

고속도로 졸음쉼터 진·출입 차량 주행속도 분석 및 적정 가·감속차로 길이 산정 연구

Estimating Acceleration and Deceleration Lane Lengths by Analyzing Vehicle Speed Variation of Rest Areas for Drowsy Drivers

한 다 정* · 김 응 철**

* 주저자 : 인천대학교 일반대학원 건설환경공학과 박사과정

** 교신저자 : 인천대학교 도시과학대학 건설환경공학부 교수

Dajeong Han* · Eungcheol Kim**

* Dept. of Civil & Environmental Engr., Incheon National University

** Dept. of Civil & Environmental Engr., Incheon National University

† Corresponding author : Eungcheol Kim, eckim@inu.ac.kr

Vol.17 No.6(2018)

December, 2018

pp.54~66

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2018.17.6.54>

2018.17.6.54

Received 18 July 2018

Revised 19 August 2018

Accepted 7 November 2018

© 2018. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

본 연구에서는 고속도로 졸음쉼터의 진·출입 차량 주행속도 조사를 통해 졸음쉼터 가·감속차로 길이, 설치위치의 종단경사 및 곡선반경이 주행차량에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 졸음쉼터 적정 가·감속차로 길이 산정을 위해, VISSIM을 활용하여 진출입부 길이 별 시나리오를 구축하고, 가·감속차로를 이용하는 차량의 개별차량 주행속도 자료를 추출하여 차량의 가속 및 가속도의 표준 편차를 산출하였다. 주행속도 조사 결과 졸음쉼터 설치위치의 곡선반경 및 종단경사에 따른 속도차이가 있는 것으로 나타났으며 무엇보다 가·감속차로 길이에 따른 차량 간의 속도차이가 크게 나타났다. 특히 가·감속차로 길이가 짧게 설치된 졸음쉼터의 경우 차량 간의 속도차이가 큰 것으로 조사되었으며 차량이 졸음쉼터 진입 시 충분히 감속을 하지 못하고 진입하거나 졸음쉼터 이용 후 본선 진입 시 충분히 가속을 하지 못한 채로 본선에 진입하는 것으로 조사되어 위험성이 높은 것으로 분석되었다. 가·감속차로 길이에 따른 시뮬레이션 분석결과 진입부의 경우 245m 이상의 감속차로 길이 확보가 필요할 것으로 분석되었으며, 가속차로의 경우 370m 이상으로 설치하였을 때 안전한 진출이 가능한 것으로 분석되었다.

핵심어 : 가·감속차로, 졸음쉼터, 차량속도, VISSIM 시뮬레이션, 고속도로

ABSTRACT

In this study, vehicle speeds at acceleration and deceleration lanes of rest areas for drowsy drivers were investigated to analyze effects of acceleration and deceleration lane lengths, grades and curve radius. In addition, we used VISSIM to analyze proper lengths of rest area's acceleration and deceleration lanes. Several VISSIM scenarios with different lengths of acceleration and deceleration lane were constructed. Through VISSIM simulation, we collected individual vehicle speed data to analyze speed changes by different lengths of acceleration and deceleration lanes. As a result of the vehicle speed change investigation, grades and curve radii of the rest area affected the speed, most of all lengths of acceleration and deceleration lane showed a great effect on the vehicle speed. In the case of short lengths of acceleration and deceleration lane, speed variation among vehicles was significant. If the deceleration lane length is short, the vehicle enters a state in which the speed is

not sufficiently reduced, and if the acceleration lane length is short, the vehicle enters a state in which the speed is not sufficiently accelerated showing high risks of conflicts and accidents. It is recommended that 245m length of deceleration lane and 370m length of acceleration lane should be installed at least to secure safety and manage conflicts relevantly.

Key words : Acceleration and deceleration line, Rest areas for drowsy drivers, Vehicle speed, VISSIM simulation, Freeway

I. 서 론

1. 연구 배경 및 목적

졸음쉼터는 휴게시설의 한 종류로써 7~15면 정도의 주차면이 설치되어 있는 소규모의 휴식공간이다(MOLIT, 2013). 고속도로에서 발생하는 졸음운전으로 인한 사고 예방을 위해, 국토교통부는 2011년부터 고속도로의 휴게소 간 간격이 먼 구간을 대상으로 졸음쉼터 설치를 추진하였으며, 2016년 기준, 207개의 졸음쉼터가 고속도로에 설치되어 운영 중에 있다. 졸음쉼터 설치초기, 한국도로공사는 ‘고속도로 휴게시설 설치 개선방안(2013.6.11.)’을 수립하여 졸음쉼터 설치를 추진하였다. 본 개선방안에서는 졸음쉼터의 진출입로 길이를 버스정류장의 기준으로 제시하였다(KEC, 2013).

2016년 기준 현재 고속도로에 설치되어 있는 207개의 졸음쉼터 중 11개소는 영업소 부지에 설치되어 있으며 나머지 196개소는 고속도로 내 유희부지를 활용하여 설치되어 운영 중에 있다.

영업소 부지에 설치되어 있는 졸음쉼터를 제외한 196개소의 졸음쉼터 진출입부의 가·감속차로 설치 현황을 조사한 결과, 감속차로의 경우, 휴게소 기준의 감속차로 길이(215m)로 설치되어 있는 졸음쉼터는 전체 중 15.54%(30개소)로 나타났으며 버스정류장 기준의 감속차로 길이(200m)도 확보하지 못한 채로 운영 중인 졸음쉼터가 126개소(65%)로 대다수의 졸음쉼터의 감속차로 길이가 버스정류장 보다 짧게 설치되어 있는 것으로 나타났다. 가속차로의 경우 휴게소 기준의 가속차로 길이(370m)로 설치되어 있는 곳은 8.81%(17개소)로 나타났으며 버스정류장 기준의 가속차로(220m)도 확보하지 못한 채 운영 중인 졸음쉼터는 50개소로 25.91%로 나타났다. 전체 졸음쉼터의 감속차로의 평균 길이는 191m이며 가속차로의 평균 길이는 236m로 대부분의 졸음쉼터 감속차로가 버스정류장 감속차로 길이보다 10m 짧게 설치되어 있다. 졸음쉼터 설치 위치의 종단경사와 곡선반경 현황을 살펴보면, 감속차로의 경우 종단경사가 3% 이상인 구간에 설치되어 있는 졸음쉼터는 총 13개소(6.73%), 가속차로의 경우 12개소(6.22%)로 나타났다. 곡선반경 700m 이하의 급 곡선구간에 설치되어 있는 졸음쉼터는 8개소(4.15%)로 나타났다.

