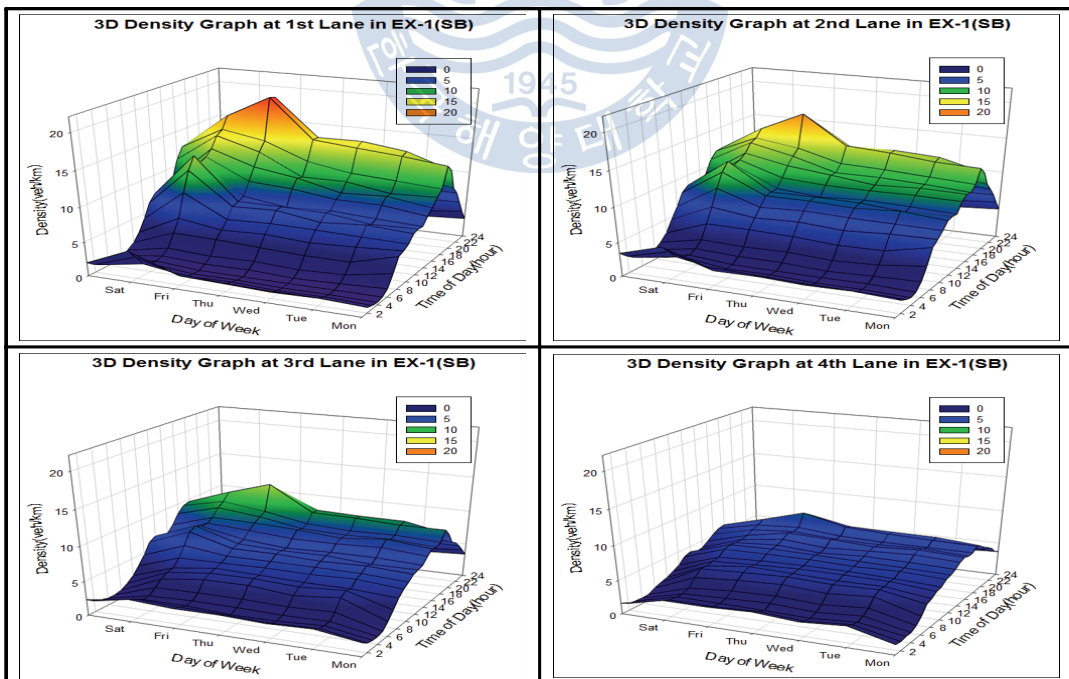


Figure 3.27 3D Density graph by lane in EX-1(SB)

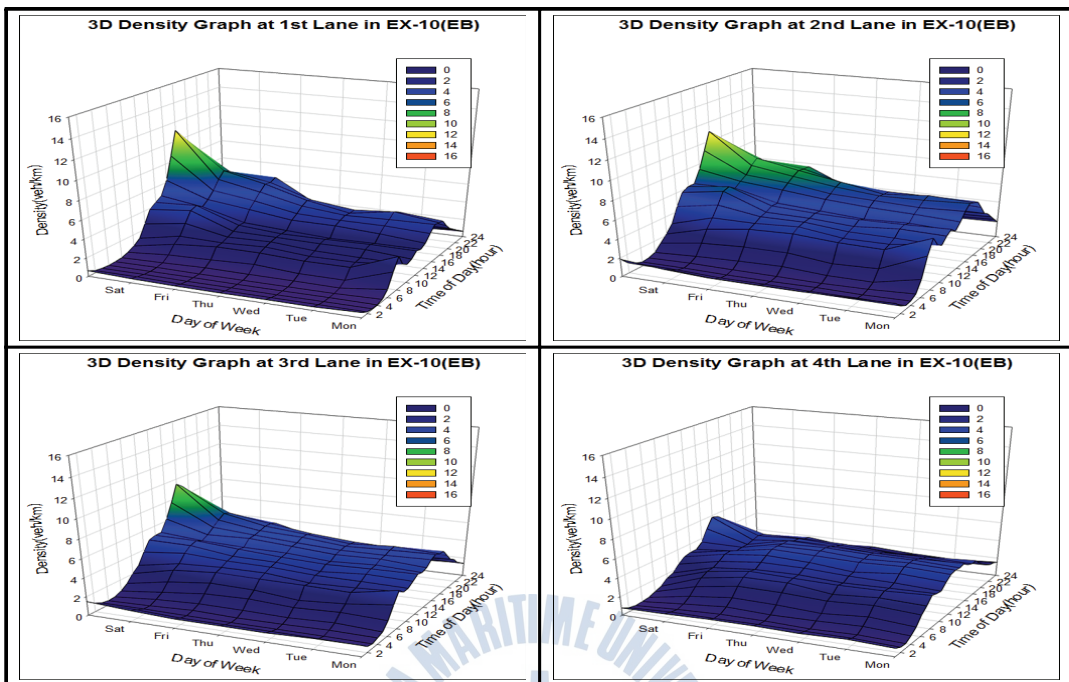


Figure 3.28 3D Density graph by lane in EX-10(EB)

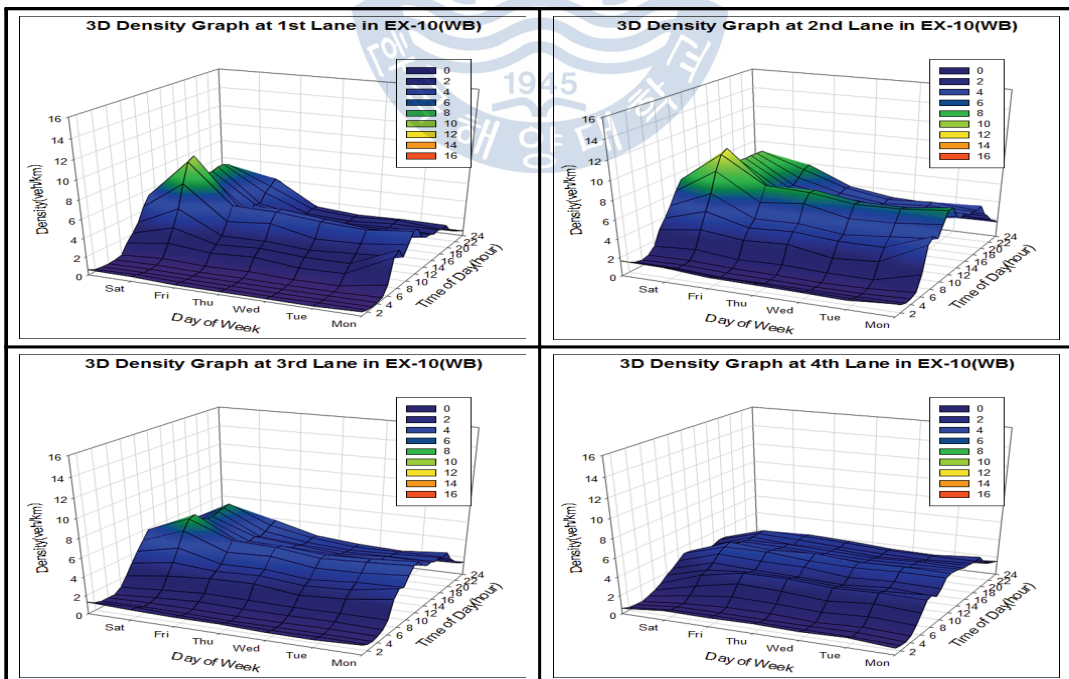


Figure 3.29 3D Density graph by lane in EX-10(WB)

우선적으로 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(northbound, NB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 밀도가 약 9.3대(veh/km)로 평균밀도에 비해 약 60% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 밀도에서 추월차로인 1차로는 약 12.5대(veh/km), 소형차로인 2차로는 약 11.8대(veh/km), 중형차로인 3차로는 약 8.3대(veh/km) 그리고 대형차로인 4차로는 약 5.5대(veh/km)로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.21). 특히, 주중에는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 밀도에서 1차로는 약 14.8대(veh/km), 2차로는 약 13.3대(veh/km), 3차로는 약 9.3대(veh/km) 그리고 4차로는 약 5.9대(veh/km)로 나타났으나, 오히려 주말에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 밀도에서 1차로는 약 12.5대(veh/km), 2차로는 약 11.6대(veh/km), 3차로는 약 9.0대(veh/km) 그리고 4차로는 약 4.9대(veh/km)로 주중보다 다소 낮게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.22과 Figure 3.30).

Table 3.21 Density analysis in EX-1(veh/km, %)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
		Density	Shift	Density	Shift	Density	Shift
EX-1 (NB)	Max	9.3	+60	10.7	+84	9.5	+64
	Min	1.2	-79	1.2	-79	1.0	-83
	Avg	5.8	-	5.8	-	5.8	-
	AM-Peak	9.3	+60	10.7	+84	-	-
	PM-Peak	-	-	-	-	9.5	+64
EX-1 (SB)	Max	11.8	+97	11.9	+95	11.5	+95
	Min	1.5	-75	1.5	-75	1.4	-76
	Avg	6.0	-	6.1	-	5.9	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	11.8	+97	11.9	+95	11.5	+95

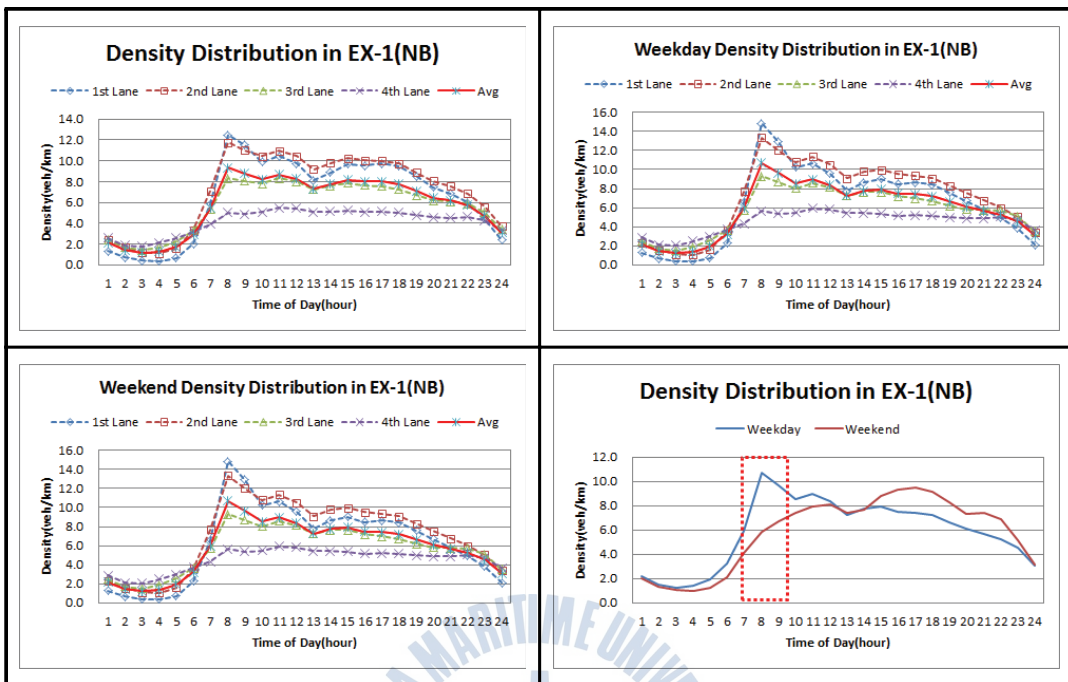


Figure 3.30 Density distribution in EX-1(NB)

Table 3.22 Density analysis by lane in EX-1(NB)(veh/km)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	12.5	11.8	8.3	5.5
	Min	0.4	1.1	1.4	1.8
	Avg	6.5	7.2	5.7	4.2
	AM-Peak	12.5	11.8	8.3	5.5
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekday	Max	14.8	13.3	9.3	5.9
	Min	0.4	1.1	1.5	2.1
	Avg	6.3	3.8	5.7	4.5
	AM-Peak	14.8	6.9	9.3	5.9
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekend	Max	12.5	11.6	9.0	4.9
	Min	0.4	1.3	1.2	1.1
	Avg	7.0	7.4	5.7	3.3
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	12.5	11.6	9.0	4.9

반면 경부고속도로(EX-1)의 남쪽방향(southbound, SB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 밀도가 약 11.8대(veh/km)로 평균밀도에 비해 약 97% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 밀도에서 추월차로인 1차로는 약 15.3대(veh/km), 소형차로인 2차로는 약 14.2대(veh/km), 중형차로인 3차로는 약 10.6대(veh/km) 그리고 대형차로인 4차로는 약 7.5대(veh/km)로 북쪽방향보다 높게 나타나면서 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.21). 특히, 주중에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 밀도에서 1차로는 약 15.3대(veh/km), 2차로는 약 14.4대(veh/km), 3차로는 약 10.5대(veh/km) 그리고 4차로는 약 7.8대(veh/km)로 나타났고, 주말에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 밀도에서 1차로는 약 15.0대(veh/km), 2차로는 약 13.6대(veh/km), 3차로는 약 10.7대(veh/km) 그리고 4차로는 약 6.7대(veh/km)로 거의 비슷하게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 피크확산(peak spreading)을 보이지 않았다(참조 Table 3.23과 Figure 3.31).

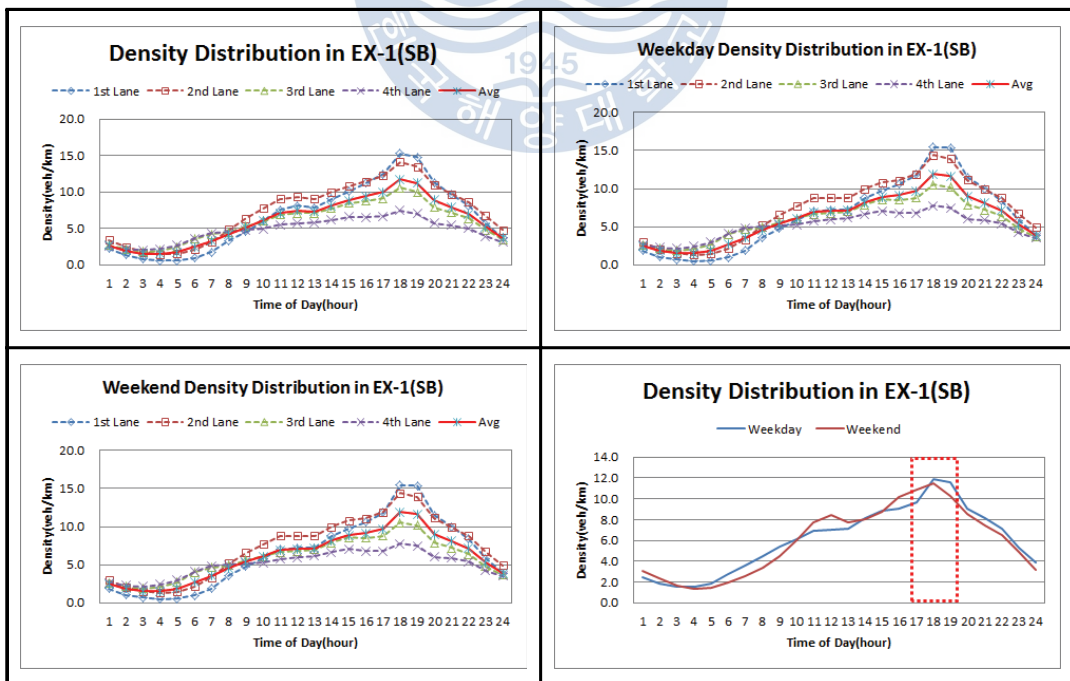


Figure 3.31 Density distribution in EX-1(SB)

Table 3.23 Density analysis by lane in EX-1(SB)(veh/km)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	15.3	14.2	10.6	7.5
	Min	0.6	1.4	1.8	2.0
	Avg	6.6	7.3	5.8	4.8
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	15.3	14.2	10.6	7.5
Weekday	Max	15.4	14.4	10.5	7.8
	Min	0.5	1.3	1.9	2.2
	Avg	6.4	7.3	5.9	5.1
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	15.3	14.4	10.5	7.8
Weekend	Max	15.0	13.6	10.7	6.7
	Min	0.7	1.6	1.6	1.6
	Avg	6.9	7.4	5.7	4.0
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	15.0	13.6	10.7	6.7

다음으로 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(eastbound, EB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 밀도가 약 5.7대(veh/km)로 평균밀도에 비해 약 92% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 밀도에서 추월차로인 1차로는 약 5.7대(veh/km), 소형차로인 2차로는 약 7.3대(veh/km), 중형차로인 3차로는 약 5.8대(veh/km) 그리고 대형차로인 4차로는 약 4.3대(veh/km)로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.24). 특히, 주중에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 밀도에서 1차로는 약 4.6대(veh/km), 2차로는 약 6.5대(veh/km), 3차로는 약 5.1대(veh/km) 그리고 4차로는 약 4.5대(veh/km)로 2차로에서 높게 나타났고, 주말에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 밀도에서 1차로는 약 8.7대(veh/km), 2차로는 약 9.4대(veh/km), 3차로는 약 7.7대(veh/km) 그리고 4차로는 약 4.8대(veh/km)로 주중보다 높게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.25과 Figure 3.32).

Table 3.24 Density analysis in EX-10(veh/km, %)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
		Density	Shift	Density	Shift	Density	Shift
EX-10 (EB)	Max	5.7	+92	4.9	+80	7.6	+115
	Min	0.4	-87	0.4	-87	0.4	-90
	Avg	3.0	-	2.8	-	3.5	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	5.7	+92	4.9	+80	7.6	+115
EX-10 (WB)	Max	5.7	+85	5.4	+84	6.7	+87
	Min	0.5	-86	0.4	-86	0.5	-87
	Avg	3.1	-	2.9	-	3.5	-
	AM-Peak	5.7	+85	5.4	+84	6.7	+87
	PM-Peak	-	-	-	-	-	-

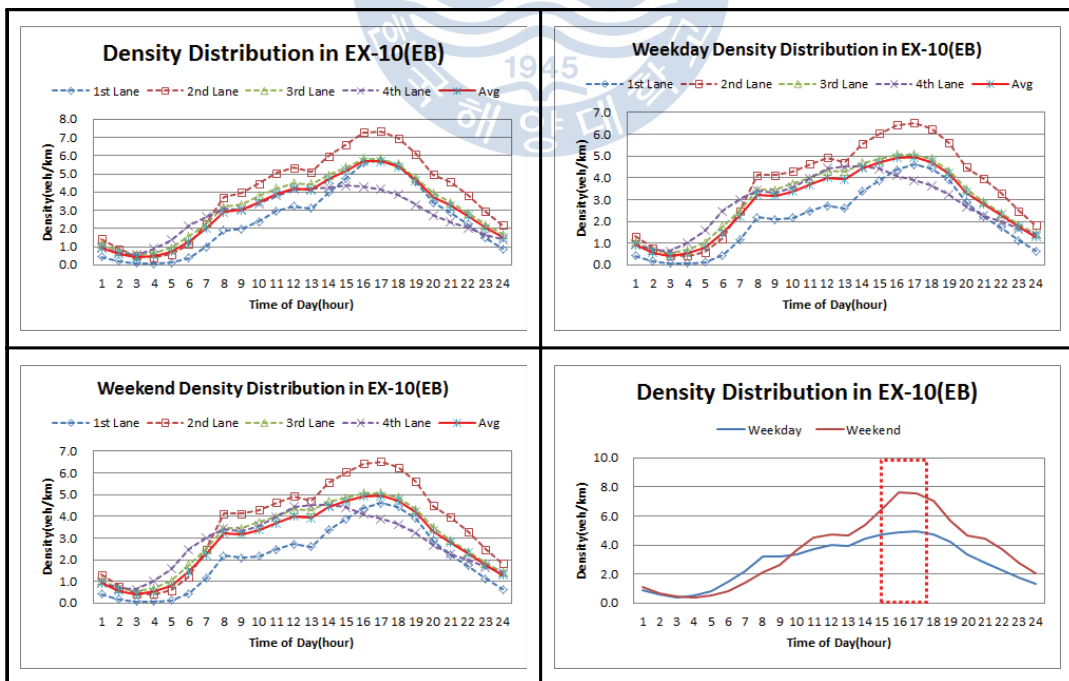


Figure 3.32 Density distribution in EX-10(EB)

Table 3.25 Density analysis by lane in EX-10(EB)(veh/km)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	5.7	7.3	5.8	4.4
	Min	0.1	0.4	0.5	0.6
	Avg	2.5	3.9	3.2	2.7
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	5.7	7.3	5.8	4.3
Weekday	Max	4.6	6.5	5.1	4.5
	Min	0.1	0.4	0.5	0.6
	Avg	2.1	3.6	3.0	2.8
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	4.6	6.5	5.1	4.5
Weekend	Max	8.7	9.4	7.7	4.8
	Min	0.1	0.4	0.5	0.4
	Avg	3.4	4.6	3.8	2.5
	AM-Peak	—	—	—	—
	PM-Peak	8.7	9.4	7.7	4.8

반면 남해고속도로(EX-10)의 서쪽방향(westbound, WB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 밀도가 약 5.7대(veh/km)로 평균밀도에 비해 약 85% 높게 나타났는데, 차로별 첨두 밀도에서 추월차로인 1차로는 약 5.7대(veh/km), 소형차로인 2차로는 약 7.6대(veh/km), 중형차로인 3차로는 약 5.8대(veh/km) 그리고 대형차로인 4차로는 약 4.2대(veh/km)로 뚜렷한 차이를 보였다(참조 Table 3.24). 특히, 주중에는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 밀도에서 1차로는 약 5.0대(veh/km), 2차로는 약 7.1대(veh/km), 3차로는 약 5.4대(veh/km) 그리고 4차로는 약 4.4대(veh/km)로 2차로에서 높게 나타났고, 주말에도 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 차로별 첨두 밀도에서 1차로는 약 7.5대(veh/km), 2차로는 약 8.8대(veh/km), 3차로는 약 6.7대(veh/km) 그리고 4차로는 약 3.9대(veh/km)로 주중보다 높게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.26과 Figure 3.33).

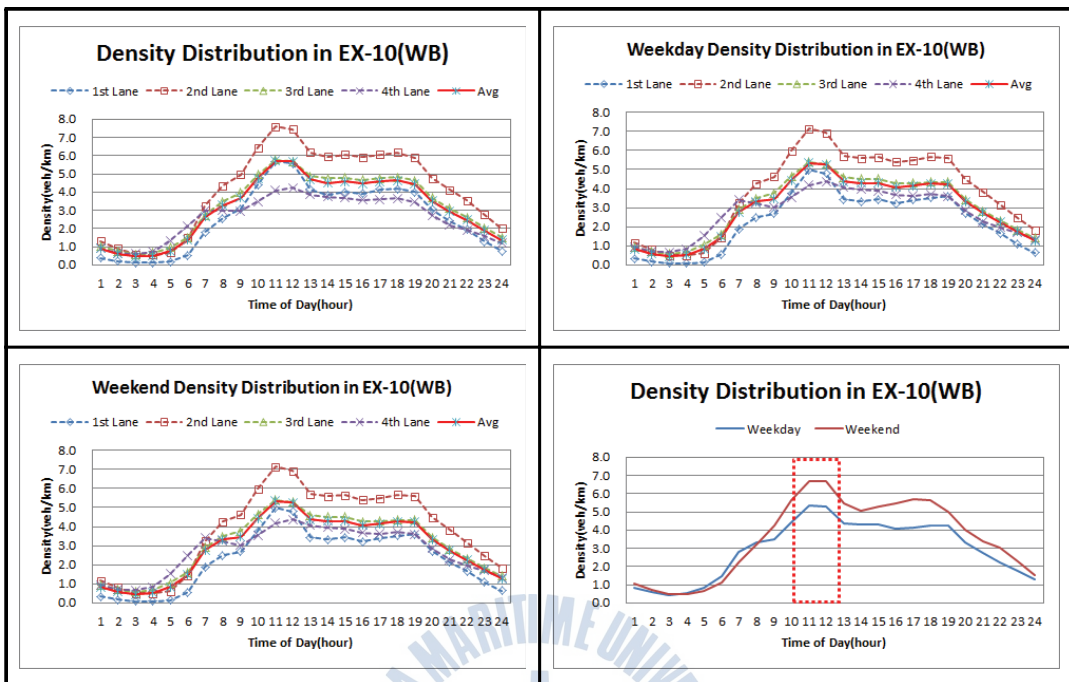


Figure 3.33 Density distribution in EX-10(WB)

Table 3.26 Density analysis by lane in EX-10(WB)(veh/km)

Direction	Statistics	1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
Week	Max	5.7	7.6	5.8	4.2
	Min	0.1	0.5	0.6	0.6
	Avg	2.6	4.1	3.3	2.6
	AM-Peak	5.7	7.6	5.8	4.2
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekday	Max	5.0	7.1	5.4	4.4
	Min	0.1	0.5	0.6	0.7
	Avg	2.3	3.8	3.1	2.7
	AM-Peak	5.0	7.1	5.4	4.4
	PM-Peak	—	—	—	—
Weekend	Max	7.5	8.8	6.7	3.9
	Min	0.1	0.7	0.7	0.4
	Avg	3.4	4.8	3.8	2.2
	AM-Peak	7.5	8.8	6.7	3.9
	PM-Peak	—	—	—	—

결과적으로 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)에서는 요일별 시간별 차로별 밀도특성에서 뚜렷한 차이가 확인되었고, 또한 고속도로의 방향별 밀도특성에서도 서로 다른 첨두 특성이 확인되었다. 특히, 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서는 오전에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말 사이에 피크확산(peak spreading)을 보였으나 남쪽방향(SB)에서는 오후에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말 사이에 피크확산(peak spreading)을 보이지 않았다. 반면 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB)에서는 오후에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말 사이에 피크확산(peak spreading)을 보였고 서쪽방향(WB)에서도 오전에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말 사이에 피크확산(peak spreading)을 보였다. 그러므로 고속도로의 방향별 시간별 요일별 차로별 밀도특성에 기초한 고속도로교통관리시스템(ETMS)을 구축하여 고속도로의 효율성 증대를 위한 개선방안을 강구할 필요가 있다고 생각하였다.



3.2.5 시간교통량비율(K -factor) 분석

시간교통량비율(hourly volume proportion, K -factor)이란 일평균교통량(average daily traffic, ADT)에 대한 시간별 교통량의 비율을 의미하고, 단위는 percent(%)로 표현되며, 1시간 단위의 평균 시간교통량비율로 전환하여 특성분석에 사용하였다(Holyoak and Chang, 2006).

$$K\text{-factor} = \frac{Q_i}{ADT} \times 100 = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^{24} Q_i} \times 100\% \quad (3.6)$$

여기서,

$K\text{-factor}$: hourly volume proportion(%)

Q_i : hourly volume of each hour i (veh/h/l)

ADT : average daily traffic for 2 weeks(veh)($= \sum_{i=1}^{24} Q_i$)

시간교통량비율(K -factor)특성을 비교한 결과, 아래의 **Figures 3.34~3.35**에서 보는 바와 같이 방향별 요일별 시간별 특성에서 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다.

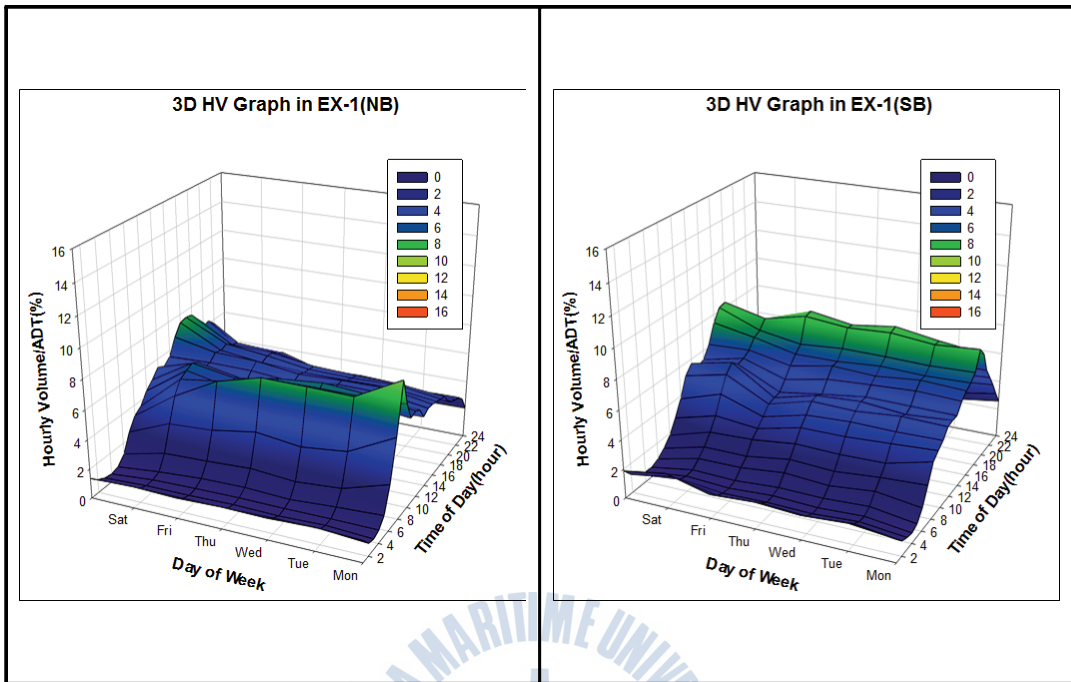


Figure 3.34 3D K -factor graph in EX-1

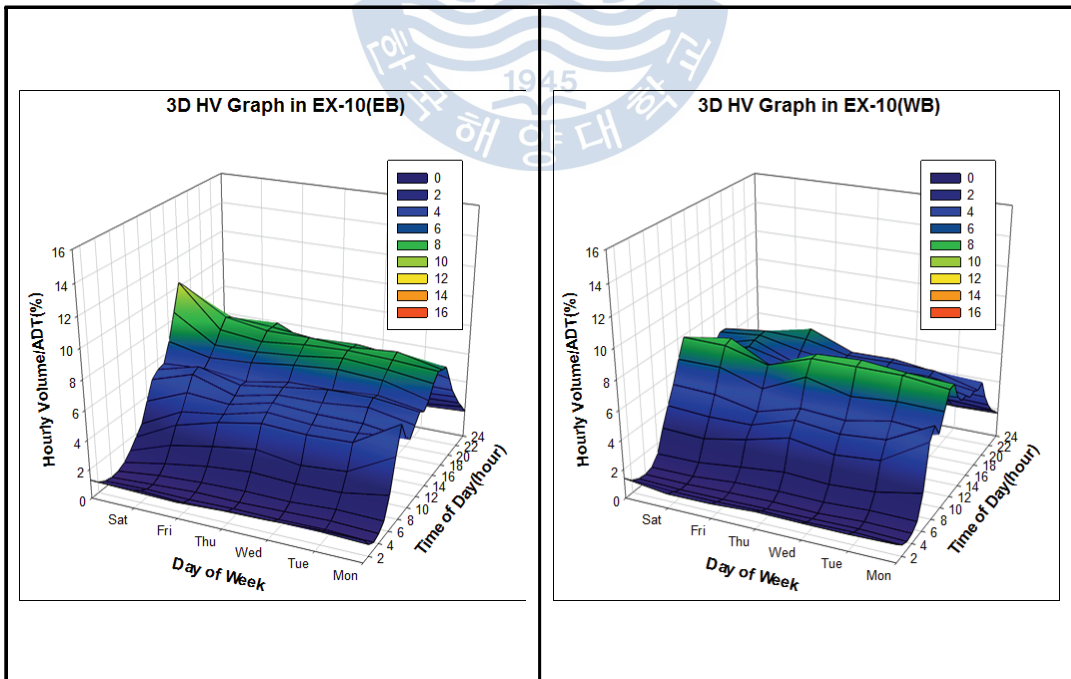


Figure 3.35 3D K -factor graph in EX-10

우선적으로 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(northbound, NB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(K -factor)은 약 6.7%로 평균 시간교통량비율(K -factor) 약 4.2%에 비해 약 60%정도 높게 나타났고, 최소 시간교통량비율(K -factor)은 약 0.8%로 평균 시간교통량비율(K -factor)에 비해 약 81%정도 낮게 나타났으며 오전 첨두 시간에 최대 시간교통량비율(K -factor)을 보였다(참조 Table 3.27). 특히, 주중에는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(K -factor)은 약 7.7%, 최소 시간교통량비율(K -factor)은 약 0.8% 그리고 평균 시간교통량비율(K -factor)은 약 4.2%로 나타났으나, 오히려 주말에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(K -factor)은 약 6.8%, 최소 시간교통량비율(K -factor)은 약 0.7% 그리고 평균 시간교통량비율(K -factor)은 약 4.2%로 다소 낮게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.27과 Figure 3.36).

Table 3.27 K -factor analysis in EX-1(%)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
		K -factor	Shift	K -factor	Shift	K -factor	Shift
EX-1 (NB)	Max	6.7	+60	7.7	+83	6.8	+62
	Min	0.8	-81	0.8	-81	0.7	-83
	Avg	4.2	-	4.2	-	4.2	-
	AM-Peak	6.7	+60	7.7	+83	-	-
	PM-Peak	-	-	-	-	6.8	+62
EX-1 (SB)	Max	8.1	+93	8.1	+93	8.0	+90
	Min	0.9	-79	0.9	-79	0.9	-79
	Avg	4.2	-	4.2	-	4.2	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	8.1	+93	8.1	+93	8.0	+90

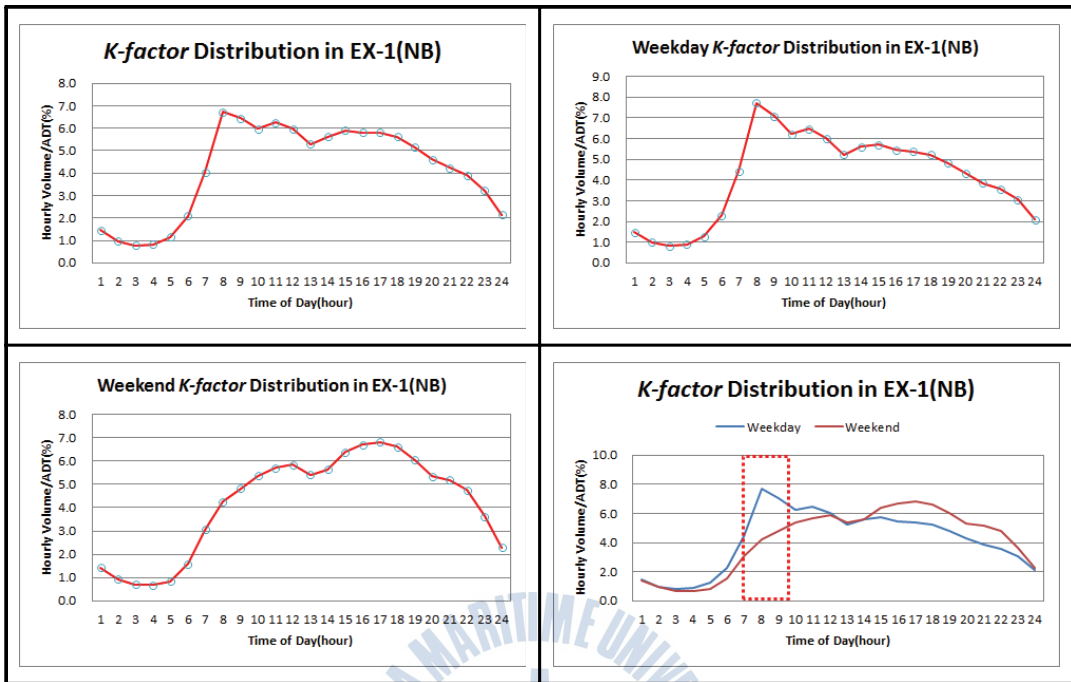


Figure 3.36 *K-factor* distribution in EX-1(NB)

반면 경부고속도로(EX-1)의 남쪽방향(southbound, SB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(*K-factor*)은 약 8.1%로 평균 시간교통량비율(*K-factor*) 약 4.2%에 비해 약 93%정도 높게 나타났고, 최소 시간교통량비율(*K-factor*)은 약 0.9%로 평균 시간교통량비율(*K-factor*)에 비해 약 79%정도 낮게 나타났으며 오후 첨두 시간에 최대 시간교통량비율(*K-factor*)을 보였다(참조 Table 3.27). 특히, 주중에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(*K-factor*)은 약 8.1%, 최소 시간교통량비율(*K-factor*)은 약 0.9% 그리고 평균 시간교통량비율(*K-factor*)은 약 4.2%로 나타났고, 주말에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(*K-factor*)은 약 8.0%, 최소 시간교통량비율(*K-factor*)은 약 0.9% 그리고 평균 시간교통량비율(*K-factor*)은 약 4.2%로 주중과 비슷하게 나타나면서 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보이지 않았다(참조 Table 3.27과 Figure 3.37).

