

상시 교통량 자료를 이용한 설계시간계수 추정

Estimating Design Hour Factor Using Permanent Survey

하정아* · 김성현**

Ha, Jung Ah · Kim, Sung Hyun

Abstract

This study shows how to estimate the design hour factor when the counting stations don't have all of the hourly volumes such as in a coverage survey. A coverage survey records traffic volume from 1 to 5 times in a year so it lacks the detailed information to calculate the design hour factor. This study used the traffic volumes of permanent surveys to estimate the design hour factor in coverage surveys using correlation and regression analysis. A total 7 independent variables are used : the coefficient of variance of hourly volume, standard deviation of hourly volume, peak hour volume, AADT, heavy traffic volume proportion, day time traffic volume proportion and D factor. All of variables are plotted on a curve, so it must use non-linear regression to analyze the data. As a result the coefficient of determination and MAE are good at logarithm model using AADT.

Keywords : design hour factor, regression, coverage survey, permanent survey

요 지

본 연구에서는 전체 시간대별 교통량을 관측하지 못하여 설계시간교통량을 구할 수 없는 지점에 대하여 설계시간계수를 추정하는 방법에 대하여 분석하였다. 수시조사는 연 1~5회 조사되며, 이러한 지점에서는 설계시간교통량을 구할 수 없어 설계시간계수를 구할 수 없다. 분석을 위하여 2006년 일반국도 상시조사 지점의 시간대별 교통량을 이용하여 분석하였다. 설계시간계수를 추정하기 위하여 시간대별 교통량의 변동을 반영하는 시간대별 교통량의 변동계수(Coefficient of Variance), 시간대별 교통량의 표준편차, 첨두시간교통량(peak hour volume)과 도로의 특성을 파악할 수 있는 중차량비율, 주야율, AADT와 중방향계수 등의 변수를 독립변수로 하여 각 변수들과 설계시간계수와의 상관분석 및 회귀분석을 이용하여 설계시간교통량을 추정하였다. 산점도를 통하여 독립변수와 종속변수의 관계를 분석한 결과 대부분의 변수들이 곡선의 형태를 띠는 것으로 나타나 선형회귀분석보다 곡선회귀분석이 더 적합한 것으로 나타났다. 곡선회귀분석으로 분석한 결과 AADT를 독립변수로 하여 분석한 대수모형이 결정계수가 가장 높은 것으로 나타났다.

핵심용어 : 설계시간계수, 회귀분석, 수시조사, 상시조사

1. 서 론

도로 교통량 조사는 도로의 계획, 설계, 운영 등에 폭넓게 이용되며, 교통 계획 수립을 위한 기초 자료로 활용된다. 이러한 조사는 종류별, 방향별 및 시간대별로 조사되며 단위 시간당 조사된 교통량을 토대로 일 교통량과 연평균 일교통량(AADT : Annual Average Daily Traffic)이 산출된다.

AADT는 차량분류조사나 투자개선허획 및 도로구조물 설계에는 대단히 중요한 자료이지만 AADT는 하루중의 교통량 패턴, 특히 첨두특성을 나타내지 못하기 때문에 도로의 기하설계에 사용되지는 않는다. 일반적으로 도로설계의 기초가 되는 교통량 자료는 시간당으로 나타내지는 설계시간교통량이다.

설계시간교통량은 AADT에 설계시간계수(K)를 곱하여

산정된다. 설계시간계수는 AADT에 대한 30번째 시간 교통량의 비(K_{30})가 일반적으로 사용되며, 해당 지역의 교통 수요 패턴에 따라 변하기 때문에 연간 8,760시간의 모든 시간 교통량을 관측해야만 정확한 값을 얻을 수 있다.

일반적으로 도로 기하구조 설계를 위한 설계시간교통량은 도로용량편람(KHCM) 상의 설계시간계수를 적용하고 있다. 그러나 도로용량편람 상의 설계시간계수는 도로등급별로 도시부와 지방부로 구분한 후, 일정 범위의 값을 제시하고 있어 적정 값을 구할 수 없을 경우에만 사용할 것을 권장하고 있다. 설계시간교통량은 연간 8,760시간의 모든 시간 교통량을 관측해야만 정확한 값을 얻을 수 있으므로 전체 시간대별 교통량을 관측하지 못할 경우 설계시간교통량을 얻을 수 없으므로 도로용량편람 상의 설계시간계수를 적용할 수밖에 없다. 하지만 설계시간계수가 너무 높게 산출될 경우 설계시

*정회원 교신저자 · 한국건설기술연구원 첨단도로교통연구실 연구원 (E-mail : yally36@kict.re.kr)

**정회원 · 한국건설기술연구원 첨단도로교통연구실 선임연구원

간교통량이 너무 크게 계산되어 비경제적으로 도로가 건설될 염려가 있고, 너무 낮게 산출될 경우 설계시간 교통량보다 교통량이 많은 시간대가 자주 발생하여 잦은 교통혼잡을 일으킬 수 있으므로 효율적인 도로 건설을 위해서 신뢰도가 높은 설계시간교통량의 추정이 요구된다.