졸음쉼터는 휴게시설의 한 종류로써, 휴게소와 비슷한 입·출입 형태가 나타나는 시설이다. 또한 졸음쉼터를 이용하는 차량은 사전에 자기의 노선을 정확하게 알고 정착해야 할 위치를 인지하고 있는 버스와는 다른 주행형태가 나타난다. 운전자는 고속도로에서 운전하는 중, 졸음을 인지하거나 휴식이 필요한 경우 졸음쉼터 안내 표지판의 정보를 확인하고 졸음쉼터를 이용한다. 이에 따라, 운전자가 안전하게 졸음쉼터를 진·출입 할 수 있도록 적정 진·출입로 길이 확보가 반드시 필요하다. 졸음쉼터의 사고 현황을 살펴보면, 대부분의 사고가 진입부와 진출부에서 발생하였고 사고 원인 또한 진입 시 급감속에 의한 사고 비율이 높았으며 진출 시에는 본선 주행차량과의 추돌 사고가 대부분인 것으로 나타났다.

본 연구에서는 졸음쉼터 이용 시 문제가 되고 있는 진·출입 안전성 확보를 위해 현재 고속도로에 설치되어 있는 졸음쉼터를 대상으로 진·출입 차량의 주행속도 조사를 실시하여 졸음쉼터의 진·출입로의 길이, 졸음

쉼터 설치위치의 종단경사 및 곡선반경이 주행속도에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 VISSIM(Verkehr In Städten - Simulations modell) 시뮬레이션을 이용하여 졸음쉼터 진·출입로 길이를 일정 단위로 변화를 준 시나리오를 구축하고, 개별 차량 주행 궤적을 추출하여 졸음쉼터를 이용하는 차량의 가·감속도 변화를 분석하였다. 이에 따라, 안전한 입출입이 가능한 졸음쉼터의 적정 가·감속차로 길이를 제시하였다.

2. 연구 수행 절차

본 연구의 수행 절차는 고속도로 졸음쉼터와 관련한 선행 연구를 검토 및 분석하여 본 연구의 기초자료로 활용하였고 국외 졸음쉼터와 유사한 시설에 대한 설치 기준을 비교·분석하였다.

졸음쉼터의 이용차량의 주행속도 변화를 비교·분석하기 위해, 주행속도에 영향을 미칠 것으로 예상되는 요소를 선정하였고, 각 요소별 비교가 가능하도록 주행속도 조사 대상 졸음쉼터를 선정하였다. 선정한 졸음쉼터를 대상으로 30대 이상 속도 측정이 가능하도록 속도 시간을 선정하여 속도를 측정하였다. 또한 적정 가·감속차로 길이 산정을 위해 가·감속차로 길이별 VISSIM 시뮬레이션 시나리오를 작성하여 분석을 실시하였다.

II. 국내·외 연구 사례

1. 국내 졸음쉼터 관련 선행 연구

Oh(2013)은 졸음쉼터 설치가 교통사고 절감에 효과가 있는지를 분석하기 위해 졸음쉼터 설치가 추진된 2011년에 설치된 졸음쉼터 40개소를 분석 대상으로 선정 한 후, 설치 전·후 각각 6개월간 사고 자료를 수집하여 사고건수 관련 변수 4개, 인명피해 관련 변수 4개를 선정하여 설치효과를 분석하였다. 사고건수 관련 변수는 전체사고건수, 졸음추정사고건수, 졸음사고 중 심각사고 건수, 졸음사고 중 기타사고 건수이며 각 변수별 설치 전·후의 수치를 비교한 결과 48~58% 감소된 것으로 나타났다. 인명피해 관련 변수는 대상구간 전체에서 발생한 교통사고 사망자수, 졸음추정사고로 인한 사망자수, 졸음추정사고를 인한 중상자수, 졸음추정사고로 인한 연명피해자수이며 각 변수 별 설치 전·후의 수치를 비교한 결과 57~85% 감소된 것으로 분석되었다. 또한 동일 기간 고속도로 전체 구간에서 발생한 사고와 비교한 결과, 전체고속도로 구간 대비 졸음쉼터 설치구간의 사고건수 및 인명피해 건수 감소율이 보다 큰 것으로 분석되었다. 특히 사망자수와 같은 중요 변수의 경우 고속도로 전체 구간에서는 증가한 반면 졸음쉼터 설치 구간은 감소한 것으로 분석되어 졸음쉼터 설치가 심각한 사고 및 인명피해를 줄이는데 큰 효과가 있는 것으로 분석되었다.

Oh(2015)은 졸음쉼터 설계기준을 제시하고 안전 및 편의성 향상을 위해 졸음쉼터 개선방안을 제시하였다. 또한 2011년과 2012년에 고속도로에 설치되어 운영 중인 졸음쉼터를 대상으로 현황조사를 실시하고 이용자 만족도 조사자료 및 기존 연구문헌 등을 활용하여 졸음쉼터의 문제점을 도출하였다. 졸음쉼터 만족도 조사 결과 시설물에 대한 이용자 만족도가 낮은 것으로 조사되었으며 졸음쉼터의 문제점으로는 설치위치의 부적정성, 연결로 길이, 주차면 기준 부재와 안전표지 위치의 부적절, 노면표지의 미흡, 충격흡수시설의 부족, 가로등 설치 등 안전시설 부족에 대한 문제점을 제시하였다. 또한 운영 및 유지관리 측면에서의 문제점도 제시하였다. 설계기준으로는 졸음쉼터 감속차로 최소길이는 165m, 가속차로 최소길이는 341m로 제시하였다. 또한 가·감속차로와 졸음쉼터 주행로가 접하는 구간에 진·출입 연결로 설치를 제안하였으며 각각 연결로 최소

길이는 32m, 65m을 제시하였다.

