

차종별 교통류 모형을 이용한 편도 2차로 고속도로 공사구간 용량 산정

Estimation of Capacity at Two-Lane Freeway Work Zone Using Traffic Flow Models of Each Vehicle-Type

박용진 Park, Yongjin | 정회원 · 계명대학교 교통공학과 교수 (E-mail : ypark@kmu.ac.kr)
 김종식 Kim, Jongsik | 한국건설기술연구원 전임연구원 (E-mail : jskim@kict.re.kr)

ABSTRACT

The purpose of this study is to estimate the capacity of two-lane freeway work zone blocking one lane using traffic flow models of each vehicle-type. Firstly, three traffic flow models of three different vehicle-types were developed using the data collected from each at the beginning and the ending point of the work zone. For each model, the maximum flow rate of three vehicle-types were calculated respectively. Maximum flow rate at the work zone was recalculated using passenger car equivalent value and percentage of vehicle-type. Secondly, traffic flow model using passenger car equivalent volume data was developed using the data collected from each at the beginning and the ending point of the work zone. Maximum flow rate for the work zone was calculated along. Two values of maximum flow rates through the work zone were compared and evaluated as the capacity of the work zone. This study found that the maximum flow rate of the work zone at the beginning point was less than that at the ending point because of impedance such as lane changing behaviors before entering the work zone. The capacity of two-lane freeway work zone blocking one lane was estimated 1,800pcphpl.

KEYWORDS

capacity, work zone, traffic flow model, vehicle-type

요지

본 연구의 목적은 차종별 교통류 모형을 이용한 편도 2차로 고속도로 공사구간의 용량 값을 산정하는 것이다. 공사구간의 교통류 모형은 공사구간의 유입부 및 유출부를 대상으로 차종별 모형과 승용차 환산계수를 적용한 전체 차량에 대한 모형으로 도출하였다. 차종별 모형에서 산정된 최대교통류율은 승용차환산계수 및 중차량 비율을 적용하여 공사구간의 용량 값으로 전환하였다. 차종별 모형의 유입부 및 유출부 최대교통류율은 각각 1,845pcphpl과 1,884pcphpl로 산정되었으며 차량 전체를 대상으로 한 모형의 최대교통류율은 차종별 결과보다 높게 분석되었다. 모형의 비교 검증을 위하여 최대밀도에 따른 거리차두간격을 적용하였다. 공사구간의 용량은 공사구간의 흐름이 안정된 유출부 용량보다 공사구간 진입을 위한 차선 변경 등으로 교통흐름이 원활하지 못한 유입부 용량에 좌우되므로 유입부 교통류 모형의 최대교통류율을 값인 1,800pcphpl을 편도 2차로 고속도로 공사구간 용량 값으로 산정하였다.

핵심용어

용량, 공사구간, 교통류 모형, 차종별

1. 서론

우리나라 고속도로는 1967년 경인고속도로의 착공을 시작으로 1968년 경부고속도로 서울에서 수원구간을 착공하면서 그해 12월 경인고속도로가 개통되면서 고속도로의 시대가 시작하였다. 이미 2007년에 고속도로

3,000km 시대를 열었고 2010년에는 경부고속도로 개통 40주년을 맞이하였다.

3,000km가 넘는 고속도로가 양질의 서비스를 제공하기 위해서는 지속적인 유지 관리 및 노후구간의 보수공사를 필요로 하고 있다. 한국도로공사(2011) 자료에

따르면 현재 운영되고 있는 고속도로의 60% 이상이 편도 2차로 고속도로로 운영되고 있으며 현재 건설 중인 고속도로의 70% 이상을 차지하고 있다. 따라서 편도 2차로 고속도로 공사 시에 교통운영에 필요한 공사구간의 용량 산정이 필요할 것이다.

고속도로 상에서 공사는 물리적 차로 축소를 의미하며 차로 축소로 인한 공사구간의 용량 부족은 상류부 지·정체 및 대기행렬을 발생시킬 수 있다. 공사구간의 용량은 주어진 조건에서 주어진 시간에 통과할 수 있는 최대교통류율을 의미하며 이에 대한 많은 연구들이 이루어졌으나 주로 경험적인 값들을 제시하고 있다.

Dudek(1982)는 차선 축소의 형태나 공사 종류에 따라 공사구간의 용량 값을 다양하게 제시하였으며, 2000년 미국 도로용량편람(HCM) (1999)에서는 2차로에서 1차로를 차단한 경우 용량 값으로 1,600pcphpl을 제시하였다. Edara(2007)연구에서 이 값은 전문가의 식견이나 공사구간의 공사강도의 정도, 중차량의 영향, 공사구간 근처에 연결로 접속구간 존재 여부 등의 여러 가지 영향을 단순 실험식으로 조정한다고 했다.

또한 Sarasua(2004) 연구에서도 미국의 각 주에서 적용하는 공사구간의 용량을 조사하였는데 대부분 경험치를 적용하고 있었다. 우리나라 김동녕(1998) 연구에서도 “실제 관측한 평균 교통량이 모형식에 의한 값보다 더 용량에 접근한 값이라고 생각된다.”로 기존의 연구에서 제시한 값들과 유사한 현장 관측치에 무게를 두었다.

