

강우 강도에 따른 일반국도 지방부 도로의 교통량 변동 특성

Provincial Road in National Highway Traffic Volume Variation According to Rainfall Intensity

김태운, 오주삼

한국건설기술연구원 ICT 융합연구소

Tae-woon Kim(climb@kict.re.kr), Ju-sam Oh(jusam@kict.re.kr)

요약

기존 교통량 관련 연구는 기상이 양호한 상태에서 진행하였거나 기상에 대한 영향을 제외한 경우가 대부분이다. 이에 본 연구에서는 강우 강도 따른 일반국도 지방부 지역에서 교통량 변동 특성 및 강우 보정계수를 제시하였다. 일반국도 상시 교통량 조사지점과 자동기상관측 장비 지점을 매칭한 후 지방부 도로에 설치된 256 지점을 선정하여 분석하였다. 평균 일교통량(ADT: Average Daily Traffic) 및 강우 보정계수의 분석결과 평일의 경우 업무통행으로 인하여 강우의 영향을 적게 받으며, 비평일의 경우 여가통행으로 강우의 영향을 상대적으로 많이 받는 것으로 나타났다. 강우 보정계수를 적용하여 연평균 일교통량(AADT: Annual Average Daily Traffic) 추정 시 오차율이 줄어드는 것으로 분석되어 AADT 추정 시 강우에 대한 고려가 필요하다. 강우는 평균 일교통량을 감소시키는 요인으로 작용함에 따라 도로의 설계 및 운영을 위해 강우 강도를 고려한 지속적인 연구가 필요하다.

■ 중심어 : 일반국도 | 강우 강도 | 평균 일교통량 | 지방부 도로 | 분산분석 | 강우 보정계수 |

Abstract

Existing relative researches for traffic were studied under favorable weather or excluding impact of weather. This study present traffic volume variation according to rainfall intensity in national highway provincial road and rainfall-factor. Continuous traffic count section match AWS after selecting to analyze provincial road 256 section. Weekdays ADT(Average Daily Traffic) and rainfall-factor are influenced by rainfall a little because of business travel. But non-weekdays ADT and rainfall-factor are influenced much more than weekdays because of leisure travel. Estimated AADT(Annual Average Daily Traffic) by adjusting rainfall-factor is lower MAPE than non-adjusting rainfall factor. So, rainfall have to be considered when estimating AADT. ADT decrease according to rainfall intensity, continuous studies considered rainfall intensity are needed when road design and operation.

■ keyword : National Highway | Rainfall Intensity | ADT | Provincial Road | ANOVA Analysis | Rainfall Factor |

I. 서론

교통량 자료는 도로분야에 있어서 도로의 계획, 건설,

유지관리 및 도로행정 등에 필요한 기본 자료와 각종 연구에 필요한 기초 자료로 활용되고 있다.

기존의 교통량 자료를 기반으로 한 연구에 의하면 기

접수일자 : 2015년 02월 02일

수정일자 : 2015년 03월 04일

심사완료일 : 2015년 03월 06일

교신저자 : 김태운, e-mail : climb@kict.re.kr

상이 양호한 상태에서 진행하였거나, 기상에 대한 영향을 고려하지 않은 경우가 대부분이다. 그러나 우리나라 전체의 평균 강수일수(강우일수+강설일수)는 1년 중 100일 이상으로 약 1/3에 해당하며, 이는 3일에 한번은 우리나라 어딘가에 비 또는 눈이 온다는 것을 의미한다.

강우, 강설 등은 운전자들의 통행에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[2]. 이처럼 강우는 도로의 통행에 부정적 영향을 미치는 요인이지만 강우와 관련하여 해당 분야의 기준 및 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 도로용량편람에서는 고속도로 기본구간에 대해서만 강우 강도별로 임계교통량 감소율을 제시하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 첫째, 일반국도 지방부 지역에서 강우 강도의 크기에 따른 평균 일교통량(ADT: Average Daily Traffic)의 감소율에 제시하고, 둘째, 평균 일교통량의 감소여부를 통계적으로 검증하였다. 마지막으로 연구의 차별성을 위해 일반국도 지방부 도로를 대상으로 산출된 강우 보정계수를 적용한 추정 AADT(Annual Average Daily Traffic)와 실제 AADT에 대한 오차를 분석을 시행하였다. 본 연구를 통하여 추후 도로 설계 및 운영을 위해 다양한 도로 유형에서 강우와 같은 기상상황을 고려한 연구에 보탬이 되는 기초자료가 되고자 한다.

II. 기존문헌 고찰

1. 국내 연구사례

도로용량편람(2013)에서는 강우 발생은 운전자의 행태, 노면 상태, 차두간격, 속도에 영향을 미쳐 용량을 감소시키는 요인으로 언급하였으며, 강우 시 고속도로 기본구간에서의 용량변화를 제시하였다. 강우 강도별 설계속도별 임계교통량 감소율을 제시하였으며, 설계속도가 높고 강우량이 많을수록 임계교통량 감소율은 증가하였다.