Hong(2016)은 고속도로 졸음쉼터 제원 산정 및 설계기준 제시를 위해 졸음쉼터 설치 현황을 조사하고 문제점을 도출하고 이에 따라, 졸음쉼터 위치 선정 방법과 기하구조 제원 산정, 부대시설의 개선안을 제시하였다. 졸음쉼터 위치 선정 방법으로는 졸음쉼터 설치위치의 종단선형과 평면선형을 고려한 설치 지점을 제시하였고, 타 입·출입 시설과의 이격거리를 고려하여 적정 설치구간을 제시하였다. 또한 졸음쉼터의 기하구조를 진입부, 진출부, 주차부를 구분하여 각각의 제원을 산정하였다. 졸음쉼터 설치위로는 평지의 직선부 설치를 권장하였고, 부득이한 경우 오르막 구간의 우로 굽은 도로에 설치할 것을 제시하였다. 인터체인지 및 타 입출입 시설과의 최소 이격거리는 2km로 제시하였으며 진입부의 최소 길이는 본선 설계속도 100km/h 기준 150m, 진출부의 최소 길이는 335m로 제시하였다.

2. 국내 졸음쉼터 관련 설계 기준

‘고속국도 졸음쉼터의 설치 및 관리 지침(2017.4.25.)’에서는 졸음쉼터 설치 위치를 본선 설계속도 100km/h을 기준으로 종단경사 3%이하, 곡선반경 700m 이상인 구간에 설치하도록 제시하고 있다. 졸음쉼터의 진출입로 길이는 본선 설계속도 100km/h을 기준으로 감속차로 길이 215m, 가속차로 길이 370m로 제시하고 있다. 이 기준은 휴게소의 가·감속 차로 길이의 기준과 동일하다.

3. 국외 유사시설 설계 기준

미국의 경우 고속도로에 설치하는 휴게시설로 소규모 휴게시설은 따로 정의되어 있지 않으며, 우리나라의 휴게소 및 간이휴게소 규모 정도의 시설 설치를 제시하고 있다. 휴게소내 설치해야 하는 필수 편의 시설을 제시하고 하고 있으며, 휴게소의 이용특성을 고려한 적정 주차면수 산정을 위해 차량별 이용량, 침두율, 차량 평균 주차시간 등을 고려하여 주차면수를 설치하도록 제시하고 있다(AASHTO, 2001). 휴게시설의 진입로 및 진출로의 길이는 인터체인지의 진·출입로 길이 이상을 확보하도록 제시하고 있다. 이 기준은 우리나라의 인터체인지 및 휴게소의 진출입로 길이 기준과 같다(AASHTO, 2011).

일본의 경우 고속도로에 설치하는 휴게시설 종류로 Parking Area(PA)와 Service Area(SA)가 있으며, SA는 우리나라의 휴게소와 유사한 규모의 휴게시설이며 PA의 우리나라의 간이휴게소와 비슷한 규모로 SA보다는 규모가 작은 휴게시설이다(JARA, 2005). SA에는 사람이 필요한 시설 및 자동차가 필요로 하는 서비스를 거의 완전하게 만족 시킬 수 있는 필수 시설을 설치하도록 제시하고 있으며 설치간격은 최대 25km 및 이동시간을 고려하여 적절하게 배치하도록 제시하고 있다. 휴게시설의 가·감속차로 길이는 입체교로의 변속차로 길이를 적용하도록 제시하고 있다(MLIT, 2003).

4. 선행연구의 시사점

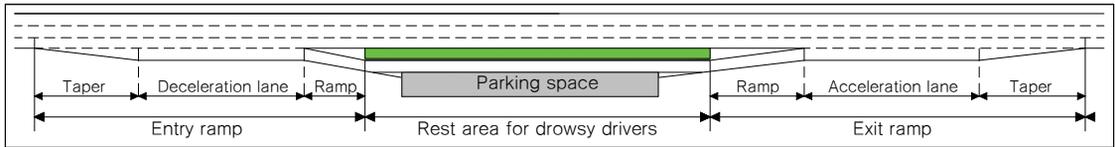
Oh(2013)의 연구에 따라, 졸음쉼터 설치에 교통사고 감소에 효과적인 것으로 나타났다. Oh(2015)와 Hong(2016)은 졸음쉼터의 진·출입로 길이를 제시하였는데 Oh(2015)은 진입로 165m, 진출로 341m의 최소 길이를 제시하였으며, Hong(2016)은 진입로 150m, 진출로 345m의 최소 차로 길이를 제시하였다. 제시된 진입로 기준은 휴게소(215m)에 비해 약 25% 짧은 수준으로, 진입로와 바로 접하여 주차면이 설치되어 있는 졸음쉼터의 경우, 진입 시 급 감속이 요구될 것으로 예상된다. 국외 관련기준을 살펴보면, 졸음쉼터와 같은 소규

모의 휴게시설은 따로 정의되어 있지는 않으나, 모든 휴게시설의 진출입로 길이를 인터체인지의 진·출입로 기준 이상 확보하도록 제시하고 있다. 이에 반해 우리나라는 대부분의 졸음쉼터의 진·출입로 길이가 휴게소보다 짧게 설치되어 있으며, 버스정류장 보다 짧게 설치되어 있는 졸음쉼터가 다수임에 따라, 안전한 졸음쉼터 이용을 위해, 적정 가·감속차로 길이 산출이 필요할 것으로 판단된다.

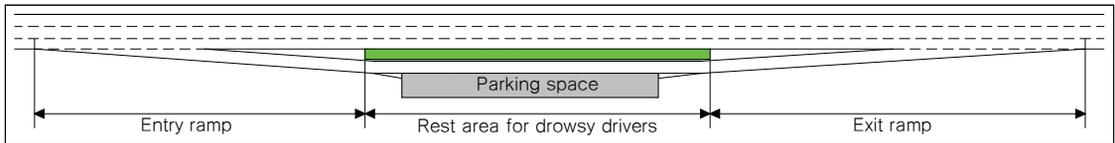
Ⅲ. 졸음쉼터 진·출입 차량 주행속도 분석

1. 주행속도 조사 지점선정 및 조사 방법

졸음쉼터 진입부와 진출부는 본선과 졸음쉼터를 연결하는 형태에 따라 평행식과 직접식으로 구분할 수 있다. 평행식은 차로 변경이 이루어지는 변이구간, 감속 또는 가속이 이루어지는 가·감속차로, 감속차로와 졸음쉼터 내 주행로를 연결해 주는 연결로의 3가지 구간으로 이루어져 있으며, 직접식은 평행식과 달리 변이구간, 가·감속차로, 연결로의 구분 없이 전체의 진·출입로 구간에서 가·감속이 이루어진다(MOLIT, 2013).

