

# 부산항과 연계된 고속도로의 차로별 점유율과 밀도의 상관분석에 관한 연구

† 김태곤 · 허인석\* · 박배성\*\*

† 한국해양대학교 건설공학과 교수, \* 한국해양대학교 토목·환경공학과 박사과정, \*\* 한국해양대학교 토목·환경공학과 석사과정

## Correlation Analysis Between Lane Occupancy and Density in Expressways Connected with the Busan Port

† Tae-Gon Kim · In-Seok Heo\* · Bae-Seong Park\*\*

† Civil Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Republic of Korea

\*Civil and Environmental Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Republic of Korea

\*\*Civil and Environmental Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Republic of Korea

**요 약 :** 일반적으로 고속도로는 대용량의 교통량을 높은 수준의 안전성과 효율성을 가지고 고속으로 이동시키기 위해 건설되었다. 국내 경부고속도로와 남해고속도로는 부산항을 기·종점으로 하는 핵심고속도로로 컨테이너차량을 포함한 수출입화물트럭의 집중으로 교통문제가 종종 발생하고 있어서 교통문제 완화를 위해서는 교통특성연구의 필요성이 제기되고 있는 상황이다. 그리하여 본 연구에서는 경부고속도로와 남해고속도로의 8차로 기본구간을 대상으로 차로별 점유율과 평균밀도의 상관관계를 통해 고속도로의 밀도추정모형을 제시하고자 하였다.

**핵심용어 :** 고속도로, 교통특성, 차로별 점유율, 밀도, 상관분석, 회귀모형

**Abstract :** Expressways are built to provide for high levels of safety and efficiency in the movement of large traffic volumes at high speeds. However, Gyeongbu and Namhae expressways in the country which are often suffering from the transportation problems with increased import and export cargo trucks including the container vehicles are the major expressways having the Busan Port as the origin and destination regions, and are required to study the expressway traffic characteristics for reducing the transportation problems. We therefore attempted to suggest the expressway density predictive model through the correlation analysis between lane occupancy and mean density at the 8-lane basic segments of the above major expressways in the country.

**Key words :** expressway, traffic characteristics, lane occupancy, density, correlation analysis, regression model

### 1. 서 론

에 대한 통행특성연구를 통해 소통체계개선방안을 모색할 필요성이 날로 증가하고 있다.

#### 1.1 연구 배경

일반적으로 고속도로(Expressway)란 지역 간 핵심 간선도로로서 특정기간이나 시간대를 제외하고는 거의 자유흐름속도(free flow speed)를 유지하는 고속화도로라 할 수 있다. 그러나 국내 경부고속도로와 남해고속도로는 부산항을 기·종점으로 건설되어 있어서 컨테이너차량을 포함한 수출입화물트럭의 집중으로 교통문제가 종종 발생하고 있는 상황이다.

이러한 경부고속도로와 남해고속도로의 교통문제를 해결하기 위해서는 부족한 시설들을 계속 확충해야겠지만, 새로운 시설확충에는 오랜 기간과 막대한 재원이 소요되고 시설확충을 위한 투자재원에도 한계가 있기 때문에 정부의 재정여건이 허용되는 범위 내에서 시설확충과 더불어 기존 시설

#### 1.2 연구 목적

고속도로의 교통문제는 대체적으로 연결로 접속구간과 엇갈림구간에서 발생하고 있다. 그런데 경부고속도로와 남해고속도로는 부산항을 기·종점으로 하는 핵심 교통축으로서 자가용차량을 포함하여 30%이상의 중대형화물트럭이 집중하면서 차량상충이 극심한 고속도로이다. 따라서 본 연구에서는 차종별 차로지정이 되어있고 중대형차량의 혼재율이 높은 경부고속도로와 남해고속도로의 8차로 기본구간을 대상으로 서비스수준(level of service, LOS)의 지표가 되는 밀도(density)와 차로별 점유율(occupancy)사이의 상관관계를 연구하기 위해 교통특성자료(교통량, 속도, 점유율, 밀도 등)를 수집 분석하였고, 다음으로 차로별 점유율과 밀도사이의 상

† 교신저자 : 종신회원, tgk@hhu.ac.kr 051)410-4462

\* 정희원, heoindol@nate.com 051)410-4462

\*\* 정희원, tkdgm1408@naver.com, 051)410-4462

관특성에 기초한 선형 및 곡선형태의 회귀모형을 구축 검증 하였으며, 마지막으로 고속도로의 차로별 점유율을 통해 평균밀도를 예측할 수 있는 토대를 마련하고자 하였다.