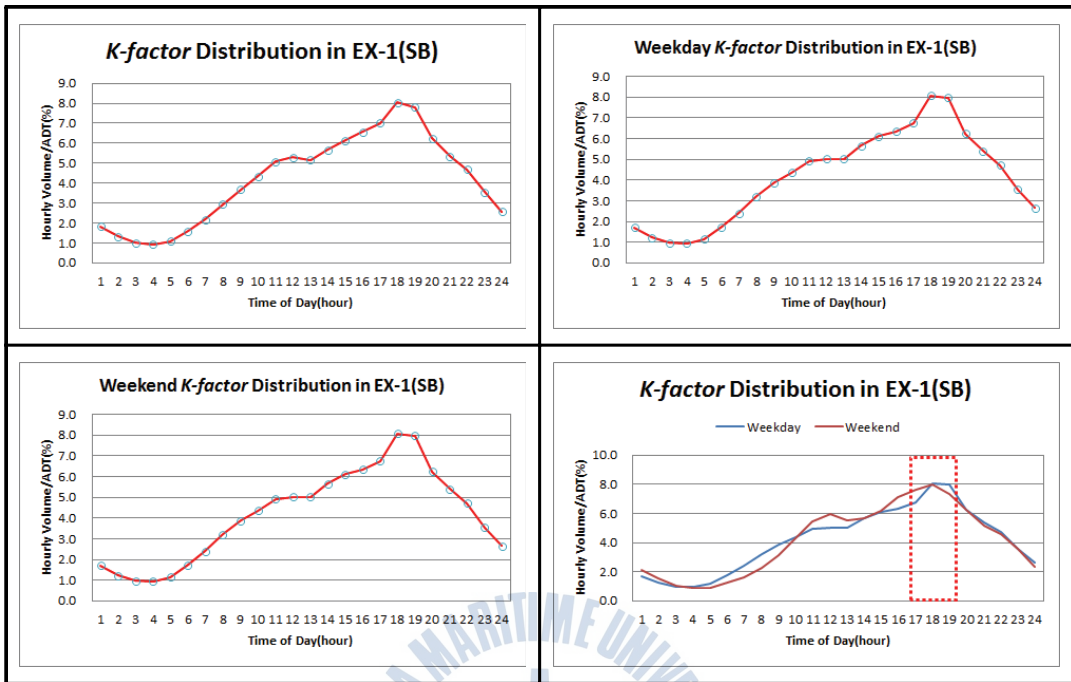


Figure 3.37 K -factor distribution in EX-1(SB)

다음으로 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(eastbound, EB)에서는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(K -factor)은 약 7.9%로 평균 시간교통량비율(K -factor) 약 4.2%에 비해 약 88%정도 높게 나타났고, 최소 시간교통량비율(K -factor)은 약 0.5%로 평균 시간교통량비율(K -factor)에 비해 약 88%정도 낮게 나타났으며 오후 첨두 시간에 최대 시간교통량비율(K -factor)을 보였다(참조 Table 3.28). 특히, 주중에는 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(K -factor)은 약 7.5%, 최소 시간교통량비율(K -factor)은 약 0.6% 그리고 평균 시간교통량비율(K -factor)은 약 4.2%로 나타났고, 주말에도 오후에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(K -factor)은 약 8.9%, 최소 시간교통량비율(K -factor)은 약 0.4% 그리고 평균 시간교통량비율(K -factor)은 약 4.2%로 다소 높게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.28과 Figure 3.38).

Table 3.28 *K-factor* analysis in EX-10(%)

Direction	Statistics	Week		Weekday		Weekend	
		<i>K-factor</i>	Shift	<i>K-factor</i>	Shift	<i>K-factor</i>	Shift
EX-10 (EB)	Max	7.9	+88	7.5	+79	8.9	+112
	Min	0.5	-88	0.6	-86	0.4	-86
	Avg	4.2	-	4.2	-	4.2	-
	AM-Peak	-	-	-	-	-	-
	PM-Peak	7.9	+88	7.5	+79	8.9	+112
EX-10 (WB)	Max	7.7	+83	7.7	+83	7.8	+86
	Min	0.6	-86	0.6	-86	0.5	-88
	Avg	4.2	-	4.2	-	4.2	-
	AM-Peak	7.7	+83	7.7	+83	7.8	+88
	PM-Peak	-	-	-	-	-	-

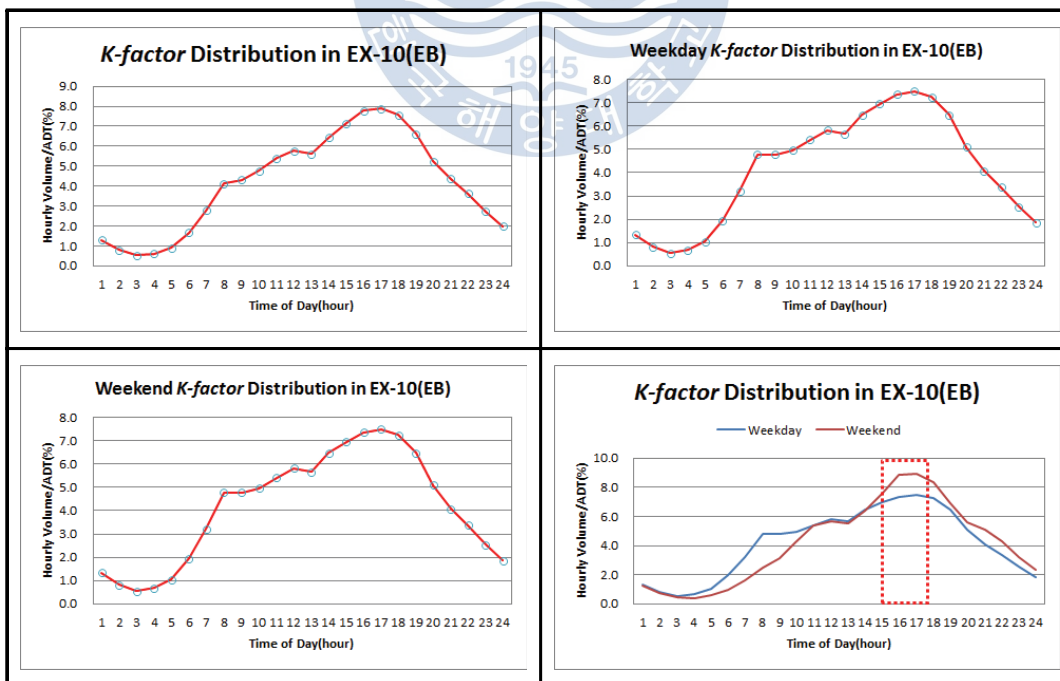


Figure 3.38 *K-factor* distribution in EX-10(EB)

반면 남해고속도로(EX-10)의 서쪽방향(westbound, WB)에서는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(K -factor)은 약 7.7%로 평균 시간교통량비율(K -factor) 약 4.2%에 비해 약 83%정도 높게 나타났고, 최소 시간교통량비율(K -factor)은 약 0.6%로 평균 시간교통량비율(K -factor)에 비해 약 86%정도 낮게 나타났으며 오전 첨두 시간에 최대 시간교통량비율(K -factor)을 보였다(참조 Table 3.28). 특히, 주중에는 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(K -factor)은 약 7.7%, 최소 시간교통량비율(K -factor)은 약 0.6% 그리고 평균 시간교통량비율(K -factor)은 약 4.2%로 나타났고, 주말에도 오전에 첨두 통행특성을 보이면서 최대 시간교통량비율(K -factor)은 약 7.8%, 최소 시간교통량비율(K -factor)은 약 0.5% 그리고 평균 시간교통량비율(K -factor)은 약 4.2%로 다소 높게 나타나면서 주중과 주말사이에 뚜렷한 차이와 함께 피크확산(peak spreading)을 보였다(참조 Table 3.28과 Figure 3.39).

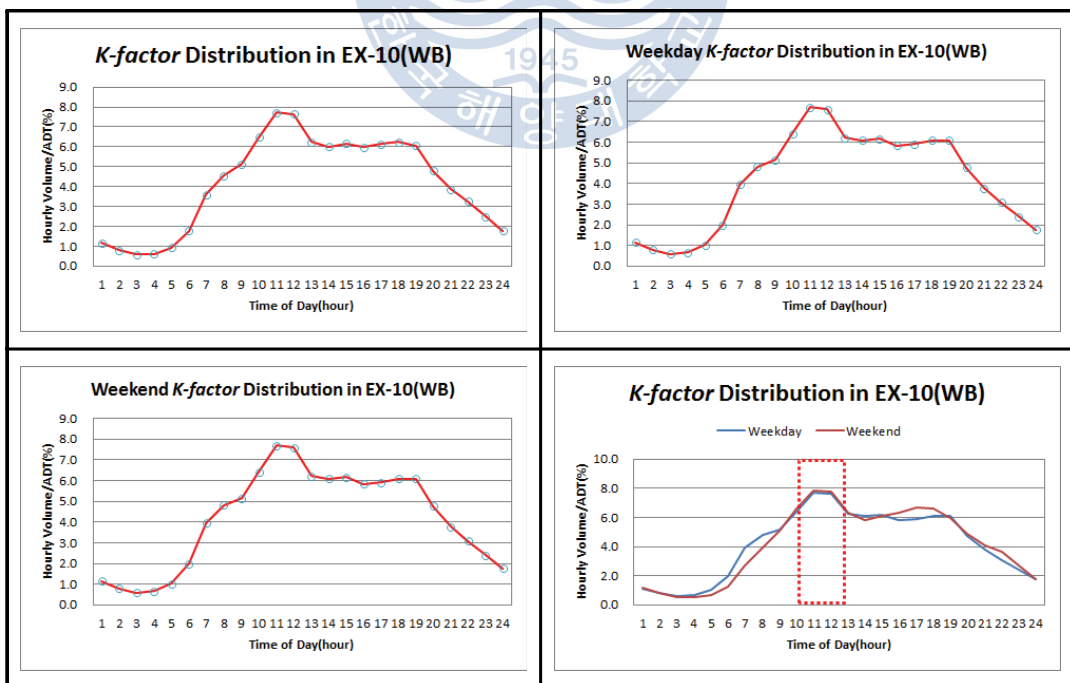


Figure 3.39 K -factor distribution in EX-10(WB)

결과적으로 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)에서는 요일별 시간별 시간교통량비율(K -factor)특성에서 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었고, 또한 고속도로의 방향별 시간교통량비율(K -factor)특성에서도 서로 다른 첨두 특성을 확인할 수 있었다. 특히, 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서는 오전에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보였으나 남쪽방향(SB)에서는 오후에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보이지 않았다. 반면 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB)에서는 오후에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보였고 서쪽방향(WB)에서도 오전에 첨두 통행특성과 함께 주중과 주말사이에 피크확산(peak spreading)을 보였다. 그러므로 고속도로의 방향별 시간별 요일별 시간교통량비율(K -factor)특성에 기초한 고속도로교통관리시스템(ETMS)을 구축하여 고속도로의 효율성 증대를 위한 개선방안을 강구할 필요가 있다고 생각하였다.

이상의 교통특성분석결과로부터 고속도로의 교통특성자료는 방향별 요일별 시간별 차로별 교통특성에서 뚜렷한 차이가 확인되었고, 또한 주중과 주말사이에 교통특성의 피크확산(peak spreading)이 확인되었으며, 특히 교통특성자료 중에서 점유율(%)과 시간교통량비율(%)은 교통량과 연관된 특성자료로 상호 관련성을 연구할 필요가 있다고 생각하였다.

4. 점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)의 상관관계분석

4.1 상관관계분석의 개념

일반적으로 상관관계분석(correlation analysis)이란 두 변수사이에 어떠한 선형적 관계가 있는지를 분석하는 방법으로서 두 변수가 서로 독립적인 관계로부터 서로 상관될 수 있고, 이때 두 변수사이의 관계의 강도를 상관관계(correlation)라 하며, 상관관계의 정도를 나타내는 단위로 모 상관계수(r)를 사용한다. 그리하여 연구대상 경부고속도로(EX-1)과 남해고속도로(EX-10)의 기본구간에서 수집된 교통특성자료 중에서 점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관관계를 검토하기 위하여 상관관계분석(correlation analysis)을 실시하였다.

4.2 점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)의 상관관계분석

교통특성자료 중에서 점유율(O)은 단위시간동안 교통량(Q)에 의해 검지기를 점유하고 있는 시간의 상대비율(%)이고, 시간교통량비율($K-factor$)은 일 평균교통량(ADT)에 대한 시간별 교통량의 비율(%)로서 교통량(Q)과 상호 관련성이 있기 때문에 점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 관계를 파악하기 위해 다음과 같은 상관관계의 식 (4.1)을 사용하였다.

$$r = \frac{n \sum_{j=1}^n (O_j \times K-factor_j) - (\sum_{j=1}^n O_j) \times (\sum_{j=1}^n K-factor_j)}{\sqrt{n \sum_{j=1}^n (O_j)^2 - (\sum_{j=1}^n O_j)^2} \sqrt{n \sum_{j=1}^n (K-factor_j)^2 - (\sum_{j=1}^n K-factor_j)^2}} \quad (4.1)$$

여기서,

r : correlation coefficients

O_j : occupancy collected at j -th hour(%)

$K-factor_j$: hourly volume proportion calculated at j -th hour(%)

n : number of paired samples

위와 같이 점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관분석을 실시한 결과, 고속도로의 방향별 차로별 상관계수(r)에서 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다.

우선적으로 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB) 4차로구간 내 평균점유율(O)과 시간교통량비율(HV)사이의 상관계수(r)는 0.966으로 높게 나타났다. 특히, 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB) 4차로구간 내 차로별 점유율(O_i)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수를 비교해보면, 추월차로인 1차로의 점유율(O_1)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.960으로 높게 나타났고, 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.990으로 가장 높게 나타났으며, 중형차 주행차로인 3차로의 점유율(O_3)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.847로 다소 높게 나타났으나, 마지막으로 대형차 주행차로인 4차로의 점유율(O_4)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.560으로 가장 낮게 나타났다. 그러므로 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB) 4차로구간 내 소형차 주행차로인 2차로에서 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 높은 상관특성이 존재하고 있음을 확인할 수 있었다(참조 Table 4.1과 Figures 4.1~4.2).

또한, 경부고속도로(EX-1)의 남쪽방향(SB) 4차로구간 내 평균점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)도 0.916으로 역시 높게 나타났다. 특히, 경부고속도로(EX-1)의 남쪽방향(SB) 4차로구간 내 차로별 점유율(O_i)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관관계를 비교해보면, 추월차로인 1차로의 점유율(O_1)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.917

로 높게 나타났고, 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.960으로 가장 높게 나타났으며, 중형차 주행차로인 3차로의 점유율(O_3)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.828로 다소 높게 나타났으나, 마지막으로 대형차 주행차로인 4차로의 점유율(O_4)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.628로 가장 낮게 나타났다. 그러므로 경부고속도로(EX-1)의 남쪽방향(SB) 4차로구간 내 소형차 주행차로인 2차로에서 역시 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이에 높은 상관특성이 존재하고 있음을 확인할 수 있었다(참조 Table 4.1과 Figures 4.3~4.4).

Table 4.1 Correlation analysis between O and $K-factor$ in EX-1

Expressway/Direction		Correlation Coefficients(r)			
		1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
EX-1	NB	0.960	0.990	0.847	0.560
		0.966			
	SB	0.917	0.960	0.828	0.628
		0.916			
EX-1		0.936	0.973	0.836	0.596
		0.937			

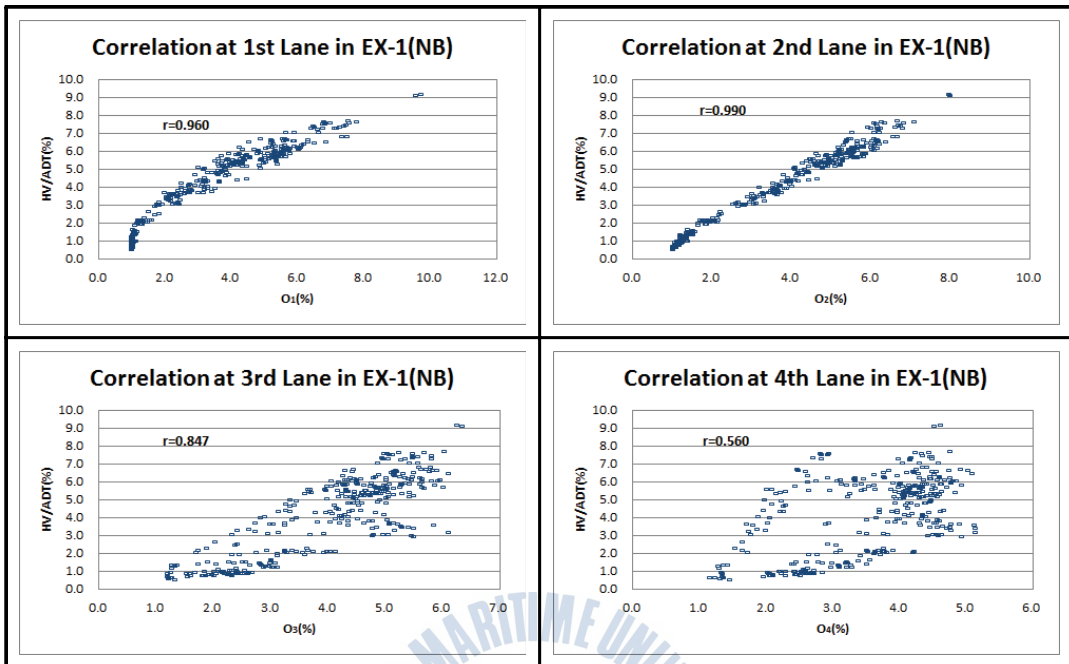


Figure 4.1 Correlation between O_i and K -factor in EX-1(NB)

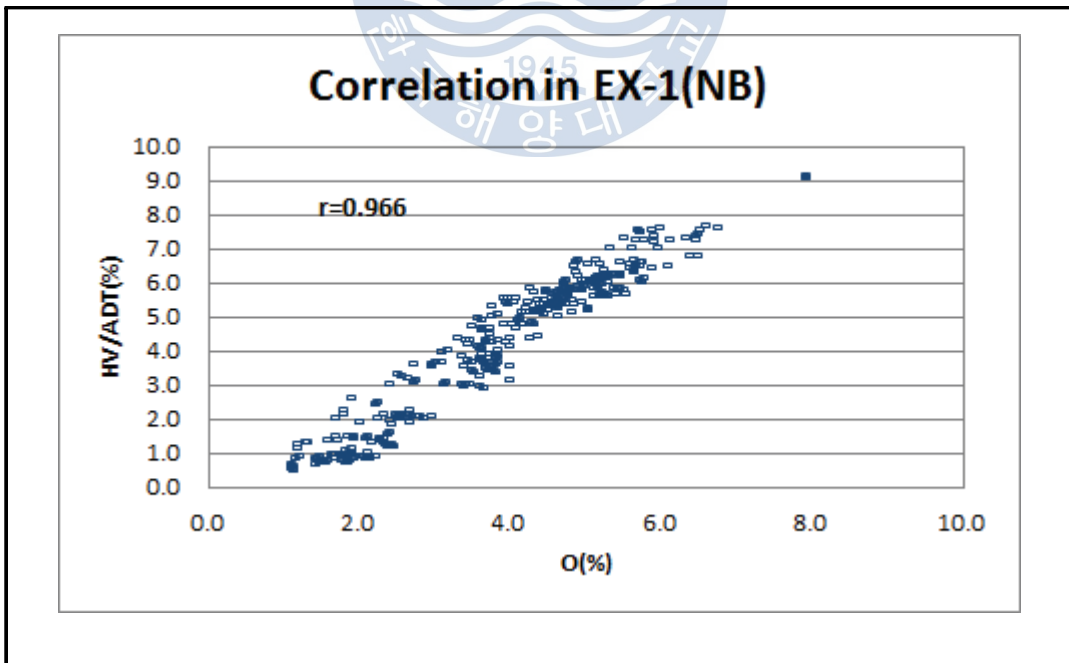


Figure 4.2 Correlation between O and K -factor in EX-1(NB)

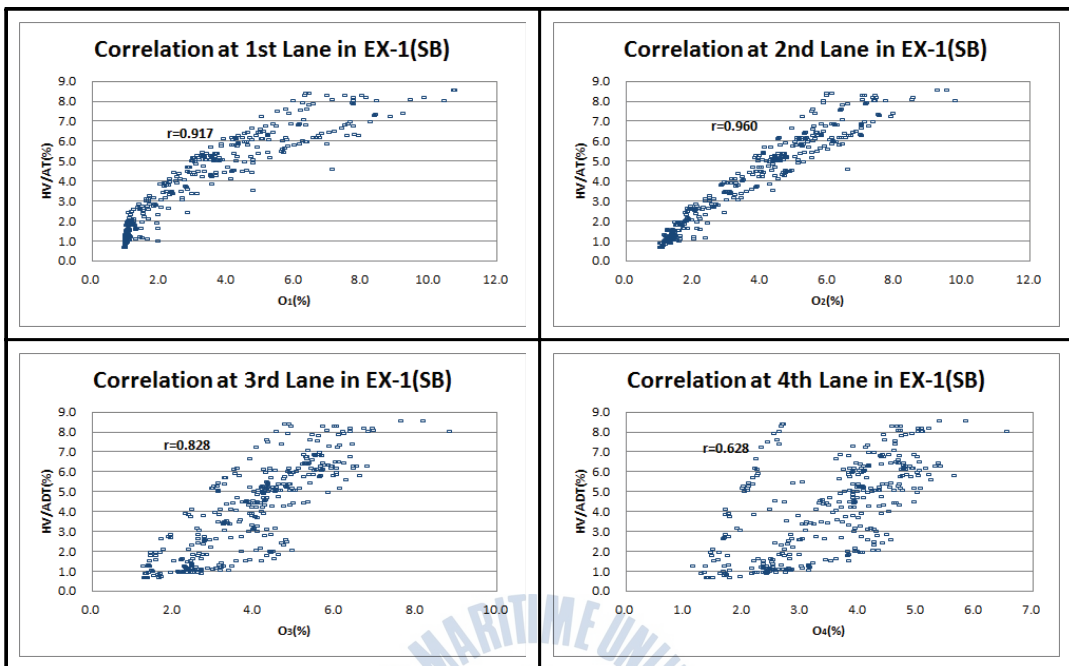


Figure 4.3 Correlation between O_i and K -factor in EX-1(SB)

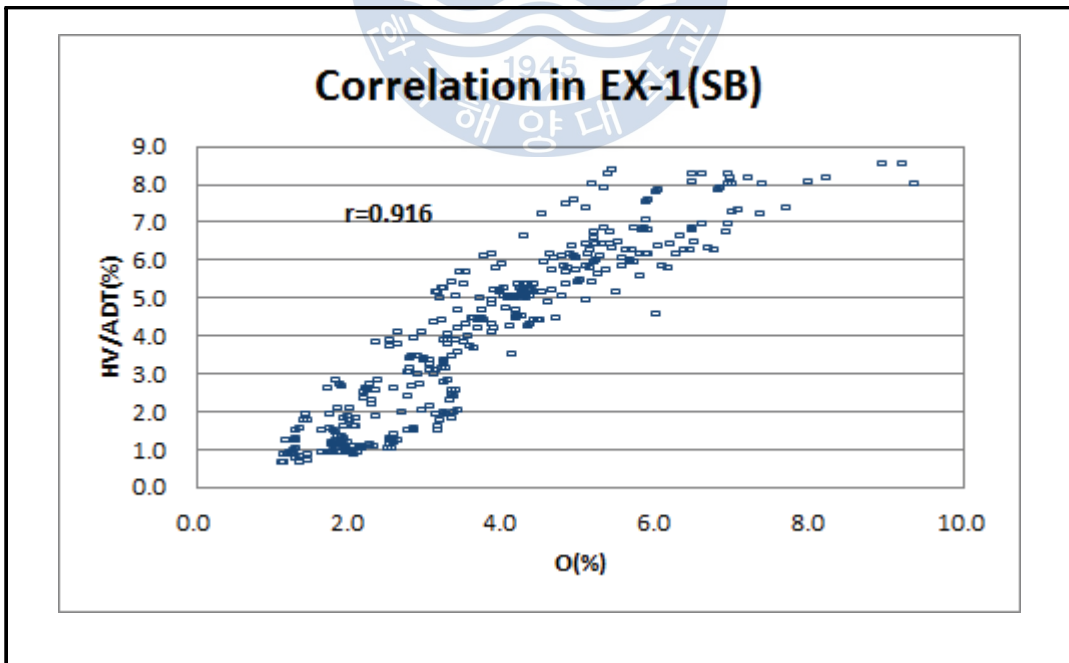
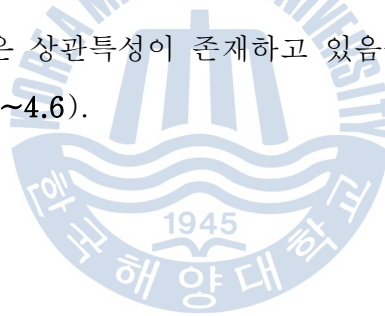


Figure 4.4 Correlation between O and K -factor in EX-1(SB)

더구나 방향에 관계없이 경부고속도로(EX-1)의 평균점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)도 0.937로 높게 나타났다. 특히, 경부고속도로(EX-1)의 차로별 점유율(O_i)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관관계를 비교해보면, 추월차로인 1차로의 점유율(O_1)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.936으로 높게 나타났고, 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.973으로 가장 높게 나타났으며, 중형차 주행차로인 3차로의 점유율(O_3)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.836으로 다소 높게 나타났으나, 마지막으로 대형차 주행차로인 4차로의 점유율(O_4)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.596으로 가장 낮게 나타났다. 그러므로 경부고속도로(EX-1)의 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이에 높은 상관특성이 존재하고 있음을 확인할 수 있었다(참조 Table 4.1과 Figures 4.5~4.6).



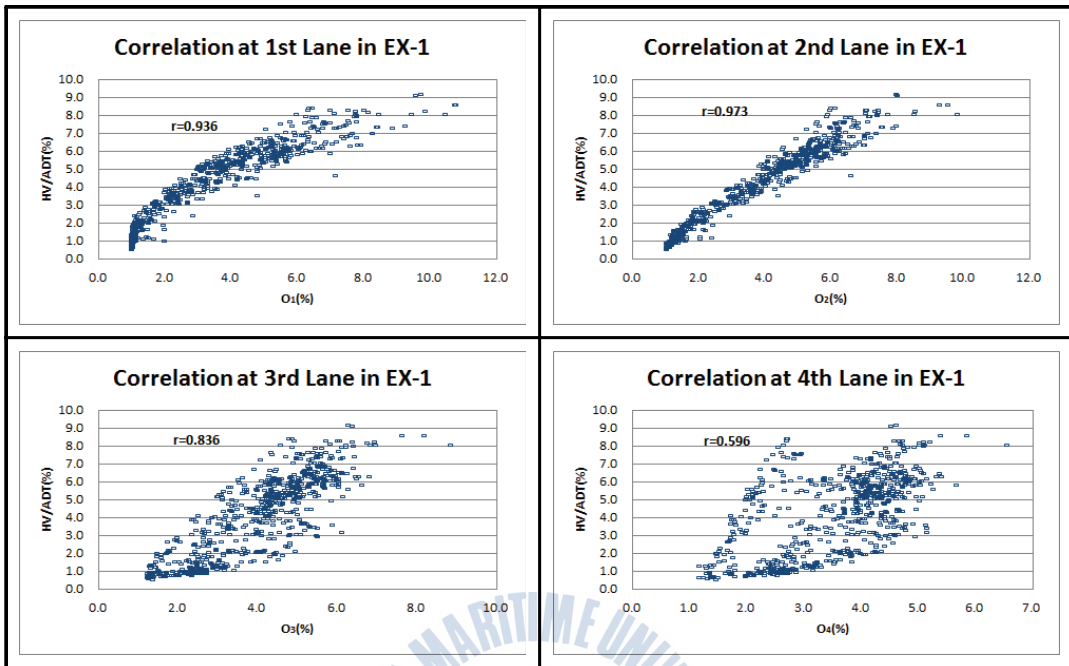


Figure 4.5 Correlation between O_i and K -factor in EX-1

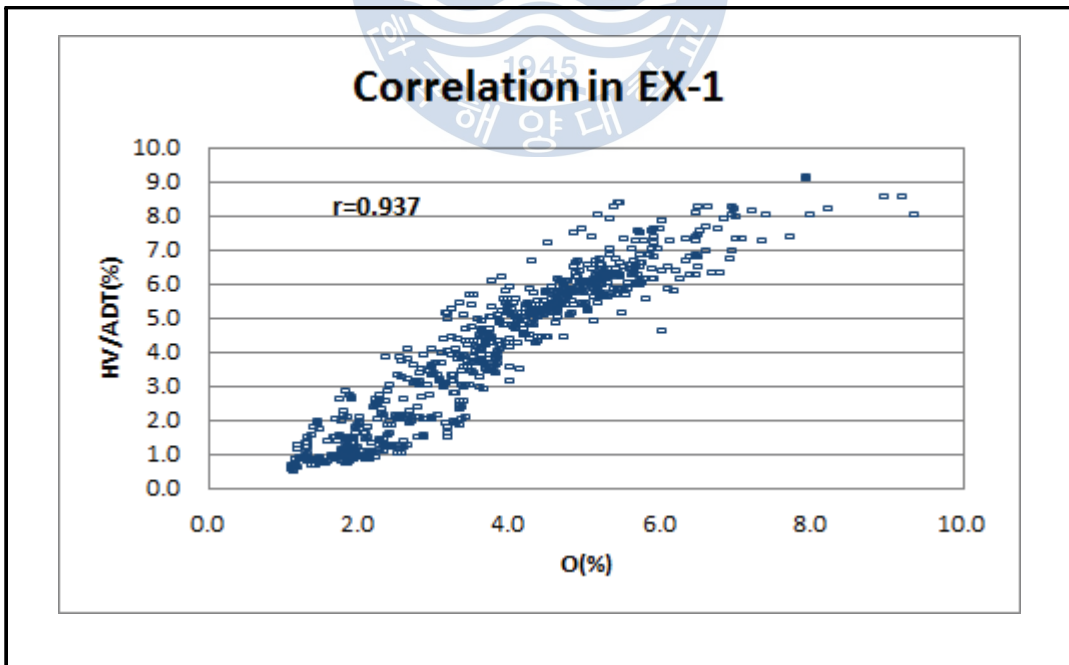


Figure 4.6 Correlation between O and K -factor in EX-1

다음으로 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB) 4차로구간 내 평균점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.934로 높게 나타났다. 특히, 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB) 4차로구간 내 차로별 점유율(O_i)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관관계를 비교해보면, 추월차로인 1차로의 점유율(O_1)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.872로 다소 높게 나타났고, 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.963으로 가장 높게 나타났으며, 중형차 주행차로인 3차로의 점유율(O_3)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.914로 높게 나타났으나, 마지막으로 대형차 주행차로인 4차로의 점유율(O_4)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.667로 가장 낮게 나타났다. 그러므로 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB) 4차로구간 내에서 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이에 높은 상관특성이 존재하고 있음을 확인할 수 있었다(참조 Table 4.2과 Figures 4.7~4.8).

또한, 남해고속도로(EX-10)의 서쪽방향(WB) 4차로구간 내 평균점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)도 0.899로 높게 나타났다. 특히, 남해고속도로(EX-10)의 서쪽방향(WB) 4차로구간 내 차로별 점유율(O_i)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관관계를 비교해보면, 추월차로인 1차로의 점유율(O_1)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.843으로 다소 높게 나타났고, 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.939로 가장 높게 나타났으며, 중형차 주행차로인 3차로의 점유율(O_3)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.908로 높게 나타났으나, 마지막으로 대형차 주행차로인 4차로의 점유율(O_4)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.641로 가장 낮게 나타났다. 그러므로 남해고속도로(EX-10)의 서쪽방향(WB) 4차로구간

내에서 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율(K -factor)사이에 높은 상관특성이 존재하고 있음을 확인할 수 있었다(참조 Table 4.2과 Figures 4.9~4.10).

