

■ 論 文 ■

# 초고속 주행환경에서 교통안전을 고려한 고속도로 진출입시설 설치간격 평가 방법론: 시뮬레이션을 이용한 가속소음 분석을 중심으로

Methodology for Evaluating Freeway Interchange Spacing for High Design Speed  
based on Traffic Safety: Focused on Analysis of Acceleration Noise  
using Microscopic Traffic Simulations

오 동 욱 (주)수성엔지니어링 교통부      오 철 (한양대학교 교통시스템공학과 교수)      장 명 순 (한양대학교 교통시스템공학과 교수)

## 목 차

- I. 서론
  - II. 관련 연구 고찰
    - 1. 진출입시설 관련 연구
    - 2. 가속소음 관련 연구
  - III. 연구 방법론
    - 1. 현황 분석 시뮬레이션
    - 2. 시뮬레이션 시나리오 설계
    - 3. 시뮬레이션 결과 통계 분석
  - IV. 시뮬레이션 결과 분석
  - V. 결론 및 향후연구과제
- 참고문헌

Key Words: 가속소음, VISSIM, 시뮬레이션, 인터체인지 간격, 고속도로  
acceleration noise, vissim, simulation, interchange spacing, freeway

## 요 약

우리나라에서도 도로이용자 중심의 패러다임의 전환과 요구수준에 부합할 수 있는 고기능, 초고속환경의 도로건설의 필요성이 대두되고 있으며, 차세대 도로시장에 대한 수요도 급격히 증가할 것으로 예상되고 있다. 따라서 이러한 요구에 부응하기 위한 초고속주행환경의 고속도로 설계기준에 대한 검토 및 연구가 필요하게 되었다.

이에 본 연구에서는 최근 널리 사용되고 있는 미시적 시뮬레이터 중의 하나인 VISSIM을 이용하여 초고속 주행환경에 부합하는 고속도로 진출입시설 적정 배치간격 설정을 위한 시뮬레이션 평가방법론을 정립하였다. 진출입시설 최소설치 간격에 대한 평가를 위하여 교통량, 설계속도, 차종비율, 진출입시설 이용 교통량 등을 고려하였다. 이에 따른 설치간격에 대한 평가를 위하여 교통상충, 안전성에 영향을 미치는 가속소음을 평가지표로 하여 각각의 설계기준에 따른 시나리오를 시뮬레이션을 이용하여 평가하였다. 분석결과 160kph 수준의 초고속 주행환경에서 교통안전을 고려한 진출입시설 최소 설치간격 적정 값은 5km수준으로 평가되었다.

Although an interest in higher design speeds continues to increase to promote more efficient travel on expressways, the current Korean design guidelines do not provide criteria for design values. An arising issue associated with higher design speeds is how to effectively ensure traffic safety under such high speed traffic conditions. In particular the safety issue would become more significant in determining the interchange spacing. This study proposes a methodology for determining freeway interchange spacing under higher speed traffic conditions. A microscopic traffic simulator, VISSIM, was used to evaluate the effects of various interchange spacings on traffic conditions in terms of safety. In this study, the acceleration noise was used as an index to represent the stability of traffic conditions, which is a potential indicator to quantify the level of safety. It was found based on simulation evaluations that 5-km interchange spacing would be a feasible alternative under higher speed traffic conditions (around 160 km/h).

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업(2008) 『SMART Highway 진출입시설 형식 및 설계연구』 과제의 지원으로 수행되었음.

## I. 서론

1960년대 경부고속도로의 건설과 함께 우리나라의 도로는 급속한 양적 팽창 및 기술측면(도로설계·건설·유지관리 등)에서도 상당한 발전을 통하여 현재 수송부문의 90%이상을 차지하는 국가 기간 인프라로 경제발전과 국토균형발전의 중추 기능을 담당하게 되었으며, 도로교통 수요는 2010년 까지 약 40% 이상 증가 될 것으로 예상되고 있다. 그러나 경부고속도로 개통이후 국내 고속도로는 제한속도 100~120km/h 수준으로 설계되어 왔으며, 자동차 성능의 지속적인 향상과 ITS의 발전 등으로 인한 시대적 요구에 부합하지 못하여 왔다. 또한 현재 도로환경 및 설계기준들은 국민과 사회적 요구를 충족시키기에 미흡한 실정이다. 반면 해외의 경우 독일의 아우토반, 일본의 제2명신 고속도로등과같이 고기능, 초고속주행 환경의 고속도로를 건설 및 운영함으로써 국가경쟁력 제고에 크게 기여하고 있다.

전술한 해외 사례와 같이 최근 우리나라에서도 도로이용자 중심의 패러다임의 전환과 요구수준에 부합할 수 있는 고기능, 초고속환경의 도로건설의 필요성이 대두되고 있으며, 차세대 도로시장에 대한 수요도 급격히 증가할 것으로 예상되고 있다. 따라서 이러한 요구에 부응하기 위한 초고속주행환경의 고속도로 설계기준에 대한 검토 및 연구가 필요하게 되었다. 이를 위해서 고속도로의 설계속도상향에 따른 교통안전성 측면에 대한 연구가 필요할 것으로 사료되며, 특히 고속도로 유·출입구간에서의 차량들의 가/감속과 차로변경 등으로 인한 교통사고 발생률이 높은 진·출입시설에 대한 설계기준연구가 필요하다.

본 연구에서는 최근 널리 사용되고 있는 미시적 시뮬레이터 중의 하나인 VISSIM을 이용하여 초고속 주행환경에 부합하는 고속도로 진·출입시설 적정 배치간격 설정을 위한 시뮬레이션 평가방법론을 정립하였다. 또한 고속도로 진·출입램프가 본선에 미치는 영향 및 본선 교통류와의 차량 상충을 고려한 시나리오 설정 및 시나리오 비교 평가를 수행하였다.

