

## 일반국도 교통량조사의 조사 유형별 개선 방안

### A Study on Improving the National Highway Traffic Counts System : With Focus on Short Duration Counts and Continuous Counts

이상협\* · 하정아\*\* · 윤태관\*\*\*

Lee, Sang Hyup · Ha, Jung Ah · Yoon, Taekwan

#### Abstract

The national highway traffic counts system consists of short duration counts and continuous counts. Unlike continuous counts, short duration counts are performed by collection of a few days period and thus, the magnitude of deviation of collected data from AADT varies depending upon when data collection takes place. Therefore, this study was done to find out the best months and days of data collection of each highway classification in order to enhance the accuracy of AADT estimation. Continuous counts, another type of the national traffic counts system, are performed by collection of 365-day period using a permanent traffic counter. Therefore, it is necessary to keep the number of days for which the counter malfunctions to a minimum in order to enhance the accuracy of data. However, from time to time the permanent traffic counter malfunctions due to various causes and thus, cannot collect data. Therefore, this study was done to find out whether the age of counter, the ratio of heavy vehicle volume to total traffic volume, etc. could be the direct causes of counter's malfunction based on the number of maintenance for a certain time period.

**Keywords :** *traffic counts system, short duration counts, continuous counts, AADT, heavy vehicle*

#### 요 지

일반국도 교통량조사는 크게 수시조사와 상시조사로 나누어진다. 수시조사는 상시조사와 달리 표본조사로 시행되고 있으며 조사 시기에 따라 AADT에 대한 오차의 크기가 달라진다. 따라서 본 연구에서는 수시조사의 AADT 추정의 정확도를 높이기 위하여 도로 유형별로 AADT와의 오차가 작은 수시조사 시기를 파악하고자 하였다. 그리고 상시조사는 조사 지점에 설치되어 있는 장비의 고장이나 오작동 등으로 인하여 교통량 자료가 정상적으로 수집되지 않아 해당 지점의 교통량 변동을 제대로 파악할 수 없는 경우가 자주 발생한다. 따라서 본 연구에서는 장비 설치년도, 중차량 비율 등이 장비의 고장이나 오작동의 원인이 될 수 있는 지를 장비 유지보수 횟수와와의 상관관계 분석을 통하여 파악하고자 하였다.

**핵심용어 :** 교통량조사, 수시조사, 상시조사, AADT, 중차량

#### 1. 연구 배경 및 목적

도로교통량이란 도로의 특정 지점 또는 구간을 단위 시간 동안 통과하는 각종 차량의 수를 의미한다. 따라서 도로교통량조사(Traffic Counts)는 도로를 이용하는 각종 차량의 단위 시간 당 통과 대수를 종류별, 방향별 및 시간대별로 관측하는 조사이다. 조사된 도로교통량 자료는 도로 설계, 포장 설계, 도로 운영 및 유지관리 등에 폭넓게 이용되며 도로망 계획, 교통망 계획 및 교통관리 계획 수립을 위한 기초적 정보가 된다.

현재 우리나라에서는 국토해양부, 지방자치단체, 민간투자 도로주식회사, 한국도로공사 등이 도로교통량조사를 시행하

고 있지만 국토해양부의 도로교통량조사 이외에는 모두 산발적이며 소규모로 이루어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 국토해양부가 시행하고 있는 전국 규모의 도로교통량조사(National Traffic Counts)만을 논의의 대상으로 하였다.

국토해양부에서 시행하고 있는 도로교통량조사(이하 '교통량조사'로도 표현한다)는 크게 일반국도 수시조사(Short Duration Counts), 일반국도 상시조사(Continuous Counts), 그리고 고속국도와 국가지원지방도지방도에 대하여 10월 3째 주 목요일에 이루어지는 수시조사로 나누어진다. 10월 3째 주 목요일 수시조사는 1년에 단 하루 동안만 이루어지므로 본 연구의 논의의 대상에서 제외하였다.

일반국도 수시조사(이하 '수시조사'로도 표현한다)는 각 조

\*정회원 · 교신저자 · 한국건설기술연구원 연구위원 (E-mail : infohi2@hanmail.net)

\*\*정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 (E-mail : yally36@kict.re.kr)

\*\*\*정회원 · University of Tennessee at Knoxville 교통공학 박사과정 (E-mail : yoon0204@gmail.com)

사 지점에 이동식 교통량조사 장비(Portable Traffic Counter)를 설치하여 07:00시부터 익일 07:00시까지 24시간 동안 통과한 차량의 대수를 조사하는 것으로 동일 조사 지점에 대하여 1년에 1~5회 실시된다. 단, 차종조사(Vehicle Classification Counts)는 1회만 실시된다. 현재 국도 수시조사의 경우 조사 지점 인근에 상시조사 장비(Permanent Traffic Counter)가 설치되어 있지 않거나 상시조사 장비가 설치되어 있더라도 장비가 원활하게 가동되지 않는 경우가 꽤 있어 연평균일교통량(Annual Average Daily Traffic, AADT) 산정을 위한 보정계수 적용이 가능한 지점이 50~65% 정도에 불과하며 따라서 이들 조사 지점에 대하여는 조사된 교통량 즉, 관측 교통량으로 AADT를 추정해야 한다. 이 경우 조사를 언제 시행하였느냐에 따라 AADT가 변동될 수 있으므로 조사 시기를 선정할 때 AADT와 가장 유사한 교통량을 관측할 수 있는 시기를 선정하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 수시조사의 AADT 추정의 정확도를 높이기 위하여 AADT와의 오차가 작은 수시조사 시기를 파악하고자 하였다.

국도해양부에서 시행하고 있는 도로교통량조사의 또 하나의 유형인 일반국도 상시조사(이하 '상시조사'로도 표현한다)는 각 조사 지점에 고정식 교통량조사 장비(Permanent Traffic Counter)를 설치하여 1년 이상의 장기간에 걸쳐 그 지점을 통과한 차량의 차종별 대수 및 총 대수를 조사하는 것으로 해당 지점의 교통량 변동에 대하여 요일별, 월별, 계절별 특성 등을 포함하여 시계열적으로 파악하는 데 목적이 있다. 하지만 조사 지점에 설치되어 있는 장비의 고장이나 오작동 등으로 인하여 교통량 자료가 정상적으로 수집되지 않아 해당 지점의 교통량 변동을 제대로 파악할 수 없는 경우가 자주 발생한다. 따라서 본 연구에서는 장비 설치년도, 중차량 비율 등이 장비의 고장이나 오작동의 원인이 될 수 있는지를 장비 유지보수 횟수와 상관계 분석을 통하여 파악하고자 하였다.