심상우(2009) 등은 서해대교의 도로기상정보시스템(RWIS: Road Weather Information System)과 VDS(Vehicle Detection System) 자료를 활용하여 다양한 기상요인의 영향 정도에 따른 속도 변화를 분석하

여 고속도로의 교통상황을 분류하였다. 총 9개의 요인 선정하여 요인분석을 시행하였으며, 교통 상황에 영향을 미치는 요인은 강우, 온도, 시정거리로 분석되었다. 분석결과 교통량은 큰 차이가 없었으며, 속도는 강우 시 주간 9.4%, 야간 28.9% 감소하는 것으로 분석되었다.

손영태(2013) 등은 시정거리에 따른 수도권내 고속도로 기본구간 상에서의 속도와 교통량 변화에 대한 연구를 수행하였다. 시정거리 수준은 5단계(60, 120, 150, 200~700, 800~2,000m)로 구분하였으며, 시정거리가 감소할수록 평균 속도는 감소하는 것으로 분석되었다. 또한 각 단계별로 분산분석을 수행하여 통계적으로 차이가 있는지에 대한 검정 결과 통계적으로 차이가 있는 것으로 분석되었으며, 이에 따라 시정거리에 따른 도로의 설계 및 운영 방법이 제시되어야 한다고 주장하였다.

유형목(2013) 등은 최대 교통류율 및 서비스수준 분석 시 기상상태를 반영할 수 있는 기준을 제시하였다. 분석 자료는 수도권내의 VDS자료를 활용하였으며, 강설의 수준(약한눈(0.1cm 이하), 중간눈(2.0cm 이하), 강한눈(2.1cm 이상))에 따라 교통량과 속도의 차이를 분석하였다. 분석결과 연속류 구간에서 최대관측 교통량이 약한눈, 중간눈, 강한눈에서 각각 13.2%, 18.6%, 32.0% 감소하는 것으로 분석되었다.

2. 국외 연구사례

HCM(Highway Capacity Manual)(2010)에서는 기상 상태에 따른 연속류 구간에서의 용량 변화에 대한 내용을 기술하고 있으며, 이와 관련된 기존 연구 결과의 사례에 대해서 언급하였다. 제시한 교통류율-속도 곡선은 HCM(2000)과 차이가 없었으며, 또한 강우, 강설의 정도에 따른 교통류율 및 속도 변화가 거시적으로 제시되어 있을 뿐 세분화되어 제시하고 있지는 않았다.

Lynette(2002)는 기상에 따른 교통특성 변화 및 도로에 미치는 영향과 관련된 연구를 정리하여 제시하였으며, 관련 연구 검토 결과 날씨의 변화는 시거, 도로 포장의 마찰력, 운전자 행태, 차량의 성능 등에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 여러 교통특성 가운데 교통량의 경우 기상조건에 따라 최대 30%까지 감소하는 것으로 나타났다.

Agarwal(2005) 등은 강설 또는 강우는 도로의 용량 및 통행 속도를 감소시켜 결과적으로 도로의 혼잡 및 기능을 저하시킨다고 주장하였다. 일반적으로 도로 설계 시에 활용되는 교통량은 양호한 기상조건인 교통량을 활용하나 지역의 특성에 따라 기상조건은 다르며, Iowa주의 북부지역은 기상조건이 양호하지 못한 날이 많아 다양한 기상조건이 통행 속도에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과 기상조건이 악화됨에 따라 도로의 용량 및 운영속도가 감소하는 것으로 분석되었으며, 평균적으로 용량의 경우 HCM에서 제시한 값과 유사하였고 운영속도의 경우에는 HCM 보다는 작은 수준으로 감소하는 것으로 분석되었다.

Kevin(2005) 등은 호주 멜버른 인근의 교통량 자료와 기상자료를 활용하여 기상조건에 따른 교통량의 변화에 대하여 연구하였다. 분석결과 강우로 인해 노면이 젖은 경우 건조 시 보다 교통량 1.29% 감소하는 것으로 나타났으며, 계절별로 살펴보면 날씨가 가장 더운 여름과 가을에 가장 많이 감소하는 것으로 나타났다. 강우 강도별 분석결과 강우량이 많을수록 교통량이 감소하였지만 강우량이 일정 수준을 초과할 경우(20mm 이상) 교통량의 변화량은 크지 않은 것으로 분석되었다.

3. 기존문헌 고찰결과

국내의 경우 특정 지역(고속도로)에 대하여 기상변화(강우, 강설, 온도, 시정거리) 시 속도, 밀도 분석에 관한 연구가 주를 이루고 있는 것으로 나타났다. 또한 국외의 경우 다양한 기상변화에 따른 연구가 진행되었으나 국지적인 지역에 대한 연구를 수행하였다.

