

■ 論 文 ■

## 일반국도 설계시간계수의 적정 확률분포 선정 및 추정

The Selection of Optimal Probability Distribution and Estimation for Design Hourly Factor in National Highway Roads

**조 준 한**

(한양대학교 교통공학과 박사과정)

**한 종 현**

(한양대학교 교통공학과 석사과정)

**김 성 호**

(한양대학교 교통공학과 부교수)

**이 병 생**

(경기대학교 교통공학과 박사과정)

### 목 차

- |                                                                                                                                        |                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>I. 서론</p> <p>1. 연구배경 및 목적</p> <p>2. 연구범위 및 방법</p> <p>II. 이론적 고찰</p> <p>III. 자료수집 및 특성</p> <p>IV. 적정 확률분포 선정</p> <p>1. 확률분포형의 적용</p> | <p>2. 확률분포의 매개변수 추정</p> <p>3. 적정 확률분포 선정</p> <p>4. AADT에 따른 K계수 추정</p> <p>V. 기존연구와의 비교</p> <p>VI. 결론 및 향후연구과제</p> <p>참고문헌</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Key Words** : 연평균일교통량, 설계시간계수, 확률분포, 최우도법, 카이제곱 적합도검정  
 AADT, Design Hourly Factor, Probability Distribution, Maximum Likelihood Estimation, Chi-Square Goodness-of-Fit Test

### 요 약

본 연구는 도로의 기능 및 통행특성, 차로수, 연평균일교통량 등을 고려하여 설계시간계수와의 관계를 살펴보고 적정 확률분포형 선정과 K값을 추정하였다. 이를 위해 2005년도 상시 교통량 조사지점에서 수집된 교통자료를 이용하여 14개의 확률분포형을 적용하였다. 각 확률분포형은 최우도법을 이용하여 매개변수를 추정하였으며 각 분포형별로 매개변수 적합성 조건을 검토하였다. 적정 확률분포형의 결정은 chi-square검정을 통하여 대상 분포형의 기각유무를 판단하였으며, 그 결과에 대해 우선순위를 정하여 적정 확률분포형을 선정하였다. 그리고 각 유형별 AADT에 따른 적정 K계수를 추정하였다. 그 결과, 지방부 2차로 및 4차로, 도시부, 관광부도로의 적정 확률분포형은 각각 Pearson V, LogLogistic, LogLogistic, Extreme value 분포로 분석되었으며, 적정 K계수는 각각 0.1~0.2, 0.09~0.14, 0.07~0.13, 0.1~0.2로 추정되었다.

This research is to the selection of optimal probability distribution as well as the estimation for design hourly factor in consideration of traffic characteristic, such as road function, lane number and AADT. To accomplish the objectives, we are applied to various probability distribution using traffic data that observed at permanent traffic count points in 2005. The parameters of the selected 14 probability distribution were estimated based on the method of maximum likelihood and the validity condition of the estimated parameter. The goodness-of-fit test, such as chi-square test, was performed as well as the estimation of design hourly factor. As a result, An appropriate distributions of each case were selected : Pearson V for two lane of rural roads, LogLogistic for the four lane of rural roads, LogLogistic for the urban roads, Extreme value for recreation roads. And optimal K factor are as following : 0.1~0.2 for two lane of rural roads, 0.09~0.14 for the four lane of rural roads, 0.07~0.13 for the urban roads, 0.1~0.2 for recreation roads.

## I. 서론

### 1. 연구배경 및 목적

정부재정사업 혹은 민간투자사업으로 추진되는 도로 사업에 관한 설계는 도로의 영향권 범위내에서 지역경제, 인구, 토지이용 등의 변화를 고려하여 장래교통수요에 부응할 수 있도록 계획되어야 한다. 장래교통량 즉, 계획교통량은 해당도로의 장래 서비스수준을 판단하게 하고 새로 건설하거나 확장할 도로의 유형과 기하구조를 결정하는데 기본적인 자료로 이용된다. 이러한 계획교통량은 장래목표연도에서 예측되는 연평균일교통량(AADT)을 이용하지만, 도로설계를 위한 교통량으로는 시간당으로 나타내어지는 설계시간교통량(DHV)을 이용한다.

설계시간교통량(Design Hourly Volume, DHV)은 설계목표연도의 첨두시간 예상교통량으로서, 첨두특성을 반영하기 위해 설계시간계수(K계수)를 이용하고 있다. 설계시간계수는 일반적으로 연평균일교통량(AADT)에 대한 30번째 시간교통량의 비( $K_{30}$ )를 사용하고 있으며, 첨두 중방향 설계시간교통량(PDDHV) 및 적정 차로수 산정에 민감한 변수로 작용한다.

설계시간계수는 도로의 효율성 측면에서 상당히 중요한 변수로서,  $K_{30}$ 을 너무 높게 산출하게 되면 설계시간교통량이 과다하게 산출되어 비경제적인 도로건설을 초래할 우려하게 있고 반대로  $K_{30}$ 을 너무 낮게 산출하면 설계기준으로 했던 교통량보다 높은 교통량을 기록하는 시간대가 자주 발생하여 잦은 교통혼잡을 유발하게 된다. 이러한 관점에서 볼 때 도로를 건설할 때는 교통계획단계에서 산출되는 연평균 일교통량의 정확한 산출과 함께  $K_{30}$ 의 합리적인 산출이 반드시 필요하다(건교부, 2000).

따라서, 해당도로의 통행특성을 반영할 수 있는 적정 설계시간계수 추정에 대한 연구가 시급하다. 본 연구는 도로의 기능 및 통행특성, 차로수, 연평균일교통량 등을 고려하여 설계시간계수와와의 관계를 살펴보고 적정 확률분포형 선정과 계수값을 추정하고자 한다.

본 연구결과는 다양한 교통변수를 고려한 적정 확률분포형을 규명하고 이를 통한 설계시간 계수값을 정립함으로써 도로의 계획 및 설계시 투자 우선순위 결정과 경제적 효율성 증대에 크게 기여할 것으로 판단된다.

### 2. 연구범위 및 방법

본 연구는 설계시간계수의 적정 확률분포형 선정과 계

수값 추정을 위해 공간적 범위로는 광역권을 포함한 전국 9개도(경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주)의 상시 교통량 조사지점으로 하였으며, 시간적 범위로는 2005년 해당 상시조사지점의 자료를 이용하였다.

