

# 고령운전자 특성 기반의 고속도로 주행 위험구간 도출 연구

## An Investigation of Risk Spots on Expressways based on Older Drivers' Perception and Behavior Analyses

전진우	JEON, Jinwoo	서울시립대학교 박사과정 (E-mail : jinu305@uos.ac.kr)
이동민	LEE, Dongmin	정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : dmlee@uos.ac.kr)
김영범	KIM, Youngbeom	정회원 · 서울연구원 교통시스템연구실 연구원 (E-mail : kybgood003@si.re.kr)
이기영	LEE, Ki-Young	정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail : kylee@ex.co.kr)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** This study was conducted to develop expressway safety treatments based on the analysis results of older driver behaviors through literature review, surveys, and driving simulator experiments.

**METHODS :** In this study, three analyses were conducted: surveys of 700 older drivers to find the risk segments they recognized, driving simulator experiments with older and younger drivers to investigate driver behaviors, and expert surveys to find the priority of expressway safety treatments for older drivers.

**RESULTS :** Through survey results it was found that merging areas and tunnels were identified as the most dangerous areas, and more dangerous older driver behaviors were observed on those expressway segments in the driving simulator experiments. In addition, the priorities of safety treatments for each segment of expressways were decided based on expert surveys.

**CONCLUSIONS :** It was concluded that choice and concentration strategies of expressway safety treatments for older drivers should be applied as perceptions regarding dangerous spots and older driver behaviors, including geometric designs, safety facilities, regulation, and institutes to improve expressway safety.

### Keywords

*Expressway, Older Driver, Driver Behavior, Safety, Risk Sopt*

Corresponding Author : LEE, Dongmin, Associate Professor  
Department of Transportation Engineering, University of Seoul,  
Seoulsiripdae-ro 163, Seoul, 02504, Korea  
Tel : +82.2.6490.2827 Fax : +82.2.6490.2819  
Email : dmlee@uos.ac.kr

International Journal of Highway Engineering

<http://www.ksre.or.kr/>

ISSN 1738-7159 (print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Apr. 30, 2018 Revised May. 04, 2018 Accepted Jul. 30, 2018

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 우리나라는 출산율 저하와 고령인구 비율의 급속한 증가라는 사회적 현상이 크게 부각되고 있는 실정이다. 이에 따라 2000년 이후 인구증가 현상이 둔화되기 시작하면서 2020년을 경계로 인구규모는 서서히 감

소할 것으로 예측되고 있다. 또한, 2000년에 65세 이상의 고령인구 비율이 7%를 초과하면서 고령화사회로 진입하였으며, 2021년에는 고령인구 비율이 20%를 넘어가는 초고령사회로 진입할 전망이다.

고령인구 증가와 고령자 신체능력 향상에 따라 고령인구의 운전면허 소지증가율 및 운전참여 비율도 급증

하였으나, 고령운전자를 고려한 도로설계는 반영되지 않고 있는 현실이다.

또한, 국내 고령 운전자 교통사고 발생률이 지속적으로 증가추세를 보이고 있어 이에 대한 교통안전대책이 시급한 상황이다.

2012~2016년간 국내 고령자 교통사고로 인한 사망자수는 국가적인 교통안전정책 시행으로 인해 점차 감소하고 있는 추세이다. 그러나 국내 전체 교통사고 발생건수는 연평균 4.9% 증가한데 반해, 고속도로의 경우 연평균 10.9% 증가하고 있는 추세에 있다.

Table 1. Accidents of Older Drivers on Roads & Expressways Accidents (2012~2016)

Classification		2012	2013	2014	2015	2016	Ave. annual increasing rate
All roads	All Crashes	28,185	30,283	33,170	36,053	35,761	4.9%
	Fatality	1,864	1,833	1,815	1,814	1,732	-1.5%
Express way	All Crashes	285	288	353	420	478	10.9%
	Fatality	44	32	34	23	40	-1.9%

Source: Korea Road Traffic Authority, TAAS

고속도로는 일반 도로와 달리 차량의 통행속도가 빠르고, 단거리 통행보다 장거리 통행이 많은 특징이 있다. 또한, 진출입이 제한되어 본선을 이용하는 차량들의 교통류는 일정하나 IC구간에서는 차량의 진출입으로 인한 교통류 변화가 발생한다. 이로 인해 고속도로에서 혼잡이 발생하게 되면 정체로 인해 잦은 운전조작이 필요하게 되어 운전자들의 사고위험과 피곤함을 높일 수 있다. 특히, 고령운전자는 인지반응시간 증대, 시야감소, 시력감소, 주의력감소, 판단력저하 등 신체적 능력 감퇴로 인해 사고의 위험성이 젊은 운전자에 비해 높다.

이에 따라 고령자의 고속도로 통행특성 및 주행여건을 검토하여 고령사회에 대비한 고속도로 안전대책 수립이 시급한 시점이다. 본 연구는 고령자가 느끼는 고속도로 주行的 문제점 및 위험성을 설문조사하고, 모의주행실험을 통해 고령 운전자의 고속도로 주행특성을 도출하여 고령운전자를 고려한 고속도로 안전대책 수립의 기초자료를 마련하는 것을 목적으로 한다. 고령운전자를 고려한 고속도로 안전대책은 일부 존재하지만, 모든 도로설계·안전시설 관련 대책을 시행하기에는 비용 등 현실적인 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구와 달리 고령자 설문조사와 모의주행실험을 통해 고령운전자의 요구사항 및 주행특성을 분석하고, 고속

도로 고령운전자 개선대책별 투자우선순위를 수립함으로써 '선택과 집중'이 가능하도록 제안하고 한다.

## 1.2. 연구의 범위

### 1.2.1. 내용적 범위

본 연구는 고속도로를 이용하는 65세 이상의 전국 고령운전자 700명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사 결과를 바탕으로 실제 고령운전자들의 고속도로 세부구간별 주행위험요소를 파악하고, 고령자를 고려한 고속도로 개선대책 우선순위 도출의 기초자료로 활용하였다.

또한, 모의주행실험을 통해 고령 운전자(30명)와 젊은 운전자(30명)를 비교하여 고속도로 세부구간별 고령 운전자의 운전행태 특성을 분석하고, 고속도로 고령자 안전성 제고를 위한 개선대책 수립의 기초자료로 활용하였다.

기존문헌고찰, 설문조사 및 모의주행실험 결과를 통해 도출한 고속도로 세부구간별 개선대책의 우선순위를 산정하기 위하여 다기준 분석기법의 하나인 전문가 설문조사(11명)를 통한 AHP 분석을 수행하였다.

### 1.2.2. 공간적 범위

국내 전국 고속도로를 대상으로 하였으며, 수도권본부, 강원본부, 대전충청본부, 전북본부, 광주전남본부, 대구경북본부, 부산경남본부 인근에 거주하고 있는 고령운전자를 대상으로 설문조사를 시행하였다.

## 1.3. 연구수행절차

국내외 고령운전자를 대상으로 한 설문조사 연구와 고속도로 고령운전자 개선대책을 중심으로 기존 문헌을 고찰하고, 설문조사와 모의주행실험 계획을 수립하여 시행하였다.

고령운전자들의 고속도로 주행특성을 분석하기 위해 지역별 고령운전자를 대상으로 설문조사를 수행하였고, 고령자와 젊은 운전자를 대상으로 모의주행실험을 시행하였다. 기존문헌, 설문조사 및 모의주행실험 결과를 활용하여 개선대책을 도출하였고, 전문가 설문조사를 시행하여 AHP 분석을 통해 개선대책별 가중치를 도출하여 투자우선순위를 제안하였다. 본 연구는 한국도로공사와 공동 수행된 '고령자를 고려한 고속도로 서비스 개선방안 연구'의 결과자료를 재분석하여 수행하였다.