## 2. 기존 수시조사 및 상시조사 현황

현재 일반국도의 수시조사는 상시조사와는 달리 표본조사로 시행되고 있으며 표본추출 시기에 따라 오차가 발생한다. 통계학적으로는 모집단에 대한 정보가 충분하지 않을 경우 무작위 표본 추출이 일반적으로 사용되는 방법이나 교통량의 경우 월별, 요일별, 시간대별 특성이 있고 수시조사 지점 인근에 상시조사 장비가 설치되어 있는 경우가 많아 이 장비가 산출하는 상시조사 자료를 이용하여 해당 조사 지점의 특성을 파악할 수 있으므로 단순 무작위 표본추출 즉, 무조건적인 조사 시기 선정은 적합하지 않다.

이것을 확인하기 위하여 2009 도로교통량 통계연보(국도해양부, 2010)의 일반국도 상시조사 지점을 대상으로 월별, 요일별 교통량 변동을 분석하였다. 그 결과 그림 1에서 볼 수 있듯이 1월, 2월, 3월, 12월의 월평균 일교통량은 AADT보다 적었고 반대로 4월, 5월, 8월, 9월, 10월의 월평균 일교통량은 AADT보다 많았다. 즉, 교통량의 월 변동성이 확인되었다. 또한 그림 2에서 볼 수 있듯이 일요일, 수요일의 교통량은 AADT보다 적었고 금요일과 토요일의 교통량은 AADT보다 많았다. 즉, 교통량의 요일 변동성이

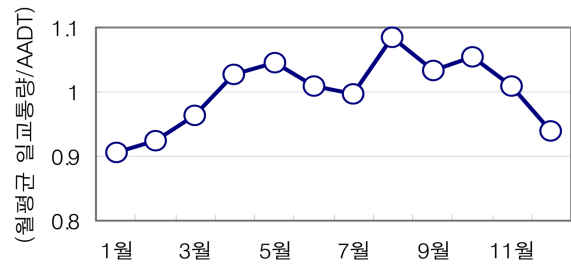


그림 1. 월별 교통량 패턴

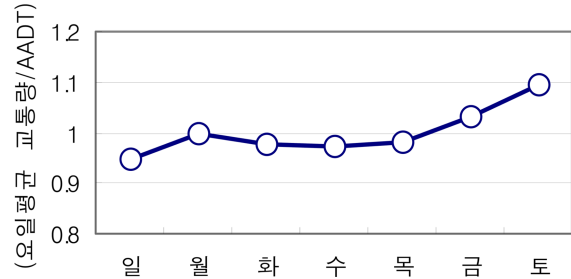


그림 2. 요일별 교통량 패턴

확인되었다.

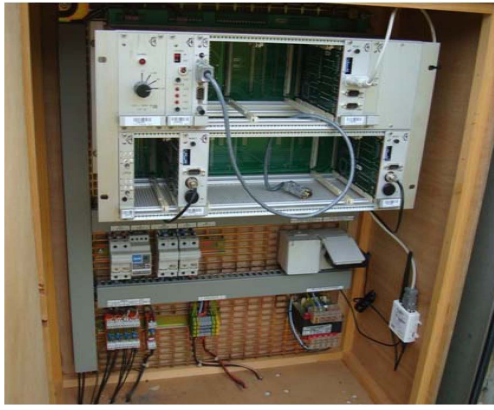
현재 일반국도의 상시조사는 고정식 장비를 설치하여 이 지점을 통과하는 차량의 차종별 대수를 관측하는 방식으로 이루어지고 있다. 이렇게 수집된 자료는 그 지점의 차종별 교통량의 변동을 월별, 요일별, 시간대별로 파악하는 데 이용되며 나아가서 월보정계수, 요일보정계수 등을 산출하는 데 사용된다.

표 1. 상시조사 장비의 산출 자료

	개별차량자료	교통정보	통계파일
내용	12개 차종별 교통량, 속도, 점유시간, 축수, 축거, 차량길이 등	30초, 1분, 5분, 15분, 1시간 등의 차로, 차종별 교통량, 평균속도 등	4개월까지의 월별, 일별, 방향별, 차로별, 차종별 교통량, 평균속도
활용 분야	도로교통량 통계연보 자료 보정, 장비 고장 및 오작동 파악	인터넷, ARS 등으로 교통정보 제공	도로교통량 통계연보 작성, 장비 고장 및 오작동 파악

일반국도에 설치되어 운영되고 있는 상시조사 장비는 크게 제어기부, 센서부, 통신부, 전원부로 나눌 수 있으며 이 중 장비의 유형을 구분짓는 것은 제어기부와 센서부이다. 제어기는 그림 3에서 보듯이 프랑스 ECM사(Electronique Controle Mesure)의 HESTIA 모델과 영국 TDC사(TDC Systems Ltd.)의 HI-TRAC 모델을 사용한다. 2011년 11월 말 기준으로 가동 중인 제어기 대수는 HESTIA 모델 319대와 HI-TRAC 모델 166대로 총 485대이다. 센서는 그림 4에서 보듯이 Loop-Piezo-Loop와 Piezp-Loop-Piezo의 두 가지 배치형태를 사용하며 Piezo 센서는 미국 MSI사(Measurement Specialities Inc.)의 Roadtrax BL Piezoelectric Traffic Sensor Class를 사용한다. 센서를 도로에 매설하기 위하여 Resin을 사용하는데 영국 Global Resins사(Global Resins Ltd.)의 폴리우레탄(Polyurethane) 성분의 PU-200을 사용한다.