그러나 국내의 모두 도로의 유형에 대한 언급은 없으며, 주로 기상이 변화한 시간대에 대해서만 분석을 시행하였다. 교통량의 경우 운전자는 통행 전날 일기예보를 보고 움직이는 경향이 있으므로, 강우가 없는 날의 평균 일교통량과 강우가 있는 날의 평균 일교통량은 차이가 있을 것으로 예상할 수 있다. 특히 도로용량편람에서는 고속도로 기본구간의 시간대 강우량별 임계 교통량(대/시)의 감소율에 대하여 기준을 제시하고 있으나 일반국도에 대한 기준은 없으며, 기존 연구에서도 일반국도의 기준에 대해서는 제시하지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 일반국도 중 지방부에 설치되어 있는 상시 교통량 조사장비의 자료와 기상청의 자동 기상관측 장비(AWS: Automatic Weather System)에서 수집된 자료를 활용하여 요일 특징별(평일, 비평일) 강우 강도별 일반국도 지방부에서의 일평균 교통량 변화에 관한 연구를 수행하려한다.

III. 분석 방법론

1. 분석 방법 및 활용 자료

교통량 변화에 미치는 요인은 매우 다양하며, 강우수준이 평균 일교통량의 증감에 어떤 영향을 미치는지를 분석하기 위해 다음의 [그림 1]과 같이 연구의 진행 절차를 수립하였다.

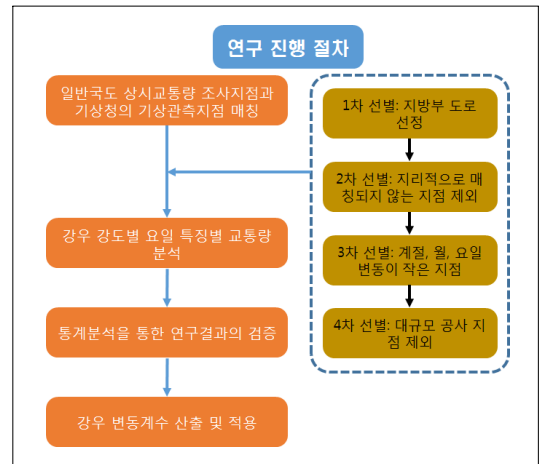


그림 1. 연구 진행 절차

분석 자료는 2013년도의 365일 24시간 교통 자료로 수집된 496개의 일반국도 상시 교통량 조사지점 교통량 자료와 2013년도 477개 기상청 AWS의 강수량(강우량 및 강설량), 기온 자료를 활용하였다. 강우에 따른 교통량 변화를 위해 지방부 지역에 대해 한정하였으며, 해당 사유는 다음과 같다.

기존의 도로 유형분류 연구의 결과를 살펴보면 일반국도 도시부 도로는 COV(변동계수), 월보정계수가 상

표 1. 그룹별 교통지표의 분석결과

구분	지점 수	AADT (대/일)	K30	일요일 계수	휴가철 계수	중차량 비율 (%)	주간 교통량 비율(%)	첨두율 (%)	COV (%)
관광부	103	9,203	0.188	1.216	1.410	0.789	0.811	0.088	0.332
지방부	299	8,727	0.129	0.958	1.109	0.818	0.811	0.087	0.179
도시부	94	34,774	0.099	0.870	1.025	0.881	0.751	0.081	0.126

대적으로 낮다. 이는 업무통행의 특성으로 인해 발생된 결과이며, 강우에 의해서도 큰 영향을 받지 않아 분석에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 또한 자동기상관측 지점과 상시 교통량 조사장비의 매칭에도 어려움이 있어 분석에서 제외하였다. 관광부 도로의 교통량은 주말, 휴가철의 경우 강우의 영향을 받지만 평일, 비휴가철에는 상대적으로 강우의 영향을 받지 않을 것으로 판단된다. 이는 강우로 인한 교통량 변동 폭의 분산이 크기 때문에 정확한 분석에 한계가 있다.

따라서 강우에 따른 교통량 변화의 정확한 분석을 위하여 일반국도 지방부 지역을 분석범위로 선정하였으며, 지방부 지역 중 계절변동, 월변동, 요일변동이 상대적으로 작은 지점을 선별하였다. 또한 대규모의 공사 등으로 인해 교통량 변동이 예상되는 지점은 제외하였으며, 기상청 지점과 교통량 조사지점의 지리적 특성(고도차, 산간지역 등)을 확인하여 매칭이 되지 않는 지점은 제외하였다.

2. 강우자료와 매칭

기상청에서는 과거 강우자료를 홈페이지를 통해 제공하고 있으므로 기상청의 자동기상관측 장비의 지점과 상시 교통량 조사장비 지점의 매칭을 통하여 상시 교통량 조사지점의 강우상태를 파악할 수 있다. 상시 교통량 조사장비와 자동기상관측 장비의 주소를 기반으로 한 1차 매칭, 매칭 되지 않은 지점에 한하여 GIS좌표를 활용한 2차 매칭 후 매칭 되지 않는 지점은 제외하였다. 3차 매칭은 매칭된 지점의 지도확인을 통하여 지리적 차이(고도차, 산간지역)가 있는지 확인 후 차이가 있는 지점은 제외하였다.