공사구간의 중차량에 대한 영향은 2000년 미국 HCM에서는 중차량 보정계수를 적용하는 것을 권장했으며, 중차량의 속도가 아주 낮은 중국 고속도로를 대상으로 이루어진 Qiang(2007) 연구에서는 중차량이 지체 및 정체에 큰 영향을 미친다고 했다.

공사구간의 교통흐름은 중차량에 영향을 받으므로 본 연구의 목적은 차종별 교통류 모형을 이용하여 편도 2차로인 고속도로 공사구간의 용량을 산정하여 교통량에 승용차 환산계수를 적용한 자료를 이용한 교통류 모형에서 제시된 용량과 비교 분석하는 것이다.

공사구간의 차종별 교통류 모형은 공사구간의 유입부 및 유출부를 대상으로 도출하고 차종별 모형에서 산정한 최대교통류율은 도로용량편람(2001)에서 제시한 중차량 보정계수 및 공사구간의 중차량 비율을 적용하여 공사구간의 용량으로 제시된다. 또한 교통량에 승용차 환산계수를 적용한 공사구간의 교통류 모형에서 제시된 최대교통류율과 비교 분석하였다.

도출된 교통류 모형 및 용량 값은 공사로 인한 지체 및

정체, 대기길이 등 여러 연구의 기초연구가 될 것이다.

2. 관련 문헌 고찰

단기공사 구간의 도로용량에 대한 연구는 오래 전부터 많은 연구가 이루어졌으며 주로 경험치를 제시하고 있다. Dudek(1982) 연구에서는 공사작업별 포화교통유율을 제시하였다. 2차로에서 1차로를 차단한 경우 1,100~1,500vphpl로 제시하였으며 교량 보수공사인 경우 1,350vphpl를 제시하였으며 Dudek(1984)의 연구에서도 Texas 지역을 대상으로 제시한 평균포화교통유율을 1,340vphpl이었다. Iowa주 지방부 도로를 대상으로 Maze(2000)는 공사구간의 용량을 상위 10번째로 큰 교통량인 1,400~1600 pcphpl를 제시하였다.

Sarasua(2004) 연구에서 조사한 미국 여러 주(州)의 단기공사에 적용한 용량(threshold lane volume)은 표 1과 같이 경험이나 관리자의 결정에 따라 결정되거나 경험식을 위주로 한 미국 HCM에 의거하여 결정한다고 했다. 이 연구의 결론 중 1994년 미국 HCM에 제시된 단기 공사구간의 용량은 실제보다 낮게 추정된 것으로 결론을 내렸다.

표 1. 미국 주(州)의 교통국이 적용하는 용량
(단기공사로 인한 차선이 차단된 경우)

주(州)	용량	결정 방법
Connecticut	1,500~1,800vphpl	경험 및 미국 HCM
Missouri	1,240vphpl	미국 HCM 및 관리자의 결정
Nevada	1,375~1,400vphpl	경험
Oregon	1,400~1,600pcphpl	경험, 관측치 및 교통관리지침서
South Carolina	800vphpl or 1,230pcphpl	미국 HCM
Washington	1,350vphpl	공사중 프로그램
Wisconsin	1,600~2,000pcphpl	미국 HCM

1994년 미국 HCM에 적용된 값은 Dudek & Richards(1982) 연구에서 제시한 값들로 이 자료는 Texas지역을 대상으로 한 연구의 결과로 2차로에서 1차로로 줄어든 공사구간의 용량은 공사 종류에 따라 차이는 있으나 최대값으로 시간당 1,500대(vph)로 제시되었다. 이 연구의 결과 값들은 1994년뿐만 아니라 2009년 미국 HCM에도 적용되었다.

우리나라 건설교통부(1996)에서 제시한 2차로에서 1차로로 운영되는 공사구간의 용량의 개략적인 기준을 1,700vph로 제시하였다. 또한 정준하(1994) 연구에서

도 건설교통부에서 제시한 용량과 같은 1,700vph를 제시하였다.

용량 산정 방법으로는 Kim, T, Lovell, D. J., Paracha(2001)는 공사종류, 중차량비율 및 공사구간 길이 및 구배 등을 이용한 회귀식 모형을 제시하였다. Al-Kaisy & Hall(2003) 연구에서도 회귀식을 이용한 용량 모형이 제시되었으며 차단차로가 추월차로인 경우 주행차로에 비해 용량이 감소하는 것으로 제시하였다.

교통류 모형을 이용하여 공사구간의 용량을 산정한 김동녕(1998)연구에서는 Greenshilds모형에서 산정된 값은 1,762~1921pcphpl로 분석되었고 Greenberg모형에 의해 산정된 값은 1,496~ 1638pcphpl으로 산정되었으나 현장에서 조사된 1,500pcphpl을 제시하였다.

본 연구에서는 차종별 교통류 모형을 도출하고 승용차 환산계수를 적용하여 단기 공사구간의 용량을 제시하고자 한다.