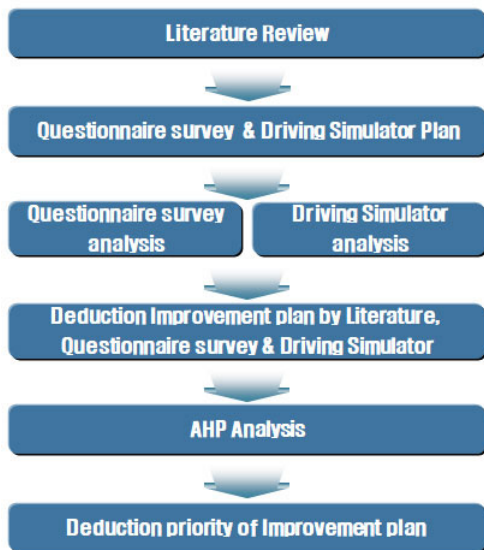


Fig. 1 Process of Research

## 2. 기존연구고찰

### 2.1. 고령자를 고려한 고속도로 개선 관련 연구

#### 2.1.1 고속도로 기하구조

FHWA(1998)와 Knoblauch et al.(1977)은 차선 유지 및 핸들조작에서 젊은 운전자보다 운동능력이 부족함에 따라 주행 시 차량들 간의 사고를 예방하기 위하여 차로 폭을 여유있게 늘리고, 차량의 노측 시설물 충격 사고를 방지하기 위하여 길어깨 폭의 확장이 고려된다고 제시하였다.

고속도로의 사고율은 일반적으로 도심의 교차로사고율에 비해 현저히 낮으나, 심각도는 매우 높고, 고속도로 출입 사고율은 고속도로 본선구간에 비해 4배 이상 높다(Lunenfeld, 1993). 또한, 연령대별로 운전자들을 구분하여 사고발생형태 및 통행위반형태를 분석한 결과 고령운전자의 사고가 크며, 고속도로 유출입램프에서 합류 또는 분류되는 과정에서 발생하였다(Stapline, 1997).

국내·외 고령자 특성 분석 연구들에서 제시하는 도로 기하구조 개선방향은 Table 2에서 설명하는 바와 같다.

고령자들은 합·분류부의 가감속차로 길이의 증가를 바라고 있으며, 이 뿐만 아니라 정보의 습득을 원활하게 해주는 도로시설의 개선을 필요해 하고 있다. 사고와 직결되는 요소인 정지시거를 산출하는 과정에서 운전자의 인지반응 시간이 중요한 변수로 적용되고 있으나, 다수의 연구에서 고령자의 경우 상대적으로 높은 인지반응 시간의 적용이 필요할 것으로 보고 있다.

다만, 다수의 연구에서 제시하는 개선방향은 곡선부 도로의 차로폭 확장과 같은 횡단구성요소에만 치우쳐져 있는 한계가 있다. 곡선부 도로의 경우 정지시거의 제약(장애물위치, 중앙분리대 등)이 크므로 향후 고령자를 위한 곡선부 설계요소에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 2. Previous Studies Regarding Improvement Geometric Designs for Older Drivers

Characteristics of older drivers	Authors	Improvement of geometric designs
Perception-response time	Park J.G. (2008)	Expansion of sight distance
Poor judgment	FHWA (1997)	Improvement of information necessary to lane change or passing
	Kim et al. (2009)	Expansion of acceleration/ deceleration lanes
	Jung et al. (2011)	Improvement of merging areas
	Ji W.S. (2003)	Improvement of diverging Areas
Poor driving performance	FHWA (1997)	Expansion of lane & roadway shoulder width in horizontal curves
	Solomon, D. (1985)	Expansion of roadway shoulder width
	Park J.G. (2008)	Expansion of min. radius of curve in horizontal curves

#### 2.1.2. 고속도로 교통안전시설 개선 연구

고령자를 고려한 교통시설에 대한 연구검토 결과 대부분의 연구에서 고령자의 시력 및 시야감소에 대한 문제점을 바탕으로 개선방향을 수립하고 있다. 특히, 시력의 감소로 인해 교통시설이 제공하는 정보를 습득하기 어려워하며, 이로 인한 판단착오 등에 대한 문제를 해결하기 위해 교통시설의 명확성에 대한 개선이 주를 이루고 있다.

주행 중 경로를 결정하게 해주는 노면표시 및 표지의 가독성에 대한 개선뿐만 아니라 다양한 교통시설의 크기 증가를 통한 시인성의 확대가 필요하며, 조명시설의 설치 또는 밝기 등에 대한 개선이 요구되는 것으로 나타났다.

국내·외 고령자특성 분석 연구의 교통안전시설 개선 방안은 다음 Table 3과 같다.

Table 3. Previous Studies Regarding Traffic Safety Countermeasures for Older Drivers

Characteristics of older drivers	Authors	Improvement of traffic safety facilities
Visibility deficiency	Kim et al. (2009)	Improving road markings of acceleration/deceleration lanes
Poor driving performance	AAA Foundation (2006)	• Improvement of lighting • Improvement of road markings & VMSs
	FHWA (1997)	• Improvement of lighting arrangement & intensity • Setting location, size, contents, etc of signs to Improve driving performance
	TRB (1988)	Setting reasonable brightness of signs
	TRB (2004)	Expansion of symbols
	Kim et al. (2009)	Expansion of size & height (signs)
	Park J.G (2008)	Expansion of lighting length
	Jo et al. (2009)	• Improvement of safety facilities at ramp gores • Improvement of road markings • Improvement of merging areas & diverging Areas
	Jung et al. (2011)	Setting reasonable brightness of road markings & signs
	Ji W.S. (2003)	• Improvement of night lighting • Improvement of lighting at tunnel exit/entrances • Expansion of size of signs

## 2.2. 고령운전자 설문조사 관련 연구

한국도로공사(2008)는 고령운전자를 고려한 고속도로의 안전성 향상을 위하여 고령운전자의 운전행태를 파악하고, 고속도로 주행 시 안전성 검토 및 개선 요구사항을 살펴보기 위해 61세 이상의 고령자 중 운전면허 소지자 77명을 대상으로 인터넷을 통해 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 조사 대상자의 인적 자료, 고령운전자의 고속도로 운전행태에 대한 자료, 고령운전자를 고려한 고속도로 설계기준 개선에 대한 항목으로 구분하여 수행하였다. 고령운전자를 고려한 고속도로 설계기준 개선에 대한 사항을 파악하기 위하여 고속도로 설계기준 개선 필요여부를 조사하고, 고속도로 주행 시 가장 위험하다고 생각되는 구간을 설문조사하였고, 이를 통해 고령운전자의 개선요구사항 및 운전행태를 통한 단기, 중기, 장기 개선방안을 마련하였다.

한국건설기술연구원(2009)은 고령운전자의 안전을

고려한 도로설계기준 마련을 위한 기초자료로 활용하기 위해 연령대별 운전자 및 주행특성, 도로시설물 이용 시 불편한 사항들과 개선이 필요한 사항들, 교통안전제도 개선 필요사항 등에 대한 설문조사를 실시하였다. 연령대별 모집단의 특성 파악 및 비교를 위해 연령대별로 설문조사를 실시하였다.

교통문화운동본부(2010)는 수도권지역에 있는 65세 이상의 고령운전자 800명을 대상으로 설문조사를 실시하였고, 주요 결과는 다음과 같다.

- 야간주행, 악천후시 대처 및 판단능력 부족
- 돌발상황 발생시 신체적 반응 및 동작 능력이 부족
- 가장 운전하기 어려운 곳은 '차선변경' 과 '교차로 통과' 로 응답
- 고령운전자 약 79.0%가 주변 운전자로부터 위협적인 반응을 경험

American Automobile Association(2011)은 대다수의 고령운전자들(80%)이 특정한 종류의 도로 상황을 스스로 피해가는 것으로 조사하였다. 고령운전자가 피해가는 주된 도로상황은 악화된 기상상황(61%), 야간(50%), 교통 혼잡(42%), 친숙하지 않은 도로(37%)로 응답하였다. 여성 고령운전자가 남성 고령운전자보다 특정한 도로상황에 더 주의하는 것으로 보였다. 특히 높은 속도로 주행하는 경우, 남성 고령운전자에 비해 여성 고령운전자들은 약 2배 이상 더 기피하는 것으로 조사되었다.