기존의 회귀분석방법을 탈피한 본 연구방법은 구축된 설계시간계수 자료에 대해 일반적으로 많이 사용되는 14개의 확률분포형을 적용하였고, 각 확률분포형별로 최우도법(Method of Maximum Likelihood)를 이용하여 매개변수를 추정하였으며, 각 분포형별로 매개변수 적합성 조건을 검토하였다.

적정 확률분포형의 결정은 chi-square검정을 통하여 대상 분포형의 기각유무를 판단하였으며, 그 결과에 대해 우선순위(priority)를 정하여 적정 확률분포형을 선정하였다.

## II. 이론적 고찰

도로를 계획함에 있어 차로수 산정에 필요한 기준 교통량을 연중 발생하는 시간교통량 중 어느 범위의 교통량으로 사용해야 할 것인가 하는 문제가 대두된다. 특히 매일 반복되는 첨두시간 교통량을 설계에 반영하기 위해서는 설계시간계수의 개념 도입이 필수적이다.

설계시간계수는 “계획 목표연도의 연평균 일교통량에 대한 설계시간교통량의 비율(DHV/AADT)”로 정의된다. 보통 출퇴근시의 첨두시간에는 교통량이 증가하여 연평균 일교통량을 하루동안의 총시간수인 24로 균등배분한 수치보다는 큰 값을 나타낼 것이 분명하지만 그 값이 어느정도인지 분명치 않으며 계절에 따라 그 값이 변화할 수 있기 때문에 일반적으로 많이 쓰이는 방법은 다음과 같은 절차에 따른다(건교부, 2000).

- ① 대상도로 구간의 상시 교통량조사에 나타난 한 시간당 교통량을 높은 교통량에서부터 시작하여 가장 낮은 교통량을 나타낼 때까지 순서대로 배열한다.
- ② 각 시간당 교통량을 나타내는 점들을 연결하는 매끄러운 곡선을 그린다.
- ③ 상기 절차에서 작성된 곡선을 보고 곡선의 기울기가 급격히 변화하는 지점을 결정한 후 그 지점에 해당하는 교통량의 연평균 일교통량에 대한 백분율을 산출한다. 일반적으로 외국의 경우 곡선의 기울기가 급변하는 지점은 교통량을 높은 순서대로 배열했을 때 30번째 시간에서 발생하고 있다. 물론 우리나라에서는 대상도로의 지역적 특성이 충분히 검토 분석된 후 결정되어야 할 일이지만 이에

대한 충분한 교통량의 자료가 없고 연구결과도 충분치 않은 현실점에서는 외국의 경우에서처럼 30번째 시간교통량을 설계시간교통량으로 하되 고속도로와 같이 연중 교통량의 변화가 심한 경우에는 특별한 고려가 필요하다.

연중 30번째 높은 시간당 교통량( $K_{30}$ )은 곡선의 변곡점 부근에 해당되는 것으로, 이 값을 설계기준으로 한다면 1년을 통해서 29시간은 설계값을 상회하므로 혼잡이 불가피하다. 그러나 이들까지 모두 만족시키기 위한 시설을 하려면 시설규모가 매우 커지기 때문에 경제적 측면에서 본다면 30번째 교통량을 기준으로 하는 것이 타당하다고 알려져 있다(도철용, 1988).

설계시간계수의 일반적 특성은 다음과 같다.

- ① 연평균 일교통량의 증가와 함께 그 대상도로 구간의  $K_{30}$ 은 일반적으로 감소한다.
- ②  $K_{30}$ 이 높을수록 교통량의 변화가 심하다.
- ③ 대상도로 구간 인접지역의 개발이 많이 이루어질수록  $K_{30}$ 은 감소한다.
- ④  $K_{30}$ 은 일반적으로 관광도로에서 가장 높은 값을 나타내며 지방지역도로, 도시외곽도로, 도시내도로 순으로 낮은 값을 갖는다.

외국사례를 살펴보면, 미국 도로용량편람(HCM, 1985)에서는  $K$ 값으로 지방부에 한해서, 2차로는 0.10~0.15, 다차로는 0.15~0.20으로 제시하고 있다. 미국 도로교통안전협회(AASHTO, 1990)에서는 지방부의  $K$ 값을 0.15(0.12~0.018), 도시부를 0.08~0.12로 제시하고 있다. 미국 도로용량편람(HCM, 2000)에서는 차로구분없이 지방부는 0.10, 도시부는 0.09로 제시하고 있다.

국내사례를 살펴보면, 한국 도로용량편람(KHCM, 1992·2001)에서는 2차로 고속국도와 다차로 도시부

도로는 0.09(0.07~0.11), 지방부 2차로/4차로 및 도시부 2차로도로는 0.15(0.12~0.18)로 설계시간계수를 제시하고 있다.

### III. 자료수집 및 특성

본 연구에서는 일반국도 설계시간계수( $K_{30}$ ) 및 관련 교통 지표에 대한 자료획득을 위해 2005년도 상시교통량조사자료(2005 도로교통량 통계연보, 건교부, 2006)를 활용하였다.

조사지점은 총 265지점이며, 자료의 전이성을 고려하기 위해 9개도의 상시조사지점을 골고루 선정하였으며, 지역적 분포는 <표 1>과 같다.