1.3 문헌 연구

본 연구와 관련하여 미국의 May(1990)는 ‘차량의 점유율은 밀도를 대신하여 사용할 수 있고 차량이 검지기를 점유하고 있는 시간의 비율로서 결정되는 매우 중요한 교통특성변수이다.’라고 언급하고 있고, Kim and Hall(2004)은 ‘차량의 평균길이를 반영한 점유율과 밀도사이에는 선형성을 보이는 것으로 나타났고, 선형관계는 차량의 길이변화에 영향을 받는 것으로 나타났으며, 대형트럭의 비율이 점유율과-밀도의 선형관계에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다.’고 언급하고 있으며, 국내의 Lee and Chun(1999)은 ‘고속도로의 기본구간에서 밀도와 점유율의 상호관계는 교통류 와해구간 이진인 비 정체영역에서 상당히 높은 선형관계가 성립한다.’라고 언급함으로써 점유율이 고속도로의 특성분석에서 중요한 변수가 되고, 특히 비 정체영역에서 점유율과 밀도사이에는 높은 선형관계가 성립된다는 기존의 연구결과를 확인할 수 있었다.

2. 자료 분석

2.1 자료 수집

본 연구를 위해 한국도로공사로부터 국내 경부고속도로(Ex-1)와 남해고속도로(Ex-1)의 8차로 기본구간 40여개 지점(km point)에 대해 2주(2013년 6월 20일~7월 3일까지)동안 15분 단위의 vehicle detection system(VDS)자료를 수집하여 데이터베이스를 구축하였다. 특히, 경부고속도로와 남해고속도로는 부산항을 연계한 수출입물동량의 집중으로 중대형차량의 혼재비율이 높은 고속도로로서 1차로는 추월차로이고 2차로는 소형차량의 주행차로이며 3, 4차로는 중대형차량의 주행차로로 지정되어 있다(참조 Table 1과 Fig. 1).

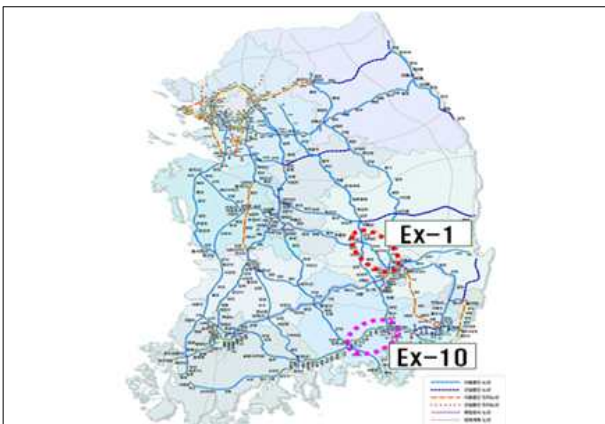


Fig. 1 Expressways under the study

Table 1 Characteristics of basic expressway segments

-	Ex-1	Ex-10
No. of lanes	8	8
Width of lane(m)	3.5	3.5
Speed limit(km/h)	100	100
Length of basic segment(km)	20	20
Percentage of medium vehicles(%)	27.6	29.7
Percentage of large vehicles(%)	4.9	6.6

2.2 자료 분석

연구대상 고속도로의 교통특성자료는 1시간단위로 전환하여 분석에 사용하였다.

2.2.1 교통량

교통량(flow)이란 단위시간당 차로별 차량대수(veh/h/1)로 다음 식(1)과 같은 계산과정을 통해 분석에 사용하였다 (TRB, 1975).

$$q = \frac{n}{t} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{q_i}} \quad (1)$$

여기서,

- $q$  : flow rate for 1hour(veh/h/1)
- $n$  : no. of vehicles observed for unit time (veh)
- $t$  : unit time(1hour)
- $h_i$  : headway time of individual vehicle  $i$  (sec)
- $q_i$  : individual vehicle  $i$ (veh)

결과적으로 Table 2와 Fig. 2에서 보는 바와 같이 경부고속도로와 남해고속도로에서는 방향별로 서로 다른 침투 통행 특성을 보였고, 특히 차로별 교통량 분석에서 각각 1차로와 2차로에서 통행량이 가장 높게 나타났으며 대형차량 주행차로인 4차로에서 통행량이 가장 낮게 나타났다.

Table 2 Flow analysis in Ex-1 and Ex-10(veh/h/1)

		Ex-1				Ex-10				
	Lane	L1	L2	L3	L4	Lane	L1	L2	L3	L4
NB	Max	1,409	1,201	790	450	Max	708	809	601	393
	Min	45	119	126	137	Min	9	46	52	46
	Avg	752	743	533	340	Avg	306	432	326	235
	AMP	1,409	1,201	790	450	AMP	-	-	-	-
	PMP	-	-	-	-	PMP	708	809	601	393
SB	Max	1,617	1,375	967	628	Max	669	810	575	364
	Min	63	140	159	151	Min	13	57	56	47
	Avg	727	729	534	386	Avg	310	443	325	220
	AMP	-	-	-	-	AMP	669	810	575	364
	PMP	1,617	1,375	967	628	PMP	-	-	-	-