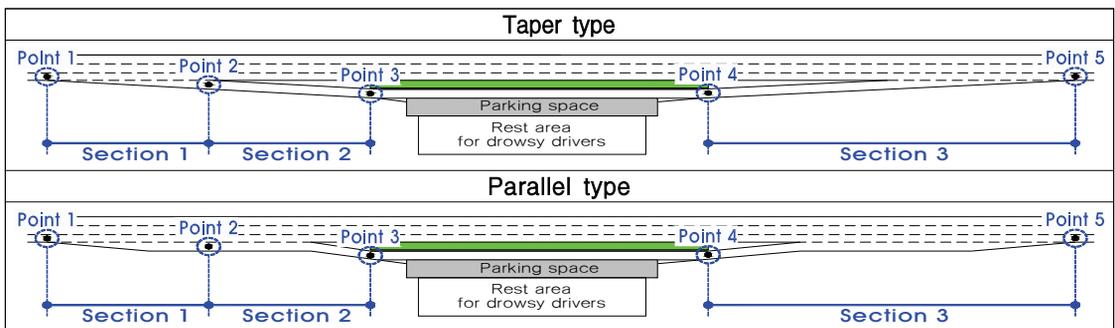


<Fig. 1> Parallel types of rest areas for drowsy drivers



<Fig. 2> Taper types of rest areas for drowsy drivers

졸음쉼터의 주행속도 조사 지점을 선정하기 위해 졸음쉼터를 진입부, 졸음쉼터 내 주행로, 진출부의 3구역으로 구분하였다. 진·출입부의 경우 접속방식에 따라 평행식, 직접식으로 구분되어 설치형태가 상이하지만 주행속도 조사 지점 선정 시에는 평행식과 직접식 구분 없이 진입부의 경우 졸음쉼터와 본선이 접하는 지점



<Fig. 3> Speed measurement sections and points of rest areas for drowsy drivers

을 지점1, 졸음쉼터 진입부와 졸음쉼터 내 주행로가 접하는 지점을 지점3으로 선정하고 진입부의 중간 지점을 지점2로 선정하였다. 지점1과 지점2의 구간을 구간1, 지점2와 지점3의 구간을 구간2로 구분하여 각 지점에서의 차량의 통과시간을 측정하여 구간의 평균 속도를 산출하였다. 진출부의 경우 졸음쉼터 내 주행로와 진출로가 접하는 구간을 지점4, 진출로와 본선이 접하는 지점을 지점5로 선정하여 지점4와 지점5 구간을 구간3으로 하여 평균 속도를 측정하였다.

졸음쉼터 진·출입 차량 주행속도 조사는 졸음쉼터 내 설치되어 있는 CCTV(Closed Circuit Television)의 영상자료를 활용하였다. 이때, 졸음쉼터 별로 최소 30대 이상 속도 측정이 가능하도록 조사 시간을 설정하였다.

2. 주행속도 분석 대상 졸음쉼터 선정

졸음쉼터 진·출입 차량의 주행속도에 직접적으로 영향을 미칠 것으로 예상되는 기하구조 요소는 졸음쉼터 진·출입 차로의 길이, 졸음쉼터 설치위치의 종단경사와 곡선반경이다. 이에 따라, 각 요소들이 주행속도에 미치는 영향을 비교할 수 있도록 조사 대상 졸음쉼터를 선정하였다. 진·출입 차로의 길이에 따른 주행속도 변화를 비교하기 위해 그 밖의 요소인 졸음쉼터 설치위치의 종단경사, 곡선반경이 유사한 졸음쉼터를 선정하였으며 졸음쉼터 설치위치의 종단경사에 따른 주행속도 변화를 비교하기 위해 진·출입로 길이와 설치위치의 곡선반경이 유사한 졸음쉼터를 선정하였다. 또한 곡선반경에 따른 주행속도 변화를 비교하기 위해 기타 요소가 유사한 졸음쉼터를 선정하였다.

진입로 주행속도 분석 대상으로 선정된 졸음쉼터는 총 4개소로 서전주, 내장산, 소초, 읍내 졸음쉼터이다. 진출로 주행속도 분석 대상으로 선정된 졸음쉼터는 총 6개소로 남사, 입장, 전주, 소초, 장성, 진천 졸음쉼터이다. 조사 대상 졸음쉼터 선정 시, CCTV가 진입로 또는 진출로 전체를 촬영하는 졸음쉼터 중에서 주행속도에 영향을 미치는 요인들이 비교 가능하도록 조사 대상을 선정하였다. 조사 대상 졸음쉼터의 진·출입로 길이, 졸음쉼터 설치위치의 종단경사와 곡선반경은 다음 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Rest areas for drowsy drivers for speed measurement

Speed measuring section	Name of the rests area for drowsy drivers	Length of deceleration and acceleration lane	Installation position of rest area	
			Grades	Curve radius
Entry ramp	Seojeonju	190m(Taper Type)	-0.3%	-
	Naejangsan	200m(Taper Type)	-0.3%	-
	Socho	190m(Taper Type)	4.0%	-
	Eumnae	202m(Taper Type)	-0.87%	800m
Exit ramp	Namsa	200m	0.3%	-
	Ipjang	205m	-0.4%	12,000m
	Jeonju	243m	-1.18%	1,200m
	Socho	210m	-4.0%	-
	Changseon	220m	0.7%	590m
	Jincheon	238m	0.45%	2,000m

3. 주행속도 분석 결과

감속차로 길이에 따른 주행속도 변화를 비교·분석하기 위해 감속차로 길이를 제외한 다른 요소가 동일한 서전주 졸음쉼터와 내장산졸음쉼터의 속도 측정 결과를 비교해 보았다. 주행속도 분석 결과, 진입 시 구간1에서는 두 졸음쉼터 모두 설계속도 100km/h 보다 낮은 속도로 주행하는 것으로 나타났으며 서전주 졸음쉼터의 구간1의 주행속도(74.70km/h)가 내장산 졸음쉼터의 주행속도(88.30km/h) 보다 낮게 나타났다. 이는 서전주 졸음쉼터 후방 1.5km 이내에 휴게소가 위치하고 있으며, 전방 1.0km 이내에는 인터체인지가 위치하고 있어 주행속도에 차이를 나타내는 것을 판단된다. 구간2에서는 감속차로길이가 더 긴 내장산졸음쉼터의 주행 속도가 51.2km/h로 더 감속이 이루어진 상태로 졸음쉼터 내 주행로에 진입하는 것으로 나타났다.