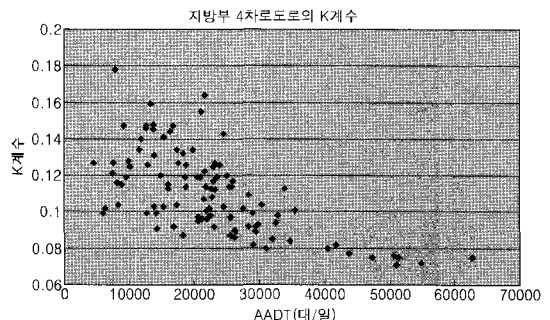
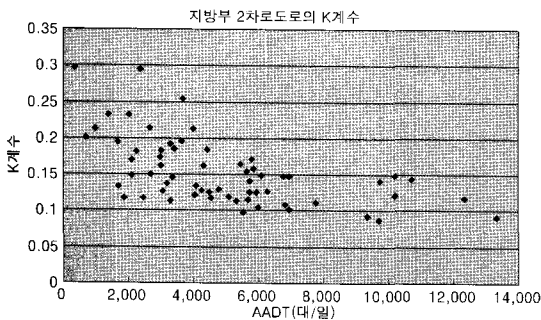
<표 1> 도별 조사지점 현황

경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
48	36	29	33	23	32	34	24	6

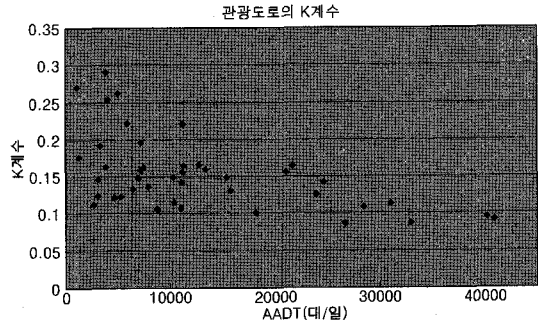
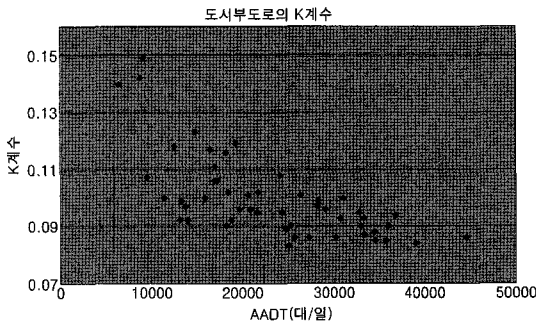
도로의 기능 및 특성을 반영하기 위해 지방부, 도시부, 관광부도로로 나누었으며, 지방부도로는 차로수에 따라 교통특성변화가 심하게 나타나 2차로와 4차로로 다시 나누었다. 도시부도로의 경우 4차로도로의 자료가 훨씬 많았으며 표본수를 고려하여 2차로와 통합하여 분석하였다. 관광도로의 경우 표본자료확보를 위해 별도로 차로수를 나누지 않고 통합하여 분석하였다. 이에 대한 조사지점의 분류 및 표본수를 정리하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 조사지점의 분류 및 표본수

구분	CASE	표본수
지방부도로	2차로	62
	4차로	102
도시부도로	CASE3	52
관광부도로	CASE4	49
합계		265



<그림 1> 지방부 2차로/4차로 AADT와 K계수의 관계



〈그림 2〉 도시부 및 관광도로 AADT와 K계수의 관계

각 CASE별 AADT와 K계수 관계를 살펴보면, 지방부 2차도로로는 AADT가 2000대/일~6000대/일에서 K값의 변동폭이 크게 나타나며, 교통량이 많을수록 그 변동폭이 감소하면서 K값도 낮아진다. 지방부 4차도로로는 지방부 2차도로와 유사한 분포를 보이고 있으며, AADT가 10,000대/일~30,000대/일에 K계수의 변동폭이 크며 교통량이 많을수록 K값도 낮아진다.

도시부도로는 AADT가 10,000대/일~40,000대/일에서 지방부도로에 비해 상대적으로 K값의 변동폭이 작게 나타났다. 관광부도로는 그 분포의 산도(dispersion)가 넓게 분포되어 있으며, 관광도로 조사지점의 첨두요일이 토요일, 일요일로 집중되어 있어 요일별, 계절별 휴가 시즌의 영향을 지속적으로 받고 있는 것으로 분석된다.

#### IV. 적정 확률분포 선정

##### 1. 확률분포형의 적용

본 연구에서 설계시간계수( $K_{30}$ )에 적용한 확률분포형은 일반적으로 교통특성변수에 많이 사용되는 14가지 분포형을 선정하였으며, 그 내용은 〈표 3〉과 같다.

##### 2. 확률분포의 매개변수 추정

각 확률분포형의 매개변수를 추정하는 방법으로는 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법 등이 주로 사용된다. 본 연구에서는 최우도법을 사용하고자 한다.

최우도법(Method of Maximum Likelihood)은 Fisher(1922)이래로 매우 폭 넓게 사용되고 있다. 최우도법은 추출된 표본자료가 나올 수 있는 확률이 최대가 되도록 매개변수를 추정하는 방법이다. 일반적으로 우도함수(likelihood function)보다는 유도상의 편리

〈표 3〉 적용 확률분포형

구분	확률분포형	단축명
1	Normal	NOR
2	Inverse Gaussian	IG
3	Log-normal II	LN2
4	Erlang	EL
5	Exponential	EXP
6	Chi-squared	CHI
7	Pearson V	PS5
8	Weibull	WB
9	Gamma	GM
10	Extreme value	EXV
11	Logistic	LO
12	Log-logistic	LL
13	Pareto	PA
14	Rayleigh	RAY

주 : 각 함수분포식 및 매개변수조건은 생략함.

성 때문에 대수 우도함수(log-likelihood function)를 많이 사용하며 식은 다음과 같다.

$$L(x_1, \dots, x_n; \theta) = f(x_1; \theta) f(x_2; \theta) \dots f(x_n; \theta)$$

$$\frac{\partial \log L(x_1, \dots, x_n; \theta)}{\partial \theta} = 0$$

여기서,  $\log L(x_1, \dots, x_n; \theta)$  : 대수우도함수

$\theta$  : 선정된 확률분포형의 매개변수

일반적으로 최우도법은 가장 효율적인 추정치를 얻을 수 있으며 표본자료의 크기가 충분히 클 때 다른 매개변수 추정방법에 대하여 추정치의 효율성을 비교하는데 기준으로 사용된다(Mood, 1974).

