

실측자료 기반 고속도로 교통혼잡비용 산정결과 및 의의

An Estimation on Traffic Congestion Cost based on VDS Data



홍상연



박재범



윤일수



김상구

서론

교통혼잡비용은 도로상에서 발생하고 있는 교통 혼잡으로 인하여 추가적으로 발생하는 사회적 한계 비용의 합을 의미한다. (한국교통연구원, 2014) 한국교통연구원이 산정한 GDP 대비 교통혼잡비용은 2012년 기준으로 2.20%에 달하여 교통혼잡에 의한 사회적 손실이 여전히 심각한 수준임을 보여주고 있다.

현재 교통혼잡비용은 전국 지역간 도로 및 7대도시의 도시부 도로를 대상으로 크게 차량운행 비용과 시간가치비용으로 구분하여 산정되고 있다. 이렇게 산정된 결과는 교통시설 투자 필요성에 대한 기초자료로 활용되는 등 정책적 활용도가 높은 자료이다.

그러나 기존 산정방법에서는 기초자료의 한계

로 인하여 여가통행의 영향, 일상적으로 접하는 비반복정체로 인한 교통혼잡의 영향 등을 고려하기 어려운 문제점을 내포하고 있다.

따라서 본 연구에서는 고속도로 전 구간에 설치된 차량검지기(Vehicle Detection System, VDS) 자료를 활용하여 실제 고속도로를 통행하는 차량의 교통량과 속도를 통해 고속도로 교통혼잡비용을 산정하고자 한다. 이를 통해 기존 교통혼잡비용 산정결과와의 특성을 살펴보고, 더 나아가 향후 개선방향을 제시하고자 한다.

교통혼잡비용 산정방법 비교

본 장에서는 기존의 교통혼잡비용 산정방법과 본 연구에서의 개선사항을 분석범위, 분석사항, 분석기준 및 산정결과로 구분하여 살펴보도록 한다.

홍상연 : 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구실, hongsy@ex.co.kr, Phone: 031-371-3492, Fax: 031-371-3319
 박재범 : 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구실, jbpark@ex.co.kr, Phone: 031-371-3313, Fax: 031-371-3319
 윤일수 : 아주대학교 교통시스템공학과, ilsooyun@ajou.ac.kr, Phone: 031-219-3610, Fax: 031-219-1613
 김상구 : 전남대학교 물류교통학과, kim-sg@chonnam.ac.kr, Phone: 061-659-7343, Fax: 061-659-7359

1. 분석범위

1) 기존 연구

분석의 공간적 범위는 등급별 지역간 도로(고속도로, 일반국도, 지방도)와 도시부 도로(서울특별시 및 6대 광역시)로 설정하였다. 특히 지역간 도로의 경우에는 국토교통부에서 발표하는 '도로교통량 통계연보'를 기초자료로 활용하였다.

시간적 범위는 연단위로 설정되었으나, 도로교통량 통계연보의 조사시점(10월 셋째주 목요일)으로 인하여 평균적인 평일 교통상황을 분석 대상으로 설정하였다.

2) 개선 사항

본 연구에서는 지역간 도로 중 고속도로만을 대상으로 한정하였으며, 고속도로 전 구간에 설치된 차량검지기 자료를 활용하였다. 시간적 범위는 기존 연구와 동일하게 연단위로 설정하되, 차량검지기 1시간 단위 집계자료를 활용하여 평일과 공휴일을 전부 포함하는 365일에 대한 분석을 수행하였다. (365일×24시간=8,760시간)

2. 분석사항

1) 기존 연구

분석사항은 크게 차량운행비용과 시간가치비용으로 구분하여 산정하였다. 이 중 차량운행비용은 다시 고정비(인건비, 감가상각비, 보험료, 제세공과금)와 변동비(연료소모비)로 구분하였다. 통상적으로 변동비 포함되는 유지정비비, 엔진오일비, 타이어 마모비 등은 계산이 곤란하고 연료소모비에 비해 비중이 매우 낮아 제외하였다.

특히 차량운행비용 중 감가상각비 산정시에는 차종을 소형버스, 대형버스(시내, 시외, 고속),

화물차(소형, 중형, 대형)으로 분류하였다.

시간가치비용을 계산하기 위한 차종별 해당 시간가치는 '도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)' (한국개발연구원, 2001)에서 제시하는 값을 준용하였다.