현재 조사되고 있는 전국 도로 중 연간 8,760시간의 교통량을 관측할 수 있는 지점이 일반국도의 경우 25% 정도에 불과하며 지방도는 상시조사지점이 없기 때문에 설계시간교통량을 얻을 수 없다. 일반국도의 75% 지점과 지방도의 전체 지점의 교통량 수치를 파악하기 위하여 수시조사가 시행되고 있으며 이러한 조사로 설계시간계수를 구할 수 없어 수시조사 자료로 설계시간계수를 추정할 수 있는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 전체 시간대별 교통량을 관측하지 못하여 설계시간교통량을 구할 수 없는 지점에 대하여 설계시간교통량을 추정하는 방법에 대하여 분석하였다. 설계시간교통량을 추정하기 위하여 시간대별 교통의 특성을 나타내는 시간대별 교통량의 변동계수(Coefficient of Variance), 시간대별 교통량의 표준편차, 첨두시간교통량(peak hour volume)과 도로의 특성을 파악할 수 있는 중차량비율, 주야율, AADT와 중방향계수 등의 변수를 대상으로 설계시간계수와의 상관분석 및 회귀분석을 이용하여 설계시간교통량을 추정하였다. 이러한 연구는 설계시간계수의 신뢰도를 높여 도로의 계획 및 설계시 투자 우선순위의 결정과 경제적 효율성 증대에 기여할 수 있을 것이라 판단된다.

2. 이론적 고찰

설계시간교통량은 설계 목적을 위해 적정 운영 상황으로 판단되는 1시간 교통량을 말하며, 설계시에 요구되는 시설의 형태 특성을 결정하고 수용하여야 한다. 이러한 설계 시간교통량을 결정하는 방법은 1950년 미국의 도로 용량 편람(Highway Capacity Manual, 2000)에 소개된 이래로 현재까지 이용되고 있다. 일반적으로 30번째 시간순위 교통량은 곡선의 경사가 급격하게 변하는 것을 근거로 하여 지방부 도로의 설계시간교통량으로 이용하였으며 이러한 30번째 시간순위 교통량은 도로설계시 효과가 최대가 된다고 알려져 있다.

미국의 경우 1985년 도로용량편람에서 제시하는 일반적인 K_{30} 값으로 지방부 2차로 도로는 0.10~0.15, 다차로 지방부 도로는 0.15~0.20으로 제시하고 있다. 1990년 미국 도로기하구조설계(AASHTO)에서는 지방부 간선도로의 K_{30} 값을 0.15(0.12~0.18), K_1 값을 0.25(0.16~0.32), 그리고 도시부의 K_{30} 을 0.08~0.12로 제시하고 있다. 미국 도로용량편람에서는 일반적인 K 값으로 도시지역은 0.09, 지방지역은 0.10으로 제시하고 있다. 한편 우리나라의 도로용량편람에서는 2차로 고속국도와 다차로 도시부 도로는 0.09(0.07~0.11), 2차로 일반국도와 지방부 다차로도로는 0.15(0.12~0.18)로 설계시간계수를 제시하고 있다.

하지만 미국과 우리나라는 교통량 수준 및 패턴이 다르므로 같은 수준으로 분석할 경우 도로가 과다설계 될 수 있다. 문미경 등(2004)의 연구에서는 현재의 도로 설계시 대상으로

삼는 시간교통량은 국내 도로의 교통특성이 설, 추석 등의 연휴에 집중적으로 몰리는 등 외국과 그 특성이 상이함에도 불구하고 미국과 동일한 상위 30순위 교통량을 사용하는 것은 도로가 과다설계될 수 있다고 하였다. 상위 30순위 교통량을 설계시간순위로 하는 경우 상위 30순위 교통량 중 휴일교통량의 비율이 74.1%(설, 추석연휴 39.7%)로 휴일 집중교통량의 영향을 크게 받는 것이라고 분석하였다. 설계시간 순위는 목표 연도의 연중 최대시간교통량이 용량에 도달하는 교통순위로 결정해야 하며, 분석결과 상위 150순위가 교통혼잡과 도로의 경제성을 모두 고려할 수 있다고 판단하였다.

임성한 등(2003)의 연구에서는 AADT를 이용하여 일반국도의 설계시간계수를 추정한 연구에서는 도로를 차로별 서비스수준별로 일반국도를 구분하여 회귀분석을 실시하여 분석하였다. 그 결과 일반국도의 설계기준인 서비스수준 D에서의 적정 설계시간계수는 2차로 0.135(0.12~0.15), 4차로 0.090(0.08~0.10)으로 분석되었다.

조준한 등(2006)의 연구에서는 도로의 기능 및 통행특성, 차로수, 연평균 일교통량 등을 고려하여 설계시간계수와의 관계를 살펴보고 적정 확률분포모형 선정과 K 값을 추정하였다. 이 연구에서는 각 확률분포형을 최우도법을 이용하여 매개변수를 추정하였으며 적정 확률분포형의 결정은 chi-square 검정을 통하여 대상분포형의 기각유무를 판단하여 그 결과에 대해 우선순위를 정하여 적정 확률분포형을 선정하였다. 연구결과 지방부 2차로 및 4차로, 도시부, 관광부 도로의 적정 확률분포형은 각각 Pearson V, LogLogistic, LogLogistic, Extreme value 분포로 분석되었으며, 적정 K 계수는 각각 0.1~0.2, 0.09~0.14, 0.07~0.13, 0.1~0.2로 추정되었다.

하지만 이러한 연구들에서는 적정 K 계수에 대해서만 분석하였으며, K 값을 구하지 못하는 지점에 대하여 산출할 수 있는 방안들은 제시하지 않았다. K 값은 도로설계의 기초가 되는 교통량 자료로 K 값을 구할 수 없는 지점에 대해서는 그 값을 추정하여야 적용할 수 있다. 본 연구에서는 기존 연구에서 이용한 AADT를 포함하여 도로의 기능 및 통행특성을 파악할 수 있는 시간대별 교통량의 변동계수, 시간대별 교통량의 표준편차, 첨두시간교통량, 중차량비율, 주야율, 중방향계수 등을 추가하여 설계시간계수와의 관계를 분석하고, 이것을 토대로 하여 설계시간계수를 추정할 수 없는 수시조사 지점의 설계시간계수를 추정하는 방법에 관하여 연구하였다. 설계시간계수를 추정하기 위해서 상관분석과 회귀분석을 이용하였으며, 설계시간계수는 일반적으로 사용하고 있는 K_{30} 이라 가정하고 분석하였다. 일반적으로 사용하고 있는 도로용량편람의 설계시간계수를 사용하는 것은 도로를 도시부와 지방부로 구분할 수 있어야 하며 이것을 구분하는 기준은 실제로 모호하므로 보다 객관적인 방법으로 설계시간계수를 추정하는 방법이 필요할 것이라 판단된다.