최우도법으로 추정된 매개변수는 각 확률분포형의 확률변수 및 매개변수 적합성 조건에 만족해야한다. 적합성 조건에 맞지 않는 분포형은 확률분포형에 대한 수학적 가정사항을 만족하지 못하는 경우이므로 적정 분포형으로

〈표 4〉 지방부도로에 대한 각 확률분포형의 매개변수 추정 및 적합성 검토

구분	확률분포형	CASE1: 지방부 2차로		CASE2: 지방부 4차로	
		매개변수	적정성	매개변수	적정성
1	NOR	$\mu=15.34, \sigma=4.62$	○	$\mu=11.09, \sigma=2.26$	○
2	IG	$\mu=9.43, \lambda=38.52$	○	$\mu=10.08, \lambda=197.42$	○
3	LN	$\mu=2.09, \sigma=0.49$	○	Invalid	×
4	EL	$m=3, \beta=2.54$	○	Invalid	×
5	EXP	$\beta=6.64$	○	$\beta=3.99$	○
6	CHI	Invalid	×	$v=4$	○
7	PS	$\alpha=7.75, \beta=78.51$	○	$\alpha=41.81, \beta=584.90$	○
8	WB	$\alpha=1.53, \beta=7.54$	○	$\alpha=2.05, \beta=4.97$	○
9	GM	$\alpha=2.45, \beta=2.93$	○	Invalid	×
10	EXV	$a=13.32, b=3.33$	○	$a=10.01, b=1.93$	○
11	LO	$a=14.80, \beta=2.48$	○	$a=10.99, \beta=1.30$	○
12	LL	$\alpha=3.14, \beta=7.19, \tau=7.07$	○	$\alpha=7.22, \beta=9.31, \tau=1.55$	○
13	PA	$\theta=1.90, a=8.70$	○	$\theta=2.35, a=7.10$	○
14	RAY	$b=6.33$	○	$b=3.47$	○

〈표 5〉 도시부/관광부도로에 대한 각 확률분포형의 매개변수 추정 및 적합성 검토

구분	확률분포형	CASE3: 도시부도로		CASE4: 관광부도로	
		매개변수	적정성	매개변수	적정성
1	NOR	$\mu=9.98, \sigma=1.46$	○	$\mu=15.41, \sigma=5.22$	○
2	IG	$\mu=2.07, \lambda=3.96$	○	$\mu=10.12, \lambda=34.90$	○
3	LN	$\mu=10.62, \sigma=3.55$	○	$\mu=2.15, \sigma=0.53$	○
4	EL	Invalid	×	$m=3, \beta=2.54$	○
5	EXP	$\beta=1.68$	○	$\beta=6.81$	○
6	CHI	$v=2$	○	Invalid	×
7	PS	$\alpha=4.09, \beta=7.69$	○	$\alpha=7.13, \beta=78.78$	○
8	WB	Invalid	×	$\alpha=1.31, \beta=7.59$	○
9	GM	Invalid	×	Invalid	×
10	EXV	$a=9.38, b=0.94$	○	$a=13.10, b=3.82$	○
11	LO	$a=9.75, \beta=0.73$	○	$a=14.80, \beta=2.85$	○
12	LL	$\alpha=2.28, \beta=1.46, \tau=8.10$	○	$\alpha=2.92, \beta=7.75, \tau=6.40$	○
13	PA	$\theta=5.72, a=8.3$	○	$\theta=1.88, a=8.6$	○
14	RAY	$b=1.89$	○	$b=7.15$	○

선정할 수 없으며, 이러한 사항은 반드시 고려해야 한다.

각 CASE별 14개의 확률분포형에 대해 최우도법을 이용하여 매개변수를 추정하고 변수들의 적합성을 확인한 결과는 〈표 4〉, 〈표 5〉와 같다.

### 3. 적정 확률분포 선정

모집단의 확률분포형을 알지 못하면 기존의 확률분포형으로 모집단의 성질을 정확히 나타내기 어렵기 때문에 대상 확률분포형 가운데 적정 확률분포형을 선정하는 것은 매우 어려운 문제이다. 일반적으로 임의의 확률분포형에 대한 적합도 검정(Goodness-of-fit test)은 그 확률분포의 상대도수함수(relative frequency function)와 누가도수함수(cumulative frequency function)의

이론값과 표본값을 비교하여 그 정도를 판별하게 된다.

본 연구에서는 chi-square 적합도 검정을 사용하였다. 이 검정은 가장 널리 사용하는 적합도 검정으로서, 대상자료에 대해 적합하다고 가정한 확률밀도함수와 근집화된 자료를 이용한 빈도해석을 통하여 구해지는 경험적 확률밀도함수를 비교하는 검정방법이다.

각 CASE별로 확률변수의 범위 및 매개변수 적합성 조건에 부합한 확률밀도함수에 대해서 chi-square검정을 통해 분포의 적합도(Goodness-of-fit) 순위(rank)를 선정하였다.

최우도법에 의한 설계시간계수의 각 확률분포형에 대한 chi-square적합도 검정 결과는 〈표 6〉~〈표 9〉와 같다(유의수준5%).

지방도 2차로는 Pearson V, Log-normal II 분포가

〈표 6〉 지방부 2차로도로 분석결과

구분	관측치	PS5	LN2
평균	15.335	15.360	15.349
최빈값	11.700	12.700	12.586
중앙값	14.500	14.310	14.315
표준편차	4.616	4.853	4.754
분산	20.960	23.550	22.598
Shift	-	+3.7254	+6.2453
Skewness	1.171	2.020	1.709
Kurtosis	4.285	12.353	8.605
검정통계치		3.323	3.323
P-value		0.9125	0.9125
귀무가설(Ho)		No reject	No reject
확률분포 순위(rank)		◎	

〈표 8〉 도시부도로 분석결과

구분	관측치	LL	PS5
평균	9.9788	10.1443	10.0053
최빈값	8.6000	9.0675	9.0252
중앙값	9.6000	9.5586	9.5596
표준편차	1.4649	3.3397	1.7258
분산	2.1047	11.1534	2.9784
Shift	-	-	+7.5130
Skewness	1.6375	N/A	5.3211
Kurtosis	5.5875	N/A	611.6241
검정통계치		4.769	5.462
P-value		0.7819	0.7073
귀무가설(Ho)		No reject	No reject
확률분포 순위(rank)		◎	

〈표 7〉 지방부 4차로도로 분석결과

구분	관측치	LL	PS5
평균	11.091	11.1582	11.092
최빈값	11.900	10.5259	10.423
중앙값	11.050	10.8582	10.862
표준편차	2.2590	2.5095	2.2720
분산	5.0530	6.2976	5.1618
Shift	-	-	-3.2417
Skewness	0.4364	1.3977	0.6503
Kurtosis	2.7875	9.7886	3.8099
검정통계치		5.843	6.922
P-value		0.8283	0.7328
귀무가설(Ho)		No reject	No reject
확률분포 순위(rank)		◎	