2) 개선 사항

본 연구에서도 기존 연구와 동일한 분석사항을 적용하되, 차량운행비용 중 감가상각비 산정시 고속도로 상의 버스는 전부 고속버스로 가정하였다. 이는 고속도로를 운영 중인 버스 중 소형버스가 일부에 국한되며, 고속버스 및 전세버스의 운행 비율이 압도적으로 높기 때문이다.

또한 시간가치비용 산정시 차량 해당 시간가치는 기존 연구와 동일한 기준을 적용하였으나, 버스 재차인원의 경우에 '도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)' (KDI, 2001)에서 제시하는 22.0인/대를 적용하였다. (기존 연구 9.98대/인, 전국권 지역간 통행 기준)

이는 고속도로를 운행하는 시외버스, 고속버스, 전세버스의 주중, 주말 재차인원 조사결과를 근거로 한다. 분석자료는 시외버스는 '2012년도 시외버스 운행계통' (국토교통부, 2013), 고속버스는 '월별 고속버스 터미널간 운행현황 및 이용인원' (KTDB, 2014), 전세버스는 자체 조사 자료를 활용하였다.

분석결과, 고속도로를 이용하는 버스의 평균 재차인원은 주중 22.4인/대, 주말 22.8인/대로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 KDI (2001)에서 제시한 버스 재차인원을 적용하는 것이 타당할 것으로 판단하였다.

표 1. 고속도로 버스 재차인원 산정결과

구분	이용차량 (대)	재차인원 (인/대)	평균 재차인원	
			주중	주말
시외버스	14,347	12.69		
고속버스	6,270	19.59	22.4	22.8
전세버스	22,424	29.33		

3. 분석기준

1) 기존 연구

기존 연구는 도로교통량 통계연보를 활용하였으므로 평균적인 평일 교통상황을 반영하였고, 따라서 반복정체에 따른 교통혼잡비용을 분석대상으로 하였다. 국외사례에서도 캐나다, 일본은 반복정체만을 대상으로 하고, 미국의 경우에만 반복정체와 돌발상황에 따른 비반복정체의 비율을 산출하여 이를 분석에 반영하는 것으로 조사되었다.

통행시간 산정은 도로교통량 통계연보 상의 교통량을 기준으로 도로등급별 BPR 함수를 적용하여 산출하였다. 이때 도로등급별 BPR 함수의 파라미터는 KTDB에서 제공하는 값을 적용하였다.

교통혼잡비용을 산출하기 위한 혼잡기준속도로는 LOS C를 기준으로 하여 4차로 이상 고속도로에서는 90km/h, 2차로 이상에서는 75km/h를 적용하였다.

2) 개선 사항

본 연구에서는 365일 24시간에 대한 시간대별 차량검지기 자료를 활용하였으므로, 돌발상황, 기상악화, 정기적 도로유지보수 등에 의한 비반복적 정체상황이 기초자료에 반영되어 있다. 따라서 본 연구에서 산정한 교통혼잡비용에는 반복정체와 비반복정체에서 발생하는 양을 모두 반영하고 있다.

또한 통행시간 산정에 있어서도 1시간 단위로 집계된 실측자료를 사용하였으며, 공간적으로도 전국 고속도로 988개소를 대상으로 광범위한 조사자료를 반영하였다. 국외사례의 경우에는 일본만 실제 관측자료를 활용하고 있었고, 국토면적과 도로연장이 비교적 큰 미국과 캐나다는 BPR 함수에 의한 방법을 적용하고 있는 것으로 나타났다.

실측자료 기반 교통혼잡비용 산정

1. 산정 개요

앞서 기술한 바와 같이 분석의 시간적 범위는 2013년 365일 동안 1시간 단위이며, 공간적 범위는 한국도로공사에서 운영하는 구간으로 양방향 총 연장 7,306.5km이다.

표 2. 분석대상 노선

노선	노선명	연장(km)	구간수(개)
1	경부선	845.9	116
10	남해선	549.6	90
12	88올림픽선	366.1	32
12	무안광주선	81.9	16
15	서해안선	683.3	82
16	울산선	26.0	6
20	익산포항선	260.0	22
25	호남선	389.1	62
27	순천완주선	236.0	26
30	당진영덕선	343.5	38
35	통영대전선	427.7	42
35	중부선	234.4	32
37	제2중부선	60.5	10
40	평택제천선	172.8	24
45	중부내륙선	602.2	58
50	영동선	473.0	66
55	중앙선	577.0	56
60	서울양양선	33.4	2
65	동해선	170.2	18
100	서울외곽순환선	187.7	64
102	남해제1지선	35.0	10
104	남해제2지선	40.0	10
110	제2경인선	50.9	20
120	경인선	49.4	18
151	서천공주선	119.7	12
251	호남선지선	107.8	14
253	고창담양선	84.6	12
300	대전남부순환선	26.6	6
451	중부내륙선지선	58.9	18
551	중앙선지선	13.3	6
총계		7,306.5	988