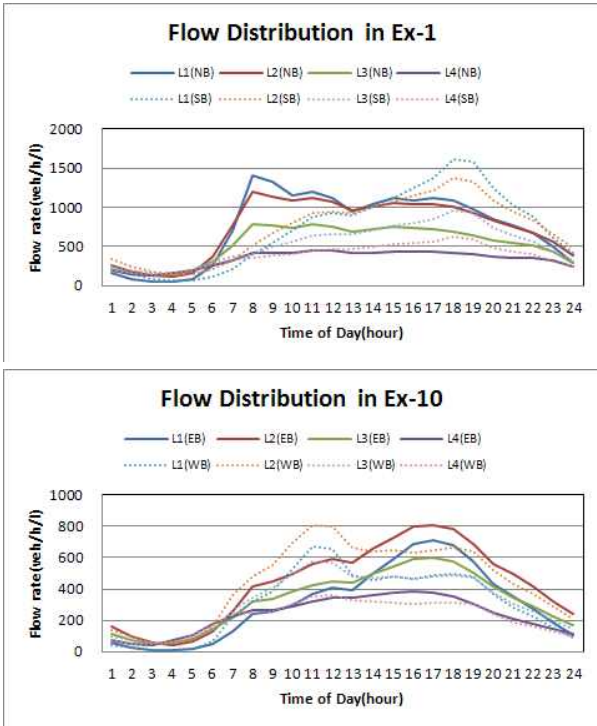


Fig. 2 Flow distribution in Ex-1 and Ex-10

2.2.2 속도

속도(speed)란 단위시간당 차량의 주행거리(km/h)로 다음 식(2)와 같은 계산과정을 통해 분석에 사용하였다(May, 1990; Garber and Hoel, 1988).

$$u_s = \frac{3.6 \times d}{\bar{t}} = \frac{3.6 \times d}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{d}{u_i}\right)} \quad (2)$$

여기서,

- $u_s$  : space mean speed(km/h)
- $d$  : distance of a particular interval(m)
- $\bar{t}$  : average travel time(sec)
- $u_i$  : spot speed for each vehicle  $i$ (km/h)
- $n$  : number of vehicles observed(veh)

결과적으로 Table 3와 Fig. 3에서 보는 바와 같이 경부고속도로가 남해고속도로보다 방향별 통행속도에서 다소 낮게 나타났고, 특히 차로별 속도에서는 경부고속도로와 남해고속도로 모두 1차로의 속도가 가장 높게 나타났고 대형차량의 주행차로인 4차로의 속도가 가장 낮게 나타났다.

Table 3 Speed analysis in Ex-1 and Ex-10(km/h)

		Ex-1				Ex-10					
	Lane	L1	L2	L3	L4	Lane	L1	L2	L3	L4	
NB	Max	124	107	95	84	EB	Max	131	114	106	93
	Min	110	98	87	75		Min	123	108	90	79
	Avg	115	102	95	80		Avg	126	111	100	86
	AMP	110	100	94	84		AMP	-	-	-	-
	PMP	-	-	-	-		PMP	124	111	104	90
SB	Max	125	106	94	84	WB	Max	127	112	103	88
	Min	108	97	83	73		Min	117	105	90	77
	Avg	116	102	91	79		Avg	120	108	98	84
	AMP	-	-	-	-		AMP	118	107	100	86
	PMP	108	99	92	83		PMP	-	-	-	-

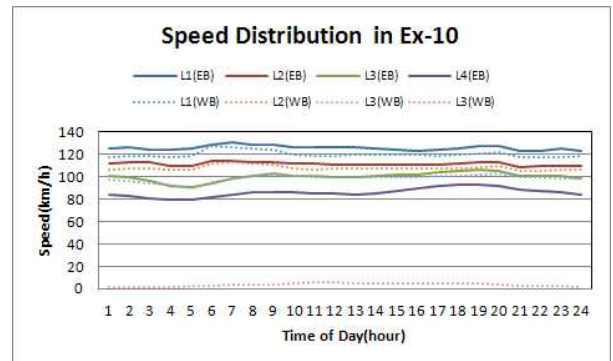
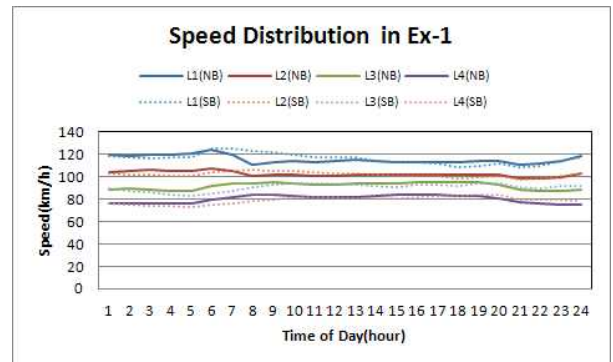