3. 자료수집 및 특성

도로 교통량은 도로 시설물의 효용 척도로서 사용되며, 다른 지점과의 상대적인 비교를 통하여 각 도로 구간의 역할을 추정 평가할 수 있는 기준으로 사용된다.

일반국도의 교통량 조사는 크게 수시조사와 상시조사로 구

분된다. 수시조사는 기본 교통량 자료가 필요하다고 판단되는 모든 구간에 대하여 광범위하게 실시하는 조사로서, 전체적인 도로 이용 상황을 파악하기 위한 조사이다. 상시조사는 특정 지점에 고정식 조사 장비를 설치하여, 1년 이상의 장기간에 걸쳐 그 특정지점을 통과하는 차량 수를 측정하고 기록하는 조사이다. 수시조사는 이동식 조사 장비를 이용하여 지점별로 연 1회~5회 실시하며, 상시조사는 고정식 조사 장비를 이용하여 1년 365일 교통량을 모두 측정한다.

설계시간계수는 연평균 일교통량에 대한 설계시간교통량의 비율을 말하며 이 값은 도로설계의 기초가 되는 값이다. 일반적으로 도로 설계에서는 연중 30번째 높은 시간당 교통량을 이용한다.

그림 1은 도로 유형별로 30순위까지의 시간교통량 순위를 그래프로 나타낸 것이다. 관광부 도로의 AADT에 대한 시간교통량 비율은 다른 도로보다 높게 나타났으며, 15~20%에서 변곡점이 형성되는 것으로 나타났다. 지방부는 10~15%에서, 도시부는 10%부근에서 변곡점이 형성된 후 완만하게 감소되었다.

설계시간계수를 분석하기 위해서는 연간 8,760시간의 모든 시간 교통량을 관측해야만 정확한 값을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 연간 8,760시간의 교통량이 모두 관측된 2006년 도 일민국도 상시 교통량 조사 자료를 활용하였다. 조사지점은 총 339지점이며, 이 중 2차로 상의 지점이 104개, 4차로 상의 지점이 229이며, 4차로를 초과하는 도로상의 지점은 6개이다. 상시조사 지점을 차로별, AADT 수준별로 나눈

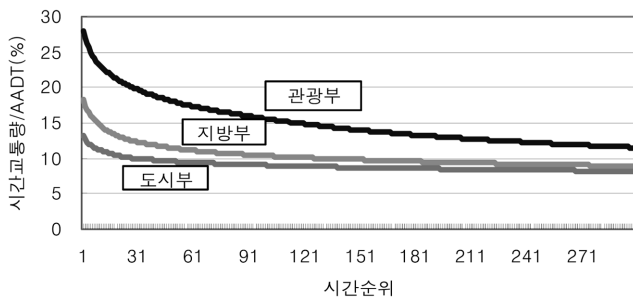


그림 1. 도로유형별 시간순위에 따른 설계시간교통량 변화

결과는 표 1과 같다.

상시조사 지점으로부터 수집될 수 있는 자료는 방향별 시간대별 교통량과 차종별 교통량이 있으며, 설계시간계수를 추정하기 위해서는 시간대별 교통량이 필요하다. 고속국도와 지방도의 수시조사는 10월 셋째 주 목요일에 시행하고 있으며, 일민국도의 수시조사는 휴가철과 명절을 제외한 3월~12월 중 평일에 조사한다. 본 연구에서는 수시조사 지점의 설계시간계수를 추정하고자 하므로 설계시간 계수를 추정하기 위하여 일민국도 상시조사 지점의 평일 교통량을 이용하여 분석하였다.

4. 설계시간계수 추정

4.1 분석방법

본 연구에서는 지점별로 적정 설계시간계수는 일반적으로 적용되고 있는 연평균 일교통량에 대한 30번째 시간순위 교통량의 비라고 가정하고 현재 일민국도 수시지점과 고속국도, 지방도, 국지도와 같이 상시조사장비가 설치되어 있지 않아 설계시간계수를 산출할 수 없는 도로에 대해서 설계시간계수를 산출하는 방법에 관하여 분석하였다. 설계시간계수를 산출하기 위해 이용된 변수들은 표 2와 같다.

수시조사에서 조사되는 방향별, 시간대별, 차종별 교통량 중 시간순위 교통량과 가장 밀접한 관계를 가지고 있는 항목은 시간대별 교통량이다. 만약 시간대별 교통량 1일치 24시간 교통량의 변동이 크다면 연간 8,760시간의 시간대별 교통량도 변동이 클 것이며, 이러한 경우 K_{30} 값 역시 크게 나타날 것이다. 또한 시간대별 교통량의 변동이 작다면 K_{30} 값은 작게 나타날 것이다. 여기서 시간대별 교통량의 변동은 설계시간계수와 밀접한 관계가 있을 것이라 예상되므로 시간대별 교통량의 변동을 설계시간계수 추정에 이용하였다. 각 조사지점별로 시간대별 교통량의 변동을 비교할 수 있어야 하므로 본 연구에서는 산포도(degree of scattering) 중 변수들의 평균에 따라 그 수준이 달라지는 표준편차에 평균을 나눔으로써 평균에 구애받지 않고 변수들의 변동을 비교할 수 있는 변동계수(Coefficient of Variance)를 이용하였다.