〈표 9〉 관광부도로 분석결과

구분	관측치	EXV	WB
평균	15.414	15.3027	15.3845
최빈값	8.6000	13.0976	10.9037
중앙값	14.600	14.4978	14.1207
표준편차	5.2208	4.8998	5.3932
분산	26.700	24.0084	29.0866
Shift	-	-	+8.3884
Skewness	0.9602	1.1395	1.3322
Kurtosis	3.2076	5.4000	5.3737
검정통계치		3.735	4.714
P-value		0.8098	0.6948
귀무가설(Ho)		No reject	No reject
확률분포 순위(rank)		◎	

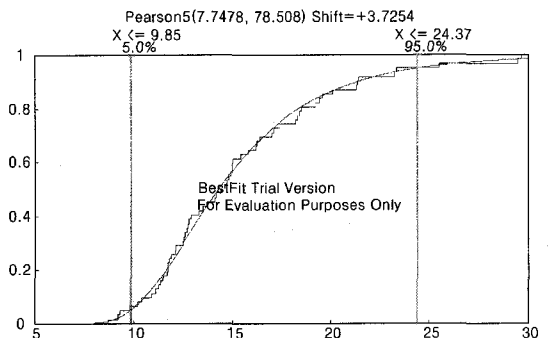
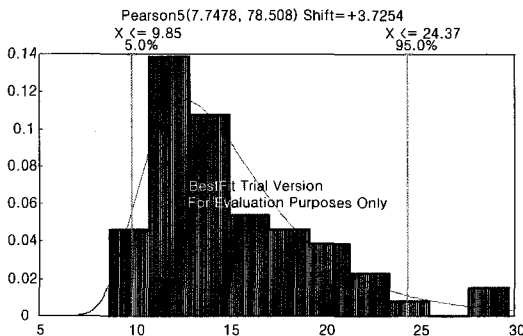
가장 적합하게 분석되었다. 두 확률분포를 P-value, Shift, 통계적 지표를 종합적으로 분석한 결과, 적정 확률분포형은 Pearson V 분포로서, shift +3.7254, 평균 15.36, 표준편차 4.853, skewness 2.02, kurtosis 12.353으로 나타났다.

지방도 4차로는 LogLogistic, Pearson V 분포가 가장 적합하게 분석되었다. 이 중 적정 확률분포형은 Log-Logistic 분포로서, 평균 11.1582, 표준편차 2.5095,

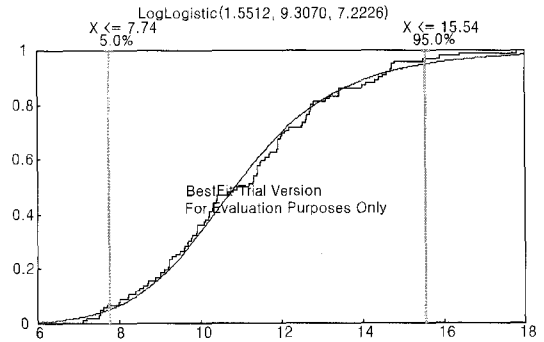
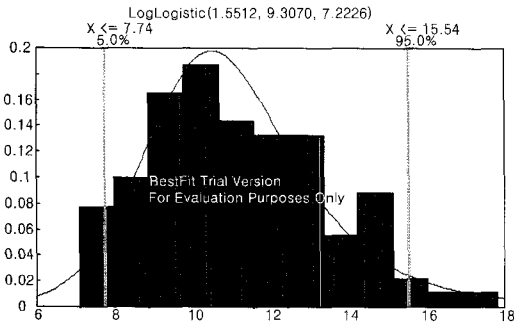
skewness 1.3977, kurtosis 9.7886으로 나타났다.

도시부도로는 LogLogistic, Pearson V 분포가 가장 적합하게 분석되었다. 이 중 적정 확률분포형은 Log-Logistic 분포로서, 평균 10.1443, 표준편차 3.3397으로 나타났으며 skewness와 kurtosis는 계산값이 존재하지 않았다.

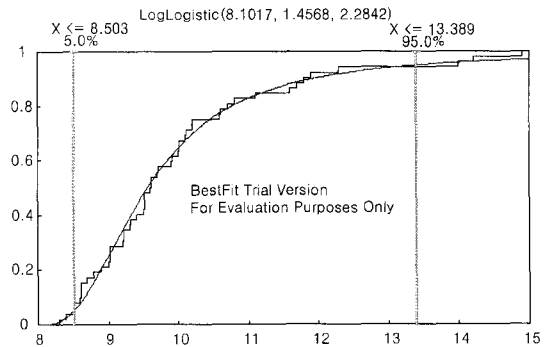
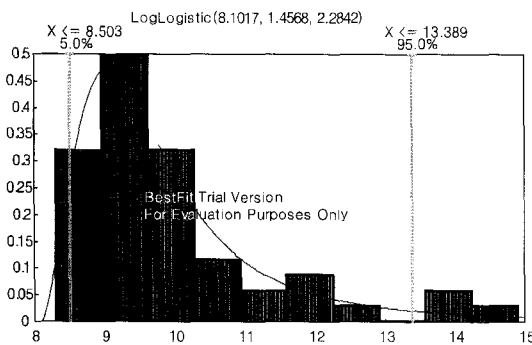
관광부도로는 Extreme value, Weibull 분포가 가장 적합하게 분석되었다. 이 중 적정 확률분포형은 Extreme