3. 도로 유형분류

2013년 일반국도 상시교통량 조사지점 496개 중 본

연구에서는 기존 문헌의 방법론을 활용하여 도시부, 관광부, 지방부로 구분하였다[7]. 요인추출을 위한 교통지표(변수)로는 AADT, K30, 중차량비율, 주간 교통량 비율, 첨두율, 일요일 계수, 휴가철 계수, COV를 선정하였다.

교통지표 중 연평균 일교통량은 연간 수집된 교통량을 365로 나눈 값으로 도로의 양적 특성을 가장 잘 나타내는 지표이다. K30은 설계시간계수로 연평균 일교통량에 대한 연 중 30번째 시간순위 교통량의 비를 의미하며, 해당 지점의 시간 교통량 변동 수준을 나타내는 지표이다. 중차량 비율이란 전체 교통량 중 버스를 포함한 중차량 교통량의 비를 의미하며, 화물 교통의 특성을 나타내는 지표이다. 주간 교통량 비율은 일교통량 중 주간(07시~19시)의 교통량이 차지하는 비율이고, 첨두율은 24시간 교통량 중에서 첨두 1시간 교통량의 비율을 의미한다. 주간 교통량 비율과 첨두율은 도시부 지역을 설명하는 변수이다. 일요일 계수는 AADT에 대한 일요일 평균 교통량이며, 휴가철 계수는 AADT에 대한 휴가철(7월 중순~8월 중순) 평균 교통량의 비율이다. 일요일 계수, 휴가철 계수는 관광부 지역을 설명하는 변수이다[7].

요인분석을 통해 도출된 부하치를 기준으로 K-mean 군집분석을 통하여 3개의 그룹으로 구분하였으며, 군집분석에 의한 그룹별 교통지표의 평균치는 다음의 [표 1]과 같다. 교통지표의 분석결과 그룹 2는 K30, 휴가철 계수, 중차량 비율은 다소 높게 분석되었으나 전체적으로는 타 그룹 지표의 중간에 가까운 값을 형성하는 것으로 나타났다. 기존 도로유형 분류와 관련된 연구 결과와 그룹별 교통지표의 평균값 분석을 통하여 그룹 1은 관광부, 그룹 2는 지방부, 그룹 3은 도시부로 선정하였다[7-9][12].

4. 분석 범위의 결정

4.1 지점 수 결정

전체 496개의 분석대상 지점 중에서 1차적으로 기상청 AWS지점과 매칭 되지 않는 지점 22개를 제외한 지점은 474개이고 도시부 및 관광부 지점을 제외한 지점은 277개이다. 여기에서 월변동, 요일변동 큰 지점 및 대규모 공사 등으로 인해 교통량 변동이 클 것으로 예상되는 21개의 지점을 제외한 결과 총 256개의 지방부 지점을 분석범위로 선정하였다.

4.2 강우에 따른 교통특성 분석 방법론

일반국도 지방부 도로의 강우 강도의 크기에 따른 교통량 변화를 알아보기 위해 강우 강도별 요일 특징별 평균 일교통량 증감 분석을 수행하였다. 여기서 요일 특징(평일, 비평일)의 뜻은 다음의 [표 2]와 같다.

표 2. 요일 특징의 정의

구분	정의
평일	- 토요일, 일요일, 공휴일이 아니며, 징검다리 휴일에 의해 영향을 받지 않는 날
비평일	- 토요일, 일요일, 공휴일

특정 평일, 강우의 양, 특정 강우 시간에 따라 교통량 변화량을 파악하기 어려울 수 있으므로 다음의 [표 3]에 해당되는 경우는 분석에서 제외하였다. 징검다리 휴일 사이의 평일은 여가통행의 영향으로 인해 평일 통행의 특성이 작을 수 있으며, 야간 통행은 교통량이 적어 정확한 분석이 어려울 수 있다. 또한 짧은 시간(1시간 이하) 동안의 강우는 교통량에 큰 영향을 주지 않아 강우에 따른 평균 일교통량 증감량을 파악하기 어려울 수 있다. 또한 본 연구의 분석범위가 시간당 교통량이 아닌 일교통량이라는 거시적인 측면에서 볼 때에는 1시간 이하의 강우는 그 영향이 미미할 수 있으므로 분석에서 제외하였다.

표 3. 분석 제외대상 기준

구분	기준
특정 평일	- 2일 이하의 징검다리 휴일 사이에 속한 평일
시간대	- 야간 시간대(01시~04시) 동안에만 강우가 있는 경우
강우량	- 주간 1시간 이하 동안의 강우가 있는 경우 - 주간 2시간 이하의 시간동안 1mm/h 이하의 강우가 있는 경우

AWS의 정보는 사람이 아닌 기계에 의해 측정된다. 즉, 눈이 오더라도 눈이 녹은 후의 물의 양을 측정하기 때문에 강우인지 강설인지 알 수 없다. 따라서 AWS의 강수 자료와 기온 자료를 활용하여 강수를 강설과 강우로 구분하였으며, 3월~11월 사이의 강우일 및 강우량을 파악하여 분석을 시행하였다.