본 연구에서는 VISSIM을 이용하여 진·출입시설 간격에 따른 본선 교통류와 연결로 교통류의 개별차량 주행궤적을 추출하였으며, 개별차량 주행궤적을 이용하여 개별차량의 가·감속도 변화인 가속소음을 분석하여 인터체인지 최소 설치간격 설계 대안별 상대평가를 실시하였다. 이를 위해서 먼저 초고속주행환경 변수설정을 위하여 현황분석을 실시하였고, 이를 통해 연구를 위한 시

뮬레이션 변수 설정을 가정하여 IC간격에 따른 가속소음 평가 시뮬레이션을 수행하였다.

## II. 관련연구 및 현황

### 1. 진출입시설 관련 연구

본 연구에서는 방법론 정립 및 효과적인 시뮬레이션 실험계획 수립을 위해 두 가지 분야에 대한 관련연구 고찰을 수행하였다. 첫째는 시뮬레이션을 이용하여 기하구조 관련요소를 평가 또는 결정하는 기존연구를 검토하였다. 둘째는 교통류의 안정도 및 교통안전에 미치는 영향을 계량적으로 평가하는데 널리 사용되는 가속소음에 대한 연구를 고찰하였다.

김삼구, 심대영, 허두완(2007)은 인터체인지에서 분류부 유출교통류에 큰 영향을 미치는 인접 신호교차로 운영상태 및 교통량상태를 고려한 인접교차로에서 유출연결로까지의 간격을 구하는 회귀식 모형을 개발하였다. 이를 위해 VISSIM 시뮬레이션을 이용하여 각각의 시나리오별 분석을 통하여 모형 식을 개발하였다. 연결로 교통량과 인접가로수와 같은 변수에 의하여 이격거리가 결정되는 것으로 분석되었다.

이익은, 이재용(2006)은 도시부 간선도로에서의 인터체인지를 대상으로 교통량, 차로수, 좌회전 비율을 변화시켜가며 인터체인지 형태별 상대지체를 분석하였다. 인터체인지 형태에 따라 교통량은 본선 3000대, 접속도로는 500~2000대로 변화시키고, 좌회전 비율을 10~30%까지 변화시켜 가면서 각각의 시나리오 비교를 하였다. 이를 위해 VISSIM 시뮬레이션을 통해 지역에 따른 교통수요에 따라 지체를 최소화하고 인터체인지 형태를 비교 평가하였다.

Hassan Yasser et al(2006)은 고속도로 합류부에서 설계속도로 주행 시 알맞은 가속차로의 길이를 찾아가 그 안전성과 편리함을 연구하였다. 375~425m 길이의 가속차로가 모든 지형조건과 교통조건에서 적당하였으며, 합류부의 상류 쪽과 하류 쪽 gore부분의 크기에 따라 서로에게 미치는 영향이 달라져 합류부의 운영이 향상됨을 알았다.

### 2. 가속소음 관련 연구

Transportation Research Board Special Report

165의 Traffic Flow Theory(1976)에서는 가속소음은 가속도의 표준편차로서 차량 주행 시 운전자가 원하는 속력으로 주행하고자 할 때, 도로상의 차량의 흐름이나 교통 제어 등의 영향으로 많은 변화가 발생한다고 하였다. 가속소음에 영향을 미치는 주요 3가지 요소는 운전자, 도로, 교통상태로 정의하였다. 공격적 성향의 운전자의 속도 변화폭이 크게 발생하며, 다차로 고속도로보다 도시부의 단속교통류 상태에서 속도 변화폭이 크게 발생한다고 하였다. 또한 적은 교통량에서보다 혼잡상태의 많은 교통량에서 속도 변화폭이 크다고 하였다.

Jones and Potts(1962)에 의해 가속소음은 도로주행시 안전성과 경제성 측면의 측정 지표가 될 수 있으며, 주행특성이나 혼잡에 대한 평가지표로 사용될 수 있다고 하였다. 또한 가속소음은 교통량증가와 주차, 버스정차, 보행자 횡단에 따른 혼잡증가에 따라 증가하며, 가속소음이 높을수록 잠재적인 위험성이 높아진다고 하였다.

Joonho Ko et al(2006)은 가속소음의 활용방안으로, 고속도로 운영 상태에 대한 기존의 밀도를 이용한 LOS평가 방법은 개별 운전자의 특성이 반영되지 않아 교통흐름의 질에 따른 다양성이 반영되지 않고 있다고 하였다. 이를 위해 고속도로 교통흐름에 따른 다양성을 나타내기 위해 속도와 가속소음을 이용한 평가방법을 제안하였다.

Jin-Tea Kim et al(2003)은 밀도를 이용한 LOS형태의 고속도로 운영상태 분석은 지방부의 높은 교통수요에서 적당하나 도시부에서는 운전자의 쾌적성을 고려한 측면에서는 적당하지 못하며, 이를 위해서 운전자의 쾌적성을 고려한 3가지 지표중 가속소음을 교통흐름의 물리적 변화측면에서 고려하였다.

기존연구 검토결과 가속소음은 잠재적인 교통사고 위험성을 계량화 해줄 수 있는 효과적인 교통변수인 것으로 확인되었다.