3. 자료수집 및 분석 방법

3.1. 자료 조사 방법

본 연구를 위한 자료는 1998년 수집한 자료로 경부고속도로가 확장하기 전 편도 2차로인 고속도로를 대상으로 조사하였다. 대상 지점은 상행선 295.37km지점으로 금호1교 교량포장 보수 공사구간이다. 공사구간은 640m이며 주행 차로를 차단하고 이루어진 단기 공사구간이다.

자료 조사방법은 그림 1과 같이 비디오카메라를 이용하였으며 공사구간 시점부와 종점부를 촬영하였다. 조사된 자료는 공사구간 유입시간, 유출시간 및 한국 HCM에서 제시한 차량 종류별에 따라 자료를 추출하였다. 추출된 자료에서 각 차량의 공사구간 통행시간을 산정하였으며 유입부 및 유출부에서 각 차량의 차두시간 간격을 산정하였다.

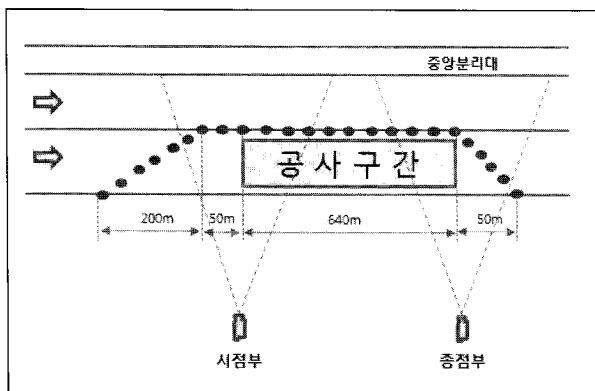


그림 1. 자료 조사 방법

3.2. 조사 자료의 특성

조사된 자료는 표 2와 같이 차종분류는 소형, 중형 및 대형으로 구분하여 5분 간격으로 총 1,515대의 자료를 추출하였다. 시간대는 오전 10개 시간대와 오후 5개 시간대로 총 15개 시간대가 본 연구 분석 자료로 사용되었다.

집계된 자료는 표 2와 같이 소형차량의 평균 비율은 49%이고 중형 및 대형의 평균 비율은 23%와 28%로 분석되었다.

표 2. 집계된 시간대별 분석 대상 자료

시간대	자료수	비율(%)		
		소형	중형	대형
00	77	0.26	0.32	0.42
01	94	0.49	0.26	0.26
02	67	0.43	0.18	0.39
03	106	0.42	0.25	0.34
04	119	0.45	0.24	0.32
05	90	0.50	0.22	0.28
06	61	0.43	0.30	0.28
07	89	0.47	0.26	0.27
08	104	0.55	0.18	0.27
09	83	0.39	0.33	0.29
10	105	0.45	0.23	0.32
11	91	0.53	0.22	0.25
12	91	0.59	0.18	0.23
13	112	0.56	0.20	0.24
14	112	0.58	0.21	0.21
15	114	0.60	0.22	0.18
합계	1,515	0.49	0.23	0.28

3.2.1. 차두시간 분포

차두시간 분포는 유입부와 유출부의 차량 흐름을 알 수 있는 변수로서 유입부와 유출부의 차두시간 분포를 분석하였다.

유입부 차두시간 분포는 소형차의 경우 1.0~9.3초의 분포를 나타내고 있으며, 중형차량과 대형차량의 차두시간 분포는 각각 1.2~11.2초와 0.9~10.2초의 분포를 나타내고 있다. 유출부 소형차량과 중형차량이 0.8~12초대의 분포를 나타내고 대형차는 0.6~13.3초의 분포를 나타내고 있다.

유입부 차두시간 분포는 그림 2와 같이 차두시간이 3초 이하에서는 중형차량이 높은 분포를 보이고 있으나 3초를 초과하는 경우 대형차량이 높은 분포를 나타내고 있다.

유출부 차두시간 분포는 그림 3과 같이 2.5초 이하에서 중형차량의 분포가 크고 차두시간이 3초 이상에서는 대형차량의 빈도수가 높은 것으로 나타났다.