표 1. 대상 지점의 교통량 분포

차로수	AADT					
	0-1만	1만-2만	2만-3만	3만-4만	4만대 이상	계
2차로	94	7	-	-	-	101
4차로 이상	30	88	58	32	30	238
계	124	95	58	32	30	339

표 2. 설계시간계수 산출을 위해 이용된 변수

변 수	설 명	비 고
시간대별 교통량의 변동계수(Cov_{24h})	시간대별 교통량의 평균에 대한 표준편차의 비	시간대 변동
시간대별 교통량의 표준편차(Sd_{24h})	시간대별 교통량의 표준편차	시간대 변동
침두시간교통량(PH)	시간대별 교통량의 최대값	시간대 변동
중차량비율($HeavyV$)	전체 교통량에 대한 중차량 교통량의 비율	도로 특성
연평균 일교통량($AADT$)	일교통량의 평균	교통수요
주야율($DoyF$)	24시간교통량에 대한 주간교통량 비율	주간 특성
중방향계수($DirF$)	전체 교통량에 대한 중방향 교통량의 비율	도로 특성

시간대별 교통량의 변동계수는 시간대별 교통량의 산포도를 AADT와 관계없이 비교하기 위하여 사용하는 변수이다. 하지만 설계시간계수를 AADT를 이용하여 추정된 연구가 있었던 것을 감안하여 시간대별 교통량의 산포도에 AADT 수준을 감안한 시간대별 교통량의 표준편차도 설계시간계수를 추정하기 위한 변수로 사용하였다. 설계시간계수는 하루 중의 교통량 변화패턴, 특히 침투특성을 파악하여 도로 기하설계에 이용하기 위하여 필요한 교통지표이다. 이것은 설계시간계수가 침투시간교통량과 밀접한 관계가 있기 때문이라 짐작할 수 있으며 이에 본 연구에서는 침투시간교통량을 설계시간계수 추정에 이용하였다.

시간대별 변동과 밀접한 관계가 있는 세 가지 변수와 더불어 해당 도로의 공간적 특성을 파악할 수 있는 변수를 추가하여 독립변수로 이용하였다. 중차량비율과 AADT는 해당 도로가 도시부인지 지방부인지를 판단할 수 있는 지표이며 중방향계수는 다차로 도로를 설계할 때 특히 중요한 지표로서 해당 도로의 특성을 파악할 수 있는 지표이다. 또한 주야율은 시간대별 교통량 변동 뿐만 아니라 공간적 특성을 파악할 수 있는 변수이므로 설계시간계수를 추정하는 데 이용하였다.

본 연구에서는 수시조사 지점의 설계시간계수를 추정하기 위하여 시간대별 교통량의 변동계수, 시간대별 교통량의 표준편차, 침투시간교통량, 중차량비율, AADT, 주야율, 중방향계수를 독립변수로 하여 회귀분석하고, 그 결과 설명력이 높은 것을 기준으로 추정식을 검증하여 설계시간계수를 추정하였다.

4.2 분석결과

설계시간계수의 추정에 앞서 2006년 일반국도 상시조사 지점의 설계시간계수의 특성에 대하여 알아보았다. 표 3은 대상지점 339개 지점의 K_{30} 분포이다.

표 3. 대상지점의 K_{30} 값 분포

K_{30} 값 범위	빈도수
0~0.1	107
0.1~0.12	87
0.12~0.14	64
0.14~0.16	40
0.16~0.18	21
0.18~0.2	8
0.2~0.22	7
0.22~0.24	0
0.24 이상	5
계	339

미국의 도로용량편람에서 제시하는 일반적인 K_{30} 값으로 0.10~0.20으로 제시하고 있으며 우리나라의 도로용량편람에서도 0.07~0.18으로 설계시간계수를 제시하고 있다. 표 3에서 나타난 K_{30} 값의 분포로도 알 수 있듯이 대부분의 지점의 K_{30} 값이 0.2 이내에 포함되어 있다. K_{30} 값이 0.2 이상인 지점은 시간대별 변동이 AADT에 비해 너무 크거나 연휴기간 또는 휴가철 교통량에 영향을 크게 받는 지점으로 판단되

며, 이러한 지점들은 특이한 사항에 포함되므로 분석대상지점에서 제외하였다.

분석에 앞서 2006년 일반국도 상시조사 지점의 설계시간계수(K_{30})와 시간대별 교통량의 변동계수(Cov_{24h}), 시간대별 교통량의 표준편차(Sd_{24h}), 침투시간교통량(PH), 중차량비율, AADT, 주야율, 중방향계수 등을 지점별로 구하여 설계시간계수와 관계가 있다고 생각되는 변수들에 대하여 상관관계가 있는지를 먼저 알아보아야 한다. 그림 2는 설계시간계수(K_{30})와 각 변수들간의 산점도를 나타낸 것이다.

그림 2를 보면 알 수 있듯이 시간대별 교통량의 변동계수와 주야율은 K_{30} 과 양의 상관관계를 가지며, AADT와 시간대별 교통량의 표준편차, 침투시간교통량은 음의 상관관계를 가지는 것을 알 수 있다. 표 4는 K_{30} 과 시간대별 교통량의 변동계수, 시간대별 교통량의 표준편차, 침투시간교통량, 중차량비율, 주야율, AADT와 중방향계수의 상관계수를 나타낸 것이다.