Table 4.2 Correlation analysis between O and K -factor in EX-10

Expressway/Direction		Correlation Coefficients(r)			
		1 st Lane	2 nd Lane	3 rd Lane	4 th Lane
EX-10	EB	0.872	0.963	0.914	0.667
		0.934			
	WB	0.843	0.939	0.908	0.641
		0.899			
EX-10		0.858	0.950	0.911	0.654
		0.917			

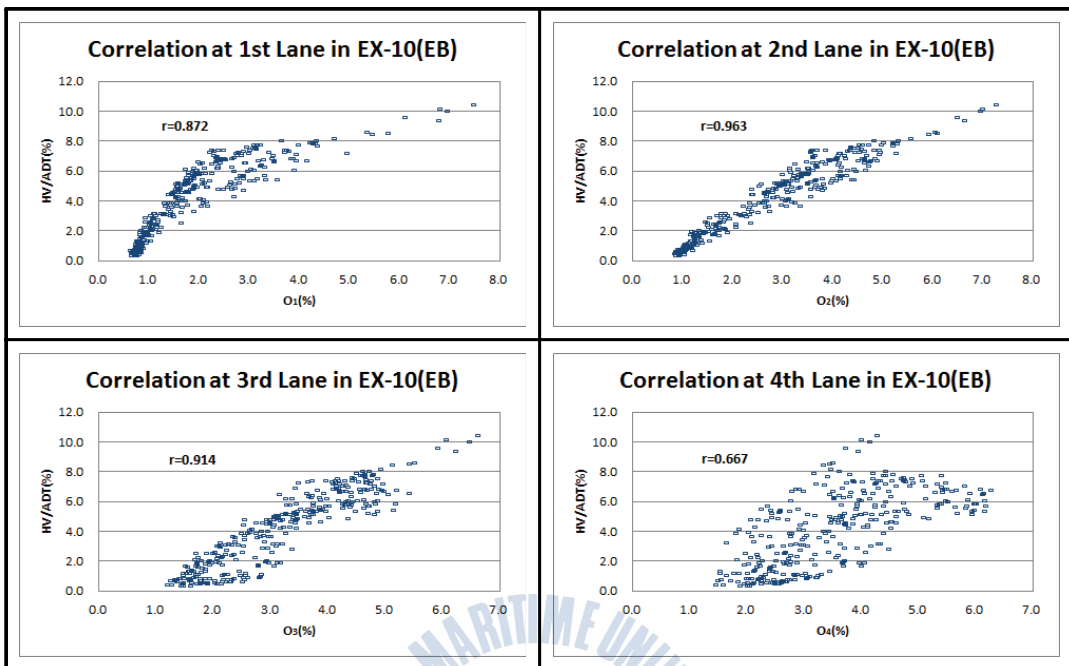


Figure 4.7 Correlation between O_i and K -factor in EX-10(EB)

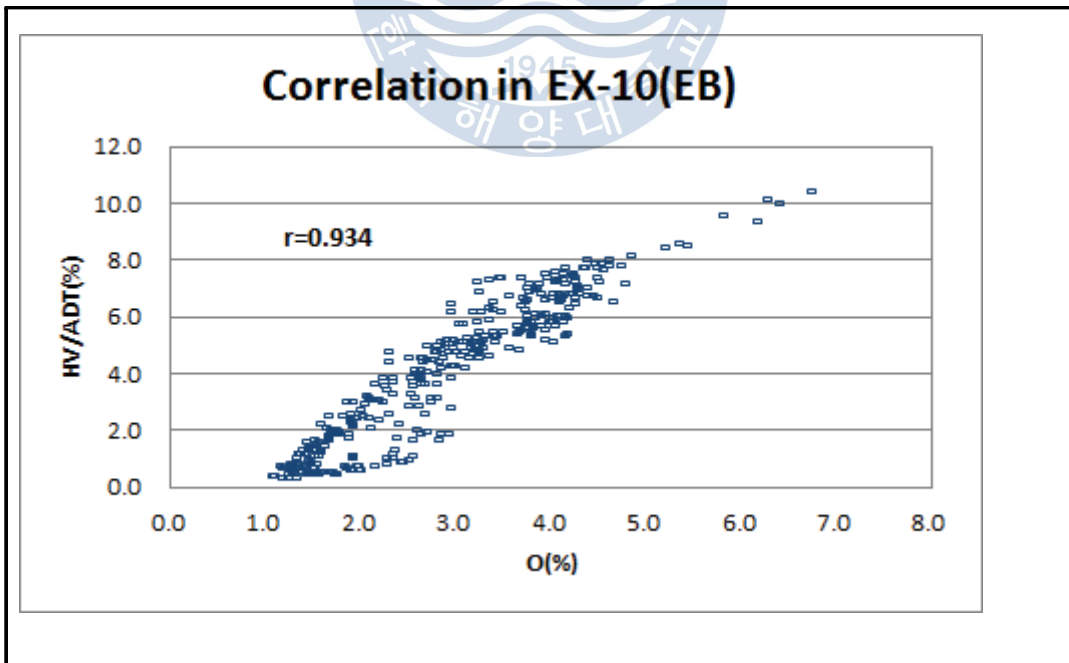


Figure 4.8 Correlation between O and K -factor in EX-10(EB)

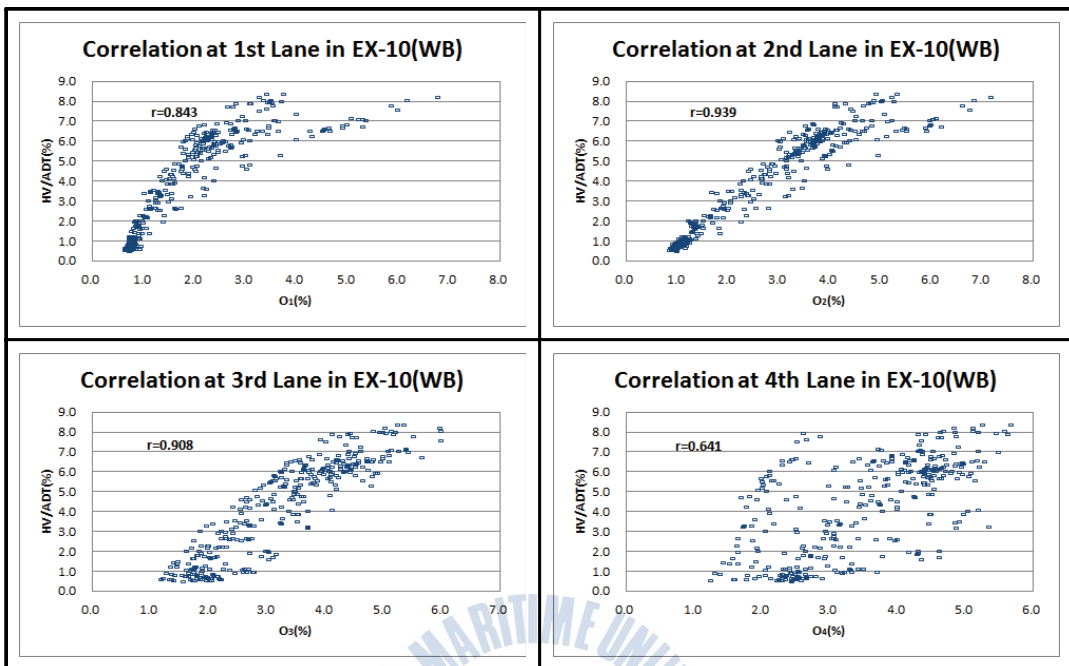


Figure 4.9 Correlation between O_i and K -factor in EX-10(WB)

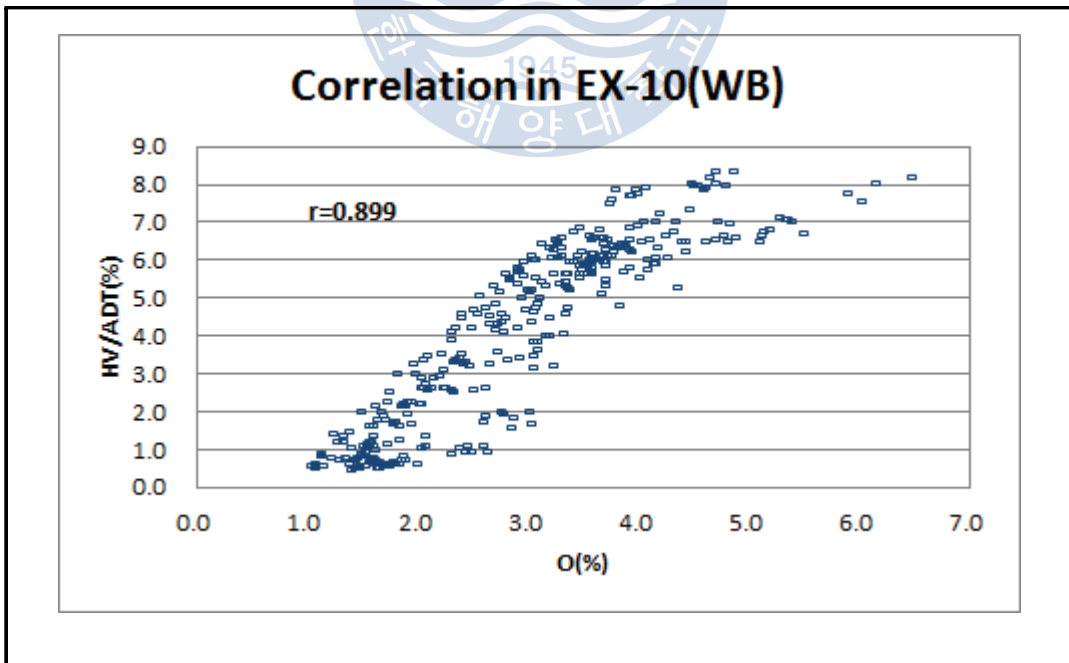
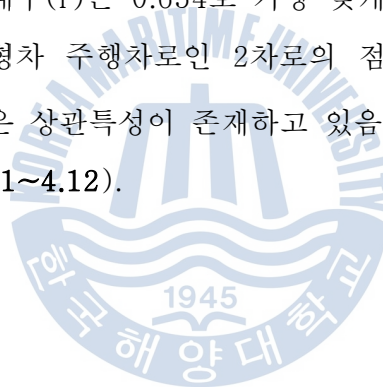


Figure 4.10 Correlation between O and K -factor in EX-10(WB)

더구나 방향에 관계없이 남해고속도로(EX-10)의 평균점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.917로 높게 나타났다. 특히, 남해고속도로(EX-10)의 차로별 점유율(O_i)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)를 비교해보면, 추월차로인 1차로의 점유율(O_1)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.858로 다소 높게 나타났고, 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.950으로 가장 높게 나타났으며, 중형차 주행차로인 3차로의 점유율(O_3)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.911로 높게 나타났으나, 마지막으로 대형차 주행차로인 4차로의 점유율(O_4)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관계수(r)는 0.654로 가장 낮게 나타났다. 그러므로 남해고속도로(EX-10)의 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이에 높은 상관특성이 존재하고 있음을 확인할 수 있었다(참조 Table 4.2과 Figures 4.11~4.12).



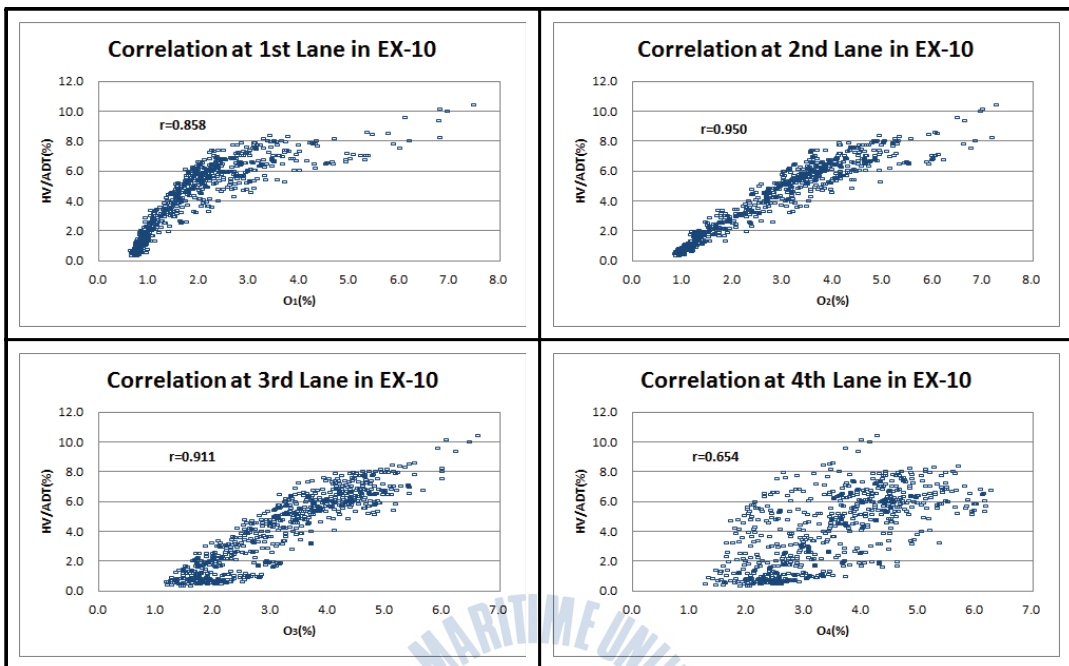


Figure 4.11 Correlation between O_i and K -factor in EX-10

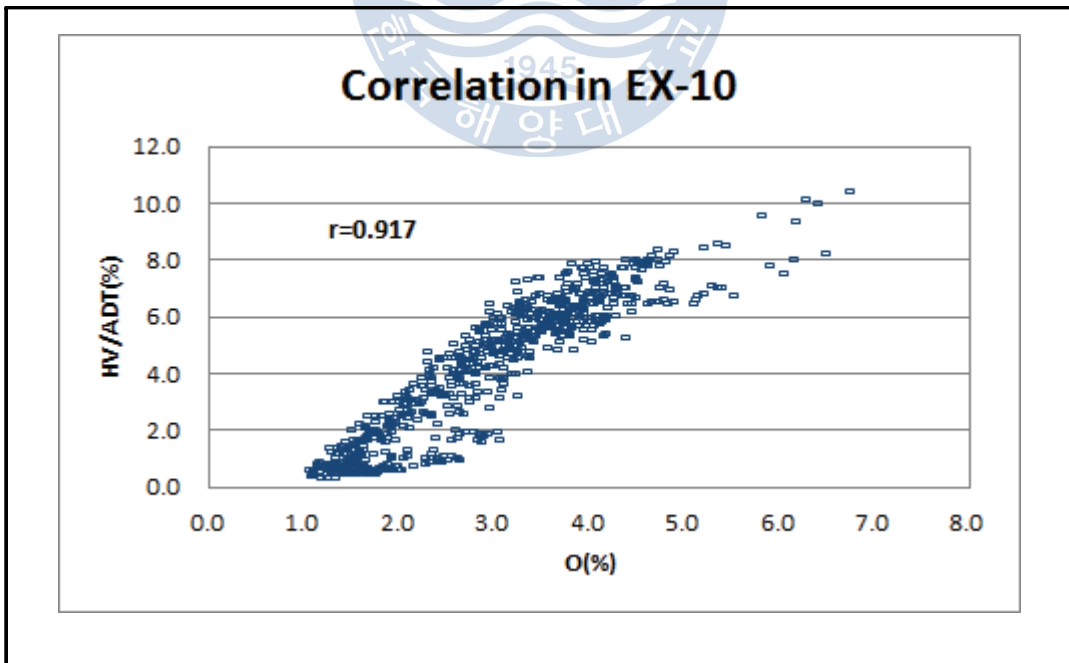


Figure 4.12 Correlation between O and K -factor in EX-10

결과적으로 연구대상 고속도로의 점유율(O)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관관계를 요약해보면, 경부고속도로(EX-1)의 기본구간 내에서는 방향에 관계없이 소형차 주행차로인 2차로에서 높은 상관특성을 보였고, 남해고속도로(EX-10)의 기본구간 내에서도 방향에 관계없이 소형차 주행차로인 2차로에서 역시 높은 상관특성을 보였다. 그러므로 고속도로의 소형차 주행차로인 2차로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 높은 상관특성을 이용하여 시간교통량비율($K-factor$)을 예측할 수 있을 것으로 생각되었다.



5. 모형 구축 및 검증

5.1 모형 구축

연구대상 고속도로의 점유율(occupancy)과 시간교통량비율($K-factor$) 사이에 높은 상관특성을 보였고, 특히 2차로의 점유율(O_2)은 시간교통량비율($K-factor$)과 가장 높은 상관특성을 보이는 것으로 나타났다. 그러므로 고속도로의 2차로 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$) 사이에 상호 함수관계는 다음과 같다.

$$K-factor = f(O_2) \quad (5. 1)$$

여기에서,

$K-factor$: hourly volume proportion(%)

O_2 : occupancy at 2nd lane(%)

특히, 위의 상호관계에 회귀분석과정을 적용하여 결정된 선형모형(linear model, LIN), 대수모형(logarithmic model, LOG), 역 모형(inverse model, INV), 2차 모형(quadratic model, QUA), 3차 모형(cubic model, CUB), 파워 모형(power model, POW), 복합모형(compound model, COM), S-곡선모형(S-curve model, SCV), 로지스틱모형(logistic model, LGS), 성장모형(growth model, GRH) 및 지수모형(exponential model, EXP) 등은 다음과 같다.

$$\text{LIN} \quad : \quad K-factor = \beta_0 + \beta_1 \times O_2$$

$$\text{LOG} \quad : \quad K-factor = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(O_2)$$

INV	:	$K-factor = \beta_0 + \beta_1 / O_2$
QUA	:	$K-factor = \beta_0 + \beta_1 \times O + \beta_2 \times O_2^2$
CUB	:	$K-factor = \beta_0 + \beta_1 \times O_2 + \beta_2 \times O_2^2 + \beta_3 \times O_2^3$
POW	:	$K-factor = \beta_0 + O_2^{\beta_1}$
COM	:	$K-factor = \beta_0 + \beta_1^{O_2}$
SCV	:	$K-factor = e^{\beta_0 + \beta_1 / O_2}$
LGS	:	$K-factor = 1 / (\frac{1}{u} + \beta_0 \times \beta_1^{O_2}) (u: \text{양의 상한계값})$
GRH	:	$K-factor = e^{\beta_0 + \beta_1 \times O_2}$
EXP	:	$K-factor = \beta_0 + e^{\beta_1 \times O_2}$

또한, 위의 모형결정에서 독립변수로 2차로의 점유율(O_2)을 사용하고 종속변수로 시간교통량비율($K-factor$)를 사용하여 높은 결정계수(R^2)값을 보이는 회귀모형을 구축한 결과는 다음과 같다.

$$\text{LIN} \quad : \quad K-factor = \beta_0 + \beta_1 \times O_2 \quad (5. 2)$$

$$\text{LOG} \quad : \quad K-factor = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(O_2) \quad (5. 3)$$

여기에서,

$K-factor$: hourly volume proportion(%)

O_2 : occupancy(%)

β_j : regression coefficients($j=0, 1$)

우선적으로 경부고속도로(EX-1)에서는 주중과 주말에 관계없이 $K-factor$ 모형의 결정계수(R^2)값이 북쪽방향(NB)의 선형모형(LIN)에서 0.9423, 대수모

형(LOG)에서 0.9389로 설명력이 매우 높게 나타났고, 남쪽방향(SB)의 선형모형(LIN)에서 0.8458, 대수모형(LOG)에서 0.8862로 설명력이 높게 나타났으며, 방향을 고려하지 않을 경우에 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 선형모형(LIN)에서 0.8891, 대수모형(LOG)에서 0.9099로 설명력이 높게 나타났다(참조 Table 5.1과 Figures 5.1~5.6). 특히, 주중에는 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 북쪽방향(NB)의 선형모형(LIN)에서 0.9372, 대수모형(LOG)에서 0.9384로 설명력이 매우 높게 나타났고 남쪽방향(SB)의 선형모형(LIN)에서 0.8573, 대수모형(LOG)에서 0.9063으로 설명력이 높게 나타났으며 방향을 고려하지 않을 경우에 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 선형모형(LIN)에서 0.8933, 대수모형(LOG)에서 0.9202로 설명력이 높게 나타났다(참조 Table 5.2과 Figures 5.7~5.12). 그리고 주말에는 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 북쪽방향(NB)의 선형모형(LIN)에서 0.9588, 대수모형(LOG)에서 0.9413으로 설명력이 매우 높게 나타났고 남쪽방향(SB)의 선형모형(LIN)에서 0.8243, 대수모형(LOG)에서 0.8439으로 설명력이 높게 나타났으며 방향을 고려하지 않을 경우에 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 선형모형(LIN)에서 0.8842, 대수모형(LOG)에서 0.8879로 설명력이 높게 나타났다(참조 Table 5.3과 Figures 5.13~5.18).

Table 5.1 *K-factor* predictive models in EX-1

Expressway		<i>K-factor</i> model	R^2	F-sig.
EX-1(NB)	LIN	$K\text{-factor} = 0.9709 + 0.0866 \times O_2$	0.9423	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.1043 + 3.2048 \times \ln(O_2)$	0.9389	0.000
EX-1(SB)	LIN	$K\text{-factor} = 0.4607 + 0.9004 \times O_2$	0.8458	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.0425 + 3.3368 \times \ln(O_2)$	0.8862	0.000
EX-1	LIN	$K\text{-factor} = 0.2897 + 0.9322 \times O_2$	0.8891	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.0751 + 3.2686 \times \ln(O_2)$	0.9099	0.000

NB : northbound SB : southbound

Table 5.2 *K-factor* predictive models in EX-1 for weekday

Expressway		<i>K-factor</i> model	R^2	F-sig.
EX-1(NB)	LIN	$K\text{-factor} = 0.2085 + 0.9456 \times O_2$	0.9372	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.1593 + 3.1661 \times \ln(O_2)$	0.9384	0.000
EX-1(SB)	LIN	$K\text{-factor} = 0.5358 + 0.8817 \times O_2$	0.8573	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.0330 + 3.3345 \times \ln(O_2)$	0.9063	0.000
EX-1	LIN	$K\text{-factor} = 0.3862 + 0.9106 \times O_2$	0.8933	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.0972 + 3.2486 \times \ln(O_2)$	0.9202	0.000

NB : northbound SB : southbound

Table 5.3 K -factor predictive models in EX-1 for weekend

Expressway		K -factor model	R^2	F-sig.
EX-1(NB)	LIN	$K\text{-factor} = -0.2268 + 1.0354 \times O_2$	0.9588	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = -0.0254 + 3.2950 \times \ln(O_2)$	0.9413	0.000
EX-1(SB)	LIN	$K\text{-factor} = 0.2691 + 0.9482 \times O_2$	0.8243	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.0659 + 3.3428 \times \ln(O_2)$	0.8439	0.000
EX-1	LIN	$K\text{-factor} = 0.0434 + 0.9872 \times O_2$	0.8842	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.0247 + 3.3149 \times \ln(O_2)$	0.8879	0.000

NB : northbound SB : southbound

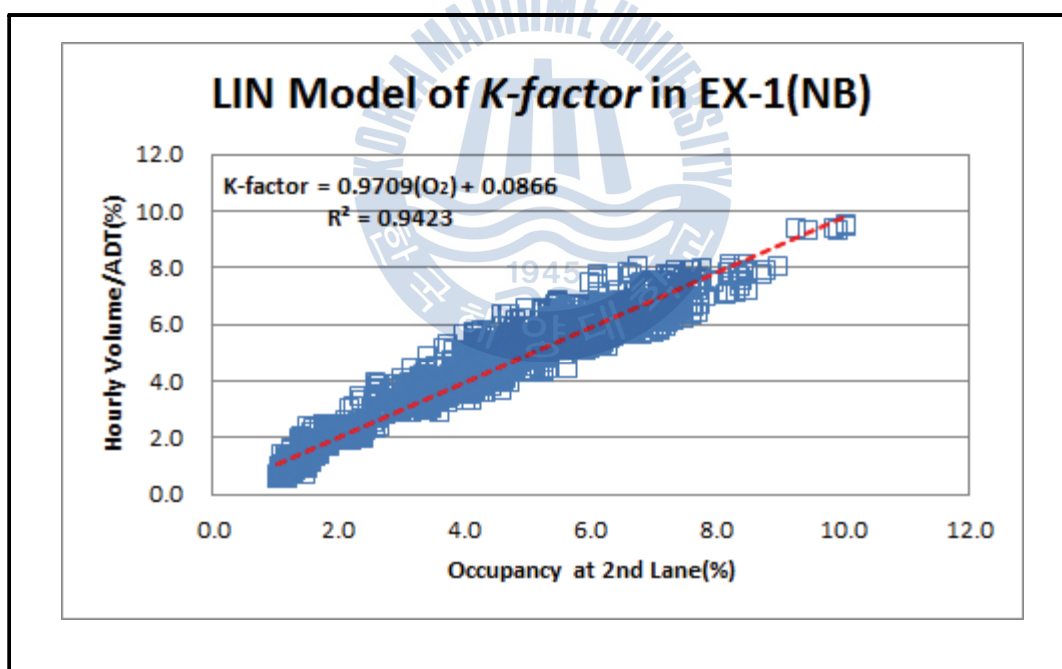


Figure 5.1 LIN Model of K -factor in EX-1(NB)

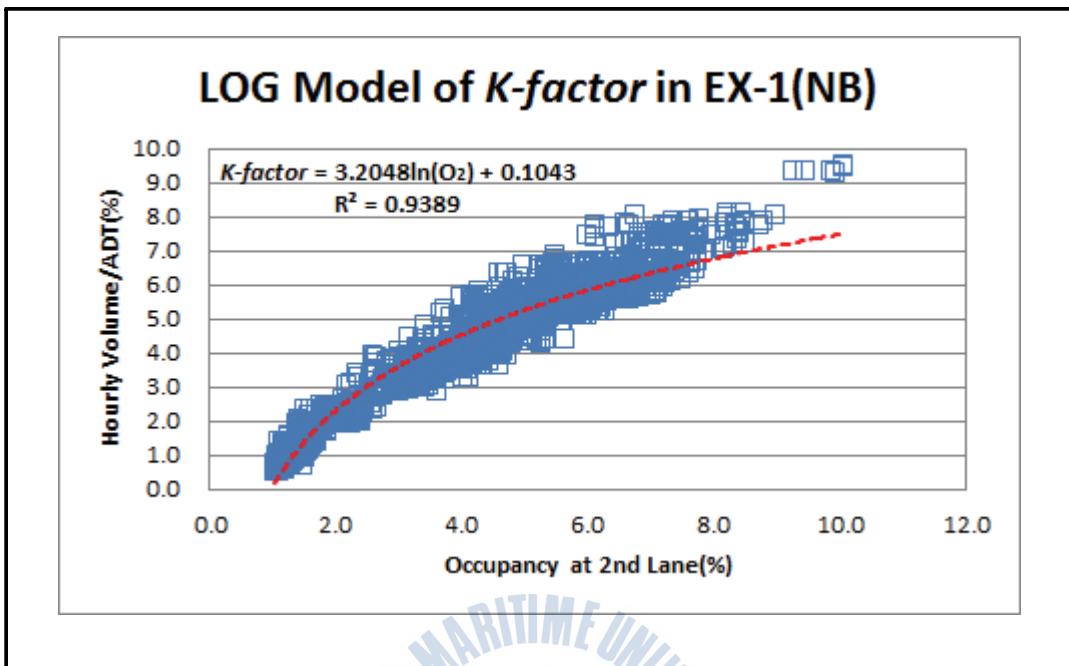
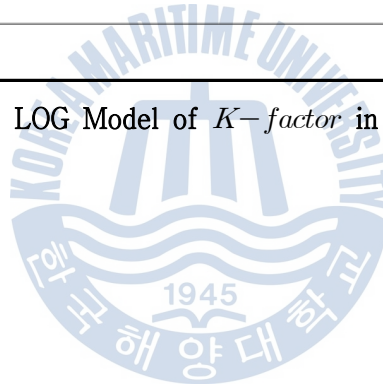


Figure 5.2 LOG Model of K -factor in EX-1(NB)



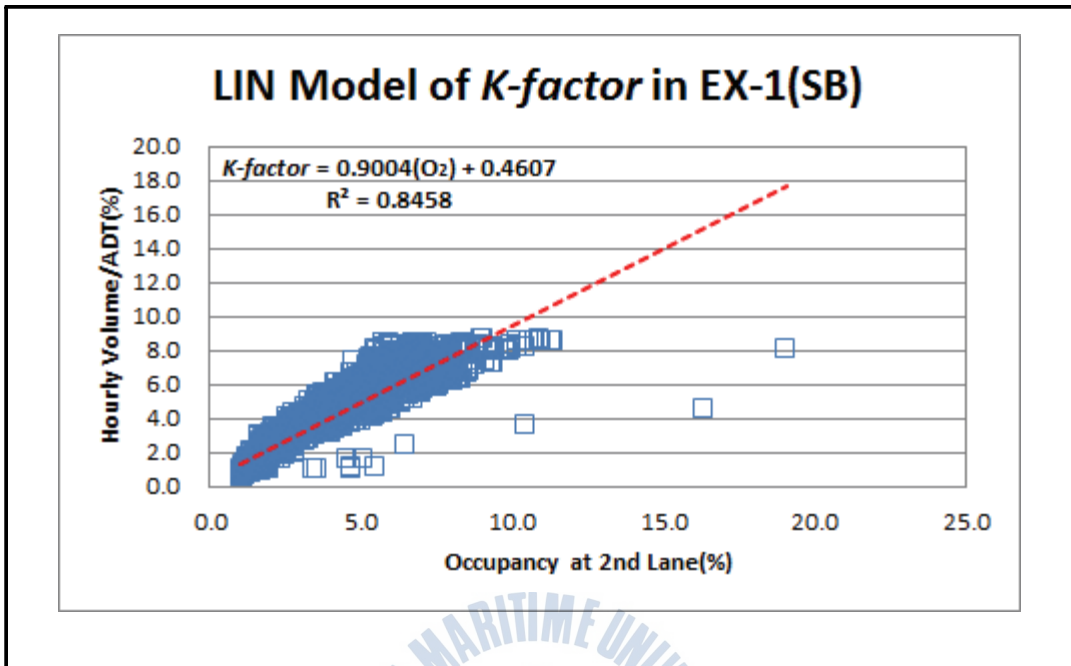


Figure 5.3 LIN Model of K -factor in EX-1(SB)

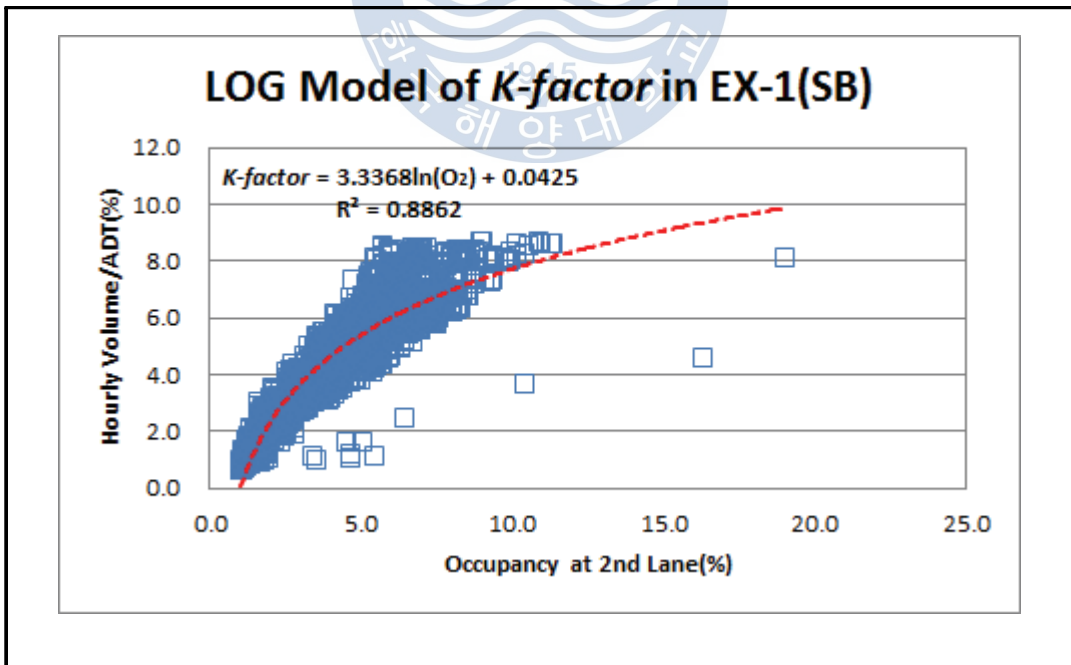


Figure 5.4 LOG Model of K -factor in EX-1(SB)