주) 고속도로 연장은 한국도로공사 고속도로 공공데이터 포털의 콘존 목록을 수록

표 3. 기존 분석방법과 본 연구결과의 비교

구분	한국교통연구원 (2014)	본 연구 (2015)	비고
분석범위	공간적 지역간 도로(고속도, 국도, 지방도) 도시부 도로(7대도시)	고속도로	미국 : 85개 도시부 캐나다 : 9개 도시부 일본 : 지역간, 도시부
	시간적 시간대별(평균적 평일기준) ▪ 도로교통량 통계연보(국토부)	시간대별(365일 전일) ▪ 고속도로 VDS 자료 활용	미국 : 첨두시 캐나다 : 첨두시 일본 : 전일
기준연도	2012년	2013년	
분석사항	차량운영비용 고정비 : 인건비, 감가상각비, 보험료, 제세공과금 변동비 : 연료소모비	좌동 (단, 감가상각 고려시 대형버스는 고속버스를 기준으로 분석)	
	시간가치비용 대당 시간가치(2012년) ▪ 승용차 : 20,394원/대 ▪ 버스 : 148,875원/대	좌동 (단, 버스 재차인원은 고속도로 실측자료를 고려하여 '도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)' (KDI, 2001)에서 제시하는 버스 22인/대 적용	
분석기준	분석대상 반복정체	반복정체 및 비반복정체	미국 : 반복, 비반복 캐나다 : 반복 일본 : 반복
	통행시간산정방식 BPR 함수 $T = T_0(1 + \alpha(v/C)^\beta)$ (단, KTDB 파라미터 적용)	고속도로 VDS 자료 활용 ▪ 시간범위 : 1시간 집계자료 ▪ 공간범위 : 전국 988개 지점	미국 : BPR 캐나다 : BPR 일본 : 관측자료
	혼잡기준속도 고속도로 ▪ 4차로 이상 90km/h ▪ 2차로 이상 75km/h (서비스수준 C 기준)	좌동	
산정결과	고속도로 교통혼잡비용 ▪ 승용차 : 15,822억 원 ▪ 버스 : 7,948억 원 ▪ 화물차 : 7,831억 원 ▪ 합계 : 31,601억 원	고속도로 교통혼잡비용 ▪ 승용차 : 12,505억 원 (79%) ▪ 버스 : 2,281억 원 (29%) ▪ 화물차 : 4,428억 원 (57%) ▪ 합계 : 19,214억 원 (61%) ※ 괄호는 한국교통연구원 (2014) 대비 본 연구결과의 비율	시공간적 범위 차이로 직접비교는 어려움

2. 교통혼잡비용 산정결과

1) 기존 연구 산정결과

기존 연구에서 산정된 고속도로 교통혼잡비용은 총 31,601억 원으로 나타났다. 이 중 승용차에서 발생하는 양이 전체의 절반을 차지하였으며, 버스와 화물차가 각각 1/4 가량씩을 차지하는 것으로 분석되었다.

- 승용차 : 15,822억 원
- 버스 : 7,948억 원
- 화물차 : 7,831억 원
- 합계 : 31,601억 원

2) 본 연구 산정결과

본 연구에서 산정된 고속도로 교통혼잡비용은 총 19,214억 원으로 나타났다. 이 중 승용차에서 발생하는 양은 65%, 버스가 12%, 화물차가 23%를 차지하여, 승용차의 비중이 다소 증가하고 버스는 감소, 화물차는 기존과 유사한 비중을 차지하는 것으로 분석되었다.

- 승용차 : 12,505억 원
- 버스 : 2,281억 원
- 화물차 : 4,428억 원
- 합계 : 19,214억 원

3) 비교결과 및 시사점

앞서 살펴본 바와 같이 본 연구에서는 고속도로에 대한 보다 현실적인 가정을 도입하기 위하여 기존 연구와 차별화된 분석범위, 분석사항 및 분석기준을 적용하였다. 이에 따라 산정결과를 직접 비교하기에는 어려움이 있으나 대체로 본 연구의 결과가 기존 결과에 비해 낮은 값을 보이는 것으로 나타났다.