그림 2와 표 4의 상관계수를 보면 중차량비율과 중방향계수는 K_{30} 값과 큰 상관성이 없는 것으로 나타났다. 또한 그림 2를 살펴보면 대부분의 지점에서 변수간의 관계가 직선이 아닌 곡선의 형태를 띠므로 회귀분석으로 분석을 할 경우 선형회귀분석과 곡선회귀분석을 동시에 적용시켜야 하며, 중차량비율과 중방향계수가 K_{30} 과 상관관계가 적다고 하여도 다른 독립변수와 상관관계가 있어 다중회귀분석에서 상관관계가 높아질 수 있으므로 전체 변수에 대해 다중회귀분석도 실시하였다. 설계시간계수 추정을 위하여 각 독립변수로 곡선회귀분석으로 분석한 결과 결정계수(R^2)가 높은 모형의 추정식을 정리한 것은 표 5와 같다.

표 5에 나타난 회귀분석의 추정식은 회귀분석에서 추정할 수 있는 선형모형과 곡선모형, 다중회귀모형 중 결정계수(Coefficient of Determination, R^2)가 다소 높은 모형들을 선별한 것이다. 시간대별 교통량의 표준편차와 침투시간교통량은 대수모형과 2차모형, 파워모형이 결정계수가 높았으며, AADT는 대수모형과 파워모형이 결정계수가 높은 것으로 나타났다. 또한 산점도에서 나타난 것과 같이 7가지 변수들과 설계시간계수의 그래프에서 모두 곡선형태를 띠는 것으로 나타났다. 회귀분석결과 선형회귀식보다 곡선회귀식이 결정계수가 더 높은 것으로 나타났다.

설계시간계수를 추정하기 위한 7가지 독립변수로 다중회귀분석을 시행한 결과 독립변수들간의 상관관계가 높은 변수들이 일부 있는 것으로 나타났다. 독립변수들 사이에 상관관계가 있는 현상을 다중공선성(multicollinearity)이라고 하며 이것은 다중회귀분석으로 분석을 할 경우 선형하여 분석해야 할 사항이다. 만약 어떤 독립변수가 다른 독립변수들의 선형결합으로 표현된다면 회귀계수를 추정할 수 없게 되거나 회귀계수를 추정함에 있어 매우 큰 오차가 유발되므로 이러한 경우 상관관계가 있는 변수를 제거하여 분석하여야 한다. 설계시간계수를 추정하기 위해 이용된 독립변수로 다중회귀분석을 시행하여 독립변수들간의 상관관계가 높은 일부 변수를 제거한 추정식은 표 5의 다중회귀식과 같다. 다중공선성 유무를 판단하는 분산팽창계수(VIF: variance inflation factor)를 살펴본 결과, 시간대별 교통량의 표준편차와 주야율, 중방향계수를 독립변수로 하였을 때 독립변수간

