

도시고속도로 공사구간의 적정 완화구간 길이 산정

이미리¹ · 이청원² · 김도경^{1*}

¹ 서울시립대학교 교통공학과, ² 서울대학교 건설환경공학부

The Proper Length of Transition Area for Work Zones on Urban Freeways

LEE, Mi Ri¹ · LEE, Chungwon² · KIM, Do-Gyeong^{1*}

¹ Department of Transportation Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

² Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract

Due to the characteristics of urban freeways such as heavy traffic and high speed, work zone on urban freeways causes the increase of not only the likelihood of crash occurrence but also traffic congestion caused by lane drop, lane change, acceleration/deceleration, and etc. This paper aims to determine the proper length of transition area that satisfies two criteria, mobility and safety, to make the operation of work zone more efficient. For the analysis, three different scenarios were developed by the number of lanes and the proper length of transition area were determined by changing the length from 100m to 500m in 100m increments. The results showed that the proper length of transition area for 3- and 4-lane freeways is 300m, whereas the proper length of 2-lane freeways is 200m. The results indicated that the different length of transition area based on the number of lanes is more desirable and efficient.

도시고속도로는 교통량이 많고 주행속도가 높아 도로점용 공사 시 교통사고 위험 뿐만 아니라 차로 수 감소, 차로 변경, 가감속 등의 증가로 마찰이 증대되어 교통정체를 야기한다. 본 연구는 공사구간을 효율적으로 운영관리 하기 위해서 이동성과 안전성의 두 가지 측면을 만족하는 공사구간 적정 완화구간 길이 산정을 목적으로 한다. 분석을 위해 차로수별 3가지 시나리오를 구성하였고, 각 시나리오별로 완화구간 길이를 100-500m까지 100m 간격으로 변화 시키며 적정 완화구간 길이를 결정하였다. 그 결과, 편도 3, 4차로 도로의 1차로 점용 공사 시 300m, 편도 2차로 도로의 1차로 점용 공사 시 200m로 나타났다. 편도 차로 수에 따라 동일한 완화구간 길이로 운영하는 것보다는 차로 수에 따라 다르게 운영하는 것이 우수하다는 결과를 도출하였다.

Key Words

Conflict, Mobility, Safety, Transition Area, Work Zone
상충, 이동성, 안전성, 완화구간, 공사구간

* : Corresponding Author
dokkang@uos.ac.kr, Phone: +82-2-6490-2826, Fax: +82-2-6490-2819

Received 8 March 2013, Accepted 28 May 2013

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

도시의 이동성 증대를 위해 확충된 도시고속도로는 도시의 수송능력 향상에 중추적인 역할을 수행하고 있다. 도시고속도로는 교통량이 많고 주행속도가 높은 특성을 가지고 있기 때문에 유지보수를 위한 각종 도로 점용공사는 차로수 감소로 인한 지체 및 혼잡을 발생시킬 뿐만 아니라 차로변경시 발생하는 차량 간 상충을 증가시키기 때문에 교통사고 발생 가능성을 증가시킬 소지가 있다.

도로 점용공사로 인해 발생하는 지체 및 혼잡은 사회적 비용을 유발시키는데, 2007년 전국의 지역 간 도로와 7대 도시 도로에서 교통지체로 인해 발생하는 교통지체비용은 총 25조 8,616억원으로 GDP의 2.8%에 해당하는 것으로 보고되고 있다(Jo and Lee, 2008). 또한, 서울시의 경우 도로 점용공사로 인해 발생하는 교통기능 손실을 금액으로 환산하면 현재 2조 7,000억원에 이른다고 한다. 이는 도로 점용공사가 교통기능 손실에 많은 영향을 미치고 있음을 의미한다.

또한, 공사구간은 일반구간에 비해 안전성이 상대적으로 떨어지는데, 올림픽대로 도로점용공사 경우의 교통특성을 비교한 연구 결과에 의하면 전체 속도분산은 공사 후가 월등히 크며 공사구간의 대소에는 큰 차이가 없다고 제시하고 있다(Lee, 2002). 이러한 현상은 속도편차가 커질수록 사고율은 증가하며, 운전자들은 급격한 가감속을 시도하기 때문이다. 특히, 공사장 진출입구 등에서는 상충횟수가 증가하여 항상 사고위험이 존재한다는 문제가 있다.

또 다른 연구에서는 고속도로 공사구간에서 발생한 사고 자료를 수집하여 분석한 결과 추돌사고의 발생 비율이 가장 크게 나타났으며, 공사구간은 32.3%로 일반구간은 13.83%에 비해 거의 3배 정도 높은 비율로 나타난 결과를 제시하고 있다(Park, 2008). 이는 주행차량들의 속도차가 가장 큰 사고의 원인이므로 테이퍼의 길이를 좀 더 안전하게 조절해 주는 것과 사전예고시설 등을 설치하여 공사구간으로 인한 차로 통제가 있음을 사전에 운전자들이 인지하도록 하여 미리 차로 변경을 준비할 수 있게 해주어야 한다는 것을 의미한다.