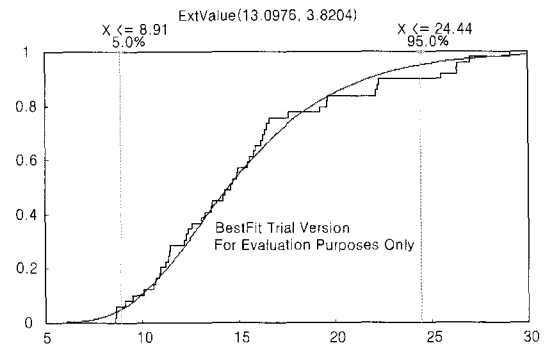
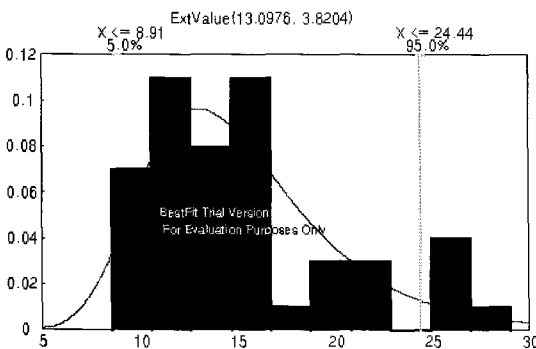
〈그림 3〉 지방부 2차로도로 적정 확률분포형 : Pearson V 분포의 확률밀도함수와 누적함수



〈그림 4〉 지방부 4차로도로 적정 확률분포형 : LogLogistic 분포의 확률밀도함수와 누적함수



〈그림 5〉 도시부도로 적정 확률분포형 : LogLogistic 분포의 확률밀도함수와 누적함수



〈그림 6〉 광부도로 적정 확률분포형 : Extreme Value 분포의 확률밀도함수와 누적함수

value분포로서, 평균 15.3027, 표준편차 4.8998, skewness 1.1395, kurtosis 5.4로 나타났다.

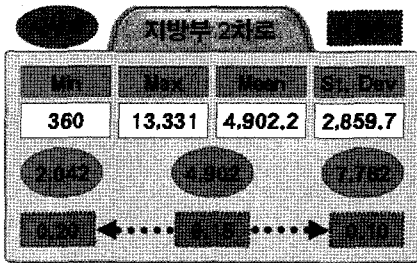
#### 4. AADT에 따른 K계수 추정

각 CASE별 K계수에 대한 적정 확률분포를 선정하였다. AADT에 따른 K계수를 추정하기 위해서 각 CASE별로 선정된 적정 확률분포가 AADT에 대한 확률분포에도 유의한지를 검토하기 위해 적합도 검정을

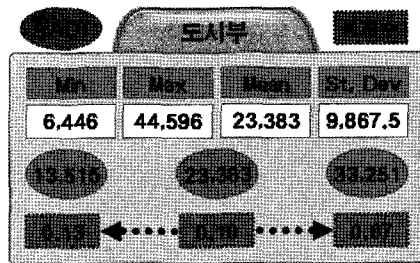
시행하였다. 그 결과 4개의 CASE 모두 K계수에 대한 적정 확률분포에 유의한 결과가 도출되었다.

첫째, 지방부 2차로도로를 보면 AADT의 평균이 4,902대/일, 표준편차가 2,860대/일로 분석되었다. AADT가 평균값을 가질때 적정 K계수는 0.15이고, 표준편차에 따라 0.10~0.20사이의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

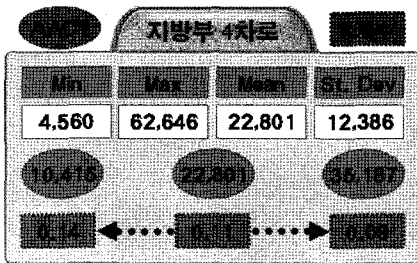
둘째, 지방부 4차로도로를 보면 AADT의 평균이 22,801대/일, 표준편차가 12,386대/일로 분석되었다.



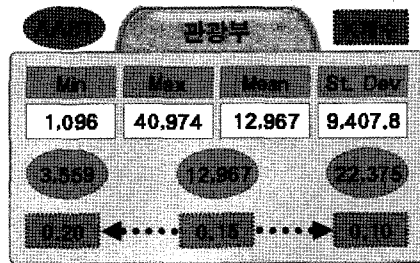
〈그림 7〉 CASE1의 AADT에 따른 K계수



〈그림 9〉 CASE3의 AADT에 따른 K계수



〈그림 8〉 CASE2의 AADT에 따른 K계수



〈그림 10〉 CASE4의 AADT에 따른 K계수

AADT가 평균값을 가질때 적정 K계수는 0.11이고, 표준편차에 따라 0.09~0.14사이의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

셋째, 지방부도로를 보면 AADT의 평균이 23,383대/일, 표준편차가 9,868대/일로 분석되었다. AADT가 평균값을 가질때 적정 K계수는 0.10이고, 표준편차에 따라 0.07~0.13사이의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

넷째, 관광부도로를 보면 AADT의 평균이 12,967대/일, 표준편차가 9,408대/일로 분석되었다. AADT가 평균값을 가질때 적정 K계수는 0.15이고, 표준편차에 따라 0.10~0.20사이의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

### V. 기존 연구결과와의 비교

본 연구에서는 일반국도의 기능적 분류 및 특성, 차로수를 반영하여 설계시간계수의 적정 확률분포형과 이를 토대로 계수의 값을 추정하였다. 본 연구에 제시된 값은 미국과 한국의 도로계획 및 설계의 지침서를 토대로 비교분석하였으며 그 결과는 〈표 10〉과 같다.

지방부도로는 HCM(2000)과 KHCM (2001)은 차로의 구분없이 각각 0.1, 0.15로 제시하였다. 본 연구에서는 이를 구분하여 2차로는 0.15, 4차로는 0.11로 제시하였다. 이는 2차로의 경우 KHCM (2001)과 동일하며, 4차로의 경우 HCM(2000)에 가깝게 나타났

다. 분석결과에 따르면 차로수에 따라 K계수의 분포가 다르게 나타나는 것으로 판단된다.

도시부도로는 HCM(2000)에서는 차로구분없이 0.09를 제시하였고, KHCM (2001)의 2차로는 지방부도로와 동일한 0.15(0.12~0.18), 4차로도로는 0.09(0.07~0.11)로 나타났다.

본 연구에서는 0.10를 제시하였으며 도시부 교통패턴 특성상 K계수가 지방부도로와 같이 0.15까지는 나타나지 않는 것으로 분석되었다.