감속차로 설치위치의 종단경사가 주행속도에 영향을 미치는 비교·분석하기 위해 종단경사를 제외한 나머지 요소가 비슷한 서전주 졸음쉼터와 소초 졸음쉼터의 주행속도를 비교해 보았다. 주행속도 분석 결과, 졸음쉼터 진입부 중앙부분 부터 졸음쉼터 진입 시까지의 구간인 구간2에서는 오르막 구간에 설치되어 있는 소초 졸음쉼터가 종단경사가 -0.3%의 경사가 거의 없는 구간에 설치되어 있는 서전주 졸음쉼터에 비해 낮은 속도로 주행하는 것으로 나타나 속도 감속에 유리한 것으로 나타났다.

감속차로 설치위의 곡선반경에 의한 주행속도 영향을 비교하기 위해 곡선반경 800m 구간에 설치되어 있는 읍내 졸음쉼터와 직선 구간에 설치되어 있는 내장산 졸음쉼터의 주행속도를 비교하여 보았다. 분석결과, 구간1에서는 두 졸음쉼터 모두 평균 주행속도가 약 88km/h로 비슷한 수준으로 나타났으나 곡선구간에 설치되어 있는 읍내 졸음쉼터의 주행속도 표준편차가 10.34로 높게 나타났으며 구간2에서는 곡선구간에 설치되어 있는 졸음쉼터의 평균 주행속도와 속도의 표준편차가 모두 높게 나타나 차량 간의 속도차이가 큰 것으로 나타났다.

속도 조사 대상 전체의 주행속도를 비교해 본 결과 내장산 졸음쉼터의 졸음쉼터 내 진입 시 속도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 내장산 졸음쉼터는 평지 구간에 설치되어 있으며 감속차로 길이는 200m 이다. 내장산 졸음쉼터와 감속차로 길이가 비슷한 읍내 졸음쉼터는 곡선반경이 작은 구간에 설치되어 있어 진입 시 속도가 높은 것으로 나타났으며 감속차로 길이가 190m로 속도 조사 대상 졸음쉼터 중 가장 짧은 서전주 졸음쉼터의 주행속도가 가장 높은 것으로 나타났다.

<Table 2> Speed measurement results of entry ramps

Name of the rests area for drowsy drivers		Seojeonju	Naejangsan	Socho	Eumnae
Length of deceleration lane		190m(Taper Type)	200m(Taper Type)	190m(Taper Type)	202m(Taper Type)
Grades		-0.3%	-0.3%	4.0%	-0.87%
Curve radius		-	-	-	800m
Section1	Average speed	74.70km/h	88.30km/h	77.38km/h	88.29km/h
	Standard deviation	5.6	9.3	7.92	10.34
	Maximum speed	82.0km/h	104.2km/h	90.00km/h	99.69km/h
	Minimum speed	61.7km/h	69.0km/h	66.12km/h	63.16km/h
Section2	Average speed	55.9km/h	51.2km/h	51.91 km/h	54.09km/h
	Standard deviation	8.6	8.3	4.84	10.39
	Maximum speed	69.1km/h	69.3km/h	60.87km/h	69.23km/h
	Minimun speed	41.4km/h	39.0km/h	43.75km/h	40.00km/h

진입로의 속도 및 속도의 표준 편차와 진입로 설치 위치의 종단경사, 감속 차로 길이 간의 통계적 유의성을 검증하기 위해, 통계분석을 실시하였다. 분석 결과, 구간1에서는 속도와 감속차로 길이, 종단경사의 상관관계가 높은 것으로 나타났으며, 구간2에서는 속도의 표준 편차와 감속차로 길이 및 종단경사의 상관관계가 높은 것을 나타냈다. 구간 1, 2의 속도 및 속도의 표준편차 모두 감속차로 길이 및 종단경사에 대한 결정계수는 구간2의 속도를 제외하고 모두 0.93 이상으로 높게 나타났다.

<Table 3> Correlatin coefficient and R² analysis result of entry ramp

Classification	Speed of section1	Standard deviation of section1	Speed of section2	Standard deviation of section2
Grades	-0.496	-0.199	-0.437	-0.958
Length of deceleration lane	0.980	0.882	-0.267	0.695
R square(R ²)	0.985	0.988	0.677	0.931

가속차로 길이에 따른 주행속도 분석을 위해 가속차로 길이를 제외한 나머지 요소가 비슷한 졸음쉼터인 남사, 입장의 주행속도를 비교·분석해 보았다. 두 졸음쉼터의 가속차로 길이는 각각 200m, 205m로 5m의 차이를 나타내고 있으며 205m의 입장 졸음쉼터의 주행속도가 63.25km/h로 남사 보다 2.47km/h 높은 것으로 나타났다.

가속차로 설치위치의 종단경사에 따른 주행속도 분석을 위해 종단경사가 다른 입장 졸음쉼터와 소초 졸음쉼터의 주행속도를 비교해 보았다. 주행속도 분석 결과, 내리막 경사 구간에 설치되어 있는 소초 졸음쉼터의 주행속도가 -0.4%의 경사가 작은 구간에 설치되어 있는 입장 졸음쉼터 보다 본선 진입 속도가 높은 것으로 나타났다. 두 졸음쉼터의 속도 표준 편차는 입장은 12.30, 소초는 15.35로 나타났으며, 4%의 내리막 경사 구간에 설치되어 있는 소초 졸음쉼터의 속도 표준편차가 입장 졸음쉼터 보다 높게 나타나 차량 간의 속도 차이가 큰 것으로 나타났다.

내리막 구간에 설치되어 있는 소초 졸음쉼터가 경사가 없는 구간에 설치되어 있는 입장 졸음쉼터 보다 가속에 유리한 것으로 나타났다. 하지만 속도의 표준편차가 높아, 차량 간 속도 차이로 위험성이 높은 것으로 나타났다.