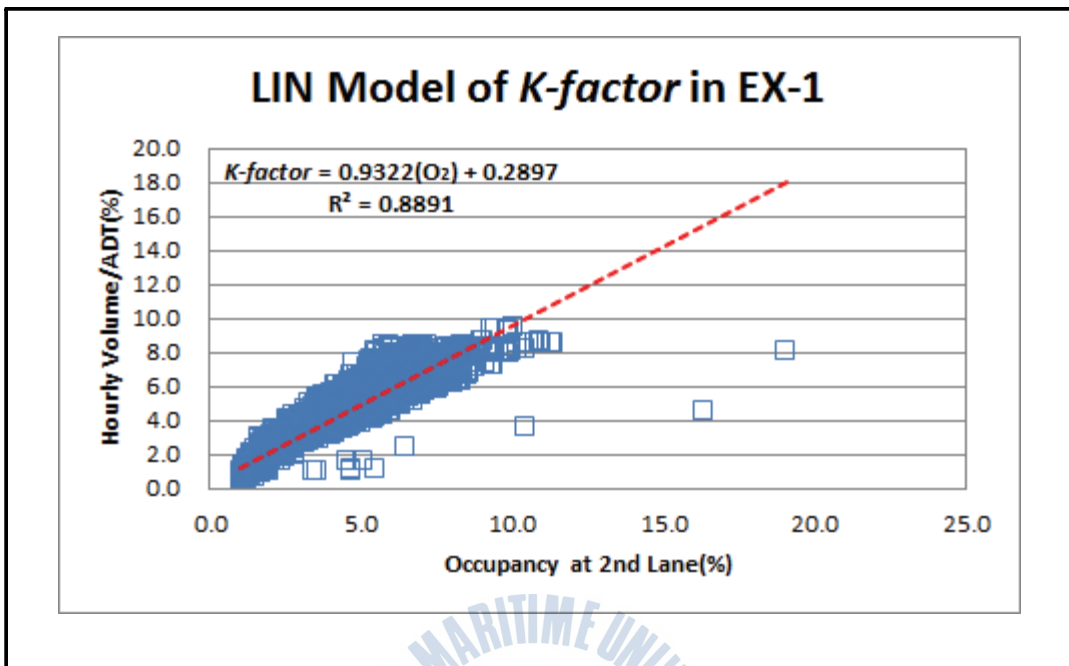


Figure 5.5 LIN Model of K -factor in EX-1

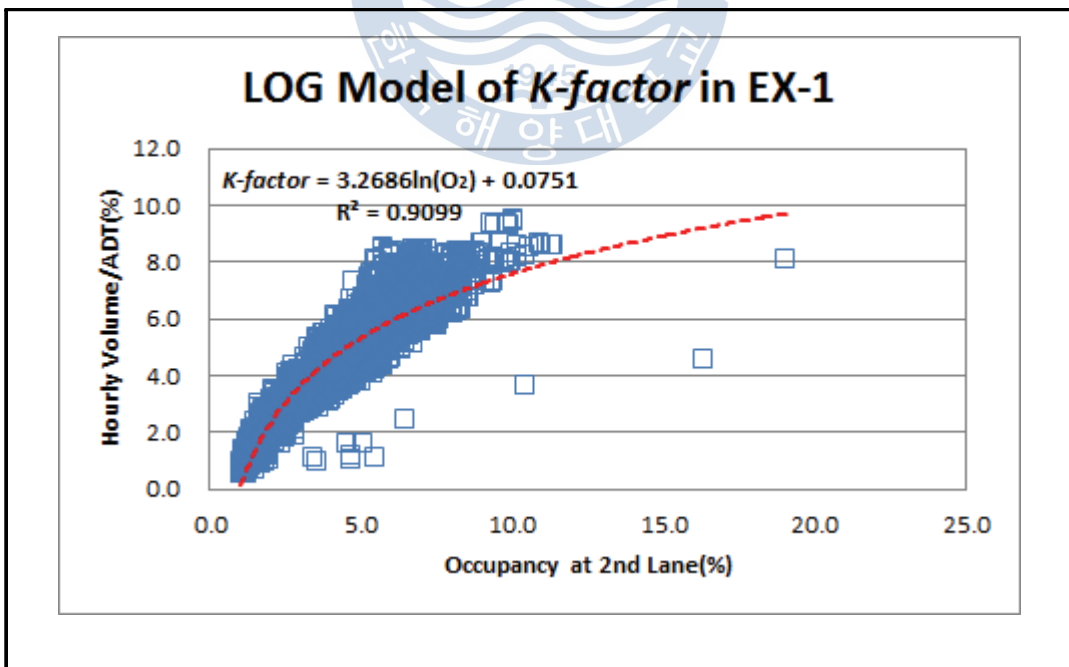


Figure 5.6 LOG Model of K -factor in EX-1

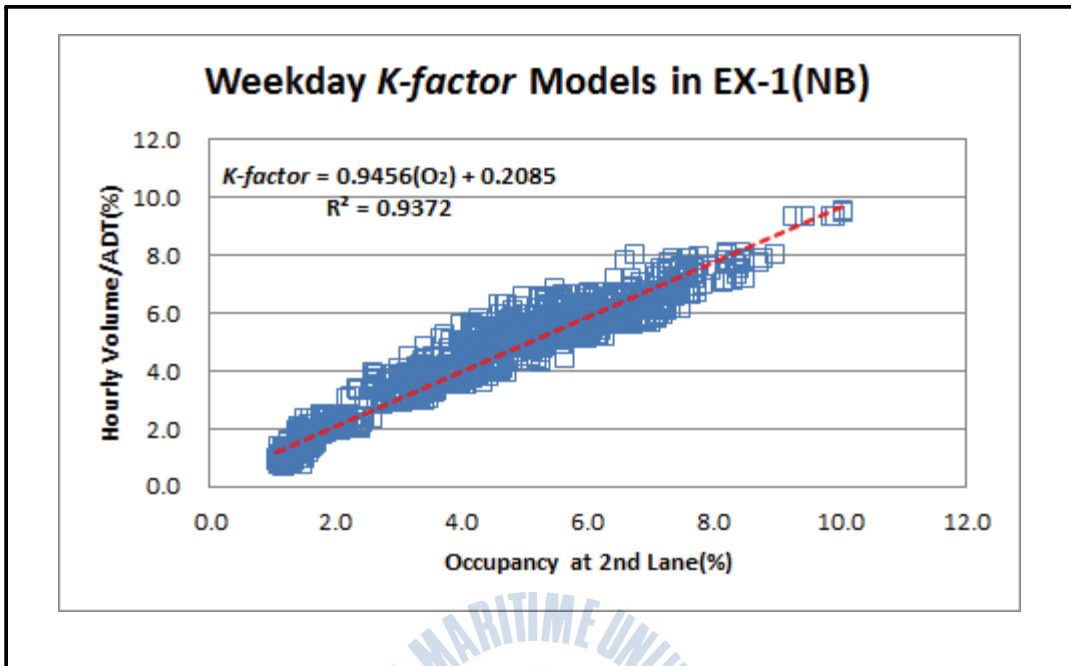


Figure 5.7 LIN Model of K -factor in EX-1(NB) for weekday

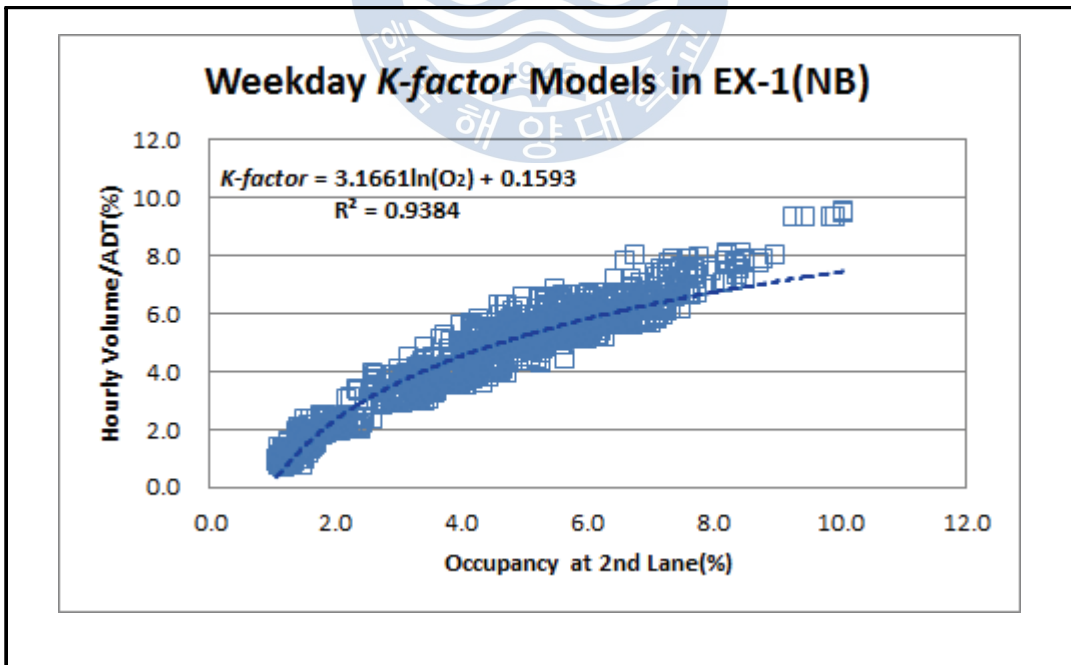


Figure 5.8 LOG Model of K -factor in EX-1(NB) for weekday

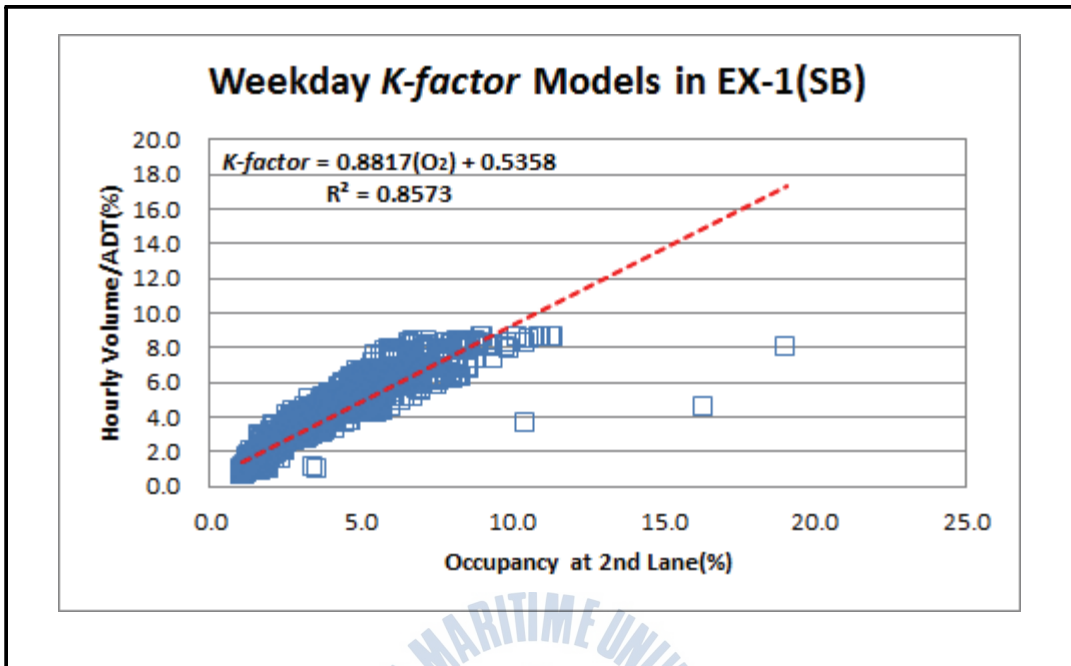


Figure 5.9 LIN Model of K -factor in EX-1(SB) for weekday

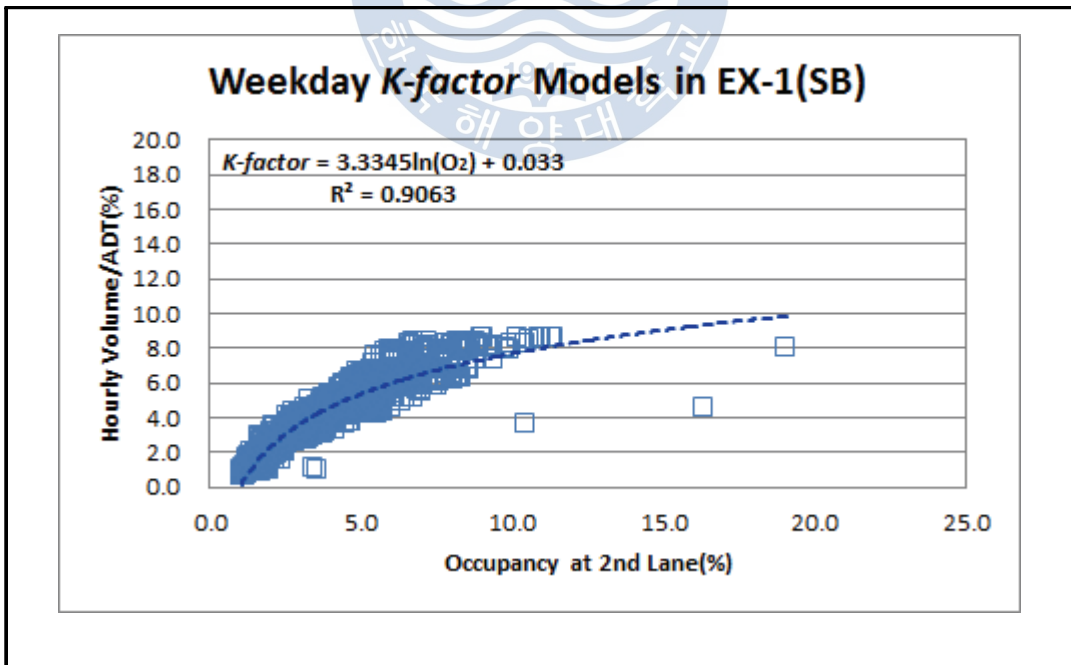


Figure 5.10 LOG Model of K -factor in EX-1(SB) for weekday

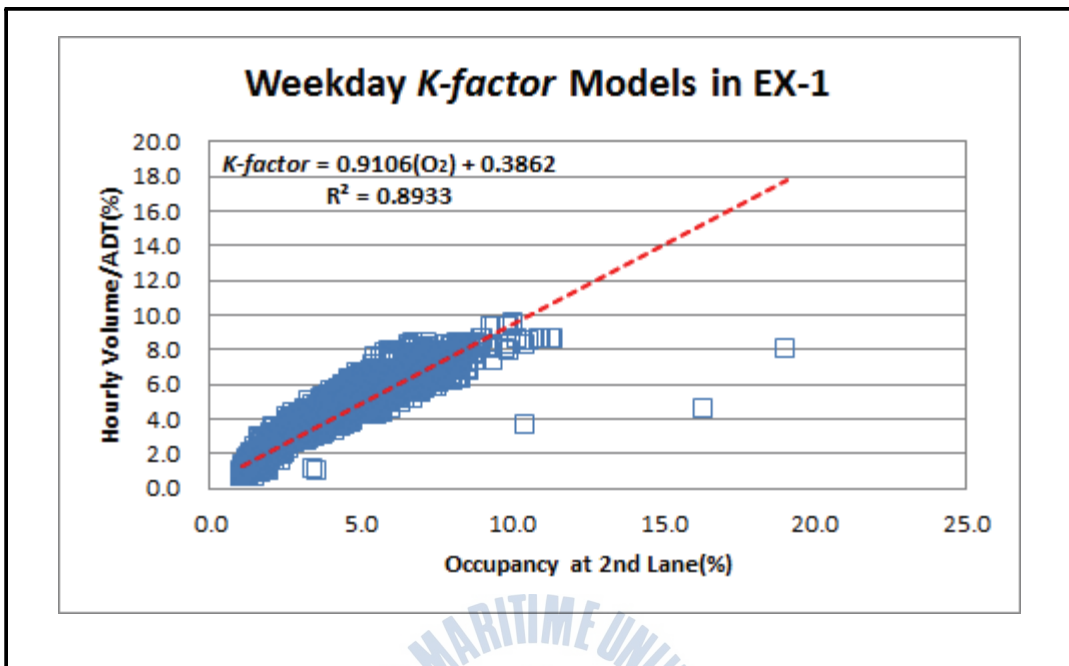


Figure 5.11 LIN Model of K -factor in EX-1 for weekday

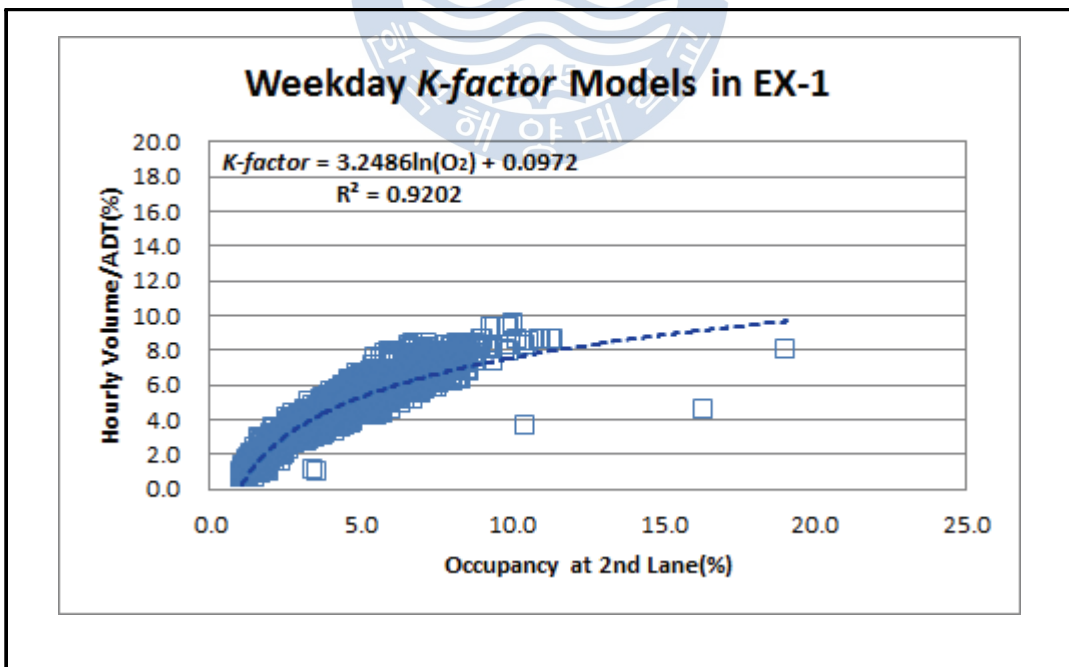


Figure 5.12 LOG Model of K -factor in EX-1 for weekday

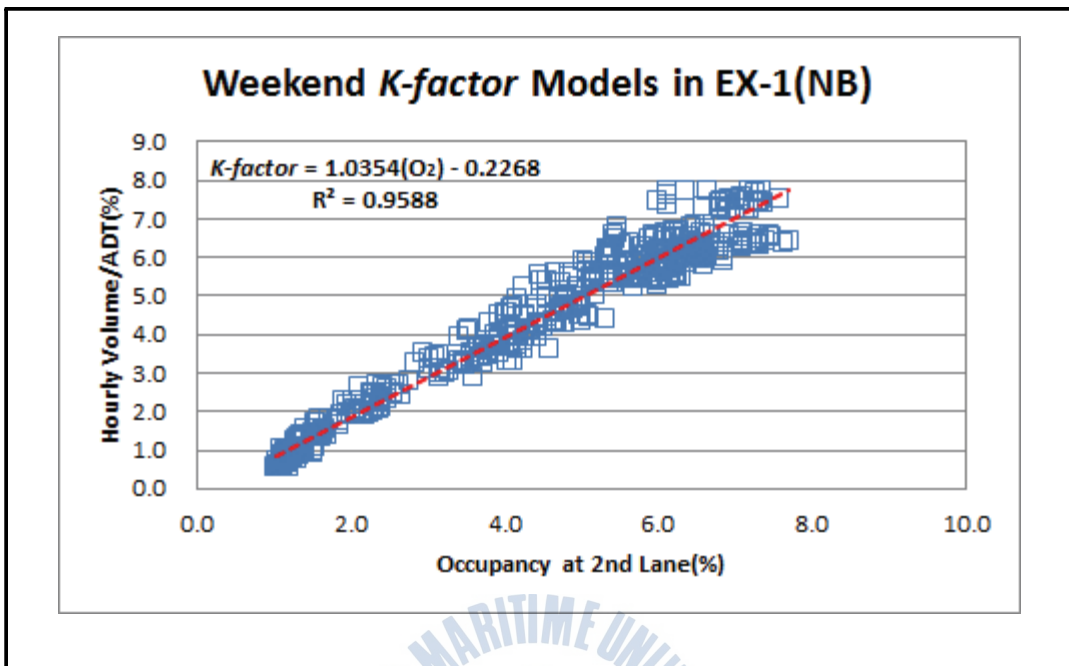


Figure 5.13 LIN Model of K -factor in EX-1(NB) for weekend

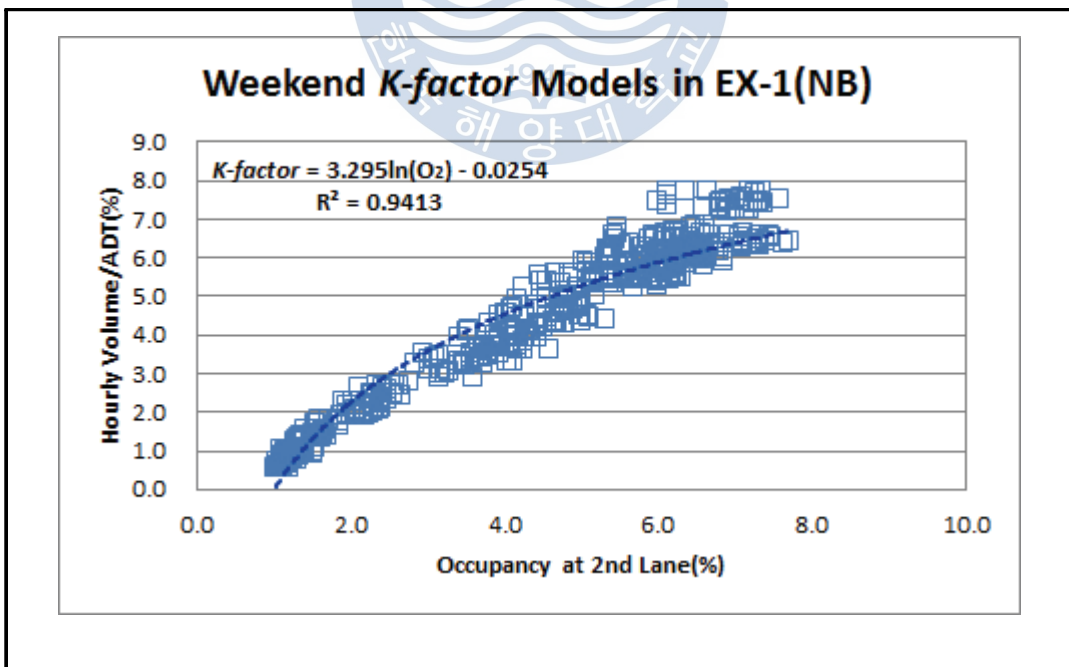


Figure 5.14 LOG Model of K -factor in EX-1(NB) for weekend

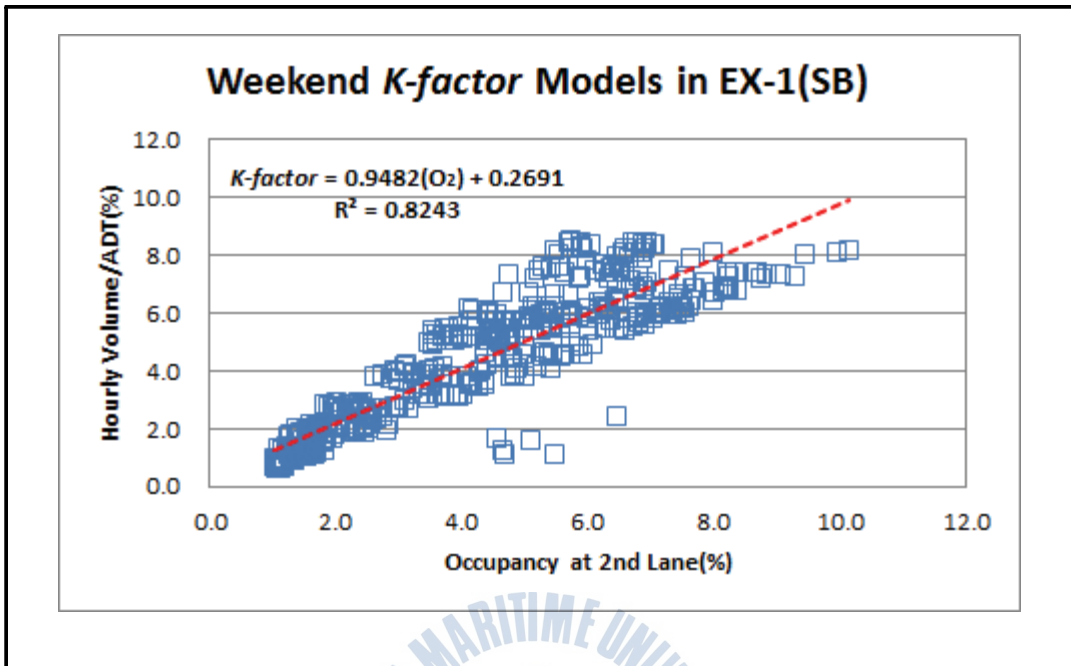


Figure 5.15 LIN Model of K -factor in EX-1(SB) for weekend

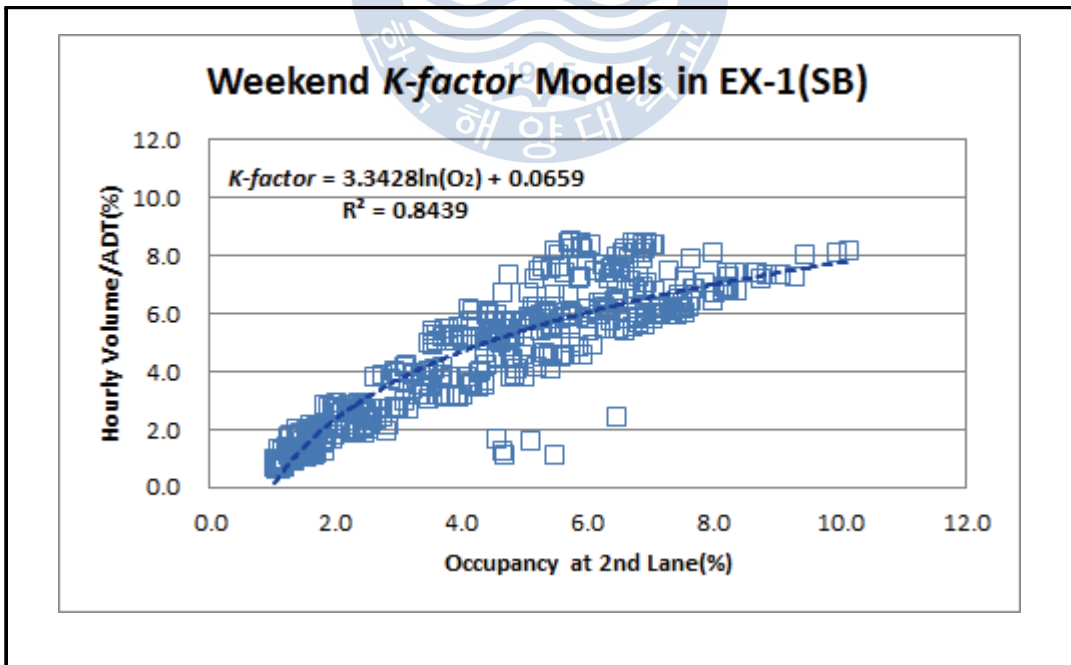


Figure 5.16 LOG Model of K -factor in EX-1(SB) for weekend

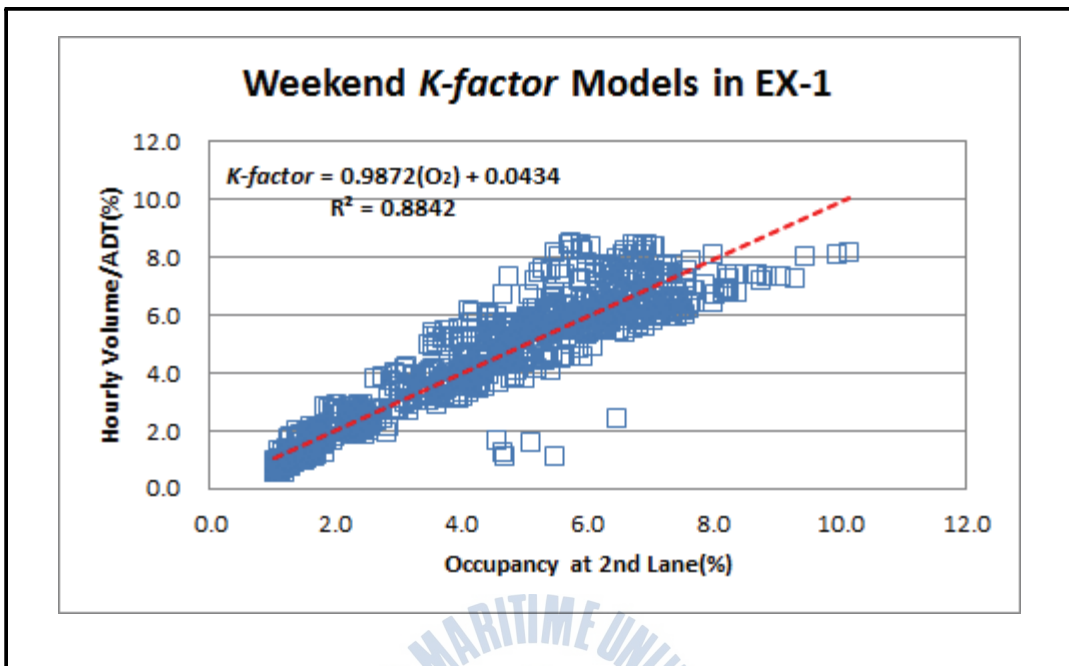


Figure 5.17 LIN Model of K -factor in EX-1 for weekend

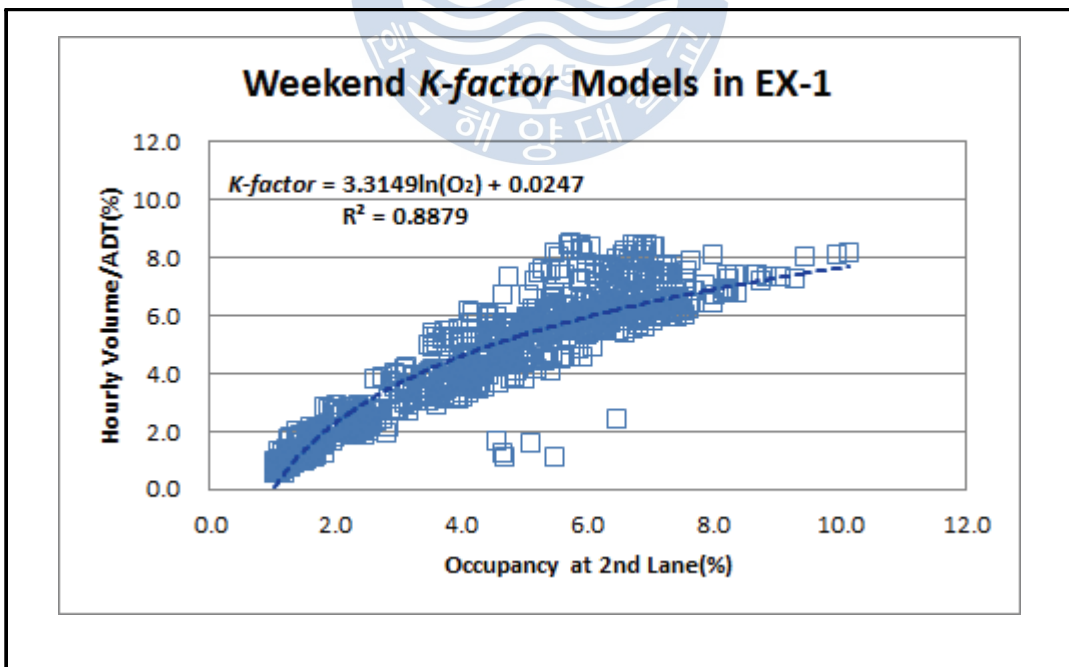


Figure 5.18 LOG Model of K -factor in EX-1 for weekend

다음으로 남해고속도로(EX-10)에서는 주중과 주말에 관계없이 방향을 고려할 경우에 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 동쪽방향(EB)의 선형모형(LIN)에서 0.9226, 대수모형(LOG)에서 0.9234로 설명력이 높게 나타났고, 서쪽방향(WB)의 선형모형(LIN)에서 0.8774, 대수모형(LOG)에서 0.9242로 설명력이 높게 나타났으며, 방향을 고려하지 않을 경우에 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 선형모형(LIN)에서 0.8951, 대수모형(LOG)에서는 0.9210으로 설명력이 높게 나타났다(참조 Table 5.4과 Figures 5.19~5.24). 특히, 주중에는 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 동쪽방향(EB)의 선형모형(LIN)에서 0.9449, 대수모형(LOG)에서 0.9420으로 설명력이 매우 높게 나타났고 서쪽방향(WB)의 선형모형(LIN)에서 0.9396, 대수모형(LOG)에서 0.9453으로 설명력이 매우 높게 나타났으며 방향을 고려하지 않을 경우에 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 선형모형(LIN)에서 0.9361, 대수모형(LOG)에서 0.9407로 설명력이 매우 높게 나타났다(참조 Table 5.5과 Figures 5.25~5.30). 그리고 주말에는 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 동쪽방향(EB)의 선형모형(LIN)에서 0.9830, 대수모형(LOG)에서 0.9174로 설명력이 매우 높게 나타났고 서쪽방향(WB)의 선형모형(LIN)에서 0.8645, 대수모형(LOG)에서 0.9136으로 설명력이 높게 나타났으며 방향을 고려하지 않을 경우에 K -factor모형의 결정계수(R^2)값이 선형모형(LIN)에서 0.9204, 대수모형(LOG)에서 0.9127로 설명력이 매우 높게 나타났다(참조 Table 5.6과 Figures 5.31~5.36).

Table 5.4 K -factor predictive models in EX-10

Expressway		K -factor model	R^2	F-sig.
EX-10(EB)	LIN	$K\text{-factor} = -0.4384 + 1.5153 \times O_2$	0.9226	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.3519 + 4.0013 \times \ln(O_2)$	0.9234	0.000
EX-10(WB)	LIN	$K\text{-factor} = -0.2164 + 1.3582 \times O_2$	0.8774	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.1869 + 3.9125 \times \ln(O_2)$	0.9242	0.000
EX-10	LIN	$K\text{-factor} = -0.3076 + 1.4281 \times O_2$	0.8951	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.2788 + 3.9459 \times \ln(O_2)$	0.9210	0.000

EB : eastbound WB : westbound

Table 5.5 K -factor predictive models in EX-10 for weekday

Expressway		K -factor model	R^2	F-sig.
EX-10(EB)	LIN	$K\text{-factor} = -0.6446 + 1.6805 \times O_2$	0.9449	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.4235 + 4.0880 \times \ln(O_2)$	0.9420	0.000
EX-10(WB)	LIN	$K\text{-factor} = -0.6021 + 1.5561 \times O_2$	0.9396	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.2029 + 4.0516 \times \ln(O_2)$	0.9453	0.000
EX-10	LIN	$K\text{-factor} = -0.59 + 1.6049 \times O_2$	0.9361	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.3251 + 4.0567 \times \ln(O_2)$	0.9407	0.000

EB : eastbound WB : westbound

Table 5.6 K -factor predictive models in EX-10 for weekend

Expressway		K -factor model	R^2	F-sig.
EX-10(EB)	LIN	$K\text{-factor} = -0.7943 + 1.4258 \times O_2$	0.9830	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.0122 + 3.9653 \times \ln(O_2)$	0.9174	0.000
EX-10(WB)	LIN	$K\text{-factor} = -0.0691 + 1.1659 \times O_2$	0.8645	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.0265 + 3.7628 \times \ln(O_2)$	0.9136	0.000
EX-10	LIN	$K\text{-factor} = -0.4291 + 0.2923 \times O_2$	0.9204	0.000
	LOG	$K\text{-factor} = 0.0078 + 3.8615 \times \ln(O_2)$	0.9127	0.000

EB : eastbound WB : westbound

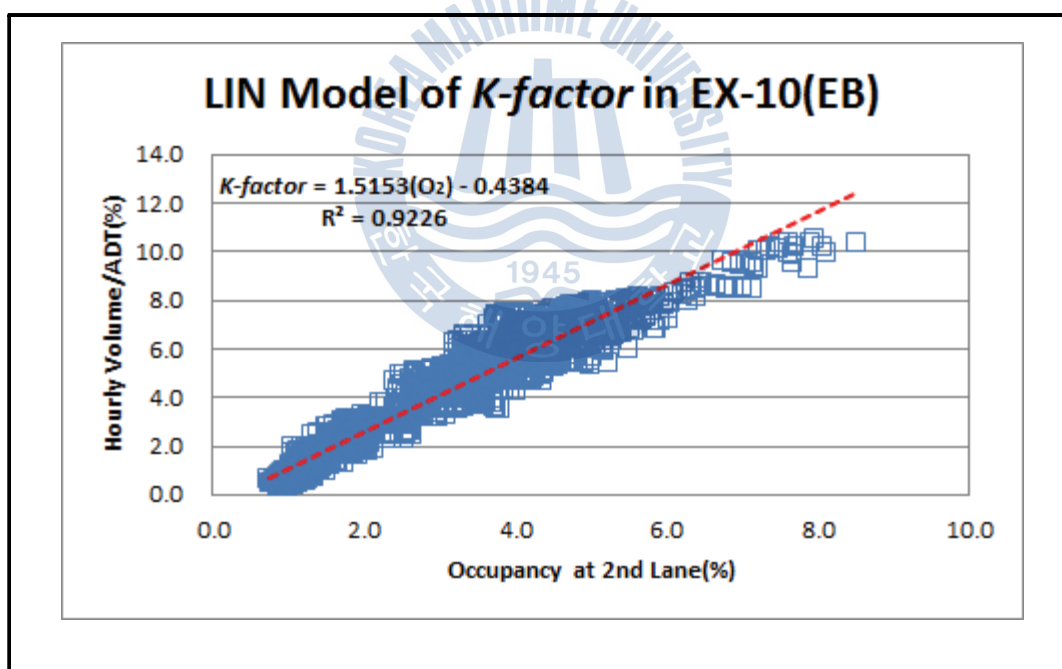


Figure 5.19 LIN Model of K -factor in EX-10(EB)

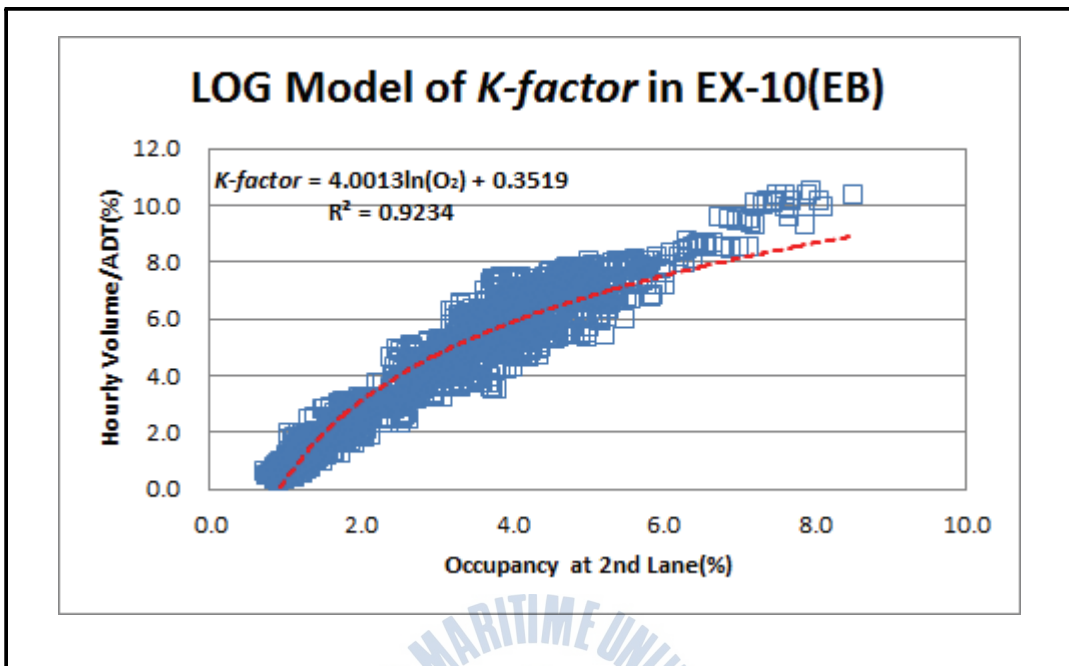


Figure 5.20 LOG Model of K -factor in EX-10(EB)

