

■ 論 文 ■

사고발생에 따른 고속도로용량감소율에 관한 연구

A study on the reduction ratio of highway capacity in accordance to occurrence of accident

이 성 훈

(서울대학교 환경대학원 석사과정)

이 영 인

(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위 및 수행 절차
 - II. 기존 문헌 고찰
 - 1. 고속도로 합류부 용량산정방법
 - 2. 사고발생시 도로용량감소율
 - III. 사고발생시 도로용량 산출 방법론
 - 1. 용량의 정의
 - 2. 임계차두간격 산출모형
 - 3. 최대통과교통량 산출 모형
 - IV. 모형의 적용 및 분석결과
 - 1. 분석구간 용량분석
 - 2. 모형에 의한 사고발생시 용량분석결과
 - 3. 기존 문헌 감소율과의 비교
 - V. 결론 및 향후 연구
- 참고문헌

Key Words : 도로용량, 임계차두간격, 유고상황 도로용량, 최대통과교통량, 교통사고관리
capacity, critical gap, capacity in accident, maximum traffic flow rate, accident management

요 약

용량의 산정이 적합하지 못하다면 고속도로의 분석 및 예측에 잘못된 결론을 도출하게 된다. 도로의 용량을 일시적으로 크게 감소시키는 교통사고는 예측 불가능한 비반복정체를 발생시켜 혼잡관리가 어렵다. 따라서 본 연구는 사고발생시 속도에 따른 도로용량 파악을 목적으로 한다.

본 연구에서는 사고발생구간의 차량의 행태를 파악하여 교통류 속도에 따른 임계차두간격 산출모형과 최대통과교통량 산출모형을 구축하였다. 구축된 모형을 토대로 사고발생시의 고속도로용량감소율을 산정하였다. 그 결과 교통류의 속도가 40km/h일 때, 도로용량이 37%감소할 것으로 예측되었고, 다른 결과값은 본문에 수록하였다.

구축된 모형에 대한 검증은 제대로 수행할 수 없었지만 속도에 따른 도로용량감소율을 파악하고자 했었는데 본 연구의 의의를 두고 싶다.

An inappropriate evaluation of capacity leads to the incorrect and impractical result due to the transfer of error to the analysis and the evaluation on highway system. The traffic accident which reduces the capacity of road temporarily generates unpredictable congestion, causing difficulties in congestion management. Therefore, this research aims on the measurement of the capacity of the road in accordance to the speed at the accident which is a basic factor when performing analysis.

Based on the given approach, the behavior of a vehicle in highway is understood to develop model of critical gap and model of maximum flow rate with respect to the speed of traffic flow.

With the established model, the reduction rate of the capacity in highway system at the accident is measured. The result shows that the capacity is reduced by 37% when the speed of the traffic flow is 40km/h.

Although the developed model can't be verified clearly, this research has shown that the reduction rate of the capacity in road system has a close relation to the speed.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

도로의 용량은 고속도로 운영상태 및 운영상태의 질을 평가하는데 필수적으로 사용된다. 이러한 용량산정이 적합하지 못하다면 고속도로의 분석 및 예측에 오차가 전이되어 비현실적이고 잘못된 결론을 도출하게 된다.

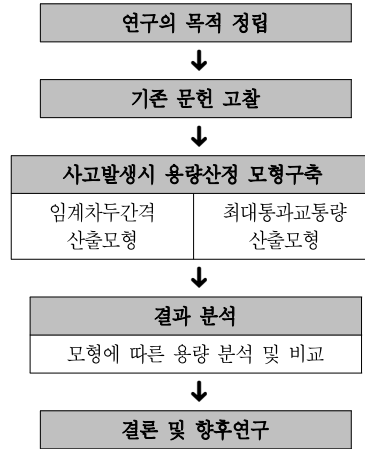
도로의 용량을 일시적으로 크게 감소시키는 교통사고, 차량고장, 낙하물, 기상이변 등과 같이 불특정 시간대 및 불특정 장소에서 발생하는 유고상황은 예측 불가능한 비반복정체를 발생시켜 혼잡관리가 어렵다. 따라서 본 연구는 사고발생시의 운영분석의 기초인 사고발생시 도로 용량 파악을 목적으로 한다.