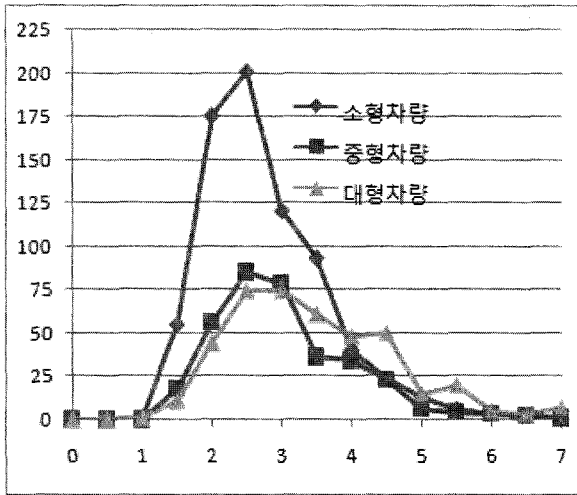


그림 2. 차량별 유입부 차두간격 분포도

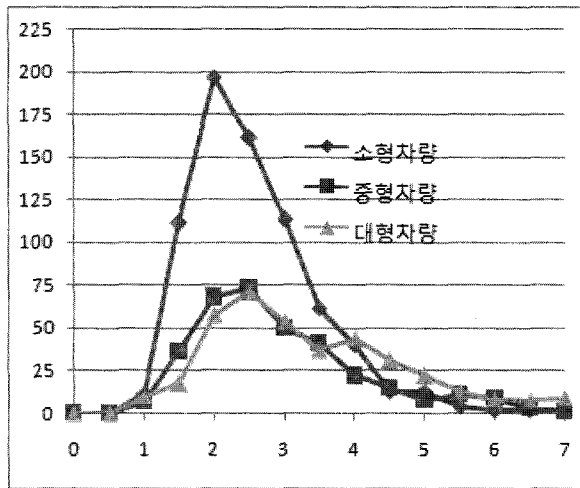


그림 3. 차량별 유출부 차두간격 분포도

소형차량은 유입 및 유출부에서 모두 중형 및 대형차량보다 빈도수가 높은 것으로 나타났다.

유출부 차두시간 분포는 유입부 차두시간 분포와 같이 중형 및 대형차량의 분포는 유사하나 소형차량의 분포는 유입부의 경우 2~2.5초 사이가 가장 높은 빈도를 나타냈으나 유출부에서는 1.5~2초 사이가 가장 높은 빈도수를 나타내고 있으며 유입부보다 안정적인 분포를 나타내고 있다.

3.2.2. 통행속도 분포

통행속도 분포는 소형은 18~126kmph 범위에 분포되어 있으며 중형 및 대형차량은 각각 18~104kmph와 18~114kmph의 범위에 분포되어 있다.

차종별 통행속도 분포는 그림 4와 같이 모든 차종이 양봉형의 분포를 나타내고 있으나 소형차량의 분포는 중형 및 대형차량의 분포보다 뚜렷한 양봉형을 나타내

고 있어 소형차량이 중대형차량에 비해 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

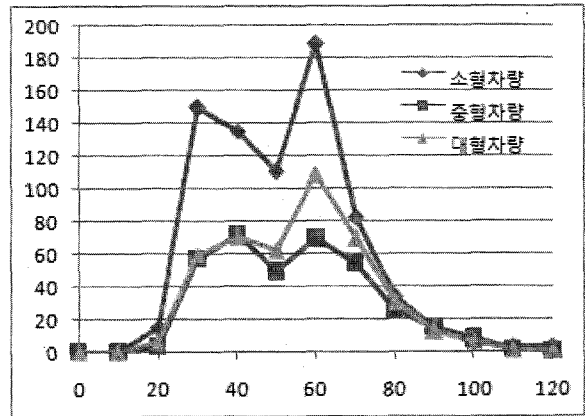


그림 4. 차량별 통행속도 분포도

3.3. 교통류 모형에 의한 최대교통량 산정 방법

교통류 모형을 도출하기 위하여 차종별 및 시간대별 평균차두시간과 구간 평균통행시간을 유입부와 유출부로 나누어서 산정하였다.

유입부 및 유출부 교통류율은 식 (1) 및 식 (2)와 같이 유입부 및 유출부 평균차두시간을 이용하여 교통량은 시간대별 차종별로 구분하여 산정하였다.

공사구간의 통행속도는 식 (3)과 같이 대상구간의 평균통행시간을 이용하여 산정하였고 유입부 및 유출부의 밀도는 식 (4) 및 식 (5)와 같이 산정하였다.

$$q_{in_{ij}} = \frac{3600}{h_{in_{ij}}} \quad (1)$$

$$q_{out_{ij}} = \frac{3600}{h_{out_{ij}}} \quad (2)$$

$$u_{ij} = \frac{L}{t_{ij}} \quad (3)$$

$$k_{in_{ij}} = \frac{q_{in_{ij}}}{u_{ij}} \quad (4)$$

$$k_{out_{ij}} = \frac{q_{out_{ij}}}{u_{ij}} \quad (5)$$

여기서,

$q_{in_{ij}}$ = i 시간대 j 차종의 유입부 교통류율(vph)

$q_{out_{ij}}$ = i 시간대 j 차종의 유출부 교통류율(vph)

$\bar{h}_{in_{ij}}$ = i 시간대 j 차종의 유입부 평균차두간격(sec)

$\bar{h}_{out_{ij}}$ = i 시간대 j 차종의 유출부 평균차두간격(sec)

u_{ij} = i 시간대 j 차종의 평균통행속도(kmph)

L = 공사구간 길이(640m)

\bar{t}_{ij} = i 시간대 j 차종의 평균통행시간(sec)

k_{in_j} = i 시간대 j 차종의 유입부 밀도(vph)

k_{out_j} = i 시간대 j 차종의 유출부 밀도(vph)

i = 5분 단위 시간대 ($i = 1, 2, \dots, 15$)

j = 차종 (1=승용차, 2=중차량, 3=대형차량)

시간대별 차종별 교통류율과 평균통행속도를 이용하여 유입부와 유출부 밀도를 산정하여 평균통행속도와 밀도와의 관계를 도출하였다.