가속차로 설치위치의 곡선반경에 따른 주행속도 비교를 위해 진천 졸음쉼터와 장성 졸음쉼터의 주행속도를 비교하였다. 장성 졸음쉼터 설치위치의 곡선반경은 590m로 곡선반경이 작은 구간에 설치되어 있으며 졸음쉼터의 가속차로 길이는 220m이다. 진천 졸음쉼터는 곡선반경이 2,000m인 구간에 설치되어 있으며 가속차로 길이는 238m이다. 분석 결과, 장성 졸음쉼터는 곡선반경이 작은 구간에 설치되어 있으며 진천 졸음쉼터에 비해 가속차로 길이가 짧은 것에도 불구하고 주행속도가 65.64km/h로 3.58km/h로 높게 나타났다. 속도의 표준 편차의 경우 장성 졸음쉼터가 진천 졸음쉼터보다 높은 것으로 나타났다. 이에 따라, 곡선구간에 설치된 경우, 주행속도는 더 높으며 주행속도의 표준 편차 또한 높은 것으로 나타났다.

속도 조사 대상 전체의 주행속도를 비교해 본 결과 전주 졸음쉼터의 본선 진입 속도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 전주 졸음쉼터의 가속차로 길이가 243m로 속도 조사 대상 졸음쉼터 중 가장 길며, 내리막 경사 구간에 설치되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 그 다음으로 높은 주행속도를 나타낸 졸음쉼터는 소초 졸음쉼터로 가속차로 길이는 210m로 짧으나, 4%의 내리막 경사 구간에 설치되어 있어 높은 주행속도를 보이는 것으로 판단된다.

<Table 4> Speed measurement results of exit ramps

Name of the rests area for drowsy drivers		Namsa	Ipjang	Jeonju	Socho	Changseon	Jincheon
Length of acceleration lane		200m	205m	243m	210m	220m	238m
Grades		0.3%	-0.4%	-1.18%	-4%	0.7%	0.45%
Curve radius		-	12,000m	1,200m	-	590m	2,000m
Section3	Average speed	60.78	63.25	75.58	70.13	65.64	62.06
	Standard deviation	11.87	12.30	17.15	15.35	13.03	9.61
	Maximum speed	97.30	87.91	93.10	93.10	86.23	86.40
	Minimum speed	45.00	43.95	40.40	58.70	46.15	49.77

진출로의 속도 및 속도의 표준 편차와 진출로 설치 위치의 종단경사, 가속 차로 길이 간의 통계적 유의성을 검증하기 위해, 통계분석을 실시하였다. 분석 결과, 구간3에서는 속도의 표준편차 보다는 속도와 감속차로 길이, 종단경사의 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 구간3의 속도와 감속차로 길이 및 종단경사에 대한 결정계수는 0.688로 구간3 속도의 표준편차 보다 높게 나타났다.

<Table 5> Correlatin coefficient and R² analysis result of exit ramps

Classification	Speed of section3	Standard deviation of section3
Grades	-0.591	-0.636
Length of deceleration lane	0.509	0.189
R square(R ²)	0.688	0.475

IV. 적정 가·감속차로 길이 산정

1. 졸음쉼터 가·감속차로 길이 산정

변속차로의 길이는 자동차가 감속차로 및 가속차로에 진입 할 때의 도달속도, 자동차가 감속차로 및 가속차로를 주행 완료하였을 때의 속도를 고려하여 가·감속차로 길이를 산출하였다.

$$\text{변속차로길이}(D) = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2d}$$

- V₂ : 변속차로 종점부 도달속도(㎞/h)
- V₁ : 변속차로 시점부 도달속도(㎞/h)
- d : 가속도 및 감속도(㎞/s²)

감속도는 1.96㎞/s², 가속도는 주행속도에 따른 평균 가속도를 적용 하였다. 감속차로 종점부 및 가속차로 시점부의 속도는 졸음쉼터 내 주차면이 감속차로 및 가속차로와 인접하여 위치하고 있어 20km/h를 적용 하였으며 감속차로 시점부 및 가속차로 종점부의 속도는 본선 설계속도인 100km/h를 적용하였다. 각 설계속도에 대한 주행속도는 AASHTO의 감속 및 가속 시 설계속도와 도달속도 및 연결로 설계속도와 평균 주행속도의 권장 기준을 적용하였다. 변속차로의 차로 변경을 위한 길이는 70m를 적용하였으며 이 기준은 ‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙’에서 제시된 기준이다. 각각의 변수를 고려하여 계산식에 의해 산출한 졸음쉼터의 감속차로 길이는 204m이며, 가속차로 길이는 401m이다.

2. 연구방법

졸음쉼터의 가·감속차로 길이가 차량 주행에 미치는 영향 및 적정 가·감속차로 길이 산정을 위해 가상의 네트워크를 구현한 시뮬레이션을 활용하였다. 분석 시 사용한 프로그램으로는 대표적인 교통류 미시분석 프로그램인 VISSIM을 선정하였다. VISSIM은 운전자의 개별형태를 분석한 Car Following Logic인 Psycho-Physical Model(Wiedemann)을 기반으로 하고 있으며, 단속류에는 Wiedemann 74 모델을 적용하며, 연속류에는 Wiedemann 99 모델을 적용한다. 본 연구에서는 고속도로 졸음쉼터의 진·출입 차량을 대상으로 분석하기 때문에 Wiedemann 99 모델을 적용하였다. VISSIM Driver Behavior 속성 값은 가장 일반적으로 쓰이는 Driver Behavior Parameter의 입력 값을 사용하였다(PTV VISSIM 8 User manual, 2015).

<Table 6> Driver behavior parameters for simulation using VISSIM

Classification	Driver behavior parameter during lane change			Deceleration	Driver behavior parameter at conflict area on diverge and merge area			
	Max. deceleration	Accepted deceleration	Min. headway		FrontGapDef (Safety distance of vehicle front-side)	RearCapDef (Safety distance of vehicle rear-side)	SafDistFactDef (Safety distance of whole vehicle)	AvoidBlook (Traffic conflict evasion)
Input	-4 ^{m/s}	-1 ^{m/s}	0.5m	-2 ^{m/s}	0.5m	0.5m	1.5m	100%

본 연구에 사용될 분석 시나리오는 본선이 편도 3차로로 네트워크를 구축하였다. 진입부의 감속차로의 경우 190m부터 255m까지 감속차로 길이를 5m 단위로 증가시켜 각각의 감속차로 길이 별 시나리오를 구축하였다. 진출부의 가속차로의 경우 280m부터 380m까지 가속차로 길이를 10m 단위로 증가시켜 각각의 가속차로 길이 별 시나리오를 구축하였다.