일반적으로 연속류 도로에서 사고차량이 발생하게 되면 차로감소율보다 더 큰 비율로 용량이 감소된다. 이는 사고발생으로 인하여 차로가 감소되면서 사고발생차로의 차량이 차선변경을 함으로 인해 차량상호간의 마찰이 증가하기 때문이다. 그리고 사고구간을 주행중인 교통류의 속도에 따라 용량감소정도는 다를 것이라 판단된다. 예를 들어 자유속도로 주행할 수 있는 경우에는 용량은 차로수에 비례하여 감소할 것이다. 하지만 정체상태에서는 사고발생차로구간의 차량이 차선변경을 위한 간격 확보가 어렵기 때문에 용량은 차로감소율보다 크게 감소할 것이다. 따라서 본 연구는 사고차량 발생시 운전자의 차로변경행태분석을 통하여 사고발생구간을 주행하는 교통류의 속도에 따른 용량 산정을 목적으로 하였다.

2. 연구의 범위 및 수행 절차

본 연구는 4차로 고속도로구간에서 사고발생시 본선보다 1개차로 감소되는 정도를 파악하기 위해 서울외곽순환고속도로의 송내IC-중동IC사이 2.5km구간 2008년 10월 29일부터~11월 4일까지의 교통량-속도자료를 이용하였다. 분석된 구간은 침두시 비침두시 교통수요특성을 명확히 나타낸다. 따라서 동일구간에서의 속도구간별 교통량 자료수집에 용이하다.

본 연구와 관련된 기존 연구가 부족하여 고속도로 유형 중 주행중에 1개차로가 감소되는 고속도로합류부 용량산정 방법을 파악하였다. 하지만 연결로와 사고발생구간의 특성은 차이가 있어 그 차이점을 파악하여 모형을



<그림 1> 연구수행절차

구축하였다. 구축된 모형을 토대로 사고발생시 용량감소정도를 산출하였으며, 기존 문헌의 사고발생시 용량감소를 분석결과와 비교하였다.

II. 기존 문헌 고찰

본 연구와 관련된 사고발생시의 용량감소에 관한 기존연구결과가 거의 없는 실정이었다. 따라서 차로변경으로 인한 마찰이 용량감소에 영향을 미치는 고속도로 합류부 용량산정방법에 대해 고찰한 후 사고발생구간과 비교하여 적용 가능성을 파악하였다.

1. 고속도로 합류부 용량산정방법

1) 임계차두간격 산정모형

임계차간간격은 합류과정에 필요한 본선차량간의 수락간격으로 진입용량 산정시 임계차간간격 이상의 차간간격이 확보되면 합류차량은 모두 합류하는 것으로 본다. 이러한 임계차간간격에 대해 Greenshield는 절반에 해당하는 운전자가 수락하는 차간간격을 임계차간간격으로 정의하였으며, Raff는 진입을 수락하는 차간간격의 누적곡선과 진입을 수락하지 않는 차간간격의 누적곡선이 만나는 점의 값을 임계차간간격으로 정의 하였다.

또한 최재성, 이승준의 “고속도로 합류부 임계차두간격 및 용량산정에 관한 연구”에서는 새로운 임계차두간격 모형을 통해 고속도로 본선 및 연결로의 상대속도 차이를 고려하여 새로운 임계차두간격을 산출하였다.

2) 차두간격 분포 모형에 따른 최대 진입가능 교통량 산정모형

본선구간의 차두간격 분포 모형은 임계차두간격 산출 모형과 최대통과 교통량을 산출하는데 있어서 중요한 역할을 담당하고 있다. 기존연구에서 이용된 고속도로 합류부 본선구간 차두간격 분포 모형은 다음과 같다.

▶ K=2, α=0.5 인 Pearson Type III 분포

$$f(t) = \lambda_m^2 \cdot (t - 0.5) \cdot e^{-\lambda_m \cdot (t - 0.5)} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{2}{\frac{3600}{Q_m + W \cdot Q_{w2}} - 0.5}, W = \frac{Q_m}{3600} \quad (2)$$

본선구간 차두간격 확률밀도함수를 이용한 동적최대 진입 가능 교통량(연결로 최대 차로변경 가능교통량) 산정모형은 다음과 같다.

$$Q_{max} = Q_m \cdot \left[\frac{\lambda_m (T_c - 0.5 + \frac{1}{\lambda_m}) \cdot e^{-\lambda_m (T_c - 0.5)}}{1 - e^{-\lambda_m \cdot T_c}} + \frac{\lambda_m \cdot t^* \cdot e^{-\lambda_m (T_c + t^* - 0.5)}}{(1 - e^{-\lambda_m \cdot T_c})^2} \right] \quad (3)$$

동적최대 진입 가능 교통량은 $Q_{max} = Q_r$ (연결로 교통량)이 될 때 성립한다.