Centers for Disease Control and Prevention (2008)은 남성 57%, 여성 81%의 고령운전자가 특정한 도로 상황을 피하는 것으로 조사하였다. 남성 고령운전자의 1/3과 여성고령운전자의 2/3가 야간 운전과 악화된 기상 상황을 피하는 것으로 조사되었으며, 전체 응답자의 40%는 시각 기능과 관련하여 운전에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다.

Sharon Berlin(2007~2010)은 "Carfit"라는, 미국의 고령운전자의 안전을 향상시키는 프로그램에 참여한 총 7,972명의 고령운전자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 운전자들이 안전운전을 위해서 지켜야 할 12가지 사항에 대해 고령운전자를 대상으로 설문조사하였다. 12가지 사항은 안전벨트착용, 운전대 위치 조정, 머리지지대 조정, 운전자와 운전대 사이의 거리 조정, 운전대 위의 시야확보, 페달 위치 조정, 거울 위치 조정과 시야확보 등이다.

FHWA(1998)에서 수행한 설문조사에서는 고령운전자들이 고속도로에서 겪는 문제 진단과 고령운전자가 고속도로에서 더 편리하게 운전할 수 있는 대안을 고찰하였다. 설문조사 결과, 날씨, 시간, 주행기록계 수치, 출발지점에서 도착지점까지의 노선 등에서 고령운전자들은 교통혼잡 상황과 교통사고 위험성이 높은 상황을 피해가는 것으로 조사되었다. 또한, 고령자는 통행 노선을 결정할 때 짧고 빠른 노선 혹은 운전하기 익숙한 노선을 선택하는 경향이 있으며, 고속도로 노선을 피해가기보다 지방도와 교통혼잡을 피해가는 통행 노선을 선택하는 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 이러한 고령운전자 관련 설문조사를 수행한 기존 연구결과를 기반으로 고령운전자들이 위험하게 인지하는 우리나라 고속도로 구간과 관련 경험 등을 구체적으로 조사하기 위한 설문조사를 수행하였다.

### 2.3. 모의주행실험 관련 연구

교통과학연구원(2005)은 고령자(65세)/비고령자(30세 이상) 총 24인을 대상으로 시내도로, 고속도로(터널 포함) 속도 70~80km/h로 18km 거리를 주행하도록 설계하여 실험하였다. 사고상황은 주행 중 대형 화물차 2대가 앞으로 끼어드는 상황, 보행자 출현, 교차로에서 선행차량 급정거, 추월시 반대편 차량 발견, 역주행 차량 발견, 선행차량의 반복적 제동 상황을 구현하였다. 분석 결과, 고령운전자는 기본적으로 젊은 운전자에 비해 주행속도가 22.4km/h로 느리며, 페달 조작, 핸들조작 등의 횟수가 많이 나타난 것으로 나타났다.

이원영(2006)은 고령운전자의 일부 인지적 특성이 운전특성과 어떤 관련성을 가지고 있는지 파악하기 위해 연구를 수행하였다. 고령자들이 일반적으로 청장년자에 비해 중추신경계 각성수준의 저하가 있고, 전 구간에 걸쳐 평균주행속도는 고령자가 39.4km/h로, 젊은 운전자에 비해 22.4km/h 낮은 속도로 주행하는 것으로 나타났다.

한국표준과학연구원(2012)은 고령자(평균 65.6세) 19인과 비고령자(평균 26.3세) 19인을 대상으로 가상도로 환경고속도로 70km/h, 90km/h에서 주행하도록 설계하여 실험하였다. 선행차량 급정거 시의 생체신호 및 운전반응 측정, 운전패턴 특성을 파악하였는데, 고령자는 젊은 운전자에 비해 다음과 같은 특성이 있는 것으로 나타났다.

- 긴급 상황시 긴장감이 더 오래 지속
- 고령층 사고비율이 70km/h에서 비고령자에 비해

47.3% 높음

- 고령자의 인지반응시간이 젊은 운전자에 비하여 70km/h에서 0.3초 더 높음

JSR Leversen(2012)은 시뮬레이터를 통해 젊은 운전자와 고령운전자가 각각 3가지 상황을 주행하게 하였다. 첫 번째는 낮은 시각능력과 기본반응시간을 요구하는 상황이고, 두 번째는 선택 반응이 필요한 상황이고 세 번째는 시각능력이 많이 요구되는 상황이었다. 두 번째 상황에서 고령운전자가 젊은 운전자보다 27% 느린 반응을 보이는 것으로 나타났고, 세 번째 상황에서는 고령운전자의 반응시간이 젊은 운전자보다 46% 느린 것으로 나타났다.

위와 같은 기존 연구들에서는 주로 고령운전자들의 일반적인 운전능력저하 및 운전행태를 실험·분석한 반면, 본 연구에서는 설문조사 결과 도출된 실제 고령운전자들이 주행 간 위험을 경험한 특정 고속도로 구간에 대한 구체적인 실험을 수행하였다.

## 3. 조사 및 실험 계획 수립

### 3.1. 고령자 대상 설문조사

고령자를 대상으로 한 설문조사는 총 6문항 41항목으로 고령운전자의 일반사항, 고령운전자의 고속도로 이용 시 문제점 파악, 개선대안 선호도 등을 도출하기 위한 설문지를 구성하였다.

세부적으로는 일반문항(7항목), 운전 및 고속도로 이용 관련 문항(6항목), 자가진단 설문 문항(4항목), 고속도로 세부구간별 위험도 및 위험요인 설문 문항(9항목), 고속도로 시설물에 관한 문제점 및 문항(14항목), 위험도 평가 척도 관련문항(1항목)으로 구성하였다.

#### ○ 고속도로 세부구간별 위험도 및 위험요인 설문 문항

- 고속도로 요금소에서의 위험성 설문
  - 요금소의 위험요인 설문 (하이패스, 차로변경, 차로감소 등)
- 고속도로 곡선부 구간에서의 위험성 설문
  - 곡선부 구간에서의 위험요인 설문 (곡선반경, 차로이탈 등)
- 고속도로 IC 진출부 구간에서의 위험성 설문
  - IC 진출부 구간에서의 위험요인 설문 (안내시설, 차로변경 등)
- 고속도로 IC 진입부 구간에서의 위험성 설문
  - IC 진입부 구간에서의 위험요인 설문 (가속차로,

합류 어려움 등)

- 고속도로 램프부에서의 위험성 설문
  - 램프부에서의 위험요인 설문 (곡선반경, 차로폭, 속도 등)
- 고속도로 터널구간에서의 위험성 설문
  - 터널구간의 위험요인 추가 설문 (명순응, 암순응, 시각능력 등)
- 고속도로 휴게소 내에서의 위험성 설문
  - 휴게소 내에서의 위험요인 설문 (보차분리, 속도 등)
- 요금소, IC 진출입부, 램프부, 터널구간, 휴게소 중 가장 위험하다고 생각하는 구간 설문
  - 가장 위험하다고 생각하는 이유 설문

○ 공사구간 관련

- 고속도로 공사구간에 대한 불안함 정도에 관한 설문
- 고속도로 공사구간에서의 불안요소에 미치는 요인 설문
  - 좁은 차로폭, 갑작스런 차로 변경 등

3.2. 모의주행실험

모의주행실험은 젊은 운전자 그룹과 고령운전자 그룹으로 구분하여 피실험자를 모집하였다. 피실험자는 운전면허를 소지한 젊은 운전자(20세 이상)와 고령운전자(65세 이상)이며, 고속도로를 평소 주행한 경험이 있는 자를 대상으로 하였다. 모의주행실험의 특성 상 실제 도로와 주행환경이 다르기 때문에 고령운전자의 운전특성을 평가할 수 있는 기준이 불명확하다. 따라서 젊은 운전자 그룹을 대상으로 고령운전자 그룹과 같은 조건에서 실험하고 비교분석하여 고령운전자의 신체 및 운전 특성을 도출하고자 하였다.