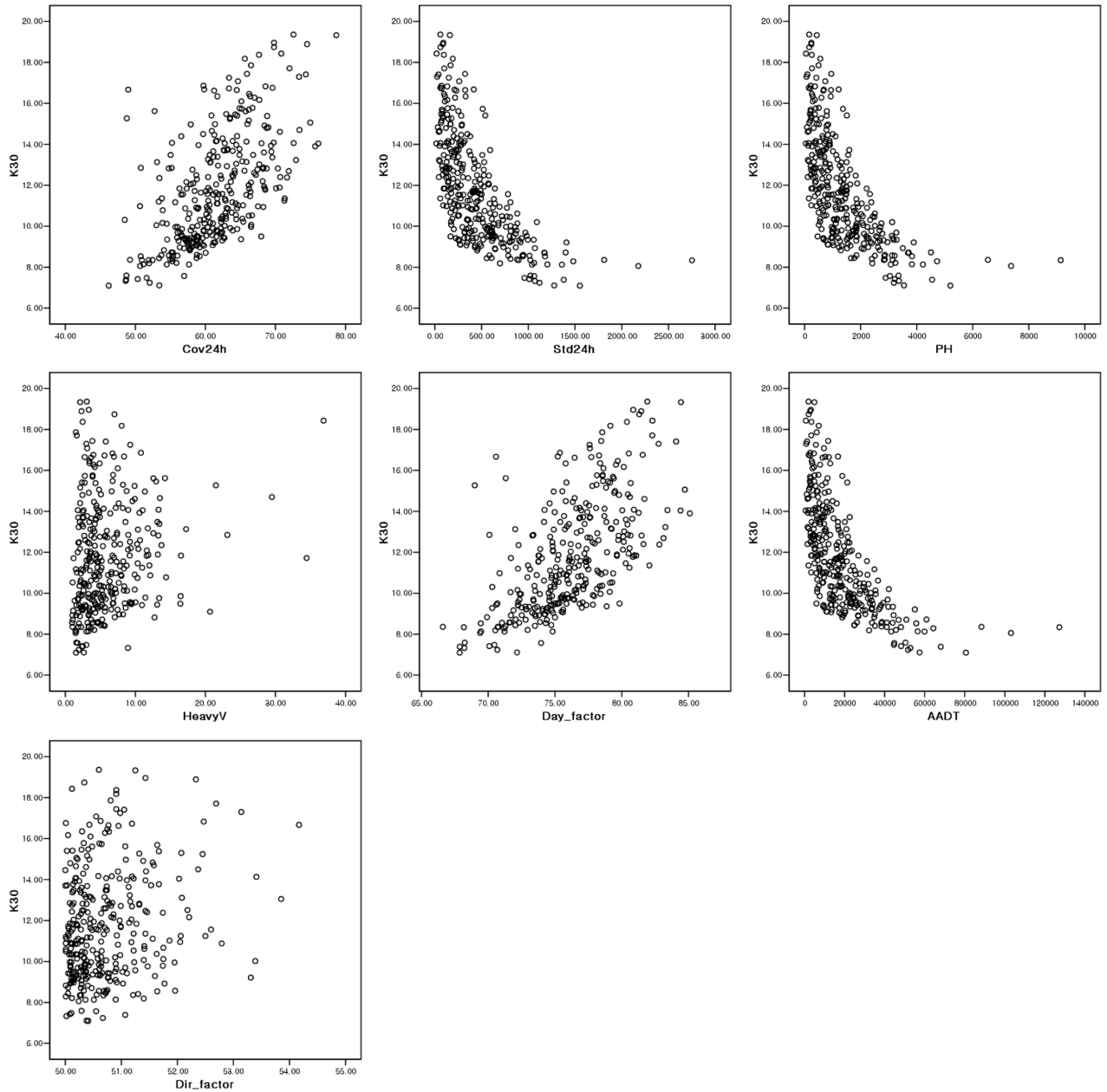


그림 2. 설계시간계수(K_{30})와 각 변수들간의 산점도

표 4. 설계시간계수와 각 변수들간의 상관계수(R)

구분	Cov_{24h}	Sd_{24h}	침투시간교통량 (PH)	중차량비율 (HeavyV)	주야율 (DoyF)	AADT	중방향계수 (DirF)
K_{30} 과의 상관계수	0.59	-0.66	-0.66	0.16	0.63	-0.65	0.21

표 5. 설계시간계수 추정을 위한 회귀분석 결과

변수	추정방법	추정식	R^2	t_{stat}				F_{stat}
				b_0	b_1	b_2	b_3	
Sd_{24h}	대수모형	$y=24.56-2.21\ln x$	0.521	35.7	-18.8			353.34
	2차모형	$y=15.06-0.009x+3\times 10^{-6}x^2$	0.524	70.02	-14.52	7.59		178.71
	파워모형	$y=33.7\times x^{-0.18}$	0.541	17.97	-19.58			383.43
PH	대수모형	$y=26.3-2.11\ln x$	0.529	34.24	-19.09			364.32
	2차모형	$y=14.93-0.003x+2.6\times 10^{-7}x^2$	0.533	73.61	-15.43	8.33		184.78
	파워모형	$y=39\times x^{-0.18}$	0.548	16.09	-19.87			394.75
AADT	대수모형	$y=31.4-2.08\ln x$	0.531	30.54	-19.19			368.26
	파워모형	$y=60.21\times x^{-0.18}$	0.554	12.06	-20.09			403.43
다중회귀		$y=-25.968-0.003Sd_{24h}+0.242DayF+0.409DirF$	0.502	-3.13	-7.91	5.53	2.67	108.38

의 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

5. 추정식 검증

본 절에서는 설계시간계수를 추정하기 위해 사용된 7가지 변수로 추정된 회귀식을 적용하여 오차가 적은 모형에 대하여 살펴보았다.

일반국도의 수시조사의 시간적 범위는 당해 연도 3월에서 12월 사이의 평일(월~금요일)을 택하여 조사하며, 고속국도와 지방도, 국가지원지방도의 수시조사는 당해 연도 10월 셋째주 목요일에 조사를 실시한다. 하지만 일반국도의 수시조사 날짜는 정해져있지 않으므로 추정식을 객관적으로 검증하기 위해서 본 연구에서는 고속국도와 지방도, 국가지원지방도의 수시조사 날짜인 10월 셋째주 목요일의 시간대별 교통량과 일교통량을 적용하여 검증하였다.

오차평가기준은 여러 가지가 있으며, 설계시간계수의 추정에는 설계시간계수 참값과 추정값의 차이가 가장 적은 추정식을 선택하여야 하므로 MAE(Mean Absolute Error)로 오차를 평가하였다. 오차평가기준 MAE의 식은 다음과 같다.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|$$

일반국도 상시조사 지점의 10월 셋째주 목요일의 시간대별 교통량과 일 교통량으로 설계시간계수를 추정하기 위해 사용된 7가지 변수를 계산할 수 있다. 계산된 변수(Cov_{24h} , Sd_{24h} , PH , 중차량비율, $AADT$, 주야율, 중방향계수)를 4장에서 추정된 회귀식에 적용하여 설계시간계수를 추정하고, 일반국도 상시조사 지점으로부터 구할 수 있는 설계시간계수(K_{30})의 참값을 비교하여 오차를 알아보았다. 수시조사에서 $AADT$ 를 구할수 없으므로 $AADT$ 대신 일교통량을 이용하였다. 각 추정식별로 MAE 값은 표 6과 같다.

추정된 회귀식과 오차를 비교한 결과, 시간대별 교통량의 표준편차를 독립변수로 한 대수모형과 침투시간교통량을 독립변수로 한 대수모형, $AADT$ 를 독립변수로 한 대수모형, 다중회귀모형의 MAE가 적은 것으로 나타났다. MAE가 적은 것으로 나타난 모형으로 K_{30} 값을 추정해보고 참값과 비교해 본 결과를 표로 정리 한 것은 표 7과 같다. 표 7은 네 가지 모형으로 추정된 추정값과 참값을 비교하여 어떤 모형이 오차가 적은지를 알아본 것이다.