Fig. 3. Speed distribution in Ex-1 and Ex-10

2.2.4 점유율

점유율(occupancy)이란 단위시간당 차량의 점유시간비율(%)로 다음 식(3)과 같은 계산과정을 통해 분석에 사용하였다(May, 1990).

$$O = \frac{\sum_{i=1}^n (t_o)_i}{t} \quad (3)$$

여기서,

- $O$  : occupancy(%)
- $(t_o)_i$  : time of detector occupied by  $i$ -th vehicle(sec)
- $t$  : unit time(1hour)

결과적으로 Table 4와 Fig. 4에서 보는 바와 같이 경부고속도로가 남해고속도로에 비해 점유율이 높게 나타났고, 특히 경부고속도로와 남해고속도로에서는 각각 1차로와 2차로의 점유율이 가장 높게 나타났으며, 대형차량 주행차로인 4차로의 점유율은 가장 낮게 나타났다.

Table 4 Occupancy analysis in Ex-1 and Ex-10(%)

Ex-1					Ex-10						
Lane	L1	L2	L3	L4	Lane	L1	L2	L3	L4		
NB	Max	8.4	7.6	6.1	5.1	EB	Max	4.8	5.7	5.5	5.9
	Min	1.0	1.2	1.9	2.6		Min	0.7	1.0	1.5	2.0
	Avg	4.0	4.4	4.5	4.2		Avg	2.3	3.2	3.5	4.0
	AMP	8.4	7.6	6.1	4.8		AMP	-	-	-	-
	PMP	-	-	-	-		PMP	4.7	5.6	5.3	5.3
SB	Max	8.6	8.1	7.1	6.1	WB	Max	4.5	5.9	5.6	5.5
	Min	1.0	1.4	2.1	2.6		Min	0.7	1.0	1.6	2.5
	Avg	3.8	4.2	4.5	4.4		Avg	2.4	3.4	3.5	4.0
	AMP	-	-	-	-		AMP	4.0	5.9	5.6	5.5
	PMP	8.6	8.1	7.1	6.1		PMP	-	-	-	-

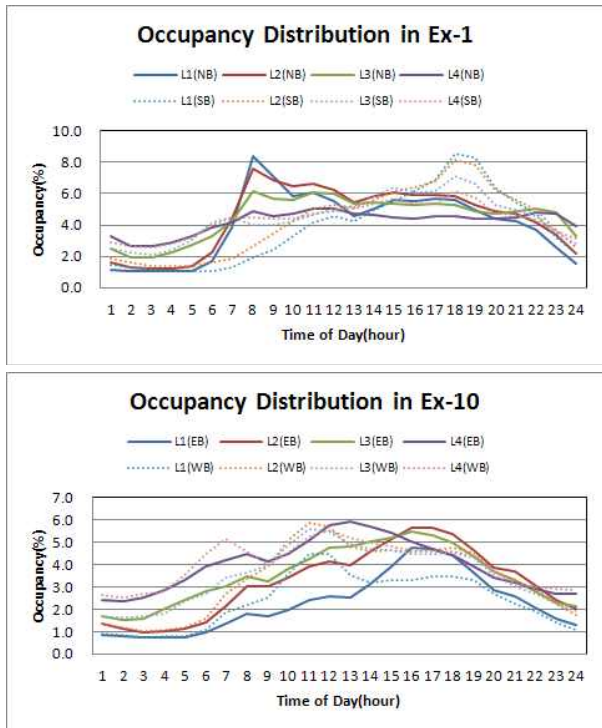


Fig. 4 Occupancy distribution in Ex-1 and Ex-10

2.2.4 밀도 분석

밀도(density)란 단위구간 내 통행하는 차량대수(veh/km)로 다음 식(4)와 같은 계산과정을 통해 분석에 사용하였다 (TRB, 1975).

$$k = \frac{3,600 \times n}{u_s \times \sum_{i=1}^n (\Delta t)_i} \quad (4)$$

여기서,

- $\Delta t$  : time interval(sec)
- $h$  : headway time of vehicle(sec)
- $u_s$  : space mean speed(km/h)
- $k$  : density(veh/km)

결과적으로 Table 5와 Fig. 5에서 보는 바와 같이 경부고속도로가 남해고속도로에 비해 밀도가 높게 나타났고, 특히 경부고속도로와 남해고속도로에서는 각각 1차로와 2차로의 밀도가 가장 높게 나타났으며 대형차량 주행차로인 4차로의 밀도는 가장 낮게 나타났다.