이처럼 연속류 구간에서의 공사구간은 교통혼잡 및 안전성에 매우 부정적 영향을 미치기 때문에 이를 방지하기

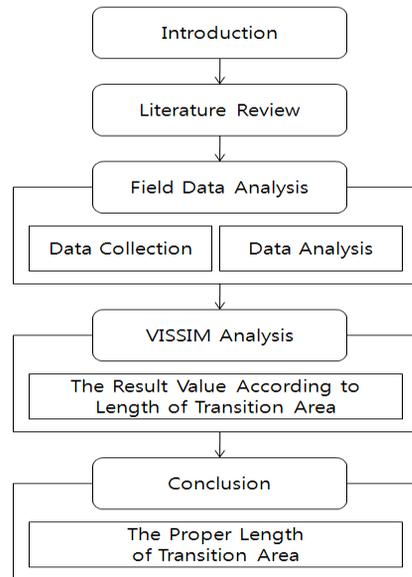


Figure 1. Study process

위한 노력이 필요한데, 현재까지는 이런 연구가 거의 이루어지지 못한 실정이다. 다만, 고속도로 공사장 교통관리 기준(Korea Expressway Corporation, 2011) 및 도로 공사장 교통관리 지침(Ministry of land, Transport and Maritime Affairs, 2012)에서 교통류 안정을 도모하기 위해 완화구간 길이를 제시하고 있을 뿐이다. 하지만, 이조차도 공사구간의 완화구간 길이를 편도 차로 수에 상관없이 일정하게 규정하고 있어 공사구간의 비효율적인 운영을 야기시키고 있다.

본 연구에서는 효율적인 공사구간의 운영 및 관리를 위해 이동성(Mobility)과 안전성(Safety)의 두 가지 측면을 만족하는 편도 차로수 별 적정 완화구간 길이를 산정하고자 한다. 이동성 척도는 공사구간을 통과하는 최대 통과교통량을, 안전성 척도는 완화구간에서 발생하는 상충횟수를 사용하였다.

2. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 서울시 제한속도 80km/h인 도시고속도로를 대상으로 수행되었으며, 분석을 위한 자료수집은 2012년 2월 15일 - 6월 17일(현장조사)과 2012년 5월 1일 - 6월 30일(도시고속도로 센터자료) 동안 이루어졌다.

연구진행은 Figure 1에 제시된 것처럼 공사구간 관련 문헌을 고찰한 후, 서울지방경찰청 종합교통정보센터

및 서울도시고속도로 교통정보를 토대로 공사구간의 자료를 수집하였다. 수집된 자료는 편도 2-4차로 중 1차로 도로점용 공사 시 교통량, 속도 등이다. 자료 분석은 평균 최대 통과 교통량으로 공사구간의 교통량을 구하였다. VISSIM 분석은 편도 2-4차로 중 1차로 도로점용 공사 시 완화구간 길이를 100-500m 까지 100m 간격으로 변화시키며 분석하였다. 최종적으로 교통량, 지체 시간, 통행시간, 상충횟수를 이용하여 적정 완화구간 길이를 결정하였다.

II. 기존 문헌 고찰

도로 공사장 교통관리지침(Ministry of land, Transport and Maritime Affairs, 2012)에 따르면 완화구간은 진행 중인 차로를 변화시키는 구간으로 공사 중인 해당 차로 전방에 일정 거리를 두어 주행차로를 차단하고 차로를 변경하게 하는 구간이다. 도로 공사구간은 공사장 상류부로부터 하류부까지 교통류 특성이 다르기 때문에 Figure 2와 같이 주의구간, 완화구간, 작업구간(완충구간 포함), 종결구간으로 구분하여 세부적으로 교통을 관리할 필요가 있다고 한다.

공사구간 완화구간 길이는 도로 공사장 교통관리지침 및 고속도로 공사장 교통관리 기준에 제시되어 있는 다음 식에 의해 산정되는데, 여기에는 차로수를 고려하지 않고 있다. 그 결과 동일한 제한속도 및 차로폭을 가진 도로라면 차로수와는 상관없이 똑같은 완화구간 길이를 적용하게 된다.

$$L = \frac{W \times S}{1.6} \quad (\text{제한속도} > 60\text{km/h 일 때})$$

여기서, L : 완화구간 길이(m)

W : 차로 폭(m)

S : 제한속도(km/h)