각 도출된 모형에서 차종별 최대교통류율을 산정하였다. 차종별 산정된 최대교통류율은 시간당 교통량으로 승용차 계수를 적용하여 승용차 환산 최대교통류율을 산정하였다.

$$q_{\max} = \sum_{j=1}^3 q_{\max_j} \times E_j \times P_j \quad (6)$$

여기서,

q_{\max} = 공사구간의 최대교통류율(pcphpl)

q_{\max_j} = j 차종의 최대교통류율(vphpl)

E_j = j 차종의 승용차 환산계수

P_j = j 차종의 비율($j=1, 2, 3$)

4. 교통류 모형 도출 및 분석

4.1. 차종별 교통류 모형 개발

차종별 교통류 모형을 개발하기 위하여 집계된 자료를 차종별로 전환하였다.

차종별 전환된 자료 중 소형차에 대한 집계 자료는 표 3과 같이 시간대별 평균차두시간 간격을 적용하여 산정된 교통량은 유입부와 유출부에서 각각 1,171~1,589vph와 1,177~1,910vph의 분포를 갖는 것으로 나타났으며 시간대별 평균통행속도는 21~67kmph로 분포를 나타내고 있다.

시간대별 교통량과 평균통행속도를 적용하여 산정된 시간대별 밀도는 유입부와 유출부에서 각각 19~69vpkm와 23~62vpkm로 분포되어 있으며, 유출부의 밀도가 유입부의 밀도에 비해 좁은 범위의 분포를 보이고 있다.

표 3. 소형차의 시간대별 집계자료

시간대	q_{in_i} (VPH)	q_{out_i} (VPH)	u_{ij} (KMPH)	k_{in_i} (VPH)	k_{out_i} (VPKM)
00	1344	1425	59.3	22.7	24.0
01	1300	1595	51.6	25.2	30.9
02	1589	1910	48.8	32.6	39.2
03	1560	1740	57.3	27.2	30.4
04	1493	1728	63.1	23.7	27.4
05	1484	1705	57.0	26.1	29.9
06	1560	1486	36.3	42.9	40.9
07	1367	1413	33.1	41.3	42.7
08	1316	1362	31.5	41.8	43.3
09	1313	1511	46.8	28.0	32.3
10	1270	1507	66.6	19.1	22.6
11	1171	1177	21.4	54.7	55.0
12	1263	1341	26.0	48.5	51.5
13	1467	1665	45.2	32.5	36.9
14	1450	1514	52.6	27.6	28.8
15	1562	1409	22.7	68.8	62.1

차종별 집계된 자료를 이용하여 교통류 모형을 도출하였다. 본 연구에서 적용한 교통류 모형은 Greenberg 모형으로 다른 모형에 비하여 높은 R^2 값을 나타내고 있다. Greenberg 모형의 속도와 밀도와 관계는 로그형 모형으로 $u = u_m \times \ln(k_j) - u_m \times \ln(k)$ 의 관계를 갖는다. 소형차의 유입부 및 유출부 교통류 모형은 그림 5와 같다.

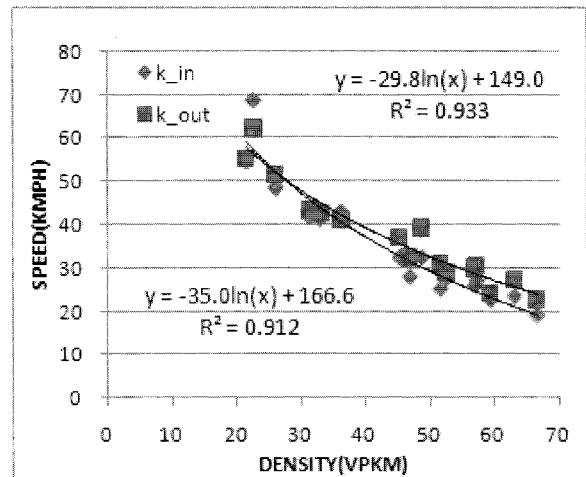


그림 5. 소형차 유입 및 유출부 교통류 모형도

유입부 및 유출부의 중형 및 대형차량의 교통류 모형도 같은 방식으로 도출하였다. 차종별 모형의 R^2 는 소형차량이 유입부 및 유출부 모형에서 각각 0.926과 0.933으로 다른 차종에 비해 높은 R^2 값을 갖으며 차량별 유입부 및 유출부 교통류 모형식은 표 4와 같다.