Table 5 Density analysis in Ex-1 and Ex-10(veh/km)

Ex-1					Ex-10						
Lane	L1	L2	L3	L4	Lane	L1	L2	L3	L4		
NB	Max	12.8	12.0	8.4	5.5	EB	Max	5.7	7.3	5.8	4.3
	Min	0.6	1.1	1.4	1.8		Min	0.1	0.4	0.5	0.6
	Avg	6.6	7.3	5.8	4.2		Avg	2.4	3.9	3.2	2.7
	AMP	12.8	12.0	8.4	5.1		AMP	-	-	-	-
	PMP	-	-	-	-		PMP	5.7	7.3	5.8	4.3
SB	Max	15.0	14.0	10.5	7.6	WB	Max	5.7	7.6	5.8	4.2
	Min	0.5	1.4	1.8	2.0		Min	0.1	0.5	0.6	0.6
	Avg	6.4	7.2	5.8	4.8		Avg	2.6	4.1	3.3	2.6
	AMP	-	-	-	-		AMP	5.7	7.6	5.8	4.2
	PMP	15.0	14.0	10.5	7.6		PMP	-	-	-	-

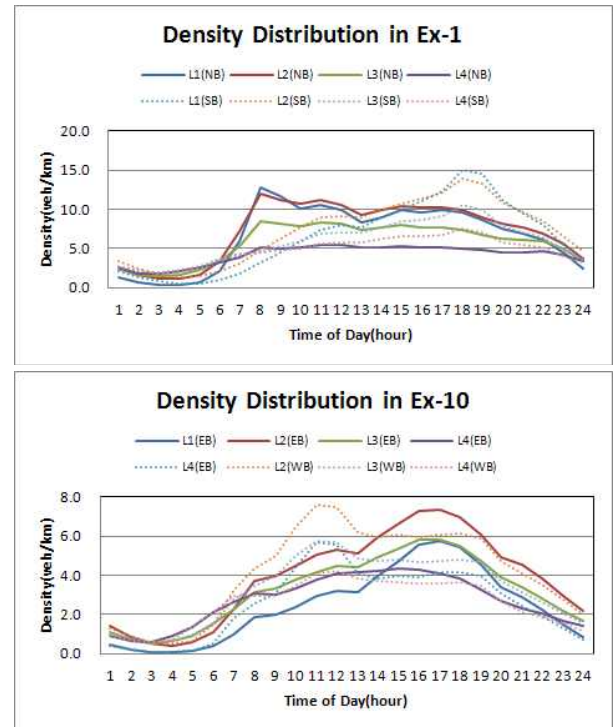


Fig. 5 Density distribution in Ex-1 and Ex-10

이상의 자료 분석결과로부터 연구대상 고속도로의 각 차로별 통행특성에서 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었고, 차로별 이동성 및 접근성 향상을 위해서는 방향별 침투 특성과 차로별 통행특성을 고려한 고속도로 통행특성연구가 필요하다고 생각되었다.

### 3. 모형 구축 및 검증

고속도로 기본구간에서 수집된 VDS자료를 대상으로 방향별 차로별 점유율과 평균밀도사이의 상관특성을 검토하고, 검토된 VDS자료의 약 3분의 2와 함께 각 차로별 점유율과 평균밀도사이에 적정의 모형관계를 검토하며, 모형의 유효성과 타당성 평가를 위해 나머지 VDS자료로 상관관계분석(correlation analysis)과 대응표본 t-Test 등을 수행하였다.

#### 3.1 모형 구축

모형구축에서 독립변수로 차로별 점유율과 종속변수로 평균밀도를 사용하여 검토한 곡선형태의 11개 회귀모형들 중에서 각 차로별 모형의 결정계수를 중심으로 모형을 선정한 결과, 다음 식(5)~(6)과 같이 추월차로에서는 로그모형과 나머지 주행차로에서는 선형모형이 최적모형으로 제시될 수 있었다.

$$\text{LOG} : K = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(O_i) \quad (5)$$

$$\text{LIN} : K = \beta_0 + \beta_1 \times O_i \quad (6)$$

여기서,

- $K$  : density(veh/km)
- $O_i$  : occupancy(%) ( $i=1, 2, 3, 4$ )
- $\beta_j$  : regression coefficients( $j=0, 1$ )

결과적으로 Table 6과 Table 7에서 보는 바와 같이 경부 고속도로상의 방향별 결정계수( $R^2$ )는 각각 0.433~0.934과 0.556~0.917로 나타났고 남해고속도로에서는 방향별 결정계수( $R^2$ )가 각각 0.468~0.918과 0.450~0.939로 나타났다. 특히, Table 2와 Fig. 6에서 보는 바와 같이 1차로에서는 로그모형의 결정계수( $R^2$ )가 각각 0.923과 0.925로 높게 나타났고, 2차로에서는 선형모형의 결정계수( $R^2$ )가 각각 0.954와 0.966으로 가장 높게 나타났으며, 나머지 중대형차량 주행차로인 3, 4차로에서는 선형모형의 결정계수( $R^2$ )가 각각 0.832, 0.497과 0.926, 0.458로 낮게 나타남으로써 2차로의 점유율을 이용한 선형모형의 높은 설명력을 확인할 수 있었다.