시뮬레이션 입력 졸음쉼터 이용 교통량은 2015년 졸음쉼터 이용현황 조사 결과를 고려하여 적용하였다. 2015년 총 190개 졸음쉼터 중 46개소의 졸음쉼터 이용현황 조사를 실시하였으며, 조사 결과 졸음쉼터 전체 1일 평균 이용대수는 173대로 조사되었다. 이중 승용차의 비율은 65.90%이었으며 화물차는 비율은 34.10%로 나타났다. 시간별 졸음쉼터 이용량을 살펴보면 첨두시간은 14시부터 15시로 나타났으며, 첨두시간 평균 이용대수는 13대로 조사되었다. 첨두시간 승용차 평균 이용대수는 9대, 화물차 평균 이용대수는 4대로 나타났다. 시뮬레이션 분석 시 졸음쉼터 이용량은 졸음쉼터 이용현황 조사 결과, 첨두시 졸음쉼터 이용량을 측정하여 이용량 측정치를 오름차순으로 정렬하여 누적 85%에 해당하는 값을 구하여 사용하였으며, 대형 및 소형의 차량 비율 또한, 첨두시 졸음쉼터 이용량의 누적 85%에 해당하는 값을 구하여 적용하였다. 분석 시 사용할 본선 교통량은 첨두시간 졸음쉼터 이용량의 누적 85%에 해당하는 값과 1일 졸음쉼터 이용량의 누적 85% 값의 비율을 고려하여 산출하였다.

본 연구에서는 단방향 차량만 고려하였으며, 분석시간은 3,600초로 설정하여 분석을 실시하였다. 각 시나리오 당 3번 반복 분석을 실시하여 3번의 분석 값의 평균값을 적용하였다. 졸음쉼터의 적정 가·감속 차로 길이를 판단하는 기준으로는 차량의 감속도 및 가속도의 표준편차 값을 사용하였다. 차량의 감속도 및 가속도의 표준편차를 나타내는 가속소음은 교통사고의 잠재적인 위험성을 계량화 해 줄 수 있는 효과적인 교통변수로 제시하고 있다(Oh, 2009).

졸음쉼터 진·출입부의 가·감속차로 길이에 따른 차량의 가속도의 표준편차 산출하기 위해, 시나리오 별 졸음쉼터 가·감속차로를 이용하는 차량의 개별차량 주행기록 자료를 추출하였다. 가·감속차로를 이용하는

<Table 7> Traffic volumes for simulation analysis

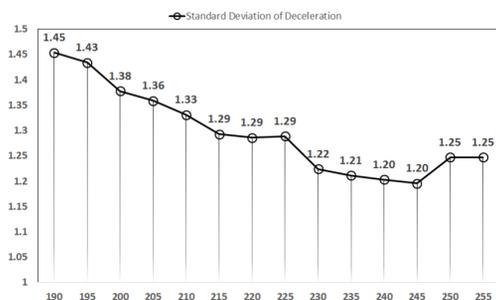
Classification	Daily traffic				Peak hours traffic(p.m.2~3)			
	Traffic volume of main lane	Traffic volume on rest areas			Traffic volume of main lane	Traffic volume on rest areas		
		Passenger cars	Trucks	Total		Passenger cars	Trucks	Total
Max	90,238	449	287	736	-	34	19	53
Min	5,209	37	12	52	-	4	1	5
Average (%)	28,998 (-)	114 (65.90%)	59 (34.10%)	173 (-)	-	9 (69.23%)	4 (30.77%)	13 (-)
85 th percentiles	40,890	183	61	244	3,519	15	6	21
Vehicle % of vehicle types at 85 th percentiles	-	75.00%	25.00%	-	-	71.43%	28.57%	

차량을 선별하기 위해 VISSIM의 Output 결과 값 중 Vehicle record를 이용하였으며, 각 개별차량의 ID, 차량의 위치하는 Link 번호, 각 Link의 차량 위치, 차량의 속도 및 감·가속도의 자료를 추출하였다. 추출된 개별 차량들의 주행궤적을 이용하여 차량의 가속도의 표준편차를 산출하였다.

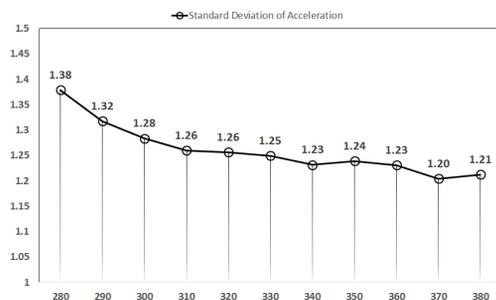
3. 분석 결과

진입로를 이용 하는 개별 차량의 감속도 표준편차 분석 결과, 현재 대부분의 졸음쉼터의 감속차로 길이인 190m의 경우 차량의 감속도 표준 편차가 1.45로 높게 나타났으며 200m 또한 1.38으로 높은 수준을 나타냈다. 200m 이후부터는 차량의 감속도가 점점 감소하는 추세를 나타냈다. 휴게소의 감속차로 기준인 215m의 경우 차량의 감속도 표준편차가 1.29이며 휴게소 감속차로 기준보다 긴 220m, 225m 또한 1.29로 215m일 때와 동일한 수준의 감속도 표준편차를 나타냈다. 감속차로 길이가 245m일 때까지 감속도의 표준편차가 점차 감소하는 추세를 나타냈으며 245m 일 때, 감속도의 표준편차가 가장 적에 나타났으며 감속차로가 250m인 경우에는 감속차로가 245m인 경우에 비해 감속도의 표준 편차가 오히려 증가하는 것으로 나타났다.

진출로를 이용 하는 개별 차량의 가속도 표준편차 분석 결과, 가속차로가 280m인 경우에는 차량의 가속도 표준편차가 1.38로 높게 나타났으며, 가속차로 길이가 길수록 차량의 가속도 표준편차는 작아지는 것 분석되었다. 가속차로의 길이가 380m인 경우에는 가속차로 길이가 370m인 경우보다 오히려 가속도의 표준편차가 높아지는 것으로 나타났다.