모의주행실험에서 각 연령대별 특성을 조사하기 위하여 피실험자의 연령대를 적절하게 배분하여 표본을 구성하였고, 표본 연령대 현황은 다음 Table 4와 같다.

Table 4. Samples of Driving Simulator Experiments

Age	Young drivers			Older drivers		Sum
	20's	30's	40's	65~70	70's~	
# of Participants	16	11	3	12	18	60

모의주행실험 도로는 최근에 설계된 함양-울산 고속도로(22~30공구)의 서울주JCT~울주JCT 구간(17.0km)을 UC-win Road로 구축하여 실험하였다. 고령자의 신체적 특성을 고려하여 4~5분 주행하는 시나리오를 2개로 구분하여 주행하도록 구성하였다.

첫 번째 시나리오는 고속도로 구간 중 곡선구간, 램프구간, IC 진입부(합류부) 구간, 본선구간을 주행하도록 구성하였으며, 두 번째 시나리오는 요금소 진입 전과 진출 후, IC 진출부(분류부) 구간을 주행하도록 실험을 구성하였다. 함양-울산 고속도로의 서울주JCT~울주JCT 구간에 터널, 휴게소는 존재하지 않아 구현하지 못하였고, 공사구간은 실험 여건 상 시나리오에서 제외하였다.

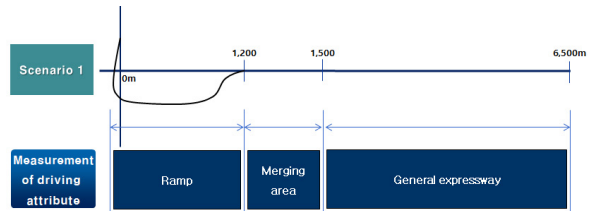


Fig. 2 The Scenario 1 of the Driving Simulator Experiment

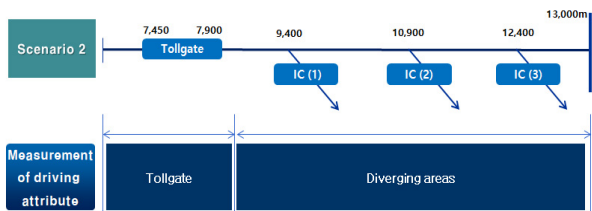


Fig. 3 The Scenario 2 of the Driving Simulator Experiment

모의주행실험 시나리오 1, 2를 통해 세부 구간별(본선구간, IC구간, 램프구간, 요금소구간 등)에서의 피실험자의 주행능력(속도), 조향능력(Steering), 차로유지능력 등 주행행태 특성을 분석하였다. 연령별 운전행태를 통해 젊은 운전자와 고령운전자의 고속도로 주행 시 운전행태를 비교분석하여, 이를 고령자를 고려한 고속도로 개선대책(도로설계, 사고위험구간관리, 법제도)을 도출하기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

3.3. 전문가 대상 설문조사

고속도로 세부구간별 고령자 개선대책의 우선순위를 산정하기 위하여 다기준 분석기법의 하나인 전문가 설문조사를 통한 AHP 분석을 수행하였다.

전문가 설문조사를 통해 우선순위를 산정하기 위한 항목은 1) 사업추진 용이성, 2) 고령운전자 대상 설문조사에서 도출된 세부구간별 위험요인, 3) 전문가 의견으로 설정하였다. 사업추진 용이성 항목은 개선대책의 추진시기(단/중장기)와 설치 및 운영비용을 평가지표로 설정하였다.

설문조사는 교통 및 도로공학을 전공으로 한 박사학위 이상 소지자 11명을 대상을 조사하였다. 평가항목은



로 도출된 사업추진 용이성, 고령운전자 대상 설문조사, 전문가 의견 세 항목을 통해 개선대책 우선순위 도출에 미치는 가중치를 산정하기 위하여 항목간 쌍대비교를 수행하였다.

고속도로 세부구간별로 개선대책의 중요도가 다르기 때문에 전문가 AHP 분석을 통해 세부구간별로 개선대책간 중요도를 조사하였다. 고속도로 세부구간은 요금소, 곡선부, IC 진출입부, 터널, 연결로, 휴게소, 공사구간으로 구분하여 조사하였다. 세부 개선대책의 상위위계로 도로교통안내시설, 도로안전시설, 도로설계, 법제도(교육) 4개 상위위계를 설정하였다. AHP의 계층 구조는 Fig. 4와 같다. 우선순위를 결정하는 방법은 절대평가법을 적용하여 고령자를 고려한 고속도로 교통안전 개선대책의 우선순위를 결정하였다.

사업추진 용이성의 하위계층인 추진시기(단/중장기)와 설치 및 운영 비용을 전문가 자문회의를 통해 3단계로 구분하고, 부정적 요인에 1점, 긍정적 요인에 5점, 중도일 경우 3점을 부여하였다. 개선대책의 추진시기와 비용의 평점을 부여한 후, 각 항목의 평점을 평균하여 사업추진 용이성의 점수를 산정하였다. 설문조사 평점은 고령운전자 대상 설문조사에서 도출된 각 구간별 위험요인의 응답비율에 따라 1~5점을 부여하였다. 설문조사 결과 위험요인별 응답률이 0~8%는 1점, 9~16%는 2점, 17~24%는 3점, 25~32%는 4점, 32% 이상은 5점을 부여하였다.

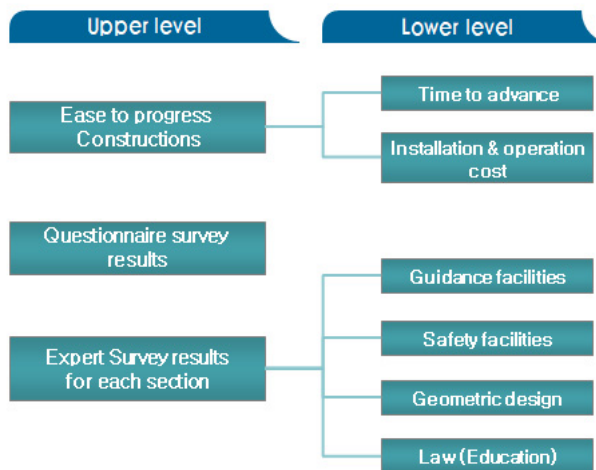


Fig. 4 The Hierarchy of AHP

## 4. 분석결과

### 4.1. 고령자 대상 설문조사

고속도로 각 구간 중 피설문자가 생각하는 가장 위험

한 구간이 어느 구간인지 조사한 결과, IC 진입부가 31%로 가장 위험하다고 응답하였으며, 터널구간 20%, IC 진출부 18% 순으로 위험하다고 응답하였다.

Table 5. Results of Surveys to Danger Sections among Expressways

Classification	Toll gate	Merging	Deverging	Ramp	Tunnel	Rest area	Sum
Responses (persons)	56	220	127	119	141	37	700
Percentage (%)	8	31	18	17	20	5	100

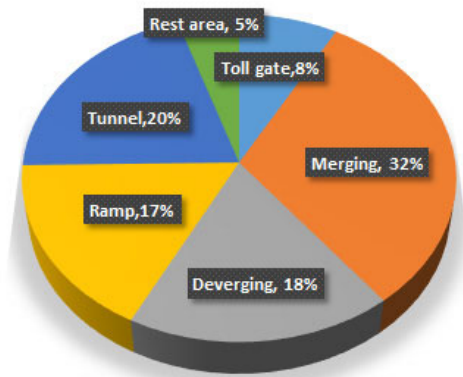


Fig. 5 Results of Surveys to Danger Sections among Expressways

고속도로 세부구간별 위험요인에 대한 설문 결과는 다음과 같다.