IV. 평균 일교통량 변화 분석

강우에 따른 요일 특징별 교통특성 변화를 분석하기 위해 강우 강도별 요일 특징별 평균 일교통량 분석을 시행하였다. 일반적으로 차량 이용자들은 차량을 이용하기 전에 일기예보를 통하여 교통수단 또는 이동 여부를 결정한다. 즉 교통량은 비가 옴과 동시에 강우에 따라 교통량이 감소하는 것이 아니라 비가 오기 전부터 어느 정도 결정되어 있는 특징이 있다. 따라서 본 연구에서는 일평균 강우량 대비 평균 일교통량의 변화에 대해서 분석하고 일반국도 지방부 도로의 강우 보정계수를 산출하였다. 여기서 일평균 강우량이란 비온 시간동안의 평균 강우량을 의미한다.

1. 강우에 따른 요일특징별 분석

최종적으로 선택된 일반국도 지방부 256지점에 대하여 요일 특징별, 강우 강도별로 교통량 변동에 대하여 분석을 수행하였다. 강우 강도는 도로용량편람의 기준 및 강우량 분포를 분석하여 제시하였으며, 요일 특징별(평일, 비평일)로 날짜를 구분하고 강우 강도별로 평균 일교통량을 산출하여 다음의 [표 4]와 같이 강우 강도별 평균 일교통량 감소율을 제시하였다.

표 4. 일반국도 지방부 도로의 강우 강도별 평균 일교통량 감소율

강우 강도(mm/h)	평일(%)	비평일(%)	차이(%)	평균(%)
0	0	0	0	0
~5	2.96	5.16	2.2	4.06
~10	4.74	7.72	2.98	6.23
~30	6.76	12.24	5.48	9.50
30 이상	11.41	14.65	3.24	13.03

강우 강도별 교통량 증감 비율 분석결과 평일, 비평일 모두 강우 강도 증가 시 평균 일교통량은 감소하는 것으로 분석되었다. 또한 [표 5][그림 2]와 같이 도로용량편람의 교통량 감소율(설계속도 80kph)과 크게 다르지 않은 것으로 분석되었다. 강우 강도 10mm/h 이상은 본 연구와 도로용량편람의 강우 계급이 다소 다르기 때문에 정확한 차이는 비교하기 어려우나 감소율의 수준은 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

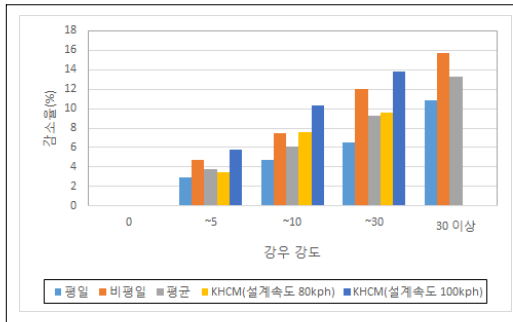


그림 2. 강우 강도별 평균 일교통량 감소율

표 5. 도로용량편람의 강우 강도별 임계교통량 감소율

강우 강도 (mm/h)	일반국도 지방부 도로	도로용량편람 고속도로 임계교통량 감소율			
		설계속도 80kph(%)		설계속도 100kph(%)	
		감소율	평균과 차이	감소율	평균과 차이
0	0	0	0	0.0	0
~5	4.06	3.5	0.56	5.8	-1.74
~10	6.23	7.6	-1.37	10.3	-4.07
~30	9.50	9.6	-	13.8	-
30 이상	13.03				

도로용량편람의 교통량 감소율은 고속도로 기본구간

에서 임계교통량(대/시)이고, 본 연구에서의 감소율은 일반국도에서 평균 일교통량(대/일)으로 범위, 단위, 측정 기준은 다소 차이가 있다. 그러나 본 연구의 평균 일교통량 감소율과 도로용량편람 감소율이 수치면에 있어 유사하다는 것은 비가 실제로 온 시간대의 교통량뿐만 아니라 일교통량도 감소시킴을 의미한다고 볼 수 있다.

비평일의 경우 평일과 마찬가지로 강우량이 증가할수록 평균 일교통량은 감소하였고 평일에 비하여 교통량의 감소율이 더 큰 것으로 분석되었다. 특히 강우 강도 10~30mm/h에서는 감소율이 5.48%까지 차이나는 것으로 분석되었다. 평일 교통량 감소율보다 비평일 교통량 감소율이 더 큰 것으로 미루어 볼 때, 지방부 지역의 도로라 할지라도 관광통행이 존재하며, 이러한 통행은 강우에 영향을 받는 것으로 판단된다.