표 4. 차종별 교통류 모형식

차종별		교통류모형	R ²
유입부	소형	$u = 35.0 \times \ln(\frac{116.7}{k})$	0.926
	중형	$u = 29.6 \times \ln(\frac{123.7}{k})$	0.794
	대형	$u = 25.8 \times \ln(\frac{120.9}{k})$	0.957
유출부	소형	$u = 29.8 \times \ln(\frac{149.0}{k})$	0.933
	중형	$u = 28.5 \times \ln(\frac{139.1}{k})$	0.853
	대형	$u = 27.3 \times \ln(\frac{127.9}{k})$	0.823

각 모형에서 도출된 적정속도(u_m), 적정밀도(k_m), 최대밀도(k_j)와 최대교통류율(q_{max})은 표 5와 같이 유입부 u_m 은 소형차가 35.0kmph로 가장 높게 분석되었으며 중형차와 대형차 순으로 분석되었다. 반면, 유출부에서는 소형차, 중형, 대형의 순으로 분석되었으나 그 차이는 매우 적은 것으로 분석되었다.

유입부 모형에서 계산된 k_j 은 큰 차이를 나타내지 않고 있는 반면 유출부 모형에서 계산된 k_j 은 소형차량이 148.4vpkm로 가장 높게 나타났으며 중형 및 대형차량은 131.7vpkm와 108.3vpkm로 분석되었다.

표 5. 차종별 변수값 및 최대교통류율

변수	소형	중형	대형	
유입부	u_m	35.0	29.6	25.8
	k_m	42.9	45.5	44.5
	k_j	116.7	123.7	120.9
	q_{max}	1503	1347	1147
유출부	u_m	29.8	28.5	27.3
	k_m	54.6	48.5	39.8
	k_j	148.4	131.7	108.3
	q_{max}	1627	1381	1088

유입부 q_{max} 는 소형차량이 1,503vph로 가장 크게 산정되었고 중형 및 대형차량은 각각 1,347vph와 1,147vph로 산정되었다. 유출부 q_{max} 도 유입부와 같이 소형차량이 1,627vph로 가장 크게 산정되었고 중형 및 대형차량은 각각 1,381vph와 1,088vph로 산정되었다. 차량별 유입부 및 유출부의 q_{max} 는 소형 및 중형차량은 유출부가 조금 높게 산정되었으나 대형차량은 유입부가 조금 높게 산정되었다.

4.2. 차종별 최대교통류율을 이용한 공사구간 최대교통류율 산정

차종별 산정한 최대교통류율(q_{max})에 식 4와 같이 승용차환산계수(E_j) 및 차종비율(P_j)을 적용하여 공사구간의 승용차 환산 최대교통류율을 계산한 결과는 표 6과 같이 유입부 승용차 환산 최대교통류율은 각각 1,845pcphpl로 유출부 승용차 환산 최대교통류율인 1,884pcphpl보다 적은 값이 도출되었다.

공사구간 유입부는 기본구간에서 공사구간 진입을 위한 차선 변경 등으로 인하여 공사구간을 주행하면서 안정된 유출부보다 최대교통류율이 낮게 도출되었다. 또한 공사구간의 용량은 유입부에 의하여 전체 구간의 용량이 좌우되므로 본 연구에서는 유입부 최대교통류율에 십단위를 절삭한 1,800pcphpl를 단기공사구간의 용량값으로 제시하고자 한다.

표 6. 승용차환산 최대 교통류율

in		소형	중형	대형
E_j		1	1.5	2
유입부	q_{max}	1503	1347	1147
	P_j	0.49	0.23	0.28
	q_{max}	1503	2020	2294
		1845(pcphpl)		
유출부	q_{max}	1627	1381	1088
	P_j	0.49	0.23	0.28
	q_{max}	1627	2072	2176
		1884(pcphpl)		

4.3. 승용차환산계수를 적용한 교통류모형 분석

일반적으로 교통류 모형을 구축하기 위하여 교통량에 승용차 환산계수를 적용하여 유입부와 유출부의 교통류율과 구간 평균통행속도를 이용하여 교통류 모형을 구축하였다. 집계된 자료는 표 7과 같다.

집계된 자료를 이용하여 도출된 모형식은 차종별 교통류 모형과 비교 분석하기 위하여 Greenberg 모형을 적용하였다. 도출된 유입부와 유출부 교통류 모형도는 그림 6과 같이 비교적 높은 R² 값을 갖는 모형이 도출되었다.

도출된 유입부 및 유출부의 교통류 모형을 Greenberg 모형인 로그형 모형으로 전환하면 표 8과 같이 나타낼 수 있다.

도출된 모형식에서 유입부 및 유출부의 최대교통류율을 산정하기 위하여 u_m 및 k_m 을 계산하였다.

표 9와 같이 유입부 u_m 은 39.1kmph로 유출부 36.2kmph 보다 높게 분석되었으나 k_m 과 k_j 는 유출부가 높게 분석되었으며 유입부 및 유출부의 q_{max} 는 1,893pcphpl과 1,955pcphpl로 차종별 교통류 모형에

서 제시한 값보다 높게 분석되었다.