Table 6 Directional density models in Ex-1

Direction		Model		
Ex-1 (NB)	L1	LOG	$K = 1.988 + 4.43 \times \ln(O_1)$	
		$R^2$	0.934	F-sig. 0.000
	L2	LIN	$K = 0.145 + 1.548 \times O_2$	
		$R^2$	0.959	F-sig. 0.000
	L3	LIN	$K = -1.361 + 1.85 \times O_3$	
		$R^2$	0.824	F-sig. 0.000
	L4	LIN	$K = -0.237 + 1.743 \times O_4$	
		$R^2$	0.433	F-sig. 0.000
Ex-1 (SB)	L1	LOG	$K = 2.059 + 4.616 \times \ln(O_1)$	
		$R^2$	0.917	F-sig. 0.000
	L2	LIN	$K = 0.553 + 1.529 \times O_2$	
		$R^2$	0.958	F-sig. 0.000
	L3	LIN	$K = -1.135 + 1.822 \times O_3$	
		$R^2$	0.840	F-sig. 0.000
	L4	LIN	$K = -0.467 + 1.726 \times O_4$	
		$R^2$	0.556	F-sig. 0.000

Table 7 Directional density models in Ex-10

Direction		Model		
Ex-10 (EB)	L1	LOG	$K = 1.99 + 3.24 \times \ln(O_1)$	
		$R^2$	0.918	F-sig. 0.000
	L2	LIN	$K = -0.374 + 1.285 \times O_2$	
		$R^2$	0.964	F-sig. 0.000
	L3	LIN	$K = -1.459 + 1.477 \times O_3$	
		$R^2$	0.918	F-sig. 0.000
	L4	LIN	$K = -0.548 + 1.055 \times O_4$	
		$R^2$	0.468	F-sig. 0.000
Ex-10 (WB)	L1	LOG	$K = 1.699 + 3.321 \times \ln(O_1)$	
		$R^2$	0.939	F-sig. 0.000
	L2	LIN	$K = -0.392 + 1.256 \times O_2$	
		$R^2$	0.970	F-sig. 0.000
	L3	LIN	$K = -1.591 + 1.524 \times O_3$	
		$R^2$	0.934	F-sig. 0.000
	L4	LIN	$K = -0.719 + 1.127 \times O_4$	
		$R^2$	0.450	F-sig. 0.000

Table 8 Density models in Ex-1 and Ex-10

Direction		Model		
Ex-1	L1	LOG	$K = 2.026 + 4.516 \times \ln(O_1)$	
		$R^2$	0.923	F-sig. 0.000
	L2	LIN	$K = 0.368 + 1.534 \times O_2$	
		$R^2$	0.954	F-sig. 0.000
	L3	LIN	$K = -1.24 + 1.834 \times O_3$	
		$R^2$	0.832	F-sig. 0.000
	L4	LIN	$K = -0.32 + 1.727 \times O_4$	
		$R^2$	0.497	F-sig. 0.000
Ex-10	L1	LOG	$K = 1.855 + 3.265 \times \ln(O_1)$	
		$R^2$	0.925	F-sig. 0.000
	L2	LIN	$K = -0.378 + 1.269 \times O_2$	
		$R^2$	0.966	F-sig. 0.000
	L3	LIN	$K = -1.523 + 1.500 \times O_3$	
		$R^2$	0.926	F-sig. 0.000
	L4	LIN	$K = -0.620 + 1.088 \times O_4$	
		$R^2$	0.458	F-sig. 0.000