즉 평일의 경우 강우에 상대적으로 영향을 적게 받는 업무통행이 많아 교통량 감소율이 낮고 비평일의 경우 강우에 상대적으로 영향을 많이 받는 여가통행이 많아 교통량 감소율이 높은 것으로 판단된다.

2. 강우에 따른 교통량 감소여부에 관한 검증

강우 강도에 따른 요일 특징별 평균 일교통량 분석결과 강우량이 증가할수록 평균 일교통량이 감소하는 것으로 분석되었다. 분석결과는 지점별 감소율의 평균치이므로 이러한 차이가 의미 있는 차이를 나타내는지 즉, 통계적으로 유의한 수준인지에 대해 검증하기 위해 통계분석(분산분석)을 시행하였다. 통계분석은 분석 자료의 특성상 지점수가 많고 일교통량 수준이 지점별로 서로 상이하기 때문에 강우에 의해 감소한 평균 일교통량이 아닌 감소율로 분산분석을 시행하였다.

분산분석 결과 [표 6]과 같이 평일, 비평일 모두 강우 강도별 교통량은 유의확률이 0.05 이하로 분석되어 강우 강도에 따른 교통량의 평균이 같다는 귀무가설을 기각한다. 따라서 강우 강도에 따른 평균 교통량의 평균 감소율은 95% 신뢰수준에서 다르게 나타나는 것으로 분석되었다.

표 6. 강우 강도별 분산분석 결과

구분	요소	제곱합	자유도	평균 제곱	F-value	유의확률
평일	집단-간	1.878	4	0.469	367.710	0.000
	집단-내	1.628	1275	0.001		
	합계	3.505	1279			
비평일	집단-간	3.438	4	0.860	201.613	0.000
	집단-내	5.436	1275	0.004		
	합계	8.874	1279			

또한 [표 7]과 같이 사후검정을 통하여 각 집단 간 평균차이를 검증하였다. F-통계량, 유의수준의 확인 결과 평일, 비평일 모두 강우 강도별 평균 일교통량이 유의적으로 차이가 있는 것으로 분석되었다.

표 7. 강우 강도별 사후검정 결과

구분	(I) 강우 강도	(J) 강우 강도	평균차 (I-J)	표준 오차	유의 확률	95% 신뢰구간		
						하한값	상한값	
평일	0	~5	-0.02956	0.00316	0.000	-0.0393	-0.0198	
		~10	-0.04742	0.00316	0.000	-0.0572	-0.0377	
		~30	-0.06762	0.00316	0.000	-0.0774	-0.0579	
		30 이상	-0.11415	0.00316	0.000	-0.1239	-0.1044	
	~5	~0	0.02956	0.00316	0.000	0.0198	0.0393	
		~10	-0.01786	0.00316	0.000	-0.0276	-0.0081	
		~30	-0.03805	0.00316	0.000	-0.0478	-0.0283	
		30 이상	-0.08459	0.00316	0.000	-0.0943	-0.0748	
	~10	0	0.04742	0.00316	0.000	0.0377	0.0572	
		~5	0.01786	0.00316	0.000	0.0081	0.0276	
		~30	-0.02020	0.00316	0.000	-0.0299	-0.0105	
		30 이상	-0.06673	0.00316	0.000	-0.0765	-0.0570	
	~30	0	0.06762	0.00316	0.000	0.0579	0.0774	
		~5	0.03805	0.00316	0.000	0.0283	0.0478	
		~10	0.02020	0.00316	0.000	0.0105	0.0299	
		30 이상	-0.04653	0.00316	0.000	-0.0563	-0.0368	
	30 이상	0	0.11415	0.00316	0.000	0.1044	0.1239	
		~5	0.08459	0.00316	0.000	0.0748	0.0943	
		~10	0.06673	0.00316	0.000	0.0570	0.0765	
		~30	0.04653	0.00316	0.000	0.0368	0.0563	
	비평일	0	~5	-0.05162	0.00577	0.000	-0.0694	-0.0338
			~10	-0.07715	0.00577	0.000	-0.0950	-0.0593
			~30	-0.12238	0.00577	0.000	-0.1402	-0.1046
			30 이상	-0.14650	0.00577	0.000	-0.1643	-0.1287
~5		~0	0.05162	0.00577	0.000	0.0338	0.0694	
		~10	-0.02553	0.00577	0.001	-0.0433	-0.0077	
		~30	-0.07076	0.00577	0.000	-0.0886	-0.0530	
		30 이상	-0.09488	0.00577	0.000	-0.1127	-0.0771	
~10		0	0.07715	0.00577	0.000	0.0593	0.0950	
		~5	0.02553	0.00577	0.001	0.0077	0.0433	
		~30	-0.04523	0.00577	0.000	-0.0630	-0.0274	
		30 이상	-0.06934	0.00577	0.000	-0.0871	-0.0515	
~30		0	0.12238	0.00577	0.000	0.1046	0.1402	
		~5	0.07076	0.00577	0.000	0.0530	0.0886	
		~10	0.04523	0.00577	0.000	0.0274	0.0630	
		30 이상	-0.02412	0.00577	0.002	-0.0419	-0.0063	
30 이상		0	0.14650	0.00577	0.000	0.1287	0.1643	
		~5	0.09488	0.00577	0.000	0.0771	0.1127	
		~10	0.06934	0.00577	0.000	0.0515	0.0871	
		~30	0.02412	0.00577	0.002	0.0063	0.0419	