### III. 연구 방법론

본 연구를 위한 절차 및 방법론을 <그림 2>에 도식화하였다. 1단계에서는 관련문헌을 고찰 후 현재 설계기준 현황 분석과 설계속도 향상에 따른 가속소음 분석을 실시한다. 2단계에서는 시나리오 설계단계로 시나리오 설계시 고려할 조건을 정리한 후 시뮬레이션 각각의 Case에 고려할 변수 조건과 모든 Case에 공통적으로 적용할 전제조건을 구분하여 시나리오를 작성한다.

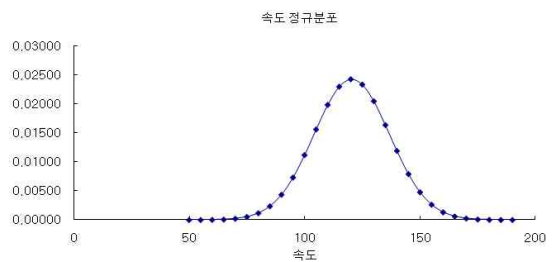
3단계에서는 작성된 시나리오를 분석하고 결과물을 해석하는 단계로 VISSIM을 이용하여 개별차량 주행패적 자료를 추출한 후 주어진 시간적, 공간적 범위에 따라 가속소음을 산출한다. 이를 통하여 각각의 Case별 시나리오에 대한 가속소음 산출 및 통계분석 결과를 바탕으로 인터체인지간 최소이격거리를 평가하여 합리적인 대안 도출 방법론을 도출한다.

#### 1. 현황 분석 시뮬레이션

현황 분석 시뮬레이션은 본 연구의 분석에 앞서 현재 고속도로 진출입시설 최소간격에 대한 현황 분석을 실시하였다. 이는 설계속도 상향에 따른 시뮬레이션 분석을 위한 속도 분포 및 교통량 변수에 대한 자료를 얻기 위함이다.

이를 위하여 다른 노선의 고속도로와 비교하여 상대적으로 선형이 양호하여 고속주행이 가능하다고 판단되는 서해안 고속도로의 연간 검지기 자료를 이용하였다. 서해안 고속도로 속도자료는 도로공사에서 수집한 2005년 1년간의 각 검지기별 15분 집계간격의 속도자료를 이용하였다. 각 검지기별 연간 평균주행속도가 최고인 구간을 조사한 결과 춘장대IC에서 무창포IC구간이 최고값(120.4km/h)으로 나타났으며, 본 구간의 속도 분포와 통계값은 <그림 1>, <표 1>과 같다.

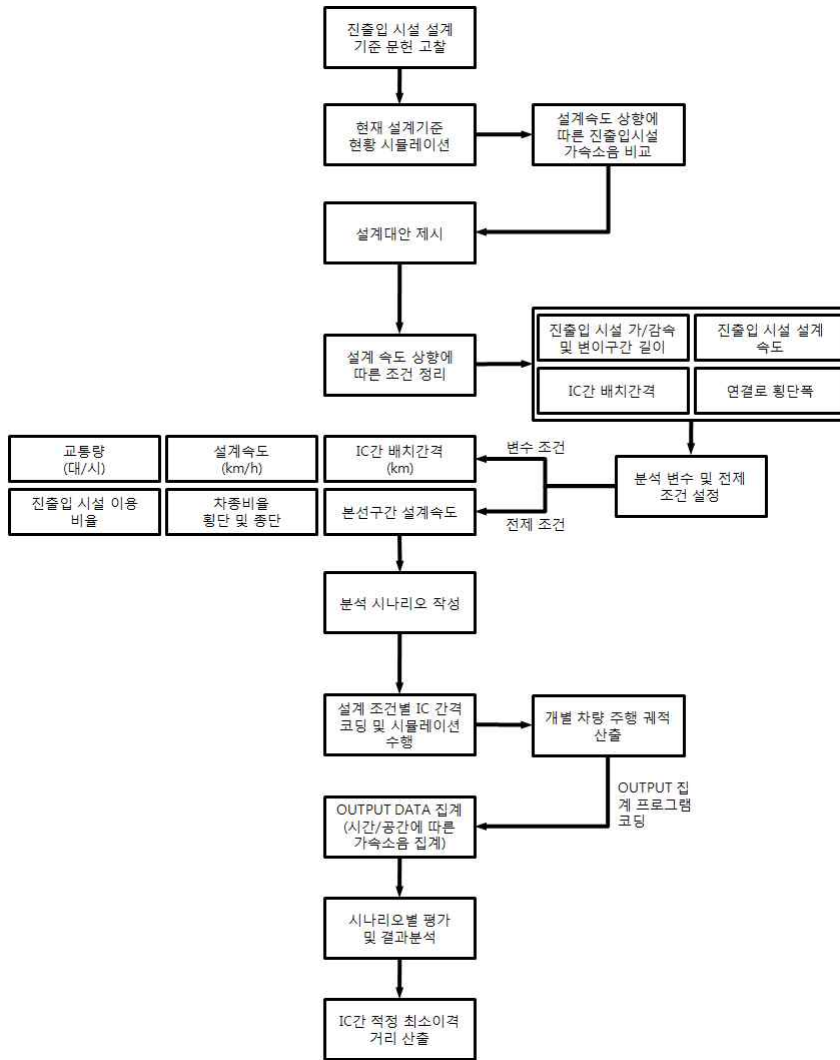
속도 정규분포를 이용하여 신뢰구간 90%에서 본선구간의 설계속도에 따른 시뮬레이션 주행속도 분포를 <표 2>과 같이 설정하였다. 교통량 및 차종의 분포는 속도분포를 조사한 구간의 2006년 수시통계연보를 이용하여 해당구간의 연간 차종 비율과 교통량을 조사하였다. 이를 통하여



<그림 1> 춘장대IC-무창포IC 주행속도 정규분포

<표 1> 춘장대IC-무창포IC 주행속도 통계값 (단위:km/h)

평균	분산	max	50th	85th	90th
120.4	16.42	158	123	134	137



<그림 2> 연구수행 절차 및 방법론

<표 2> 시뮬레이션 주행속도 분포 (단위:km/h)

설계속도	최저속도	평균속도	최고속도
100	73	100.4	127
110	83	110.4	137
120	93	120.4	147
160	133	160.4	187

시뮬레이션 교통량과 차종비율을 선정하였다. 서해안 고속도로 각 구간별 교통량 분포의 85percentile 값을 구하여 사용하였고, 교통량과 차종비율은 <표 3>과 같다.