이런 문제점을 해결하기 위해 Park (2007)은 미시적

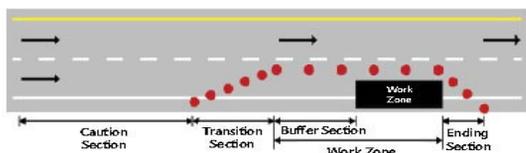


Figure 2. Configuration of work zone

교통시뮬레이션 프로그램인 VISSIM을 이용하여 고속도로 공사구간의 적정 완화구간 길이를 차로별로 설정하고자 하였다. 완화구간 길이를 100-500m까지 50m 간격으로 변화시키며 분석하였으며, 효과적도는 밀도, 통행속도, 통과교통량을 이용하였다. 그 결과 적정 완화구간 길이는 편도 2-3차로 도로의 1차로 점용의 경우는 300m, 편도 4차로 도로의 1차로 점용의 경우는 350m로 설정하였다.

본 연구는 기존 연구(Park, 2007)와 비교할 때 내용적 측면에서는 유사성을 가지고 있다. 하지만, 기존 연구에서는 공사구간 완화구간 길이 산정을 밀도, 통행속도, 통과교통량 등 이동성을 중심으로 수행한 반면, 본 연구에서는 이동성의 척도인 교통량, 지체시간, 통행시간 외에도 안전성의 척도인 상충횟수를 추가하여 이동성 및 안전성을 고려한 편도 차로수별 적정 완화구간 길이를 산정했다는 점에서 차별성이 있다.

III. 자료 수집

1. 현장조사 자료

도시고속도로는 교통량이 많고 공사로 인한 영향과급이 빠르고 커서 차로감소공사는 대개 주간이 아닌 야간, 새벽에 작업을 수행하거나 매우 짧은 시간에 마무리되었다.

자료 수집은 서울도시고속도로 교통정보 등에서 제공하는 공사정보 확인 후, CCTV로 공사구간 확인 및 인터넷 지도로 촬영위치를 탐색하였다. 이를 토대로 현장에 나가 공사를 하고 있다면 적절한 위치에서 비디오 카메라 촬영을 실시하고, 자료검토를 통해 적합한 공사구간을 선정하였다. 만약 조사를 나갔을 때 공사를 하고 있지 않다면 처음으로 돌아가 공사정보를 확인하는 등 그 과정을 반복적으로 수행하였다.

본 연구의 분석을 위해서 서울시 제한속도 80km/h 인 도시고속도로를 대상으로 2012년 2월 15일부터 6월 7일까지 자료를 수집하였으며, 최종 현장조사자료 수집 지점은 동부간선도로 성수 JC 인근이다. Krammes and Lopez (1994)는 공사구간의 용량이 Activity Area의 상류부 끝단 지점에서 관측된다는 연구결과를 제시하였으므로, 본 연구에서는 공사구간의 최대 통과교통량을 산정하기 위해 완충구간 상류부 끝단 지점에서 교통량을 관측하였다.

Table 1. The data collection outline

Index	Field Investigation Data	Urban Freeway Center Data
Data Collection Spot	Urban Freeway	
Data Collection Period	2012.2.15-6.17	2012.5.1-6.30
Collection Equipment	Video Camera	Image Detector
Collection Contents	Flow, Speed, Headway, etc.	Section, Flow, Speed, etc.
Number of Collection Points	1 point	9 points
Collection Interval	Individual, 5, 15minutes	5, 15minutes

2. 서울도시고속도로센터 자료

현장조사를 통해서 다양한 조건하에서의 공사구간 자료를 수집하는데 한계가 있기 때문에 이를 보완하기 위해 서울도시고속도로센터 검지기 자료를 활용하였다. 이 때 대상구간 선정은 현장조사자료 수집과 마찬가지로 공사정보를 토대로 CCTV를 확인하고, 센터에서 제공하는 공사 관련 정보를 정리해 앞의 과정을 반복 후 목록을 작성하여 도시고속도로센터에 요청한 후, 자료검토를 통해 적합한 공사구간 및 검지기를 선정하였다. 교통량은 작업구간(완충구간 포함)내에 설치된 검지기를 활용하여, 공사구간 내에 검지기가 있다고 판단되는 지점을 선정하였다. 최종 센터자료 수집지점은 동부간선도로, 올림픽대로 등 총 9지점이다.