특히 버스의 경우에는 기존 결과의 약 30% 수준으로 나타나 큰 차이를 보였으며, 총 교통혼잡비용도 기존 결과의 약 57% 수준으로 감소하는 것으로 분석되었다.

이는 모형기반의 접근과 실측기반의 접근의 차이에 따른 결과로서, BPR 함수는 실제 도로의 차로폭, 선형, 구배 등의 개별적인 특성을 반영하기 어렵기 때문인 것으로 판단된다.

이와 관련하여 내비게이션 자료를 활용한 한국교통연구원 (2014)의 분석에서도 교통량과 속도자료를 실측자료 기반으로 변경한 경우에 교통혼잡비용이 기존 대비 38% 수준으로 낮아지는 것으로 나타난 바 있다.

직접적인 비교의 어려움에도 불구하고 결과값이 큰 차이를 나타내는 주요원인을 살펴보면, 첫째, 기존 연구에서 제시하는 교통혼잡비용은 평일만을 고려하기 때문이다. 최근 주말 여가활동에 대한 수요가 급격하게 증가하여, 주말에는 대도시권 교통정체가 심각하게 나타나나 기존 연구 방법에서는 주말 통행특성에 대한 정보가 반영되지 않아 이를 반영할 수 없는 한계가 있었다.

둘째, 기존 연구는 비반복정체로 인한 교통혼잡비용이 고려되지 못하는 문제가 있다. 기존 연구는 도로교통량 통계연보를 기초자료로 활용함에 따라 평일 일반적인 교통상황을 분석대상으로 하며, 이에 따라 비반복정체로 인한 교통혼잡비용이 산정에서 제외되었다. 즉, 고속도로에서 일상적으로 발생하는 교통사고, 기상악화로 인한 정체, 도로유지보수 등으로 인한 교통혼잡을 반영할 수 없는 한계가 있다.

결론

국내에서 1998년부터 산정되어온 교통혼잡비용은 교통정책 결정의 기초자료로 활용되는 등 정책적 활용도가 높은 지표이다. 지금까지 세부적인 산정방법이나 절차를 지속적으로 개선하고 있으나, 제한적인 기초자료로 인해 다양한 교통특성을 반영하기에는 한계가 있었다. 이러한 문제를 극복하고자 최근에는 내비게이션 자료를 활용하는 방안도 검토되었으나 아직 실제 통계자료로 제공되지 못하는 실정이다.

본 연구에서는 다양한 첨단교통정보를 활용하여 보다 현실적인 교통특성을 반영하는 교통혼잡비용을 산정하고자, 고속도로 전구간에 대한 1시간 단위 실측자료를 기반으로 고속도로 교통혼잡비용을 산정하여 이를 기존 결과와 비교하였다. 분석연도와 분석범위의 차이로 인해 직접적인 비교는 어려우나, 기존 결과와 비교하여 총량적인 측면이나 차종별 구성비에서 다소 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

본 연구에서 제시한 방법을 통해 평일, 휴일 및 연휴기간 등 다양한 교통상황을 고려할 수 있으며, 시·공간적으로 보다 현실적인 교통혼잡비용을 산출하는 것이 가능하다. 또한 이러한 특성 분석을 통해 향후 고속도로 부문 교통혼잡비용 산정방법 개선 및 결과의 신뢰도 제고에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

향후연구로는 현재 교통혼잡비용에서 고려되지 못하고 있는 화물 자체의 시간가치가 추가로 반영되어야 할 것이며, 본 연구에 사용된 차량검지기 자료뿐 아니라 돌발상황정보, 대규모 이벤트 정보 및 기상정보 등 다양한 정보를 활용하여 외부요인이 교통혼잡비용에 미치는 영향을 정량화하는 방안을 고려해야 할 것으로 생각한다.

참고문헌

국토해양부 (2008), 12종 교통량조사 차종분류

가이드.

한국개발연구원 (2001), 도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판).

한국개발연구원 (2008), 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판).

한국교통연구원 (2007), 교통혼잡비용 추정방법 개선.

한국교통연구원 (2009), 비 반복적 발생 지·정체로 인한 혼잡비용 추정방안 연구.

한국교통연구원 (2014), 2011, 2012년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석.

한국교통연구원 (2014), 차량이동패적 정보를 활용한 교통혼잡비용 추정방법 개선 연구.

한국도로공사 (2015), 교통 통합DB 기반 교통운영지표 연구(발간예정).

Texas A&M Transportation Institute (2012), Urban Mobility Report.