위에서 조사된 교통량과 설계속도 상향에 따라 안전 거리를 고려한 교통량을 고려하여 시뮬레이션 입력교통량(단방향)을 <표 4>와 같이 설정하였다.

<표 3> 교통량 및 차종비율 (단위 : 대/시/차로)

	승용차	버스	화물차
max	875	26	253
min	53	4	27
average	268	11	108
85th	432	27	146
차종비율	71%	4%	24%

<표 4> 시나리오 본선구간 입력교통량

본선구간 입력교통량 (3차로)	1500vph	1600vph	1700vph
	2000vph	2500vph	3000vph
진입교통량 (1차로)	700vph		

본 연구에서 기존의 인터체인지간의 최소 간격 기준인 2km의 조정이 필요하다. 고속도로 본선구간의 설계속도 상황에 따라 변이구간 및 가/감속 차로의 길이가 증가되고 진출입시설의 노즈에서 인터체인지 중심까지의 거리를 합하게 되면 2km가 넘게 되어 기존의 인터체인지간 최소간격인 2km를 사용할 수 없게 되었다. 따라서 인터체인지간 최소간격을 3km부터 시작하여 7km까지 본선구간의 주행차량들의 가속소음을 분석하였다.

2. 시뮬레이션 시나리오 설계

1) 변속구간

고속도로 본선구간의 설계속도가 기존의 120km/h에서 160km/h로 향상 되므로, 이에 따른 인터체인지의 진출입시설 관련 설계기준이 변화되어야 한다. 본 연구를 분석하기 위해서 변화되어야 할 진출입 시설 설계기준을 간략히 정리하면 다음과 같다. 우선 기존 진출입시설 설계속도(50km/h)를 상향조정 할 필요가 있다. 하지만 진출입 시설의 설계속도를 상향함에 따라 변속구간의 길이가 길어지는 문제를 고려하여 기존 설계속도보다 10~20km/h만 상향하여 분석하였다. 다음으로 설계속도 상황에 따른 진출입시설 가/감속 차로길이 및 변이구간 길이가 계산되어야 한다. 이를 위해 도로의 구조·시설 기준에 관한 규척에서의 <표 5> 식들을 이용하여 변속구간의 길이를 산정하였다. 이와 같이 계산된 값은 <표 6>과 같이 정리된다.

변이구간의 유출 변이부 도달속도는 현재 본선 설계속도에 따른 증가율을 적용하여 128kph로 하였고, 주행시간은 3.5초로 적용하였다.

<표 5> 본선설계속도 160km/h에 따른 변속구간 길이 산정식

구분	산정식
감속차로	$S = \frac{V_2^2 - V_1^2}{50.8}$ $V_1: \text{유출부 평균 주행속도}$ $V_2: \text{감속차로 시점부 도달속도}$
변이구간	$T = \frac{1}{3.6} V_a \times t$ $V_a: \text{유출 변이부 도달속도(kph)}$ $t: \text{주행시간(초)}$
가속차로	$L = \frac{V_2^2 - V_1^2}{25.92 \times a}$ $V_1: \text{가속차로 시점부 초기속도}$ $V_2: \text{가속차로 종점부 도달속도}$ $a: \text{평균가속도}$

<표 6> 본선설계속도 160km/h에 따른 변속구간 길이

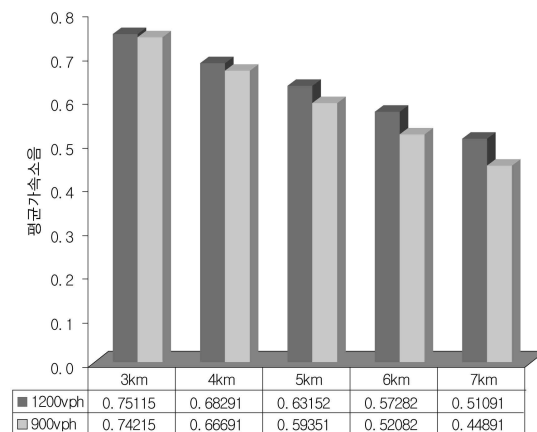
연결로 설계속도	본선설계속도 160km/h에 따른 변속구간 길이	
	60km/h	감속차로길이
70km/h	변이구간길이	125m
	가속차로길이	1285m
	감속차로길이	430m
70km/h	변이구간길이	125m
	가속차로길이	1130m