IV. 평균 최대 통과 교통량

본 연구에서는 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 공사구간의 적정 완화구간 길이를 산정하기 때문에 시뮬레이션 분석 전에 현황과 유사한 시뮬레이션 환경을 구축하는 정산(Calibration) 작업이 매우 중요하다. 현장조사자료(Figure 3)는 하루 중 일부 약 9시간을 분석한 자료로 24시간 분석한 센터자료(Figure 4)와는 교통류 특성이 상이해 보이지만, 24시간 분석한 현장조사자료를 분석하면 유사형태를 보일 것으로 예상된다. 그러므로 정산작업은 평균 최대 통과 교통량을 기준으로 수행하며, 현장조사 및 센터에서 수집된 자료를 이용하여 속도-교통량 관계 그래프(15분단위)에 의해 관측된 값들을 토대로 용량부근에서 최대 통과 교통량들의 평균값으

로 결정하였다. 공사 시는 속도 및 교통량이 비공사시보다 낮은 값을 가질 것으로 판단되므로 심한 교통량 감소는 이상치로 판단하여 포함시키지 않았다. 본 방법론을 1개 지점의 현장자료, 9개 지점의 센터자료에 적용하여 평균 최대 통과 교통량을 산출하였다.

1. 현장조사 자료 분석

위치별 자료 분석 시 차로변경 및 교통류의 흐름이 이상적이지 않은 경우는 제외하여 분석 자료는 비공사시 470분, 공사 시 75분이다. 비공사시의 통과 교통량(15분 단위)은 Figure 3과 같이 최소 1,836pcphpl, 최대 2,080pcphpl로 나타났으며, 평균은 1,953pcphpl로 산출되었다. 공사 시 통과 교통량(15분 단위)은 최소 1,669pcphpl, 최대 1,930pcphpl로 나타났으며, 평균은 1,724pcphpl로 산출되었다.

2. 도시고속도로센터자료 분석

센터자료 분석 결과 공사구간 내에 검지기가 설치되지 않거나 수요 부족, 공사 시 속도가 높고 교통량이 낮은 구간 등을 제외하였다.

도시고속도로센터 올림픽대로 영동대교 인근 자료는 2012년 5월 23일 00:00-24:00 하루 동안 수집한 자료로 그 중 공사시간은 13:16-14:32 으로 약 75분 동안 진행되었다. Figure 4와 같이 비공사시의 통과 교통량(15분 단위)은 최소 1,878pcphpl, 최대 1,958pcphpl

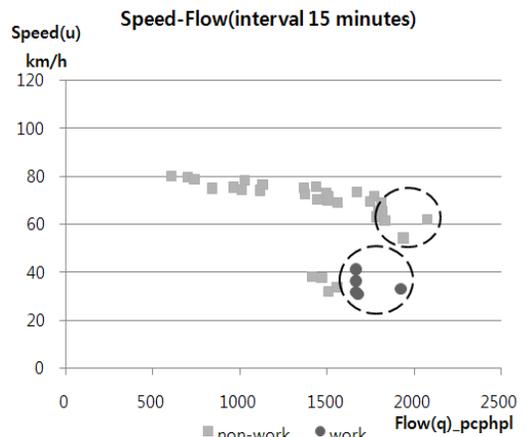


Figure 3. The speed-flow relationship graph (Dongbugansun Road, Sungsu IC nearby)

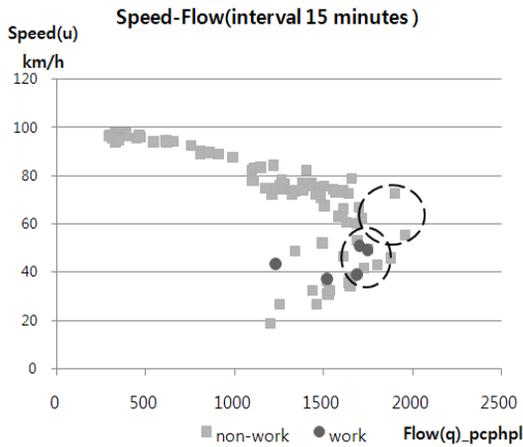


Figure 4. The speed-flow relationship graph (Olympic Expressway, Yeongdong bridge nearby)

로 나타났으며, 평균은 1,918pcphpl로 산출되었다. 공사 시 통과 교통량(15분 단위)은 최소 1,688pcphpl, 최대 1,745pcphpl로 나타났으며, 평균은 1,707pcphpl로 산출되었다.

3. 평균 최대 통과 교통량 산정

공사관련 문헌조사결과, 차로수에 따라 교통량 및 용량이 상이하게 나타났다. USHCM (2010)은 단기간 용량산정식에서 공사구간의 오픈된 차로수를 변수로 설정하였으며, 장기간 용량은 차로수에 따라 기본값을 제시하였다. Eom (1994)의 연구에서는 공사로 인해 1차로 점용시 편도4차로일 경우 1,915pcphpl, 편도3차로 1,676pcphpl, 편도2차로 1,536pcphpl 등으로 나타났다. 이처럼 차로수에 따라 공사구간의 교통량 및 용량이 상이하게 나타나기 때문에, 본 연구에서는 차로수에 따라 자료를 수집 및 분석하였다.