앞에 언급한 제어기와 센서는 차량이 다니는 도로변과 도



ECM사의 HESTIA 제어기



TDC사의 HI-TRAC 제어기

그림 3. 상시조사 제어기 종류

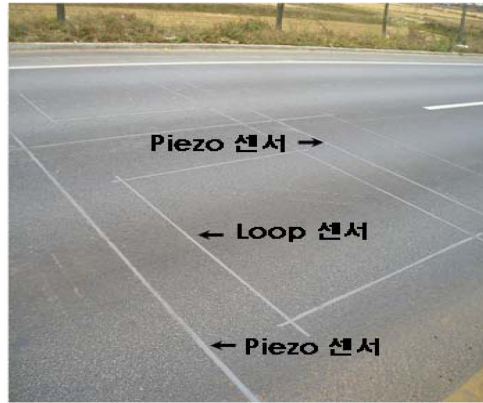
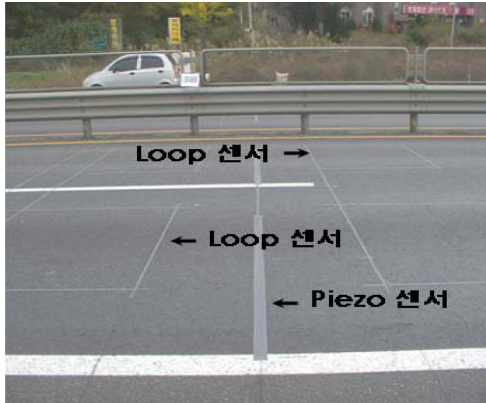


그림 4. 상시조사 장비 센서 배치형태

로표면에 설치되어 있어서 온도, 습도, 먼지, 진동, 벉락, 압력 등에 항상 노출되어 있다. 따라서 노후화가 빨리 진행되며 고장이 자주 발생하게 된다. 특히 도로표면에 매설된 센서는 도로 덧씌우기, 중차량으로 인한 도로 파손, 중앙분리대 설치 공사, 갓길에 가스관 또는 통신관로 매설 공사 등으로 인하여 파손되는 경우가 빈번하게 일어나며 일반국도의 경우 고속국도에 비하여 사용되는 포장재료의 질이 떨어져서 레진의 파손이 쉽게 일어나고 이는 곧 센서의 고장 또는 파손으로 이어지게 된다. 이처럼 제어기나 센서가 고장 나거나 파손될 경우 교통량 자료를 수집할 수 없거나 수집된다 하더라도 자료의 정확도가 저하될 수 있다. 따라서 고장이나 파손의 경우 신속한 보수와 고장 예방을 위한 정기적인 관리는 필수적이다.

### 3. 선행 연구 고찰

기존에 수시조사의 횟수에 따른 신뢰도 변화를 분석하여 조사 횟수를 지점별로 달리함으로써 조사에 드는 노력을 최소화하면서도 정확도를 제고하는 방법에 관한 연구가 몇몇 연구자에 의하여 이루어졌다.

김중훈 외(2002)는 조사 횟수 1~6회까지 횟수별로 신뢰도를 구하고, 회차별로 신뢰수준이 크게 증가하지 않는 단계를 적정 조사 횟수로 선정하였다. 그 결과 보정계수를 적용하고 1회 조사할 경우 AADT에 대한 오차가  $\pm 7.5\%$  이상 발생할 확률은 13.7%이며, 6회 조사할 경우는 1.7%라고 분석하였으며, 변동계수를 적용하지 않은 경우에  $\pm 7.5\%$ 의 오차 내에서 조사될 확률을 평균 90% 이상으로 유지하기 위해서는



Piezo 및 Loop 센서 파손



레진 파손



중앙분리대 이전으로 인한  
센서 위치 불량

그림 5. 센서 및 레진 파손 유형

최소 2회 이상의 조사가 필요하다고 하였다.

이승재 외(2002)는 기존 연구를 바탕으로 AADT 추정방법을 개선하고자 상시조사 지점을 클러스터링(Clustering)하였으며 전체적으로 월변동 요인만을 사용하여 군집 분석한 후 각 그룹에서 월별로 요일변동 요인을 구하여 추정된 AADT가 이전과 비교하여 훨씬 좋은 것으로 나타났다고 하였다.

하정아 외(2004)는 현재 교통량조사의 상시조사는 전수조사에 해당되고 수시조사는 표본조사에 해당됨에도 불구하고 수시조사가 도로 특성에 대한 고려 없이 일률적으로 연 1~5회 실시되고 있는 것은 조사의 효율성에 문제가 있다는 인식 하에 통계학적 접근방법을 통하여 일정 수준 이상의 신뢰도를 갖는 수시조사 자료의 수집이 가능하도록 하는 적정 수시조사 횟수의 산정이 가능하다고 하였다.

임성한 외(2005)는 일반국도 상시조사 지점 353개소의 2004년도 일교통량에 대한 분석을 바탕으로 일반국도 유형을 분류하는 방법을 제시하였는데 전체 상시조사 지점을 3가지 유형 즉, 관광부 도로, 지방부 도로, 도시부 도로로 분류하였다. 관광부 도로의 AADT는 7,000대, 지방부 도로는 11,000대, 도시부 도로는 30,000대로 나타났으며 중차량 비율은 지방부 도로가 14.7%로 도시부나 관광부 도로에 비하여 상대적으로 높게 나타났다고 하였다. 그리고 관광부 도로는 일요일 계수와 휴가철 계수가 지방부나 도시부 도로에 비하여 크게 높아 일요일 및 휴가철 교통량이 AADT보다 매우 많은 것으로 나타났다고 하였다. 또한 각 도로 유형별로 월별 변동과 요일별 변동에 차이가 나타났다고 하였다. 즉, 도시부 도로와 지방부 도로는 월별 변동이 관광부 도로에 비하여 크지 않은 것으로 나타났으며 요일별 변동 역시 도시부 도로와 지방부 도로가 관광부 도로에 비하여 크지 않은 것으로 나타났다고 하였다.

본 연구 2장과 3장의 내용을 토대로 교통량 자료의 특성과 수시조사의 오차율에 대하여 살펴본 결과, 교통량은 월별·요일별 변동성이 있는 것으로 나타났으며 또한 도로 유형별로 차이가 있는 것으로 파악되었다. 따라서 특정 수시조사 지점의 AADT를 추정할 때 조사 횟수뿐만 아니라 조사 시기에 따라 추정 값에 오차가 발생할 것으로 예상되므로 본 연구에서는 수시조사 업무 개선 방안의 일환으로 수시조사의 적정 시기에 대하여 검토하였다. 그러나 제이기부와 센서부에 초점을 맞춘 상시조사 업무 개선 관련 기존 연구 결과는 찾을 수가 없어서 본 절에서 그 내용을 언급하지 않았다.

#### 4. 연구 방법 및 분석 방법

그림 1과 2를 보면 월별 교통량은 6월, 7월, 11월이 AADT와 가까운 것으로 나타났으며 요일별 교통량은 월요일, 화요일, 목요일이 AADT와 가까운 것으로 나타났다. 하지만 이것은 월별, 요일별 특성이며 날짜별 특성이 아니므로 적정 수시조사 시기 선정을 위하여는 날짜별로 오차를 분석하여 365일 중 어떤 날짜가 AADT와 가장 가까운지를 파악하여야 한다. 이를 위하여는 먼저 AADT 추정값의 오차를 구하여야 하며 수시조사 시기에 따른 AADT의 추정값의 오차를 구하기 위하여는 AADT의 참값이 있어야 한다. 하

지만 현재 조사된 수시조사 자료는 AADT 추정값만 있으므로 수시조사 자료를 가지고는 오차의 분석이 불가능하다.