2. 사고발생시 도로용량감소율

기존 문헌에서 사고발생시의 차량행태에 관한 모형연구는 부족하였지만 실측자료 및 미시적 모의실험을 이용한 사고발생시 용량감소율에 관한 연구결과는 알 수 있었다.

FHWA의 “Freeway Management Handbook”에서는 교통사고 발생에 의해 편도3차로에서 1차로 감소시 용량감소율을 50%로, 편도 3차로에서 2차로 감소시 용량감소율을 79%로 제시하고 있다.

<표 1> 사고발생시 차로수 감소에 따른 감소율

고속도로 편도차로수	감소된 차로수				
	1	2	3	4	5
2	0.65	0.00	-	-	-
3	0.51	0.17	0.00	-	-
4	0.42	0.25	0.13	0.00	-
5	0.35	0.40	0.20	0.10	0.00

주 : Owen, J. R. 'Alternative Surveillance Concepts and Methods for Freeway Incident Management'

<표 2> 사고발생시 용량감소율

구분	용량감소율
기본구간 2차로	차로 감소율 50%시 : 67%감소
기본구간 3차로	차로 감소율 33%시 : 46%감소
터널내 3차로	차로감소율 33%시 : 51%감소

주 : 정재훈, '돌발상황으로 인한 차로 감소구간의 용량감소에 관한 연구'

Owen, J. R.와 G. L. Urbamek의 “Alternative Surveillance Concepts and Methods for Freeway Incident Management”에서는 사고 감소율을 다음과 같이 제시하고 있다.<표 1>

김민석의 “돌발상황으로 인한 교통영향 산정 방법론에 관한 연구”에서는 돌발상황으로 인한 교통영향을 누적곡선, 충격과분석 및 미시적 모의실험을 이용하여 용량감소율을 연구 하였다. 연구에서 제시된 감소율은 편도 3차로에서 1개차로 차단시 용량의 36%가 감소하고 2개차로 차단시에는 용량은 70%감소하는 것으로 분석되었다.

정재훈의 “돌발상황으로 인한 차로 감소구간의 용량감소에 관한 연구”에서는 사고발생시 고속도로 실측자료를 바탕으로 용량감소율을 다음과 같이 제시하고 있다.

III. 사고발생시 도로용량 산출 방법론

1. 용량의 정의

미국의 HCM2000에서 제시하는 고속도로 기본구간의 용량에 관하여 “주어진 도로조건, 기하구조조건, 교통조건, 환경조건 및 교통통제조건 하에서 일정 시간, 기간 동안 한 차로(또는 도로)상의 한 지점 또는 균일 구간을 사람 또는 차량이 합리적인 수준에서 통과할 것으로 예상되는 최대 교통류율(maximum flow rate)로서, 대/시, 승용차/시 또는 인/시로 표현된다”라고 정의 되어 있다. 용량에 대한 이러한 개념을 바탕으로 본 연구에서는 기존문헌에서의 최대 통과가능 교통량 및 최대 통과 교통량의 개념을 이용하였다. 최대 통과 교통량은 합류부뿐만 아니라 차로감소 구간 및 진출 연결로의 대기행렬이 본선의 한 차로를 잠식한 경우와 같은 정체발생 병목구간의 교통량을 의미한다. 사고발생시에는 사고발생 차로를 이용할 수 없으므로 일시적으로 병목현상이 발생하여 정체가 시작된다. 따라서 본 연구에서는 최대통과 교통량을 용량으로 정의하여 최대통과 교통량 산정을 위한 모형을 구축하였다.

2. 임계차두 간격 산출 모형

차로변경을 하기 위해서는 변경할 차로에 차량간의 수락간격이 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 사고발생시 사고발생차로의 차량의 주행과정을 파악하여 해당 구간 주행차량들의 속도에 따른 임계차두간격 산출 모형을 구축하였다.

<그림 2>는 사고발생구간차로의 차량 r1이 인접차로의 차량 m1과 m2사이의 차간간격을 이용하여 차로변경을 하는 과정을 도식화한 그림이다.