2) 교통량

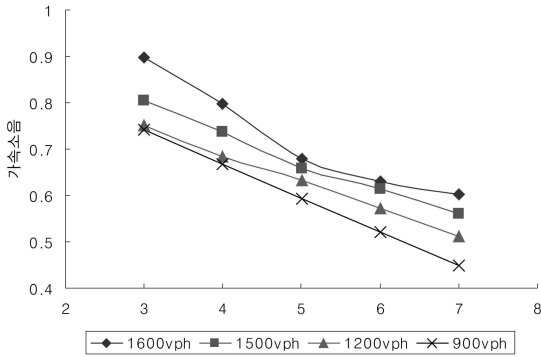
본선구간의 주행 교통량은 설계속도 상황에 따른 이상적 서비스를 제공하기 위하여 최소정지거리를 이용하였다. 차량들이 최고 160km/h의 속도로 주행 시 발생하는 교통사고의 발생빈도 및 심각도가 높아지게 될 것을 가정하고 최소정지거리식을 이용하여 산출하였다. 차량속도는 160kph, 타이어-노면마찰계수는 0.28(젖은 노면), 경사는 평지, 운전자 반응시간은 2.5초를 적용하여 최소정지거리 약470m를 계산하였다. 최소정지거리를 유지하면서 차량들이 주행한다고 가정하면, 고속도로 본선구간에서 최대 160km/h(44.4m/s)로 주행한다고 했을 때 교통류내 차두시간은 약 10.5초가 된다. 이를 이용하여 차로당 평균 교통류율을 구하면 다음과 같다.

$$\bar{q} = \frac{3600}{h} = \frac{3600}{10.5} \approx 342(vph)$$

본선구간의 교통량은 차로당 300vph로 하여 3개 차로에 대해 900vph부터 고려하였다. 하지만 차로당 300vph~400vph에서는 인터체인지 간격에 따른 평균가속소음의 변화가 <그림 3>, <그림 4>와 같이 간격별 큰 변화구간이 발생되지 않았다. 하지만 차로당 500vph에서 부터는 진출



<그림 3> 차로당 300vph~400vph에서의 평균가속소음 변화 예



<그림 4> 교통량에 따른 평균가속소음 변화량 예

입시설 간격에 따른 평균가속소음의 변화율차이 구간이 발생하였다.

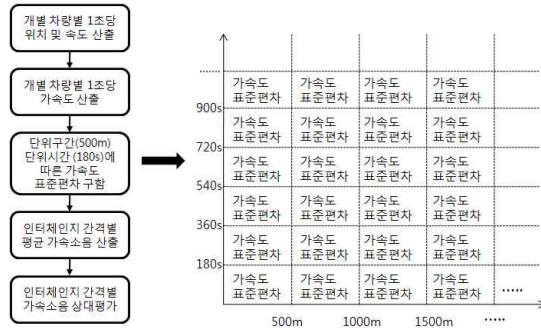
따라서 고속주행의 운영상 서비스 측면에서 평균가속소음의 변화구간이 발생하는 500vph에서부터 고려하였다. 교통량 증가율은 3개 차로에 100vph로 하여 1500vph부터 1700vph까지 변화시켰고 이후로는 서해안 고속도로 통계연보조사를 통한 교통량인 2000vph, 2500vph, 3000vph로 하여 분석하였다.

3) 네트워크 설계 및 시뮬레이션

본 연구를 위한 분석 단방향 차량만 고려하였고, 시뮬

Vehicle ID	Time (t)	x (vBeamX)	y (vBeamY)	Speed (ac)	World X	World Y
888	1389.0	40.00	21.02	-1.03	-559.9350	203.5657
887	1389.0	42.47	19.35	-0.59	-530.3609	203.8936
886	1389.0	43.81	20.85	0.25	-505.8050	204.1659
873	1389.0	26.08	21.22	-1.32	-616.7892	199.4225
890	1389.0	39.46	19.87	1.86	-596.2440	200.6498
872	1389.0	24.08	24.08	0.00	-550.8049	200.1668
885	1389.0	39.34	22.42	-0.17	-503.5727	197.1902
832	1389.0	43.75	27.32	0.10	251.2583	193.7872
905	1389.0	42.76	42.76	0.00	-1430.5440	202.0190
902	1389.0	39.30	39.30	0.00	-990.9328	202.2846
898	1389.0	39.11	30.85	-1.31	-741.5551	202.6313
897	1389.0	41.67	28.50	1.25	-706.6864	202.7048
896	1389.0	42.17	24.04	-0.71	-658.0074	202.8100
908	1389.0	43.37	43.37	0.00	-1730.4156	198.3331
904	1389.0	42.03	36.63	0.90	-1477.1101	199.6816
903	1389.0	39.71	38.99	0.59	-1422.3096	198.5240
893	1389.0	42.81	19.21	-0.34	-754.1631	198.1137
870	1389.0	32.47	13.41	-3.73	-727.4888	199.1598
895	1389.0	39.55	18.99	0.00	-709.7173	199.1982
894	1389.0	42.73	24.52	1.22	-694.0717	198.0275
907	1389.0	42.03	42.03	0.00	-1723.5280	194.8374
900	1389.0	41.12	20.39	0.35	-1503.6440	194.9748
889	1389.0	20.07	20.07	0.00	-1183.3424	195.1684
892	1389.0	31.75	30.03	1.26	-1050.5919	194.2557
886	1389.0	28.06	28.06	0.00	-920.9569	195.3269
878	1389.0	21.68	21.68	0.00	-858.9341	195.4189
876	1389.0	27.87	13.66	-1.84	-739.7833	195.6334
860	1389.0	17.09	17.09	0.00	-721.5860	195.6783
877	1389.0	43.97	29.33	1.11	-623.9484	195.8863
901	1389.0	32.63	30.95	-0.41	-1469.6727	191.4953
899	1389.0	23.95	23.95	0.00	-1396.2119	191.5397
880	1389.0	19.03	19.03	0.00	-991.2060	191.7845
851	1389.0	21.10	21.10	0.00	-474.6487	204.1857
879	1389.0	44.37	25.30	0.14	-393.4713	203.6973
845	1389.0	41.38	26.12	0.27	-61.1991	201.7332
841	1389.0	43.81	26.69	0.11	-20.2810	201.4913
869	1389.0	40.61	20.89	-0.49	-490.9412	200.7990
881	1389.0	42.18	20.66	-0.11	-461.3251	200.6017
849	1389.0	39.60	20.34	0.80	-424.5841	200.3814
843	1389.0	39.08	23.23	1.35	-383.6328	200.1390
866	1389.0	43.81	28.19	0.15	-198.9487	199.5060
850	1389.0	43.17	30.70	-0.24	-66.6798	198.2655
875	1389.0	39.94	29.26	-0.25	-31.2731	198.0562
863	1389.0	41.09	29.58	0.14	7.9965	197.8241