따라서 본 연구에서는 일반국도 상시조사 지점 중 365일 교통량이 모두 수집된 232개 지점에 대하여 각 지점별로 일별(이하 '날짜별'로도 표현한다) 교통량과 해당 지점의 AADT를 비교하여 오차를 구하고, 분석 대상 지점 전체에 대하여 오차가 작은 시기를 분석하였다. AADT와 관측한 날짜별 오차를 식으로 나타내면 식 (1)과 같다. 즉, 식 (1)은 대상지점 전체에 대하여 날짜별로 각 지점의 AADT와의 오차를 구한 값의 평균을 나타낸 것이다.

$$dailyErr = \frac{\sum_{spot=1}^{232} \frac{AADT_{spot} - dailyAADT_{spot}}{AADT_{spot}} \times 100(\%)}{232(\text{대상장비대수})} \quad (1)$$

dailyErr : 날짜별 오차

AADT<sub>spot</sub> : 지점별 AADT

dailyAADT<sub>spot</sub> : 지점별 날짜별 교통량

날짜별로 232개 지점의 교통량과 AADT의 오차를 비교하여 빈도분석을 실시한 결과는 그림 6과 같다. 즉, 365일 중 200일 정도는 평균 오차가 5~10%인 것으로 나타났으며 평균 오차가 5% 이내인 날짜는 없는 것으로 나타났다. 따라서 10%의 오차는 허용하기로 하였다.

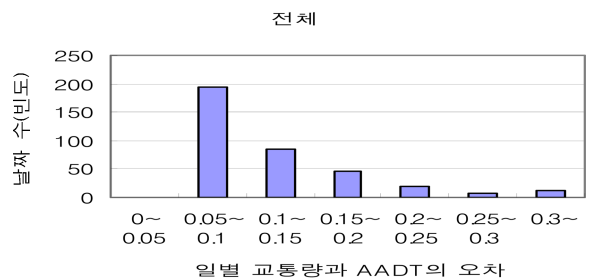


그림 6. 날짜별 오차 평균의 빈도 그래프(전체)

본 연구의 또 하나의 주제인 상시조사의 경우에는 고정식 교통량 조사장비가 설치되어 상시조사가 시행 중인 전 지점을 대상으로 2007년부터 2009년까지의 장비 고장 및 유지 보수 이력을 분석한 결과와 각 장비의 설치년도, 그리고 고정식 장비가 설치된 지점을 통과하는 중차량 비율과의 상관관계를 분석하였다. 설치년도 분석은 장비의 노후화 정도가 장비 고장과 상관관계가 있을 것이라는 가정을 뒷받침하기 위한 것이며 중차량 비율 분석은 중차량 통과대수가 도로에 매설된 Loop와 Piezo 센서의 파손과 상관관계가 있을 것이라는 가정을 뒷받침하기 위한 것이다.

#### 5. 분석 결과

##### 5.1 수시조사

분석 대상 지점 전체에 대하여 날짜별 교통량과 AADT의 오차를 비교한 결과 오차가 가장 작은 날짜는 2009년을 기준으로 8월 26일 수요일이었으며 오차의 평균은 5.7%인 것으로 나타났다. 하지만 이 날짜는 분석 대상 지점과 분석 연도에 따라 충분히 바뀔 수 있는 날짜이므로 대체적으로

오차가 작은 시기가 언제인 지를 분석해 보아야 한다. 표 2는 AADT와의 오차가 작은 순서로 정리한 것이다.

오차가 작은 날짜와 요일을 살펴보면 3월 7일 토요일 하루를 제외하고는 모두 평일이었으며 12월~2월은 없는 것으로 나타났다. 또한 AADT와의 오차가 작은 순으로 상위 10위 중 7위까지의 날짜가 하루를 제외하고는 7월과 8월에 분포되어 있으며 해당 날짜는 극성수기 전후인 것으로 나타났다. 그림 1의 월별 교통량 패턴을 살펴보면 6월과 7월이 AADT와 유사한 것으로 분석되었고 8월은 AADT와 차이가 있는 것으로 분석되었다. 하지만 6월 말~7월 초는 장마철인 경우가 많으며 7월 말~8월 초는 극성수기이어서 교통량의 변동이 심하다. 즉, 6월~8월의 월별 교통량의 평균은 해당 월 내에서도 변동이 크므로 실제로 월평균 교통량이 크게 의미가 없을 수 있을 것이다.

표 2. AADT와의 오차가 작은 날짜 순위(전체)

순위	날짜(요일)	순위	날짜(요일)	순위	날짜(요일)
1	8/26(수)	8	5/29(금)	15	11/09(월)
2	7/22(수)	9	10/05(월)	16	6/08(월)
3	7/03(금)	10	8/25(화)	17	4/24(금)
4	7/20(월)	11	7/23(목)	18	5/28(목)
5	3/07(토)	12	4/23(목)	19	9/07(월)
6	8/24(월)	13	10/29(목)	20	10/06(화)
7	8/20(목)	14	6/01(월)	21	6/18(목)

또한 교통량 패턴은 임성한 외(2005)가 제시한 도로의 유형 즉, 도시부, 지방부, 관광부 등에 따라 다를 수 있다.

### 5.1.1 도시부 도로

도시부 도로는 일반적으로 출퇴근 시간에 교통량이 집중되며 평일의 교통량이 주말보다 많은 편이다. 하지만 월별, 요일별 변동이 다른 도로에 비하여 적은 편이므로 다른 도로에 비하여 조사 시기에 의하여 크게 영향을 받지 않을 것이다. 그림 7은 전체 232개 지점 중 도시부 도로로 분류된 64개 지점에 대하여 일별 교통량과 AADT와의 오차를 비교하여 빈도분석을 실시한 결과이다. 즉, 365일 중 230일 정도는 평균 오차가 5~10%인 것으로 나타났으며 평균 오차가 5% 이내인 날짜도 많지는 않지만 존재하는 것으로 나타났다.