표 7. 승용차 환산계수를 적용한 집계자료

시간대	q_{in} (pcph)	q_{out} (pcph)	U (KMPH)	k_{in} (VPKM)	k_{out} (VPKM)
00	1855	1855	60.0	30.9	30.9
01	1710	1789	53.8	31.8	33.2
02	1887	2143	53.5	35.3	40.1
03	1992	2227	60.0	33.2	37.1
04	2076	2077	64.8	32.1	32.1
05	1901	1974	57.3	33.2	34.4
06	1966	1741	37.5	52.4	46.4
07	1729	1818	33.1	52.2	54.9
08	1644	1639	31.2	52.7	52.5
09	1739	1693	48.4	35.9	35.0
10	1602	1776	80.8	19.8	22.0
11	1487	1454	21.6	69.0	67.5
12	1578	1748	27.7	56.9	63.1
13	1802	2000	47.2	38.2	42.3
14	1794	1788	53.1	33.8	33.7
15	1893	1733	25.1	75.5	69.2

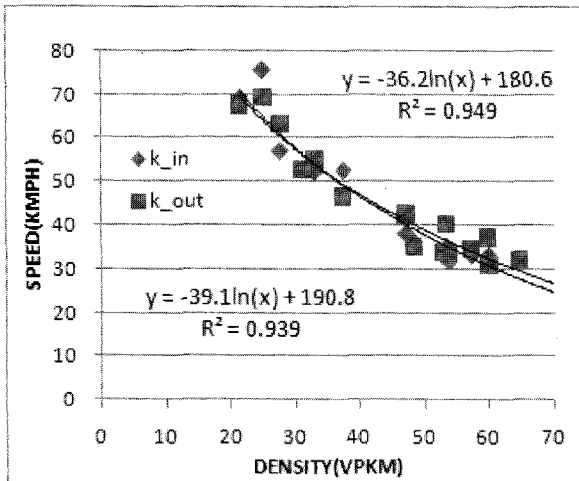


그림 6. 승용차 환산계수를 적용한 교통류 모형도

표 8. 유입부 및 유출부 교통류 모형식

차종별	교통류모형	R^2
유입부	$u = 39.1 \times \ln\left(\frac{131.6}{k}\right)$	0.939
유출부	$u = 36.2 \times \ln\left(\frac{146.8}{k}\right)$	0.949

표 9. 모형에서 제시한 최대교통류율

차종별	u_m	k_m	k_j	q_{max}
유입부	39.1	48.4	131.6	1893
유출부	36.2	54.0	146.8	1955

4.4. 비교 분석 및 검증

차종별 모형에서 산정된 값들과 승용차환산계수를 적용한 모형에서 제시한 값들을 비교 분석하고자 한다. 모형의 적합성은 R^2 의 값을 비교하면 모든 모형이 적합하다는 것을 알 수 있다.

그러나 모형에서 제시된 k_j 값과 평균거리차두간격(\bar{h}_{dist})을 이용하여 모형의 신뢰성을 평가하고자 한다. k_j 는 \bar{h}_{dist} 의 역수이므로 유입부 및 유출부의 각 모형에서 산정한 \bar{h}_{dist} 은 표 10과 같이 산출할 수 있다.

차종별 \bar{h}_{dist} 는 유입부의 경우 차선이 축소되면서 공사구간으로 진입하는 경우이므로 차종에 따라 크게 차이가 없으나 공사구간을 통과하면서 교통흐름이 안정된 유출부에서는 차량종류에 따라 \bar{h}_{dist} 가 확연히 차이를 보이고 있다.

승용차환산계수를 적용한 모형의 \bar{h}_{dist} 는 유입부 7.6m이고 유출부는 6.8m로 이 모형에서 산정한 k_j 값에 대한 신뢰성이 차종별 모형에서 제시한 k_j 에 비해 낮게 분석되었다.

표 10. 모형에서 제시한 거리차두간격

변수	소형	중형	대형	전체	
유입부	k_j	116.7	123.7	120.9	131.6
	h_{dist}	8.6	8.1	8.3	7.6
	q_{max}	1503	1347	1147	1893
유출부	k_j	148.4	131.7	108.3	146.8
	h_{dist}	6.7	7.6	9.2	6.8
	q_{max}	1627	1381	1088	1955

따라서 본 연구에서는 2차로 고속도로의 주행차로의 공사가 이루어지는 경우 공사구간의 용량은 1,800pcphpl을 제시하고자 한다. 이것은 고속도로의 이상적인 조건의 포화교통류율의 약 82%에 해당하는 값이다.

승용차 환산계수를 적용하여 평균값을 적용한 모형은 k_j 값을 h_{dist} 로 환산하였을 경우 차종별 h_{dist} 보다 적은 값을 나타내고 있으므로 이는 실제보다 과다 추정된 값을 보여주고 있다.

따라서 승용차 환산계수를 적용하여 교통류 모형을 개발하여 용량을 산정하는 것보다 차량별 용량을 산정하여 승용차 환산계수 및 증차량 비율을 적용하여 용량을 산정하는 것이 바람직할 것이다.