<그림 5> 개별차량 주행궤적 자료



<그림 6> 가속소음 산정 과정

레이션 시간은 3600초로 설정하여 실행하였다. 또한 시뮬레이션을 수행하는 각각의 Case당 10번의 반복수행을 하였다.

본 연구에서는 VISSIM을 이용하여 인터체인지 간격별 가속소음을 구하기 위하여 시뮬레이션 주행차량들의 개별차량 주행궤적을 추출해내야 한다. 가속소음을 구하기 위한 개별차량 주행궤적의 요구정보는 주행차량 ID, 시간, 속도, 위치(x, y)가 있어야 한다. 이를 위해서 VISSIM의 Vehicle record를 이용하여 <그림 5>와 같은 자료를 추출하였다.

추출된 개별차량들의 주행궤적을 이용하여 <그림 6>와 같이 설정된 인터체인지 간격에서 500m, 180초에 해당하는 공간과 시간에 대한 가속도 표준편차를 집계한다. 이렇게 집계된 각각의 가속도 표준편차를 이용하여 인터체인지 간격에 따른 평균 가속소음을 계산하였다.

4) 시뮬레이션 시나리오

분석을 위한 시나리오는 진출입시설 간격에 따라 진출입시설 설계속도, 진입교통량, 진출교통량을 고려하여

<표 7> 진출입시설 간격에 따른 시뮬레이션 Case별 조건

Case	연결로 설계속도 (vph)	본선진입 교통량 (vph)	유입 교통량 (vph)	본선통과 교통량 (vph)	유출 교통량 (vph)
Case1	60kph	1,500	700	1,980	220
Case2		1,600	700	2,070	230
Case3		1,700	700	2,160	240
Case4		2,000	700	2,430	270
Case5		2,500	700	2,880	320
Case6		3,000	700	3,330	370
Case7	70kph	1,500	700	1,980	220
Case8		1,600	700	2,070	230
Case9		1,700	700	2,160	240
Case10		2,000	700	2,430	270
Case11		2,500	700	2,880	320
Case12		3,000	700	3,330	370

<표 7>과 같이 진출입시설 간격별 각각 12가지의 Case 가 나온다.

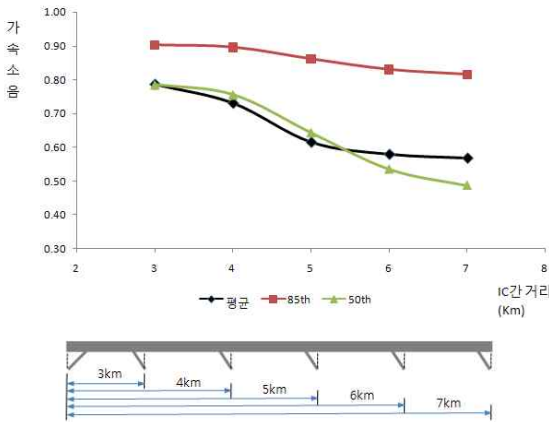
각각의 Case별 시뮬레이션을 10번씩 반복수행한 후 본선진입 교통량을 기준으로 진출입시설 간격에 따른 평균가속소음을 비교한 사례를 <그림 7>에 제시 하였다.

또한 IC간격의 단위 증가량에 따른 평균가속소음의 감소율 변화량의 사례를 <그림 8>에 제시하였다. IC간격의 1km증가함에 따라 평균가속소음의 감소량을 전 간격과 비교하여 감소율을 나타내었다.

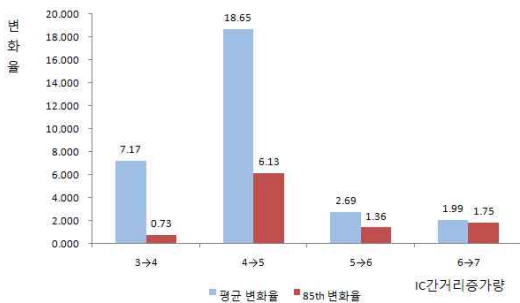
3. 시뮬레이션 결과 통계분석

위와 같이 분석된 진출입시설 간격에 따른 가속소음을 이용하여 간격에 따른 누적 감소율은 <그림 9>와 같이 나타난다.