표 3에서 보듯이 도시부 도로의 경우 AADT와의 오차가 가장 작은 날짜는 극성수기인 7월 28일 화요일이었으며 오차의 평균은 3.9%이었다. 오차가 작은 날짜와 요일을 살펴보면 모두 평일이었으며 9월~1월은 없었다.

또한 도시부 도로는 오차가 작은 날짜가 2월~8월 사이에 골고루 존재하며 요일별로는 월요일~목요일 사이에 골고루 존재하는 등 월별, 요일별 교통량 변동이 크지 않았다. 그리고

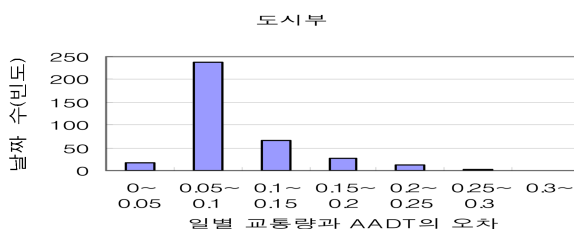


그림 7. 날짜별 오차 평균의 빈도 그래프(도시부 도로)

표 3. AADT와의 오차가 작은 날짜 순위(도시부 도로)

순위	날짜(요일)	순위	날짜(요일)	순위	날짜(요일)
1	7/28(화)	8	5/25(월)	15	7/22(수)
2	8/19(수)	9	4/02(목)	16	6/15(월)
3	3/30(월)	10	4/16(목)	17	2/27(금)
4	3/23(월)	11	2/23(월)	18	6/01(월)
5	2/26(목)	12	6/08(월)	19	6/25(목)
6	8/18(화)	13	4/15(수)	20	3/16(월)
7	7/20(월)	14	5/26(화)	21	4/23(목)

도시부 도로의 날짜별 오차 평균은 9% 정도로 전체 12%에 비하여 작은 편이었다. 특히 요일별 변동이 주말을 제외하고는 거의 1에 가깝게 나타나 주말을 제외하고 조사를 할 경우 조사 시기에 따른 영향을 크게 받지 않을 것이다.

### 5.1.2 지방부 도로

지방부 도로는 도시부 도로에 비하여 교통량이 적은 편이며 출퇴근 시간에 교통량이 집중되지 않고 낮 시간대의 교통량이 꾸준한 특성을 가진다. 그림 8은 전체 232개 지점 중 지방부 도로로 분류된 129개 지점에 대하여 일별 교통량과 AADT와의 오차를 비교하여 빈도분석을 실시한 결과이다. 즉, 365일 중 210일 정도는 평균 오차가 5~10%인 것으로 나타났으며 평균 오차가 5% 이내인 날짜는 없는 것으로 나타났다.

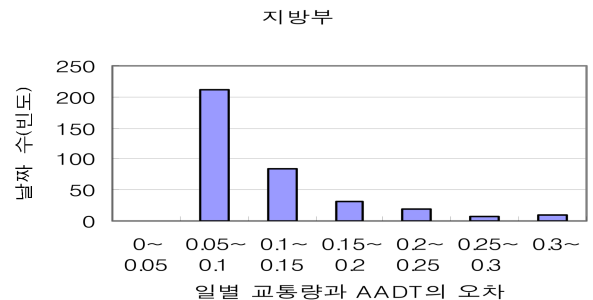


그림 8. 날짜별 오차 평균의 빈도 그래프(지방부 도로)

표 4에서 보듯이 지방부 도로의 경우 AADT와의 오차가 가장 작은 날짜는 3월 23일 월요일이었으며 오차의 평균은 5.0%이었다. 오차가 작은 날짜와 요일을 살펴보면 232개 지점 모두를 분석 대상으로 한 경우와 마찬가지로 3월 7일 토요일 하루를 제외하고는 모두 평일이었으며 12월~2월은 없었다.

또한 지방부 도로는 월별, 요일별 변동이 크지 않지만 도시부 도로에 비하면 약간 큰 편이었다. 즉, AADT와의 오차가 작은 날짜가 3월~11월에 모두 분포되어 있지만 3월과 7월~9월에 주로 분포되어 있으며 요일별로는 월, 목, 금요일에 주로 분포되어 있었다. 지방부 도로의 날짜별 오차 평균은 11%로 도시부 도로보다 다소 크게 나타났지만 전체에 비하여는 작은 것으로 나타났다. 따라서 12월~2월, 주말 및 공휴일을 제외하고 수시조사를 할 경우 조사 시기에 따른 영향을 크게 받지 않을 것이다. 다만 자료의 신뢰성을 조금 더 개선하기 위해서는 제반 여건이 허락하는 한 월요일과 목요일을 조사 날짜로 선정하는 것을 고려할 수 있을 것이다.

표 4. AADT와의 오차가 작은 날짜 순위(지방부 도로)

순위	날짜(요일)	순위	날짜(요일)	순위	날짜(요일)
1	03/23(월)	8	03/07(토)	15	03/16(월)
2	07/03(금)	9	08/31(월)	16	07/10(금)
3	08/26(수)	10	09/09(수)	17	06/01(월)
4	11/09(월)	11	11/16(월)	18	03/25(수)
5	10/06(화)	12	08/20(목)	19	04/24(금)
6	07/22(수)	13	03/20(금)	20	09/02(수)
7	09/21(월)	14	05/29(금)	21	04/15(수)

5.1.3 관광부 도로

관광부 도로는 도시부 도로와 반대로 주중의 교통량이 적고 주말의 교통량이 많으며 공휴일, 휴가철 등에 의한 영향을 많이 받는 특성을 가지고 있다. 그림 9는 분석대상 232개 지점 중 관광부 도로로 분류된 39개 지점에 대하여 일별 교통량과 AADT와의 오차를 비교하여 빈도분석을 실시한 결과이다. 즉, 365일 중 110일 정도는 평균 오차가 10~15%인 것으로 나타났으며 오차가 30% 이상인 날도 45일 정도 되는 등 AADT와의 오차가 큰 날들이 많았다고 나타났다.