요금소 위험요인 조사 결과, 잦은 차로 변경에 따른 어려움 29%, 갑작스러운 차로수 감소에 따른 어려움 27%, 좁은 차로폭으로 인한 어려움 26% 순으로 위험하다고 조사되었다. 요금소 진입 전 차로변경과 요금소 진입 시 차로폭에 대한 개선대책 검토가 필요할 것으로 사료된다.

IC 진출부(분류부) 구간 위험요인 조사 결과, 차로변경 어려움 33%, 짧은 감속차로로 인한 어려움 30%, 이해하기 어려운 안내시설 28% 순으로 위험하다고 조사되었다. IC 진출부 상류부 구간에 정보제공시설과 차로변경, 감속차로 길이에 대한 개선대책 검토가 필요할 것으로 판단된다.

IC 진입부(합류부) 구간 위험요인 조사 결과, 짧은 가속차로로 인한 어려움 33%, 차로변경 어려움 31%, 본선과 진입부의 속도차이로 인한 어려움 26% 순으로 위험하다고 조사되었다. IC 진입부 구간에 가속차로 길이 및 차로변경에 대한 개선대책 검토가 필요할 것으로 판단된다.

연결로 구간 위험요인 조사 결과, 기상악화 시 주행 어려움 29%, 급한 커브로 인한 운전 어려움 25%, 연결로 구간 정보제공 및 시선유도시설 부족으로 인한 어려움 23% 순으로 위험하다고 조사되었다. 조사 결과 고령 운전자는 고속도로 연결로의 기하구조 및 안전시설물에 대한 위험도보다 기상악화 시 주행 어려움이 가장 위험하다고 응답한 것이 특징이다. 따라서, 고속도로 연결로 구간에서는 기하구조 및 안전시설물 뿐만 아니라, 기상악화 시 안전성을 제고시킬 수 있는 방안 모색이 필요한 것으로 판단된다.

터널구간 위험요인 조사 결과, 어두운 실내조명으로 인한 어려움 29%, 터널 진입 시 압순응으로 인한 어려움 24%, 터널 진출 시 명순응으로 인한 어려움 25% 순으로 위험하다고 조사되었다. 조사 결과 고령운전자는 터널 구간 진출입시 발생하는 명순응, 암순응보다 터널 구간 내의 실내조명으로 인한 위험도가 가장 높다고 응답한 것이 특징이다.

휴게소 위험요인 조사 결과, 분리되지 않은 보차시설 26%, 주차차량으로 인한 시야 제한, 무분별한 보행자 통행에 따른 사고위험 22% 순으로 위험하다고 나타났다.

**○ 요금소**

- 잦은 차로 변경에 따른 어려움 29%
- 갑작스러운 차로수 감소에 따른 어려움 27%
- 좁은 차로폭으로 인한 운전 어려움 26%
- 요금소 진입을 위한 감속에 따른 어려움 13%
- 고속도로 본선 진입 시 속도 증가에 따른 어려움 5%

**○ IC 진출부 (분류부)**

- 차로변경의 어려움 33%
- 짧은 감속차로로 인한 운전어려움 30%
- 이해하기 어려운 안내시설 28%
- 안전시설물로 인한 위험성 10%

**○ IC 진입부 (합류부)**

- 짧은 가속차로로 인한 운전어려움 33%
- 차로변경의 어려움 31%
- 본선속도와 IC진입부 속도 차이로 인한 운전 어려움 26%
- IC진입부 도로구조로 인한 운전의 위험성 10%

**○ 연결로**

- 기상악화 시 주行的 어려움 29%
- 급한 커브로 인한 운전의 어려움 25%
- 연결로 정보 제공 및 시선유도시설 부족으로 인한 어려움 25%

- 본선과 속도차가 큰 램프부 제한속도로 인한 주행 어려움 14%
- 램프주행 시 경로 선택의 어려움 9%

**○ 터널구간**

- 어두운 실내조명으로 인한 운전곤란 및 사고위험 28%
- 터널 진출시 일시적인 눈부심으로 인한 운전곤란 25%
- 터널 진입 시 일시적인 어두움에 의한 운전곤란 24%
- 다른 차량의 차로변경에 따른 사고위험 18%
- 구간 내 폐쇄감에 따른 심적 부담감 5%

**○ 휴게소**

- 분리되지 않은 보행로와 차로로 인한 사고위험성 26%
- 주차된 차량에 의해 시야제한으로 인한 사고위험성 22%
- 무분별한 보행자 통행에 따른 사고위험 22%
- 속도 높은 차량들로 인한 사고위험성 20%
- 감속차로 길이 부족으로 인한 속도 감속의 어려움 9%
- 부족한 휴게소 안내시설로 휴게소 내 진입의 어려움 2%

**4.2. 모의주행실험**

고령자 설문조사와 함께 고령자 및 젊은 운전자를 대상으로 한 모의주행실험을 수행함으로써 실제 고속도로에서 고령자의 주행특성을 파악하고자 하였다. 고속도로 구간별로 고령자의 주행특성 중 위험요소를 도출하고, 이를 통해 고려한 고속도로 개선대책을 마련하는데 기초자료로 활용하고자 하였다.

가상현실에서의 실험이므로 단순히 해당 구간의 분석 지표만으로는 고령자의 위험한 주행특성을 도출하기 어렵다. 따라서 모의주행실험 네트워크 중 임의의 고속도로 일반구간(직선부 구간 200m)을 선정하고, 일반구간에서의 연령별 분석지표와 요금소, 곡선부, IC진입부(합류부) 구간의 분석지표를 비교하여 고령자의 구간별 주행특성을 도출하였다.

IC 진출부(분류부) 구간은 피실험자가 주어진 경로로 주행할 수 있는가를 평가하기 위해 3개의 진출구 중 선택하여 진출하도록 설계되어 있다. 다른 기하구조를 가지는 3개의 IC 진출부 구간을 같은 기준으로 분석하는 것은 적절치 않기 때문에 IC 진출부(분류부) 구간의 주행특성은 분석에서 제외하였다.

모의주행실험 결과는 속도, 핸들 조작/속도, 엑셀·브레이크 밟는 세기, 차로 중심과의 거리 분석 지표 중 고령운전자와 젊은 운전자간 차이가 유의미하고, 고령자를 고려한 고속도로 개선대책 수립에 활용 가능한 분석



지표만을 선별하여 분석하였다.

분석결과 Table 6에서 보는 바와 같이, 고속도로 일반구간(직선부 구간)의 고령 운전자 젊은 운전자 분석 결과, 속도는 젊은 운전자가 고령자보다 높은 것으로 나타났으며, 핸들조작 정도와 엑셀 및 브레이크를 밟는 세기는 젊은 운전자가 고령 운전자보다 세게 밟는 것으로 나타났다. 또한, 젊은 운전자가 고령 운전자에 비해 차로변경이 많아 차로중심과의 거리는 젊은 운전자가 더 큰 것으로 분석되었다.

Table 6. Average of Driving Attributes for Each Section

Classification	Speed (km/h)		Operation of handle		Velocity of handle	
	Old	Young	Old	Young	Old	Young
General	54.56	84.91	0.001	-0.003	0.001	0.001
Tollgate	56.06	65.10	0.007	0.004	0.006	0.006
Curve	76.12	86.57	0.023	0.031	0.021	0.020
Merging areas	54.21	68.59	0.012	0.008	0.014	0.010
Classification	Intension of axle		Braking intension		Distance between vehicle & lane median	
	Old	Young	Old	Young	Old	Young
General	0.392	0.5121	0.062	0.0081	0.045	0.2358
Tollgate	0.340	0.304	0.061	0.049	0.654	0.492
Curve	0.304	0.324	0.025	0.009	0.658	0.590
Merging areas	0.310	0.281	0.070	0.052	0.926	0.16

요금소 구간에서 고령 운전자는 핸들조작이 평균 0.007로 젊은 운전자의 0.004보다 크게 나타나 요금소 진입 전 구간에서 핸들조작이 고령운전자가 젊은 운전자보다 더 많은 것으로 분석되었다. 또한, 고속도로 일반구간(고령 운전자 0.001)에 비해 많은 핸들조작을 하는 것으로 나타났다. 이는 요금소 진입 전·후 구간에서 차로 변경 등을 위해 고령운전자가 젊은 운전자에 많은 핸들조작이 필요한 것으로 판단된다.