5. 결론

3,000km가 넘는 우리나라 고속도로가 양질의 서비스를 제공하기 위해서는 지속적인 유지 관리 및 노후구간의 보수공사가 필요할 것이다. 현재 건설 중인 고속도로까지 포함하면 고속도로의 70% 이상이 편도 2차로 고속도로인 점을 감안한다면 장래의 고속도로 공사로 인한 신뢰할 만한 교통영향 분석을 위해서는 공사구간의 용량이 주요한 변수로 적용될 것이다. 따라서, 본 연구에서는 편도 2차로 고속도로에서 주행차로에서 공사를 하는 구간의 용량을 산정하기 위하여 차종별 교통류 모형을 이용한 용량을 산정하였다.

교통류 모형은 유입부와 유출부의 진출입시간을 이용하여 5분 단위의 집계자료를 이용하여 차종별 모형을 도출하였고, 집계된 자료에 차종별 승용차 환산계수가 적용된 전체 모형을 도출하였다.

모형의 타당성을 검증하기 위하여 최대밀도에 따른 거리차두간격을 적용하였으며 승용차 환산계수를 적용한 교통류 모형에서 산출된 최대밀도에 따른 거리차두간격은 유입부 및 유출부는 각각 7.6m와 6.8m로 비교적 적게 분석됨에 따라 모형에서 산정된 최대교통류율은 과다 추정된 값을 나타내고 있다.

차종별 교통류 모형에서 제시된 최대교통류율은 유출부가 유입부보다 크게 분석되었다. 유입부 차종별 모형에서 산정된 최대밀도에 따른 거리차두간격은 유사하게 나타나고 있으나 유출부 모형에서 분석된 값은 차종에 따라 차이를 나타내고 있다. 이런 결과는 공사구간 진입 전에 차선이 축소되면서 공사구간 진입으로 인하여 교통흐름이 원활하지 못한 반면 일정 구간을 주행하고 도달하게 되는 유출부는 교통흐름이 안정되면서 차종에 따라 변화를 나타내고 있다.

공사구간의 용량은 공사구간의 흐름이 안정된 유출부 용량보다 차선 축소에 따른 차선 변경 등으로 인하여 교통흐름이 원활하지 못한 유입부 용량에 좌우된다. 따라서, 본 연구에서는 유입부 차종별 모형에서 산정된 최대교통류율 값인 1,800pcphpl를 편도 2차로 고속도로 공사구간의 용량으로 제시하고자 한다.

본 연구는 1,500개 이상의 자료를 이용한 연구이지만 1개 공사 지점을 대상으로 분석하였으므로 다양한 공사 종류 및 구간 길이에 따른 공사구간 용량 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 계명대학교 비사연구비에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- 건설교통부(1996), 도로 공사장 교통관리지침
- 김동녕, 이승환(1998), "공사로 인한 차로 감소구간의 교통류 특성에 관한 연구" 대한토목학회 논문집, 제18권 제III-4호, pp445-462
- 건설교통부(2001), 도로용량편람, 대한교통학회
- 정준화(1994), "도로점용 공사의 손실비용 최소화 방안", 건설기술정보.
- 한국도로공사 노선안내 web-site (www.ex.co.kr) (2011)
- Ahmed Al-Kaisy and Fred Hall(2003), "Guidelines for Estimating Capacity at Freeway Reconstruction Zones," *Journal of transportation Engineering*, ASCE, pp572-577
- Dudek, C., and S. Richards(1982). Traffic Capacity Through Urban Freeway Work Zones in Texas. *In Transportation Research Record No. 869*. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp. 14-18.
- Dudek, C.(1984), Note on Work Zone Capacity and Level of Service. *Texas Transportation Institute*, Texas A&M University, College Station, Texas.
- Edara, P.K, Cottrell, Jr. B.H.(2007), "Estimation of Traffic Mobility Impacts at Work Zones: State of the Practice", *the 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, January, 2007.
- Highway Capacity Manual 2000(1991), Transportation Research Board, *National Research Council*, Washington, D.C.
- HCM Special Report 209(1998), *Transportation Research Board, National Research Council*, Washington D. C.
- Krammes, R.A., and G.O. Lopes(1994), Updated Capacity Manual Values fro Short-Term Freeway Work Zone Lane Closures, *Transportation Research Record 1442*, TRB, National Research Council, Washington D. C., pp.49-56
- Kim, T, Lovell, D. J., Paracha,(2001) J., "A New Methodology to Estimate Capacity for Freeway Work Zones", *Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington D.C.
- Maze, T. H., Schrock, S. D., KAMYAB, A.(2000), "Capacity of Freeway Work Zone Lane Closures", *MID-CONTINENT TRANSPORTATION SYMPOSIUM 2000 PROCEEDINGS*, pp178-183
- Sarasua, W., W. Davis, D. Clarke, J. Kotapally, and P. Mulukutla(2004). Evaluation of Interstate-Highway Capacity for Short-term Work Zone Lane Closures. *In Transportation Research Record No. 1877*. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2004, pp. 85-94.
- Qiang, F., Fei, H.L. Hong, C.X., Ye. L.(2007), "INFLUENCE OF HEAVY VEHICLE TO TRAFFIC FLOW IN FREEWAY WORK ZONE", *the 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*.

접 수 일 : 2011. 7. 21

심 사 일 : 2011. 7. 21

심사완료일 : 2011. 8. 12