표 7. 추정값의 비교 (단위 : 지점수)

순위	추정방법	Sd_{24h}	PH	$AADT$	다중회귀분석
1(min)		58	69	58	142
2		91	97	123	16
3		93	108	106	20
4(max)		85	53	40	149

분석결과 분석대상지점 327개 지점 중 142개 지점이 다중회귀분석으로 K_{30} 을 추정한 모형이 실제 K_{30} 과 오차가 적은 것으로 나타났으며 123개 지점이 $AADT$ 로 K_{30} 을 추정한 모형이 실제 K_{30} 과 오차가 적은 것으로 나타났다. 하지만 MAE는 다중회귀분석을 통한 K_{30} 을 추정한 방법보다 $AADT$ 를 이용하여 K_{30} 을 추정한 방법이 오차가 더 적게 나타났다. 다중회귀분석으로 추정한 결과는 오차가 가장 적거나 가장 큰 것으로 대비되어 다중회귀분석을 이용하여 추정한 것보다 $AADT$ 를 이용하여 추정하는 방법이 오차를 줄일 수 있으리라 판단된다.

그림 3은 추정된 회귀식 $y=31.4-2.08\ln x$ 의 그래프를 그린 것이고 그림 4는 2006년 상시조사 지점의 10월 3째주 목요일 일교통량과 K_{30} 값을 그래프로 나타낸 것이다. 그림 4를 보면 $AADT$ 와 K_{30} 의 산점도는 대체적으로 곡선형태를 띠고 있으며, 일교통량이 많을수록 K_{30} 값이 줄어드는 형태를 보이고 있다. 또한 그림 3을 살펴보면 독립변수가 커질수록 종속변수의 값이 적어지는 곡선형태를 띄는 것으로 나타났다.

일반적으로 설계시간계수는 우리나라 도로용량편람을 이용하고 있으며, 2차로 고속국도와 다차로 도시부도로는

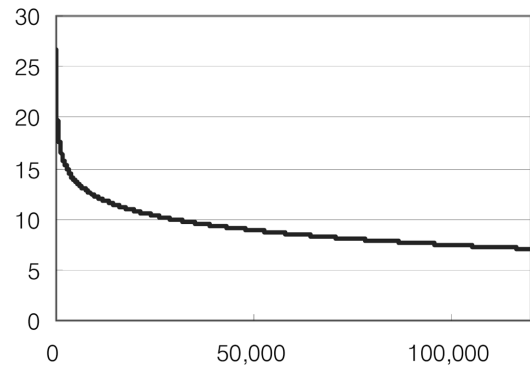


그림 3. 대수모형 그래프

표 6. 설계시간계수 추정을 위한 회귀분석 결과

변수	추정방법	추정식	R^2	MAE
Sd_{24h}	대수모형	$y=24.56-2.21\ln x$	0.521	1.463
	2차모형	$y=15.06-0.009x+3\times 10^{-6}x^2$	0.524	1.978
	파워모형	$y=33.7\times x^{-0.18}$	0.541	1.515
PH	대수모형	$y=26.3-2.11\ln x$	0.529	1.441
	2차모형	$y=14.93-0.003x+2.6\times 10^{-7}x^2$	0.533	1.507
	파워모형	$y=39\times x^{-0.18}$	0.548	1.471
$AADT$	대수모형	$y=31.4-2.08\ln x$	0.531	1.431
	파워모형	$y=60.21\times x^{-0.18}$	0.554	1.486
다중회귀		$y=-25.968-0.003Sd_{24h}+0.242DayF+0.409DirF$	0.502	1.497

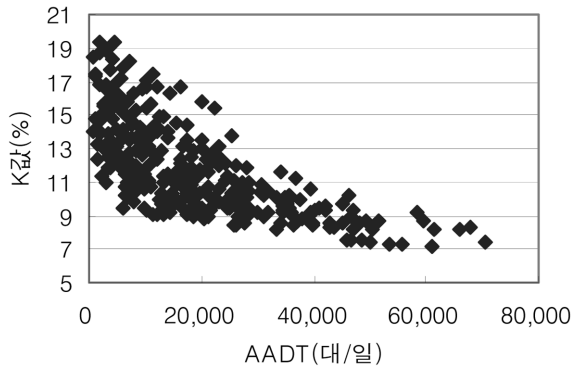


그림 4. AADT와 K_{30} 의 그래프

0.07~0.11, 2차로 일반국도와 지방부 다차로도로는 0.12~0.18의 설계시간계수를 제시하고 있다. 일반적으로 다차로 도시부도로는 2차로 일반국도와 지방부에 비해 AADT가 많은 편이며 이러한 점을 감안하였을 때 AADT와 설계시간계수는 반비례관계가 있다는 것을 알 수 있으며 추정식과 그래프에서도 두 변수는 반비례관계가 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서 적용한 7가지 변수 중 AADT로 설계시간계수를 추정한 대수모형이 결정계수가 높고, 추정식 검증 결과 오차가 적은 것으로 나타났다. 시간대별 교통량의 표준편차와 침투시간계수를 독립변수로 한 대수모형 역시 결정계수가 높고 오차가 적은 것으로 나타났지만, 추정식을 통하여 분석대상지점 327개 지점의 K_{30} 값을 추정한 추정값 중 AADT로 추정한 추정값들이 K_{30} 값에 가까운 지점들이 가장 많은 것으로 나타났다.

6. 결 론

본 연구에서는 설계시간계수를 구할 수 없는 수시조사 지점에 대해서 설계시간계수를 추정할 수 있는 방안에 대하여 연구하였다. 설계시간계수는 일반적으로 이용하는 AADT에 대한 30번째 시간 교통량의 비를 이용하였다. 설계시간계수를 추정하기 위하여 한국건설기술연구원에서 실시한 2006년도 일반국도 상시 교통량 조사 자료를 분석 자료로 활용하였다.