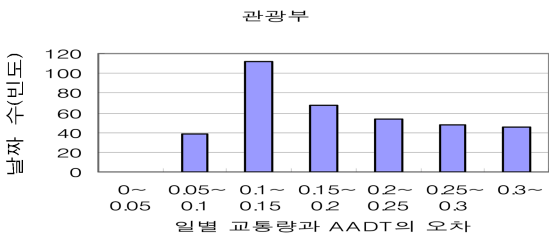


그림 9. 날짜별 오차 평균의 빈도 그래프(지방부 도로)

표 5에서 보듯이 관광부 도로의 경우 AADT와의 오차가 가장 작은 날짜는 11월 6일 금요일이었으며 오차의 평균은 6.0%이었다. 오차가 작은 날짜와 요일을 살펴보면 도시부 도로나 지방부 도로와는 달리 금요일이 가장 많았으며 4월~11월에 모두 분포되어 있었다. 하지만 8월~10월에 주로 분포되어 있었고 극성수기는 제외되어 있었다. 즉, 극성수기 전후인 8월 24일, 8월 25일, 8월 28일, 7월 20일, 8월 26일과 공휴일 전일인 금요일의 교통량이 AADT에 근접한 것으로 나타났다. 다시 말하면 평일 및 비휴가철에는 교통량이 적고 휴일 및 휴가철에는 교통량이 많아 AADT와의 오차가 크고, 교통량이 적은 시기에서 많아지려고 하는 시기인 휴가철 전후와 금요일의 교통량이 AADT와 유사하게 나타났다.

표 5. AADT와의 오차가 작은 날짜 순위(관광부 도로)

순위	날짜(요일)	순위	날짜(요일)	순위	날짜(요일)
1	11/06(금)	8	09/18(금)	15	07/03(금)
2	10/05(월)	9	08/28(금)	16	07/20(월)
3	08/24(월)	10	06/19(금)	17	10/29(목)
4	08/25(화)	11	10/30(금)	18	10/09(금)
5	04/17(금)	12	09/11(금)	19	08/26(수)
6	09/04(금)	13	05/22(금)	20	04/10(금)
7	09/25(금)	14	06/05(금)	21	06/12(금)

따라서 관광부 도로의 경우에는 앞에서 언급된 도시부 도로나 지방부 도로와 달리 월별, 요일별 변동이 상당히 크므로 수시조사 시기의 선정에 특별히 유의해야 할 것이다. 즉, 제반 여건이 허락한다면 8월~10월과 금요일을 조사 날짜로 선정하는 것을 고려할 수 있을 것이다.

5.2 상시조사

상시조사의 경우 2007년부터 2009년까지 고정식 교통량 조사 장비의 유지보수 횟수를 살펴보면 10~19회가 약 57%를 차지하였으며 20회 이상도 20%의 비율로 나타나 10회 이상 유지보수를 한 장비가 약 77%로 나타났다. 20회 이상 유지보수나 합은 1년에 적어도 7회 이상, 즉, 2달에 한 번꼴로 상시조사 장비를 유지보수 했다는 것을 의미하는데 이것을 장비 작동의 관점에서 보면 2달에 한 번꼴로 장비의 작동이 멈추거나 오작동이 발생하여 교통량 자료를 아예 생성하지 못하였거나 생성하였다 하더라도 정상적이지 못한 자료를 생성하였다는 의미가 될 수 있다.

2007-2009 고정식 교통량조사 장비 유지보수 횟수

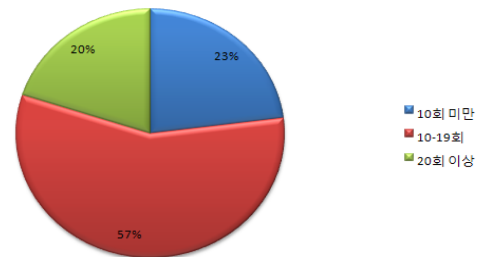


그림 10. 장비 유지보수 횟수 비율 (2007년~2009년)

앞에서 언급하였듯이 현재 일반국도에 설치되어 운영되고 있는 상시조사 장비는 크게 센서부, 제어기부, 통신부, 전원부로 구성되어 있으며 따라서 상시조사 장비의 고장 또는 오작동의 원인을 4가지, 즉, 센서 고장, 제어기 고장, 통신 고장, 전원 고장으로 구분할 수 있다. 센서 고장은 도로에 매설되어 있는 Loop 센서와 Piezo 센서가 차량 존재, 차량 길이, 차축 수 등을 정확하게 검지하지 못하거나 아예 검지하지 못하는 상태를 의미한다. 이러한 센서 고장은 교통량과 중차량 비율에 따라 큰 영향을 받을 수 있는데 이는 장비 설치지점을 통과하는 차량의 대수가 많을수록 도로에 매설되어 있는 Loop 센서와 Piezo 센서에 충격을 가하는 빈도가 수가 커지고 또한 통과하는 차량 중 무게가 많이 나가는 화물차 대수가 많을수록 Loop 센서와 Piezo 센서에 강한 충격을 가하게 되어 센서의 기능을 빨리 저하시키거나 고장을 유발하게 된다. 또한 도로포장의 균열, 침하 등 도로 포장 상태가 좋지 않을 경우에는 센서의 고장이 더욱 빨라지게 된다.

제어기 고장은 센서에서 검지한 차량 대수, 차량 길이, 차축 수 등에 관한 전기적 신호들이 제어기에서 교통 자료로 제대로 처리되지 못하는 상태를 의미한다. 이러한 제어기 고장은 여러 가지 요인들에 의하여 영향을 받을 수 있는데 예를 들면 신호처리보드 등 구성부품이 오랜 기간 사용되어 노후화되거나, 먼지, 열, 추위, 습기 등에 오랜 기간 노출되어 관련 회로들이 단선이 되거나, 전기적 쇼크, 벡락 등에

의하여 보드의 구성부품들이 완전히 타버리는 경우들이다. 또한 제어기를 구성하고 있는 Loop 신호처리보드, Piezo 신호처리보드, 연산처리보드들 간의 인터페이스가 원활하지 못하게 되어 제어기의 리셋(Reset)이 필요하게 되는 경우도 여기에 해당한다.

통신 고장은 제어기에서 신호처리된 교통 자료가 센터의 서버에 제대로 전송되지 못하는 상태를 의미한다. 이러한 통신 고장은 여러 가지 요인들에 의하여 영향을 받을 수 있는데 예를 들면 통신용 모뎀의 회로기판 등 구성부품이 오랜 기간 사용되어 노후화되거나 열악한 환경에 오랜 기간 노출되어 관련 회로들이 단선이 되거나, 전기적 쇼크, 베타 등에 의하여 보드의 구성부품들이 완전히 타버리는 경우들이다. 또한 모뎀에 내장된 프로그램이 엷혀버려서 프로그램의 재입력이 필요하게 되는 경우도 여기에 해당한다.