차량 r1, m1, m2는 같은 교통류 내에 존재하기때문에 속도가 비슷하다고 생각할 수 있다. 따라서 r1과 m1사이의 간격이 최소차간유지거리(D5)이상 존재한다면 가속하여 쉽게 차선변경을 할 수 있다. 하지만 간격이 최소차간유지거리(D5)이하로 존재하는 시점부터는 차량 r1은 차로변경을 위해 감속을 시작한다. 차량 r1은 m1과의 차로변경을 하기 위한 최소차간유지거리가 확보될 때까지 감속을 할 것이다. 그리고 최소간격이 확보된다면 차량 r1은 인접차로로 차로변경을 하기 위해 가속을 시작할 것이다. 인접차로의 속도가 다르다면 앞 차량(m1)또는 뒷 차량(m2)과 충돌하게 되므로 감속하기 이전속도(해당교통류 내의 속도)를 회복할때 까지 가속하며 인접차로에 진입을 완료하게 된다. 이러한 차량의 차로변경 행태를 반영한 임계차두 간격 산출과정은 다음과 같다.<표 3>

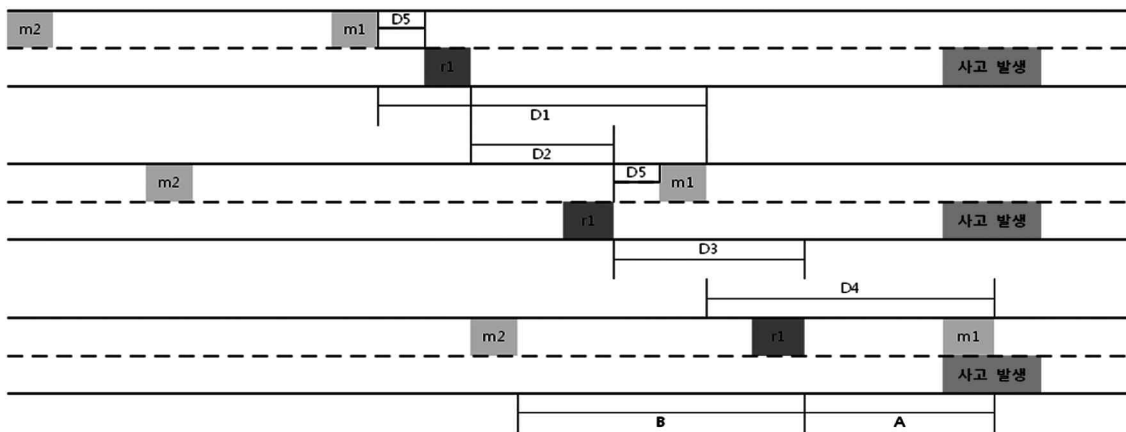
1) 가정 및 조건

- 사고발생구간에서의 차량거동 특성은 한 개차로가 감소되는 고속도로 합류부의 차량들의 거동과 동일함

<표 3> 임계차두 간격 산출과정

1단계	차량 r1이 감속하여 m1과 최소차간유지거리(D5)확보를 하는 데 소요되는 시간 계산
2단계	시간 t후 차량 r1의 속도계산
3단계	차량 r1이 감소된 속도를 회복하는데 걸리는 시간동안 이동한 거리 계산
4단계	차량 r1이 진입하는 동안 r1 및 m1의 이동거리 계산
5단계	차량 r1진입완료 후 m1과 r1사이의 거리계산
6단계	차량r1과 m1사이의 여유 차두간격 계산
7단계	차량r1과 m2사이의 여유 차두간격 계산

- 동일구간을 주행하는 교통류 내의 차량들의 속도는 같음
- 사고 발생구간차로 차량은 사고정보를 확인한 후 짧은 구간에서 감속하기때문에 가속할 때보다 큰 비율로 감속함(본 연구의 경우에는 가속도의 1.5배 수치를 이용함)
- 차량은 모두 승용차로만 구성되어 있으며, 차량길이는 모두 동일함
- 운전자가 최소차간유지거리를 파악하고 가속을 하는 데는 1.5초의 시간이 소요됨(인지반응시간)
- 차량 주행속도 : V_0 (m/s)
- 차량 길이 : L (m)
- 차량의 가속도 : a (m/s²)
- 차량의 감속도 : $-1.5*a$ (m/s²)
- 최소차간유지거리 : l (m)
- 평균 최소 차두간격 : a (초)
- 최소 차두거리 : L+l (m)
- 차량 r1이 진입시 차량 m2와의 여유차두간격 : B(초)