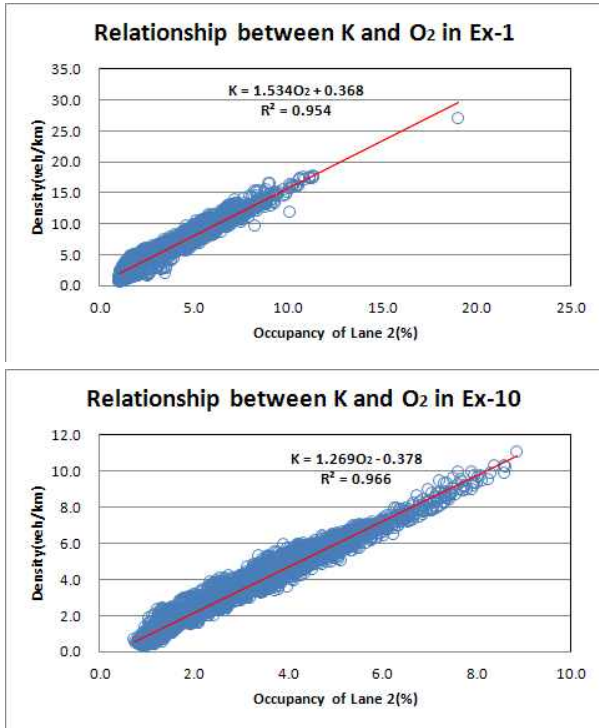


Fig. 6 Density models in Ex-1 and Ex-10

3.2 모형 검증

로그모형과 선형모형의 유효성을 검증하기 위해 관측된 교통특성자료 중에서 모형구축에 사용되지 않은 나머지 교통 특성자료를 중심으로 검증을 실시하였으며, 모형검증을 위해 예측밀도( $K_{exp}$ )와 산정밀도( $K_{cal}$ ) 사이에 다음 식(7)~(11)과 같이 상관관계분석 및 대응표본 t-Test 분석을 실시하였다.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n [(K_{cal})_i \times (K_{exp})_i] - [\sum_{i=1}^n (K_{cal})_i] \times [\sum_{i=1}^n (K_{exp})_i]}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n [(K_{cal})_i]^2 - [\sum_{i=1}^n (K_{cal})_i]^2} \times \sqrt{n \sum_{i=1}^n [(K_{exp})_i]^2 - [\sum_{i=1}^n (K_{exp})_i]^2}} \quad (7)$$

여기서,

- $r$  : correlation coefficients
- $(K_{cal})_i$  :  $i$ -th density calculated(veh/km)
- $(K_{exp})_i$  :  $i$ -th density expected(veh/km)
- $n$  : number of paired samples

또한,

$$t = \frac{\bar{D}}{\frac{s_D}{\sqrt{n}}} \quad (8)$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (9)$$

$$D_i = (K_{cal})_i - (K_{exp})_i \quad (10)$$

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1}} \quad (11)$$

여기서,

- $t$  :  $t$  statistic of matched pairs samples
- $s_D$  : standard deviation of difference in  $K_{cal}$  and  $K_{exp}$  (veh/km)
- $\bar{D}$  : mean of difference in  $K_{cal}$  and  $K_{exp}$  (veh/km)
- $D_i$  : difference in  $K_{cal}$  and  $K_{exp}$  (veh/km)

결과적으로 Table 9와 Table 10에서 보는 바와 같이 경부 고속도로에서는 상관계수( $r$ )가 각각 0.683~0.988과 0.773~0.990으로 나타났고, 남해고속도로에서는 상관계수( $r$ )가 각각 0.650~0.983과 0.706~0.985으로 나타났으며 2차로는 방향에 관계없이 수락영역에 포함되는 것으로 나타났다. 특히, Table 11과 Fig. 7에서 보는 바와 같이 경부고속도로와 남해 고속도로의 1, 2, 3차로에서 상관계수( $r$ )는 0.9이상이었으나 대형차량 주행차로인 4차로에서는 각각 0.683과 0.737로 낮게 나타났고, 95% 신뢰수준의 양측 유의확률(P-value)은 남해 고속도로의 2차로에서 0.655로 수락영역에 포함되었고 경부 고속도로의 2차로에서는 0.557과 더불어 중대형차량 주행차로인 3, 4차로에서도 각각 0.228, 0.058로 수락영역에 포함됨으로써 고속도로에 관계없이 2차로의 점유율을 이용한 밀도 추정모형이 신뢰성이 높다는 사실을 확인할 수 있었다.

Table 9 Directional t-Test results in Ex-1

Expressway		Correlation coefficient(r)	t-value	p-value	Result
Ex-1 (NB)	L1	0.972	2.939	0.003	Reject
	L2	0.988	-1.451	0.147	Accept
	L3	0.916	4.511	0.000	Reject
	L4	0.683	1.393	0.164	Accept
Ex-1 (SB)	L1	0.969	0.596	0.552	Accept
	L2	0.990	1.393	0.165	Accept
	L3	0.939	0.503	0.615	Accept
	L4	0.773	2.579	0.010	Reject

Table 10 Directional t-Test results in Ex-10

Expressway		Correlation coefficient(r)	t-value	p-value	Result
Ex-10 (EB)	L1	0.964	-11.574	0.000	Reject
	L2	0.983	0.376	0.707	Accept
	L3	0.952	-1.547	0.122	Accept
	L4	0.650	0.233	0.815	Accept
Ex-10 (WB)	L1	0.963	3.970	0.000	Reject
	L2	0.985	0.085	0.932	Accept
	L3	0.973	-0.298	0.766	Accept
	L4	0.706	-1.801	0.072	Accept

Table 11 t-Test results in Ex-1 and Ex-10

Expressway		Correlation coefficient(r)	t-value	p-value	Result
Ex-1	L1	0.971	7.146	0.000	Reject
	L2	0.987	0.588	0.557	Accept
	L3	0.930	1.206	0.228	Accept
	L4	0.737	1.900	0.058	Accept
Ex-10	L1	0.964	-2.071	0.039	Reject
	L2	0.982	0.447	0.655	Accept
	L3	0.963	-2.524	0.012	Reject
	L4	0.683	-3.075	0.002	Reject