현장조사는 지점 선정의 한계로 인해 1개 지점(편도 4차로)만을 대상으로 이루어졌으며, 센터자료는 총 9개 지점(편도 4차로-4개 지점, 편도 3차로-3개 지점, 편도 2차로-2개 지점)을 대상으로 수집하여 분석하였다.

분석결과 Table 2와 같이 편도 4차로 도로 중 1차로를 점용한 공사구간의 평균 최대 통과 교통량은 현장조사는 1,724pcphpl, 센터자료는 1,695pcphpl(4개 지점 평균값)로 나타났다. 평균 4차로 도로 중 1차로 점용의 평균 최대 통과 교통량은 1,701pcphpl로 나타났는데, 이는 현장조사 및 센터자료로부터 수집된 5개 지

Table 2. Calculation of average maximum through traffic (Unit: pcphpl)

	1 lane occupied by work zone			
	Field data	Urban freeway center data		
		4 lanes	4 lanes	3 lanes
Maximum Through Traffic	1,724	1,707	1,618	1,615
		1,626	1,680	1,544
		1,692	1,594	-
		1,756	-	-
Average Maximum Through Traffic	1,701 (5 points)	1,631 (3 points)	1,580 (2 points)	
Average	About 1,650			

점의 값을 평균하여 산출한 것이다.

편도 3차로 도로의 1차로를 점용한 경우 3개 지점의 평균값은 1,631pcphpl, 편도 2차로 도로의 1차로 점용의 2개 지점 평균값은 1,580pcphpl로 나타났다.

V. 공사구간 완화구간 길이 산정

공사구간 완화구간 길이는 정산작업을 통해 현장여건과 유사한 시뮬레이션 환경을 구축한 다음, 시나리오별 분석을 통해 이동성 및 안전성 측면에서 가장 좋은 시나리오를 선정하는 절차를 거쳐 산정되었다.

1. Simulation 시행

1) 네트워크 구축 및 입력변수

도시고속도로센터 자료를 바탕으로 실제 공사가 이루어졌던 올림픽대로 천호대교 인근 약 5km 공사구간을 대상구간으로 선정하여 VISSIM을 이용하여 분석 후, 정산과정을 거쳤다.

VISSIM 프로그램은 미시적 교통류 Simulation 모형으로 Traffic simulator(차량추종모형, 차로변경모형)와 Signal state generator로 구성되어 있다.

VISSIM 분석을 위해 입력 자료 항목은 교통량, 중차량 비율, 기하구조 특성(차로폭, 차로수, 제한속도) 등으로 구성되어 있다. 본 분석을 위해 도시고속도로 CCTV 분석으로 산출된 평균 중차량 비율인 15%를 이용하였다. MOE는 효율적인 도로운영관리를 위해서는 이동성(Mobility)을 나타내는 척도인 교통량, 지체시간, 통행

시간과 안전성(Safety)을 나타내는 척도인 상충횟수로 결정하였다.

2) Calibration

시뮬레이션 분석에 앞서 현실과 유사한 분석을 위해 정산작업을 실시하였다. 공사구간의 개별차량 행태에 관련된 파라메타는 headway(m), gap time(초) 등이 있는데, default 값은 headway 5m, gap time 3초로 되어 있다. 이 값을 그대로 사용할 경우 Table 3에서 나타내듯이 현장 및 센터자료를 통해 산정한 평균 최대 통과 교통량과는 다른 교통량 값을 산출하게 되므로, 실제 자료와 근접한 통과 교통량을 얻을 수 있는 headway와 gap time을 산출하는 것이 필요하다.

Table 3은 headway와 gap time을 변화시킬 때 각 경우에 산출되는 교통량을 나타낸 것이다. 그 결과 현장 조사 자료로부터 결정한 값(1,701pcphpl)과 유사한 교통량을 산출하는 경우는 headway와 gap time이 4.5m와 1.1초, 그리고 2.5m와 2.9초의 2가지 경우로 나타났다. 하지만 headway의 단위는 미터(m)로 차량 길이 등을 고려했을 때 headway와 gap time이 2.5m, 2.9초는 현실적이지 않은 값으로 판단되어 최종적으로 headway는 4.5m, gap time은 1.1초로 결정하였다.

또한, 실제 현장에서는 완화구간의 길이를 100m로 운영하고 있었기 때문에 본 시뮬레이션에서도 100m를 기준으로 분석하였다.

3) 시나리오

시나리오는 Table 4와 같이 편도 차로수에 따라 크게 3가지로 구분하였으며, 각 시나리오별로 완화구간 길이를 100-500m 까지 100m 간격으로 변화시키며 분석하

Table 4. Simulation scenarios

Scenarios	Type	The Length of Transition Area(m)					
		100	200	300	400	500	
CASE 1	4 lanes	100	200	300	400	500	
CASE 2	3 lanes	100	200	300	400	500	
CASE 3	2 lanes	100	200	300	400	500	

였다. 이 때 완화구간 길이에 따른 교통량, 지체시간, 통행시간, 상충횟수를 결과값으로 산출하였다.