<그림 2> 사고발생구간의 차로변경과정

2) 모형구축

- 차량 r1이 감속하여 m1과 최소차간유지거리(D5) 확보를 하는데 소요되는 시간 계산

$$(D1-D2)=2*(L+l)$$

$$= V_0 \cdot t_1 - (V_0 \cdot t_1 + \frac{1}{2} \cdot (-1.5 \cdot a) \cdot t_1^2)$$

$$\therefore t_1 = \sqrt{\frac{4(L+l)}{1.5 \cdot a}}$$

- 차량 r1의 t1시간 후의 속도 계산

$$V_1 = V_0 - 1.5 \cdot a \cdot t_1$$

- 차량 r1이 속도를 회복하는데 소요되는 시간 계산

$$t_2 = \frac{(V_1 - V_0)}{a}$$

- 차량 r1이 진입하는 동안 r1 및 m1의 이동거리 계산

$$D3 = V_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot (t_2 + 1.5)^2, \quad D4 = V_0 \cdot (t_2 + 1.5)$$

- 차량 r1 진입완료 후 m1과 r1사이의 거리계산

$$A = D4 - D3 + (L+l)$$

- 차량r1과 m1사이의 여유차두간격 계산

$$MAX[\frac{A}{V_0}, a, \frac{L+l}{V_0}] = TA \tag{4}$$

- 차량 r1과 m2 사이의 여유차두간격 계산

$$MAX[a, \frac{L+l}{V_0}] = TB \tag{5}$$

- 임계차두간격계산 : TC=TA+TB \tag{6}

3) 임계차두간격 산출

구축된 모형을 토대로 사고발생구간 교통류의 속도의 범위를 10km~110km로 하여 임계차두간격을 산출 하였다.

(1) 산출제원

- 차량길이 : L
차량길이는 “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해석 및 지침”에 제시된 설계차량 중 소형자동차의 길이 4.7m를 적용하였다.

<표 4> 차량속도에 따른 가속도

(단위 : 속도(km/h), 가속도(m/s²))

속도	가속도
10	1.47
20	1.47
30	1.47
40	1.47
50	1.47
60	1.20
70	0.98
80	0.89
90	0.81
100	0.73
110	0.65

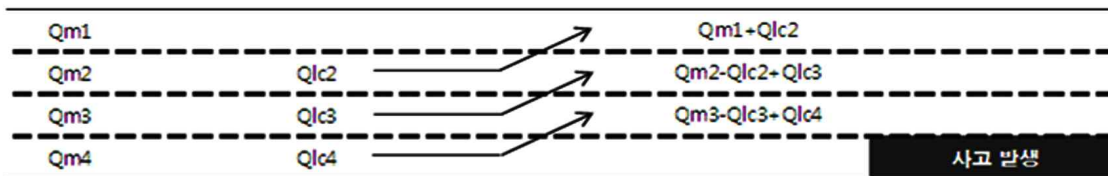
주 : ITE, Traffic Engineering Handbook

- 차량의 가속도 : a(m/s²)
ITE의 “Traffic Engineering Handbook”의 속도별 승용차 평균 가속도자료에 보간법을 적용하였다.
- 평균 최소차간유지거리 : l
교통량이 많을 때와 적을 때를 고려하기 위해 2m를 적용하였다.
- 평균 최소차두간격 : a
평균 차두간격은 교통량의 역수이므로 평균최소차두간격은 용량의 역수인 $\frac{1}{capacity} = \frac{1}{2400} = 1.5초/대$ 를 적용하였다.

(2) 산출결과

<표 5> 속도별 임계차두간격 단위 : 속도(km/h)

속도	$\frac{L+l}{V_0}$	a	$\frac{A}{V_0}$	TA	TB	TA+TB
10	2.41	1.5	2.8	2.8	2.41	5.2
20	1.21	1.5	2.8	2.8	1.5	4.3
30	0.80	1.5	2.8	2.8	1.5	4.3
40	0.60	1.5	2.1	2.1	1.5	3.6
50	0.48	1.5	1.7	1.7	1.5	3.2
60	0.40	1.5	1.4	1.5	1.5	3.0
70	0.34	1.5	1.2	1.5	1.5	3.0
80	0.30	1.5	1.1	1.5	1.5	3.0
90	0.27	1.5	1.0	1.5	1.5	3.0
100	0.24	1.5	0.9	1.5	1.5	3.0
110	0.22	1.5	0.8	1.5	1.5	3.0



<그림 3> 최대진입가능교통량 산정 개념도

3. 최대통과교통량 산출모형

사고발생구간의 최대 통과교통량은 새롭게 산출된 교통류 속도에 따른 임계차두간격을 토대로 기존 문헌의 최대 차로진입가능교통량 산정모형을 이용하여 산정할 수 있다.