<Fig. 4> Standard deviation of deceleration at entry ramps of the rest area for drowsy drivers



<Fig. 5> Standard deviation of acceleration at exit ramps of the rest area for drowsy drivers

V. 결 론

졸음쉼터는 졸음운전으로 인한 사고 예방을 위해 설치하는 소규모의 휴식공간으로 2011년부터 휴게시설 간 간격이 먼 구간을 대상으로 설치를 하였다. 그 결과 고속도로에서 졸음운전으로 인해 발생하는 사고는 크게 감소하였으며, 여러 연구에 의해 졸음쉼터 설치효과가 검증되었다. 하지만 설치 초기 설치 기준 부재로 인해 현재 설치되어 있는 졸음쉼터 현황을 살펴보면, 졸음쉼터 별로 가·감속차로 길이가 상이하며, 일부 졸음쉼터는 급경사 구간 또는 곡선반경이 작은 구간에 설치되어 운영되고 있어 이용에 따른, 안전상의 문제가 많이 발생하고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 졸음쉼터의 가·감속차로 길이, 설치 위치의 종단경사, 곡선반경이 졸음쉼터 진·출입 차량에 미치는 영향을 분석하고자 졸음쉼터 진·출입 차량의 주행속도를 조사하였다. 졸음쉼터 진입로의 주행속도 조사 결과, 설치위치의 곡선반경 보다는 종단경사 및 감속차로 길이에 따른 속도 차이가 큰 것으로 나타났다. 감속 차로 길이가 짧게 설치된 경우, 졸음쉼터 진입 시 속도가 높은 것으로 나타났다. 내리막 경사 구간에 설치되어 있는 경우, 진입 시 감속에 유리한 것으로 나타났으며 곡선반경이 작은 구간에 설치된 경우 진입 차량 간의 속도 차이가 큰 것으로 나타났다. 졸음쉼터 진출로의 주행속도 조사 결과, 가속 차로 길이가 길수록 본선 진출 시 속도가 높은 것으로 나타났으며 가속 차로 길이가 짧은 경우 충분히 가속을 하지 못하고 본선에 진입 하는 것으로 나타났다. 졸음쉼터가 내리막 경사 구간에 설치 된 경우, 차량의 가속에 유리 한 것으로 나타났다. 차량 간의 속도 차이의 경우, 곡선반경이 작은 구간에 설치된 졸음쉼터에서 높게 나타났다.

적정 졸음쉼터 가·감속차로 길이 산정을 위해, 계산식을 활용하여 산출한 가·감속차로 길이와 졸음쉼터와 유사시설인 휴게소의 가·감속 설치기준을 우선적으로 분석하였다. 계산에 의해 산출된 졸음쉼터의 감속차로 및 가속차로 길이는 204m, 401m로 분석되었다. 한편, 졸음쉼터와 유사한 시설인 휴게소의 감속차로 및 가속차로 설치기준은 215m와 370m이다.

VISSIM 시뮬레이션을 활용하여 적정 가·감속차로 길이 산정을 위해 시나리오 분석을 실시하였다. 가·감속차로 길이 변화를 준 각각의 시나리오를 구축하고 시나리오 별 졸음쉼터 가·감속차로를 이용하는 차량의 속도 및 감속도, 가속도의 표준편차 값을 측정하였다.

시뮬레이션 분석 결과 진입부의 경우 215m 이후부터 감속도의 표준 편차 차이가 완만해지는 것으로 나타났다. 전체 분석 시나리오 중 감속차로 길이가 245m인 경우, 감속도의 표준편차가 가장 낮게 나타났다. 이에 따라 졸음쉼터의 적정 감속차로 길이는 245m인 것으로 분석되었다. 그러나 졸음쉼터는 휴게시설의 한 종류로써 휴게소와 유사한 진·출입 형태가 나타나는 시설이며, 휴게소의 감속차로 길이가 215m인 점과 감속도 (1.96%)를 고려하여 계산에 의해 산출한 감속차로 길이가 204m인 것을 고려하였을 때, 215m의 감속차로 길이만을 확보하여도 안전한 진입이 가능할 것으로 판단된다. 이에 따라, 졸음쉼터 감속차로 적정 길이는 시뮬레이션 결과에 따라 245m로 제시하며, 최소 215m까지 설치 할 수 있도록 제시하고자 한다. 진출부의 경우 370m일 때 가속도의 표준 편차가 가장 적은 것으로 나타났으며 휴게소의 기준 및 계산에 의해 산출한 가속차로 길이 등을 고려하였을 때, 적정 가속차로 길이는 370m인 것으로 분석되었다.

REFERENCES

- AASHTO(2001), *Guide for Development of Rest Areas on Major Arterials and Freeways*, Third Edition, p.27.
- AASHTO(2011), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 6th Edition, pp.10-87.
- Hong J. P.(2016), *Suggestion of Design Criteria and Calculation Specifications of the Rest Area for Drowsy Drivers on the Highways*, Ph.D. Dissertation, University of Chonnam.
- Japan Road Association(JARA)(2005), *Explanation and Operation of Road Structure Instruction*, Goomibook(Republic of Korea).
- Korea Expressway Corporation(KEC)(2013), *A Study on the Improvement of Highway Service Facilities*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport Chubu Regional Development Bureau(MLIT) (2003), *Road Design Guide*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT)(2013), *Road structures and facilities Commentary Guidelines*, p.636.
- Oh D. H.(2009), "Methodology for Evaluation Freeway Interchange Spacing for High Design Speed based on Traffic Safety : Focused on Analysis of Acceleration Noise using Microscopic Traffic Simulations," *Journal of Korea Society of Transportation*, vol. 2, no. 5, pp.145-153.
- Oh I. S.(2013), *A Study on the Effect of Installation of Rest Areas on the Shoulder of Expressways on Traffic Accidents*, Master's Thesis, University of Ajou.
- Oh S. J.(2015), *Improved Design Criteria of the Rest Area for Drowsy Drivers on the Highways*, Master's Thesis, University of Chonnam.
- PTV GROUP(2015), *PTV VISSIM 8 User manual*, p.260.