3. 강우 보정계수의 산출 및 적용

3.1 강우 보정계수의 산출

본 연구에서는 연구의 차별성을 위해 강우 강도에 따라 평일, 비평일의 일교통량이 감소한 결과를 활용하여 일반국도 지방부 도로의 강우 보정계수를 산출하여 제안하고자 한다. 강우 보정계수는 ADT를 활용하여 AADT 추정 시 과소 추정을 예방할 수 있다[10]. 따라서 본 연구에서는 강우 보정을 요일 특정별 강우 강도 별로 구분하여 분석하였으며, 강우 보정계수 산출과정은 다음의 식 (1)과 같다.

$$WF_{ij} = \frac{\text{강우 수준 } i, \text{ 요일 } j \text{의 평균 일교통량}}{\text{맑은 날 요일 } j \text{의 평균 일교통량}} \quad (1)$$

여기에서,

- WF = 일반국도 지방부 도로 강우 보정계수
- i = 강우 강도(0, 5mm 이하, 10mm 이하, 30mm 이하, 30mm 이상)
- j = 요일 특정(평일, 비평일)

식 (1)을 이용하여 강우 강도별 요일 특정별 강우 보정계수 산출 결과는 다음의 [표 8]과 같다. 평균 일교통량 감소율과 마찬가지로 강우 보정계수는 평일에 비해 비평일의 강우 보정계수가 작았으며, 강우 강도가 높아짐에 따라 값이 작아지는 것으로 분석되었다.

표 8. 강우 강도별 평일·비평일의 강우 보정계수 산출

구분		강우 강도(mm/h)				
		0	~5	~10	~30	~30 이하
평균 일교통량 (대/시)	평일	9,505	9,248	9,078	8,933	8,537
	비평일	10,086	9,619	9,292	8,944	8,642
강우 보정계수	평일	-	0.973	0.955	0.940	0.898
	비평일	-	0.954	0.921	0.887	0.857

3.2 강우 보정계수의 적용

상기에서도 언급하였듯이 강우 보정계수의 활용은 AADT 추정 시 과소 추정의 예방 즉, 상대적으로 정확

한 AADT 추정이 가능하다. 이에 산출된 강우 보정계수와 ADT를 활용하여 AADT를 추정하고 실제 AADT와 비교하여 어떠한 차이가 있는지 분석하고자 한다.

요일 특징별 강우 강도별로 AADT를 추정한 후 실제 AADT와 비교하였다. 또한 강우 보정계수 적용 시 AADT를 추정하여 실제 AADT와 비교하였다. 비교 방식은 절대평균비율오차(MAPE: Mean Absolute Percent Error) 방식을 활용하였으며, 오차율 분석 결과는 다음의 [표 9]와 같다.

표 9. 강우 보정계수 적용 전후의 추정 AADT의 오차율 분석결과

구분	강우 보정계수 미적용 시 오차율(%)				강우 보정계수 적용 시 오차율(%)
	~5 (mm/h)	~10 (mm/h)	~30 (mm/h)	~30 이하 (mm/h)	
평일	2.53	4.73	6.33	11.01	0.75
비평일	3.66	6.82	10.12	14.50	2.79

강우 보정계수 적용 전후의 오차율 분석결과 강우 보정계수 미적용 시 오차율은 강우량이 많을수록 증가하는 것으로 나타났다. 이는 강우 강도의 크기에 따라 교통량이 감소하여 AADT 추정 시 오차율이 증가한다는 것을 의미한다. 강우 보정계수 적용 시 즉 강우의 영향이 없을 경우 추정 AADT의 오차율은 평일 0.75%, 비평일 2.79%로 분석되었다. 비평일 오차율이 평일 보다 크게 분석되었으며, 이는 비평일의 교통량은 관광통행 등으로 강우의 영향을 상대적으로 많이 받아 교통량 변동이 크기 때문으로 판단된다.

V. 결론

본 연구에서는 일반국도 지방부의 상시교통량 조사 장비 교통량 자료와 기상청의 강우 자료를 활용하여 강우 강도별 요일 특징별(평일, 비평일) 일반국도 지방부에서의 일평균 교통량 변화에 관한 연구를 진행하였으며, 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 강우 강도별 요일 특징별 분석결과 강우량이

많을수록 평일 비평일 모두 평균 일교통량이 감소하는 것으로 분석되었다. 평일에 비해 비평일 교통량이 강우에 더 민감하게 반응하였고 교통량 감소율이 최대 5.48%까지 차이 나는 것으로 분석되었다. 이는 평일의 경우 업무통행의 영향으로, 비평일의 경우 관광통행으로 인한 것으로 판단된다.