<그림 3>은 최대통과교통량을 산정의 개념도이다. 사고발생 시 사고발생차로 구간의 차량뿐만아니라 차량마찰 증가로 인하여 나머지 2차로, 3차로 구간의 차량도 연쇄적으로 차로변경을 한다. 따라서 2차로, 3차로 최대 진입가능 교통량산정 후 최종적으로 사고발생차로에서 3차로의 최대진입가능교통량을 산정할 수 있다.

기존 문헌에서와 같이 기본구간의 차량도착분포는 K=2, α=0.5 인 Pearson Type III 분포를 따른다. 차량도착 확률분포함수는 식(1)과 같다. 이에 따른 2차로 차량의 1차로 최대 진입가능교통량 산정모형은 다음과 같다.

▶ 2차로 -> 1차로 최대 진입가능교통량

$$\lambda_{m1} = \frac{2}{\frac{3600}{Q_{m1} + W \cdot Q_{lc(2)}} - 0.5}, W = \frac{Q_{m1}}{3600} \quad (7)$$

$$Q_{max}(= Q_{lc(2)}) = (Q_m) \cdot \lambda_{m1} \left(T_c - 0.5 + \frac{1}{\lambda_{m1}} \right) \cdot e^{-\lambda_{m1}(T_c - 0.5)} \cdot \left[\frac{\lambda_{m1} \cdot t^* \cdot e^{-\lambda_{m1}(T_c + t^* - 0.5)}}{1 - e^{-\lambda_{m1} \cdot t^*}} + \frac{\lambda_{m1} \cdot t^* \cdot e^{-\lambda_{m1}(T_c + t^* - 0.5)}}{1 - e^{-\lambda_{m1} \cdot t^*}} \right] \quad (8)$$

최대 진입가능교통량은 식(7)과 식(8)을 만족하는 $Q_{lc(2)}$ 의 값이다.

차로별 최대 진입가능교통량을 산출한 후 사고 발생 구간차로의 최대진입가능 산정방식은 다음과 같다.

▶ 사고발생구간차로 -> 3차로 최대 진입가능교통량

$$\lambda_{m3} = \frac{2}{\frac{3600}{(Q_{m3} - Q_{lc(3)}) + W \cdot Q_{lc(4)}} - 0.5}, W = \frac{Q_{m3} - Q_{lc(3)}}{3600} \quad (9)$$

$$Q_{max}(= Q_{lc(4)}) = (Q_m) \cdot \lambda_{m3} \left(T_c - 0.5 + \frac{1}{\lambda_{m3}} \right) \cdot e^{-\lambda_{m3}(T_c - 0.5)} \cdot \left[\frac{\lambda_{m3} \cdot t^* \cdot e^{-\lambda_{m3}(T_c + t^* - 0.5)}}{1 - e^{-\lambda_{m3} \cdot t^*}} + \frac{\lambda_{m3} \cdot t^* \cdot e^{-\lambda_{m3}(T_c + t^* - 0.5)}}{1 - e^{-\lambda_{m3} \cdot t^*}} \right] \quad (10)$$

사고발생구간의 최대 진입가능교통량은 식(9)와 식(10)을 만족하는 $Q_{lc(4)}$ 의 값이다.

따라서 위의 차로별 최대 진입가능교통량을 산정한 후 사고발생구간의 최대통과교통량은 1차로 통과교통량, 2차로 통과교통량, 3차로 통과교통량의 합이다. 따라서 최대 통과교통량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{최대통과교통량} \\ & = Q_{m1} + Q_{lc2} + Q_{m2} - Q_{lc2} + Q_{lc3} + Q_{m3} - Q_{lc3} + Q_{lc4} \\ & = Q_{m1} + Q_{m2} + Q_{m3} + Q_{lc4} \end{aligned} \quad (11)$$