2. Simulation 분석 결과

Simulator를 이용하여 기하구조(대상구간길이, 차로 수 등) 및 입력 자료(교통량, 중차량 비율 등)를 입력하였으며, 분석시간은 1시간으로 완화구간 길이에 따라 5가지 Random Seed를 적용 후 평균값을 사용하였다.

결과 자료는 앞서 설명한 바와 같이 교통량(pcppl), 지체시간(초), 통행시간(초), 상충횟수 4가지를 얻게 되는데, 상충횟수는 Surrogate Safety Assessment Model(SSAM)을 이용하여 구하였다. SSAM은 미국 FHWA에서 개발한 상충을 분석하는 소프트웨어로, 상충이론에 기반을 두고 미시 교통 시뮬레이션 모형(microscopic traffic simulation models)에서 생산된 개별 차량 경로자료를 이용한다.

1) 편도 4차로 도로의 1차로 점용 공사 시

편도 4차로 도시고속도로에서 중앙분리대부근 1차로 점용 공사 시 분석한 결과 Table 5에 제시된 것처럼 완화구간 길이가 300m까지는 교통량이 급격하게 증가하다 300m 이후부터는 어느 정도 수렴하는 형태를 보이고 있다. 교통량을 제외한 나머지 척도는 300m까지는

Table 3. The flow according to headway and gap time

(Unit: pcphpl)

Index	Gap Time(sec)													
	1	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3	
Headway (m)	1	1,910	-	-	-	-	-	1,840	-	-	-	-	1,797	
	1.5	-	-	-	-	-	-	1,792	1,786	1,791	1,788	1,787	1,783	1,763
	2	-	1,851	1,829	1,787	1,774	1,773	1,767	1,765	1,740	1,760	1,756	1,740	1,672
	2.5	-	1,830	1,823	1,715	1,684	1,711	1,752	1,724	1,716	1,687	1,709	1,693	-
	3	1,840	1,823	1,808	1,687	1,668	1,680	1,684	1,668	1,678	1,680	1,684	1,672	1,513
	3.5	-	1,802	1,796	1,671	1,648	1,656	1,649	1,645	1,648	1,642	1,629	1,621	-
	4	1,799	1,776	1,741	1,620	1,613	1,629	1,546	1,542	1,541	-	-	-	-
	4.5	1,773	1,695	1,719	1,608	1,600	1,588	1,540	1,534	1,521	-	-	-	-
	5	1,740	1,681	1,648	1,585	-	-	1,518	-	-	-	-	-	1,387



Figure 5. The conflict/10m, delay, travel time, and flow according to the length of transition area

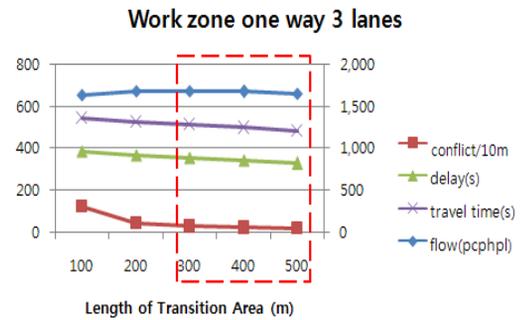


Figure 6. The conflict/10m, delay, travel time, and flow according to the length of transition area

Table 5. The conflict/10m, delay, travel time, and flow according to the length of transition area

Index	The Length of Transition Area(m)				
	100	200	300	400	500
Flow (pcphpl)	1,693	1,721	1,764	1,782	1,777
Conflict /10m	125	42	22	16	13
Delay (s)	281	272	265	251	245
Travel Time(s)	440	429	422	408	402

Note) Shaded cells indicate present conditions that are used for model calibration in VISSIM.

Table 6. The conflict/10m, delay, travel time, and flow according to the length of transition area

Index	The Length of Transition Area(m)				
	100	200	300	400	500
Flow (pcphpl)	1,639	1,681	1,679	1,672	1,648
Conflict /10m	123	44	29	22	18
Delay (s)	387	369	357	341	328
Travel Time(s)	544	526	514	498	485

Note) Shaded cells indicate present conditions that are used for model calibration in VISSIM.

급격한 감소세를 보이다 그 이후부터는 어느 정도 수렴하는 형태를 보이고 있다. 따라서, 적정 완화구간의 길이는 300m라고 판단된다.