국내의 연구결과와 비교해보면, 임성환 외(2003)는 설계시간계수를 도로의 기능 및 특성분류(도시부/지방부/관광부)없이 2차로는 0.135, 4차로는 0.09로 제시하였다. 이는 본 연구와 비교하였을 때 2차로의 경우는 도시부도로보다는 지방부도로에 적합한 수치로 나타났으며, 반대로 4차로의 경우 지방부도로보다는 도시부도로에 적합한 것으로 분석되었다. 관광부도로의 경우는 김윤섭 외(2006)은 차로수를 구분하여 2차로는 0.19~0.20, 4차로는 0.12~0.14로 제시하였으며, 본 연구에서 제시한 0.15(0.1~0.2)보다 좀 더 세부적으로 분석되었다. 이는 AADT가 작을수록(2차로도로) 0.2에 가까울 것이며, 반대의 경우(4차로도로) 0.1에 가깝게 나타나는 것에는 동일한 분석결과가 나왔다. 관광부도로의 경우 요일별, 계절별 교통량 변동이 크기 때문에 관광통행의 특성을 정확히 반영할 수



<표 10> 기본 연구결과와의 비교

구분		AASHTO (1990)	도로용량편람			임성한외 (2003) 김윤섭외 (2006)	본 연구
			HCM (1985)	HCM (2000)	KHCM (1992,2001)		
지방부	2차로	0.15 (0.12~0.18)	0.10~0.15	0.10	0.15 (0.12~0.18)	0.135 (0.12~0.15)	0.15 (0.10~0.20)
	4차로		0.15~0.20			0.09 (0.08~0.10)	0.11 (0.09~0.14)
도시부	2차로	0.08~0.12	-	0.09	0.15 (0.12~0.18)	0.135 (0.12~0.15)	0.10 (0.07~0.13)
	4차로				0.09 (0.07~0.11)	0.09 (0.08~0.10)	
관광부	2차로	-	-	-	0.19(산지) 0.20(해양)	0.15 (0.10~0.20)	
	4차로				0.12(산지) 0.14(해양)		

주: 1) 임성한 외(2003)은 지방부 및 도시부도로 설계시간계수를 연구하였음.  
2) 김윤섭 외(2006)은 관광부도로 설계시간계수를 연구하였음.

있는 자료가 차로별로 확보가 된다면 지방부 2차로보다는 더 높은 값을 가질 것으로 판단된다. 특히 주5일제 실시에 따른 주말차량의 통행목적패턴을 지속적으로 연구할 필요가 있다.

### VI. 결론 및 향후연구과제

본 연구에서는 연평균 일교통량에 대한 30번째 시간교통량의 비로 정의되는 설계시간계수의 적정 확률분포형과 계수값을 추정하였다. 이를 위해 우리나라와 미국의 도로용량편람 및 기존 연구에 대해 살펴보고, 건설교통부에서 배포하는 2005년 도로교통량통계연보에 수록된 전국 9개도 상시교통량조사자료를 분석자료로 활용하였다. 도로의 기능 및 특성, 차로수에 따라 분류한 설계시간계수 자료는 일반적으로 많이 사용하는 14개의 확률분포형을 적용하였다. 각 확률분포형별로 최우도법(Method of Maximum Likelihood)를 이용하여 매개변수를 추정하였으며, 각 분포형별로 확률변수의 범위 및 매개변수 적합성 조건을 확인하였다. 적정 확률분포형을 결정하기 위해 가장 널리 사용하는 chi-square 적합도 검정을 사용하였으며, 이를 통해 분포의 적합도(Goodness-of-fit) 순위(rank)를 선정하였다.

기존의 설계시간 추정에 대한 연구 방법은 도로의 기능 및 특성에 따라 자료를 구분하지 않고 서비스수준에 따라 분류한 다음 설계시간계수(종속변수)와 AADT(독립변수)간의 관계를 단순회귀분석으로 통해 추정하였다. 이러한 방법은 실제적으로 실무에서 사용하기에는 다양

한 변수를 반영하지 못해 한계가 있다. 도로의 신설 및 확장 설계는 전통적인 4단계 기법으로 추정된 장래교통량(AADT)을 토대로 교통용량 및 소요차로수 산정을 하게 된다. 이 일련의 과정에는 도로의 기능 및 교통특성, 차로수의 규모에 따라 K계수의 값이 크게 변하게 되는데 이를 고려하지 못한다. 또한 차로수 산정에 있어 V/C를 미리 알지 못하기 때문에 서비스수준에 따른 AADT와 K계수 추정은 실무적용에 제약이 있다. 통상적으로 서비스수준은 차로수가 결정이 되고 최종 목표연도(도로의 경우 개통 20년후)내에 V/C가 0.75(설계속도 80kph 기준)이상인 경우 확장여부를 판단하는데 사용한다. 이에 반해 본 연구에서는 도로의 기능과 교통특성을 반영하기 위해 도로부/지방부/관광부로 나누고 표본수에 따라 차로수를 나누어 설계시간계수를 추정하였다. 또한 많은 가정과 모형의 한계가 있는 기존 연구와 달리 확률분포(Probability distribution) 개념을 이용하여 설명변수(설계시간계수)를 가장 잘 표현하는 적정 확률분포를 선정하고 그 분포의 평균, 표준편차, 최빈값, 중앙값, Skewness, Kurtosis를 통해 계수값을 추정하였다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

1. 지방부 2차로도로의 적정 확률분포형은 Pearson V분포로 분석되었고 매개변수는  $\alpha=7.75$ ,  $\beta=78.51$ 로 추정되었다. AADT가 4,902(2,042~7,776)대/일때 설계시간계수는 0.15(0.10~0.20)의 값으로 분석되었다. 지방부 4차로도로의 적정 확률분포는 LogLogistic 분포로 분석되었고 매개변수는  $\alpha=7.22$ ,  $\beta=9.31$ ,  $\tau=1.55$ 로 추정되었다. AADT가 22,801(10,415~

35,187)대/일때 설계시간계수는 0.11(0.09~0.14)의 값으로 분석되었다. 지방부도로는 2차로에 비해 4차로의 경우 설계시간계수가 낮아지는 것으로 분석되었다. 이는 일반적으로 AADT가 클수록(교통량이 많을수록) 설계시간계수가 낮아지는 패턴과 동일한 결과를 보이고 있다. 또한 2차로도로가 4차로도로보다 평균값에서의 분산(variation)정도가 심한 것으로 보아 교통량의 변동폭이 다양한 것으로 분석된다.