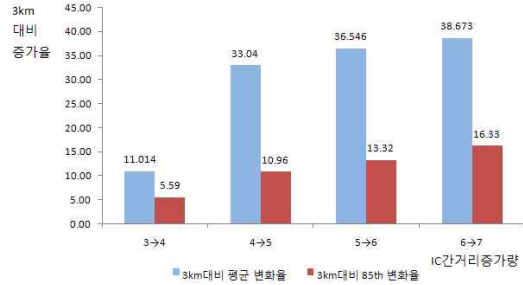
각각의 case에 따라 위와 같은 감소율이 나타나게 되어 설계속도와 교통량에 따른 2가지 형태의 분산분석을



<그림 7> 본선진입 교통량에 따른 인터체인지 간격별 평균가속소음변화 예



<그림 8> case 별 IC간격 증가에 따른 감소율 예



<그림 9> case 별 IC간격 증가에 따른 누적감소량 예

<표 8> Case별 분석결과와 예시

ANOVA	제공합	자유도	평균 제공	F	유의 확률
집단 간	2.487	4	.622	16.25	.000
집단 내	11.28	295	.038		
합계	13.76	299			
<b>진출입시설 간격</b>					
	N	1	2	3	
Duncan	7	84	.5629		
	6	72	.5696		
	5	60	.6213		
	4	48		.7454	
	3	36		.8134	

실시하였다. 첫 번째로 진출입시설 설계속도와 본선교통량으로 구분된 각각의 Case내의 진출입시설 간격에 대한 분산분석을 하였고, 두 번째로 진출입시설 설계속도로 구분된 진출입시설 간격에 대한 분산분석을 하였다. 분산분석의 결과 집단 간(진출입시설간격)에 의한 가속소음의 평균값이 어떤 값에서 차이가 발생하는지 알아보는 사후분석도 실시하였다. 각각의 Case별 분산분석과 사후분석의 결과는 <표 8>과 같이 나타난다.

각각의 Case별 분산분석 및 사후분석 결과 진출입시설 간격에 따른 가속소음의 평균값이 같다는 귀무가설은 기각이 되었고, 이에 따른 평균의 차이를 진출입시설 간격에 따라 비교하여 집단을 분류하였다. Case 1, Case 7, Case 8, Case 11, Case 12에서는 가속소음 평균차이에 따른 진출입시설 간격 집단 분류는 5~7km와 3~4km로 집단으로 분류된다. Case 9, Case 10에서는 가속소음의 평균차이로 인해 5~7km, 4km, 3km로 분류된다. 그리고 나머지 Case 3, Case 4, Case 5, Case 6에서도 3개의 집단으로 분류되나, 5km거리에서 두 개의 집단이 포함되는 경우가 나타났다.

또한 시뮬레이션 조건인 진출입시설 설계속도 60km/h와 70km/h로 분류하여 설계속도에 따른 진출입시설 간격에 대한 분산분석과 사후분석을 실시하였다. 분석결과

<표 9> 설계속도 60km/h 분석결과 예시

ANOVA	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률
집단-간	14.995	4	3.749	42.031	.000
집단-내	160.10	1795	.089		
합계	175.09	1799			
진출입시설 간격	N	1	2	3	4
Duncan	7	576	.6884		
	6	432	.7356		
	5	504	.7749		
	4	288		.8726	
	3	216			.9656

<표 10> 설계속도 70km/h 분석결과 예시

ANOVA	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률
집단-간	27.485	4	6.871	54.04	.000
집단-내	255.67	2011	.127		
합계	283.16	2015			
진출입시설 간격	N	1	2	3	4
Duncan	7	576	.6091		
	6	432	.6423		
	5	504	.6524		
	4	288		.8535	
	3	216			.9487

<표 9>, <표 10>와 같다. 설계속도 60km/h에서는 가속소음의 평균차이로 인하여 4개의 집단으로 나누어지며, 5~6km에서 같은 집단으로 나타내어지고 있다. 설계속도 70km/h에서는 Case별 분석과 비슷하게 5~7km에서 같은 집단으로 분류되고 있다.

IV. 시뮬레이션 결과 분석

전술한 결과를 통해 고속도로 본선구간의 설계속도 상향에 따른 적정 인터체인지 간격을 VISSIM 시뮬레이션 분석을 통하여 평가해 보았다. 시뮬레이션 각각의 Case에 따라 진출입시설 설계속도, 본선 및 진입시설 주행 교통량, 인터체인지 간격을 변화시켜가면서 개별차량 주행궤적을 이용한 가속소음을 이용하여 적정 인터체인지 간격을 평가하였다.

기본적으로 인터체인지 간격이 멀어질수록 가속소음이 줄어드는 경향을 나타내며, 교통량이 증가함에 따라 가속소음이 소폭 증가하는 경향을 보여준다. 설계속도의 변화폭이 크게 작용하지 않아서 진출입시설의 설계속도에 따른 가속소음의 증가/감소는 나타나지 않는다.

위에서 언급한 것처럼 모든 Case별 시뮬레이션에서 인터체인지 간격별 평균가속소음은 인터체인지 간격이 멀어질수록 감소하는 경향을 나타내나 감소되는 변화량의 기울기가 인터체인지 간격이 5km에서부터 다소 완만하게 감소하는 경향을 나타내고 있다. 또한 인터체인지 간격이 4km에서 5km로 길어질 때 최소10%~최대 25%의 감소율을 나타내고 있다.

인터체인지 간격 3km를 기준으로 감소되는 가속소음을 누적감소율로 나타내면 3km → 4km로 증가할 때 소폭 증가하였다가 4km → 5km로 증가할 때 급격히 증가된 이후 인터체인지 간격이 증가할수록 완만한 누적 감소율을 나타낸다.

또한 시뮬레이션 결과에 대한 분산분석과 사후분석을 통하여 진출입시설간격에 따른 평균가속소음 집단분류를 하였다. 평균가속소음은 시설간격이 길어질수록 작아지는 경향을 보이며, 집단구분은 2~3개로 나타났다. 하지만 5~7km범위에서는 평균가속소음의 차이가 크지 않아 하나의 집단으로 구분되는 경향을 보이고 있어 5km 이후부터는 가속소음의 감소가 크지 않음을 알 수 있다.