편도 4차로 도로의 공사구간 현장관측 값인 교통량은 1,693pcphpl, 정산작업을 토대로 산출된 10m 당 상충횟수¹⁾는 125로 나타났는데, 적정 완화구간 길이를 300m로 결정할 경우 교통량은 71pcphpl 더 통과할 수 있고, 10m 당 상충횟수는 22회로 줄어들게 된다. 지체 시간은 약 280초에서 약 260초로, 통행시간은 약 440초에서 약 420초로 감소하는 결과를 나타냈다.

2) 편도 3차로 도로의 1차로 점용 공사 시

편도 3차로 분석 결과 Table 6에 나타난 것처럼 완화구간 길이가 300m까지는 교통량이 급격하게 증가하다 300m 이후부터는 감소하는 형태를 보이고 있다. 하지

만 10m당 상충횟수는 300m까지는 급격한 감소세를 보이다 그 이후부터는 어느 정도 수렴하는 형태를 보이고 있다. 따라서, 적정 완화구간의 길이는 300m라고 판단 된다.

편도 3차로 도로의 공사구간 현장관측 값인 교통량은 1,639pcphpl, 정산작업을 토대로 산출된 10m 당 상충횟수는 123으로 나타났는데, 적정 완화구간 길이를 300m로 결정할 경우 교통량은 40pcphpl 더 통과할 수 있고, 10m 당 상충횟수는 29회로 줄어들게 된다. 지체 시간은 약 390초에서 약 360초로, 통행시간은 약 540초에서 약 510초로 감소하는 결과를 나타냈다.

3) 편도 2차로 도로의 1차로 점용 공사 시

편도 2차로 분석 결과 Table 7에 나타난 것처럼 완화구간 길이가 200m까지는 교통량이 급격하게 증가하다

1) 상충횟수를 10m당으로 산출한 것은 완화구간의 길이가 길어질수록 구간 내에서 발생하는 총 상충횟수는 증가하기 때문에 정확한 비교를 위해 10m당 발생한 상충횟수를 사용하였다.

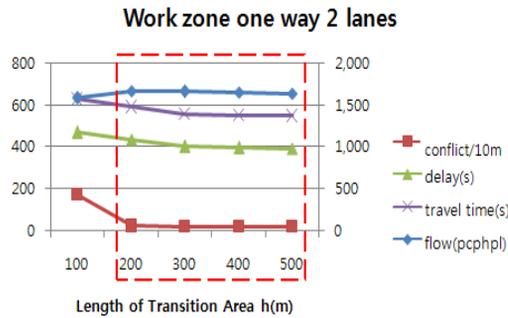


Figure 7. The conflict/10m, delay, travel time, and flow according to the length of transition area

Table 7. The conflict/10m, delay, travel time, and flow according to the length of transition area

Index	The Length of Transition Area(m)				
	100	200	300	400	500
Flow (pcap/h)	1,581	1,666	1,661	1,655	1,639
Conflict /10m	173	22	20	18	18
Delay (s)	469	433	401	395	391
Travel Time(s)	626	590	558	552	547

Note) Shaded cells indicate present conditions that are used for model calibration in VISSIM.

300m 이후부터는 조금씩 감소하는 형태를 보이고 있다. 하지만 10m당 상충횟수는 200m까지는 급격한 감소세를 보이다 그 이후부터는 어느 정도 수렴하는 형태를 보이고 있다. 따라서, 적정 완화구간의 길이는 200m라고 판단된다.

편도 2차로 도로의 공사구간 현장관측 값인 교통량은 1,581pcphpl, 정산작업을 토대로 산출된 10m 당 상충횟수는 173으로 나타났는데, 적정 완화구간 길이를 200m로 결정할 경우 교통량은 85pcphpl 더 통과할 수 있고, 10m 당 상충횟수는 22회로 줄어들게 된다. 지체 시간은 약 470초에서 약 430초로, 통행시간은 약 630초에서 약 590초로 감소하는 결과를 나타냈다.

VI. 결론

고속도로와 같은 연속류 구간에서 시행하는 도로공사는 차로수 감소로 인한 지체 및 혼잡 유발 뿐만 아니라 공사구간 부근에서의 차로변경으로 인한 교통사고 발생

가능성이 항상 내포되어 있다. 이처럼 연속류 구간에서의 공사구간은 교통혼잡 및 안전성에 매우 부정적 영향을 미치기 때문에 공사구간을 효율적으로 운영·관리하기 위한 노력이 필요한데, 현재까지는 이런 연구가 거의 이루어지지 못한 실정이다. 본 연구에서는 효율적인 공사구간의 운영 및 관리를 위해 이동성과 안전성의 두 가지 측면을 모두 만족하는 편도 차로수별 적정 완화구간 길이를 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 산정하였다.