수시조사는 1년에 1회~5회 조사되며, 방향별 · 시간대별 · 차종별로 조사되고 있다. 설계시간계수는 시간대별 교통량과 밀접한 관계가 있으므로 수시조사로부터 얻을 수 있는 자료 중 시간대별 교통량의 특성을 대표할 수 있는 시간대별 교통량의 변동계수, 시간대별 교통량의 표준편차, 침투시간교통량, 주야율 그리고 일반적으로 설계시간계수 추정에 이용되는 AADT를 이용하여 설계시간계수를 추정하였다.

설계시간계수 추정을 위하여 회귀분석을 실시하기에 앞서 변수간의 상관관계를 알아보기 위하여 상관분석을 하였으며, 그 결과 상관계수가 대부분의 변수에서 ± 0.6 정도의 수준인 것으로 나타났다. 그 중 시간대별 교통량의 변동계수와 주야율은 양의 상관관계를 나타내었으며 시간대별 교통량의 표준편차와 침투시간교통량, AADT는 음의 상관관계를 나타내는 것으로 나타났다. 7가지 변수 모두 상관계수가 높게 나타나지 않았지만 산점도를 그려본 결과 대부분의 변수들이 곡선의 형태를 띠는 것으로 나타나 회귀분석을 실시할

경우, 선형회귀분석이 아닌 곡선회귀분석으로 분석하여야 하는 것으로 나타났다.

분석결과 설계시간계수를 추정하기 위해 선택한 7가지 변수 중 시간대별 교통량의 표준편차와 침투시간교통량, AADT가 설명력이 높은 것으로 나타났으며 추정된 회귀식은 표 8과 같다.

표 8. 설계시간계수 추정식

변수	추정방법	추정식	R^2	MAE
Sd_{24h}	대수모형	$y=24.56-2.21\ln x$	0.521	1.463
PH	대수모형	$y=26.3-2.11\ln x$	0.529	1.441
$AADT$	대수모형	$y=31.4-2.08\ln x$	0.531	1.431
다중회귀분석		$y=-25.968-0.003Sd_{24h}+0.242DayF+0.409DirF$	0.502	1.497

회귀분석결과 시간대별 교통량의 표준편차를 독립변수로 하여 분석한 대수모형과 침투시간교통량을 독립변수로 하여 분석한 대수모형, AADT를 독립변수로 하여 분석한 대수모형이 결정계수가 다소 높은 것으로 나타났다. 또한 이러한 변수의 10월 셋째주 목요일에 조사된 교통량 자료로 검증한 결과 MAE가 낮게 나타났으며 세 가지 회귀식 모두 결정계수와 MAE의 수준이 비슷한 것으로 나타났다.

추정식으로 K_{30} 을 추정하여 참값과 비교한 결과 분석대상 지점 327개 지점 중 142개 지점이 다중회귀분석으로 K_{30} 을 추정한 모형이 실제 K_{30} 과 오차가 적은 것으로 나타났으며 123개 지점이 AADT로 K_{30} 을 추정한 모형이 실제 K_{30} 과 오차가 적은 것으로 나타났다. 하지만 MAE는 다중회귀분석을 통한 K_{30} 을 추정한 방법보다 AADT를 이용하여 K_{30} 을 추정한 방법이 오차가 더 적게 나타났으며, 다중회귀분석으로 추정한 결과는 오차가 가장 적거나 가장 큰 것으로 대비되어 다중회귀분석을 이용하여 추정한 것보다 AADT를 이용하여 추정하는 방법이 오차를 줄일 수 있으리라 판단된다.

본 연구에서는 회귀분석을 이용하여 설계시간계수를 추정하였다. 추정된 회귀식으로부터 365일 조사가 불가능한 수시조사지점의 설계시간계수를 추정할 수 있을 것이며 이는 설계시간계수의 신뢰도를 높여 도로의 계획 및 설계시 투자 우선순위의 결정과 경제적 효율성 증대에 기여할 수 있을 것이라 판단된다. 하지만 본 연구에서는 시간대별 교통량의 변동계수, 시간대별 교통량의 표준편차, 침투시간교통량, AADT, 주야율, 중차량계수, 중방향계수 등 7가지 변수로만 분석하여 추정한 것에 한계점을 지니고 있다. 또한 조사지점의 일교통량의 변동계수가 클 경우 수시조사 날짜에 영향을 크게 받을 수 있어 오차가 커질 수 있다는 한계점을 가지고 있다. 위의 변수 외에 설계시간계수와 밀접한 관계를 가지고 있는 또다른 변수와 도로의 기능 및 지역 특성도 함께 고려되어야 할 것이다.

참고문헌

- 강근석 외 1인(1999) 회귀분석, 교우사.
- 건설교통부(2001) 도로용량편람.
- 건설교통부(2006) 도로교통량통계연보.

도철웅(1998) **교통공학원론**, 청문각.
 문미경 외 2인(2003) 설계시간교통량 산정방법 개선, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제21권 제5호, pp. 61-71.
 문미경 외 2인(2004) 설계서비스수준을 고려한 설계시간순위 결정방안(국도 4차로이상을 대상으로), **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제22권 제2호, pp. 55-63.
 박성현 외 2인(2004) **한글SPSS**, SPSS아카데미.
 임성한 외 3인(2003) AADT를 이용한 설계시간계수 추정, **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제23권 제1D호, pp 19-26.

조준한 외 3인(2006) 일반국도 설계시간계수의 적정 확률분포 선정 및 추정, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제24권 제6호, pp. 33-43.
 Highway Capacity Manual (2000) *Transportation Research Board*.
 Zhaobin Liu (2006) Predicting directional design hourly volume from statutory holiday traffic, *Transportation Research Record* No. 1968, pp. 30-39.

(접수일: 2007.8.6/심사일: 2007.9.3/심사완료일: 2008.2.13)