IV. 모형의 적용 및 분석결과

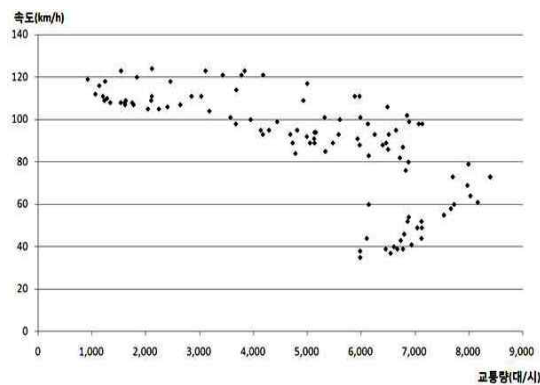
1. 분석구간 용량분석

HCM이나 도로용량편람에서 제시하고 있는 고속도로 기본구간의 용량은 차로당 2100~2200대의 수치이다. 하지만 기하구조나 환경조건에 따라서 용량은 변하므로 기본값 그대로 분석구간(송내IC~중동IC)의 용량으로 정의하기에는 무리가 있다. 따라서 교통량-속도 실측자료를 이용하여 분석구간의 용량을 산정하였다.

<그림 4>의 교통량-속도 그래프 결과로 보아 정상류의 교통상태에서 정체류로 전이되는 순간인 용량은 8000대/시~9000대/시 구간에 존재한다. 따라서 분석된 용량은 8200대/시이고 차로당 평균용량은 2050대/시이다.

2. 연구 모형에 의한 사고발생시 용량분석결과

분석구간의 교통량-속도자료를 본 연구 모형에 적용하여 분석을 수행하였다. 분석구간의 교통량자료를 10km/h



<그림 4> 분석구간 교통량-속도 그래프

<표 6> 분석구간의 최대통과 교통량

(단위 : 속도(km/h), 임계차두간격(초/대), 교통량(대/시))

속도	Tc	관측교통량					VOL
		1차로	2차로	3차로	4차로	소계	
40	3.6	1,634	1,622	1,603	1,539	6,397	5,206
50	3.2	1,947	1,932	1,742	1,709	7,330	5,953
60	3.0	2,045	2,136	1,820	1,884	7,885	6,034
70	3.0	2,011	2,010	1,447	1,433	6,900	6,026
80	3.0	1,661	1,679	1,329	1,249	5,918	5,459
90	3.0	749	882	779	621	3,032	3,032
100	3.0	195	376	356	255	1,181	1,181

주 : Tc는 임계차두간격을 의미함

주 : VOL은 모형을 통하여 산출된 최대통과교통량을 의미함

구간으로 나누어 차로별 교통량평균값을 구한다. 해당값을 속도에 따른 임계차두간격을 이용한 최대통과교통량 산정 모형에 입력한 결과값은 <표 6>과 같다.

분석결과 90km와 100km구간에서는 사고발생으로 인한 도로의 추가적인 용량감소는 없었다. 진입한 모든 교통량이 정체를 발생시키지 않고 통과할 수 있다고 분석되었다. 이는 90km/h~100km/h 속도구간의 교통량 자료 입력값이 다른 속도구간의 교통량에 비해 상대적으로 적어 차로변경을 위한 임계차두간격이 최대통과 교통량 산출모형의 차두간격분포에서 모두 수락되어 사고발생의 영향이 없는 결과를 나타내었다. 이와 다르게 교통류의 속도가 40km/h~80km/h인 상황에서 사고가 발생하면 적정속도로 해당 구간을 통과하지 못하는 차량들이 누적되어 정체가 발생한다.

<표 7>은 속도에 따른 사고발생시 용량감소율과 차로 감소율을 비교한 결과이다.

3. 기존 문헌 감소율과의 비교

본 연구의 수행초기에는 Car-Following 이론을 기초로한 FRESIM모형의 시뮬레이션을 통해 사고발생시

<표 7> 사고발생시 용량감소율

(단위 : 속도(km/h), 교통량(대/시))

속도	관측 교통량	최대통과 교통량	도로용량 감소율	차로 감소율 = 0.25
40	6,397	5,206	0.37	
50	7,330	5,953	0.27	
60	7,885	6,034	0.26	
70	6,900	6,026	0.27	
80	5,918	5,459	0.33	
90	3,032	3,032	0.25	
100	1,181	1,181	0.25	

용량감소율을 파악하고자 하였다. 또한 시뮬레이션 분석 후에는 본 연구수행 중에 구축된 모형과의 비교분석을 하고자 하였다. 하지만 FRESIM모형에서 유고가 발생하여 차로가 감소했음에도 불구하고 진입된 차량 전부가 통과하는 결과를 나타냈다. 따라서 FRESIM모형을 이용하여 용량감소율을 파악하는 데는 무리가 있다고 파악하였다. 또한 사고발생시의 교통량 실측데이터를 통하여 모형과 비교를 하고 싶었지만 자료수집에는 한계가 있었다. 따라서 기존문헌상의 결과 값과의 비교를 수행할 수 밖에 없었다.