또한, 고령운전자의 평균 엑셀 밟는 세기는 0.340, 젊은 운전자는 0.304로 고령 운전자가 약 12% 엑셀을 더욱 세게 밟는 것으로 분석되었다. 고령운전자의 평균 브레이크 밟는 세기는 0.061, 젊은 운전자는 0.049로 고령 운전자가 약 24% 브레이크를 더욱 세게 밟는 것으로 나타났다. 이는 고령운전자가 젊은 운전자에 비해 요금소 구간에서 감가속도가 더 높으며, 이로 인해 고령운전자의 추돌사고 위험성이 더 높아질 수 있음을 의미한다.

곡선부 구간에서 고령운전자의 평균 브레이크 밟는 세기는 0.025, 젊은 운전자는 0.009로 고령 운전자가 약 2.8배 브레이크를 더욱 세게 밟는 것으로 나타났다.

이는 곡선부 구간에서 고령운전자가 젊은 운전자에 비해 감속을 많이 함을 의미하고, 이로 인해 사고의 위험성이 더 높아질 것으로 사료된다.

또한, 고령 운전자가 차로 중심에서 평균적으로 이탈한 거리는 0.658m이고, 젊은 운전자는 0.590m로 고령 운전자가 약 0.07m 차로 중심에서 이탈하는 것으로 분석되었다. 이는 고령운전자가 젊은 운전자에 비해 곡선부 차로 중심에서 더욱 많이 벗어나 주행하는 것을 의미한다.

IC 진입부(합류부) 구간에서 고령운전자는 핸들조작이 평균 0.012로 젊은 운전자의 0.008보다 약 50% 크게 나타나 합류부 구간에서 고령운전자가 젊은 운전자보다 핸들조작이 더 많은 것으로 분석되었다. 또한, 고속도로 일반구간(고령 운전자 0.001)에 비해 많은 핸들조작을 하는 것으로 나타났다. 고령운전자의 평균 엑셀 밟는 세기는 0.310, 젊은 운전자는 0.281로 고령 운전자가 약 10% 엑셀을 더욱 세게 밟는 것으로 분석되었으며, 고령운전자의 평균 브레이크 밟는 세기는 0.070, 젊은 운전자는 0.052로 고령 운전자가 약 35% 브레이크를 더욱 세게 밟는 것으로 분석되었다. 또한, 고속도로 일반구간에서의 브레이크 밟는 세기(고령운전자 0.062)보다 세게 밟는 것으로 나타났다. 이는 고령운전자는 젊은 운전자에 비해 주변차량의 차로변경이 많은 합류부 구간에서 핸들조작이 잦고, 반복된 감가속도로 인해 젊은 운전자에 비해 사고가 발생할 확률이 높을 것으로 사료된다.

한편, IC 진입부(합류부)에서 합류하는데 소요되는 시간을 비교한 결과, 고령운전자는 평균 10초, 젊은 운전자는 평균 5초가 소요된 것으로 나타났으며, 합류소요거리 또한 고령운전자는 평균 106m인 반면, 젊은 운전자는 평균 68m의 거리가 필요한 것으로 분석되었다. 이는 고령운전자가 젊은 운전자에 비해 더욱 긴 가속차로를 필요로 함을 의미한다.

IC 진출부(분류부)에서의 분류 소요시간 및 거리 분석 결과, 본선에서 감속차로로 분류 시 소요되는 평균거리는 고령운전자(98.0m)가 젊은 운전자(59.7m)에 비해 약 1.6배 더 길고, 소요되는 평균시간은 고령운전자(7.2초)가 젊은 운전자(2.8초)에 비해 약 2.6배 긴 것으로 분석되었다. 이는 합류부 구간과 같이 고령운전자가 젊은 운전자에 비해 긴 감속차로를 필요로 함을 의미한다.

모의주행실험을 통해 고속도로 세부구간별 주행특성 분석 결과, IC 진입부(합류부) 구간이 타 구간에 비해 고령 운전자의 핸들조작, 엑셀 및 브레이크 등 운전조

작이 많아짐을 알 수 있다. 설문조사에서도 고령 운전자가 고속도로 구간 중 합류부 구간이 가장 위험(31%)하다고 응답하였다. 따라서 고령 운전자의 안전성을 제고시키기 위한 개선대책 수립 시, 합류부 구간의 도로안내 시설, 기하구조 등에 대하여 보다 적극적으로 고려할 필요가 있다고 판단된다.

### 4.3. 고령자를 고려한 개선대책 도출

본 연구에서 고속도로 세부구간별 고령자를 고려한 개선대책을 도출하기 위하여 기존문헌고찰, 고령운전자 대상 설문조사를 수행하였다. 고속도로 세부구간별 기존문헌고찰에서 본 연구에서 검토하고 활용할 수 있는 개선방안을 다음과 같이 나타내었다.

**기존문헌고찰을 통한 고속도로 세부구간별 개선대책 검토**

- **요금소**
  - 고령운전자 전용부스 설치
  - 차로폭원 확대 (3.0m ⇒ 4.0m)
- **곡선부**
  - 곡선부 구간 곡선반경 개선
- **IC 진입부**
  - 평형식 가속차로 권장
- **IC 진출부**
  - 표지판 방향 안내 개선 및 감속차로 칼라포장
  - 분류부 고여부 개선 및 평형식 감속차로 권장
- **연결로**
  - 시선유도표지 설치 (1.3배 크기)
  - 고령자를 고려한 특수 크기의 갈매기 표지 설치
- **공사구간**
  - 도로안내표지 및 교통안전표지 개선
  - 조명시설 설치

고령운전자를 대상으로 한 설문조사에서 도출된 고속도로 세부구간별 위험요인 조사 결과와 요구사항에 대하여 다음과 같이 검토하고, 고속도로 세부구간별 고령자 개선대책 도출에 활용하고자 하였다.

또한, 고속도로 공사구간은 갑작스러운 차로변경 및 교통류 제어로 인해 교통사고 위험성이 높기 때문에 추가적으로 분석대상에 포함하였다.

**고령자 대상 설문조사 결과를 통한 개선대책 검토**

- **요금소**
  - 요금소 진입 전 차로변경 어려움 29%
  - 요금소 진출 후 갑작스런 차로감소에 따른 어려움 27%
  - 요금소 진입 시 좁은 차로폭 26%
- **곡선부**
  - 타 구간에 비해 고령자가 생각하는 위험도가 낮음
- **IC 진입부**
  - 짧은 가속차로로 인한 어려움 33%, 차로변경 어려움 31%
  - 본선과 진입부의 속도차이로 인한 어려움 26%
- **IC 진출부**
  - 이해하기 어려운 안내시설 28%
  - 차로변경 어려움 33%, 짧은 감속차로로 인한 어려움 27%
- **연결로**
  - 노면 결빙 시 주행 어려움 29%
  - 급한 커브로 인한 운전 어려움 25%
  - 연결로 정보제공 및 시선유도시설 부족으로 인한 어려움 23%
- **터널**
  - 어두운 실내조명으로 인한 어려움 29%
  - 터널 진출 시 명순응으로 인한 어려움 25%
  - 터널 진입 시 암순응으로 인한 어려움 24%
- **공사구간**
  - 도로폭 및 차로 감소에 대한 위험도 평가가 가장 높음 (23%)

고령운전자와 젊은 운전자를 대상으로 한 모의주행실험을 통해 고령운전자의 구간별 주행특성에 대하여 다음과 같이 검토하고, 고속도로 세부구간별 고령자 개선대책 도출에 활용하고자 하였다.