도시고속도로 현장 관측을 통해 평균 최대 통과 교통량을 구한 다음, 이를 기준으로 Simulation을 이용하여 편도 2-4차로 1차로 도로점용 공사 시 완화구간 길이를 100-500m까지 100m 간격으로 변화시키며 분석하였다.

그 결과 완화구간의 길이를 길게 할수록 공사구간을 통과하는 최대 교통량은 증가하다가 감소하는 경향을 보이며, 안전성 척도인 상충횟수는 급격하게 감소하다 일정거리부터는 감소정도가 매우 미미한 것으로 분석되었다. 두 가지 척도를 이용하여 차로수별 적정 완화구간 길이를 산정하였는데, 편도 3차로와 4차로의 경우는 300m, 편도 2차로의 경우에는 200m인 것으로 분석되었다. 기존 방법에 의하면 공사구간의 완화구간 길이는 차로수와 상관없이 일정한 길이로 정해지는데 반해 본 분석결과는 차로수에 따라 완화구간 길이를 달리하는 것이 통과 교통량 및 안전성 측면에서 보다 우수한 것으로 나타났다.

본 연구결과는 시뮬레이션을 이용하여 도출한 것으로 이를 현장에 바로 적용하기에는 무리가 따를 것으로 예상된다. 하지만, 공사구간의 완화구간 길이는 본선의 차로수별로 달리 운영하는 것이 보다 좋은 것으로 분석되었기 때문에, 본 분석결과를 반영한 현실적인 공사구간 관리방안을 만들기 위한 노력이 필요하다.

본 연구에서는 본선 중 1개 차로를 점용하여 공사하는 경우에 대해서만 분석을 시행하였는데, 현장에 적용 가능한 기준을 마련하기 위해서는 차로 감소 유형별 또는 차로 폭 및 단계적 점용 시 등 다양한 조건을 고려하여 공사구간 완화구간 길이를 산정하고, 실제 현장검증을 통해 현장적용이 가능하도록 만들 수 있는 체계적인 추가 연구가 필요하다. 특히, 속도도 최대 교통량에 영향을 미치기 때문에 설계속도별 적정 완화구간의 길이 산정에 관한 심도깊은 연구가 필요하다. 또한 완화구간 길이를 100m 단위보다 30m, 50m 등으로 세분화된 진행이 필요할 것으로 판단된다. 아울러, 본 분석을 위해 자료를 수집한 구간은 기하구조 특성이 서로 약간씩 다른

점을 보이고 있어 최대 통과 교통량을 산출하는데 영향을 미칠 수 있으나, 동일한 기하구조 특성을 가지는 공사 구간을 대상으로 자료를 수집하는데 애로사항이 있기 때문에 향후에는 기하구조 특성이 동일한 구간만을 대상으로 분석하는 것이 필요하다.

REFERENCES

- Eom T. G. (1994), The Traffic Stream Characteristic of Continuous Flow Lane Reduction Section (연속류 차선감소구간의 교통류 특성), Master Dissertation, Dankook University.
- Jo H. S., Lee D. M. (2008), Traffic Congestion Nationwide Cost Estimates and Trend Analysis, The Korea Transportation Institute.
- Korea Expressway Corporation (2011), Highway Work Zone Traffic Control Standard (고속도로 공사장 교통관리 기준).
- Korean Society of Transportation (2001), Highway Capacity Manual, Ministry of Construction and Transportation.
- Krammes R. A., Lopez G. O. (1994), Updated Capacity Values for Short-term Freeway Work Zone Lane Closures, Transportation Research Record, No.1442, TRB, National Research Council, Washington D.C., pp.49-56.
- Lee S. E. (2002), The Research on the Traffic Characteristic and Safety Change Because of the City Expressway Road Occupancy Construction, Master Dissertation, University of Seoul.
- Ministry of land, Transport and Maritime Affairs (2012), Road Work Zone Traffic Control Guiding Principle (도로 공사장 교통관리지침).
- Park J. N. (2007), The Method to Estimate the Length of Transition Area at the Construction Area in the Freeway, Master Dissertation, Ajou University.
- Park T. H. (2008), A Study on Traffic Accident Characteristics of Freeway Work Zones, The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems, Vol.7, No.1, pp.127-136.
- Transportation Research Board (2010), Highway Capacity Manual 2010.
- 알림 : 본 논문은 대한교통학회 제68회 학술발표회 (2013.02.23)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.
- ✉ 주 작성자 : 이미리
 ✉ 교신저자 : 김도경
 ✉ 논문투고일 : 2013. 3. 8
 ✉ 논문심사일 : 2013. 4. 24 (1차)
 2013. 5. 28 (2차)
 ✉ 심사판정일 : 2013. 5. 28
 ✉ 반론접수기한 : 2013. 12. 31
 ✉ 3인 익명 심사필
 ✉ 1인 abstract 교정필