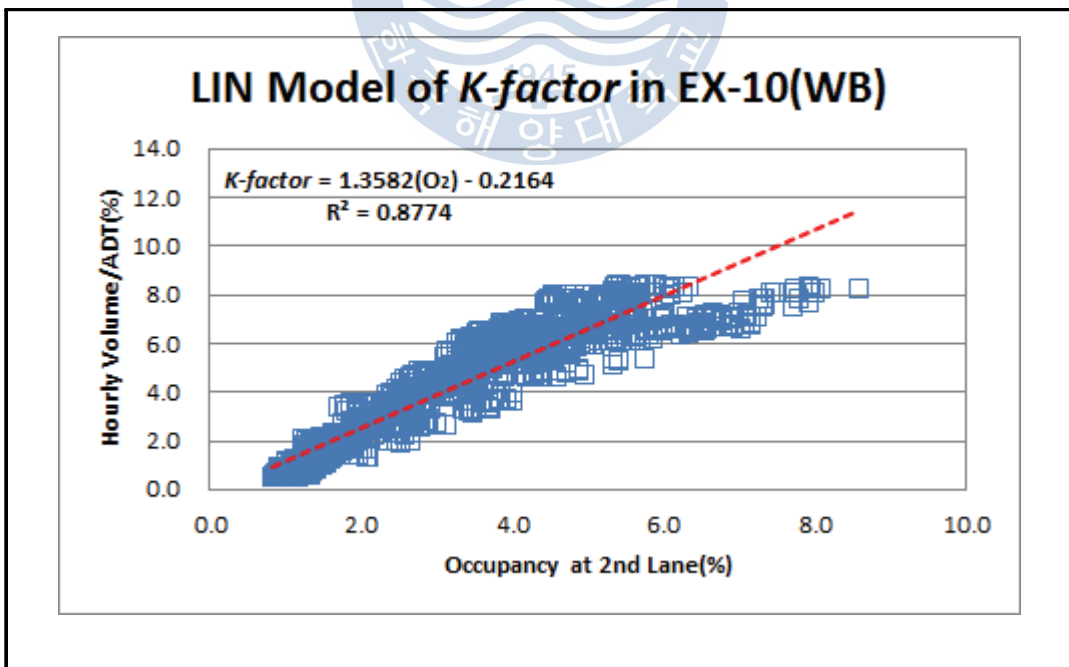


Figure 5.21 LIN Model of K -factor in EX-10(WB)

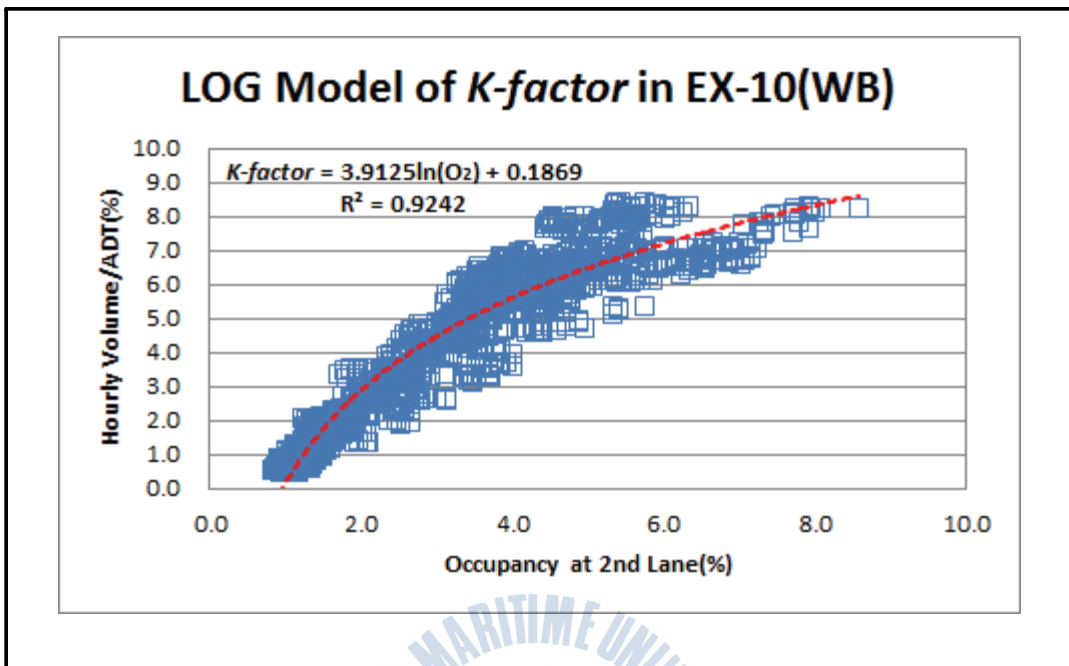


Figure 5.22 LOG Model of K -factor in EX-10(WB)

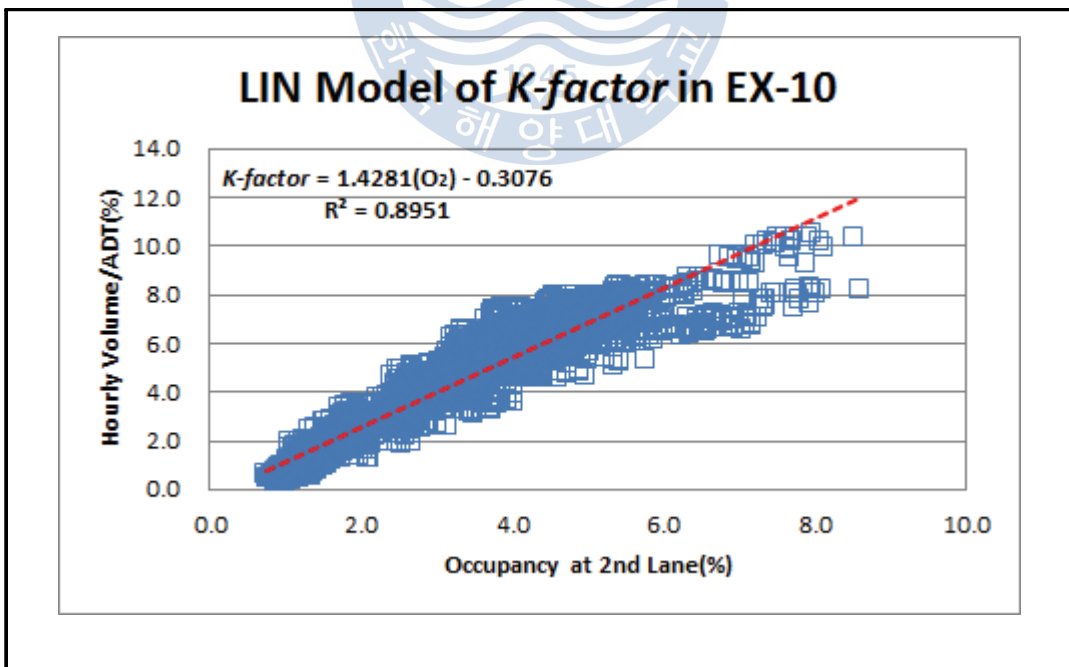


Figure 5.23 LIN Model of K -factor in EX-10

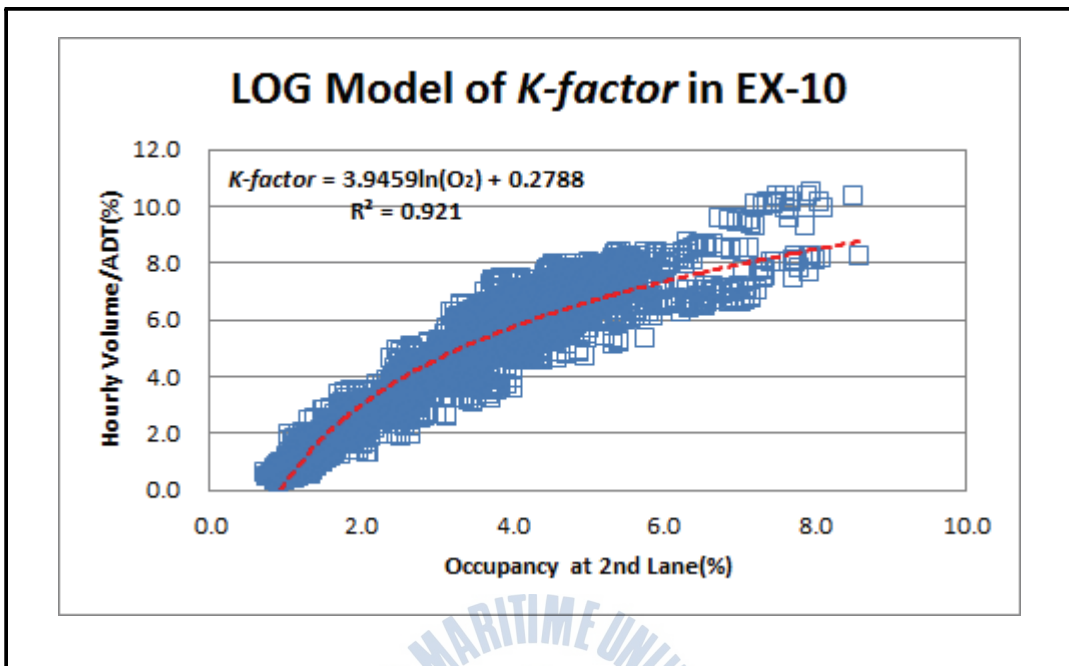


Figure 5.24 LOG Model of K -factor in EX-10

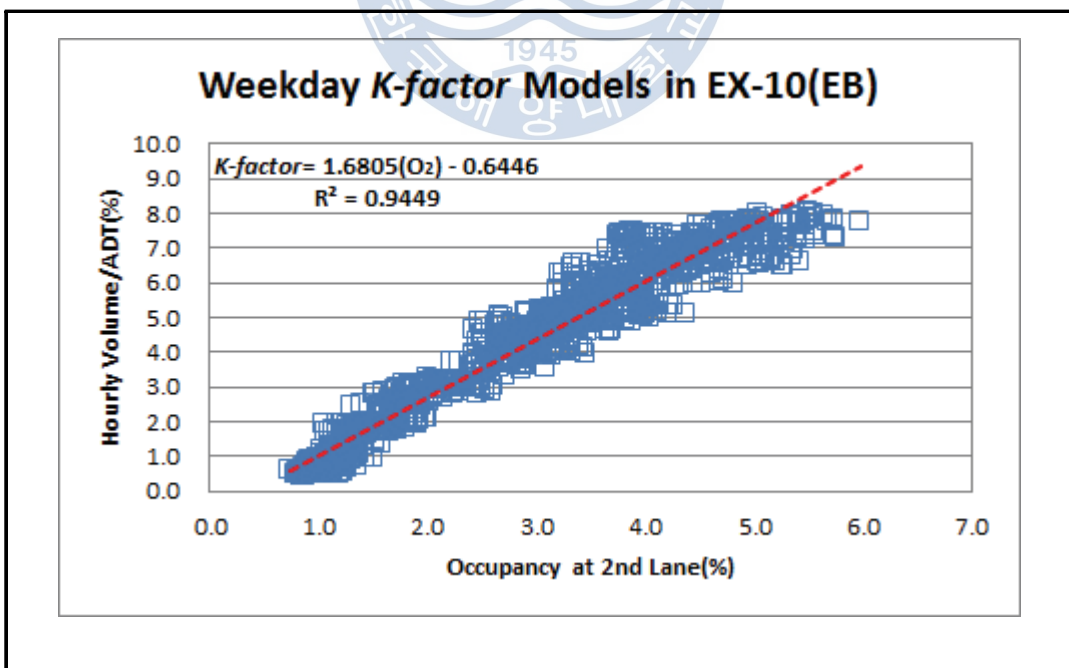


Figure 5.25 LIN Model of K -factor in EX-10(EB) for weekday

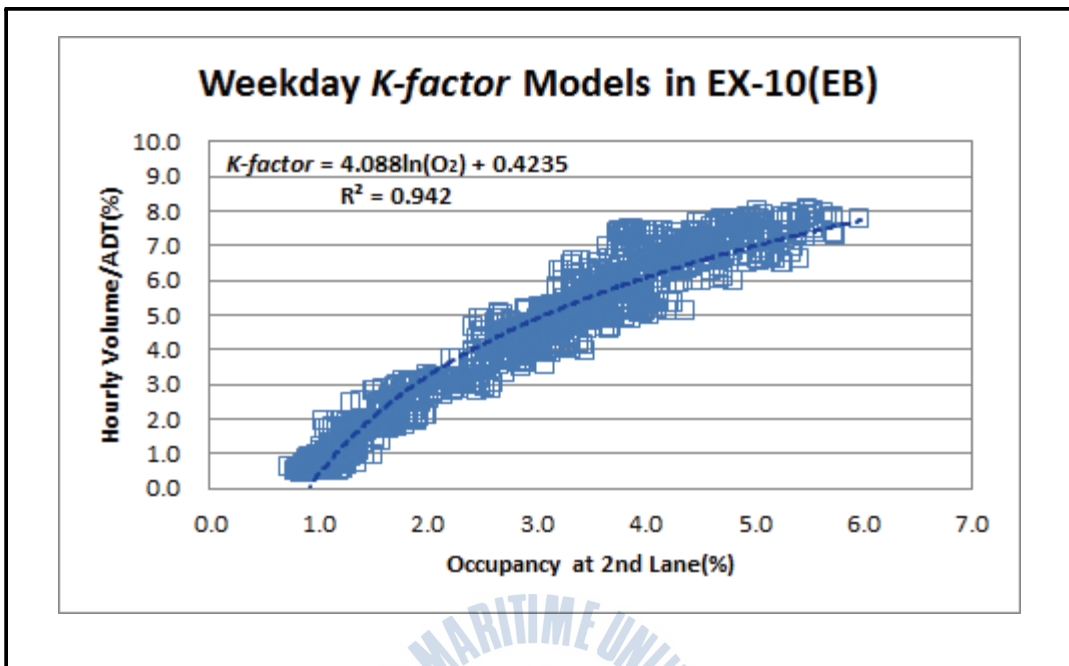


Figure 5.26 LOG Model of K -factor in EX-10(EB) for weekday

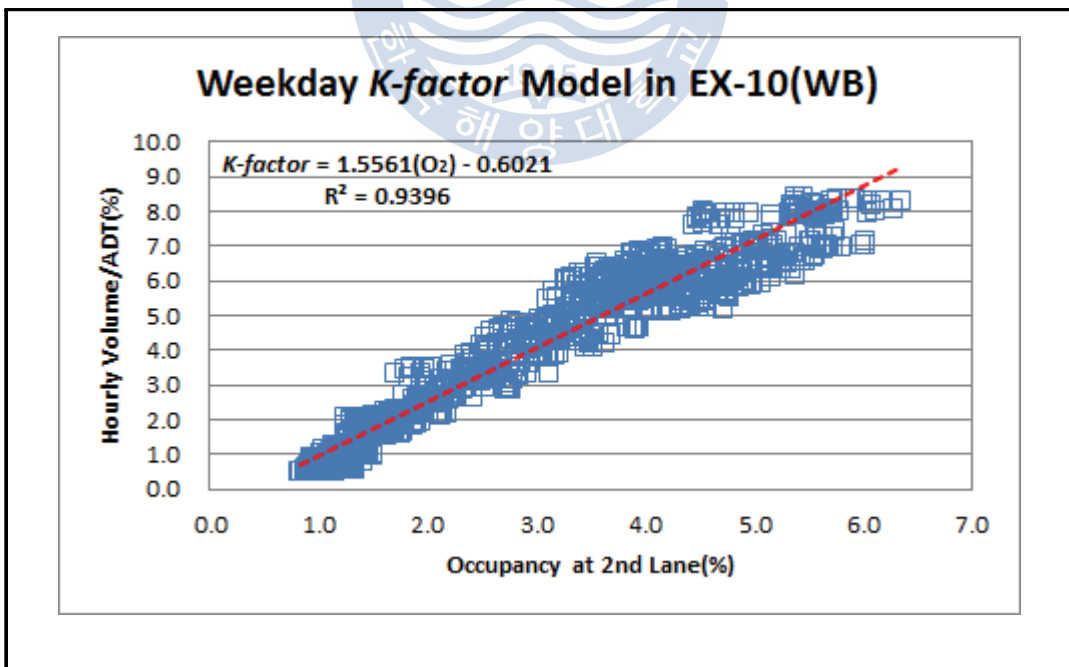


Figure 5.27 LIN Model of K -factor in EX-10(WB) for weekday

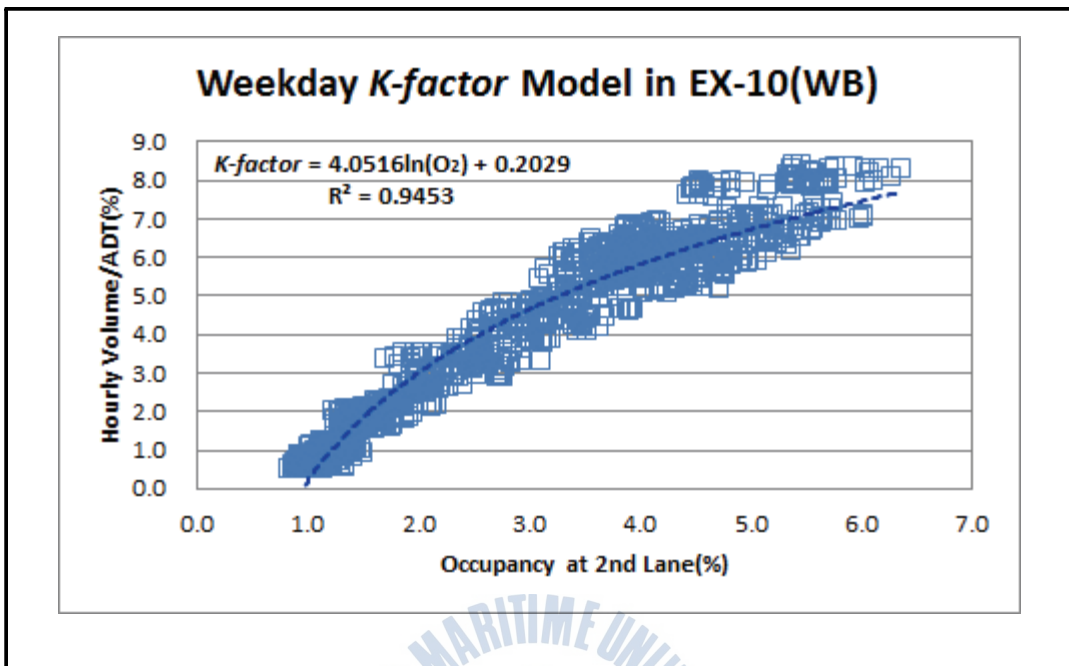


Figure 5.28 LOG Model of K -factor in EX-10(WB) for weekday

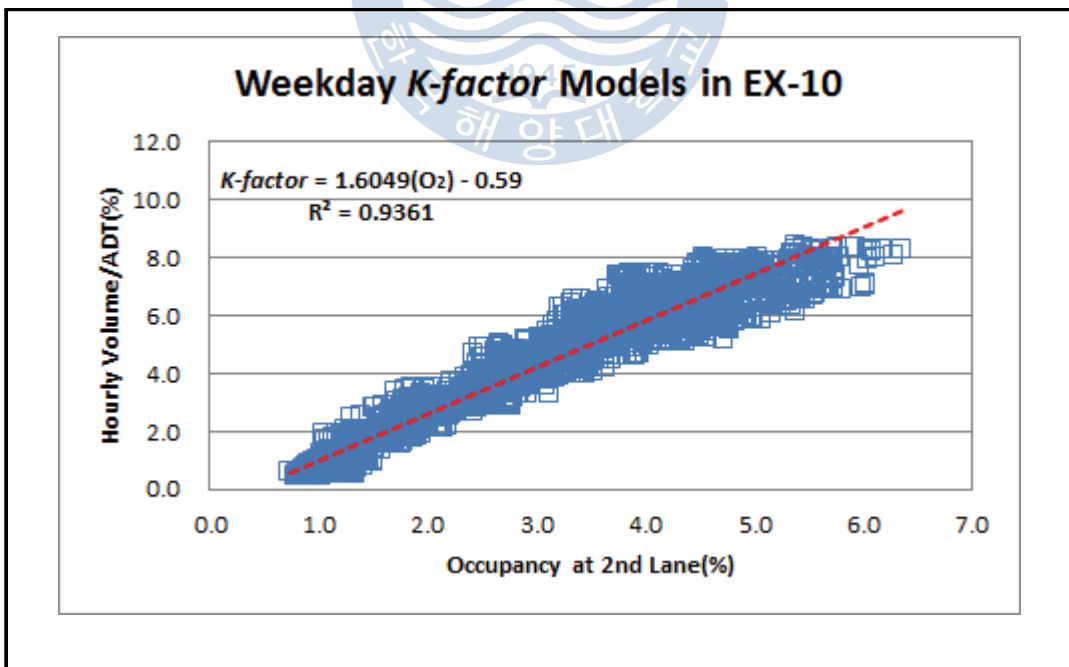


Figure 5.29 LIN Model of K -factor in EX-10 for weekday

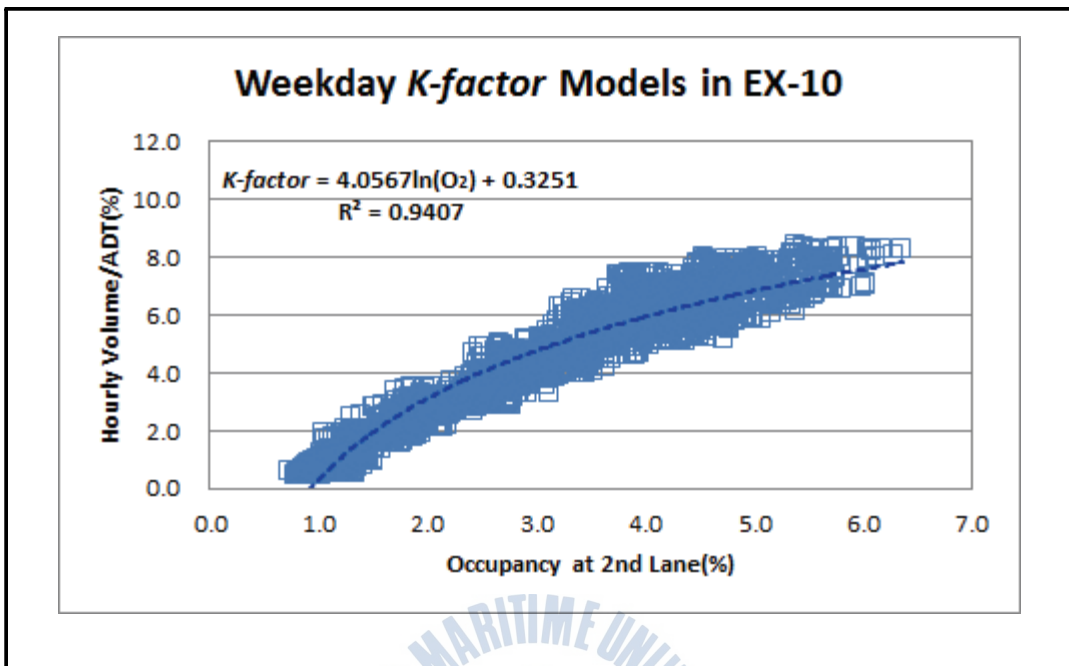


Figure 5.30 LOG Model of K -factor in EX-10 for weekday

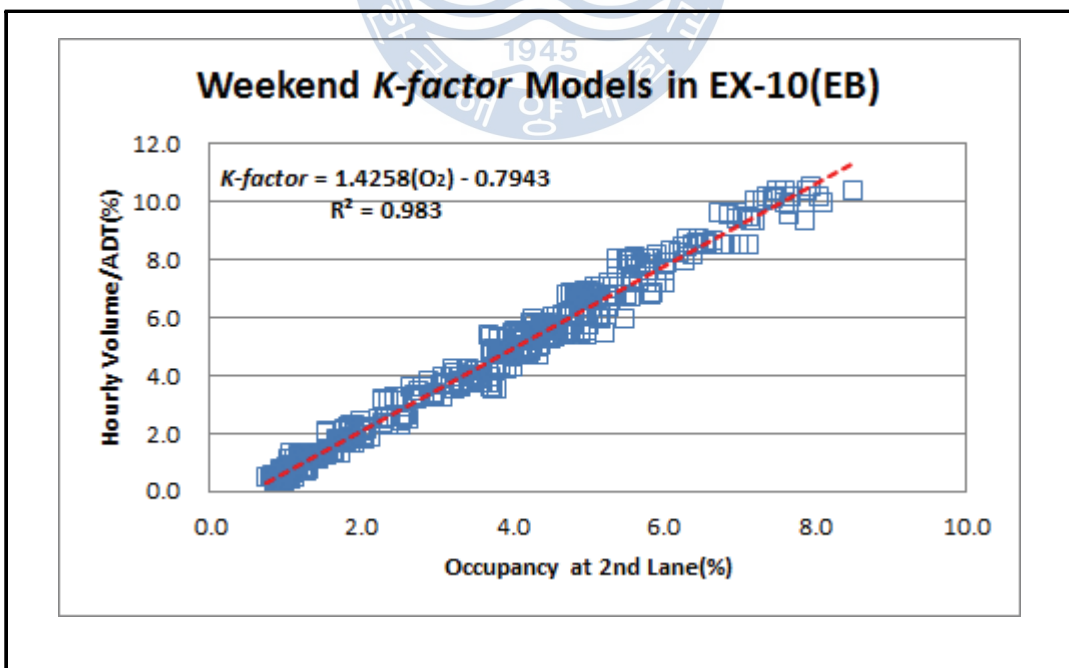


Figure 5.31 LIN Model of K -factor in EX-10(EB) for weekend

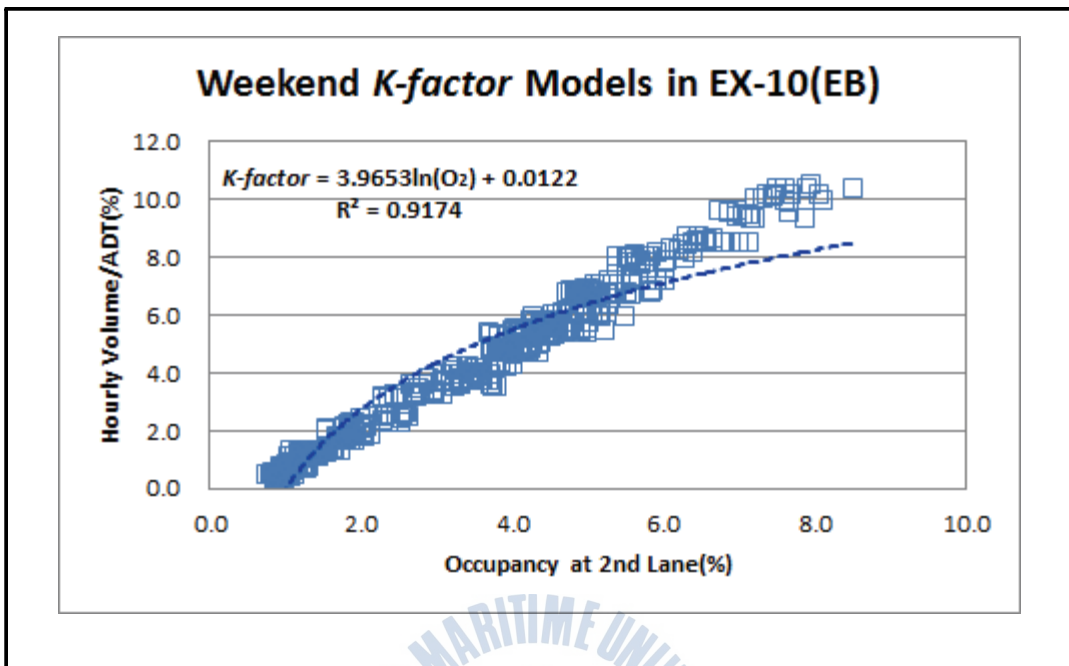


Figure 5.32 LOG Model of K -factor in EX-10(EB) for weekend

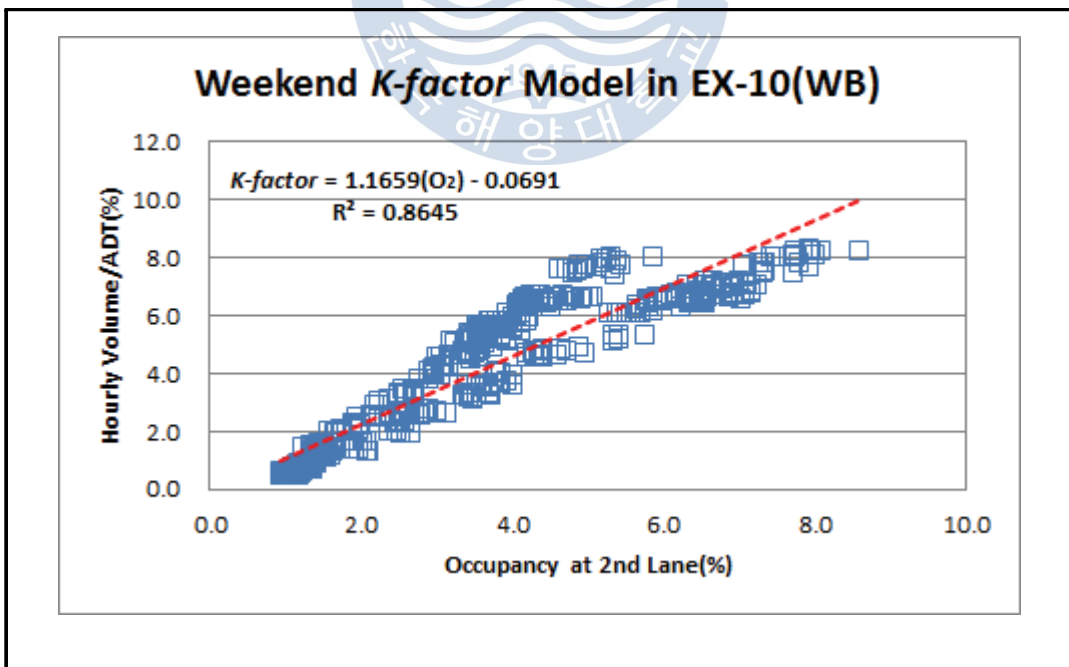


Figure 5.33 LIN Model of K -factor in EX-10(WB) for weekend

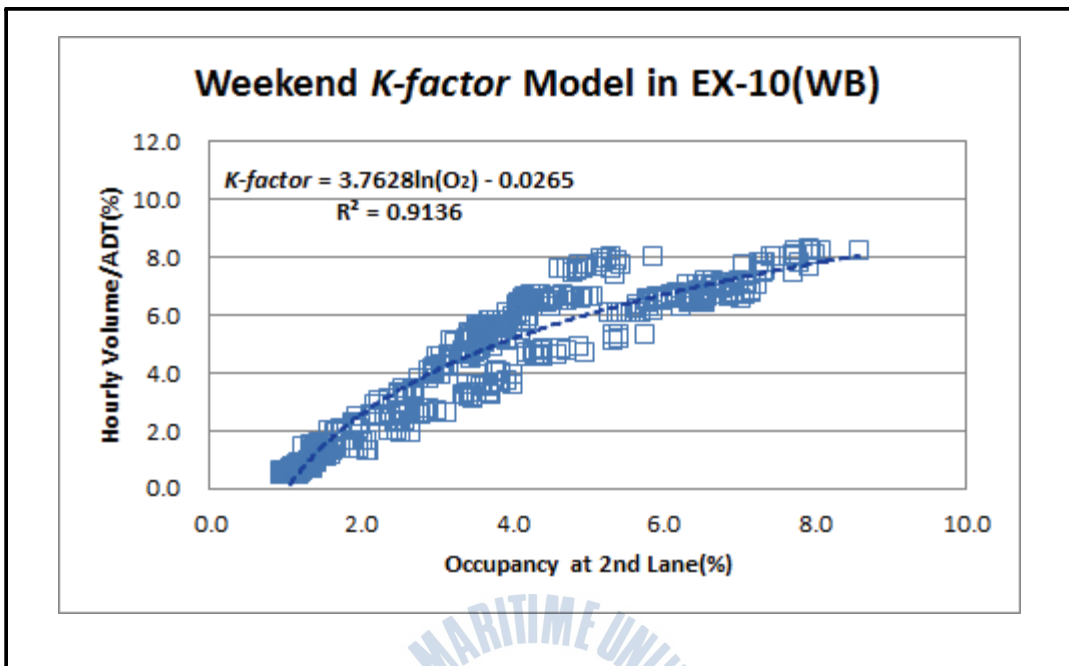


Figure 5.34 LOG Model of K -factor in EX-10(WB) for weekend

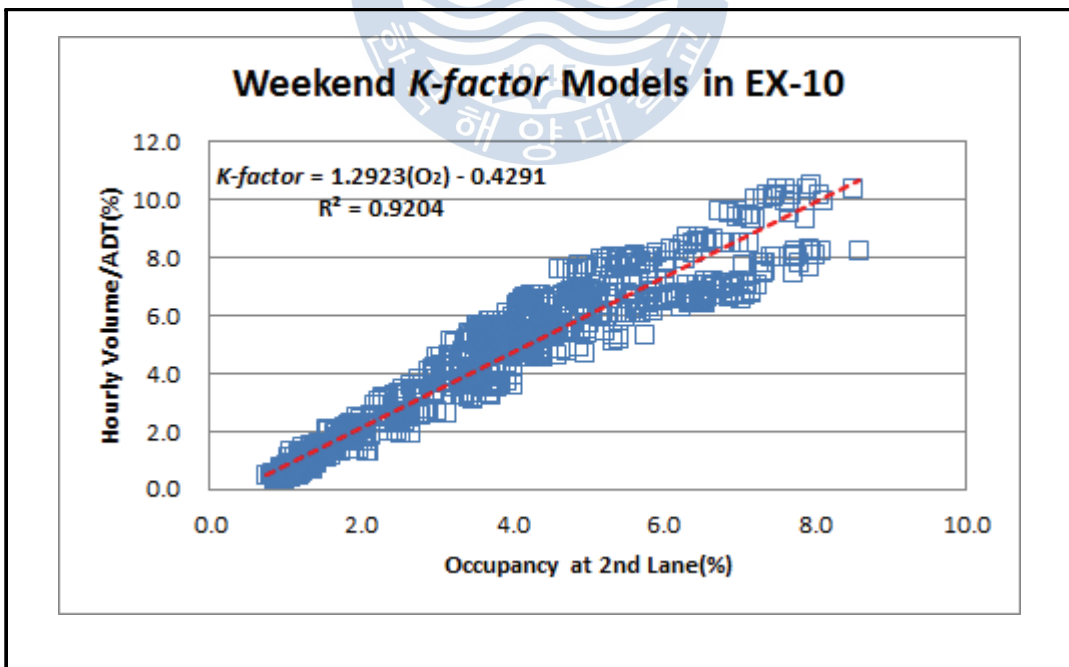


Figure 5.35 LIN Model of K -factor in EX-10 for weekend

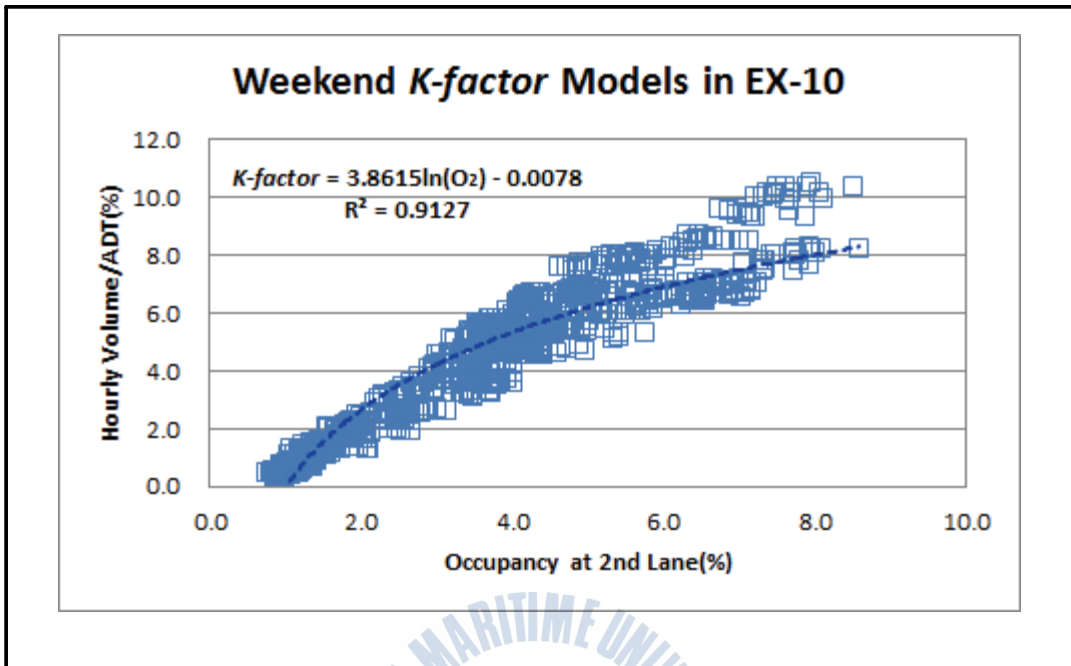


Figure 5.36 LOG Model of K -factor in EX-10 for weekend

결과적으로 연구대상 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)에서 주중과 주말에 관계없이 선형모형의 결정계수(R^2)는 각각 0.8458~0.9423과 0.8774~0.9226으로 설명력이 높게 나타났고, 대수모형의 결정계수(R^2)도 각각 0.8862~0.9389과 0.9210~0.9242로 설명력이 높게 나타났다. 특히, 주중에는 선형모형의 결정계수(R^2)가 각각 0.8573~0.9372와 0.9361~0.9449로 설명력이 높게 나타났고 대수모형의 결정계수(R^2)도 각각 0.9063~0.9384와 0.9407~0.9453으로 설명력이 높게 나타났으며, 주말에는 선형모형의 결정계수(R^2)가 각각 0.8243~0.9588과 0.8645~0.9830으로 설명력이 높게 나타났고 대수모형의 결정계수(R^2)도 각각 0.8439~0.9413과 0.9127~0.9174로 설명력이 높게 나타남으로써 주중과 주말에 관계없이 고속도로의 2차로 점유율(O_2)을 이용한 시간교통량비율(K -factor)예측에서 선형모형(LIN)과 대수모형(LOG)의 높은 설명력을 확인할 수 있었다.