**모의주행실험을 통한 고속도로 세부구간별 개선대책 검토**

- **요금소**
  - 요금소 진입 전 핸들조작 과대
  - 요금소 진입 전 고령자가 젊은이에 비해 엑셀 12%, 브레이크 24% 더욱 밟음
- **곡선부 (연결로)**
  - 브레이크는 젊은이보다 2.8배 많이 밟음

- 고령자 곡선부 주행 시 차로유지능력 저하

○ IC 진입부

- 고령자 핸들조작 과대 및 빠른 핸들조작으로 인한 위험
- 고령자가 젊은이에 비해 엑셀 10%, 브레이크 35% 더욱 밟음
- 합류소요시간 고령자 10초, 젊은이 5초
- 합류소요거리 고령자 106m, 젊은이 68m

○ IC 진출부

- 분류소요시간 고령자 7초, 젊은이 3초
- 분류소요거리 고령자 98m, 젊은이 60m

주 : 터널, 휴게소, 공사구간은 여건상 모의주행실험에서 수행하지 않았기 때문에 검토안에서 제외

기존문헌과 고령운전자 대상 설문조사 및 모의주행실험 분석결과와 전문가 설문조사 결과를 통한 개선대책 검토안을 종합하여 고속도로 세부구간별 개선대책을 도출하고, 전문가 AHP 분석을 통해 각 개선대책별 우선순위를 도출하고자 한다.

4.4. 전문가 대상 설문조사

교통 및 도로공학을 전공으로 한 박사학위 이상 소지자 11명을 대상으로 각 평가항목의 중요도와 개선대책별 평점을 조사하였다. AHP 상위계층 3개 평가항목의 가중치 산정 결과, 다음 Table 7과 같이 사업추진 용이성의 가중치는 0.137, 고령운전자 설문조사 결과가 0.355, 전문가 중요도 평가의견 0.508로 산정되었다.

Table 7. AHP Weight to Analysis

Evaluation items		Weight
Upper level	Lower level	
Ease to progress constructions	Average weight Time to advance, Installation & operation cost	0.137
Questionnaire survey results	Grades by response for dangerous cause	0.355
Expert survey results for each section	Guidance facilities	0.508
	Safety facilities	
	Geometric designs	
	Law (Education)	

고속도로 세부구간별 개선대책의 하위위계인 도로교통안내시설, 도로안전시설, 도로설계, 법제도(교육)의 가중치 조사 결과는 다음 Table 8과 같다.

Table 8. AHP Weights of Safety Improvements for Each Section

Improvement plan	Toll gate	Curve	Merging	Deverging	Ramp	Tunnel	Work zones
Guidance facilities	0.177	0.065	0.131	0.138	0.073	0.146	0.280
Safety facilities	0.132	0.178	0.113	0.120	0.188	0.212	0.114
Geometric design	0.136	0.223	0.219	0.219	0.192	0.114	0.058
Law (Education)	0.063	0.042	0.045	0.030	0.055	0.036	0.056

요금소 구간에서의 서비스 개선항목간 우선순위를 도출한 결과, 요금소 진입 시 차로 안내표지판 설치 및 노면표시 확대시설이 1순위로 분석되었으며, 차로 및 길어깨폭 확장, 요금소 주변 주행여건 변화에 대한 교육순으로 개선이 필요한 것으로 나타났다.

이는 요금소 구간에서 고령운전자의 차로변경 어려움을 개선하기 위해서 횡단폭을 확대하는 대안보다 단기적으로 안내표지판 및 노면표시를 확대하는 방안이 우선적으로 검토가 필요한 것으로 분석되었다.

Table 9. The Priority of Countermeasures in Tollgates

Safety improvement	Countermeasures	Priority
Safety facilities	Installation of direction signs for each lanes	1
	Expansion of road marking to separate hi-pass & general lanes	1
Geometric design	Expansion of lane width	3
	Expansion of tollgate-lane width	3
	Expansion of shoulder lanes	2
Law (Education)	Active education about a driving way near a tollgate	2

IC 진입부(합류부) 구간에서의 개선대책간 우선순위를 도출한 결과, 가속차로 및 테이퍼 길이를 확대하는 방안이 1순위로 분석되었다.

또한, 합류차량의 가속차로 진입 전 주의 정보 제공, 가속차로 길이 기준연구 순으로 개선이 필요한 것으로 나타났다. 많은 비용과 시간이 소요되더라도 가속차로를 확대하는 '도로설계' 부문의 중요도(가중치 0.219)가 높기 때문에 이와 같은 결과가 도출된 것으로 판단된다.

Table 10. Priority of Countermeasures in Merging Areas

Improvement plan	Countermeasures	Priority
Guidance facilities	Providing information to be careful merging	2
	Adjustment of spacing road markings	4
Geometric design	Increasing distance of acceleration lanes	1
	Increasing distance of acceleration lane's tapers	1
Law (Education)	Research to improve distance of acceleration lanes (taper)	3

IC 진출부(분류부) 구간에서의 개선대책간 우선순위를 도출한 결과, 감속차로 및 테이퍼 길이를 확대하는 방안이 1순위로 분석되었다. 또한, IC 진출 차선 개선 및 시인성 증대, 감속차로 구간 차로 칼라포장 순으로 개선이 필요한 것으로 나타났다. 이는 합류부구간과 같이 많은 비용과 시간이 소요되더라도 감속차로를 확대하는 '도로설계' 부문의 중요도(가중치 0.219)가 높기 때문인 것으로 판단된다.

Table 11. Priority of Countermeasures in Diverging Areas

Improvement plan	Countermeasures	Priority
Guidance facilities	Improving font of direction signs	3
	Improving legibility of direction signs	3
Safety facilities	Improving lane of deceleration lanes	2
	Expansion of coloured pavement in deceleration lanes	2
	Intension of delineator(lightning) at ramp gore to diverge	5
	Adjustment of spacing road marking	4
	Improving ramp gore to diverge	7
Geometric design	Increasing distance of deceleration lanes	1
	Increasing distance of deceleration lane's tapers	1
Law (Education)	Research to improve distance of deceleration lanes (taper)	6

연결로 구간에서의 개선대책간 우선순위를 도출한 결과, 시선유도표지 간격 및 크기 조정 방안이 1순위로 분석되었다. 또한, 도로 노면결빙방지시설 설치, 조명시설 확충 순으로 개선이 필요한 것으로 나타났다. 이는 설치 비용이 적고 도로안전시설의 가중치가 0.188로 비교적 높기 때문에 투자우선순위가 높게 산출된 것으로 판단된다.

Table 12. Priority of Countermeasures in Ramps

Improvement plan	Countermeasures	Priority
Guidance facilities	Providing information to guide in worsening weather conditions	5
	Installation of 'WrongWay' signs	7
Safety facilities	Adjustment of spacing(sizing) road markings & delineators	1
	Installation of surface freezing prevention facilities	2
	Expansion of lightning	3
Geometric design	Expansion of lane width (shoulder)	4
	Increasing distance between tunnels and ramps	6
Law (Education)	Expansion of campaign & education keeping to the speed limit in ramps	7

터널 구간에서의 개선대책간 우선순위를 도출한 결과, 터널 내 시인성을 증대하는 시설 설치 및 조명시설 유지관리 강화 방안이 1순위로 분석되었다. 또한, 터널 진출입부 휘도 개선, 터널 선형 및 진출입 정보 제공 순으로 개선이 필요한 것으로 나타났다. 이는 터널구간에서의 전문가의 중요도 평가 결과 도로안전시설의 가중치가 0.212로 가장 높고, 설치비용 및 추진시기가 비교적 합리적이기 때문인 것으로 사료된다.