V. 결론 및 향후연구과제

본 연구는 미시적 교통류 시뮬레이션 프로그램을 이용한 고속도로 본선구간 설계속도 상향에 따른 진출입 시설 최소간격 제시를 위한 기초자료 연구이다. 이를 위해서 VISSIM을 이용하여 인터체인지 설치 간격에 따른 주행 차량들의 개별차량 주행궤적을 추출하였다. 이때 인터체인지 간격 외에 본선 및 진출입시설 교통량 및 진출입시설 설계속도를 고려하여 분석 시나리오를 설계하였다. 추출된 개별차량 주행궤적을 이용하여 본선과 진출입시설 이용 차량 간의 교통 상충으로 인한 가속소음을 평가지표로 분석을 실시하였고 분석결과를 정리하면 다음과 같다.

본 연구에서는 설계속도 상향에 따른 인터체인지 최소 인터체인지 설치간격을 5km로 제안한다. VISSIM을 통하여 추출된 개별차량 주행궤적을 이용하여 고속도로 본선구간의 진출입시설에 의한 차량들의 가감속도 변화를 분석하였다. 인터체인지 간격에 따른 가속소음 분석결과 인터체인지 간격이 증가할수록 가속소음은 감소하는 경향을 보이고 있다. 하지만 인터체인지 간격에 따른 평균가속소음의 감소율이 3km → 4km로 증가할 때에는 7~11%를 보이고 4km → 5km로 증가할 때에는 8~25%의 큰 감소율을 나타낸다. 하지만 5km → 6km, 6km → 7km



로 증가할 때에는 27%의 완만한 감소율을 나타낸다. 따라서 5km까지는 인터체인지 간격이 증가되므로써 가속소음의 감소효과가 크지만 5km이후로는 가속소음의 감소효과가 작으므로 교통상충을 고려한 교통안전 측면에서 최소 설치간격으로 적당하다고 판단된다.

본 연구의 한계와 향후 수행되어야 할 연구과제는 첫째, 초고속주행환경 시뮬레이션 정산에 필요한 실제 자료의 취득이 불가능하였다. 이러한 한계를 극복하기 위한 대안으로 서해안 고속도로의 속도자료를 이용하게 되었다.

둘째, 본 연구의 시뮬레이션에서 반영된 설계요소는 진출입시설의 설계속도와 그에 따른 가/감속속도 길이 및 변이구간 길이이다. 또한 본선과 진출입 시설의 교통량만이 반영되었다. 이들 요소 이외에 본선구간의 종/횡단 요소와 진출입시설의 종단경사에 따른 가/감속차로의 보정, 노즈 부근의 기하구조 등을 고려하여 정확한 시뮬레이션이 이루어져야 한다.

셋째, 본 연구에서 제시된 최소 설치간격이 설계기준을 제시하기 위한 것이 아니라 설계기준 정립을 위한 기초자료 연구로서 설계 시나리오에 대한 상대적 평가만 이루어지고 있다. 설계기준 정립을 위해서는 실제 도로 상에서 취득한 자료를 이용하여 인터체인지간 교통류 특성을 분석되어야 한다.

넷째, 진출입시설의 설계속도 상향에 따른 변속구간 길이 증가와 현장 적용성 문제에 대한 연구가 필요하다. 본선의 설계속도 상향에 따라서 교통상충을 줄이기 위한 진출입시설 설계속도와 이에 따른 변속구간 적용성이 연구되어야 한다.

본 연구의 학술적 의의는 시뮬레이션 결과 값 자체의 적정성보다는 가속소음을 평가한 후 통계분석을 통해 보다 합리적인 대안을 도출하는 방법론을 제시하였다는데 있다고 말할 수 있다.

참고문헌

1. 건설교통부(2000), 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(해설 및 지침), 건설교통부.
2. 김상구·심대영·허두완(2007), 신호교차로 영향에 따른 도시고속도로 유출연결로 최소이격거리에 관한 연구, 대한교통학회지, 제25권 제4호, 대한교통학회, pp.79~87.
3. 이의은·이재용(2006), 도시간선도로에서의 인터체인지 성능 비교 연구, 대한교통학회지, 제24권 제3호, 대한교통학회, pp.51~61.
4. Hassan Yasser, Sayed Tarek A(2006), Ahammed Alauddin M, Effect of Geometry of Entrance Terminals on Freeway Merging Behavior, TRB Annual Meeting, pp.1~14.
5. Gerlough DL, Huber MJ(1976), Traffic Flow Theory, TRB National Research Council, pp.102~105.
6. Jones T.R., Potts R.B.(1962), The measurement of acceleration noise—a traffic parameter, Oper. Res. 10(6), pp.745~763.
7. Ko Joonho, Guensler Randall, Hunter Michael (2006), Variability in Traffic Flow Quality Experienced by Drivers : Evidence from Instrumented Vehicles, TRB 2006 Annual Meeting, pp.1~9
8. Kim JinTae, Courage K.G., Washburn S.S., Bonyani G.(2003), A Framework For Investigation Of LOS Criteria And Thresholds On Rural Freeways, TRB 2003 Annual Meeting, pp.239~245.

- ☞ 주 작 성 자 : 오동욱
- ☞ 교 신 저 자 : 오 철
- ☞ 논문투고일 : 2009. 2. 2
- ☞ 논문심사일 : 2009. 4. 23 (1차)  
2009. 5. 26 (2차)  
2009. 7. 30 (3차)  
2009. 9. 1 (4차)
- ☞ 심사판정일 : 2009. 9. 1
- ☞ 반론접수기한 : 2010. 2. 28
- ☞ 3인 익명 심사필
- ☞ 1인 abstract 교정필