전원 고장은 전신주로부터 제어기에 전력 공급이 제대로 되지 않아 제어기, 통신용 모뎀 등이 작동을 멈춰버리는 상태를 의미한다. 이러한 전원 고장은 여러 가지 요인들에 의하여 영향을 받을 수 있는데 예를 들면 전신주로부터 제어기에 연결된 전선이 통신관로나 가스관 매설공사로 인하여 끊어지는 경우이다.

전원 고장의 경우는 장비의 노후화 정도, 중차량 비율 등이 직접적인 원인이 될 수 없으므로 본 연구의 논의 대상에서 제외하였다. 다시 말해서 본 연구에서는 장비의 노후화 정도, 중차량 비율 등이 직접적인 고장의 원인이 될 것으로 추정되는 센서 고장, 제어기 고장, 통신 고장의 경우만을 논의의 대상으로 하였다. 단, 본 연구에서는 이 3 가지 고장 각각에 대한 유지보수 횟수를 산정할 수 있는 자료를 구할 수 없어서 3 가지 고장에 대한 유지보수를 한꺼번에 묶어서 자료를 이용하였다.

상시조사 장비의 반복적 고장의 원인으로 쉽게 머리에 떠올릴 수 있는 것은 노후화이다. 즉, 장비의 내용 연수가 오래되어 센서부, 제어기부, 통신부를 구성하고 있는 부품들이 여러 가지 이유로 기능이 저하되어 제 역할을 하지 못하거나 망가지는 경우이다. 장비의 노후화가 고장 발생 즉, 유지보수 횟수에 미치는 영향을 파악하기 위하여 제어기, 통신모뎀, 센서의 설치·매설년도와 유지보수 횟수의 관계를 분석하였다. 그 결과 표 6에서 보듯이 고장 발생 빈도가 높을수록 즉, 유지보수 횟수가 많을수록 장비의 평균 설치년도가 오래된 것으로 나타났다. 부연하여 설명하면 유지보수 횟수가 0~5회로 적은 장비의 경우 평균 설치년도가 2001년으로 설치 후 6~8년이 지난 장비이며 유지보수 횟수가 6~10회인 장비의 경우 평균 설치년도가 1997년으로 유지보수 횟수가 0~5회인 장비보다 4년 오래된 장비이었다. 2007년~2009년 3년간 유지보수 횟수가 30회 이상인 장비는 평균 설치년도가 1996년 중반으로 10.5년 이상된 장비이었다. 그림 10에서 보듯이 상시조사 장비는 설치 후 10년이 지나면 3년 간 유지보수 횟수가 10회 이상이 되었다.

표 6. 유지보수 횟수와 장비의 평균 설치년도의 관계

유지보수 횟수	0~5회	~10회	~15회	~20회	~25회	~30회
평균 설치년도	2001	1997	1996.9	1996.9	1996.8	1996.5

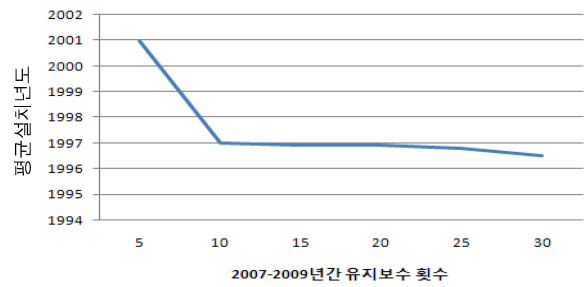


그림 11. 장비 유지보수 횟수에 따른 평균 설치년도

지금까지 상시조사 장비의 반복적 고장의 원인으로 가장 쉽게 머리에 떠올릴 수 있는 노후화 즉, 장비의 설치년도에 대하여 살펴보았다. 또 다른 반복적 고장의 원인으로 머리에 떠올릴 수 있는 것은 중차량의 통행량일 것이다. 왜냐하면 무게가 많이 나가는 화물차와 같은 차량이 도로 위를 달릴 경우 반복적인 동적 하중(Dynamic Load)에 의하여 도로포장이 손상되고 이는 나아가서 매설된 센서의 고장으로 이어질 수 있으리라 추측할 수 있기 때문이다. 이러한 추측의 타당성 여부를 검증하기 위하여 2007년~2009년 기간의 중차량 비율과 유지보수 횟수의 상관관계를 분석하였다. 분석 결과 표 7에서 보듯이 이 둘의 관계는 완전한 선형(Linear) 관계는 아니고 등락이 조금 있기는 하지만 대체로 중차량 비율이 높은 장비가 유지보수 횟수가 많은 것으로 나타났다.

표 7. 유지보수 횟수와 중차량 비율의 관계(2007년~2009년)

유지보수 횟수	0~5회	~10회	~15회	~20회	~25회	~30회
평균 중차량 비율	4.82%	4.63%	5.86%	5.57%	5.99%	6.60%

## 6. 결론 및 향후 연구과제

### 6.1 수시조사

현재 일민국도 수시조사의 경우 조사 지점 인근에 상시조사 장비가 설치되어 있지 않거나 상시조사 장비가 설치되어 있더라도 장비가 원활하게 가동되지 않는 경우가 꽤 있어 AADT 산정을 위한 보정계수 적용이 가능한 지점이 50~65% 정도에 불과하며 따라서 이들 조사 지점에 대하여는 조사된 교통량 즉, 관측교통량으로 AADT를 추정해야 한다. 이 경우 조사를 언제 시행하였느냐에 따라 AADT가 변동될 수 있으므로 조사 시기를 선정할 때 AADT와 가장 유사한 교통량을 관측할 수 있는 시기를 선정하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 수시조사의 AADT 추정의 정확도를 높이기 위하여 도로 유형별로 AADT와의 오차가 작은 수시조사 시기를 파악하고자 하였다.

먼저, 도시부 도로는 오차가 작은 날짜가 2월~8월 사이에 골고루 존재하며 요일별로는 월요일~목요일 사이에 골고루 존재하는 등 월별, 요일별 교통량 변동이 크지 않았다. 그리고 도시부 도로의 날짜별 오차 평균은 9% 정도로 전체 12%에 비하여 작은 편이었다. 특히 요일별 변동이 주말을 제외하고는 거의 1에 가깝게 나타나 주말을 제외하고 조사

를 할 경우 조사 시기에 따른 영향을 크게 받지 않을 것이다.