Owen, JR와 G.L Urbamek의 “Alternative Surveillance Concepts and Methods for Freeway Incident Management”에 제시된 결과에 따르면 4차로구간에서 사고 발생으로 인해 1개차로 감소 시 용량감소율을 0.42로 제시하고 있다. 본 연구에서 제시된 속도에 따른 용량감소율 중 40km/h의 0.37과 비슷한 결과 값을 보였지만 다른 교통류속도에서의 용량감소율과는 차이가 있었다.

V. 결론 및 향후 연구

본 연구는 사고발생시 교통류속도에 따른 용량감소율을 파악하고자 하였다. 이를 위해 차로변경을 위한 수락간격인 임계차두간격 산정모형을 구축하였으며, 이를 이용한 최대 통과교통량 산정모형을 구축하였다. 하지만 FRESIM모형에서 유고상황 발생이 어렵고, 발생 시의 실측교통량자료 수집에는 어려움이 있어 모형에 대한 검증을 제대로 할 수 없었다. 하지만 속도에 따른 용량감소 정도를 파악하고자 했다는 데 연구의 의의를 두고 싶다.

본 연구를 수행하면서 기존의 연구가 부족하여 향후 연구해야할 부분이 많다는 것을 알았다. 본 모형에서는 기존 연구결과가 적어 사고발생구간의 차량거동이 고속도로 합류부와 동일한 특성을 지닌다고 가정하고 모형을 구축하였다. 하지만 사고발생구간과 합류부의 차량거동에는 차이가 있을 것이므로 이 부분에 관해서는 보완이 필요하다고 생각한다. 또한 본 모형에서는 가장 바깥차로에서 사고가 발생하였다고 가정하고 모형을 구축하였지만 사고발생에 차로에 따른 차량의 차로변경행태는 다를 것이라 생각된다. 그리고 모형에서는 고속도로상의 차종은 소형차로 동일하다고 가정하였지만 실제 고속도로에서는 차종이 다르므로 이에 따른 용량감소정도를 연구해야한다. 또한 가속도에 있어서도 사고발생시 운전자가 어느 정도로 감속을 하는지 연구하여 모형의 타당성을 높이고 싶다. 또한

통과하지 못한 차량으로 인한 고속도로정체는 도로용량감소에 영향을 미칠 것이므로 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 또한 사고발생시 rubber-neck현상으로 인한 용량감소에 대한 연구가 필요하다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제60회 학술발표회(2009. 2. 21)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2004), “도로용량편람”, 대한교통학회.
2. 김민석(2002), “돌발상황으로 인한 교통영향 산정방법론에 관한 연구”, 경기대학교 석사학위논문.
3. 김점산 외(2003), “실시간 동적용량산정 기법에 관한 연구”, 대한국토·도시계획학회지, v.38, no.2, pp.145 ~157.
4. 이승준·박재범(2006), “고속도로 합류부 분석모형 개발 및 서비스수준 평가 기법 개선 연구”, 대한교통학회지, 제24권 제4호, 대한교통학회, pp.115~128.
5. 정해훈(2006), “돌발상황으로 인한 차로감소구간의 용량감소에 관한 연구”, 서울시립대학교 석사학위 논문
6. 최재성·이승준(2001), “고속도로 합류부 임계차두 간격 및 용량 산정에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제19권 제6호, 대한교통학회, pp.195~205.
7. Federal Highway Administration(1997), “Freeway Management Handbook”.
8. Owen, J. R. and G. L. Urbanek(1998), “Alternative Surveillance Concepts and Method for Freeway Incident Management”, Planning and Tradeoff Analysis for Low-Cost Alternative, VOL 2 : Report # FHWA-RD-77-59, U.S.-DOT, FHWA.

✉ 주 작성자 : 이성훈

✉ 교신저자 : 이성훈

✉ 논문투고일 : 2009. 2. 21

✉ 논문심사일 : 2009. 4. 13 (1차)

2009. 5. 21 (2차)

✉ 심사판정일 : 2009. 5. 21

✉ 반론접수기한 : 2009. 10. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필