둘째, 강우 보정계수를 적용하여 AADT 추정결과 실제 AADT와의 오차율이 평일 0.75%, 비평일 2.79%로 분석되어 강우 보정계수 미적용 시에 비해 최대 10% 이상 오차율이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 강우 보정계수를 적용할 경우 오차율이 상대적으로 작은 AADT의 산출이 가능하다는 것을 의미한다.

셋째, 강우 시 요일 특징별 평균 일교통량 분석결과로 분산분석 및 사후검증을 수행하였으며, 그 결과 강우 강도별 평균 일교통량이 서로 다르다는 것을 검증하였다.

본 연구의 분석결과와 같이 강우 강도에 따라 평균 일교통량이 감소한다는 것을 알 수 있었다. 추후 연구에서는 도로의 설계 및 운영을 위해 다양한 도로 유형에서 강우와 같은 기상상황을 고려한 연구가 지속적으로 필요하다. 특히 교통량 자료의 결측 보정 및 AADT 추정 시 기상조건을 고려한다면, 정확도 높은 보정이 가능할 것으로 판단된다. 또한 교통량 정보 제공 측면에도 단순히 해당 지점에 대한 교통량 정보만 제공하는 것이 아니라 기상정보도 포함하여 제공해야 사용자가 교통량 증감에 대한 원인을 파악 가능하며, 교통량의 가공 활용할 경우 보다 우수한 교통량 자료의 확보가 가능하다.

참고 문헌

- [1] 국토교통부, 도로교통량 통계연보, 국토교통부, 2014.
- [2] 국토해양부, 도로용량편람, (주)선우정보인쇄, 2013.
- [3] 손영태, 이상화, 임지희, “강설에 따른 고속도로 용량 변화에 관한 연구”, 대한교통학회, 제31권, 제6호, pp.3-11, 2013.

[4] 손영태, 전진숙, “시정거리에 따른 고속도로 교통류 특성 변화 연구”, 한국ITS학회논문지, 제12권, 제6호, pp.116-126, 2013.

[5] 심상우, 최기주, “도로기상요인의 영향에 따른 고속도로 교통상황 유형 분류”, 대한토목학회논문지, 제29권, 제6D호, pp.685-691, 2009.

[6] 유형목, *기상 약화시 고속도로 용량 변화에 관한 연구*, 명지대학교, 석사학위논문, 2013.

[7] 임성한, 오주삼, “일반국도 유형 분류 및 유형별 교통 특성에 관한 연구”, 대한토목학회논문지, 제25권, 제4D호, pp.555-563, 2005.

[8] 임성한, 하정아, 오주삼, “요인분석을 활용한 일반국도 유형분류”, 한국도로학회논문집, 제7권, 제3호, pp.43-52, 2005.

[9] 임성한, 허태영, 김현석, “혼합모형을 이용한 도로 유형분류에 관한 연구”, 대한토목학회논문지, 제28권, 제6D호, pp.759-766, 2008.

[10] 박창수, 장진환, “AADT 추정시 강설량에 따른 날씨보정계수 개발에 관한 연구”, 서울도시연구, 제5권, 제2호, pp.19-26, 2004

[11] 정은비, 오철, 홍성민, “도로기상정보시스템(RWIS)과 차량검지기(VDS) 자료를 이용한 강우수준별 통행속도예측”, 한국ITS학회논문지, 제12권, 제4호, pp.44-55, 2013.

[12] 최기주, 원창연, 정우현, “효율적 고속도로 계획을 위한 고속도로 시간교통량 변동특성 고찰 및 고속도로 유형분류”, 대한토목학회논문지, 제27권, 제6D호, pp.713-719, 2007.

[13] M. Agarwal, T. Maze, and R. Souleyrette, *Impact of Weather on Urban Freeway Traffic flow Characteristics and Facility Capacity*, Iowa State University, 2005.

[14] L. C. Goodwin, *Weather Impacts on Arterial Traffic Flow*, Mitretek Systems, Inc, 2002.

[15] K. Keay and I. Simmonds, “The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne, Australia,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol.37,

pp.109-124, 2005.

[16] Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual*, National Research Council, Washington D.C., 2010.

저 자 소개

김 태 운(Tae-woon Kim)

정회원



- 2009년 2월 : 경기대학교 도시 및 교통공학과(공학사)
- 2011년 2월 : 서울시립대학교 교통공학과(공학석사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT 융합연구소 연구원

<관심분야> : 토목 & 건축, 토목&건축콘텐츠

오 주 삼(Ju-sam Oh)

정회원



- 2009년 2월 : 경기대학교 도시 및 교통공학과(공학사)
- 2011년 2월 : 서울시립대학교 교통공학과(공학석사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT 융합연구소 연구원

<관심분야> : 토목 & 건축, 토목&건축콘텐츠