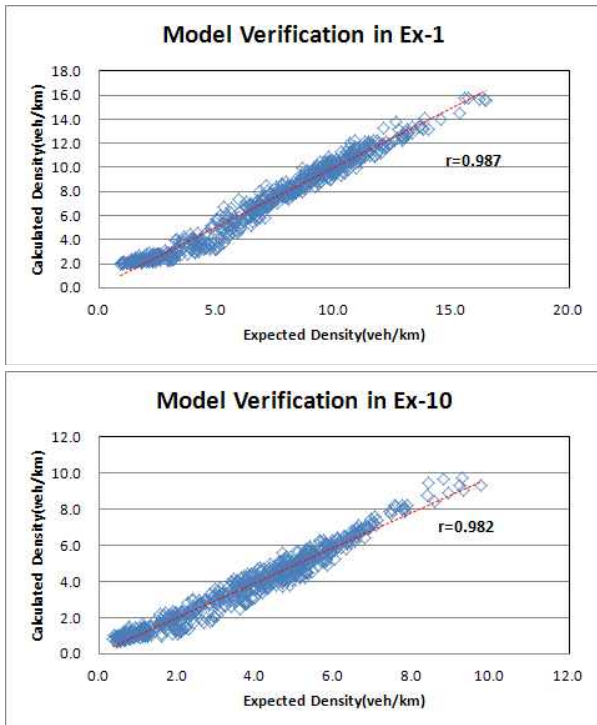


Fig. 7 Model verification in Ex-1 and Ex-10

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

부산항을 기·종점으로 중대형차량의 혼재율이 높은 경부고속도로와 남해고속도로의 8차로 기본구간에 대한 방향별 차로별 교통특성자료의 분석, 차로별 점유율과 평균밀도사이의 모형구축 및 검증은 통해 다음과 같은 결론에 도달할 수 있었다.

i) 경부고속도로와 남해고속도로는 방향별로 서로 다른 침투특성을 보였고 차로별 통행특성에서 뚜렷한 차이를 보였기 때문에 중대형차량의 혼재로 인한 고속도로의 이동성과 안전성 향상을 위해서 고속도로의 방향별 침투특성과 차로별 통행특성을 고려한 탄력차로제와 같은 교통관리시스템을 제안할 수 있다.

ii) 고속도로의 차로별 점유율과 평균밀도사이의 상관분

석에서 고속도로의 방향에 관계없이 2차로 점유율은 평균밀도와 가장 높은 상관성을 보였고 특히 대형차량이 주행하는 4차로 점유율은 가장 낮은 상관성을 보임으로써 2차로 점유율은 고속도로의 평균밀도와 높은 상관관계가 유지되고 있음을 확인할 수 있다.

iii) 고속도로의 차로별 점유율과 평균밀도의 모형구축에서 1차로 점유율은 평균밀도와 로그관계를 보였고 2, 3, 4차로 점유율은 선형관계를 보였는데, 고속도로의 평균밀도 추정을 위해서 고속도로의 평균 점유율 대신 2차로 점유율과 평균밀도의 선형관계를 이용할 경우 95%의 신뢰수준에서 높은 설명력과 유의성을 기대할 수 있다.

따라서 본 연구에서 구축 검증된 경부고속도로와 남해고속도로의 밀도추정모형은 유사한 교통특성을 가지는 고속도로의 밀도예측을 위한 척도로 사용할 수 있을 것으로 생각되며, 향후 다양한 교통특성을 고려한 고속도로에 대해 추가적인 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 생각되었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Garber, N. J. and Hoel, L. A.(1988), Traffic & Highway Engineering, West Publishing Company, St. Paul, MN.
- [2] Kim, Y. H. and Hall, F. L.(2004), Relationships Between Occupancy and Density Reflecting Average Vehicle Lengths, Journal of the Transportation Research Board, TRB, Vol. 1883, pp. 85-93.
- [3] Lee, E. E and Chun, H. Y.(1999), A relationship between density and occupancy on freeway, Journal of the Research Institute of Industrial Technology, Myongji University, Vol. 18, pp. 35-40(in Korean).
- [4] Lapin, L. L.(1983), Probability and Statistics for Modern Engineering, PWS Publishers, Belmont, California.
- [5] May, A. D.(1990), Traffic Flow Fundamentals, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [6] TRB(1975), Traffic Flow Theory, Special Report 165, Transportation Research Board, Washington, D.C.

원고접수일 : 2013년 8월 14일  
 심사완료일 : 2013년 10월 13일  
 원고채택일 : 2013년 10월 14일