2. 도시부도로의 적정 확률분포형은 LogLogistic 분포로 분석되었고 매개변수는  $\alpha=2.28$ ,  $\beta=1.46$ ,  $\tau=8.10$ 으로 추정되었다. AADT가 23,383(13,515~33,251) 대/일때 설계시간계수는 0.10(0.07~0.13)의 값으로 분석되었다. 확률분포형의 경우는 지방부 4차로도로와 동일한 분포형을 가지는 것으로 보아 교통량(혹은 차로수)에 따라 유사한 확률분포형태를 따를 것으로 판단된다. 또한 도시부도로의 설계시간계수는 지방부 4차로도로보다 낮게 나타나는 것으로 보아 교통량의 계절적 변동이 없이 꾸준한 교통량이 많은 지역은 0.10이하의 값을 갖는 것으로 판단된다.

3. 관광부도로의 적정 확률분포형은 Extreme value 분포로 분석되었고 매개변수는  $a=13.10$ ,  $b=3.82$ 로 추정되었다. AADT가 12,967 (3,559~22,375)대/일때 설계시간계수는 0.15(0.10~0.20)의 값으로 분석되었으며 이는 지방부 2차로도로와 동일한 값으로 나타났다. 하지만 관광부도로는 고유의 특성상 요일별, 계절별 변동이 크며 AADT의 평균값이 지방부도로보다 훨씬 높게 나타났다. 따라서 요일변동계수, 계절변동계수, AADT를 통해 지방부와 관광부도로를 구별할 수 있다. 또한 본 연구에서는 차로별 표본수가 부족하여 2,4차로를 통합해서 분석하였으며, 연구결과 제시된 설계시간계수 0.15를 기준으로 2차로도로의 경우는 0.15~0.20, 4차로도로의 경우 0.10~0.15사이의 값을 가질 것으로 판단된다.

본 연구에서는 도시부도로와 관광부도로의 차로별 표본수가 확보되지 않아 통합하여 분석하였다. 추후에 신뢰성 높은 많은 자료가 확보된다면 교통량, 차로수 등을 정확히 반영한 설계시간계수가 도출될 것으로 사료된다.

향후연구과제를 정리하면 다음과 같다.

1. 도로의 기능 및 교통특성을 보다 정확히 반영하기 위해서는 지방부/도시부/관광부도로를 차로별로 분류하여 폭넓고 다양한 자료를 수집하는 것이 중요하다.

주5일제 실시에 따른 주말통행이 늘어나면서 단/장거리 관광통행의 패턴을 지속적으로 모니터링할 필요가 있다. 특히 도시부 시외곽부근의 단거리 관광통행은 도로의 교통량 특성에 미치는 영향이 크기 때문에 세심한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2. 본 연구는 AADT(교통량)에 따른 설계시간계수를 확률적 개념을 통해 적정 범위를 제시하였다. 도로 계획 및 설계에 반영되는 설계시간계수를 보다 정확하게 반영하기 위해서는 통행특성과 교통량에 따른 설계시간계수에 대한 모형개발이 지속적으로 연구되어야 한다. 이를 위해서는 위에서 언급했듯이 표본수의 확보가 우선시되어야 할 것이다.

3. 본 연구는 기본적으로 설계시간계수 K30을 전제로 분석하였다. 도로를 계획함에 있어 1년 중 어느 정도 시간동안의 혼잡을 운전자에게 감수하도록 할 것인가에 따라 설계시간순위가 다르게 적용될 수 있다 따라서 K60, K100, K120 등의 합리적인 설계시간순위를 결정하고 본 연구결과와의 비교검토가 진행되어야 할 것이다.

4. 본 연구는 일반국도 265개 지점을 대상으로 설계시간계수를 추정하였다. 이는 현재 우리나라에서 일반국도에서만 상시조사가 이루어지고 있는데 향후 고속국도, 국가지원지방도, 지방도에 대한 적정 설계시간계수가 산출되어야 한다.

## 참고문헌

1. 도철용(1998), 교통공학원론(상), 청문각.
2. 건설교통부(2000), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침.
3. 건설교통부(1999), 국도 기능분류 및 효율적 투자 방안 연구.
4. 건설교통부(1992,2001), 도로용량편람.
5. 김우철 외(1996), 현대통계학, 영지문화사.
6. 이창훈,전영호(1987), 공업통계학, 박영사.
7. 변상철, 김윤섭, 오주삼, 윤여환(2001), 지방부 일반국도 설계를 위한 설계시간계수 선정, 2001년도 학술발표회 논문집, 대한토목학회.
8. 임성한,김윤섭,변상철,오주삼(2003), AADT를 이용한 설계시간계수 추정, 대한토목학회지,제23권 제1D호.
9. 김윤섭,오주삼,김현석(2006), 관광지 종류별 일반

국도 교통량의 시간별 특성 연구, 대한토목학회지, 제26권 제1D호.

10. 이장희(2005), 고속도로설계에 있어 권역별 K값 및 D값의 적용방안, 한양대학교 석사논문.
11. TRB(1985,2000), Highway Capacity Manual, Special Report 209.
12. Fisher, R. A(1922), On the Mathematical Foundations of Theoretical Statistics, Philosophical Trans. of the Royal Society of London, Series A, Vol.222.
13. Mood, A.M, Graybill, F.A, Boes, D.C(1974), Introduction to the Theory of Statistics, McGraw-Hill.
14. Alfredo, H-s. Ang, Wilson, H. Tang(1930), Probability concepts in Engineering Planning and Design, Willey.
15. Robert, V. Hogg, Elliot, A. Tanis(1977), Probability and Statistical Inference, Prentice Hall.
16. Palisade Corporation(2004), Guide to Using BestFit.

✉ 주 작 성 자 : 조준한

✉ 교 신 저 자 : 조준한

✉ 논문투고일 : 2006. 6. 23

✉ 논문심사일 : 2006. 7. 21 (1차)

2006. 8. 24 (2차)

2006. 8. 28 (3차)

✉ 심사판정일 : 2006. 8. 28

✉ 반론접수기한 : 2007. 2. 28