Table 13. Priority of Countermeasures in Tunnels

Improvement plan	Countermeasures	Priority
Guidance facilities	Providing horizontal alignments of tunnel before entering tunnels	3
	Providing information of IC or bridge installed near tunnel exit before entering tunnels	3
Safety facilities	Installation facilities to enhance visibility in tunnels	1
	Improving lightning maintenance in tunnels	1
	Improving brightness at tunnel exit /entrance	2
Geometric design	Avoiding installation IC after exiting tunnels	4
	Expansion of lane width (shoulder)	6
Law (Education)	Research to improve lightning in tunnels	5

공사구간에서의 개선대책간 우선순위를 도출한 결과, 공사구간에 대한 정보 제공 및 길어깨 차로 표지판 설치 방안이 1순위로 분석되었다. 또한, 공사구간 내 불필요한 안전시설물 배제, 라바콘 규격 개선 방안 순으로 개선이 필요한 것으로 나타났다. 이는 공사구간에서의 전

문가 중요도 평가 결과 도로안내시설의 가중치가 0.280으로 타 개선대책(안전시설 0.114, 도로설계 0.058, 법제도 0.056)에 비해 매우 높기 때문에 도로안내시설 관련 개선대책의 우선순위가 높은 것으로 분석되었다.

Table 14. Priority of Countermeasures in Work Zones

Improvement plan	Countermeasures	Priority
Guidance facilities	Providing information using VMS or LCS in work zones	1
	Installation of signs at shoulder lanes	1
Safety facilities	Improving standards of rubbercone	2
	Improving lightning in work zones	3
	Enhancing visibility of delineator	3
	Removing unnecessary safety facilities in work zones	2
	Improving temporary road marking in work zones	2
Geometric design	Improving design of a devious route	5
Law (Education)	Improving safety diagnosis in work zones	4

곡선부 구간에서의 개선대책간 우선순위를 도출한 결과, 시선유도표지 간격을 짧게 조정하는 방안과 시인성을 증대하는 방안이 1순위로 분석되었다. 또한, 차로폭 및 측방여유폭 확대, 정지 및 추월 시거 확대 순으로 개선이 필요한 것으로 나타났다.

Table 15. Priority of Countermeasures in Horizontal Curves

Improvement plan	Countermeasures	Priority
Safety facilities	Installation of delineator	1
	Enhancing visibility of delineators	1
	Installation of longitudinal rumble strip in horizontal curves	3
	Enhancing intensity of light of lanes	3
Geometric design	Expansion of lane width (shoulder) in horizontal curves	2
	Increasing of stopped sight & passing sight distance in horizontal curves	2
	Increasing radius/distance of curves	2

## 5. 결론 및 향후연구과제

본 연구는 초고령 사회에 대비하여 교통안전, 도로설

계 및 운영 등 다양한 측면에서 고령운전자의 고속도로 주행위험성을 검토하였다. 기존문헌에서의 고령운전자 특성, 개선대책 등을 검토하고, 고령운전자 대상 설문조사와 모의주행실험 결과를 활용하여 고속도로 세부구간별 개선대책을 수립하였다.

기존연구, 고령운전자 대상 설문조사, 모의주행실험 및 전문가 설문조사를 통해 조사·분석한 결과를 기초로 고속도로 세부구간별(요금소, IC 진출입부, 터널, 연결로, 공사구간, 곡선부구간)로 개선대책별 우선순위를 도출하였다. 세부구간별 각 개선대책은 추진시기, 설치비용, 고령자가 생각하는 위험성, 전문가 의견을 고려하여 개선대책별 투자 우선순위를 도출한데에 본 연구의 의의가 있다.

고속도로 세부구간별 개선대책의 우선순위 분석 결과, 요금소는 차로별 안내표지판 및 노면표시 등 도로교통안내시설이 가장 우선되어야 한다고 나타났다. 연결로의 경우, 시선유도표지, 노면결빙방지시설 등 도로안전시설의 우선순위가 가장 높았으며, 터널구간 또한 터널 시인성 강화를 위한 시선유도시설 및 조명시설 등 도로안전시설이 고령 운전자를 위해 가장 보완이 필요한 것으로 분석되었다. 반면에 IC 진출입부 구간의 경우, 추진시기 및 설치 비용 측면에서 높은 평점을 받지 못하는 도로설계 개선이 가장 필요한 것으로 분석되었다. 감속차로 및 테이퍼의 길이를 연장하는 것이 가장 우선시 되어야 한다고 나타났다.

이와 같은 결과를 기초로 정부 및 고속도로 관리자는 향후 초고령화 시대를 대비한 고속도로 기하구조, 도로안전시설, 도로교통안내시설, 법제도 개선대책을 수립하고 추진하는데 본 연구를 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

한편, 본 연구는 기존문헌, 설문조사, 모의주행실험 분석 결과를 활용하여 개선대책을 마련하였는데, 투자 우선순위 도출 시 개선대책별 효과평가 부문을 적용하지 못한 단점이 있다. 향후 연구를 통해 개선대책별 효과평가 연구를 수행하고, 설치효과를 고려한 고속도로 고령자 안전대책 수립이 필요할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 서울시립대학교 연구년교수 연구비에 의해 연구되었음.

## REFERENCES

American Automobile Association foundation (2006). *How to help an older driver.*

- Coalition for Transportation Culture (2010). *Survey of elderly people over 65*.
- Federal Highway Administration (1998). *An investigation of older driver freeway needs and capability*.
- Federal Highway Administration (1998). *Older Driver Highway Design Handbook*.
- Federal Highway Administration (2014). *Handbook for designing roadways for the aging population*.
- Ji W.S., Lee C.K. (2003). *A Study on the Driving Characteristics of Senior Drivers*, Gyeonggi Research Institute, Report 2003-11.
- Jo K.T. et al. (2009). *A Study on the Improvement of Highway Design for Aged Society*, *Korean Society of Road Engineers, Conference*, pp.19-24.
- Jung Y.S., Oh S.C., Chae C.D. (2011). *A Study on Transportation Safety to Reduce Traffic Accident of Elderly Drivers*, The Korea Transport Institute, Report 2011-04.
- Kim J.K., Jo W.B., Kim Y.S. (2009). *Design Strategies of Ergonomic Road Environment for the Safety of Older Drivers*, *Economics Society of Korea, Conference*, pp.354-357.
- Kim S.O., Jang I.J. and Lee C.K. (2009). *Analysis of the Vulnerable Roadway Designs for Elderly Drivers and Its Improvement Schemes*, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol. 8, No. 6, pp.163-173.
- Lee S.G. (2014). *Operational Audits and Improvements on Expressways to Prepare for the Aged Society*, Korea Expressway Corporation, Report 2014.
- Lee W.Y. (2006). *A Study on Driving Characteristics of the Elderly Driver using a Driving Simulator*, *The Korean Society of Safety*, Vol. 21, No. 5, pp. 103-111.
- Lee Y.J., Lee S.K. (2005). *Developmental Changes in Highway Design for Older Drivers*, *Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 25, No. 3, pp. 409-421.
- Lunenfeld, H. (1993). *Human Factors Associated with Interchange Design Features*, Transportation Research Record 1385, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp. 84-89.
- Min B.C. et al. (2008). *Driving Behavior Characteristic Analysis of an Older Driver on a Driving Simulator*, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol. 32, No. 1, pp.67-71.
- Park J.G. (2008). *A Study on the Standard of universal highway design*, Graduate School of Industry Hanyang University.
- Solomon, D. (1985), *The older driver and highway design*.
- Song C.J. (2008). *A Study on the Improvement of Highway Design for Aged Society*, Korea Expressway Corporation, Report 2008.
- Staplin, L., Lococo, K., Sim, J. (1990). *Volume II : Traffic control design elements for accommodating drivers with diminished capacity*.
- Sung N.M. et al. (2012). *A study on Road Transportation Policies to Prepare for Change of Future Population Structure: Multi-Cultural Aging Society*, The Korea Transport Institute, Report 2012-10.
- The Korea Road Traffic Authority (2005). *A Study on Driving characteristics of the older drivers using a Driving Simulator*.
- Transportation Research Board (1988). *Transportation in an aging society: Improving mobility and safety for older persons*, Vol.2.
- Transportation Research Board (2004). *Transportation in an aging society, conference proceedings 27*.