5.2 모형 검증

연구대상 고속도로의 기본구간에 대해 시간교통량비율($K-factor$)예측모형의 유효성을 검증하기 위해 모형구축에 사용되지 않은 나머지 교통특성자료를 중심으로 검증을 실시하였으며, 모형검증을 위해 예측된 시간교통량비율($K-factor_{exp}$)와 산정된 시간교통량비율($K-factor_{cal}$)사이에 다음과 같이 상관관계분석 및 대응표본 t-검정(Test)을 실시한다.

$$r = \frac{Cov(K-factor_{cal}, K-factor_{exp})}{\sqrt{Var(K-factor_{cal})} \times \sqrt{Var(K-factor_{exp})}} \quad (5.4)$$

여기에서,

r : correlation coefficients

$K-factor_{cal}$: hourly volume proportion($K-factor$) calculated(%)

$K-factor_{exp}$: hourly volume proportion($K-factor$) expected(%)

$$\text{또한, } t = \frac{\bar{D}}{\frac{s_D}{\sqrt{N}}} \quad (5.5)$$

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i \quad (5.6)$$

$$D_i = (K-factor_{cal})_i - (K-factor_{exp})_i \quad (5.7)$$

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}{N-1}} \quad (5.8)$$

여기에서,

t : t statistic of matched paired samples

- s_D : standard deviation of difference in $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ (veh/km)
 N : number of paired samples
 $\overline{D}$: mean of difference in $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ (veh/km)
 D_i : difference in $i-th$ $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ (veh/km)

우선적으로 경부고속도로(EX-1)의 선형모형(LIN)과 대수모형(LOG)에 대해 상관관계분석을 실시한 결과, 주중과 주말에 관계없이 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서 상관계수(r)는 각각 0.922와 0.889로 높은 상관성을 보였고 남쪽방향(SB) 상관계수(r)는 각각 0.964와 0.961로 역시 높은 상관성을 보였으며 방향과 관계없이 경부고속도로(EX-1)의 상관계수(r)는 각각 0.975와 0.967로 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 특히, 주중에는 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서 상관계수(r)가 각각 0.988과 0.974로 높은 상관성을 보였고 남쪽방향(SB) 상관계수(r)도 각각 0.977과 0.970으로 역시 높은 상관성을 보였으며 방향과 관계없이 경부고속도로(EX-1)의 상관계수(r)는 각각 0.949와 0.958로 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 또한 주말에는 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서 상관계수(r)가 각각 0.989와 0.977로 높은 상관성을 보였고 남쪽방향(SB) 상관계수(r)도 각각 0.937과 0.944로 역시 높은 상관성을 보였으며 방향과 관계없이 경부고속도로(EX-1)의 상관계수(r)는 각각 0.959와 0.956으로 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다(참조 Tables 5.7~5.9 그리고 Figures 5.37~5.54).

또한, 경부고속도로(EX-1)의 선형모형(LIN)과 대수모형(LOG)에 대해 대응표본 t-검정(Test)을 실시한 결과, 주중과 주말에 관계없이 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서 선형모형(LIN)의 양측 유의확률(P-value)이 0.442로 수락영역(Accept)에 포함되었으나 대수모형(LOG)의 양측 유의확률(P-value)은 0.000으로 기각영역(Reject)에 포함되었고 남쪽방향(SB)에서는 양측 유의확률(P-value)이 각각 0.711과 0.509로 모두 수락영역(Accept)에 포함되었으며 방향에 관계없이 경

부고속도로(EX-1)에서는 양측 유의확률(P-value)이 0.743과 0.767로 모두 수락영역(Accept)에 포함되는 것으로 나타났다. 특히, 주중에는 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서 양측 유의확률(P-value)이 각각 0.223과 0.383으로 수락영역(Accept)에 포함되었고 남쪽방향(SB)에서도 양측 유의확률(P-value)이 각각 0.183과 0.151로 모두 수락영역(Accept)에 포함되었으며 방향에 관계없이 경부고속도로(EX-1)에서는 양측 유의확률(P-value)이 0.675와 0.634로 모두 수락영역(Accept)에 포함되는 것으로 나타났다. 그리고 주말에는 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서 양측 유의확률(P-value)이 각각 0.398과 0.822로 수락영역(Accept)에 포함되었고 남쪽방향(SB)에서도 양측 유의확률(P-value)이 각각 0.425와 0.576으로 모두 수락영역(Accept)에 포함되었으며 방향에 관계없이 경부고속도로(EX-1)에서는 양측 유의확률(P-value)이 0.677과 0.827로 모두 수락영역(Accept)에 포함되는 것으로 나타났다(참조 Tables 5.10~5.12 그리고 Figures 5.37~5.54).

Table 5.7 Correlation analysis between $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ in EX-1

Expressway/Model		Correlation Coefficient(r)
EX-1(NB)	LIN	0.922
	LOG	0.889
EX-1(SB)	LIN	0.964
	LOG	0.961
EX-1	LIN	0.975
	LOG	0.967

Table 5.8 Correlation analysis between $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ in EX-1 for weekday

Expressway/Model		Correlation Coefficient(r)
EX-1(NB)	LIN	0.988
	LOG	0.974
EX-1(SB)	LIN	0.977
	LOG	0.970
EX-1	LIN	0.949
	LOG	0.958

Table 5.9 Correlation analysis between $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ in EX-1 for weekend

Expressway/Model		Correlation Coefficient(r)
EX-1(NB)	LIN	0.989
	LOG	0.977
EX-1(SB)	LIN	0.937
	LOG	0.944
EX-1	LIN	0.959
	LOG	0.956

Table 5.10 t-Test results between $K\text{-factor}_{cal}$ and $K\text{-factor}_{exp}$ in EX-1

Expressway/Model		t-value	p-value	Result
EX-1(NB)	LIN	-0.769	0.442	Accept
	LOG	-6.778	0.000	Reject
EX-1(SB)	LIN	-0.371	0.711	Accept
	LOG	-0.661	0.509	Accept
EX-1	LIN	0.328	0.743	Accept
	LOG	-0.297	0.767	Accept

Table 5.11 t-Test results between $K\text{-factor}_{cal}$ and $K\text{-factor}_{exp}$ in EX-1 for weekday

Expressway/Model		t-value	p-value	Result
EX-1(NB)	LIN	-1.222	0.223	Accept
	LOG	-0.871	0.384	Accept
EX-1(SB)	LIN	-1.335	0.183	Accept
	LOG	-1.439	0.151	Accept
EX-1	LIN	0.419	0.675	Accept
	LOG	0.476	0.634	Accept

Table 5.12 t-Test results between $K\text{-factor}_{cal}$ and $K\text{-factor}_{exp}$ in EX-1 for weekend

Expressway/Model		t-value	p-value	Result
EX-1(NB)	LIN	0.848	0.398	Accept
	LOG	0.225	0.822	Accept
EX-1(SB)	LIN	0.801	0.425	Accept
	LOG	0.562	0.576	Accept
EX-1	LIN	-0.418	0.677	Accept
	LOG	-0.220	0.827	Accept

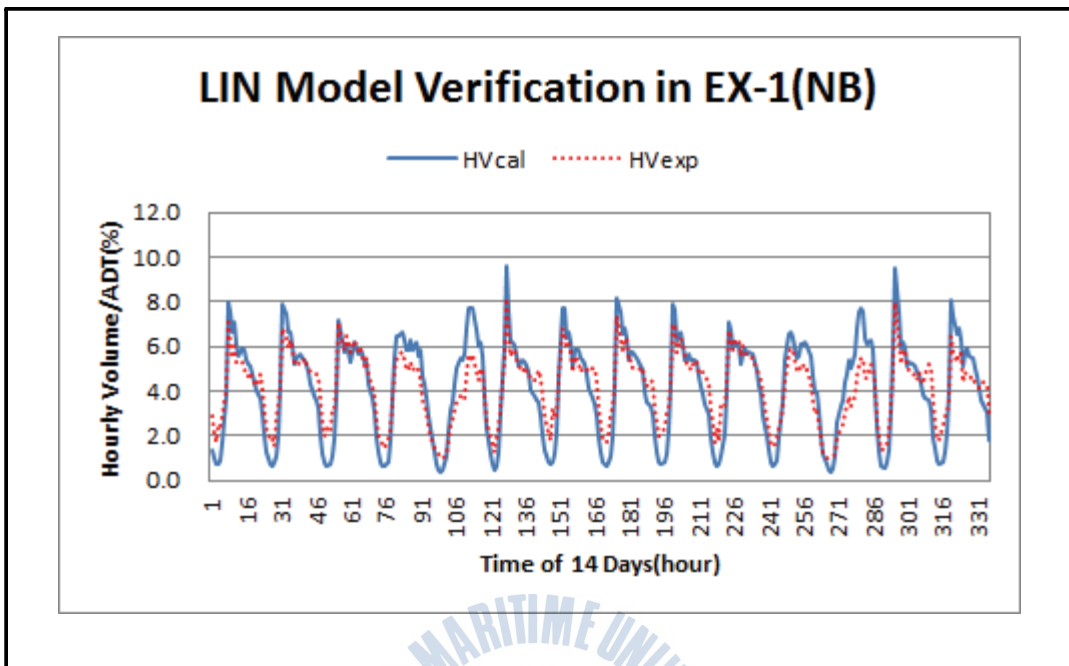


Figure 5.37 Verification of LIN K -factor Model in EX-1(NB)

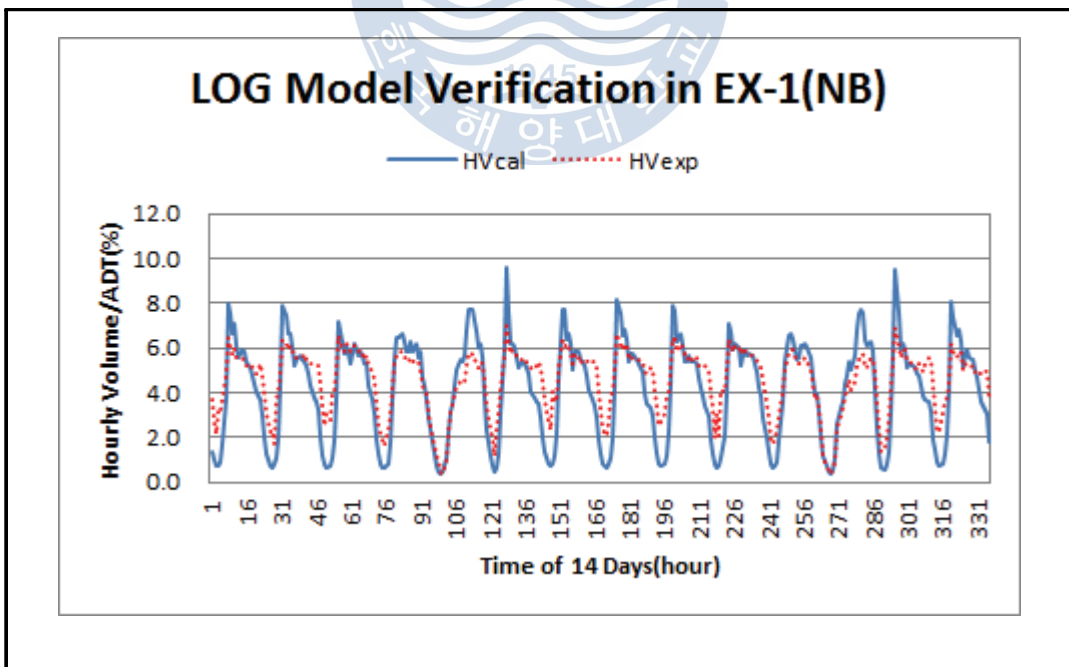


Figure 5.38 Verification of LOG K -factor Model in EX-1(NB)

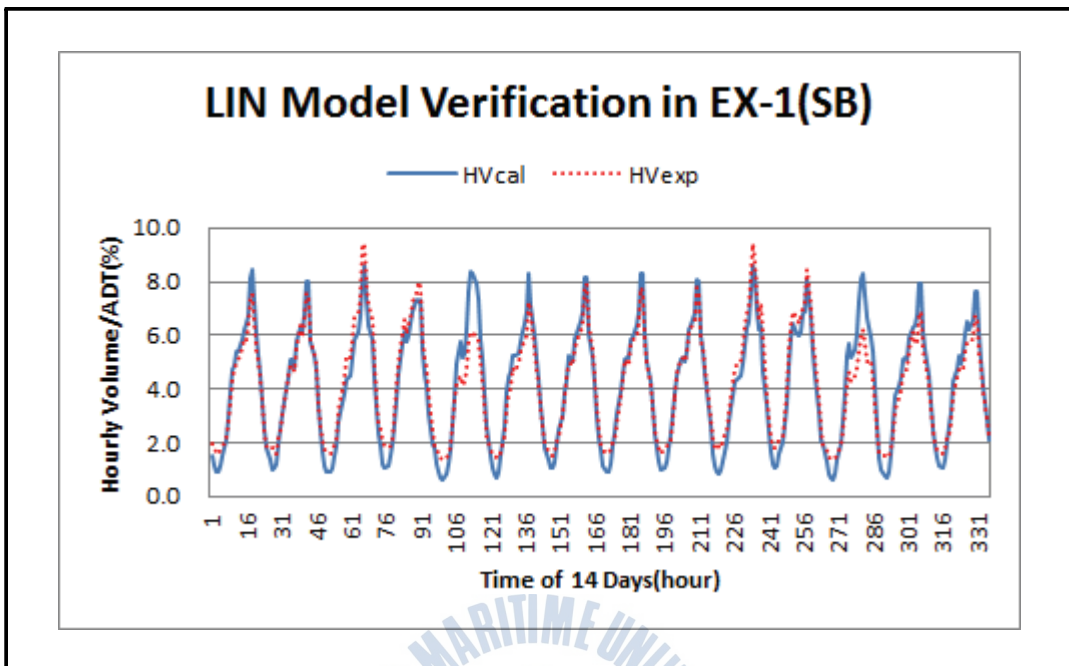


Figure 5.39 Verification of LIN K -factor Model in EX-1(SB)

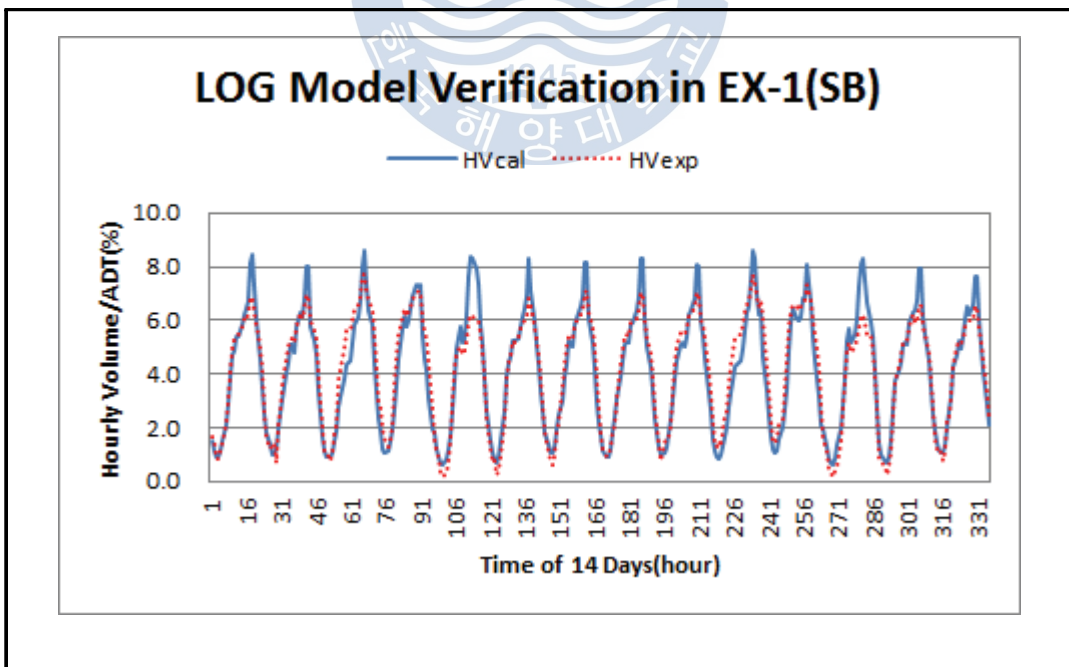


Figure 5.40 Verification of LOG K -factor Model in EX-1(SB)