또한 지방부 도로는 월별, 요일별 변동이 크지 않지만 도시부 도로에 비하면 약간 큰 편이었다. 즉, AADT와의 오차가 작은 날짜가 3월~11월에 모두 분포되어 있지만 3월과 7월~9월에 주로 분포되어 있으며 요일별로는 월, 목, 금요일에 주로 분포되어 있었다. 지방부 도로의 날짜별 오차 평균은 11%로 도시부 도로보다 다소 크게 나타났지만 전체에 비하여는 작은 것으로 나타났다. 따라서 12월~2월, 주말 및 공휴일을 제외하고 수시조사를 할 경우 조사 시기에 따른 영향을 크게 받지 않을 것이다. 다만 자료의 신뢰성을 조금 더 개선하기 위한다면 제반 여건이 허락하는 한 월요일과 목요일을 조사 날짜로 선정하는 것을 고려할 수 있을 것이다.

관광부 도로의 경우에는 평일 및 비휴가철에는 교통량이 적고 휴일 및 휴가철에는 교통량이 많아 AADT와의 오차가 크고, 교통량이 적은 시기에서 많아지려고 하는 시기인 휴가철 전후와 금요일의 교통량이 AADT와 유사하게 나타났다. 따라서 관광부 도로의 경우에는 앞에서 언급된 도시부 도로나 지방부 도로와 달리 월별, 요일별 변동이 상당히 크므로 수시조사 시기의 선정에 특별히 유념해야 할 것이다. 즉, 제반 여건이 허락한다면 8월~10월과 금요일을 조사 날짜로 선정하는 것을 고려할 수 있을 것이다.

요약하면, 도시부 도로와 지방부 도로는 12월~2월을 제외한 평일 교통량이 AADT와 오차가 작게 나타난 반면 관광부 도로는 휴가철 전후의 교통량과 금요일 교통량이 AADT와 가장 근접한 것으로 나타났다. 그러므로 일반국도 수시조사 전체 AADT 추정의 정확도를 높이기 위하여는 수시조사 계획 수립 시 먼저 관광부 도로의 조사 시기를 휴가철 전후나 금요일로 선정하고, 그 다음 지방부 도로와 도시부 도로에 대하여 12월~2월을 제외한 평일을 기준으로 조사일시를 선정하는 것이 바람직할 것이다.

본 연구의 한계점으로는 여러 해의 상시조사 지점 교통량 자료를 가지고 분석하지 못하고 2009년 한 해의 상시조사 지점의 교통량 자료만으로 분석하였다는 점과 해당 수시조사 지점의 도로유형을 판단할 객관적 근거가 부족하여 조사 계획 수립 시 주관이 개입되어야 한다는 점을 들 수 있다. 그럼에도 불구하고 조사된 자료를 이용하여 지점별로 단 1회를 조사하더라도 오차를 최소화할 수 있도록 AADT와 교통량이 유사한 조사 시기가 언제인지 분석하였다는 점에 상당한 의의가 있다. 추후 수시조사로 관측 가능한 지점별, 방향별, 시간대별 교통량만으로 도로유형을 판단할 수 있는 방법과 과거 10년 이상의 상시조사 교통량 자료를 이용하여 폭넓게 분석하면 수시조사의 정확도를 더욱 더 높일 수 있을 것이다.

## 6.2 상시조사

일반국도 상시조사는 조사 지점에 설치되어 있는 장비의

고장이나 오작동 등으로 인하여 교통량 자료가 정상적으로 수집되지 않아 해당 지점의 교통량 변동을 제대로 파악할 수 없는 경우가 자주 발생한다. 따라서 본 연구에서는 장비 설치년도, 중차량 비율 등이 장비의 고장이나 오작동의 원인이 될 수 있는지를 장비 유지보수 횟수와 상관계 분석을 통하여 파악하고자 하였다.

먼저, 장비의 평균 설치년도가 오래될수록 고장 발생 빈도가 높은 것으로 즉, 유지보수 횟수가 많은 것으로 나타났다. 부연하여 설명하면 평균 설치년도가 2001년으로 설치 후 6~8년이 지난 장비는 유지보수 횟수가 0~5회로 나타났으며 이보다 4년 오래된 평균 설치년도가 1997년인 장비의 경우는 유지보수 횟수가 6~10회인 것으로 나타났다. 또한 평균 설치년도가 1996년 중반으로 10.5년 이상된 장비는 유지보수 횟수가 30회 이상으로 나타났다.

다음으로 중차량의 통행이 많을수록 센서의 고장이 많은 것으로 즉, 유지보수 횟수가 많은 것으로 나타났다. 부연하여 설명하면 평균 중차량 비율이 5%를 넘을 경우 유지보수 횟수가 10회를 초과하는 것으로 나타났으며 6%를 넘을 경우는 25회를 초과하는 것으로 나타났다.

본 연구의 한계점으로는 장비 고장의 원인이 다양할 수 있음에도 불구하고 자료 수집의 한계 등으로 인하여 2가지 원인에 대한 분석만이 이루어졌다는 점과 센서 고장 등의 경우에는 중차량 비율만이 아니라 도로 포장상태와 포장년도 등도 그 원인이 될 수 있지만 이에 대한 분석이 이루어지지 않았다는 점을 들 수 있다. 그럼에도 불구하고 상시조사 장비 고장의 원인을 체계적으로 파악하고자 시도하였다는 점에 상당한 의의가 있다. 추후 고장의 원인을 조금 더 정확하게 파악할 수 있도록 다양한 고장 원인과 다양한 유지보수 종류들 간의 상관관계 분석을 시도할 필요가 있으며 이를 토대로 장비의 고장을 미연에 방지하여 신뢰도와 가동율을 높일 수 있을 것이다.

본 논문은 2010년 한국ITS학회 추계학술대회에 발표된 논문의 내용을 대폭 수정·보완하여 대한토목학회논문집 국문 논문 작성요령에 의거하여 재작성된 것입니다.

## 참고문헌

- 국토해양부(2010) 2009 도로교통량 통계연보.
- 김종훈, 변상철, 문학룡(2002) 제6회 한중국제교통심포지움 논문집. 이승재, 백남철, 권희정(2002) 단기조사 교통량을 이용한 AADT 추정 연구, 대한교통학회지, 대한교통학회, Vol. 20, No. 6, pp. 59-68.
- 임성한, 하정아, 오주삼(2005) 요인분석을 활용한 일반국도 유형 분류, 한국도로학회 논문집, 한국도로학회, 제7권 제3호.
- 하정아, 임성한, 오주삼, 김현석(2004) 적정 교통량조사 횟수 산정에 관한 연구, 2004 대한토목학회 정기학술대회, 대한토목학회.

(접수일: 2012.1.4/심사일: 2012.1.12/심사완료일: 2012.2.14)