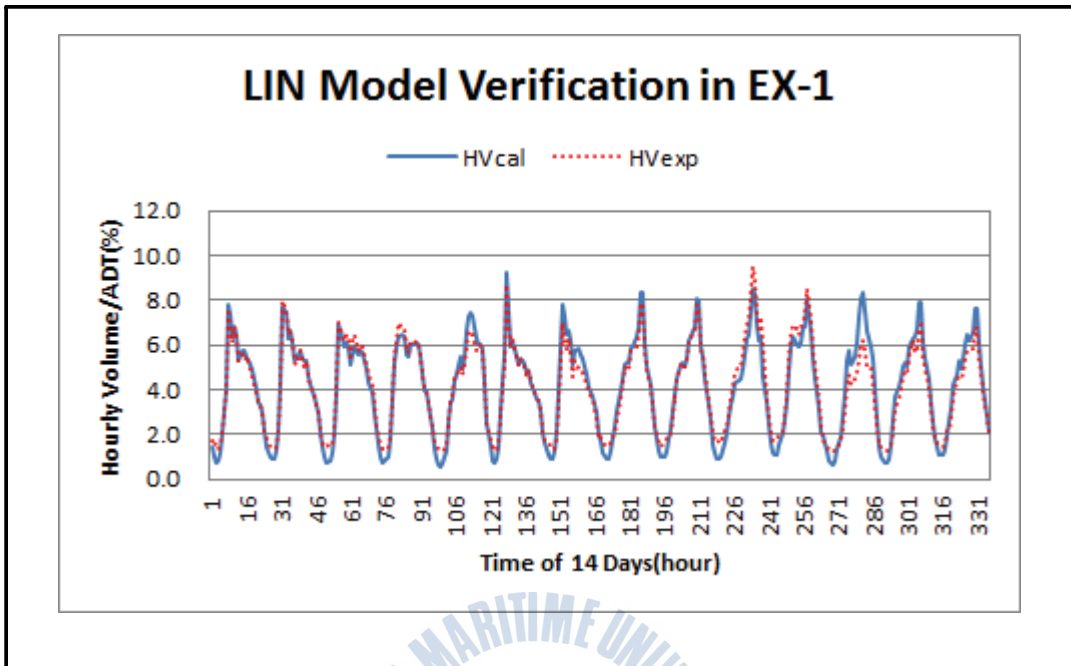


Figure 5.41 Verification of LIN K -factor Model in EX-1

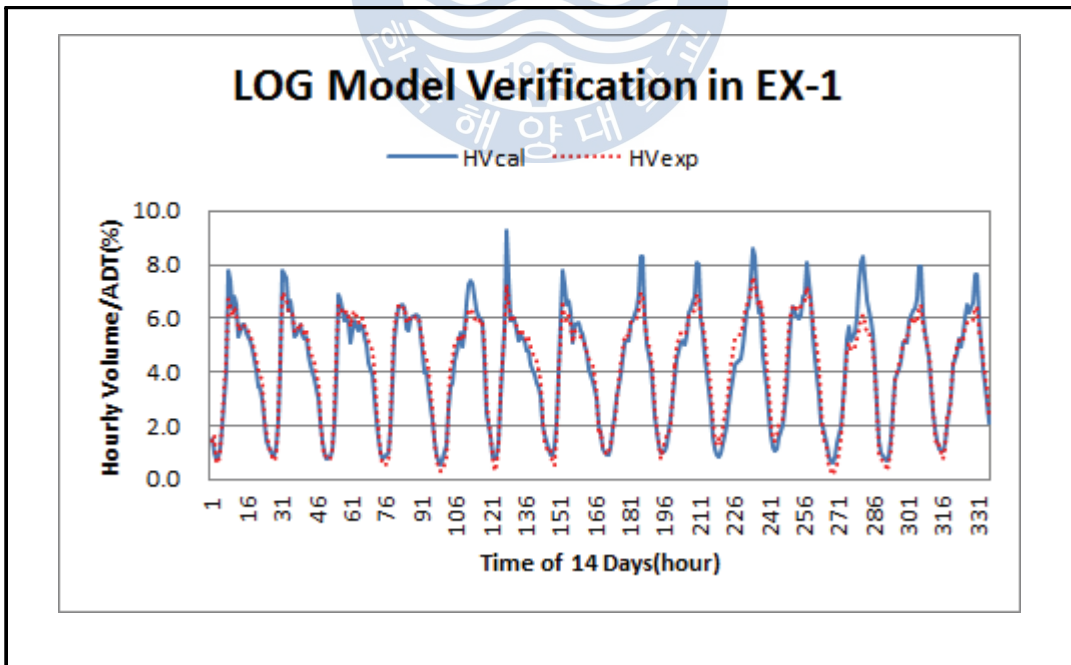


Figure 5.42 Verification of LOG K -factor Model in EX-1

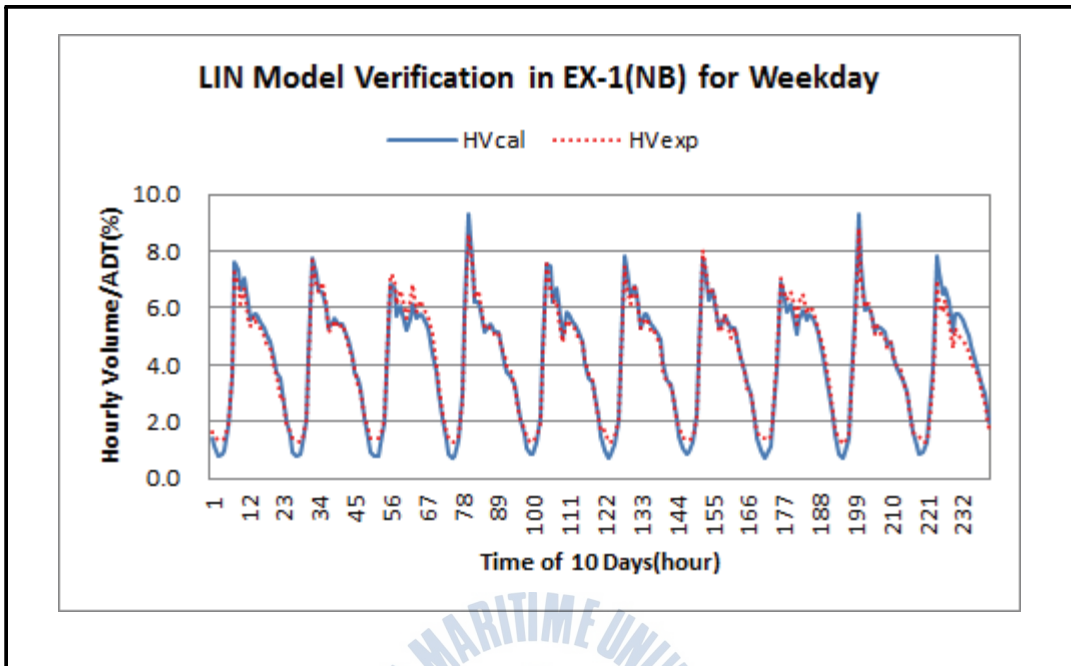


Figure 5.43 Verification of LIN K -factor Model in EX-1(NB) for weekday

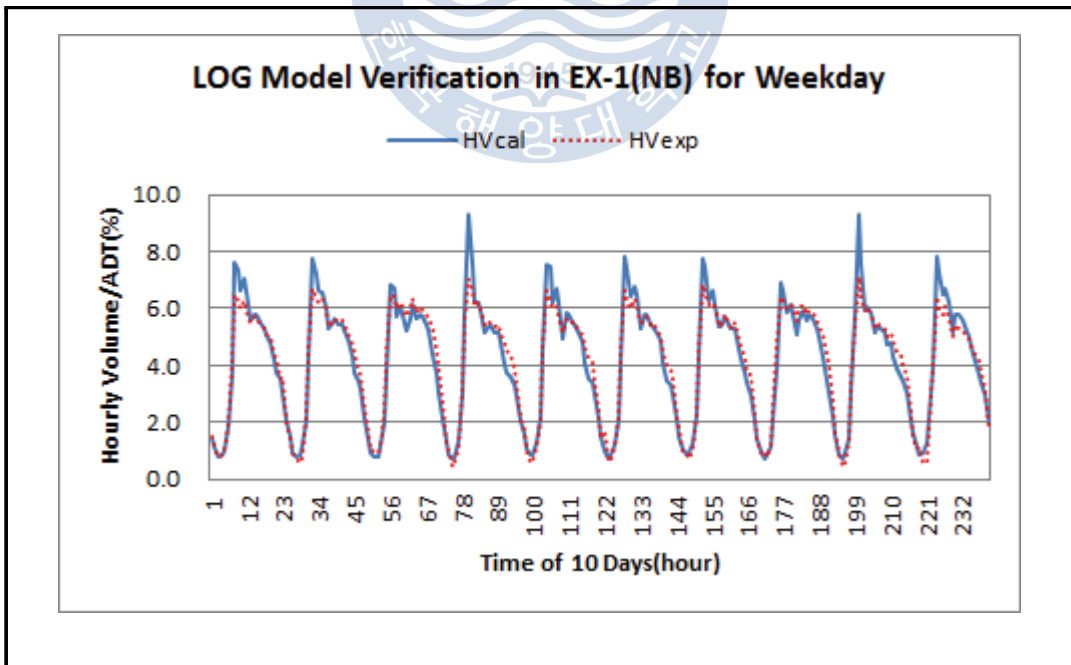


Figure 5.44 Verification of LOG K -factor Model in EX-1(NB) for weekday

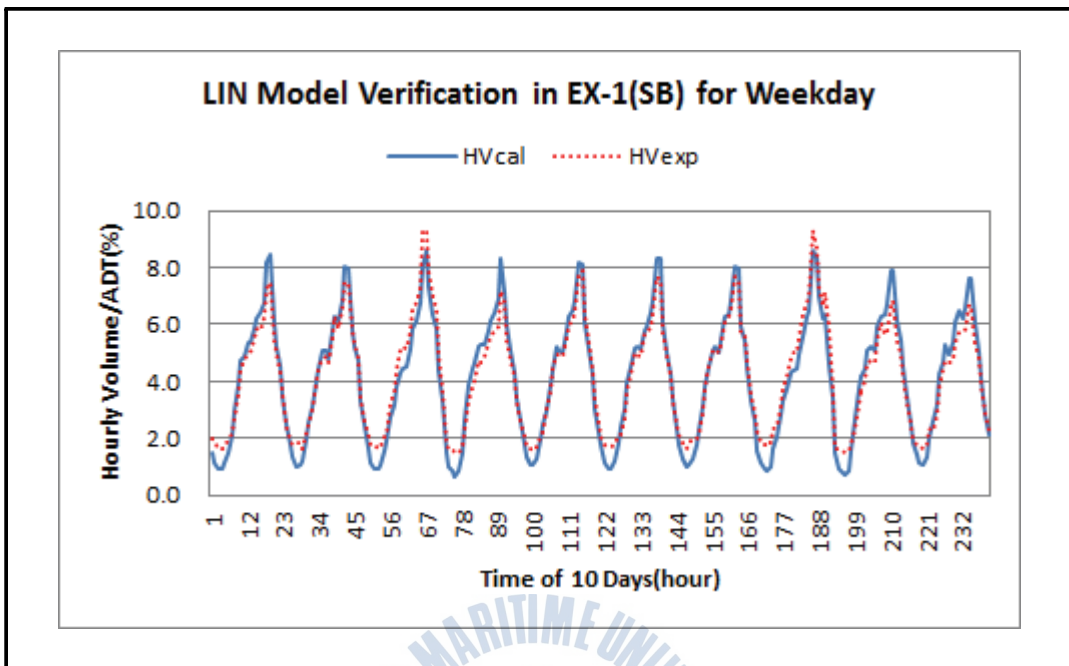


Figure 5.45 Verification of LIN K -factor Model in EX-1(SB) for weekday

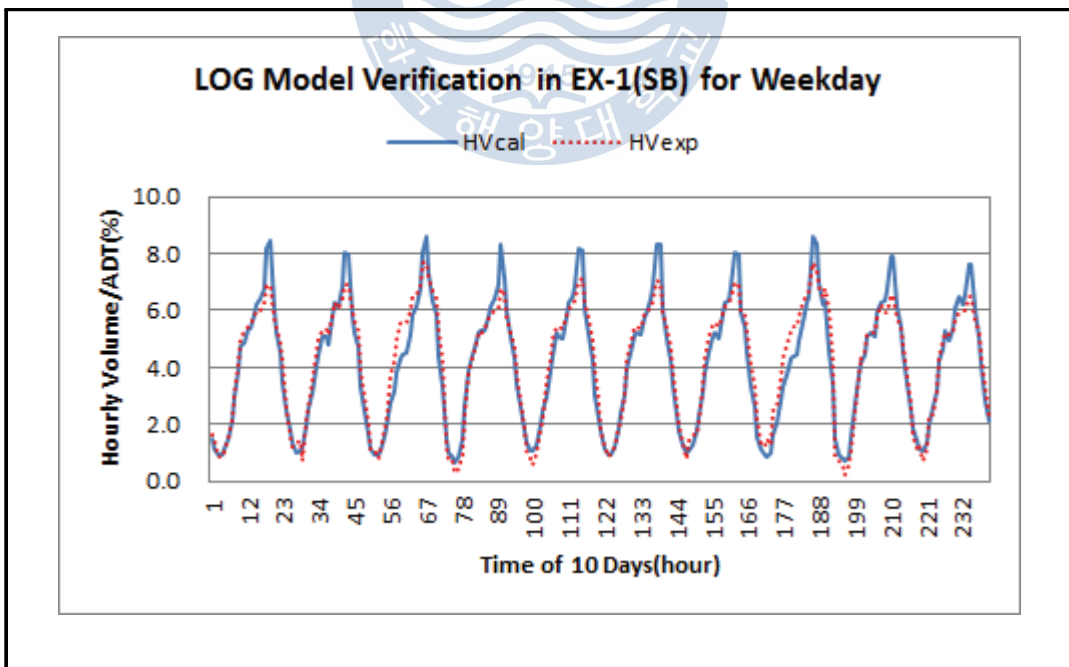


Figure 5.46 Verification of LOG K -factor Model in EX-1(SB) for weekday

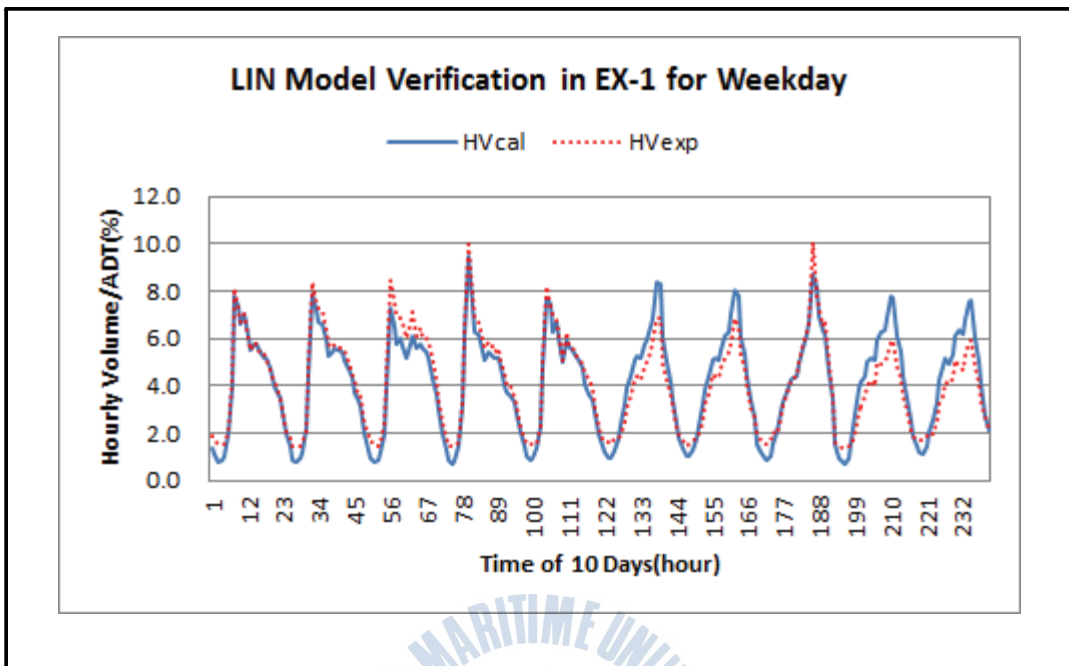


Figure 5.47 Verification of LIN K -factor Model in EX-1 for weekday

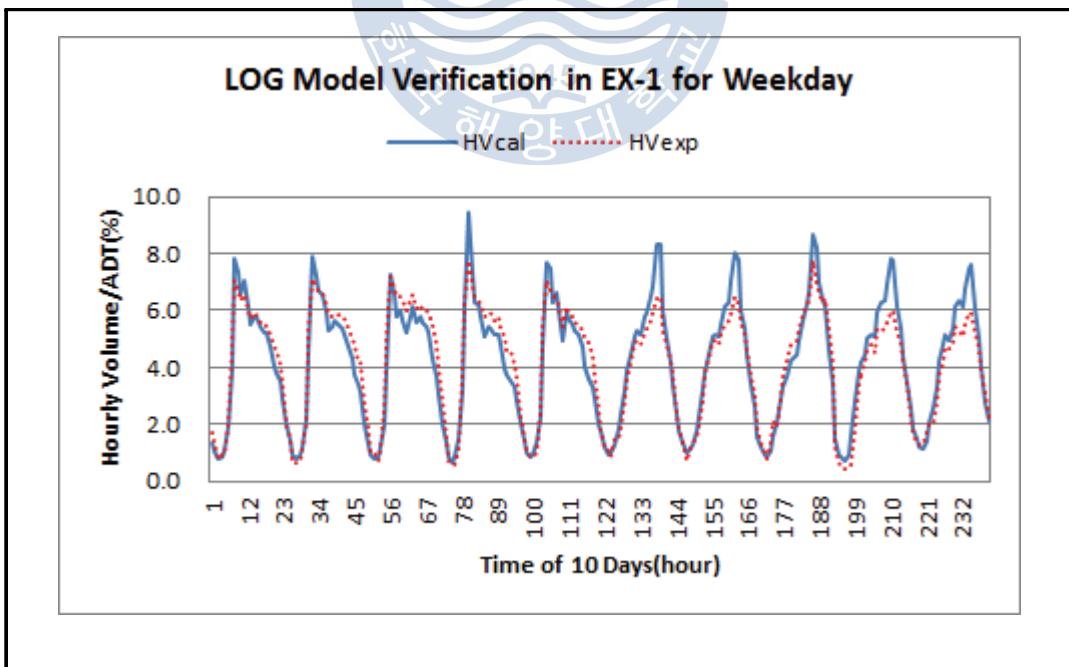


Figure 5.48 Verification of LOG K -factor Model in EX-1 for weekday

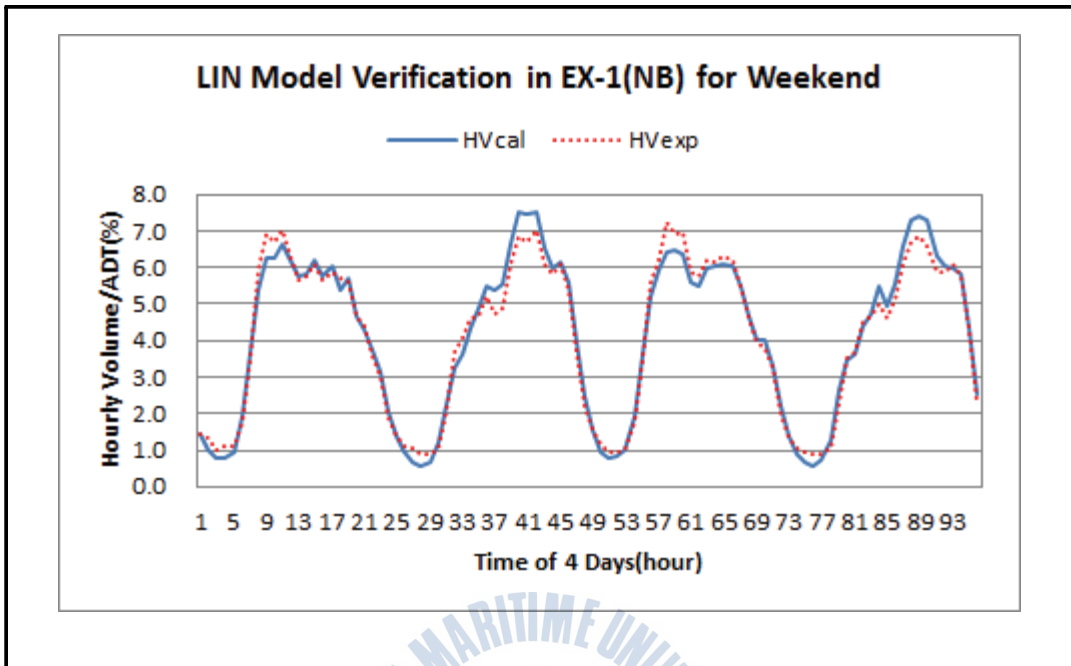


Figure 5.49 Verification of LIN K -factor Model in EX-1(NB) for weekend

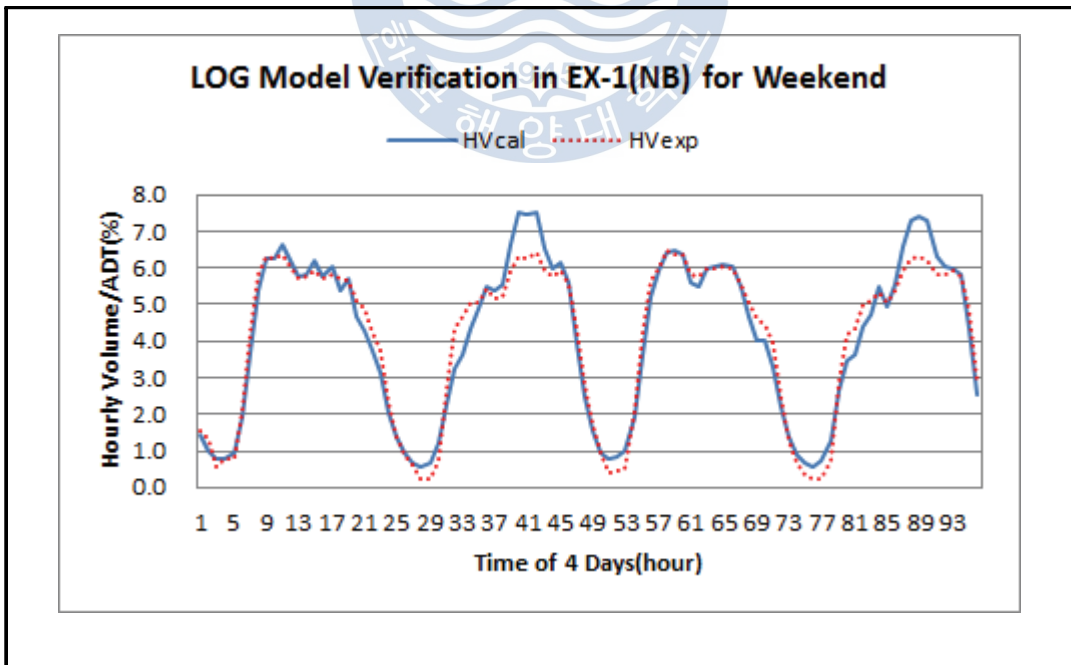


Figure 5.50 Verification of LOG K -factor Model in EX-1(NB) for weekend

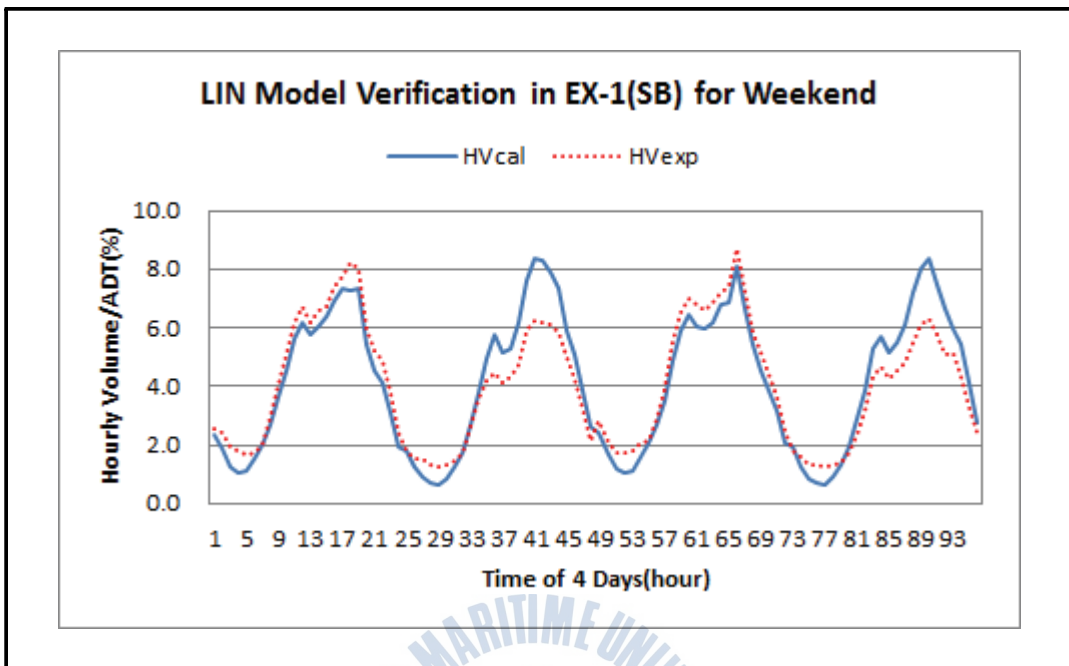


Figure 5.51 Verification of LIN K -factor Model in EX-1(SB) for weekend

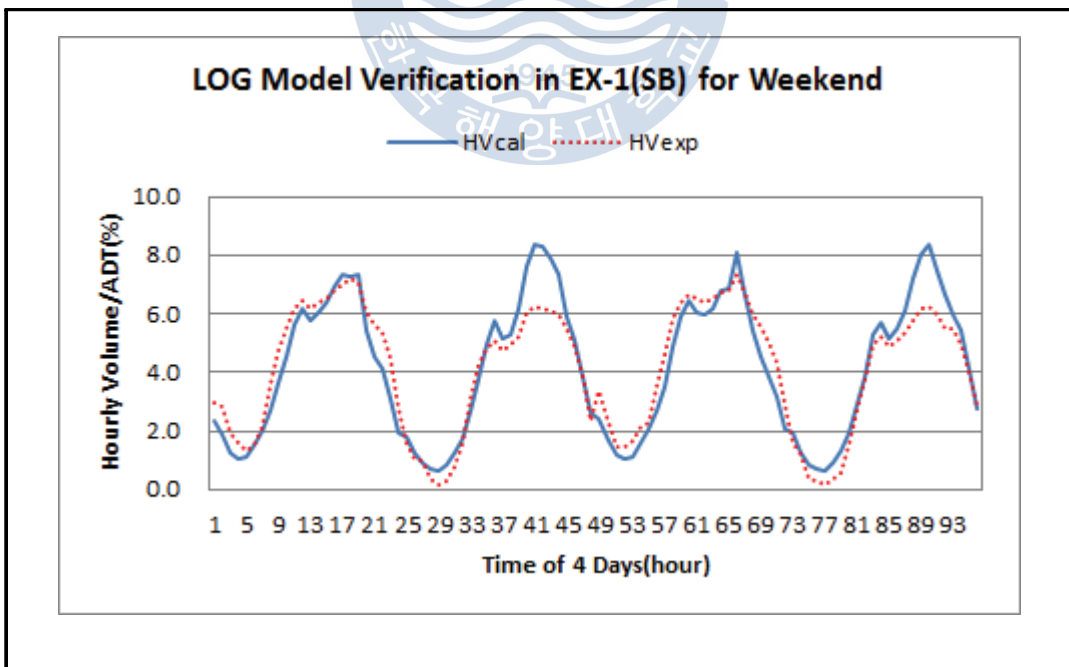


Figure 5.52 Verification of LOG K -factor Model in EX-1(SB) for weekend

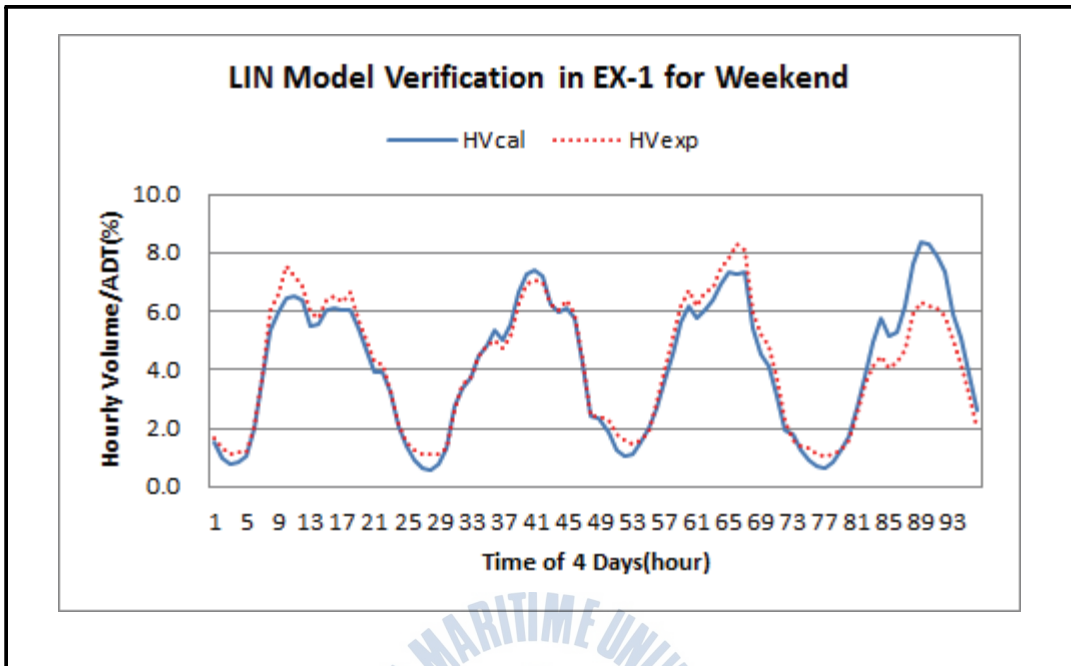


Figure 5.53 Verification of LIN K -factor Model in EX-1 for weekend

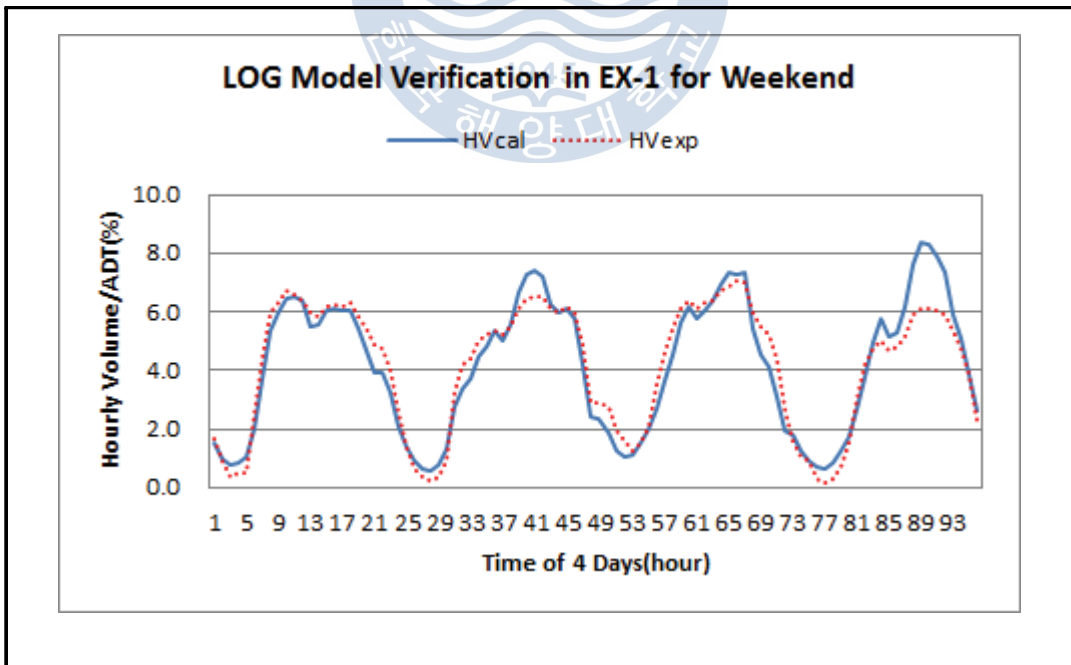


Figure 5.54 Verification of LOG K -factor Model in EX-1 for weekend

다음으로 남해고속도로(EX-10)에서도 주중과 주말에 관계없이 동쪽방향(EB)에서 상관계수(r)는 모두 0.963으로 높은 상관성을 보였고 서쪽방향(WB)에서 상관계수(r)는 각각 0.941과 0.963으로 높은 상관성을 보였으며 방향에 관계없이 남해고속도로(EX-10)에서 상관계수(r)는 각각 0.960과 0.967로 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 특히, 주중에는 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB)에서 상관계수(r)가 각각 0.974와 0.973으로 높은 상관성을 보였고 서쪽방향(WB) 상관계수(r)도 각각 0.972와 0.973으로 역시 높은 상관성을 보였으며 방향과 관계없이 남해고속도로(EX-10)의 상관계수(r)는 각각 0.968과 0.971로 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 또한 주말에는 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB)에서 상관계수(r)가 각각 0.994와 0.962로 높은 상관성을 보였고 서쪽방향(WB) 상관계수(r)도 각각 0.935와 0.956으로 역시 높은 상관성을 보였으며 방향과 관계없이 남해고속도로(EX-10)의 상관계수(r)는 각각 0.958과 0.959로 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다(참조 Tables 5.13~5.15 그리고 Figures 5.55~5.72).

또한, 남해고속도로(EX-10)에서는 주중과 주말에 관계없이 동쪽방향(EB)에서 양측 유의확률(P -value)이 0.669와 0.880으로 모두 수락영역(Accept)에 포함되었고, 서쪽방향(WB)에서도 양측 유의확률(P -value)이 0.897과 0.953으로 모두 수락영역(Accept)에 포함되었으며, 방향에 관계없이 남해고속도로(EX-10)에서는 양측 유의확률(P -value)이 0.396과 0.334로 모두 수락영역(Accept)에 포함되는 것으로 나타났다. 특히, 주중에는 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB)에서 양측 유의확률(P -value)이 각각 0.666과 0.807로 수락영역(Accept)에 포함되었고 서쪽방향(WB)에서도 양측 유의확률(P -value)이 각각 0.575와 0.752로 모두 수락영역(Accept)에 포함되었으며 방향에 관계없이 남해고속도로(EX-10)에서는 양측 유의확률(P -value)이 0.697과 0.115로 모두 수락영역(Accept)에 포함되는 것으로 나타났다. 그리고 주말에는 남해고속도로(EX-10)의 동쪽방향(EB)에서 양측 유의확률(P -value)이 각각 0.448과 0.834로 수락영역(Accept)에 포함되었고 서쪽방향(WB)에서도 양측 유의확률(P -value)이 각각 0.942와 0.904로 모두 수락영역(Accept)에 포함되었으며 방향에 관계없이 남해고속도로(EX-10)에서는 양측 유의

확률(P-value)이 0.730과 0.657로 모두 수락영역(Accept)에 포함되는 것으로 나타났다(참조 Tables 5.16~5.18 그리고 Figures 5.55~5.72).

Table 5.13 Correlation analysis between $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ in EX-10

Expressway/Model		Correlation Coefficient(r)
EX-10(EB)	LIN	0.963
	LOG	0.963
EX-10(WB)	LIN	0.941
	LOG	0.963
EX-10	LIN	0.960
	LOG	0.967

Table 5.14 Correlation analysis between $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ in EX-10 for weekday

Expressway/Model		Correlation Coefficient(r)
EX-10(EB)	LIN	0.974
	LOG	0.973
EX-10(WB)	LIN	0.972
	LOG	0.973
EX-10	LIN	0.968
	LOG	0.971

Table 5.15 Correlation analysis between $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ in EX-10 for weekend

Expressway/Model		Correlation Coefficient(r)
EX-10(EB)	LIN	0.994
	LOG	0.962
EX-10(WB)	LIN	0.935
	LOG	0.956
EX-10	LIN	0.958
	LOG	0.959

Table 5.16 t-Test results between $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ in EX-10

Expressway/Model		t-value	p-value	Result
EX-10(EB)	LIN	0.428	0.669	Accept
	LOG	-0.151	0.880	Accept
EX-10(WB)	LIN	-0.130	0.897	Accept
	LOG	-0.059	0.953	Accept
EX-10	LIN	-0.849	0.396	Accept
	LOG	-0.968	0.334	Accept

Table 5.17 t-Test results between $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ in EX-10 for weekday

Expressway/Model		t-value	p-value	Result
EX-10(EB)	LIN	0.432	0.666	Accept
	LOG	-0.244	0.807	Accept
EX-10(WB)	LIN	-0.562	0.575	Accept
	LOG	-0.316	0.752	Accept
EX-10	LIN	-0.389	0.697	Accept
	LOG	1.583	0.115	Accept

Table 5.18 t-Test results between $K-factor_{cal}$ and $K-factor_{exp}$ in EX-1 for weekend

Expressway/Model		t-value	p-value	Result
EX-10(EB)	LIN	0.762	0.448	Accept
	LOG	-0.210	0.834	Accept
EX-10(WB)	LIN	-0.073	0.942	Accept
	LOG	0.121	0.904	Accept
EX-10	LIN	0.346	0.730	Accept
	LOG	0.446	0.657	Accept

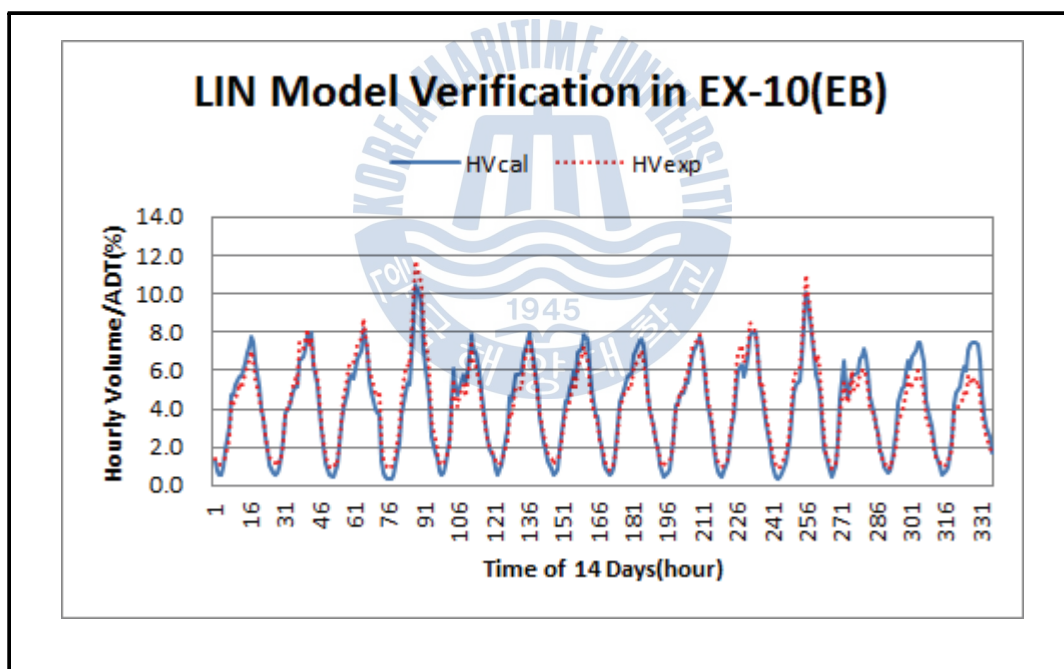


Figure 5.55 Verification of LIN $K-factor$ Model in EX-10(EB)

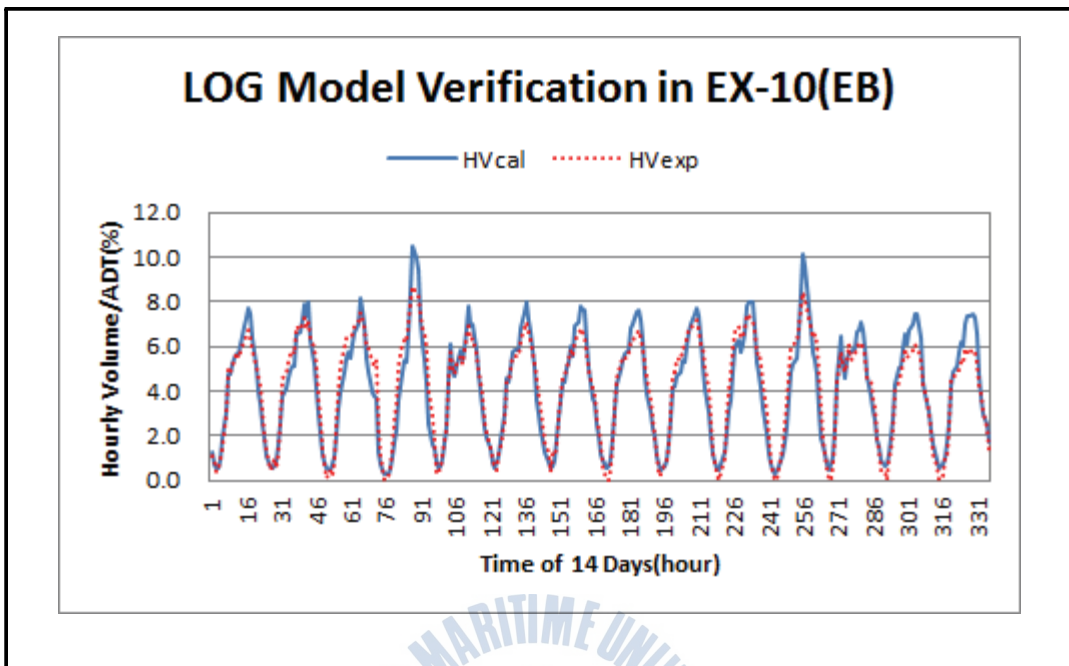


Figure 5.56 Verification of LOG K -factor Model in EX-10(EB)

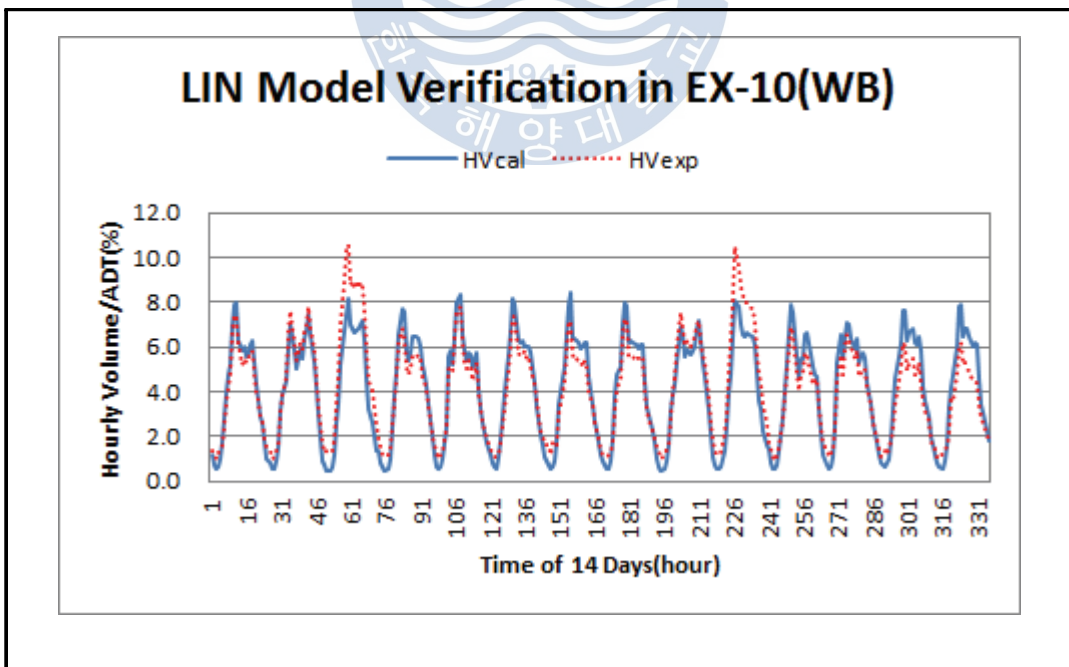


Figure 5.57 Verification of LIN K -factor Model in EX-10(WB)

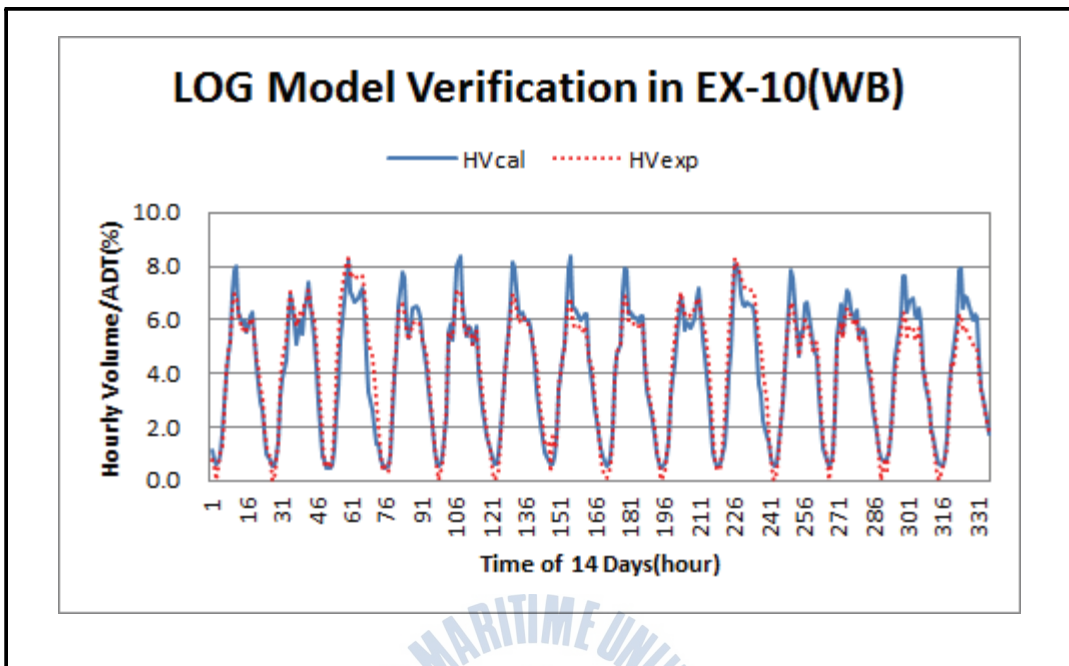


Figure 5.58 Verification of LOG K -factor Model in EX-10(WB)

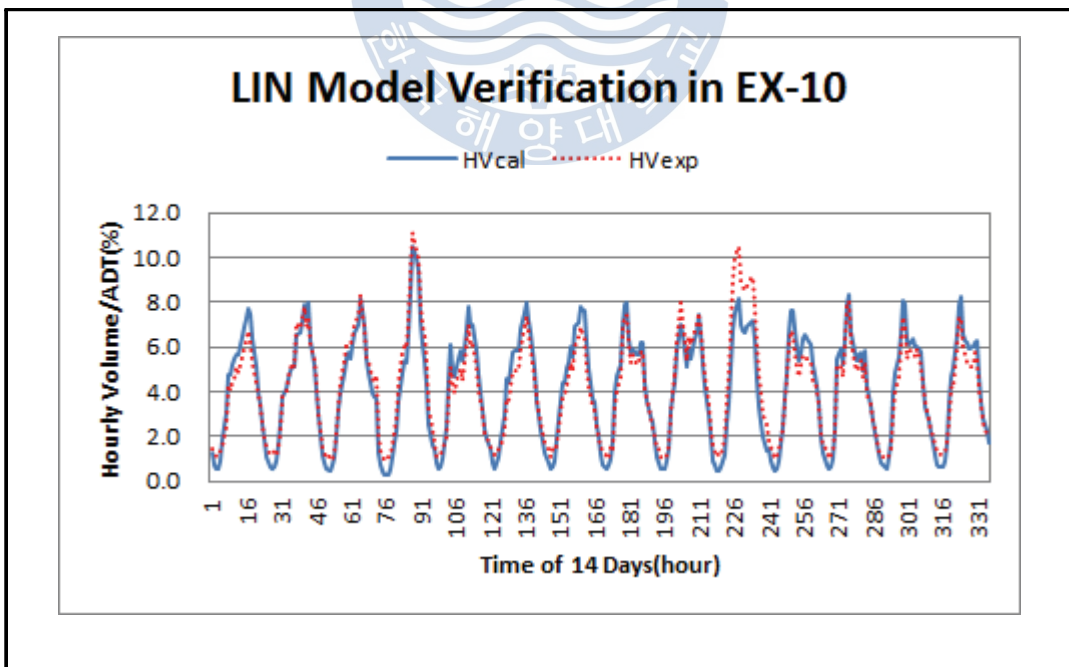


Figure 5.59 Verification of LIN K -factor Model in EX-10

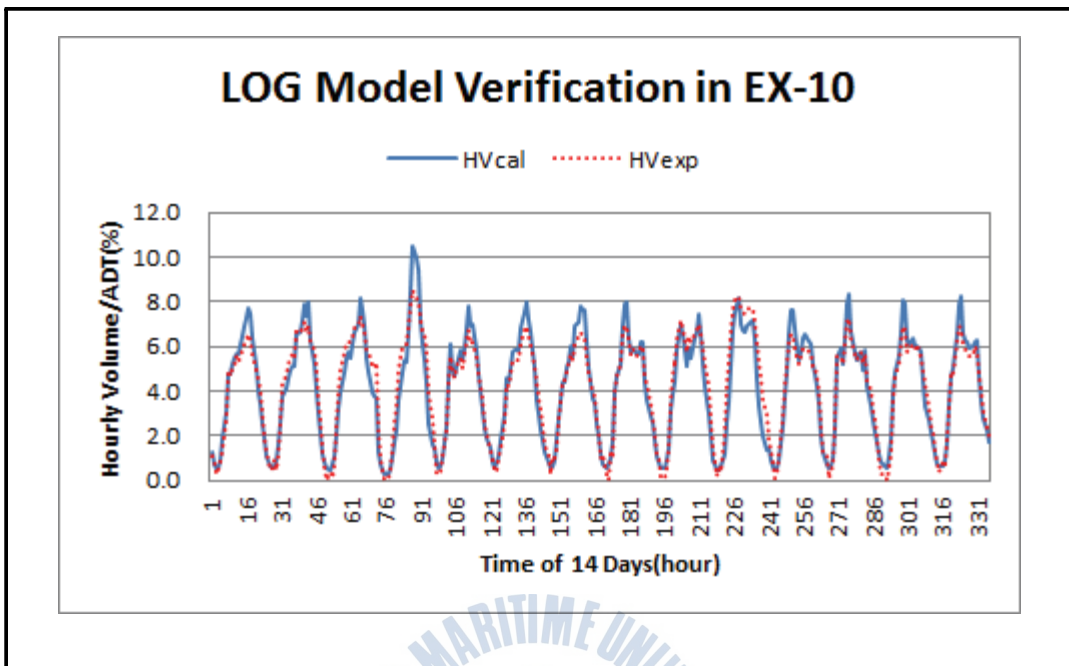


Figure 5.60 Verification of LOG K -factor Model in EX-10

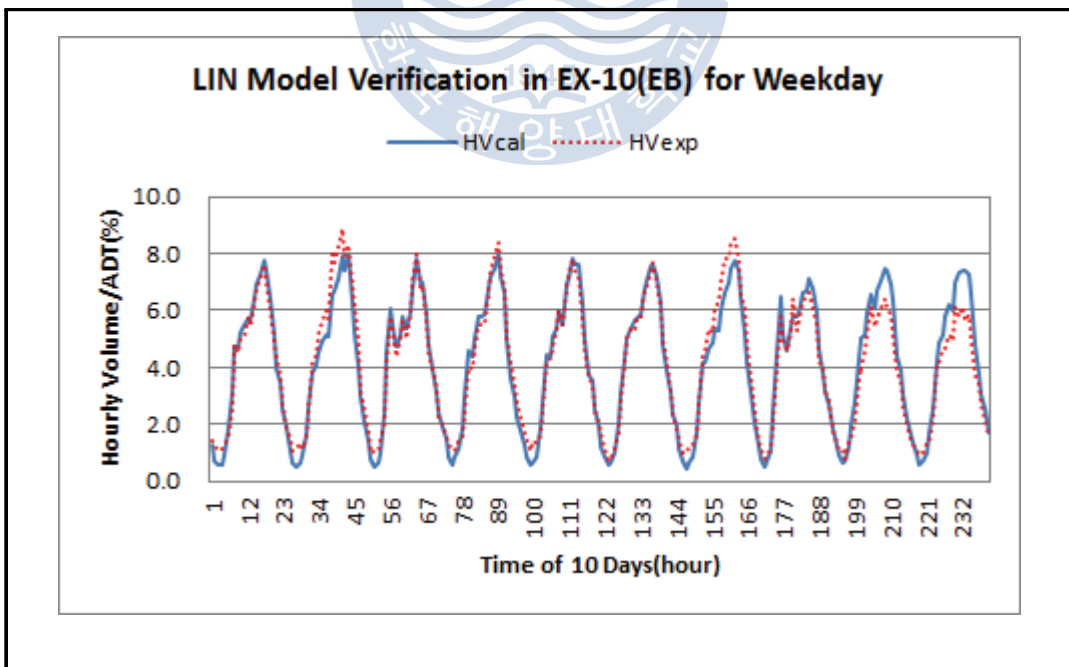


Figure 5.61 Verification of LIN K -factor Model in EX-10(EB) for weekday

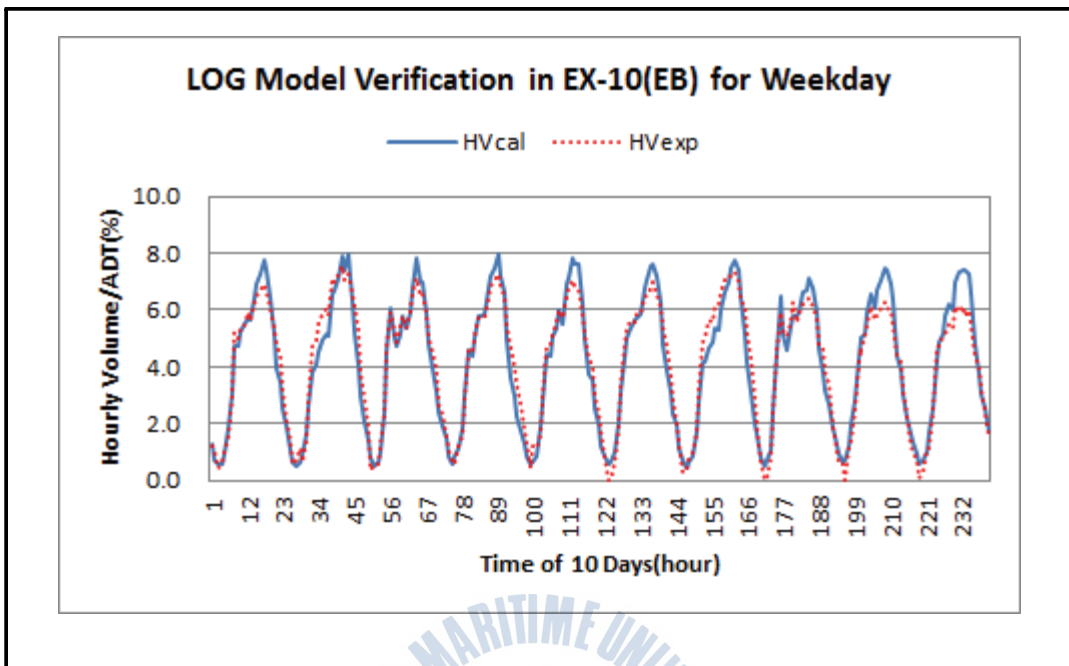


Figure 5.62 Verification of LOG K -factor Model in EX-10(EB) for weekday

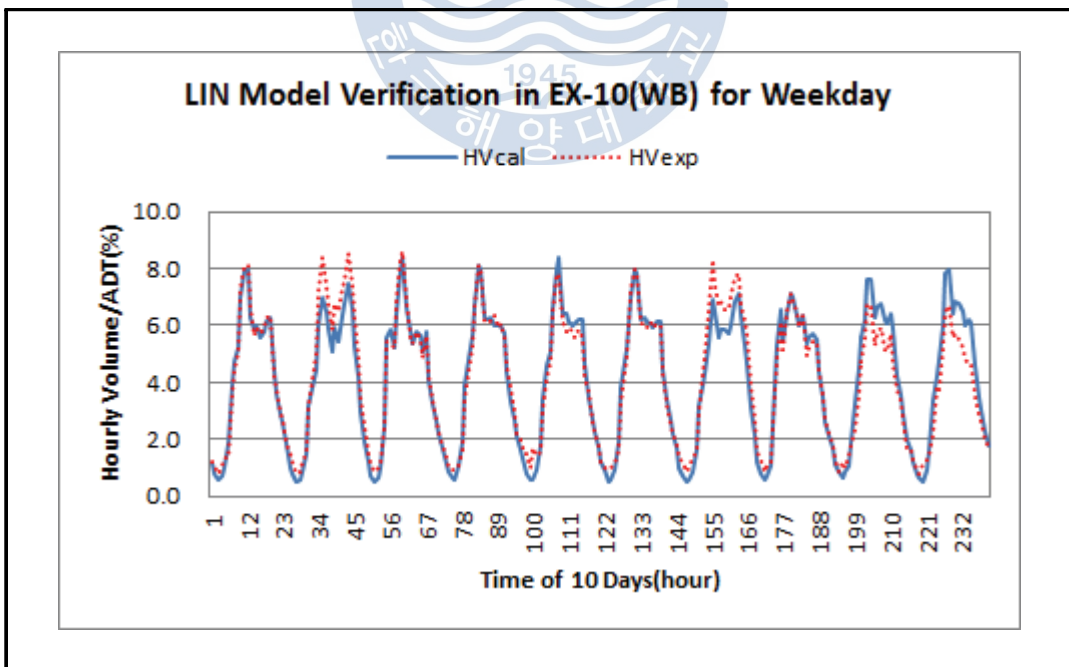


Figure 5.63 Verification of LIN K -factor Model in EX-10(WB) for weekday

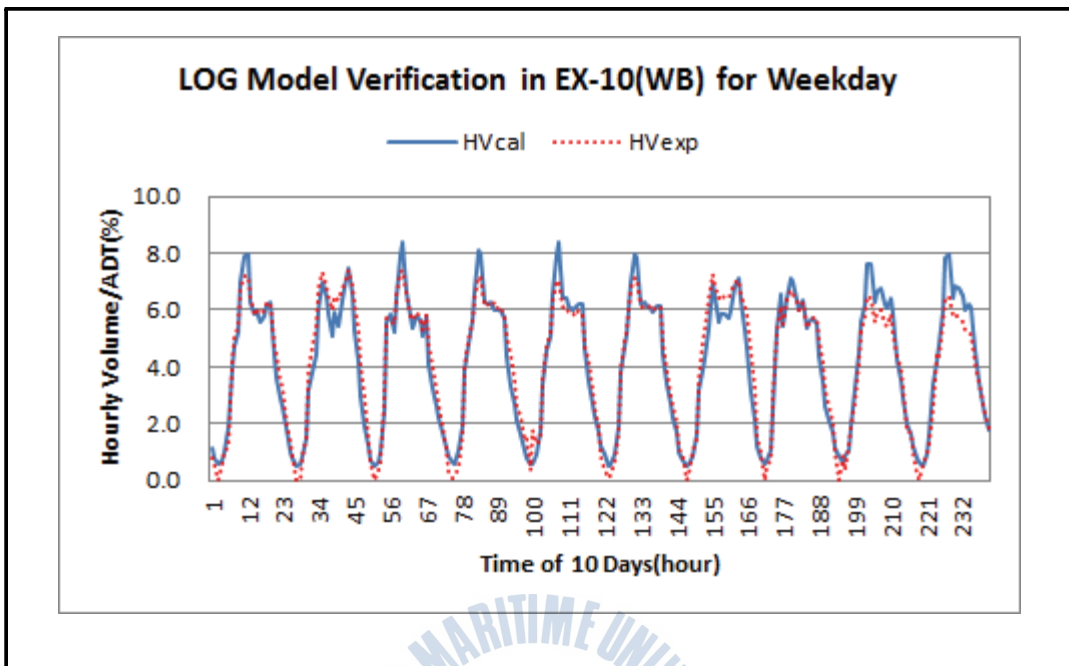


Figure 5.64 Verification of LOG K -factor Model in EX-10(WB) for weekday

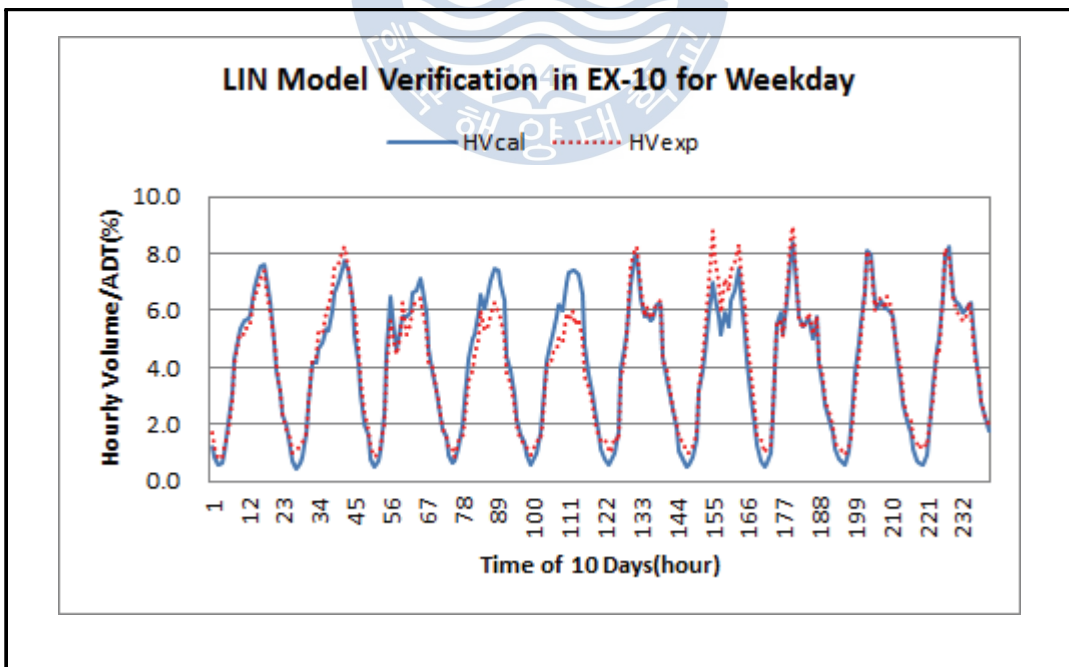


Figure 5.65 Verification of LIN K -factor Model in EX-10 for weekday

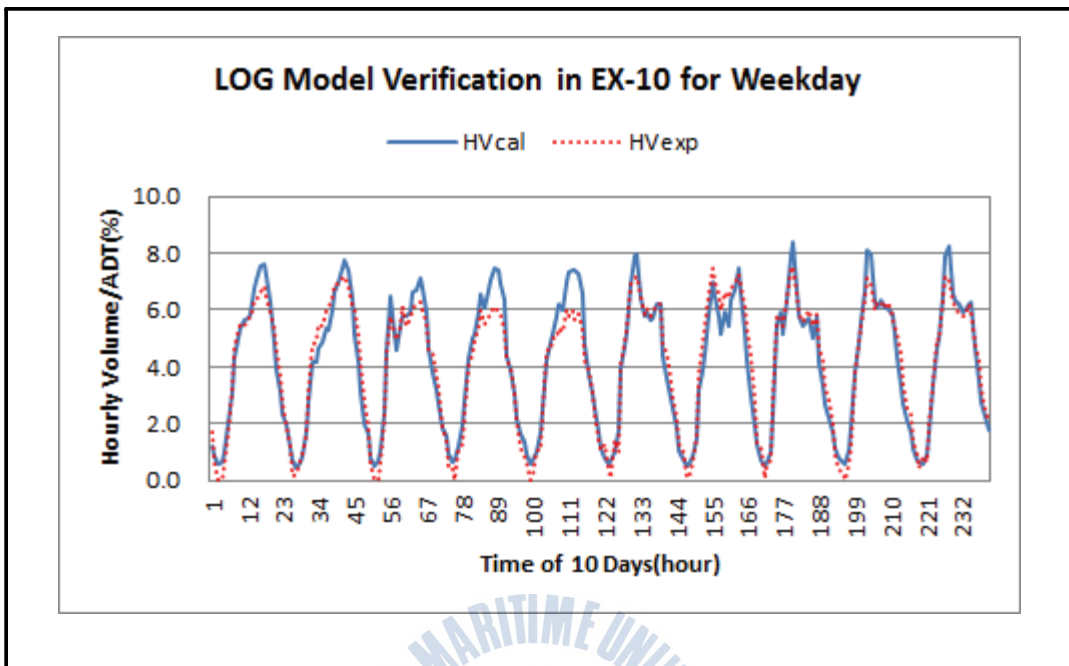


Figure 5.66 Verification of LOG K -factor Model in EX-10 for weekday

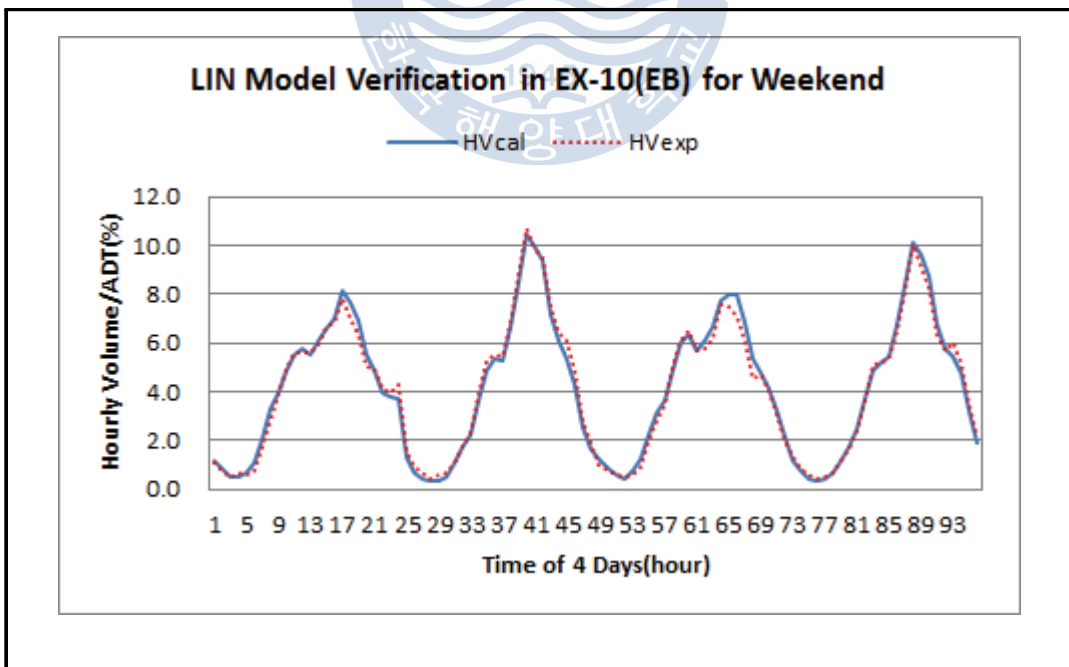


Figure 5.67 Verification of LIN K -factor Model in EX-10(EB) for weekend

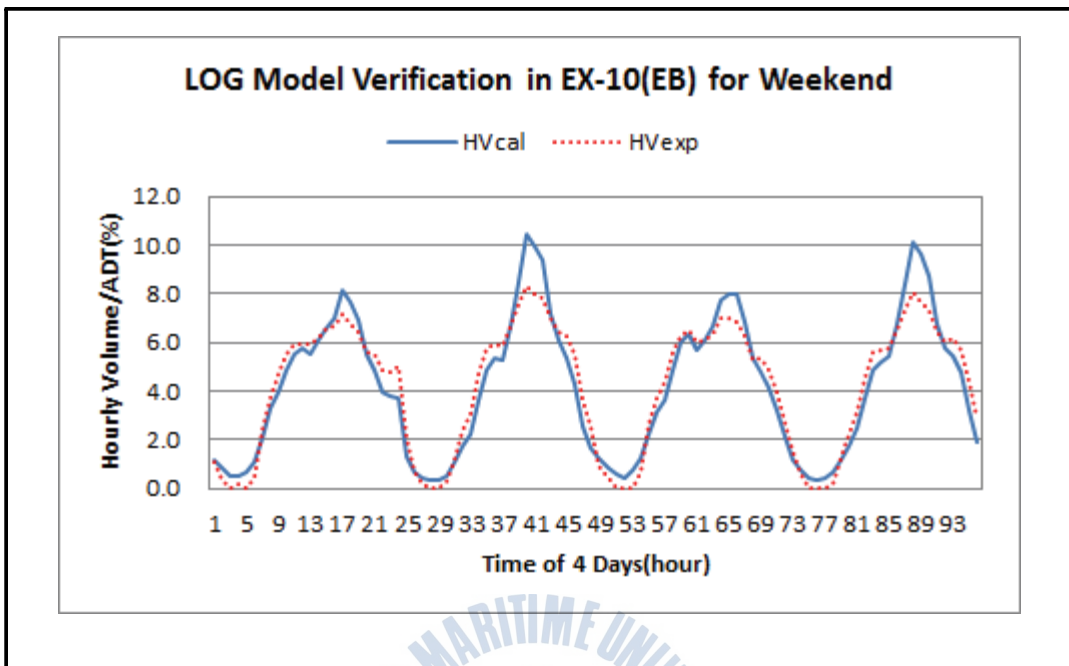


Figure 5.68 Verification of LOG K -factor Model in EX-10(EB) for weekend

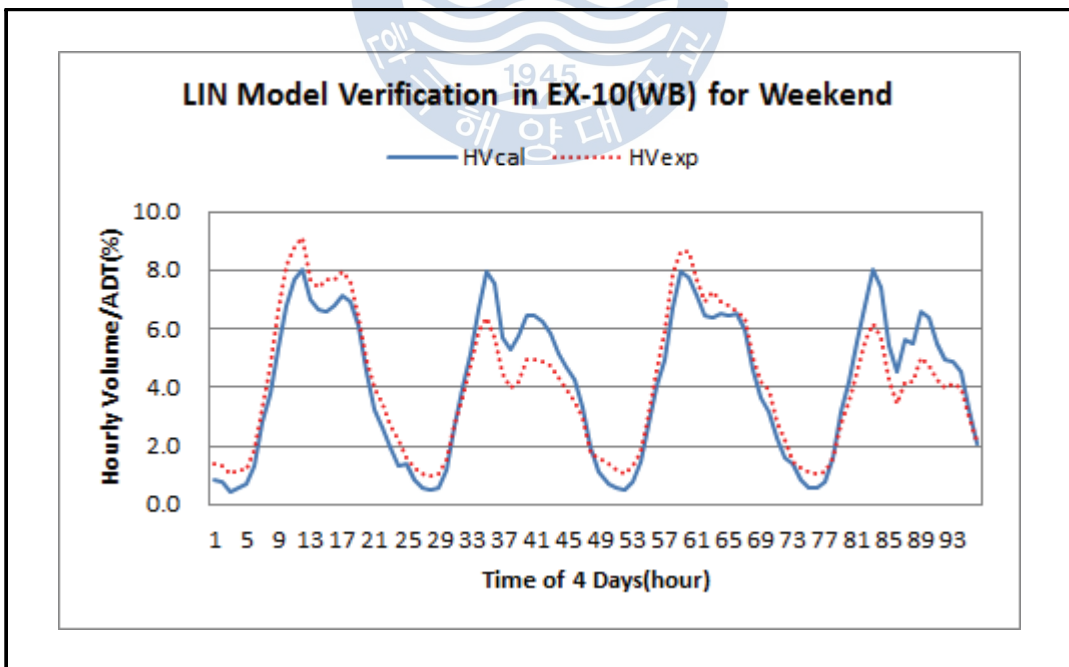


Figure 5.69 Verification of LIN K -factor Model in EX-10(WB) for weekend

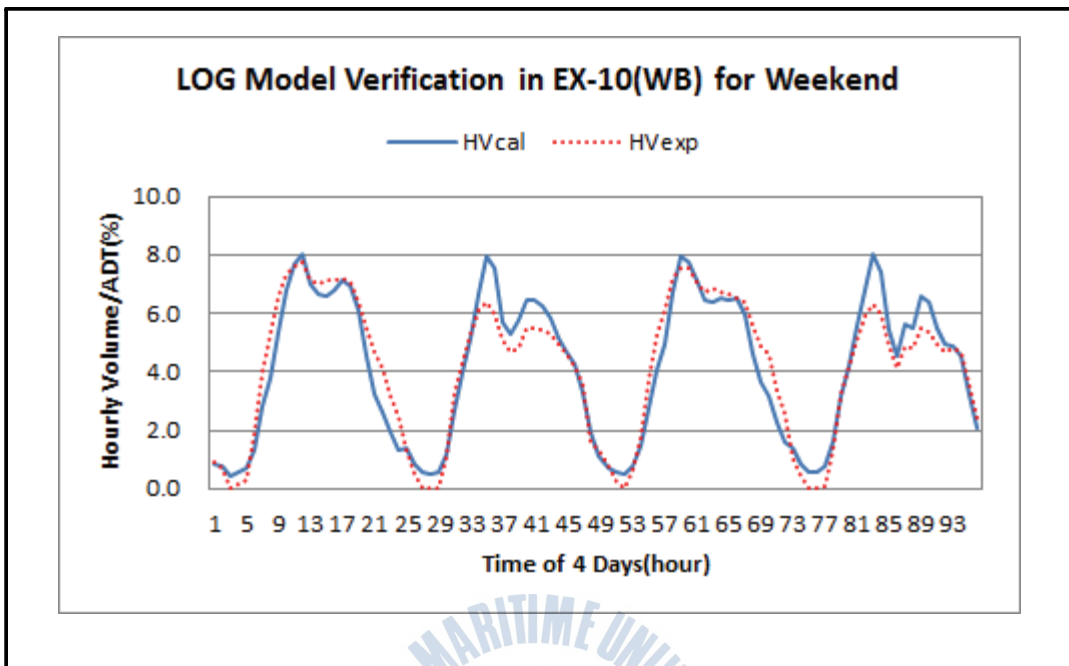


Figure 5.70 Verification of LOG K -factor Model in EX-10(WB) for weekend

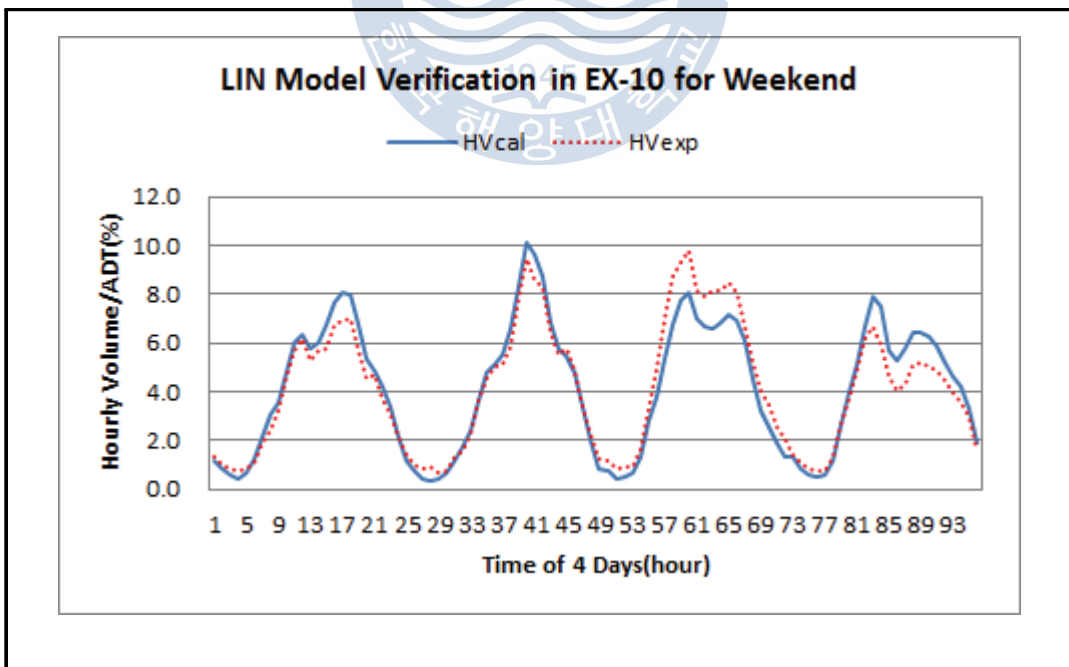


Figure 5.71 Verification of LIN K -factor Model in EX-10 for weekend

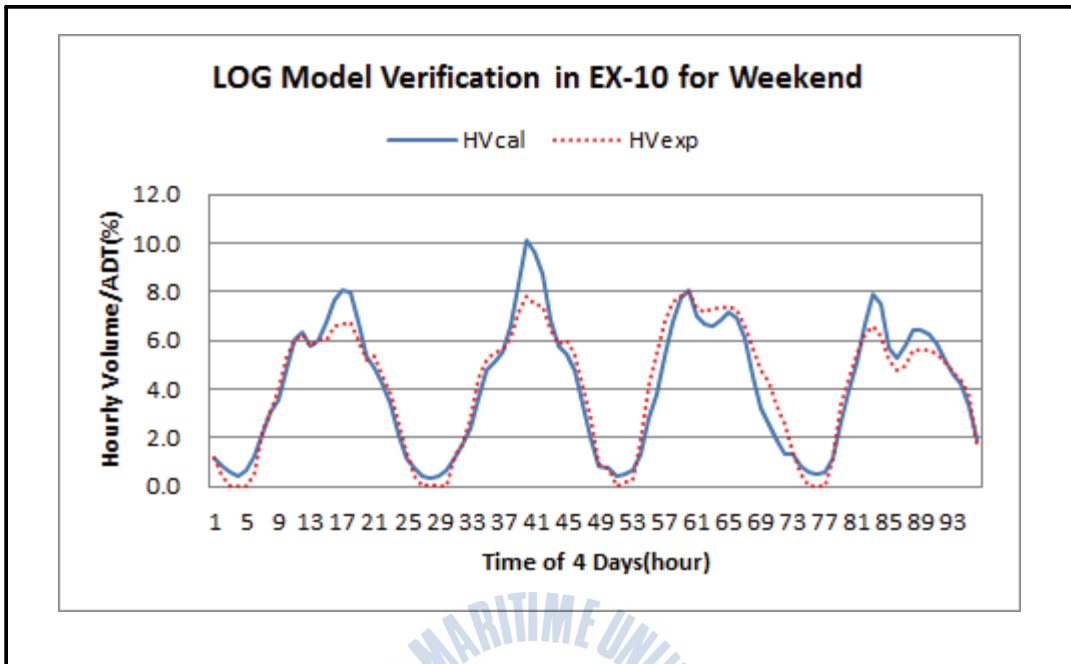


Figure 5.72 Verification of LOG K -factor Model in EX-10 for weekend

결과적으로 주중과 주말을 구분하지 않을 경우 고속도로의 방향에 관계없이 연구대상 고속도로에서 점유율(O_2)과 시간교통량비율(K -factor)사이에는 선형 모형(LIN)에서 높은 설명력과 유의성을 보였으나 대수모형(LOG)에서는 경부고속도로(EX-1)의 북쪽방향(NB)에서 유의성이 부족한 것으로 나타났지만, 주중과 주말을 구분할 경우 고속도로의 방향에 관계없이 고속도로의 점유율(O_2)과 시간교통량비율(K -factor)사이에 선형모형(LIN)이나 대수모형(LOG)에서 설명력과 유효성이 있는 것으로 예측됨으로써 주중과 주말에 관계없이 고속도로의 점유율(O_2)을 이용하여 시간교통량비율(K -factor)을 추정하기 위한 최적모형으로는 선형모형(LIN)이 가장 부합한다고 생각하였다.

6. 결론 및 향후 연구과제

연구대상 고속도로의 8차로 기본구간에 대한 자료 수집 및 분석결과를 바탕으로 점유율(O)과 시간교통량비율(K -factor)사이의 상관특성을 전제로 회귀모형을 구축하고 또한 검증을 실시한 결과 아래와 같은 결론에 도달할 수 있었다.

i) 연구대상 고속도로는 방향별로 서로 다른 첨두 특성을 보였고 요일별 시간별 차로별 통행특성에서 뚜렷한 차이를 보였기 때문에 고속도로의 효율성 증대를 위해 고속도로의 방향별 요일별 시간대별 차로별 통행특성에 기초한 고속도로교통관리시스템(expressway traffic management system, ETMS)을 구축할 필요가 있다고 생각하였다.

ii) 점유율(O)은 단위시간당 차량 통행시간의 상대비율(%)로서 관측되지만 시간교통량비율(K -factor)은 일평균교통량(ADT)에 대한 시간별 교통량의 비율(%)로서 산정되는데, 시간별 통행특성에 필요한 시간교통량비율(K -factor)을 예측하기 위해 차로별 점유율(O_i)과 시간교통량비율(K -factor)사이의 높은 상관특성을 토대로 2차로의 점유율(O_2)을 사용할 필요가 있다고 생각하였다.

iii) 고속도로의 2차로 점유율(O_2)과 시간교통량비율(K -factor)사이의 상관관계를 이용하여 주중과 주말을 구분할 경우에는 고속도로의 시간교통량비율(K -factor)을 예측하기 위한 모형으로 선형모형(LIN)이나 대수모형(LOG)이 고속도로의 시간교통량비율(K -factor)예측에 높은 결정력(R^2)과 유의성(P-value)을 보였다.

iv) 그러나 고속도로의 2차로 점유율(O_2)과 시간교통량비율($K-factor$)사이의 상관관계를 이용하여 주중과 주말을 구분하지 않을 경우에는 고속도로의 시간교통량비율($K-factor$)을 예측하기 위한 모형으로 선형모형(LIN)이 고속도로의 시간교통량비율($K-factor$)예측에 높은 결정력(R^2)과 유의성(P-value)을 보였다.

따라서 이번 연구에서 구축 검증된 경부고속도로(EX-1)와 남해고속도로(EX-10)의 시간교통량비율($K-factor$)예측모형은 유사한 교통특성을 가지는 고속도로의 시간교통량비율($K-factor$)예측을 위한 척도로 사용할 수 있을 것으로 생각하며, 향후 다양한 교통특성을 고려한 고속도로에 대해 추가적인 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 생각하였다.



참고문헌

- 국토해양부(2013), 도로용량편람, pp. 19-20.
- 국토해양부(2005), 도로설계기준, pp. 378-379.
- 국토해양부(2009), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, pp. 505-506.
- 김태곤, 문병근, 조인국, 정유나(2009), 점유율 특성을 이용한 도시고속도로의 서비스수준(LOS) 평가에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, Vol. 29, No.3D, pp.335-345.
- 백승걸, 김범진, 이정희, 손영태(2007), 차량검지기자료를 이용한 고속도로 설계시간계수 산정 연구, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제25권 제6호, pp. 79-88.
- 오주삼, 임성만(2007), 일반국도 30번째 설계시간계수의 시계열적인 특성 분석에 관한 연구, 한국도로학회논문집, 한국도로학회, 제9권 제4호, pp. 1-9.
- 이의은, 천호영(1999), 고속도로의 밀도와 점유율 관계 분석, Journal of the Research Institute of Industrial Technology, Vol. 18, Myongii University.
- 조인국(2012), 고속도로의 점유율과 밀도 상관특성에 의한 밀도예측모형 구축에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원.
- 신광식(2013), 고속도로의 설계시간계수(K) 추정모형구축에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원.
- AASHTO(2001), A Policy On Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 20001.
- Garber, N. J. and Hoel, L. A.(1988), Traffic & Highway Engineering, WEST PUBLISHING COMPANY, St. Paul, MN 55164-1003.

- Hall, F. L.(1986), Roadway Occupancy As A Criterion For Freeway Management, Annual Conference Proceedings, Transportation Association of Canada, Vol. 2, pp. D103~123.
- Holyoak, N. and Chang, Y. M.(2006), Modelling Trip Timing Behaviour and the Influence of Peak Spreading, 29th ATRF–Gold Coast, Queensland, Australia.
- Kim, Y. H. and Hall, F. L.(2004), Relationships Between Occupancy and Density Reflecting Average Vehicle Lengths, Journal of the Transportation Research Board, TRB of the national Academies, Vol. 1883, pp. 85~93.
- Lapin, L. L.(1983), Probability And Statistics For Modern Engineering, PWS Publishers, Boston, Massachusetts 02116.
- May, A. D.(1990), Traffic Flow Fundamentals, Prentice–Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- TRB(1975), Traffic Flow Theory, Special Report 165, *Transportation Research Board*, Washington, D.C. 20001.
- TRB(1997), Traffic Flow Theory, Revised Edition, Special Report 165, *Transportation Research Board*, Washington, D.C. 20001.
- TRB(2000), Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, D.C. 20001.
- Wright, P. H. and Paquette, R. J.(1987), Highway Engineering, 5th ed., Georgia Institute of Technology, John Wiley & Sons, Inc.

감사의 글

철없던 20살 06학번으로 입학한지 9년이 지난 지금 대학원 석사과정을 마칠 수 있도록 도움을 주신 많은 분들께 감사의 뜻을 전하려 합니다.

우선, 많이 부족한 제가 석사과정을 마칠 수 있도록 많은 격려와 지도로 이끌어 주신 김 태곤 교수님께 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 제 논문을 완성할 수 있도록 조언과 심사를 맡아 주신 이 중우 교수님, 이 재하 교수님, 그리고 김 도삼 교수님, 경 갑수 교수님, 김 태형 교수님께도 감사의 말씀을 전하고 싶습니다.

항상 많은 격려와 질책으로 제가 바른길로 갈 수 있도록 인도해 주신 허인석 선배님, 김승길 선배님, 이은진 선배님, 권인영 선배님, 차진풍 선배님, 권미현 선배님, 정연우 선배님, 임진호 선배님, 류기홍 선배님 그리고 많은 연구실 선배님들께 감사의 말씀을 드립니다.

그리고 어릴적 부터 지금까지 만난 여러 선배님들과, 동기, 후배들과 중·고등학교 친구들에게도 감사의 말씀을 전합니다.

마지막으로 항상 묵묵히 지켜봐주시고 기다려 주시느라 고생하신 가족들에게도 감사하고 사랑한다고 전하고 싶습니다.

이제 새롭게 사회에 나가 초심으로 또 다른 시작을 하려 합니다. 결코 자만하지 않으며 항상 감사하는 마음으로 행복하게 살도록 하겠습니다. 감사합니다.